

ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**



**Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Τηλεμετρικού Συστήματος
Παρακολούθησης του Ενεργειακού Ισοζυγίου Αυτόνομων Κατοικιών
και Ελέγχου της Κατανάλωσης μέσω Εξελικτικού Αλγορίθμου
S_Home**

Παναγιώτης Φιλτζαντζής

**Επιβλέπων Καθηγητής
Χρήστος Γκουμόπουλος**

Ιανουάριος 2014

ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



**Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Τηλεμετρικού Συστήματος
Παρακολούθησης του Ενεργειακού Ισοζυγίου Αυτόνομων Κατοικιών
και Ελέγχου της Κατανάλωσης μέσω Εξελικτικού Αλγορίθμου
S_Home**

Παναγιώτης Φιλτζαντζής

**Επιβλέπων Καθηγητής
Χρήστος Γκουμόπουλος**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου
σπουδών στα Πληροφοριακά Συστήματα από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων
Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

Ιανουάριος 2014

Περίληψη

Καθώς το ενεργειακό ισοζύγιο των κατοικιών επιβαρύνει τον οικονομικό προϋπολογισμό τίθεται προ των πυλών η ανάγκη για την περιβαλλοντική καταρχήν εξασφάλιση μιας παθητικής κατοικίας και κατά δεύτερον η οικονομική βιωσιμότητα των υφιστάμενων ακινήτων λόγω των συνεχών φορολογικών επιβαρύνσεων. Η δημιουργία ενός ολιστικού μοντέλου διαχείρισης της ενεργειακής κατανάλωσης των κατοικιών χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει ωριμάσει καθώς η εμπορευματοποίηση των τεχνολογιών που απαιτούνται είναι προσβάσιμες από την πλειοψηφία των ιδιοκτητών ενεργοβόρων ακινήτων. Η υλοποίηση μιας Έξυπνης-Πράσινης κατοικίας είναι γεγονός και μπορεί να αποσβεστεί ταχύτητα καθώς οι οικονομοτεχνικές μελέτες πλέον κατέχουν αδιάσειστα στοιχεία με την βοήθεια της πληροφορικής για την αποπληρωμή και την συνεχή επέκταση των τεχνολογιών αυτών.

Παρ' όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις όμως η αυτοματοποίηση αυτών των συστημάτων με την χρήση ευφυών συστημάτων βρίσκεται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συνδέσει αποτελεσματικά τις τεχνολογίες διευρύνοντας την εξοικονόμηση που προκαλούν η χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων. Η έρευνα αναλύει τα χρονίζοντα προβλήματα της διαχείρισης της ενέργειας σε οικιακά περιβάλλοντα μετατοπίζοντας τον έλεγχο από τον χρήστη στην αυτοματοποίηση. Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι έχουν την ικανότητα να προσομοιώνουν την πραγματική κατάσταση ενός 'προβλήματος' και να προσδίδουν συνεχώς βέλτιστες λύσεις καθώς εξελίσσονται από τους κανόνες του περιβάλλοντος.

Η απάντηση στην διερεύνηση θα είναι εξελικτική που σημαίνει ότι χρόνο με το χρόνο θα έχουμε και μια διαφορετική πιο βελτιωμένη προσέγγιση η οποία και θα αποσκοπεί στο μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο. Τα αποτελέσματα θα βοηθήσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και το ενεργειακό ισοζύγιο κυρίως όμως θα καταστήσουν την βάση για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της ενέργειας γεγονός που συμπλέει με την ενεργειακή πολιτικής της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Λέξεις κλειδιά: Περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ενεργειακή διαχείριση, ευφυή συστήματα, αλγόριθμοι, ενεργοβόρα κτίρια, συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας.

Summary

As the energy balance of housing burden the financial budget put upon us the need for environmental principles is constantly growing. Moreover the economic viability of existing properties due to constant tax burden increases day by day. The vision for an holistic management model for the energy consumption of residential houses using renewable energy sources has matured since the commercialization of technologies required are accessible by the majority of owners. The materialisation of a Smart - Green Home is a fact and can be recouped fastly as financial studies now possess irrefutable evidence with the help of IT to repay the cost of installation. It is an inevitable fact that those technologies will evolve rapidly the next 20 years so it's a definite purpose for the population to resolve the problem of energy autonomy.

Despite technological advances , however, the automation of these systems with the use of intelligent systems is still in preliminary level. The goal of this research is to tie effectively technologies expanding simultaneously savings caused by the use of sophisticated algorithms. The research analyzes the chronic problem of energy management in home environments by moving the user control in automation. Evolutionary algorithms have the ability to simulate the actual status of a ' problem ' and to give optimal solutions to a constantly evolving environment.

The answer is to explore evolutionary means that year to year will force the attempt to reach the main goal which is zero energy balance. The results will help the environmental footprint and energy balance mainly but will make the basis for more effective management of energy which complies with energy policy of Greece and the European Union.

Keywords: Environmental footprint, energy management, intelligent systems, algorithms, energy-intensive buildings, energy saving systems, BEMS.

Ευχαριστίες

Η διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα της πολυετούς προσπάθειας απόκτησης ενός εξειδικευμένου τίτλου. Είναι λοιπόν κρίσιμο να μην ξεχνούμε τους ανθρώπους και τα μέσα που επιτελούν κάθε φορά την υλοποίηση μιας δημιουργικής έρευνας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Γκουμόπουλο για την αμέριστη συνεργασία και κυρίως για την κατανόηση την οποία επέδειξε για το γεγονός ότι οι καιροί που διανύουμε είναι δύσκολοι αρκετά ώστε να έχουμε την απόλυτη αφοσίωση μας στον στόχο που επιτελούμε. Την Μαρία Ολυμπία Βακιρτζή για την βοήθεια της σε θέματα Αρχιτεκτονικής και Βιοκλιματικής για τον σχεδιασμό της υβριδικής κατοικίας. Την εταιρεία Sunera για την υποστήριξη στον τομέα των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας.

Περιεχόμενα

Πίνακας Συντομογραφιών	viii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Πρόλογος	2
1.2 Σκοπός της Έρευνας	2
1.3 Ενεργειακή Κατανάλωση Κτηρίων	3
1.4 Νομοθετική Προσέγγιση	5
1.5 Βασικά Ερευνητικά Ερωτήματα	6
2 Σύστημα Διαχείρισης Ελέγχου Κτηρίου (BMS)	8
2.1 Ιστορική Αναδρομή Συστημάτων BMS	9
2.2 Τεχνική Ανάλυση Συστήματος (BMS)	11
2.2.1 Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου (ΚΣΕ)	11
2.2.2 Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ)	13
2.2.3 Περιφερειακές Μονάδες Ελέγχου (ΠΜΕ)	14
2.2.4 Πρωτόκολλα δικτύων σύνδεσης	14
2.2.5 Όργανα ελέγχου BMS	19
2.3 Πεδίο Εφαρμογής BMS	23
2.4 Ερευνητικό Πεδίο Εφαρμογής	24
3 Διαχείριση Ενέργειας με τη Χρήση Α.Π.Ε. (BEMS)	26
3.1 Οικιακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα	27
3.1.1 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών συλλεκτών	29

3.1.2	Παραγωγική διαδικασία φωτοβολταϊκών	30
3.1.3	Αποτελούμενα μέρη Φωτοβολταϊκού	33
3.2	Αντλία Θερμότητας	35
3.2.1	Τεχνολογία Λειτουργίας	36
3.2.2	Εξαρτήματα αντλίας θερμότητας	38
3.3	Ηλιοθερμικό Σύστημα	40
3.3.1	Τεχνολογία ηλιοθερμικών συστημάτων	41
3.4	Ρυθμιστές Φόρτισης	43
3.4.1	Συνδυασμένο υβριδικό σύστημα φόρτισης	46
3.5	Μικρή Ανεμογεννήτρια	47
3.5.1	Λειτουργία μικρής ανεμογεννήτριας	48
4	Αλγόριθμος Εξοικονόμησης Ενέργειας S_Home	52
4.1	Μέθοδος Λήψης Ικανού Αλγορίθμου	53
4.2	Φιλοσοφία Εξελικτικών Αλγορίθμων	53
4.3	Αλγόριθμος S_Home	58
4.3.1	Ανάλυση αλγορίθμου S_Home	58
5	Μελέτη Περίπτωσης (Case study)	85
5.1	Υβριδική Κατοικία στη Θέρμη Θεσσαλονίκης	86
5.1.1	Αρχιτεκτονικά-Βιοκλιματικά δεδομένα	87
5.1.2	Δεδομένα BEMS	89
5.1.3	Οικονομικά δεδομένα BEMS	104
6	Επίλογος	108

6.1	Συμπεράσματα	109
6.2	Πρόταση	110
	Βιβλιογραφικές Αναφορές	112
	Παράρτημα Α – Πίνακες Αλγορίθμου	A-1
A-1	Πίνακες μεταβλητών αλγορίθμου	A-2
A-2	Πίνακας κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών	A-2
A-3	Πίνακας μεταβλητών για την διαδικασία θέρμανσης και ψύξης	A-3
A-4	Πίνακας μεταβλητών ΖΝΧ δοχείου αδρανείας boiler_tank	A-4
A-5	Πίνακας μεταβλητών φόρτισης	A-5
A-6	Πίνακας μεταβλητών παραγωγής Φ/Β και ανεμογεννήτριας	A-6
A-7	Πίνακας λαμπτήρων φωτισμού και ελέγχου κατανάλωσης	A-7

Πίνακας Συντομογραφιών

BEMS	Building Management Energy System = Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου της Ενέργειας Κτηρίου.
BMS	Building Management System = Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου Κτηρίου.
EIB	European Installation Bus.
HEMS	Home Energy Management Systems = Οικιακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτηρίου.
HVAC	Heating, Ventilation, and Air-Conditioning = Συστήματα θέρμανσης , κλιματισμού και αερισμού.
KW	Μονάδα μέτρησης της ισχύος.
S_Home	Εξελικτικός Αλγόριθμος Εξοικονόμησης Ενέργειας.
AKE	Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου.
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
ΕΕΥ	Επιχείρηση Ενεργειακών Υπηρεσιών.
ZNX	Ζεστά Νερά Χρήσης.
KWH	Μονάδα μέτρησης της ισχύος ανά ώρα.
ΚΑΠΕ	Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
ΚΣΕ	Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου.
ΠΜΕ	Περιφερειακές Μονάδες Ελέγχου.
ΣΕΑ	Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης.
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Πρόλογος

Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται την ανάγκη έλεγχου της ενέργειας που καταναλώνουμε στις σημερινές κατοικίες. Η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί την μοναδική και προφανή λύση αυτού του φαινομένου εξαιτίας της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης την οποία και προκαλούν τα παράγωγα άνθρακα.

Προοδευτικά λοιπόν θα αναλυθούν οι παρούσες τεχνολογίες που διαχειρίζονται την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου και κατόπιν θα χρησιμοποιηθεί μια πραγματική κατοικία μέσω της οποίας θα καταστεί βιώσιμη η βελτίωση της εξοικονόμησης μέσω αποδοτικών αλγορίθμων για την εξέλιξη των συστημάτων αυτών. Η καινοτομία της έρευνας βασίζεται στο γεγονός ότι η εκμετάλλευση των πραγματικών δεδομένων μπορεί να αποτελέσει την βάση για την δημιουργία επί της ουσίας "ζωντανών οργανισμών" οι οποίοι μαθαίνουν και εξελίσσονται μέσα από την χρήση.

Εκμεταλλεόμενοι λοιπόν όλα τα παραπάνω δεδομένα θα αναπτύξουμε ένα νοήμων σύστημα το οποίο θα φροντίζει ταυτόχρονα για την μείωση των ρύπων του θερμοκηπίου αλλά και θα εξοικονομεί πόρους για τον ιδιοκτήτη της κατοικίας. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα υβριδικό μοντέλο ανανεώσιμων πηγών το οποίο ελέγχεται και επικοινωνεί με αισθητήρες οι οποίοι ελέγχουν κάθε χρονική στιγμή την ενεργειακή κατανάλωση και αποθηκεύουν τα δεδομένα χρήσης με σκοπό την εξέλιξη των συστημάτων και του αλγορίθμου.

1.2 Σκοπός της Έρευνας

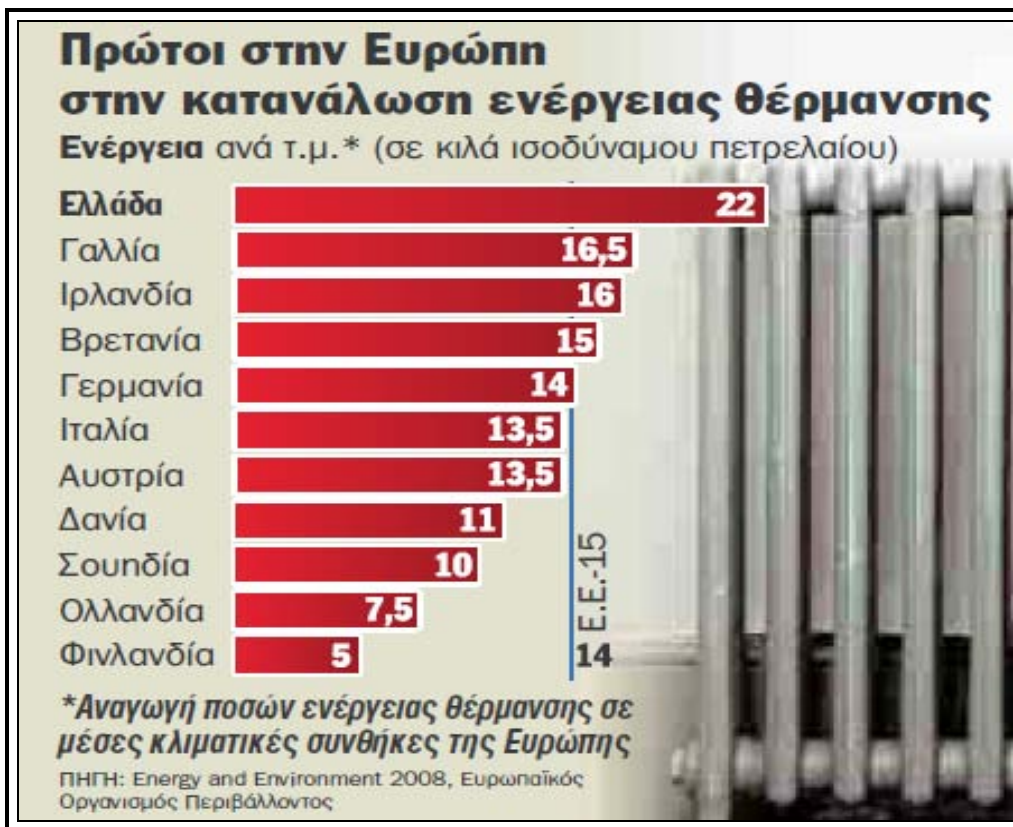
Με αφορμή τις συνεχείς ανατιμήσεις των πρώτων υλών παραγωγής ενέργειας καθώς και των Διεθνών συνθηκών για την Πράσινη Ανάπτυξη ευημερούν οι προϋποθέσεις για την εξέλιξη των συστημάτων που εξοικονομούν ενέργεια. Σκοπός λοιπόν της παρούσης διατριβής είναι να εξερευνήσει και να αναλύσει τις διαθέσιμες τεχνολογίες για την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης ενέργειας (BEMS) σε κατοικίες. Στη συνέχεια θα καταγραφούν οι απαιτήσεις και θα γίνει ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός τηλεμετρικού υβριδικού συστήματος παρακολούθησης του ενεργειακού ισοζυγίου αυτόνομων κατοικιών. Η σύνθεση του υβριδικού συστήματος θα εξυπηρετήσει την ηλεκτρική και θερμική ενέργεια η οποία παράγεται και καταναλώνεται καθημερινά. Η μελέτη περίπτωσης θα ασχοληθεί με την αξιοποίηση γκάμας τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν στο κτήριο αναφοράς, με δυνατότητα ενσωμάτωσης και των υπολοίπων. Η υλοποίηση θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια ενός ευφυή αλγορίθμου ο οποίος θα βελτιώσει

το ενεργειακό ισοζύγιο θέτοντας δύο βασικούς στόχους, την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και κατ' επέκταση την μείωση της οικονομικής επιβάρυνσης των νοικοκυριών. Η μελέτη περίπτωσης θα εκμεταλλευτεί σύγχρονη ενεργειακή κατοικία ευρισκόμενη στην Θέρμη Θεσσαλονίκης για την εφαρμογή του συστήματος. Κατόπιν θα παρουσιαστεί ο αλγόριθμος εξοικονόμησης ενέργειας S_Home στο πρώτο στάδιο εφαρμογής. Η έρευνα θα ολοκληρωθεί με την καταγραφή των αποτελεσμάτων, των συμπερασμάτων και των μελλοντικών κατευθύνσεων καθώς και με την περιγραφή των επομένων σταδίων του αλγορίθμου.

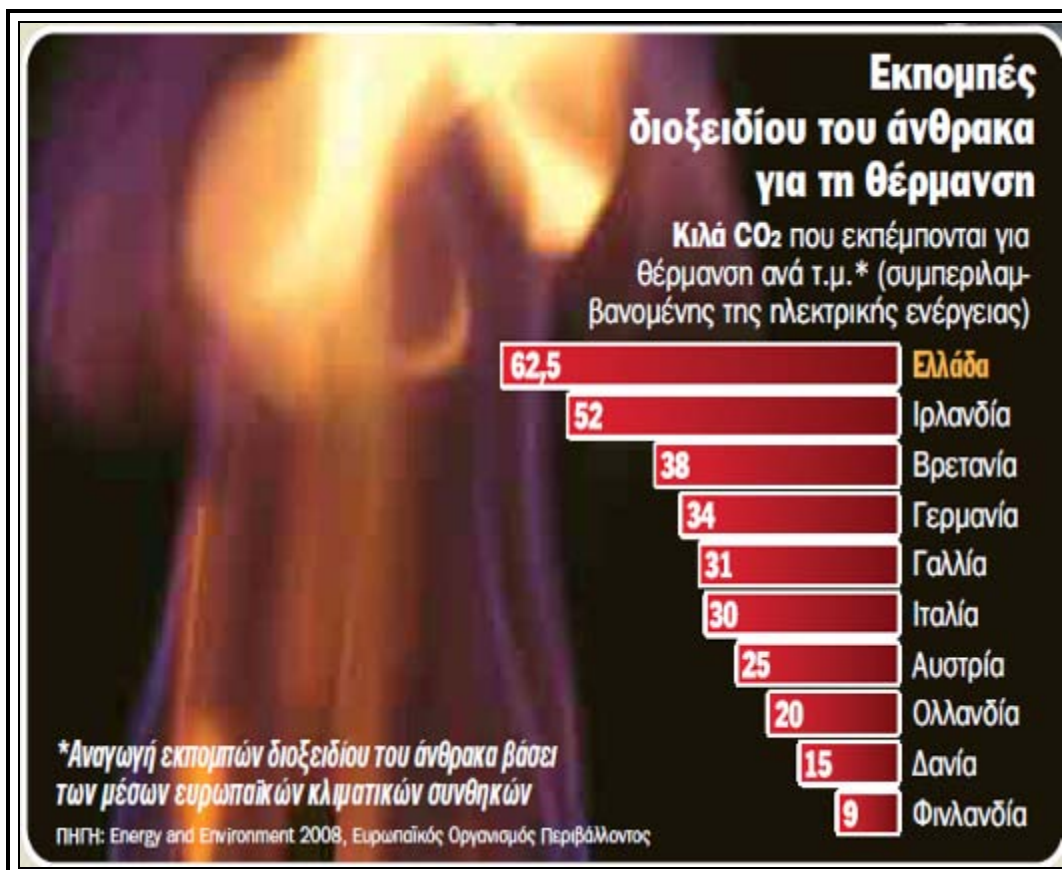
1.3 Ενεργειακή Κατανάλωση Κτηρίων

Καθημερινά γινόμαστε αποδέκτες μελετών, ειδήσεων και γεγονότων τα οποία καταδεικνύουν την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου παγκοσμίως από την αλόγιστη χρήση των παραγώγων του άνθρακα τα οποία και συντελούν στην κλιματική αλλαγή με τρόπο μη ανατρέψιμο [3]. Είναι κρίσιμο να αναφέρουμε πως η αύξηση της θερμοκρασίας ,το λιώσιμο των πάγων καθώς η διατάραξη της βιωσιμότητας της χλωρίδας και της πανίδας απασχολεί σε κάθε συνεδρίαση τα διεθνή φόρουμ τα οποία και με εξαγγελίες δια νόμου πλέον δεν οραματίζονται μόνο ,αλλά υλοποιούν το πλάνο της πράσινης ανάπτυξης [2],[4].

Καταλαμβάνοντας την αρνητική πρωτιά όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε πραγματικό αριθμό (62.5 kg/τ.μ.) καθώς και την πρωτιά στην κατανάλωση πετρελαίου για θέρμανση σε πραγματικό αριθμό 22 kg/τ.μ. οι ελληνικές κατοικίες αποτελούν τις πιο ενεργοβόρες σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση [7]. Έως το 1990 οι κατασκευασμένες κατοικίες κατείχαν ολοκληρωτικά ποσοστά έλλειψης όσον αφορά στην προστασία τους σε υλικά μονώσεων που περιελάμβαναν το κέλυφος, τα κουφώματα και το σύστημα θέρμανσης [8]. Συνολικά 5 εκατομμύρια κατοικίες σήμερα υποφέρουν από την ενεργειακή σπατάλη κατέχοντας την χαμηλότερη θέση στον πίνακα κατάταξης των κτιρίων βάσει του KENAK. Η μέση κατανάλωση των ελληνικών σπιτιών σε kwh παραμένει υψηλή και κυμαίνεται στις 150 αυξανόμενη κατά 100% τα τελευταία 15 χρόνια [Εικόνα 1],[Εικόνα 2], [9],[10].



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι κατοικίες και τα εμπορικά κτίρια είναι υπεύθυνα για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας που μέχρι το 2020 υπολογίζονται σε 30-35% [12],[6],[7]. Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας σε κτίρια (Building Energy Management Systems) και η παραλλαγή αυτών, τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας σε κατοικίες HEMS (Home Energy Management Systems) είναι ασύρματα συστήματα που υλοποιούνται με τεχνολογίες Ιστού (Web-enabled systems) τα οποία ολοκληρώνουν και παρακολουθούν εξοπλισμό όπως HVAC (Heating, Ventilation, and Air-Conditioning), φωτισμό, τροφοδοσία, συστήματα ασφαλείας κ.ά. [22].

Το ενδιαφέρον λοιπόν επικεντρώνεται παγκοσμίως στην αξιοποίηση, βελτιστοποίηση, ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών ενέργειας και αναφερόμαστε κυρίως στις ΑΠΕ οι οποίες είναι βέβαιο λόγω του ανεξάντλητου πεδίου εφαρμογής που κατέχουν θα βρεθούν στο επίκεντρο για τα επόμενα 40 χρόνια [13].

1.4 Νομοθετική Προσέγγιση

Μια σειρά νομοθετικών παρεμβάσεων από το 2006 και μετά έχουν δημιουργήσει πρόσφορο έδαφος για την εντατικοποίηση των αλλαγών όσον αφορά την υλοποίηση των ΑΠΕ. Είναι γεγονός βέβαια, πως η διείσδυση πραγματοποιήθηκε με λάθος τρόπο καθότι δεν υπήρχε ουσιαστική ενημέρωση για την δημιουργία περιβαλλοντικής συνείδησης ,απεναντίας χρησιμοποιήθηκε μία κάθετη εμπορευματοποίηση για την ενίσχυση της αγοράς στο θέμα των επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Παρόλα τα παραπάνω οι ρυθμίσεις νόμων παρουσίασαν μια λογική συνέχεια η οποία ακολουθείται μέχρι και σήμερα. Για την επιτυχή πορεία ενός εγχειρήματος δεν απαιτούνται μόνο καινοτόμες τεχνολογίες αλλά και πολιτική βούληση. Ειδικότερα με τους νόμους 3851/2010,4001/2011,3661/08,3855/2010,2010/31/ΕΕ μορφώνεται ένα κανονιστικό πλαίσιο για την διεύρυνση τεχνολογιών ΑΠΕ σε κατοικίες το οποίο και συμβάλει στην μείωση του επιχειρηματικού ρίσκου [14].

Μπορούμε για την περίπτωση μας να ξεχωρίσουμε από τις παρεμβάσεις ίσως το σημαντικότερο γεγονός που δημιουργεί τις προϋποθέσεις αλλαγής της φιλοσοφίας της κατασκευής των νέων κατοικιών αλλά και την αναβάθμιση των υφισταμένων. Λόγος λοιπόν για την σύσταση των ΕΕΥ (Επιχειρήσεις Ενεργειακών υπηρεσιών και την σύσταση της ΣΕΑ (Σύμβαση Ενεργειακής Απόδοσης). Η σημαντικότητα έγκειται στα παρακάτω δεδομένα όπως ορίζονται από τον Νόμο: «Επιχείρηση Ενεργειακών Υπηρεσιών» (ΕΕΥ): Το νομικό πρόσωπο, που παρέχει ενεργειακές υπηρεσίες ή και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στις εγκαταστάσεις ή τα

κτίρια του τελικού καταναλωτή, αναλαμβάνοντας επιχειρηματικό και οικονομικό κίνδυνο. Το οικονομικό αντάλλαγμα για την παρεχόμενη υπηρεσία βασίζεται, εν όλο ή εν μέρει, στην επίτευξη της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και στην τήρηση των λοιπών συμβατικών όρων ενεργειακής απόδοσης.«Σύμβαση ενεργειακής απόδοσης» (ΣΕΑ): Η συμφωνία που καταρτίζεται εγγράφως μεταξύ του δικαιούχου και του παρόχου ενεργειακής υπηρεσίας (κατά κανόνα ΕΕΥ), με αντικείμενο την εφαρμογή μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και σύμφωνα με την οποία το οικονομικό αντάλλαγμα του παρόχου για την πραγματοποιούμενη επένδυση συναρτάται από το μεταξύ αυτών συμβατικά οριζόμενο επίπεδο βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης [14].

Η ανάλυση των παραπάνω σημαίνει πως καθίσταται με τις συμβάσεις ενεργειακής απόδοσης πρωτεύουσας σημασίας το ενεργειακό αποτύπωμα των κτηρίων αλλάζοντας ταυτόχρονα και μακροπρόθεσμα τον τρόπο κατάταξης των κτηρίων βάσει αντικειμενικών αξιών. Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι σε 10 χρόνια από τώρα στο χρηματιστήριο των αξιών των κτισμάτων τον πρώτο ρόλο για την τιμή ενός ακινήτου θα παίζει η ενεργειακή διαβάθμιση και όχι η σημερινή εμπορική αντικειμενική αξία. Η παρουσίαση όλων των άνωθεν επιχειρημάτων αποσκοπεί στο ένα και μοναδικό πεπραγμένο γεγονός η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων θα απασχολήσει την παγκόσμια οικονομία τα επόμενα 40 χρόνια. Είναι συμπερασματικά επιβεβλημένο να εξελιχθούν οι τεχνολογίες άμεσα για δύο πολύ σημαντικούς λόγους. Πρώτον διότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι αναγκαίο πέρα από κάθε άλλη στιγμή στην ιστορία της ανθρωπότητας και κατά δεύτερο η εμπορευματοποίηση συστημάτων προσιτών στον καταναλωτή λόγω και της διαφαινόμενης κρίσης έτσι ώστε να λύσουν επαρκώς το πρόβλημα των ενεργοβόρων κτιρίων.

Το επιχειρηματικό περιβάλλον και η πολιτική βούληση αποτελούν πλεονασματικές προϋποθέσεις υλοποίησης μιας ενός φιλόδοξου εγχειρήματος. Εκμεταλλευόμενοι αυτήν την προϋπόθεση θα καταφέρουμε να διερευνήσουμε ένα σκοπό προσγειωμένο στην πραγματικότητα.

1.5 Βασικά Ερευνητικά Ερωτήματα

Η μόρφωση επιτυχών διερευνητικών προβληματισμών δίνει το περιθώριο μελλοντικής εκμετάλλευσης της έρευνας εκτός από την αποσαφήνιση την οποία και προκαλεί στον κορμό της υπόθεσης της. Το ερευνητικό κενό στην προκειμένη περίπτωση βοηθά στην εξεύρεση πιθανών λύσεων αλλά και στο άνοιγμα νέων διαδρομών για την εξέλιξη της σπουδαιότητας της έρευνας.

Είναι κρίσιμο λοιπόν να μπορέσει η παρούσα έρευνα να απαντήσει επαρκώς το σύνολο των προβληματισμών που ανακύπτουν διότι το πεδίο εξέλιξης των τεχνολογιών που αναφερόμαστε είναι ανεξάντλητο.

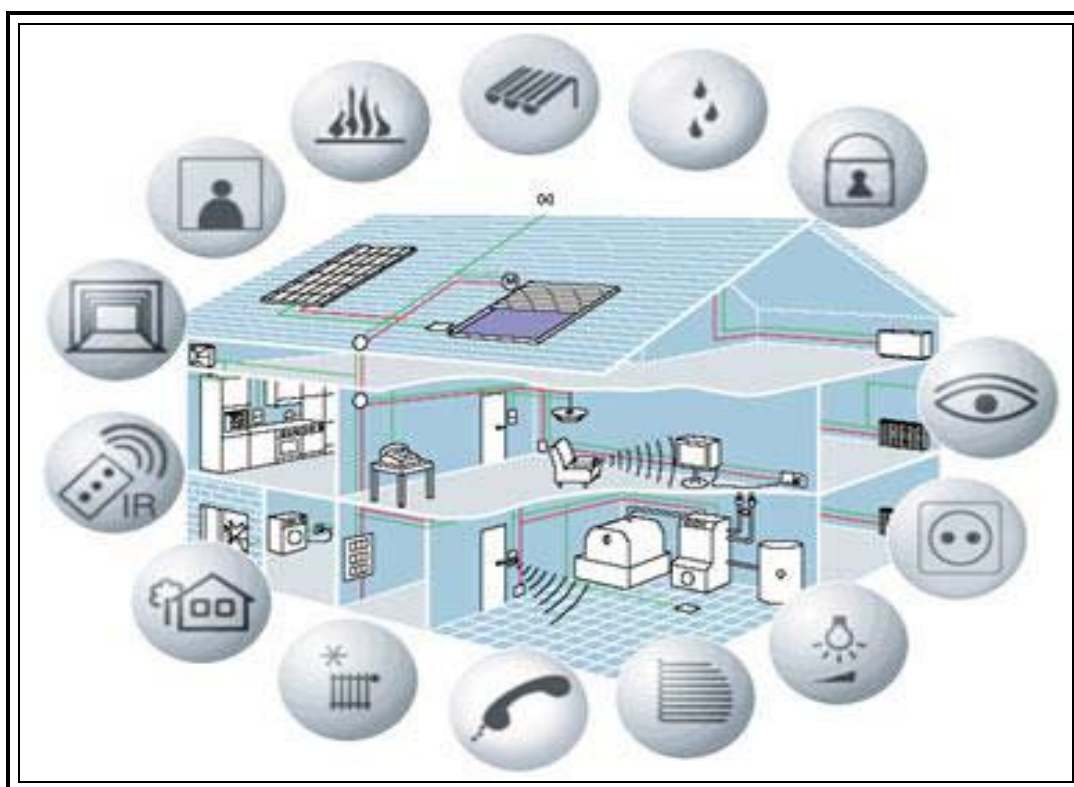
- 1) Έχει πραγματικά ωριμάσει το έδαφος για την περιβαλλοντική συνείδηση και την ορθολογική διαχείριση της ενέργειας από τους καταναλωτές;
- 2) Έχουμε επαρκή δεδομένα τεχνολογικά και πολιτικής βούλησης για να μπορούμε μιλάμε για εγκαθίδρυση βιώσιμης ενεργειακής πολιτικής σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση;
- 3) Είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος των ενεργειακών καταναλώσεων μιας κατοικίας σε αυτοματοποιημένα περιβάλλοντα;
- 4) Πόσο εξαρτημένοι θα είμαστε στον μέλλον από την ηλεκτρική ενέργεια;
- 5) Για ποιό λόγο τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας άργησαν να εφαρμοστούν στην ελληνική πραγματικότητα;
- 6) Τι άλλου είδους εναλλακτικές εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτώμενες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούμε σταδιακά να εφαρμόσουμε σε μια κατοικία για να μιλάμε για μηδενικό ισοζύγιο;
- 7) Τι περιθώριο κατέχει σήμερα η εξέλιξη των έμπειρων συστημάτων και των αλγορίθμων ;
- 8) Σε 15 χρόνια από τώρα θα μπορούμε να μιλάμε για αντικειμενικές αξίες ακινήτων βασιζόμενες στο ενεργειακό τους ισοζύγιο ;
- 9) Πόσο εύκολο είναι να απεμπλακεί ο χρήστης από την παραμετροποίηση ενεργειακών συστημάτων ώστε να εισαχθεί σε οικιακά περιβάλλοντα η φιλοσοφία της τεχνητής νοημοσύνης;

Κεφάλαιο 2

Σύστημα Διαχείρισης Ελέγχου Κτηρίου (BMS)

2.1 Ιστορική Αναδρομή Συστημάτων BMS

Με την εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών να βρίσκεται στα σπάργανα κατά την δεκαετία του 1960 ξεκίνησε ταυτόχρονα η προσομοίωση των ηλεκτρονικών συστημάτων σε καθημερινής φύσεως εργασίες οι οποίες εμφάνιζαν όπως ονομάζουμε στην τεχνολογία υπολογιστών το λεγόμενο “pattern recognition” δεδομένο το οποίο επέφερε την γένεση των BMS [Εικόνα 3]. Εφαρμοζόμενο σε πρώτη φάση σε πολυώροφα κτίρια και ουρανοξύστες, η απλοϊκή μορφή του συστήματος αποτελούνταν από ηλεκτρικά καλώδια με multiplexers για την μεταφορά περισσότερων δεδομένων προς τα σημεία ελέγχου. Η καθολική χρήση της αυτοματοποίησης τα οποία αφορούσαν θέρμανση φωτισμό και αερισμό, περιοριζόταν για αρκετό καιρό σε συστήματα τύπου on-off με την βοήθεια της παρέμβασης χειριστών με ελάχιστες δυνατότητες. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η ζήτηση για πολυπλοκότερα συστήματα ήταν περιττή καθώς οι ανάγκες για καταναλώσεις ήταν λίγες [28].



Εικόνα 3

Την πρωτοεμφάνιση του μοντέλου το οποίο παρομοιάζει με τα σημερινά σύγχρονα BMS γίνεται προς τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Η σύλληψη και εφαρμογή των κεντρικών σταθμών

διαχείρισης και των απομακρυσμένων κέντρων ελέγχου δίνει μορφή στο πρώτο “Κτιριακό Σύστημα Ελέγχου” το οποίο και αποτελείται από πίνακες με ρελέ διαφυγής με ανεξάρτητες συνδέσεις με τους αισθητήρες. Απλή διασύνδεση όπως και προηγούμενα για τον έλεγχο επιπλέον των προηγούμενων και των ανελκυστήρων καθώς και τον κλιματισμό [24].

Η πραγματική επανάσταση λαμβάνει χώρα το 1980 και μετά, με την εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών και την δημιουργία των “VLSI”. Πρωτοποριακή τεχνολογία για ολόκληρη την γενιά των υπολογιστών το οποίο και ενσωματώνει την τοποθέτηση διαφόρων αισθητήρων και μικροσυσκευών σε μικροσίπ δίνοντας μοναδική ευελιξία στα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου να κοντρολάρουν αυτόνομα τα δεδομένα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επεξεργάζονται τις εισερχόμενες αλλά και να φιλτράρουν τις εξερχόμενες πληροφορίες. Ουσιαστικά για την κατανόηση της καινοτομίας αναφερόμαστε στην δυνατότητα προγραμματισμού των VLSI και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε γραφικό περιβάλλον με αριθμούς. Αυτόματα λοιπόν πραγματοποιείται και η αποσύνδεση του κεντρικού συστήματος ελέγχου και των απομακρυσμένων κέντρων. Αναλυτικότερα παρακολουθούνται με αυτή την τεχνολογία όλες οι εσωτερικές συνθήκες του κτηρίου με την δυνατότητα της πρόληψης με την βοήθεια αισθητήρων. Επειδή το περιθώριο βελτίωσης αυτών των συστημάτων είναι αχανές, η δεκαετία εξελίσσεται με απίθανους ρυθμούς καθώς βελτιώνει οτιδήποτε σχετίζεται με ολόκληρο το σύστημα προσφέροντας συνεχείς αναβαθμίσεις οδηγώντας στο σημείο όπου ξεκινάει η συζήτηση περί εξοικονόμησης χρημάτων σε ενεργοβόρα κτήρια [22],[23].

Καθώς η τεχνολογία των υπολογιστών εξελίσσεται πιο γρήγορα από κάθε άλλη τεχνολογία πραγματοποιείται η μετάβαση στην δεύτερη γενιά συστημάτων με την βοήθεια των τοπικών δικτύων υπολογιστών γεγονός που εξελίσσει μεν τα επίπεδα της αυτοματοποίησης σε άλλο επίπεδο ταυτόχρονα όμως εισάγει νέα ζητήματα όσον αφορά την βελτιστοποίηση αυτών καθώς ο υπολογιστικός έλεγχος περνάει μια κρίση ταυτότητας για την διαχείριση της πληροφορίας μέσω λογισμικών. Το αποτέλεσμα είναι μια προφανής καθυστέρηση μέχρι η παγκόσμια αγορά να ισορροπήσει τις τεχνολογίες για την ομαλή εμπορευματοποίηση τους. Όλα αυτά όμως σε ένα περιβάλλον ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων επισπεύδονται με την έλευση της τελευταίας και τρίτης γενιάς συστημάτων τα οποία ενσωματώνουν στα μέσα προς τα τέλη της δεκαετίας του '90 την διαδικτύωση η οποία εκτοξεύει την διασύνδεση της πληροφορίας σε παγκόσμιο επίπεδο δημιουργώντας ένα ενιαίο οργανισμό διαχείρισης, ανταλλαγής πληροφοριών, τεχνολογιών και καινοτομιών. Επί της ουσίας η συνολική λειτουργία των BMS με την βοήθεια της αλληλεπίδρασης των διαχειριστών του ολοκληρωμένου πλέον περιβάλλοντος μας μεταφέρει στο “Computer aided interaction” και στο “Computer aided engineering” [23],[24].

Η τελευταία δεκαετία που διανύσαμε προχώρησε ένα βήμα παραπέρα εμπλέκοντας σύγχρονα μαθηματικά μοντέλα και εξελιγμένους αλγορίθμους δεδομένα που έδωσαν ζωή στην έννοια της τεχνητής νοημοσύνης, της ασαφούς λογικής, των γενετικών αλγορίθμων δεδομένα που θα μας βοηθήσουν να εξελίξουμε και το δικό μας προβληματισμό.

2.2 Τεχνική Ανάλυση Συστήματος (BMS)

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης της ενέργειας ενός κτηρίου μορφοποιείται σε 5 βασικούς τομείς οι οποίοι συντελούν στην λειτουργία, συλλογή, παραμετροποίηση και αλλαγή κάθε χρονική στιγμή της “συμπεριφοράς” του BMS έτσι ώστε να επιτύχουν την επιθυμητή εξοικονόμηση ενέργειας. Διακρίνουμε επομένως τους παρακάτω τομείς:

- 1) Ο Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου μέσω του οποίου πραγματοποιείται το human-computer interaction των συστημάτων με την βοήθεια των χειριστών σε ειδικό χώρο στο εσωτερικό του κτηρίου .
- 2) Τα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου αποτελούν τους σταθμούς σε κομβικά σημεία τα οποία και επεξεργάζονται τα σήματα των αισθητηρίων οργάνων των μηχανημάτων που συμμετέχουν στο σύστημα.
- 3) Οι Περιφερειακές Μονάδες Ελέγχου αποτελούν κομμάτια διασύνδεσης των απομακρυσμένων κέντρων με τον κεντρικό σταθμό και συμβάλουν στην ταχύτερη και αποτελεσματικότερη μεταφορά των δεδομένων.
- 4) Η δικτύωση του συστήματος και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας ανήκουν στην λογισμική διαχείριση και αποτελούν σημαντικό γνώμονα για την ομαλή διασύνδεση όλου του συστήματος.
- 5) Τα αισθητήρια όργανα λήψης των δεδομένων και εκτέλεσης εντολών είναι οι συσκευές οι οποίες φροντίζουν την διαχείριση των δεδομένων ώστε να μπορούν οι χειριστές να δώσουν εντολές για την αποτελεσματικότερη διαχείριση του BMS [28].

2.2.1 Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου (ΚΣΕ)

Για να μπορέσουμε να αντιληφθούμε ένα σύστημα διαχείρισης θα έπρεπε να παρομοιάσουμε την λειτουργία του με το ανθρώπινο σώμα. Όπως κάθε ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει

εγκέφαλο, καρδιά, όργανα και μέρη με τα οποία εκτελεί τις καθημερινές λειτουργίες του. Για την συνέχιση της ανάλυσης ο Κεντρικός Σταθμός ελέγχου αποτελεί τον εγκέφαλο του σώματος ο οποίος και επεξεργάζεται όλες τις πληροφορίες που λαμβάνει και δίνει ανάλογα τις κατευθύνσεις μέσω των χειριστών του. Ο εγκέφαλος ελέγχει το λειτουργικό σύστημα Interaction Software από έναν ή περισσότερους υπολογιστές με ειδικά προγράμματα τα οποία διαθέτουν κονσόλες παρακολούθησης ενώ παράλληλα εξάγουν αποτελέσματα σε εκτυπωμένη ή ψηφιακή μορφή για το αρχείο του κεντρικού σταθμού. Η επικοινωνία του σταθμού γίνεται μέσω πρωτοκόλλων TCP/IP και ενσύρματων δικτύων ETHERNET ή μέσω WIFI και ασύρματων δικτύων [25].

Οι υπολογιστικές δυνατότητες του κεντρικού σταθμού ελέγχου είναι αναβαθμίσιμες για την συνεχή εξέλιξη των τεχνολογιών που αφορούν όλα τα μέρη του συστήματος. Από το λογισμικό του κεντρικού υπολογιστή ελέγχονται μέσω ενός προγράμματος client server όλα τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου και όλες οι περιφερειακές μονάδες ελέγχου, ουσιαστικά αναφερόμαστε στην λογισμική καρδιά του συστήματος. Κάθε λειτουργία, κάθε εποπτεία, κάθε συναγερός περνάει μέσα από την συγκεκριμένη εφαρμογή. Τα λογισμικά όμως δεν κατασκευάζονται για τεχνικούς μόνο χειριστές αλλά για χειριστές χωρίς ιδιαίτερη εξειδίκευση, άρα πρέπει να διαθέτουν περιβάλλον και γραφικά που να ανταποκρίνονται σε φιλική λειτουργία τόσο για την επεξεργασία όσο και για την παραμετροποίηση των λειτουργιών από τους χειριστές. Με την βοήθεια λοιπόν προγραμμάτων τα οποία ενημερώνουν μέσω πρωτοκόλλων επικοινωνίας κινητά τηλέφωνα, λογαριασμούς ταχυδρομείου έχουμε ανά πάσα στιγμή πρόσβαση σε δεδομένα, ειδοποιήσεις και αρχεία [22].

Είναι σκόπιμο να αναφέρουμε τις βασικές λειτουργίες του λογισμικού του κεντρικού υπολογιστή ο οποίος καθορίζει σε καθολικό ποσοστό την φιλικότητα της επικοινωνίας του χρήστη. Βάσει των σχεδιαγραμμάτων του κτηρίου αποτυπώνονται οι συνθήκες των εσωτερικών χώρων όσον αφορά την θερμοκρασία, την σχετική υγρασία, τον φωτισμό και μέσω θερμογραφίματος της παρουσίας ανθρώπων. Επίσης απεικονίζονται με γραφικά όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός στον οποίον και υπάρχει πρόσβαση μέσω dry-contact και καλωδίωση Ethernet για την παρακολούθηση της λειτουργίας αλλά και ταυτόχρονα για την άμεση παραμετροποίησή του. Οι επιλογές για την παραμετροποίηση συνήθως περιλαμβάνουν όλες τις συνθήκες των χώρων π.χ. κλιματισμό, αερισμό, θέρμανση, ιονισμό, σκίαση, φωτισμό και άλλα. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων από την λειτουργία των χώρων μέσω τυποποιημένων αρχείων *.xls, *.pdf. Όλες οι συσκευές διαθέτουν όρια λειτουργίας με τα οποία ειδοποιούν τους χειριστές για το είδος του alert π.χ. συντήρησης, υπέρβαση των φυσιολογικών επιπέδων, όρια ασφαλείας και όρια κινδύνου. Οι χειριστές μπορούν να αναπροσαρμόζουν το καθημερινό

πρόγραμμα λειτουργίας βάσει και των απαιτήσεων από τους χρήστες αλλά και βάσει επικαιροποιημένων δεδομένων συλλογής από χρονική περίοδο ή από δεδομένα βάσεως δεδομένων για μέγιστη εξοικονόμηση. Είναι κρίσιμο να αναφερθεί ότι υπάρχουν 3 επίπεδα λειτουργίας χειροκίνητο, προγραμματισμένο με αυτοματισμό και το τελευταίο και λιγότερο διαδεδωμένο αυτόνομο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης για την πραγματοποίηση όλων των παραπάνω λειτουργιών [21].

2.2.2 Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ)

Ο ρόλος των απομακρυσμένων Κέντρων Ελέγχου είναι σημαντικός καθώς αποτελούν το μέσο σύνδεσης όλων των οργάνων με τον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Θα μπορούσαμε να τα παρομοιάσουμε με το νευρικό σύστημα ενός ανθρώπινου οργανισμού καθώς συλλέγει δεδομένα, τα μεταφέρει ,μεταδίδει τις εντολές ,συμβάλει στην ολοκλήρωση όλων των διαδικασιών εγκαίρως και με αποτελεσματικό τρόπο. Η σημαντικότητά τους έγκειται στο γεγονός ότι εμπεριέχουν μικροϋπολογιστή και ηλεκτρική παροχή με συσσωρευτές καδμίου-νικελίου ώστε να παραμένει ανεξάρτητος από την κεντρική μονάδα. Βασική τους λειτουργία λοιπόν είναι να μεταφέρουν συνεχώς δεδομένα από τα όργανα βάσει των εντολών που τους έχουν δοθεί στον κεντρικό υπολογιστή και να αναφέρουν οποιοδήποτε είδος δυσλειτουργίας προκύψει. Τα ΑΚΕ διαχωρίζουν τα όργανα που επιτηρούν με κωδικοποίηση και εκδίδουν προγραμματισμένα τα στοιχεία λειτουργίας τους βάσει εντολών του κεντρικού υπολογιστή π.χ. (κατάσταση λειτουργίας, όρια λειτουργίας, καταναλώσεις) [28].

Ως ανεξάρτητες συσκευές τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου μπορούν να ενσωματώσουν πληθώρα λειτουργιών πέραν των ελέγχων καθώς η ευελιξία προγραμματισμού τους προσφέρει αυτονομία αλλά και την δυνατότητα γραφικής απεικόνισης με την σύνδεση τερματικών στα ΑΚΕ όπως επίσης την άμεση συντήρηση του συστήματος από τους χειριστές. Η κατάτμηση ενός συστήματος σε εν μέρει κομμάτια προλαμβάνει την υπερφόρτωση του καθώς επίσης και την εύρεση δυσλειτουργιών πιο γρήγορα από το αναμενόμενο. Η επιφόρτιση στο μέλλον των απομακρυσμένων κέντρων ελέγχου με περισσότερες λειτουργίες θα αποσυμφορήσει το κεντρικό σύστημα αλλά και θα επεκτείνει τις τεράστιες δυνατότητες αυτού του τρόπου αρχιτεκτονικής διασύνδεσης των συσκευών ελέγχου [28],[21].

2.2.3 Περιφερειακές Μονάδες Ελέγχου (ΠΜΕ)

Η πολυπλοκότητα των διασυνδέσεων των συστημάτων εφηύρε σταθμούς συλλογής που παίζουν το ρόλο “μεσάζοντα” για την μεταφορά των δεδομένων από τους αισθητήρες στον κεντρικό υπολογιστή. Οι περιφερειακές μονάδες ελέγχου κατέχοντας ευελιξία τελευταίας τεχνολογίας χρησιμοποιούν πρωτόκολλα και αλγόριθμους συμβατά με όλες τις συσκευές της παγκόσμιας αγοράς. Η ανάγκη για σύνδεση για τέτοιου τύπου μονάδες έγινε σταδιακά απαιτητή λόγω της ανεξαρτησίας διασύνδεσης την οποία διαθέτουν και λόγω της δυνατότητας ανοιχτού κώδικα προγραμματισμού. Η προαναφερθείσα ανεξαρτησία βοηθάει τις μονάδες ελέγχου σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης όπως διακοπή ρεύματος ή έλλειψης επικοινωνίας να αποθηκεύουν τα δεδομένα τους σε ξεχωριστή μνήμη για επαρκή χρόνο μέχρι επανασύνδεση τους. Η πολυπλοκότητα της μνήμης που διαθέτουν τις καθιστά επαρκείς για alert και καταγραφές δεδομένων για οποιαδήποτε δυσλειτουργία προκύψει [28].

Η επικοινωνία των Περιφερειακών Μονάδων γίνεται είτε με σύνδεση με κάποια τερματική συσκευή επικοινωνίας τύπου modem ή με καλωδίωση με θύρα τύπου RS485 ή και με ένα ασύρματο δέκτη ο οποίος μπορεί να είναι προσαρμοσμένος πάνω στην μονάδα. Όσον αφορά το εύρος των σημάτων αν ο τύπος της συσκευής είναι Modular εξυπηρετεί τους περισσότερους τρόπους διασύνδεσης [21].

2.2.4 Πρωτόκολλα δικτύων σύνδεσης

Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών είχε επακόλουθη τεχνολογική βελτίωση σε ότι συνεπάγεται στην μεταφορά δεδομένων με την έλευση της εποχής του διαδικτύου. Ο χώρος λοιπόν των δικτύων και δει των πρωτοκόλλων δεν θα μπορούσε να παραμείνει ανέπαφος αφού ένα γρήγορος υπολογιστής από μόνος του θα ήταν κατά το ήμισυ χρήσιμος αν δεν μπορούσε να μεταφέρει αναλόγως ταχύτητα την πληροφορία για την επεξεργασία των δεδομένων. Ύστερα από ανάλογες εξελίξεις στον τομέα της πληροφορικής επικράτησε το πρωτόκολλο του TCP/IP μαζί με τα παράγωγα του με τεράστιες δυνατότητες [21].

Στην περίπτωση των BMS τα πράγματα είναι κάπως διαφορετικά καθώς δεν έχει ακόμα καταλήξει η αγορά σε ένα είδος πρωτοκόλλων λόγω της πρόωρης ηλικίας την οποία διαθέτει. Είναι άλλωστε προφανές πως εξαιτίας των διαφόρων τεχνολογιών τα οποία αποτελούν το κεντρικό σύστημα διαχείρισης του κτιρίου είναι δύσκολο να επικρατήσει κάποια από όλες τις

υφιστάμενες τεχνολογίες. Επίσης είναι εξαιρετικά δύσκολη η διασύνδεση των διαφορετικών συστημάτων πχ. Θέρμανσης και φωτισμού με τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου και τον κεντρικό υπολογιστή διότι τυγχάνει ο καθένας να έχει κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνολογία και πρωτόκολλο. Η εύρεση ενός κοινού δρόμου για επικοινωνία είναι προ των πυλών καθώς η ανάγκη για πολυπλοκότητα συνεχώς αυξάνει. Η λύση θα υπάρξει με την λειτουργία ενός λογισμικού ικανού να συγκεράσει τις διαφορετικές απαιτήσεις των τεχνολογιών [28].

Παρακάτω αναφέρονται τα κυριότερα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται από την παγκόσμια αγορά.

EIBUS

Η ανάγκη για παροχή ενοποιημένων υπηρεσιών από εταιρείες προμήθειας ηλεκτρικού εξοπλισμού δημιούργησε την European Installation Bus Association με σκοπό την σύνθεση ενός μοντέλου το οποίο περιείχε κανόνες, οδηγίες και πρότυπα για τις εγκαταστάσεις πρωτοκόλλων επικοινωνίας για την διαχείριση κτηρίων.

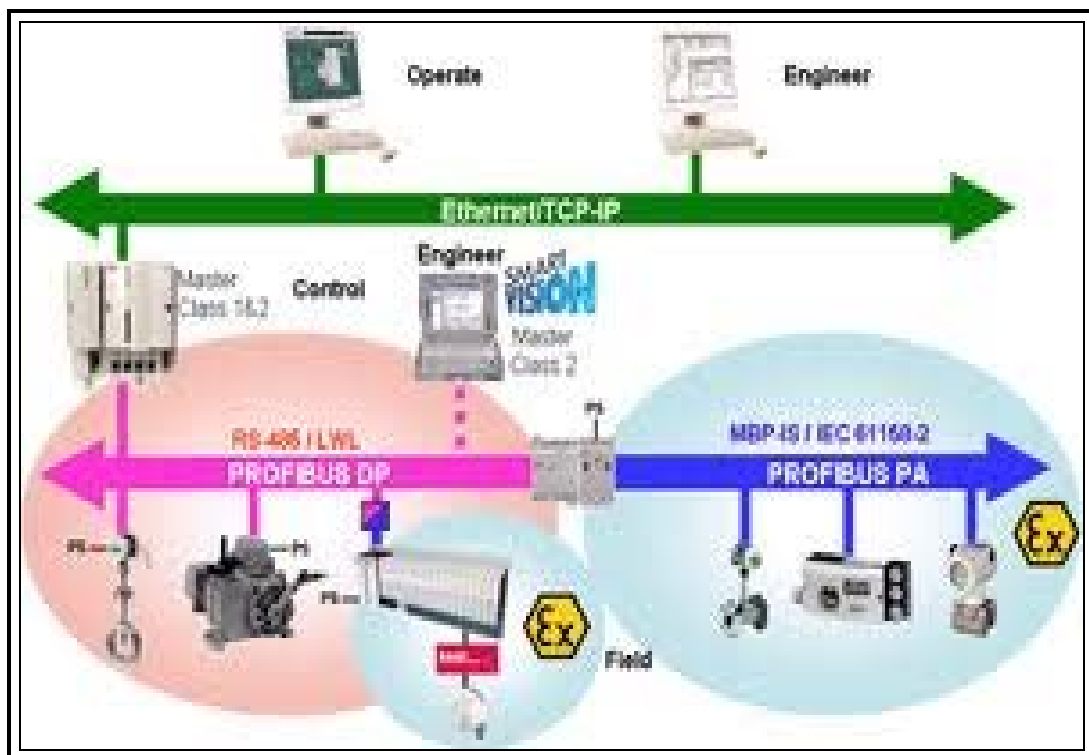
Η δημιουργία και σύνθεση του διαύλου EIB καταξιώθηκε εμπορικά σε όλες τις ηπείρους με ιδιαίτερη επιτυχία στην Ευρώπη. Εγκαθιστώντας ένα συνεστραμμένο ζεύγος στο ηλεκτρικό δίκτυο του κτηρίου συνδέεται με όλους τους αισθητήρες και τα κέντρα ελέγχου του κτηρίου καθώς και με τους "ενεργοποιητές". Οι ενεργοποιητές λαμβάνουν εντολές από τους χειριστές μεταβάλλοντας τις συνθήκες του κτηρίου κάθε γραμμή επικοινωνίας τύπου EIB μπορούν να συνδεθούν μέχρι και 64 διαφορετικές συσκευές. Οι γραμμές μπορούν να διαμορφώσουν περιοχές διαύλου και κατ επέκταση συζευκτικές δυνατότητα που αυξάνει την πολυπλοκότητα της συναρμογής του συστήματος. Η μετάδοση της επικοινωνίας πραγματοποιείται με 9600bit/sec αναλύοντας το σήμα αποστολής σε 4 τομείς ελέγχου, διεύθυνσης ,δεδομένων και επαλήθευσης για την εξασφάλιση της επικοινωνίας χωρίς λάθη. Το EIB με τις δικλίδες ασφαλείας που διαθέτει και με την βοήθεια ενός μηχανισμού διατησίας αποτελεί ένα από τα πιο γρήγορα και αξιόπιστα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

PROFIBUS

Το Process Field Bus αποτελεί ένα εξίσου καταξιωμένο πρωτόκολλο σε όλη την παγκόσμια αγορά καθώς διαθέτει και ευρωπαϊκή προτυποποίηση (EN 50 170) για την διασφάλιση των κατασκευαστών και των πελατών [Εικόνα 4]. Τα νούμερα μιλάνε από μόνα τους στην συγκεκριμένη περίπτωση με δυνατότητα εγκατάστασης σε 1500 διαφορετικές συσκευές και με

εγκατεστημένες συσκευές που ξεπερνούν τα 2 εκατομμύρια το PROFIBUS είναι από τα ραγδαίως αναπτυσσόμενα και εξελισσόμενα μοντέλα διαύλου επικοινωνίας [22].

Ως δίαυλος επικοινωνίας σειριακής μορφής κατανέμει τις συνδεδεμένες συσκευές σε επίπεδα χαμηλής και μεσαίας απόδοσης με την μορφή master και slave συσκευών. Οι master συσκευές παίζουν ενεργό ρόλο στην επικοινωνία καθώς μπορούν να ελέγξουν τον δίαυλο ανά πάσα στιγμή. Οι πιο γνωστές τέτοιου τύπου συσκευές είναι τα PLC και τα CNC .Σε αντίθεση οι slave συσκευές δεν διαθέτουν δικαιώματα στον δίαυλο μπορούν απλά να μεταφράσουν τα μηνύματα που δέχονται σε περίπτωση που τους ζητείται η πραγματοποίηση μιας εντολής. Τέτοιου τύπου συσκευές στο profibus είναι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές. Η ύπαρξη των επιπέδων στο profibus το καθιστά εύκολο για συντήρηση και αναβάθμιση [23].

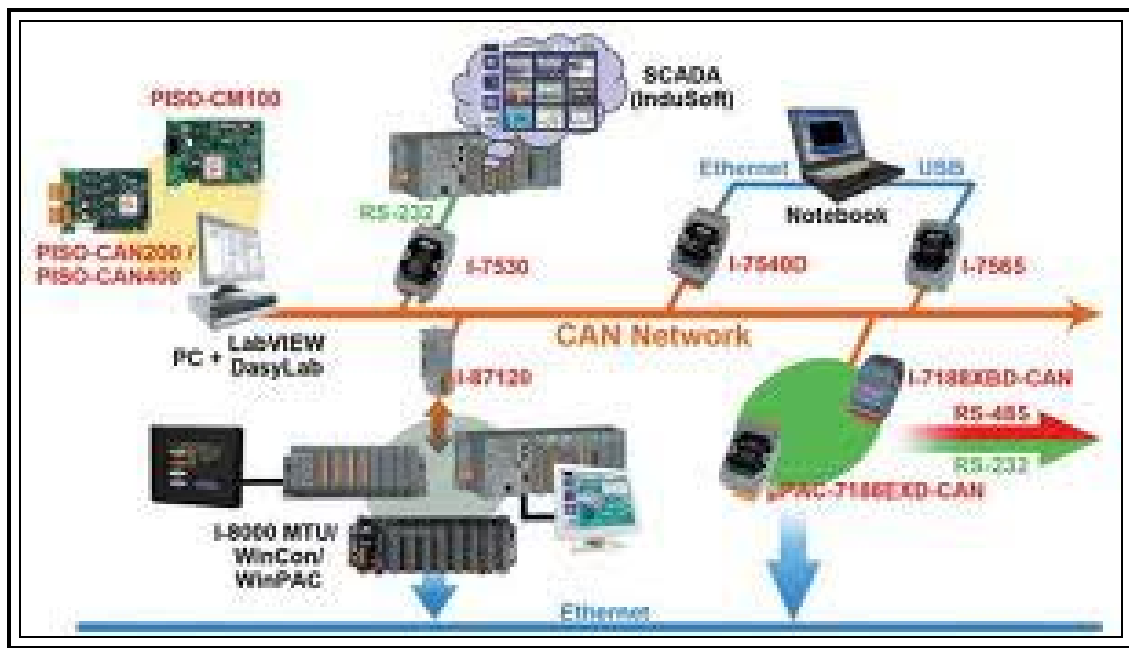


Εικόνα 4

CANBUS

Το Controlled Area Network αρχικά είχε σχεδιαστεί για τον έλεγχο αυτοκινήτων αλλά αργότερα αποδείχτηκε χρήσιμο για βιομηχανικά συστήματα.[Εικόνα 5]Η συμβολή της Intel και της Bosch το καθιέρωσε με προτυποποίηση ISO 11898 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με την μετέπειτα καθιέρωση του και στον υπόλοιπο κόσμο.

Αν και πολύπλοκο για την καταξίωση του διαθέτει εξαιρετικά δυναμικά χαρακτηριστικά με κυριότερο την υψηλότερη μεταφορά δεδομένων 1mb/sec σε μήκος διαύλου μικρότερο των 40 μέτρων. Επίσης προβλέπεται χρόνος απόκρισης για τα μηνύματα οποίος και αποτιμάται να είναι εξαιρετικά ταχύς στα 54μs για μικρού μήκους αποστολές. Εξίσου σημαντική δουλειά έχει πραγματοποιηθεί και στην επεξεργασία και εντοπισμό σφαλμάτων εκμηδενίζοντας ουσιαστικά τα περιθώρια λάθους. Διαθέτοντας χαμηλό κόστος και στις εμπορικές του συσκευές οι CAN ελεγκτές του, έχουν υιοθετηθεί από μεγάλες εμπορικές εταιρείες όπως η Siemens και η Philips.



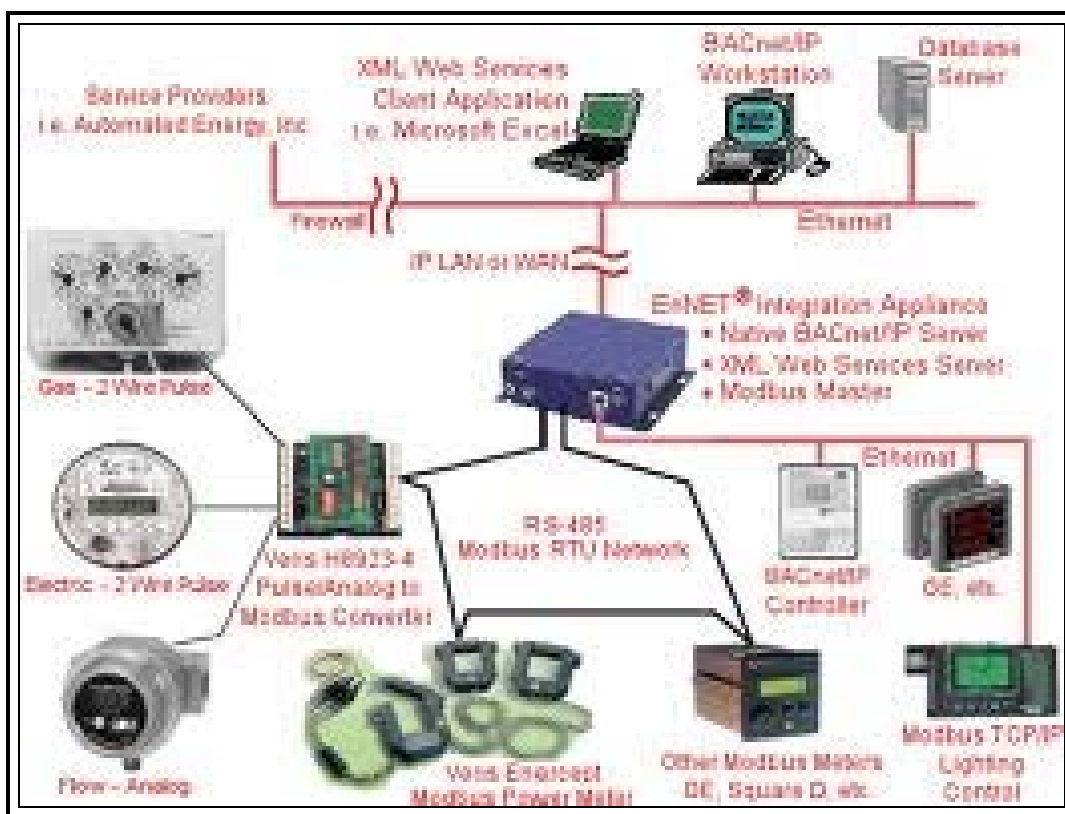
Εικόνα 5

LonWorks

Η Echelon Corporation δημιούργησε το πρωτόκολλο Lonworks με σκοπό την χρησιμοποίηση ενός τύπου καλωδίου για την μετάδοση σημάτων από διαφορετικούς κατασκευαστές [Εικόνα 6]. Η πρωτοπορία του Lonworks ήταν ότι κατάφερε να ενοποιήσει τις διαφορετικές συσκευές που συνήθως χρειαζόνταν διαφορετικά καλώδια για την τροφοδοσία και σηματοδότηση ενός συστήματος. Το αποτέλεσμα αυτής της πρωτοπορίας είναι η πιο εύκολη ανταλλαγή πληροφοριών και αλληλεπιδράσεων σε έναν αποδοτικότερο από τα συνήθη μοντέλα, σύστημα [23].

Ο κορμός του πρωτοκόλλου αποκαλείται Neuron. Ο μικροεπεξεργαστής που διαθέτει αποτελείται από ένα neuron chip, ένα πομποδέκτη και μια μονάδα εισόδου εξόδου ικανά στοιχεία για την δημιουργία κόμβου ελέγχου. Οι κόμβοι επηρεάζουν το σύστημα

επικοινωνώντας μεταξύ τους με την βοήθεια ενός πρωτοκόλλου ανταλλαγής πληροφοριών το LonTalk. Η καινοτομία του πρωτοκόλλου βασίζεται στην αξιόπιστη λειτουργία λόγω των πολλών κόμβων που διαθέτει και με την βοήθεια αυτών βελτιώνει τις βασικές λειτουργίες του όπως η επαναμετάδοση σήματος, η ανίχνευση λαθών και η επιβεβαίωση μηνυμάτων. Το LonTalk μαζί με την τεχνολογία του Neuron chip είναι μια από τις αποτελεσματικότερες δομές καθώς δεν απαιτεί σε περίπτωση δυσλειτουργιών αλλαγές και κοστοβόρες αναβαθμίσεις. Οι διεπαφές των συστημάτων κατά τις επεκτάσεις απλά προστίθενται χωρίς να χρειάζεται επαναπρογραμματισμός αφού το Lonworks ενσωματώνει και αλγόριθμο για την κίνηση των δεδομένων [25].

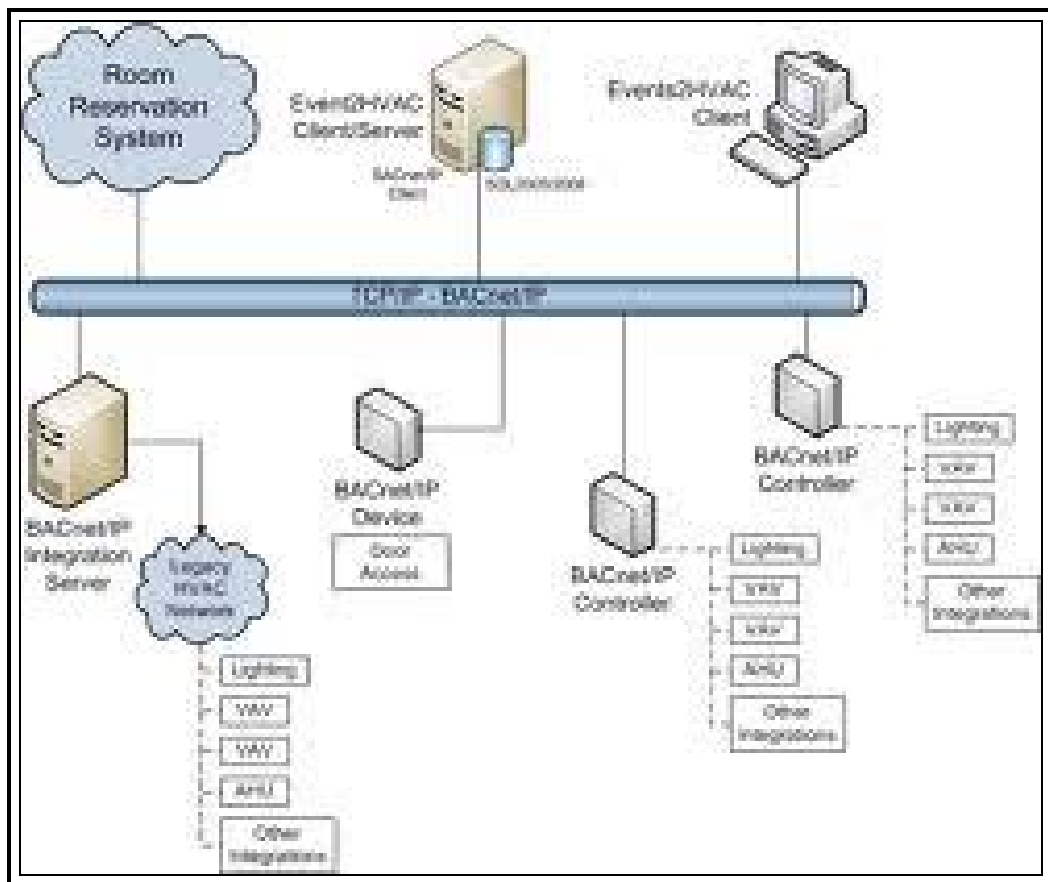


Εικόνα 6

Bacnet

Το Bacnet είναι πρωτόκολλο διαύλου επικοινωνίας σχεδιασμένο για τον αυτοματισμό κτιριακών εγκαταστάσεων [Εικόνα 7]. Η πρωτοβουλία ξεκίνησε από το ASHRAE ,επιτροπή τεχνικών για αυτοματισμούς σε κτίρια. Ο σκοπός όπως και στα προηγούμενα μοντέλα ήταν η δημιουργία ενός ενιαίου μοντέλου επικοινωνίας όλων των κατασκευαστών. Η επίτευξη ενός τέτοιου στόχου δεν ήταν εύκολη για αυτό και το bacnet έχει τρεις βασικούς τομείς ανάλυσης για να συμπεριλάβει κάθε είδους διαφορετικότητα. Ο πρώτος τομέας περιλαμβάνει μια τυποποιημένη μέθοδο απεικόνισης όλων των συστημάτων. Ο δεύτερος τομέας κάνει μια

εμπεριστατωμένη ανάλυση για την επικοινωνία και την αλληλεπίδραση μέσω των μηνυμάτων για όλο τον εξοπλισμό. Το τρίτο και τελευταίο μέρος καθορίζει το σύνολο των αποδεκτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο [24],[25].



Εικόνα 7

2.2.5 Όργανα ελέγχου BMS

Τα όργανα ελέγχου ενός BMS ή αλλιώς οι συσκευές εισόδου εξόδου παίζουν τον ρόλο του μεταφορέα των πληροφοριών αμφίδρομα και για τις συσκευές που κατευθύνουν και για το κεντρικό σύστημα του κτιρίου. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με την βοήθεια μεταβολών στις παραμέτρους που περιέχουν τα μικροκυκλώματα κατόπιν αντιστοιχίας. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι κυριότερες (η κατανομή των συσκευών γίνεται βάσει της λειτουργίας τους δηλαδή αν είναι εισόδου η εξόδου):

Συσκευές Εισόδου

Θερμοκρασία: Ένα από τα βασικότερα στοιχεία μέτρησης για όλα τα στοιχεία θέρμανσης και κλιματισμού. Η μέτρηση πραγματοποιείται σε κενούς χώρους, σε αέρια σε εξωτερικές ή εσωτερικές συνθήκες αλλά και σε υγρά συσκευών που διανέμονται στους χώρους ελέγχου. Το εύρος των μετρήσεων καθορίζει και τις παραμέτρους βάσει των οποίων γίνεται ο προγραμματισμός των συστημάτων για χρήση και ασφαλή λειτουργία [Εικόνα 8].



Εικόνα 8

Οι συνήθεις τύποι τέτοιου είδους αισθητήρων θερμοκρασίας διακρίνονται σε επιτοίχιοι εσωτερικού-εξωτερικού χώρου, εμβάπτισης, επαφής αγωγού και μέσης τιμής αεραγωγού.

Είδος Μετρούμενου Μέσου	Θερμοκρασιακό Εύρος Λειτουργίας
Αέριο	+30°C εως +850°C
Αέρας	-10°C εως +40°C
Νερό	-10°C εως +30°C
Ψυχρό Νερό	-10°C εως +150°C

Η ακρίβεια των παραπάνω μετρήσεων κυμαίνεται στις αποκλίσεις τους στο 5%.

Σχετική υγρασία: Η σχετική υγρασία μετράται σε εξωτερικές και εσωτερικές συνθήκες συνήθως μαζί με την θερμοκρασία καθώς επηρεάζουν το ένα το άλλο με τις μεταβολές τους [Εικόνα 9].



Εικόνα 9

Είδος Μετρούμενου Μέσου	Θερμοκρασιακό Εύρος Λειτουργίας
Επίτοιχος εσωτερικού χώρου	-10 % εως +90 % rh
Επίτοιχος εξωτερικού χώρου	-40 % εως +60 % rh
Αεραγωγός	0 % εως +60 % rh

Διαφορική Πίεση: Η διαφορική πίεση μετριέται μεταξύ δύο σημείων αεραγωγού και μέσω ψυκτικών υγρών.

Είδος Μετρούμενου Μέσου	Θερμοκρασιακό Εύρος Λειτουργίας
Αέρα χώρου και εξαγωγού	0-7500Kpa
Αερίων και υγρών μέσων	0-5000kpa

Στατική Πίεση: Η συγκεκριμένη μέτρηση παρακολουθεί τις μεταβολές αερίων και υγρών μέσων.

Είδος Μετρούμενου Μέσου	Θερμοκρασιακό Εύρος Λειτουργίας
Αερίων και υγρών μέσων	0-600bar

Συγκέντρωση CO2: Η μέτρηση του αέρα μας δείχνει την ποιότητα άνεσης των χώρων.

Είδος Μετρούμενου Μέσου	Θερμοκρασιακό Εύρος Λειτουργίας
Συγκέντρωσης CO ₂	0-500ppm

Φωτεινότητα: Ο έλεγχος του φωτισμού είναι απαραίτητο στοιχείο εξοικονόμησης ενέργειας. Επιτυγχάνεται με αισθητήρες παρουσίας και με λάμπες οικονομίας.

Είδος Μετρούμενου Μέσου	Θερμοκρασιακό Εύρος Λειτουργίας
Επιτοίχιου, εντοιχισμένοι, εξωτερικών χώρων και οροφής	0-20klux

Συσκευές Εξόδου

Οι συγκεκριμένες συσκευές ρυθμίζουν τις παραμέτρους για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και αναλόγως με τις συσκευές εισόδου είναι δύο τύπων αναλογικές και ψηφιακές (0-20μΑ, 0-10volts).

Βάνες ενεργοποίησης: Η χρήση των εξαρτημάτων αυτών ρυθμίζει την παράκαμψη, προσαρμογή, ανάμειξη ενός υγρού μέσου. Σε ενδιάμεση λειτουργία ρυθμίζουν τα θερμικά η τα ψυκτικά φορτία για τα περιβάλλοντα τα οποία ελέγχουν.

Τύπος βάνας	Υλικό	Μέσο Ελέγχου	Τρόπος Ελέγχου
Δίοδη, Τρίοδη Ανάμειξης, Τρίοδη Διανομής, Τετράοδη	Ορείχαλκος, Χυτοσίδηρος	Κοχλίας ,Φλάντζα	On-Off

Ενεργοποιητές αέρα: Η χρήση των ενεργοποιητών αέρα αφορά τον έλεγχο του κυκλοφορούμενου αέρα στους αεραγωγούς. Όπου υπάρχει και φορτίο θερμότητας η ψυχρότητας ρυθμίζεται μέσω των Van.

Ρυθμιστές φωτεινότητας: Η χρήση τους αφορά την ένταση ισχύος σε μέσα φωτισμού. Λειτουργούν σε όλα τα είδη είτε πυρακτώσεως είτε ωμικής αντίστασης.

Ρελέ αυτοματισμού: Χρησιμοποιούνται στους ηλεκτρικούς πίνακες για ψηφιακό έλεγχο (on,off,open_close).Αναλόγου τύπου ενεργοποιητές και βάνες σε ψηφιακό έλεγχο υπάρχουν και σε αυτή την κατηγορία .

Αισθητήρας κίνησης: Χρησιμοποιούνται για την λειτουργία του φωτισμού και για την παρουσία σε συγκεκριμένο χώρο ανίχνευσης. Συνδυάζουν τον έλεγχο κίνησης και τον ανεπαρκή φωτισμό [28],[Εικόνα 9^A].



Εικόνα 9^A

2.3 Πεδίο Εφαρμογής BMS

Ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου BMS έχει την δυνατότητα με τις ψηφιακές του λειτουργίες να παρακολουθήσει τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ενός κτιρίου ενσωματώνοντας όλες τις παρακάτω εφαρμογές:

- 1) Το σύστημα παραγωγής και διάχυσης στο κτίριο του ψυχρού και του θερμού αέρα (αντλίες θερμότητας, λέβητες, κυκλοφορητές).
- 2) Στοιχεία διανομής θερμού και ψυχρού αέρα.

- 3) Τις εγκαταστάσεις μεγαφώνων ενημέρωσης.
- 4) Τα στοιχεία fan coil.
- 5) Τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις υψηλών τάσεων ρευμάτων.
- 6) Τα επίπεδα χημικών στον αέρα των χώρων και στους αεραγωγούς.
- 7) Την λειτουργία των ανελκυστήρων.
- 8) Τους ανεμιστήρες αερισμού και δροσισμού του κτιρίου.
- 9) Το κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης CCTV.
- 10) Τους υποσταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορες χρήσεις (H/T,UPS).
- 11) Τον φωτισμό και την φωτεινότητα των χώρων
- 12) Το σύστημα πυρανίχνευσης.
- 13) Τα κουβούκλια πυρόσβεσης.
- 14) Την διαχείριση της πυρόσβεσης
- 15) Την στάθμη των αποχετεύσεων και των υδάτινων πόρων.
- 16) Τον έλεγχο βιοκλιματικών συστημάτων (περσίδες σκίασης).

Οι προσθήκες των σημείων ελέγχου όσο η τεχνολογία αυτοματοποιεί τις εγκαταστάσεις των κτιρίων θα συνεχίζει διαρκώς να αυξάνει την επιτήρηση με σκοπό την απρόσκοπτη και λογική χρήση για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας.

2.4 Ερευνητικό Πεδίο Εφαρμογής

Έχοντας πραγματοποιήσει έρευνα εφαρμογής του προβλήματος που αναλύει η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή διαπιστώθηκαν κενά που ενισχύουν την παρούσα ανάγκη για σχεδιασμό αποδοτικών αλγορίθμων. Δεν κατέστη δυνατή η εύρεση πανομοιότυπου συστήματος εφαρμογής αλγορίθμου εξοικονόμησης ενέργειας με την χρήση τεχνολογιών σε οικιακά περιβάλλοντα [12], [21]. Οι μελέτες που έχουν δημοσιευτεί αντιπροσωπεύουν κάποια από τα

ενεργειακά συστήματα εφαρμόζοντας απλά τις τεχνολογίες πάνω σε ενεργοβόρα κτίρια [40],[41]. Ελάχιστη είναι η έρευνα όσον αφορά την εφαρμογή εξελιγμένων αλγορίθμων για εξοικονόμηση σε κτήρια. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί η περίπτωση εμπορικής εταιρείας η οποία εφαρμόζει σε βιομηχανικά κτήρια αλγορίθμους για τον έλεγχο της θέρμανσης με την χρήση ενός οικονομικού μοντέλου για την βελτίωση του συστήματος [39]. Η ύπαρξη ενός μοντέλου ελέγχου της συμπεριφοράς των χρηστών αποτελεί για λόγους εμπορευματοποίησης μη προσεγγίσιμο πρότυπο για έρευνα [42].

Οι ευρωπαϊκές εταιρείες που ασχολούνται με την εξοικονόμηση ενέργειας σε κτήρια έχουν επενδύσει στις καταναλώσεις μεγάλης κλίμακας οι οποίες αφορούν συγκροτήματα γραφείων ή βιομηχανικούς χώρους [43]. Η έμφαση δίδεται στα μεγάλα κτήρια διότι και οι καταναλώσεις είναι μεγάλες. Η εξοικονόμηση αφορά τον φωτισμό και την διαχείριση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης [44],[45]. Για λόγους που θα αναλυθούν αργότερα η αγορά εξοικονόμησης σε οικιακά περιβάλλοντα έχει καθυστερήσει επειδή το κάθε οικιακό μοντέλο είναι μοναδικό. Αυτή λοιπόν η συνθήκη είναι και η αφορμή για την εξέλιξη ενός υβριδικού αυτόνομου συστήματος εφαρμοζόμενο σε μια βιοκλιματική κατοικία.

Κεφάλαιο 3

Διαχείριση Ενέργειας με τη Χρήση Α.Π.Ε. (BEMS)

Η εξέλιξη των συστημάτων στον χώρο των BMS εγκαθίδρυσε με αργούς ρυθμούς νέες τεχνολογίες που σχετίζονται με την εξοικονόμηση και την αντιστάθμιση ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές γεγονός που άλλαξε την φιλοσοφία της διαχείρισης των πόρων. Η νέα αυτή φιλοσοφία δημιούργησε μια νέα αγορά οικιακών κατοικιών που μέχρι πρότινος ήταν εκτός σχεδιασμού. Έτσι πλέον μετά από μια 20ετία περίπου έχουμε και στην Ελλάδα μηχανήματα μικρής κλίμακας με εμπορικό κόστος τα οποία και πετυχαίνουν εξοικονόμηση σε πολύ μεγάλο βαθμό καθώς η τιμή των πρώτων υλών συνεχώς ανεβαίνει. Με αυτή λοιπόν την φορά των πραγμάτων τα κλασικά συστήματα διαχείρισης μπαίνουν σε δεύτερη μοίρα καθώς και βάσει των νέων ενεργειακών οδηγιών (KENAK) η σημαντικότητα των ΑΠΕ έχει ξεπεράσει κατά πολύ την αυτοματοποίηση των κλασικών BMS.

3.1 Οικιακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα

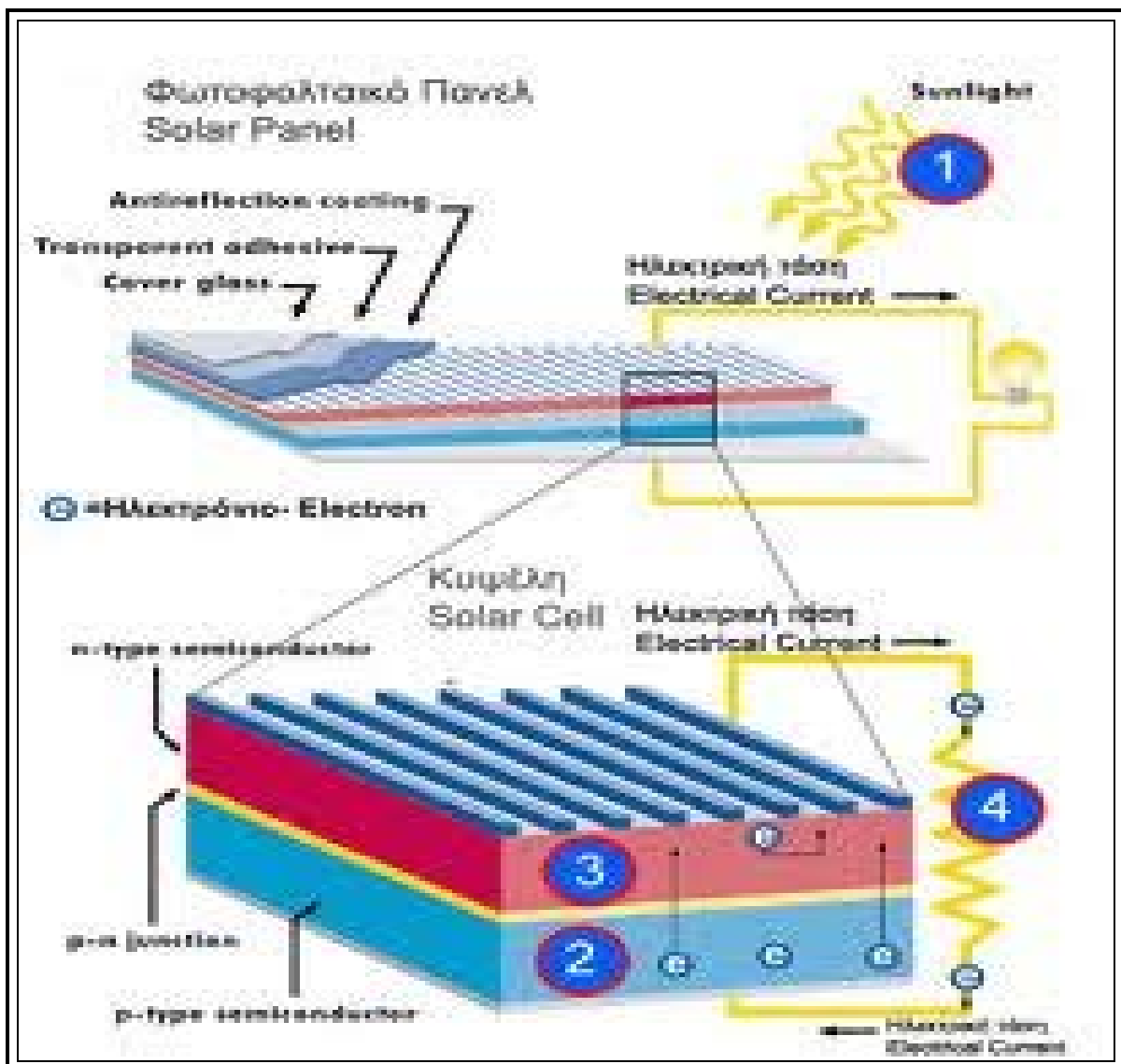
Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για μετατροπή της σε ηλεκτρική υπήρξε πάντοτε δέλεαρ για τους επιστήμονες καθώς ένα πολύ μικρό μέρος αυτής μόλις το 5% θα κάλυπτε τις παγκόσμιες ανάγκες για κατανάλωση. Το πρόβλημα από την γένεση του φωτοβολταϊκού φαινομένου το 1838 ήταν η εύρεση ενός υλικού ευρείας παραγωγής το οποίο να έχει και τις ανάλογες αποδόσεις σε μέγεθος γεγονός που συνδέεται άμεσα με την κατασκευή και το κόστος του. Οι προσπάθειες από τότε συνεχείς με θαυματουργά αποτελέσματα εξέλιξαν την πρώτη ύλη σύνθεσης του πυριτίου αποδόσεις της του τάξης του 20%. Το μέλλον αναμένεται μη προβλέψιμο με τις εφαρμογές καθώς και τις δυνατότητες εξέλιξης να παραμένουν ακόμα άγνωστες.



Εικόνα 10

Όπως κάθε τεχνολογία το φωτοβολταϊκό σύστημα διατηρεί κυρίως πλεονεκτικούς όρους για την χρησιμοποίηση και κατασκευή του. Τα σημαντικότερα που μπορούμε να αναφέρουμε είναι η ελάχιστη συντήρηση του καθώς δεν περιέχει μηχανικά μεταβλητά στοιχεία ,το εύρος ζωής του που ξεπερνά τα 35 χρόνια , η μηδενική παραγωγή ρύπων κάθε είδους και η δυνατότητα επέκτασης και αναβάθμισης του. Κάθε kw φωτοβολταϊκού συστήματος αποτρέπει την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα κατά 1,3 τόνους για ένα τρέχον έτος. Τα μειονεκτήματα του όπως κάθε νέας τεχνολογίας αφορούν την βελτίωση της, οπότε είναι βέβαιο ότι θα εξαλειφθούν καθώς η ηλιακή ενέργεια θα είναι πρώτη σε παραγωγή μέχρι το 2060 [15],[38].


Προσπαθώντας να κατανοήσουμε την καινοτόμο λειτουργία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού παραθέτω σύντομα τον ορισμό του φαινομένου. Το ηλιακό φάσμα φωτός αποτελείται από φωτόνια σε διάφορα μήκη κύματος. Κατά την πρόσπτωσή αυτών σε μια επιφάνεια, ένα μέρος ανακλάται, ένα μέρος απορροφάται από την επιφάνεια αυτή και ένα μέρος την προσπερνά. Όταν λοιπόν η απορρόφηση πραγματοποιηθεί από έναν ημιαγωγό τότε η ενέργεια αυτή διεγείρει τα ηλεκτρόνια του υλικού. Η δημιουργία του ηλεκτρικού πεδίου οφείλεται σε διαφορετικά υλικά που έρχονται σε επαφή και αυτό γίνεται καθώς το ηλεκτρόνιο τίθεται σε κίνηση συντελώντας το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αν το φωτοβολταϊκό στοιχείο συνδεθεί με ακροδέκτες έχουμε ένα κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος [Εικόνα 11], [15].



Εικόνα 11

3.1.1 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών συλλεκτών

Τα διάφορα αγώγιμα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν έχασαν σταδιακά το επιστημονικό ενδιαφέρον τους καθώς το πυρίτιο κατακτούσε συνεχώς έδαφος στην εξέλιξη της απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Η ανεξάντλητη ποσότητα του χαλαζία ως ορυκτό για την παραγωγή του πυριτίου καθώς και οι νέες μέθοδοι παραγωγής κρυστάλλων οδήγησαν την αγορά σε μια μονοπωλιακή κατάσταση η οποία όμως λόγω της εστίασης της παγκόσμιας κοινότητας βελτίωσε πολύ γρήγορα τις αποδόσεις. Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες τις κρυσταλλικές και μη κρυσταλλικές. Συγκεκριμένα οι κυριότερες εμπορικές κατηγορίες είναι τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά, τα άμορφου πυριτίου και τέλος τα λεπτού υμένια. Στην παγκόσμια αγορά ύστερα από επιτυχημένες και αποτυχημένες προσπάθειες έχουν επικρατήσει τα μονοκρυσταλλικά και τα πολυκρυσταλλικά εξαιτίας της υψηλής απόδοσης σε μικρές επιφάνειες που είναι και το ζητούμενο όσον αφορά την κατασκευή και το κόστος. Παρακάτω ακολουθεί συγκριτικός πίνακας των τεχνολογιών βάσει απόδοσης κυψέλης, διάστασης ανά kw και ετήσια παραγωγή ανά kw [Εικόνα 12], [15], [38].

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών (εξοπλισμός που κυκλοφορεί στην αγορά στις αρχές 2008)			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.300-1.450	1.300	1.300

Εικόνα 12

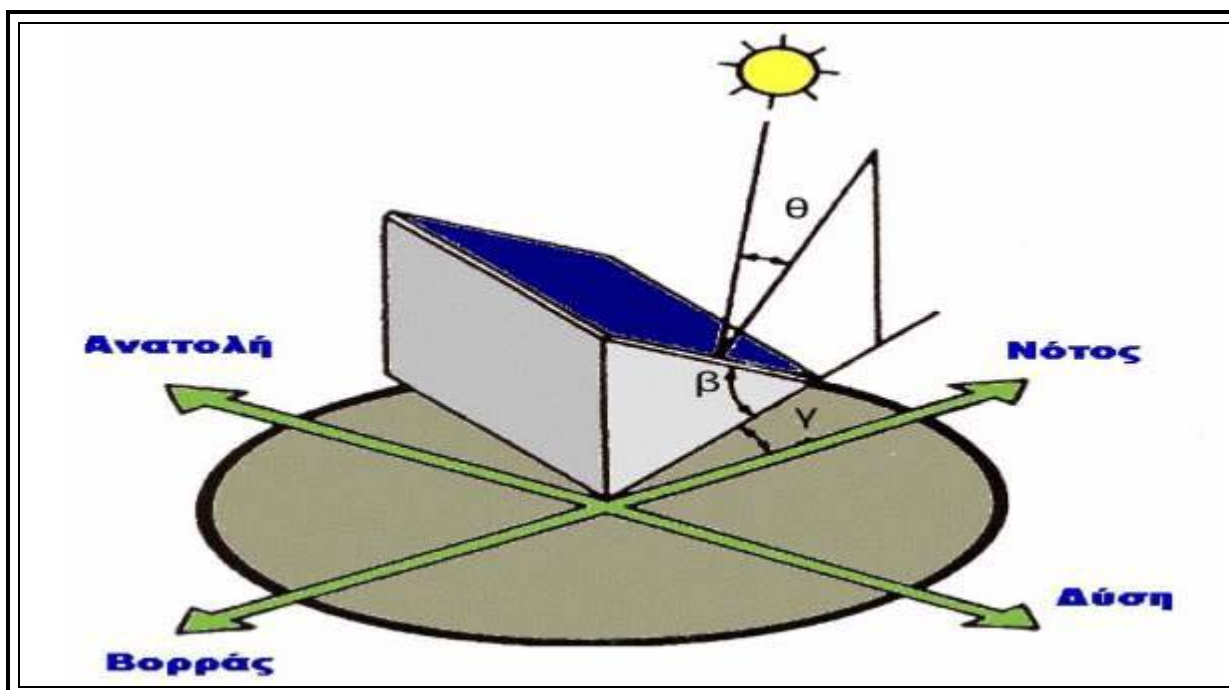
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών κυψελών μπορεί να διοχετευτεί στο κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος αφού μετατραπεί το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο και να δοθεί είτε προς κατ'ιδίαν εκμετάλλευση είτε προς πώληση στην εταιρεία ηλεκτρισμού. Η διάκριση λοιπόν αυτή δημιουργεί δύο κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων τα αυτόνομα και τα διασυνδεδεμένα. Τα μεν αυτόνομα λειτουργούν με μπαταρίες και διοχετεύουν την ενέργεια στο κτίριο για το οποίο γίνεται η παραγωγή οπότε έχουμε απευθείας κατανάλωση και ταυτόχρονη αποθήκευση του πλεονάσματος. Τα δε διασυνδεδεμένα συστήματα διοχετεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο της ΔΕΗ συμψηφίζοντας την καταναλισκόμενη ενέργεια και επιδοτούνται για την παραγωγή τους βοηθώντας την ανάπτυξη των επενδύσεων ΑΠΕ [15], [16].

3.1.2 Παραγωγική διαδικασία φωτοβολταϊκών

Οι επενδύσεις ΑΠΕ στην Ελλάδα εδώ και πολλά χρόνια βρίσκονται σε στάδια μετεξελιξέων καθώς η κρατική παρέμβαση από τις αρχές του 2006 με νομοθετικές ρυθμίσεις δεν ευνοούσε την ανάπτυξη τους. Η συγκεκριμένη αναφορά γίνεται για να επιδείξει πως για ακόμη μια φορά η προσέγγιση της εξοικονόμησης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είχε εκληφθεί ως μη παραγωγική. Ρίχνοντας όμως μια ματιά στην ουσία του θέματος διαπιστώνουμε πως η Ελλάδα διαθέτει μια από τις μεγαλύτερες ηλιοφάνειες της Ευρώπης καθώς η παραγωγή μπορεί να φτάσει μέχρι και το 1 kw ανά m² σε ημερήσια βάση. Σε ετήσια βάση τα νούμερα είναι ακόμα πιο θεαματικά καθώς η ετήσια παραγωγή σε νότιες περιοχές μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 1500Kw ανά m². Για να γίνει πιο κατανοητό αν θεωρήσουμε ότι μια επιφάνεια 1m² απορροφά από 8-20% ηλιακή ενέργεια, ένα μονοκρυσταλλικό πάνελ μπορεί να παράξει σε αυτή την επιφάνεια 160watt ενώ ένα πολυκρυσταλλικό μπορεί να παράξει 140 watt και περίπου 80watt αν είναι άμορφου πυριτίου. Ο χονδρικός κανόνας για να βρούμε την μέση ημερησία παραγωγή ενός συστήματος είναι να πολλαπλασιάζουμε την ισχύ του συστήματος επί 6 τους καλοκαιρινούς μήνες και επί 4 τους χειμερινούς μήνες. Η συνολική ετήσια παραγωγή ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος των 10kw μπορεί να κυμανθεί ανάλογα με τις περιοχές στην βόρεια Ελλάδα από 12500 έως τις 14.000 kw και στην νότια Ελλάδα από 13.500 μέχρι τις 17.000 kw [16],[17],[38].

Έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες μεγιστοποίησης της παραγωγής παίζει ο προσανατολισμός του συστήματος ο οποίος πρέπει να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου όλη την διάρκεια της ημέρας και κατά συνέπεια όλου του χρόνου. Η βέλτιστη λοιπόν λύση είναι ο νότιος

προσανατολισμός ο οποίος επιτυγχάνει και την κατά το μέγιστο δυνατό παραγωγή αναλόγου βεβαίως και της περιοχής. Επιθυμητή και εξίσου σημαντική είναι η κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ να βρίσκεται μεταξύ των 20 και 30 μοιρών με διαφορετική τιμή ανά περιοχή. Εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί το βέλτιστο υπάρχουν και ενδιάμεσες λύσεις που ξεκινούν από την προσθήκη άλλων πλευρών με σειρά βέλτιστης παραγωγής ανατολή-δύση-βορράς [Εικόνα 13], [38].



Εικόνα 13

Η κατάλληλη κλίση του πλαισίου σχηματίζεται στο επίπεδο που δημιουργεί το Φ/Β πάνελ με το οριζόντιο επίπεδο (γωνία β) και η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται από την προβολή της κεκλιμένης στο οριζόντιο επίπεδο [Εικόνα 13]. Επομένως μία κλίση με 30 μοίρες γωνία και γωνία αζιμούθιου μηδενική μας δίνει και την καλύτερη από πλευράς γωνίας των φωτονίων στο φωτοβολταϊκό πάνελ. Οι σκιασμοί αποτελούν έναν ακόμη πολύ σημαντικό παράγοντα καθώς επηρεάζουν καθολικά την παραγωγή του συστήματος. Όταν λέμε σκιασμούς εννοούμε όχι τους κλιματολογικούς αλλά τους τεχνητούς που μπορεί να δημιουργηθούν από τεχνητά εμπόδια είτε από λανθασμένη για παράδειγμα τοποθέτηση των πάνελ. Αυτοί μπορεί να είναι από καμινάδες, αρχιτεκτονικές προεξοχές, καλώδια, κεραιές και επίσης δέντρα τα οποία μεγαλώνουν κατά το πέρασμα των χρόνων. Παρακάτω οι εικόνες περιγράφουν παραστατικά τις απώλειες που παρουσιάζουν τα συστήματα ανάλογα με την κλίση και τον προσανατολισμό [Εικόνα 14],[15].

Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	13,9%	-22,2%	-36,8%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

Εικόνα 14

Είναι κρίσιμο να λαμβάνουμε υπόψη τα στοιχεία προσανατολισμού και σκιάσεων γιατί αυτά καθορίζουν άμεσα την παραγωγή. Οι μειώσεις που μπορούν να επέλθουν από μη λήψη σοβαρά των παραπάνω παραγόντων μπορούν να κυμανθούν από 10% έως και 50% στην συνολική ετήσια παραγωγή. Τα οικονομικά μεγέθη της παραγωγής είτε αυτή είναι διασυνδεδεμένη είτε αυτόνομη επηρεάζουν και την βιωσιμότητα της επένδυσης [Εικόνα 15], [16].

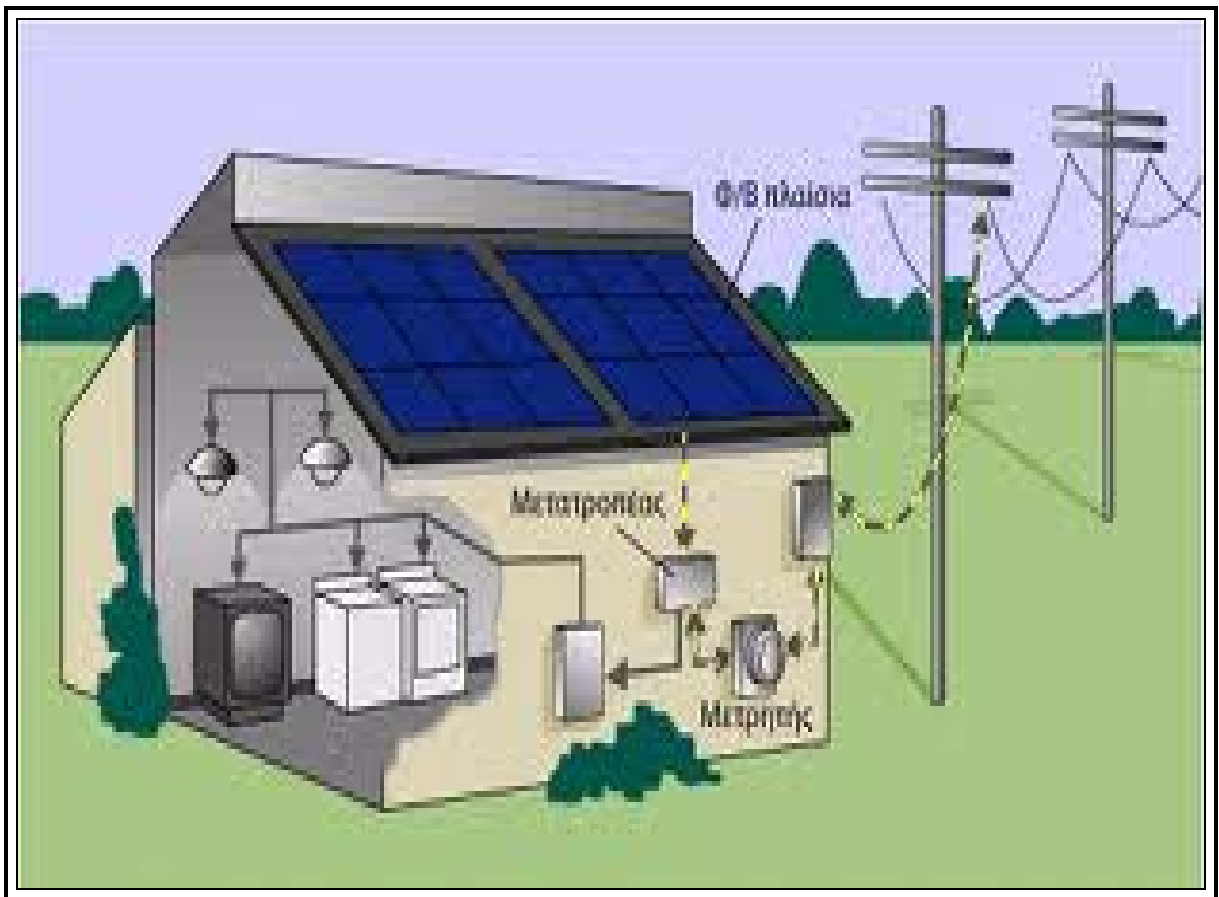
Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0°	30°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%

Εικόνα 15

3.1.3 Αποτελούμενα μέρη φωτοβολταϊκού

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από 7 βασικά μέρη τα οποία όλα μαζί αναπόσπαστα μεταξύ τους συμβάλουν στην ομαλή λειτουργία τους συστήματος και κατ' επέκταση στην παραγωγή του επιθυμητού ποσού ενέργειας [Εικόνα 16], [38]:

- 1) Φωτοβολταϊκά Πάνελ.
- 2) Μετατροπέας-Αντιστροφέας.
- 3) Πίνακες συνεχούς-εναλλασσόμενου ρεύματος.
- 4) Βάσεις στήριξης.
- 5) Καλώδια και ασφάλειες.
- 6) Δίκτυο ΔΕΗ με τους μετρητές και τα ρολόγια του.
- 7) Μπαταρίες φόρτισης αυτόνομου συστήματος.



Εικόνα 16

Εν συντομία η λειτουργία ενός Οικιακού Φωτοβολταϊκού συστήματος πραγματοποιείται σε απλά βήματα για την παραγωγή και διοχέτευση της ηλεκτρικής ενέργειας προς κατανάλωση. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ όντας τοποθετημένα στον επιθυμητό προσανατολισμό κατά την διάρκεια της ημέρας παράγουν εξαιτίας του φαινομένου που περιγράψαμε συνεχές ρεύμα το οποίο και διαχέουν μέσω των καλωδιώσεων των στοιχειοσειρών στον μετατροπέα και εκείνος με την σειρά του ανάλογα με την τάση που δέχεται κάθε χρονική στιγμή μετατρέπει το μεγαλύτερο ποσοστό του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Το εναλλασσόμενο ρεύμα βάσει της διασύνδεσης ή μη ,διοχετεύεται είτε στο δίκτυο για την κατανάλωση αυτού είτε σε μπαταρίες για προσωρινή αποθήκευση μέχρι να καταναλωθεί. Ο μετατροπέας αποτελεί την καρδιά του συστήματος και είναι αυτός που αποφασίζει βάσει αλγορίθμων πόση ενέργεια θα μετατρέψει ανάλογα με το εύρος των τάσεων κατά τις οποίες έχει κατασκευαστεί. Αυτό σημαίνει ότι παροδική ηλιοφάνεια και σκιάσεις μεταβάλλουν εξαρχής την ποσότητα του ρεύματος που εξάγεται από το φαινόμενο συνολικά. Η σύνδεση όλων των εξαρτημάτων πραγματοποιείται με καλωδίωση ειδικής διατομής για την αποφυγή απωλειών αλλά και για την προστασία από ενδεχόμενες βλάβες. Η ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών επιμηκύνει τον χρόνο ζωής της υψηλής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η ασφάλεια του συστήματος αποτελεί εξίσου

σημαντικό κομμάτι για δύο λόγους. Πρώτον διότι προστατεύει το σύστημα από καιρικά φαινόμενα όπως κεραυνοί, χρησιμοποιώντας πίνακες με αντικεραυνικά υψηλής προστασίας και κατά δεύτερον επειδή ο Inverter είναι εξαιρετικά ευαίσθητος από ανάστροφες τάσεις. Στην περίπτωση διασυνδεδεμένου συστήματος χρησιμοποιούνται ομοίως αντικεραυνικά για την προστασία αυτού και κατ'επέκταση όλων των εξαρτημάτων. Επιπλέον χρησιμοποιείται σύστημα γείωσης για την μείωση της συνολικής αντίστασης του οικιακού φωτοβολταϊκού για την προστασία της επένδυσης αλλά και των ανθρώπων που διαμένουν στην κατοικία από τυχόν μεγάλες τάσεις. Τέλος οι βάσεις στήριξης εξασφαλίζουν την στατικότητα των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την προστασία από ανεμοπιέσεις και επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα [15],[16],[38].

Το Οικιακό Φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελεί μια από τις ελκυστικότερες επενδύσεις όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην περίπτωση που αναλύουμε θα μελετήσουμε πως ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό θα βοηθήσει συνολικά στην παραγωγή και αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας την οποία χρησιμοποιεί μια κατοικία για να έχει το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα.

3.2 Αντλία Θερμότητας

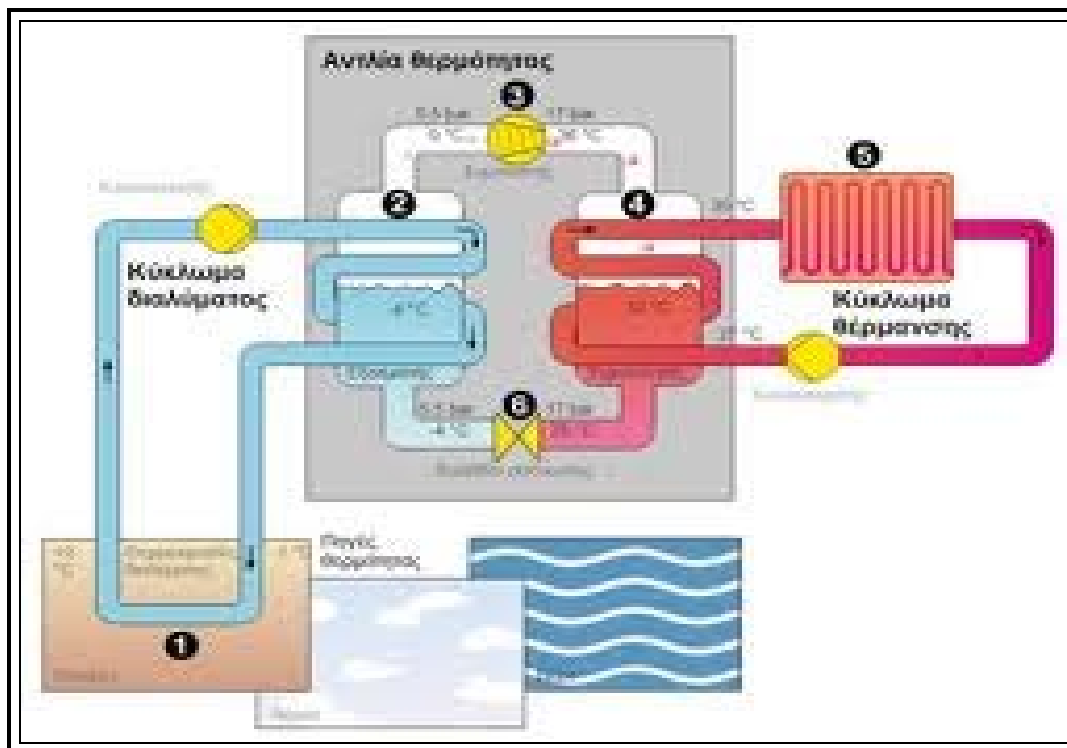
Η αντλία θερμότητας λόγω της καινοτόμου τεχνολογίας που χρησιμοποιεί έχει χαρακτηριστεί ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με την χρήση να αποσκοπεί στην παραγωγή θερμικής ενέργειας εκμεταλλευόμενη τρεις βασικούς παράγοντες. Ένα ποσό της θερμότητας που παράγεται προέρχεται από τον εξωτερικό αέρα εκμεταλλευόμενη την θερμοκρασία αυτού, η διαρκής μεταβολή της ψυχρότητας του αέρα καθορίζει και τον βαθμό απόδοσης της αντλίας. Ο δεύτερος παράγοντας έχει να κάνει καθαρά με την λειτουργία της αντλίας και την επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό περιβάλλον λόγω της αδιάκοπης χρήσης της συνεισφέροντας σημαντικά στην επιθυμητή εξοικονόμηση. Ο τρίτος αφορά την ισχύ του συμπιεστή ο οποίος και καθορίζει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την αποδοτική λειτουργία αυτής [Εικόνα 17].



Εικόνα 17

3.2.1 Τεχνολογία λειτουργίας

Για να γίνει πιο κατανοητή η διαδικασία παρακάτω παρατίθεται ο κλειστός κύκλος λειτουργίας αυτής. Η εξωτερική μονάδα (1) διοχετεύει τον θερμό αέρα σε ένα κύκλωμα το οποίο έρχεται σε επαφή με ένα πτητικό υγρό (2) το οποίο γίνεται αέριο σε χαμηλή θερμοκρασία. Το αέριο αυτό έχοντας χαμηλή πίεση 5.5 bar και θερμοκρασία 0°C καταφθάνει στον συμπιεστή (3) ο οποίος με την βοήθεια ηλεκτρικής ενέργειας ανεβάζει την πίεση του αερίου σε 17 bar και θερμοκρασία 36°C [Εικόνα 18], [38].



Εικόνα 18

Το προκύπτον θερμό αέριο κατευθύνεται στον υγροποιητή (4) η αλλιώς στον εναλλάκτη θερμότητας όπου και η θερμοκρασία μεταδίδεται στο σύστημα των σωληνώσεων που κυκλοφορεί νερό στο κύκλωμα της θέρμανσης. Κατόπιν (5) με την βοήθεια της βαλβίδας εκτόνωσης (6) το αέριο υγροποιείται και κατεβάζει την πίεση του στην αρχική των 5,5 bar. Με την υγροποίηση ο κύκλος ολοκληρώνεται και η διαδικασία αρχίζει πάλι από την αρχή σε μια αέναη κίνηση μέσα στο κύκλωμα. Όσο ομαλοποιείται η θερμοκρασία του κυκλώματος τόσο λιγότερη καθίσταται και η απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια οπότε ανεβαίνει και ο βαθμός απόδοσης του μηχανήματος. Όλα τα παραπάνω, εξαιτίας των αισθητήρων εξαρτώνται φυσικά από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, οπότε ο βαθμός απόδοσης συνεχώς μεταβάλλεται [Εικόνα 18], [38].

Ο βαθμός απόδοσης του μηχανήματος βάσει εργοστασιακών προδιαγραφών και σε ιδανικές συνθήκες κυμαίνεται μεταξύ 3,2 και 4,2 ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής. Στην πραγματικότητα ο βαθμός απόδοσης σε πραγματική λειτουργία μπορεί να κυμανθεί από 1,5 μέχρι και 5. Σε επίπεδο ελέγχου έχουν επικρατήσει 3 τύποι βαθμού απόδοσης το COP, το EER και το SEER. Αφορούν στατιστικές μετρήσεις είτε ημερήσιες είτε εποχικές οι οποίες μετρούν την ωφέλιμη παραγόμενη θερμική ενέργεια προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική. Όσο μεγαλύτερο παραμένει το κλάσμα τόσο μεγαλύτερη είναι και η εξοικονόμηση ενέργειας.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

- *Power input per kW (iKW/kW)* ή (iKW/Ton)
- *Coefficient of Performance (COP), (W/W)*

$$\text{COP}_{\text{heating}} = \frac{\text{Ωφέλιμη Θερμική Ενέργεια}}{\text{Απορροφούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια}}$$

$$\text{COP}_{\text{cooling}} = \frac{\text{Ωφέλιμη Ψυκτική Ενέργεια}}{\text{Απορροφούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια}}$$

EER

EER = Energy Efficiency Ratio, (W/W)

Εικόνα 19

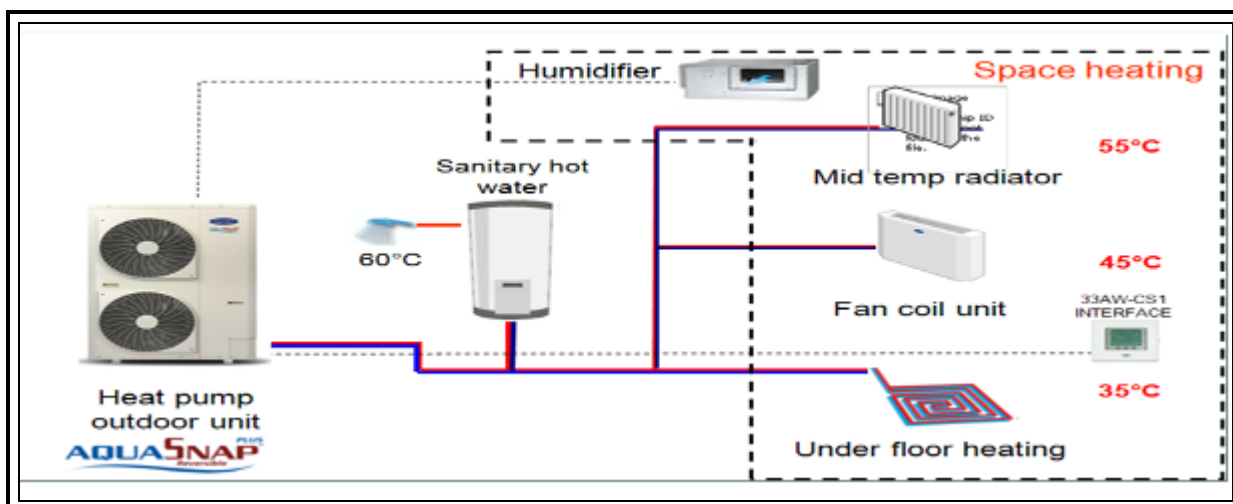
3.2.2 Εξαρτήματα αντλίας θερμότητας

Η αντλία θερμότητας κυκλοφορεί στην αγορά σε οικιακό προϊόν σε 2 τύπους την μονοblock και του split. Η μονοblock αφορά μια εξωτερική μονάδα που περιέχει όλο το υδραυλικό κύκλωμα και συνδέεται απευθείας στο κύκλωμα της θέρμανσης και η split η οποία έχει και εξωτερική και εσωτερική μονάδα στην οποία έχει διαχωριστεί η υδραυλική μονάδα. Παρακάτω παρουσιάζεται η σύνδεση της μονοblock με το κύκλωμα [Εικόνα 20].



Εικόνα 20

Η αντλία θερμότητας συνδέεται με το σύστημα των ζεστών νερών χρήσης καθώς και με τους τρεις διαφορετικούς τύπους των σωμάτων (ενδοδαπέδιο κύκλωμα, σώματα μεσαίων θερμοκρασιών, σώματα fan coil).



Εικόνα 21

Το σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan coil) μεταφέρει με την βοήθεια κυκλώματος σωληνώσεων την ψύξη και την θέρμανση με χαμηλό κόστος, μικρότερες απώλειες και με την δυνατότητα ελέγχου των χώρων που θερμαίνουν-ψύχουν [Εικόνα 21], [38].

Εκτός από την υδραυλική μονάδα και τους κυκλοφορητές το σύστημα χρησιμοποιεί ηλεκτροβάνες και αισθητήρες αυτοματοποίησης για τον απόλυτο έλεγχο του συστήματος. Οι ηλεκτροβάνες παίζουν καθοριστικό ρόλο καθώς ρυθμίζουν τις απαιτήσεις για την θερμοκρασία του νερού καθώς επίσης είναι εκείνες που αποφασίζουν για τις υποβοηθήσεις της θέρμανσης και των ζεστών νερών χρήσης [Εικόνα 22], [16].



Εικόνα 22

Η αντλία θερμότητας ενσωματώνει μια ομάδα αισθητήρων περιβάλλοντος αλλά και αισθητήρων λειτουργίας ώστε να βελτιστοποιήσει την απόδοσή της. Πιο συγκεκριμένα, ένα πλήρες αυτοματοποιημένο σύστημα για μέγιστη ισοστάθμιση ενέργειας περιέχει αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας, υγρασίας, εσωτερικούς αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης. Η μεταφορά των δεδομένων γίνεται με καλωδίωση στον control manager της αντλίας όπου και επεξεργάζονται τα δεδομένα βάσει των εργοστασιακών ρυθμίσεων και των ρυθμίσεων του χρήστη [Εικόνα 23], [38].



Εικόνα 23

Η καλύτερη λύση για την τοποθέτηση της αντλίας θερμότητας είναι η χρήση των σωμάτων fan coil διότι εκμεταλλεύεται την παροχή μέγιστου έργου σε χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας και κατά συνέπεια προκαλεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό σε συνδυασμό με την απαραίτητη συνεχόμενη χρήση και των δύο συστημάτων προσφέρει στον χρήστη την μεγαλύτερη θερμική άνεση σε σχέση με απλά σώματα [16].

3.3 Ηλιοθερμικό Σύστημα

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση νερού προϋπάρχει εδώ και αρκετές δεκαετίες με την παραδοσιακή μορφή του θερμοσίφωνα, τεχνολογία διαδεδομένη σε όλα νοικοκυριά της Ελλάδας. Η εξέλιξη των ηλιακών θερμικών συστημάτων λόγω της ιδιαιτερότητας των κατοικιών που χρησιμοποιούν ζεστό νερό για την θέρμανση επέφερε την καινοτομία των "solar combi systems". Τα Combi Systems κάνουν υποβοήθηση θέρμανσης πέρα από τη συνήθη

λειτουργία τους καθώς με την βοήθεια της ηλιακής ενέργειας μπορεί να υποβοηθήσουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου για την θέρμανση λόγω της εξαιρετικής ηλιοφάνειας που διαθέτει η χώρα μας [38].



Εικόνα 24

Ο βαθμός συνεισφοράς των ηλιακών συστημάτων μπορεί να ανέλθει μέχρι και στο 50% σε ποσοστό υποβοήθησης. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως η ηλιοθερμία δεν καταργεί το σύστημα θέρμανσης και δεν μπορεί από μόνη της ικανή να παράξει αρκετή ενέργεια ώστε να υποστηρίξει αυτόνομα μια κατοικία. Συνοπτικά λοιπόν μπορούμε να αναφέρουμε μέσα από την πληθώρα των πλεονεκτημάτων που διαθέτει η ηλιοθερμία τα σημαντικότερα. Η ταχύτατη απόσβεση της επένδυσης, η εξοικονόμηση καυσίμου, η μείωση ρύπων, η διατήρηση του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης και τέλος οι μικρές κατασκευαστικές επεμβάσεις στις κατοικίες [38].

3.3.1 Τεχνολογία ηλιοθερμικών συστημάτων

Το ηλιοθερμικό σύστημα μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιοδήποτε υπάρχον σύστημα θέρμανσης λειτουργώντας ταυτόχρονα με τον λέβητα χωρίς να επιβαρύνει την θέρμανση παρέχοντας ζεστό νερό τις ώρες που είναι απαιτητό και τις υπόλοιπες αποθηκεύοντας το θερμό ζεστό νερό με την

βοήθεια του ήλιου. Αποτελείται από τα ηλιοθερμικά πάνελα, τις σωληνώσεις , το δοχείο διαστολής και έναν controller για την επικοινωνία με την θέρμανση [Εικόνα 25].



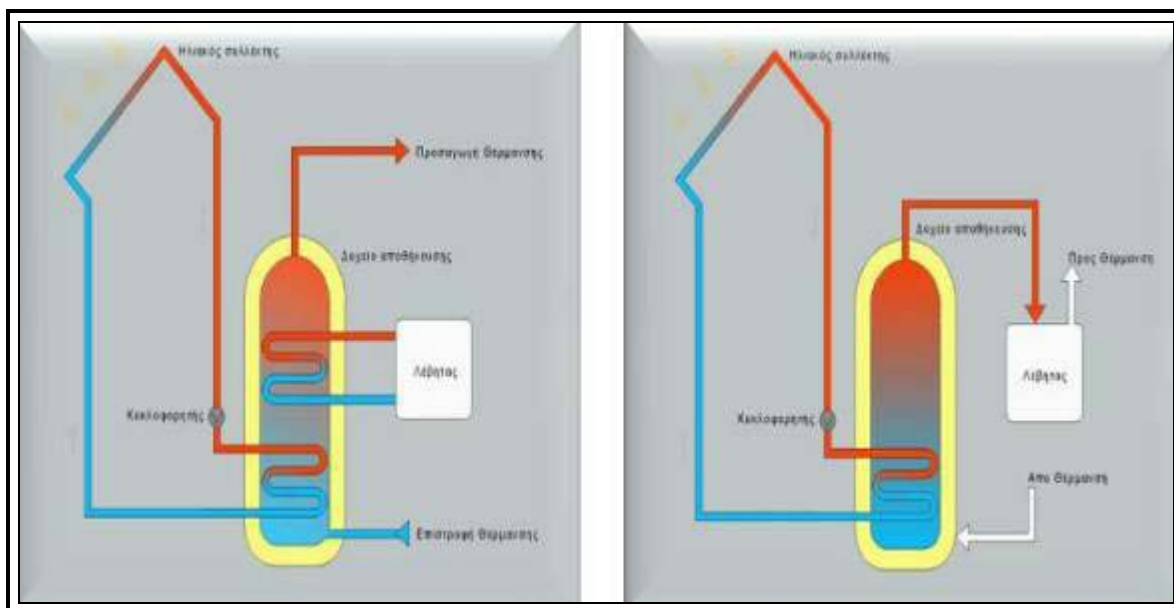
Εικόνα 25

Η λειτουργία των ηλιοθερμικών πινέλων βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο ανάμεσα στην πλάκα του πάνελ και τη γυάλινη επικάλυψη. Η ακτινοβολία του ήλιου προσπίπτει στην πλάκα, ανεβάζοντας την θερμοκρασία της η οποία με τη σειρά της εκπέμπει κύματα ακτινοβολίας. Έτσι η ακτινοβολία εγκλωβίζεται ανάμεσα στην πλάκα και το τζάμι, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση του νερού. Στο πίσω μέρος της πλάκας κυκλοφορούν σωληνώσεις οι οποίες λόγω του εγκλωβισμού της θερμικής ακτινοβολίας ζεσταίνουν το νερό που περιέχουν [38].

Η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού χρήσης (buffer) έχει ένα εύρος χωρητικότητας που κυμαίνεται από 120 έως 800 λίτρα για οικιακές χρήσεις. Το κύριο υλικό κατασκευής είναι ο χάλυβας, με επίστρωση για προστασία από τις ισχυρές διαβρωτικές ιδιότητες του νερού. Σε ακριβότερες εφαρμογές το υλικό κατασκευής μπορεί να είναι Inox ή χαλκός. Η σημαντικότητα στην κατασκευή βρίσκεται στην μόνωση καθώς προστατεύει την θερμοκρασία του νερού και αποτελείται συνήθως από πολυουρεθάνη ή υαλοβάμβακα. Το δοχείο συνήθως περιέχει ηλεκτρική αντίσταση σε περίπτωση που δεν είναι επαρκής ή ηλιακή ενέργεια. Η ηλεκτρική αντίσταση υποβοηθά για την σταθερότητα της θερμοκρασίας του υγρού στο δοχείο [38].

Οι βασικές μέθοδοι υποβοήθησης της θέρμανσης είναι δύο και παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα. Στην πρώτη περίπτωση ο λέβητας θέρμανσης χρησιμοποιεί κοινό δοχείο

διαστολής με την ηλιοθερμία και υποβοηθείται από την κυκλοφορία των σωληνώσεων του στο δοχείο. Στην δεύτερη περίπτωση το δοχείο διαστολής επικοινωνεί με την θέρμανση και διαχέει μέρος του νερού στα σώματα κυκλοφορίας της θέρμανσης κρατώντας σταθερή την θερμοκρασία του συστήματος θέρμανσης [Εικόνα 26].



Εικόνα 26

Η τεχνολογία των CombiSystems εφαρμόζεται εδώ και δεκαετίες στην Βόρεια Ευρώπη για την υποβοήθηση του συστήματος θέρμανσης και για την υποστήριξη των ζεστών νερών χρήσης καθόλη την διάρκεια του χρόνου. Για την κάλυψη ποσοστού θέρμανσης της τάξης του 40% με 50% απαιτείται κάλυψη με ηλιοθερμικά πάνελ περίπου το 1/5 των τετραγωνικών που θερμαίνονται. Για παράδειγμα μια κατοικία των 200m² απαιτεί περίπου 40m² πάνελ ηλιοθερμίας για συμμετοχή στο ποσοστό που προαναφέρθηκε. Αξίζει να αναφερθούν και τα solar combi τα οποία είναι συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού αν και ακόμα η τεχνολογία είναι προσιτή για επαγγελματικά κτίρια απαίτησης άνω των 200 kw.

3.4 Ρυθμιστές Φόρτισης

Ο ρόλος των ρυθμιστών φόρτισης σε ένα ενεργειακό σύστημα είναι κρίσιμος διότι επιτρέπει την αποτελεσματική κατανομή του ισοζυγίου από την προκύπτουσα παραγωγή και κατανάλωση. Η τεχνολογία των μπαταριών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη καθώς η ανάγκη για φόρτιση μεγάλωσε παράλληλα με την εισροή των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην αγορά. Ο αναλυτικός υπολογισμός φορτίων και αναγκών σε μια κατοικία

είναι αυτός που επιτρέπει την ακριβή διαστασιολόγηση με τα λογικά περιθώρια ανέχειας για την επάρκεια και την αυτονομία του συστήματος.



Εικόνα 27

Ο υπολογισμός των φορτίων λαμβάνει υπόψη τις καταναλώσεις των μεγάλων φορτίων πχ ψυγείο, κλιματιστικό, κουζίνα, σύστημα θέρμανσης σε πρώτο βαθμό και μπορεί να είναι διεξοδικός και να συμπεριλάβει ακόμα και τις πιο μικρές τάσεις πχ φορητός υπολογιστής και λάμπα. Παρακάτω δίδεται τύπος για την κατανομή των φορτίων κατανάλωσης. Βάσει των υπολογισμών μπορεί να καλυφθεί από ένα τροχόσπιτο με λάμπες και τηλεόραση μέχρι αυτόνομη κατοικία εξοπλισμένη με ενεργειακά συστήματα [17], [38].

$$C = \frac{(N + p) \cdot m \cdot Ek}{\sigma\gamma \cdot \sigma\mu \cdot \beta\epsilon\kappa \cdot V}$$

- N** : Αριθμός ημερών αυτονομίας (συνήθως 2-4)
- p** : Ποσοστό φορτίων που τροφοδοτούνται από το συσσωρευτή (0-1, συνήθως 0.6)
- m** : Περιθώριο (συνήθως 1.2)
- Ek** : Ημερήσια Ενέργεια σε kWh (από πίνακα φορτίων)
- σγ** : Συντελεστής απωλειών γήρανσης (συνήθως 0.8)
- σμ** : Συντελεστής απωλειών μεταφοράς (συνήθως 0,9)
- βεκ** : Βάθος εκφόρτισης (από πίνακάκι αυτονομίας)
- V** : Τάση (από πίνακάκι ισχύος-τάσης)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την ομαλή λειτουργία είναι το βάθος εκφόρτισης, ο αριθμός ημερών αυτονομίας και η ημερήσια ενέργεια. Το βάθος εκφόρτισης από την μία φανερώνει την ποιότητα των συσσωρευτών και από την άλλη την ανάγκη για αποτελεσματική διαστασιολόγηση έτσι ώστε να επιτευχθεί ο μέγιστος χρόνος ζωής των μπαταριών. Ο αριθμός ημερών αυτονομίας επηρεάζεται από τα κλιματολογικά στοιχεία ανά περιοχή καθώς και από το βάθος εκφόρτισης που έχει ο κάθε συσσωρευτής. Η ημερήσια ενέργεια εξαρτάται από το ισοζύγιο της καθημερινής παραγωγής και κατανάλωσης επηρεάζοντας επακόλουθα την φόρτιση και αποφόρτιση των συσσωρευτών. Ένα ποιοτικό λοιπόν σύστημα είναι απόλυτα εξαρτώμενο από τον συνεχή κύκλο παραγωγής, μετατροπής, κατανάλωσης και αποθήκευσης της ενέργειας που έχει ένα σπίτι.

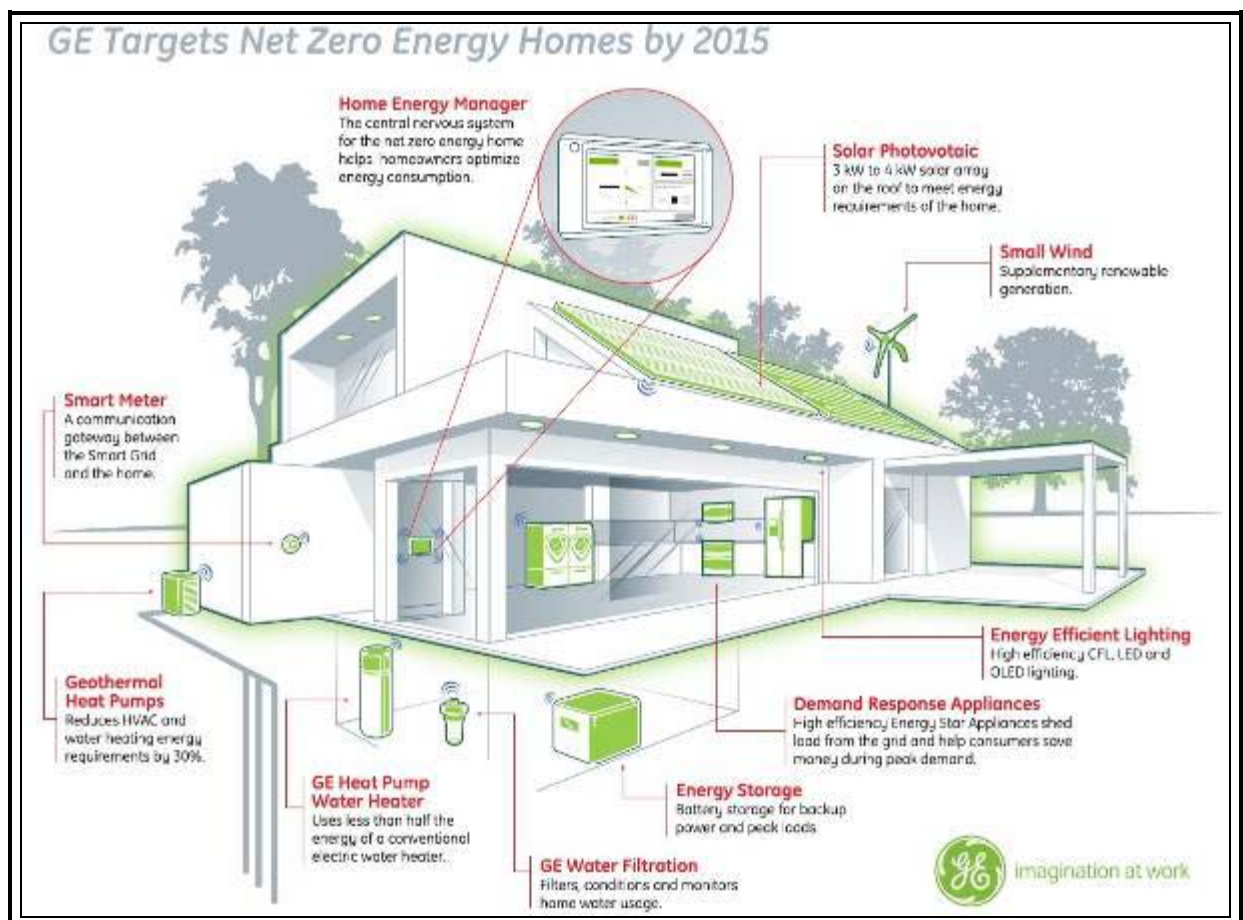
Οι συσσωρευτές μεταφέρουν ετικέτα στην οποία αναφέρεται η χωρητικότητά τους σε (αμπέρ ανά ώρα). Μια μπαταρία των 2 volt και 100 Ah παρέχει 2 X 100 = 200 watt συνεχούς ρεύματος. Αυτό σημαίνει διαθέτουν αρκετή ενέργεια για 20 watt για 10 ώρες ή 2 watt για 100 ώρες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην εκφόρτιση της μπαταρίας καθώς αν σε κάθε εκφόρτιση ξεπερνάμε το 20% τότε μειώνεται δραματικά ο χρόνος ζωής τους [17].

Κάθε συσκευή έχει επίσης ενσωματωμένη ετικέτα που αναγράφει την ηλεκτρική κατανάλωση της. Για παράδειγμα, ένα ψυγείο περιγράφει στην ετικέτα του 220 volt και 0,8 Αμπέρ. Μπορεί δηλαδή να καταναλώσει 220 x 0,5 = 176 Watt. Η ηλεκτρική συσκευή θα καταναλώνει σε κανονική λειτουργία 176 Watt για κάθε ώρα λειτουργίας. Επί της ουσίας η κατανάλωση είναι

μεταβλητή και εξαρτάται από την επιθυμητή θερμοκρασία του ψυγείου η μπορεί να εξαρτάται ακόμα ακόμη και από πόσες φορές ανοιγοκλείνει οπότε και λειτουργεί για να εξισορροπήσει την απαίτηση. Στις περισσότερες των περιπτώσεων αν δεν αναφέρονται τα volt η τα amper τότε απευθείας θα αναγράφονται τα watt που προκύπτουν.

3.4.1 Συνδυασμένο υβριδικό σύστημα φόρτισης

Για να κάνουμε πιο πρακτικό το ζητούμενο μας θέτουμε ως παράδειγμα ένα φωτοβολταϊκό πάνελ των 200 watt ονομαστικά για κάθε ώρα ηλιοφάνειας θα δώσει σε ημέρα με 5 ώρες ηλιοφάνειας (π.χ. τον Μάιο) 1000 watt/h σε υπολογιστική κατάσταση ,στην πραγματικότητα εξαιτίας των απωλειών θα δώσει 20% λιγότερη ενέργεια . Για την φόρτιση συσσωρευτών των 2 volt και 100 Ah (200 watt/h) θα χρειαστεί 4,8 ώρες τον Μάιο .



Εικόνα 28

Όταν σχεδιάζουμε ένα μεγάλο φωτοβολταϊκό σύστημα για το σπίτι, καλό είναι να έχουμε ως βάση το χειρότερο σενάριο, που είναι οι χειμερινές ώρες ηλιοφάνειας που για την Ελλάδα είναι οι 3 ώρες τη μέρα (τον Ιανουάριο). Επίσης πρέπει να έχουμε υπόψη την συνολική κατανάλωση που θα προκύψει από την κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών και του συστήματος θέρμανσης. Στην ανάλυση περίπτωσης θα εξειδικευτούν όλες οι καταναλώσεις των συστημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε για την βελτίωση της εξοικονόμησης ενέργειας.

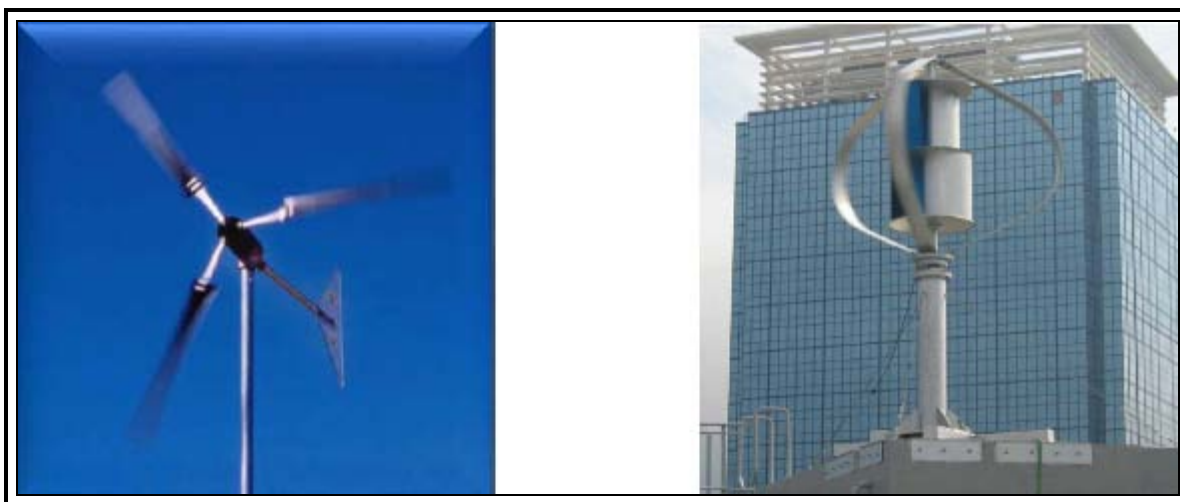
3.5 Μικρή Ανεμογεννήτρια

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις ανανεώσιμες πηγές η οποία τα τελευταία χρόνια εξειδικεύτηκε στην ηλεκτροπαραγωγή, κατέχοντας ιδιαίτερος για την χώρα μας, ανεξάντλητες δυνατότητες ανάπτυξης. Λόγω των κλιματολογικών στοιχείων του Ελλαδικού χώρου οι μεγάλης κλίμακας ανεμογεννήτριες [Εικόνα 29] μπορούν να καλύψουν ολοκληρωτικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Σε μικρότερη κλίμακα η ανάπτυξη αυτών καθυστέρησε εξαιτίας συνθηκών εμπορευματοποίησης αυτή την στιγμή όμως μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται καθοδόν για εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών για την κάλυψη μέρους των αναγκών μιας κατοικίας. Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια η οποία παράγεται έπο την ένταση του ανέμου και μετέπειτα την μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Κατατάσσονται σε μεγάλα αιολικά πάρκα από 1-3 MW και σε μικρές ανεμογεννήτριες από 400watt έως 50kw [38], [20].



Εικόνα 29

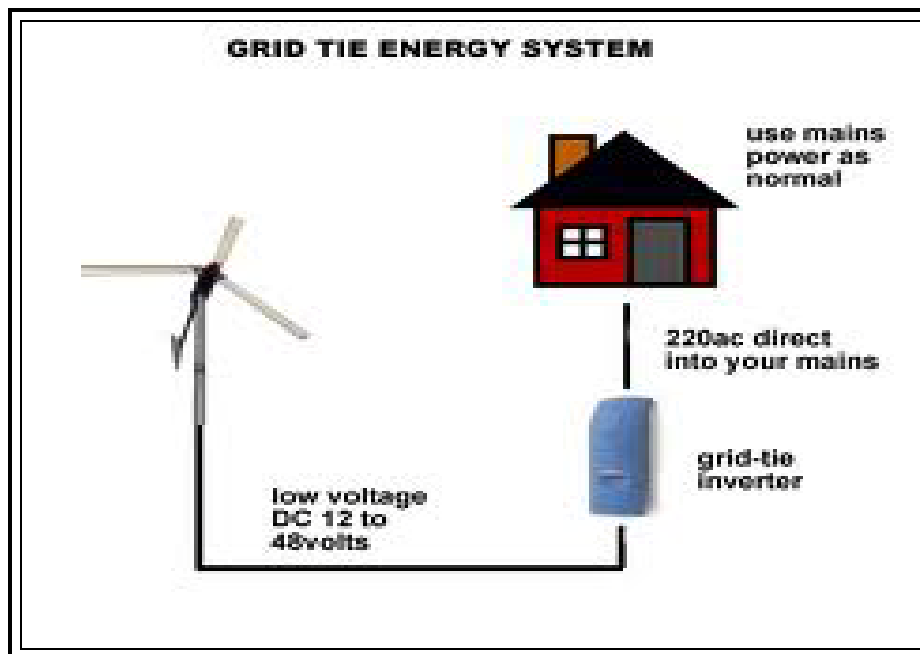
Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε 2 τύπους οριζοντίου και καθέτου άξονα ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως και στα φωτοβολταϊκά έχουμε δύο κατηγορίες διασύνδεσης τις διασυνδεδεμένες και τις μη διασυνδεδεμένες. Τα χαρακτηριστικά κατασκευής δηλαδή η διάμετρος των πτερυγίων και το ύψος του άξονα εξαρτώνται καθαρά από την μελέτη κλιματολογικών που γίνεται ανά περίπτωση και καθορίζει τα επιτρεπτά όρια λειτουργίας και ασφάλειας αυτών [20], [38].



Εικόνα 30

3.5.1 Λειτουργία μικρής ανεμογεννήτριας

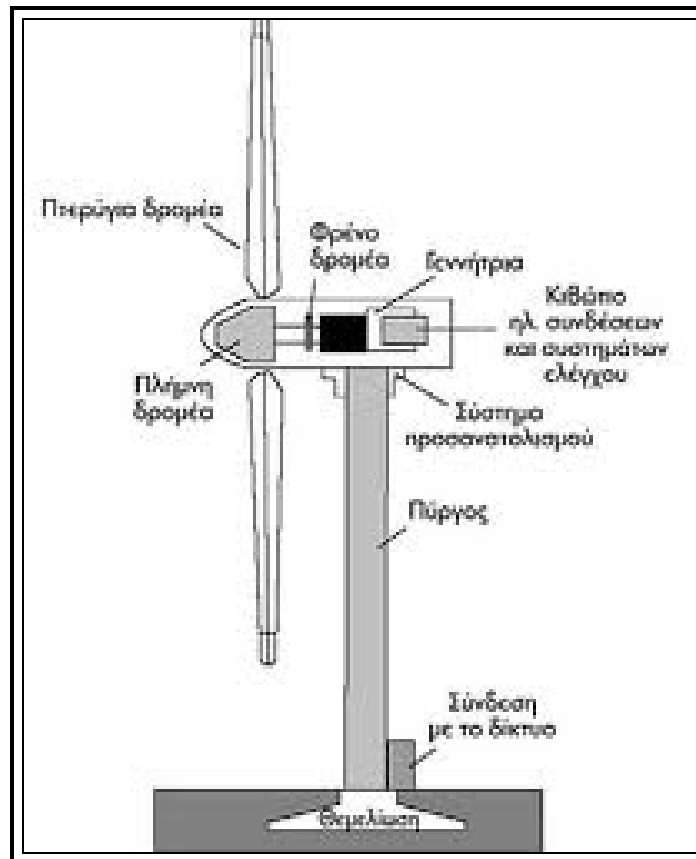
Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας είναι απλή αν ληφθούν υπόψη βασικά στοιχεία προσανατολισμού και ελέγχου των καιρικών συνθηκών. Έτσι λοιπόν βάσει των πινάκων του ΚΑΠΕ και βάσει του σημείου τοποθέτησης για την λήψη των στάνταρ ασφάλειας και λειτουργίας, η ανεμογεννήτρια μετατρέπει με την βοήθεια την κίνησης των πτερυγίων μηχανική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια μετέπειτα με την βοήθεια του μετατροπέα παράγει με τις ανάλογες απώλειες, ηλεκτρική ενέργεια την οποία είτε διοχετεύει στο δίκτυο είτε σε σύστημα αποθήκευσης για την κατανάλωση του [Εικόνα 31].



Εικόνα 31

Μία συνήθης ανεμογεννήτρια αποτελείται από [Εικόνα 32]:

- Τον δρομέα η οποίος διαθέτει τρία πτερύγια.
- Από τα πτερύγια τα οποία στερεώνονται μηχανικά στην πλήμνη του δρομέα.
- Από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης.
- Από τον πύργο στήριξης του συστήματος.
- Από τους πίνακες ασφάλειας και τον μετατροπέα.
- Από το σύστημα προσανατολισμού.



Εικόνα 32

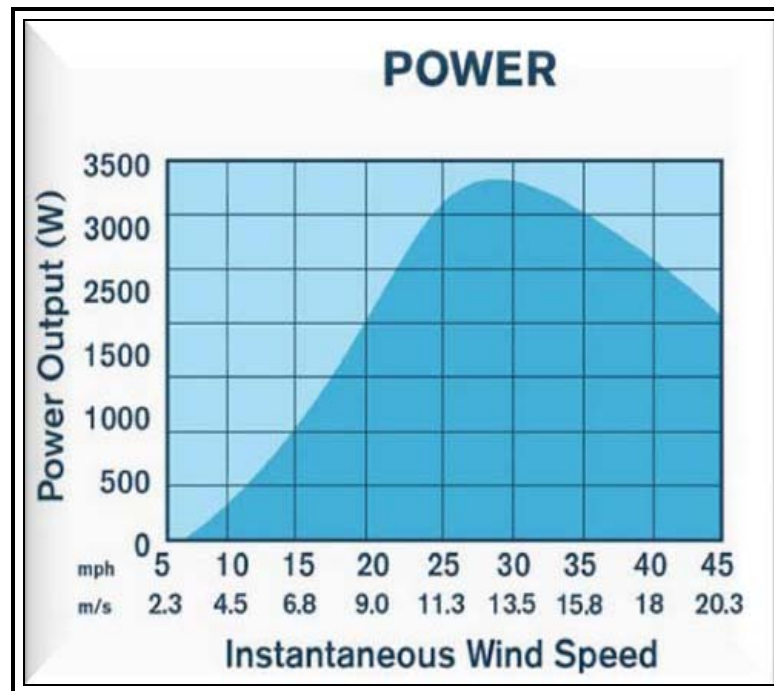
Οι μικρές ανεμογεννήτριες λόγω της συνεχούς εξέλιξης τους αποτελούν μια αξιόπιστη και φιλική προς το περιβάλλον επένδυση. Το περιβαλλοντικό όφελος είναι σημαντικό καθώς σε περιοχές απομακρυσμένες η χρήση των ανεμογεννητριών μπορεί να υποκαταστήσει οποιοδήποτε ορυκτό καύσιμο και κάθε είδους άλλη ρυπογόνο εγκατάσταση. Η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται μερικώς θορυβώδης όσο μια μηχανή αυτοκινήτου και επίσης εξαιτίας των μηχανικών μερών απαιτείται συντήρηση. Το μέγεθος της παραγωγής εξαρτάται από την κλιματολογική μελέτη και κυμαίνεται συνήθως για κάθε kw κοντά στις 8000 με 10000 kw [Εικόνα 32], [20].

Η βιωσιμότητα των ανεμογεννητριών εξαρτάται από την επιφάνεια σάρωσης, από την πυκνότητα του αέρα, από την συντήρηση, από την απόδοση της και από το αιολικό δυναμικό. Ο τύπος με τον οποίο το αιολικό δυναμικό υπολογίζεται από τον τύπο

$$P(\text{Watt}) = 0.5 * \rho * A * V^3$$

όπου: ρ = πυκνότητα του αέρα. A = το εμβαδό του κύκλου που δημιουργείται από τη σάρωση των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας και V = Η ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Ο παραπάνω τύπος αποδίδει την θεωρητική προσέγγιση της παραγόμενης ενέργειας συνήθως σε τέτοιου τύπου εγκαταστάσεις λόγω της μεταβλητότητας των φαινομένων λαμβάνονται υπόψη τα πραγματικά στοιχεία από την παραγωγή ενός έτους [38].



Εικόνα 33

Η μέγιστη ενέργεια που παράγεται από μία ανεμογεννήτρια συγκεντρώνεται στον παραπάνω διάγραμμα και μπορεί να φτάσει μέχρι και 60% σε ισχύ από τον άνεμο και μέχρι 40% σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την μετατροπή.

Στην ανάλυση περίπτωσης θα συμπεριλάβουμε την ανεμογεννήτρια αθροιστικά με τις υπόλοιπες τεχνολογίες για να υπολογίσουμε το ισοζύγιο εξοικονόμησης.

Κεφάλαιο 4

Αλγόριθμος Εξοικονόμησης
Ενέργειας S_Home

4.1 Μέθοδος Λήψης Ικανού αλγορίθμου

Καθώς βρισκόμαστε σε μεταβατικό στάδιο όσον αφορά τον συνδυασμό των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και δει τον αλγόριθμο εξοικονόμησης ενέργειας είναι προφανές ότι η εξέλιξη του ενεργειακού ισοζυγίου θα περάσει από πολλά στάδια μέχρι να καταλήξει σε αποδοτικά συστήματα. Είναι πολύ σημαντική η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα καθώς αποτελεί από μόνη ένα ισχυρό υπόβαθρο για μελλοντικές βελτιώσεις στον συγκεκριμένο τομέα. Η επιλογή οποιασδήποτε λύσης για την βελτίωση του ενεργειακού ισοζυγίου των κατοικιών παράγει θετικά αποτελέσματα προς το παρόν.

Τι θα συμβεί όμως αν μεταβληθούν οι συνθήκες του περιβάλλοντος και οι καταναλώσεις των χρηστών;

Οι τυποποιημένοι προγραμματισμοί των συστημάτων βάσει των μελετών ενεργειακής απόδοσης θα είναι ικανοί να ακολουθήσουν τις αλλαγές στο ενεργειακό ισοζύγιο?.

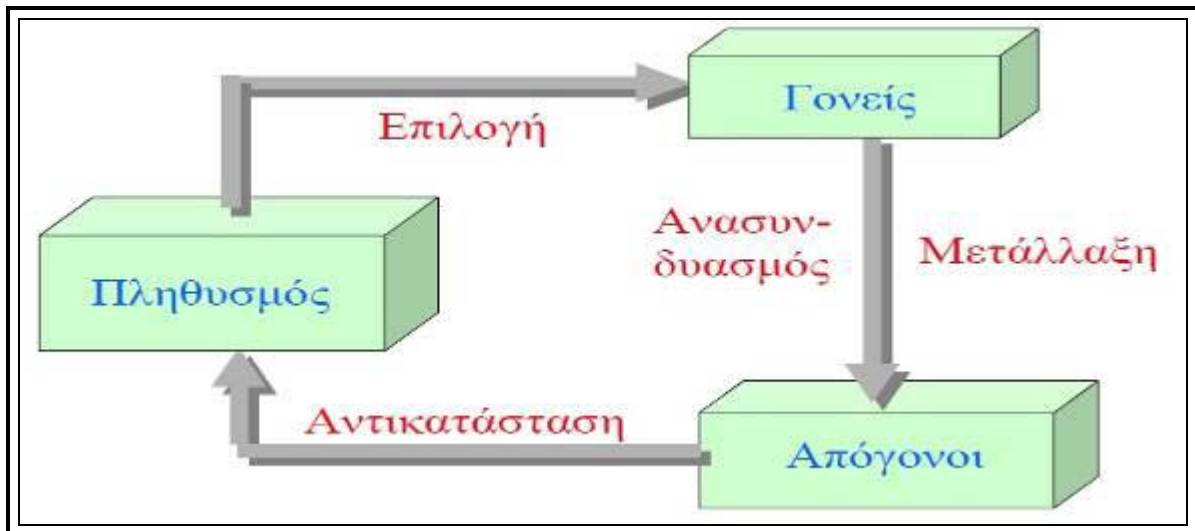
Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εύρεση ενός ικανού αλγορίθμου που εξελίσσεται βάσει των καθημερινών απαιτήσεων του συστήματος συγκρίνοντας στοιχεία χρήσης και στοιχεία μελετών δίνοντας εξελικτικές λύσεις ακόμα και στις πιο δυσμενείς συνθήκες.

4.2 Φιλοσοφία Εξελικτικών Αλγορίθμων

Η ανάγκη παρακολούθησης ενός συστήματος που εξελίσσεται σε καθημερινή βάση οδηγεί στην επιλογή μιας υπολογιστικής διαδικασίας που συνεχώς αναδιαμορφώνει τα δεδομένα της. Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι προσφέρουν αυτή την δυνατότητα καθώς η υπόθεση ευρωστίας στην οποία στηρίζονται προσομοιάζει τις επιζητούμενες βελτιώσεις ενός συστήματος εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι στηρίζονται στην χρησιμοποίηση μοντέλων υπολογιστικών προβλημάτων για την εξεύρεση των πιο απλών και προφανών λύσεων. Η διαδικασία που ακολουθείται βασίζεται στην φυσική επιλογή και φυσική γενετική. Πρόκειται για αντιγραφή της εξελικτικής διαδικασίας της φύσης όπου ο ικανότερος επιβιώνει μέσω φυσικής επιλογής και ανταλλαγής πληροφοριών με στόχο την δημιουργία ενός νεωτεριστικού αλγορίθμου ο οποίος

μιμείται την ανθρώπινη επιλογή της καλύτερης λύσης .Ο μιμητισμός των βιολογικών διαδικασιών αποτελεί μια πρωτοπόρο μέθοδο για την εξεύρεση βέλτιστων λύσεων και εμφανίζει τεράστιες εφαρμογές σε διάφορα επίπεδα της επιστήμης [26], [Εικόνα 35].



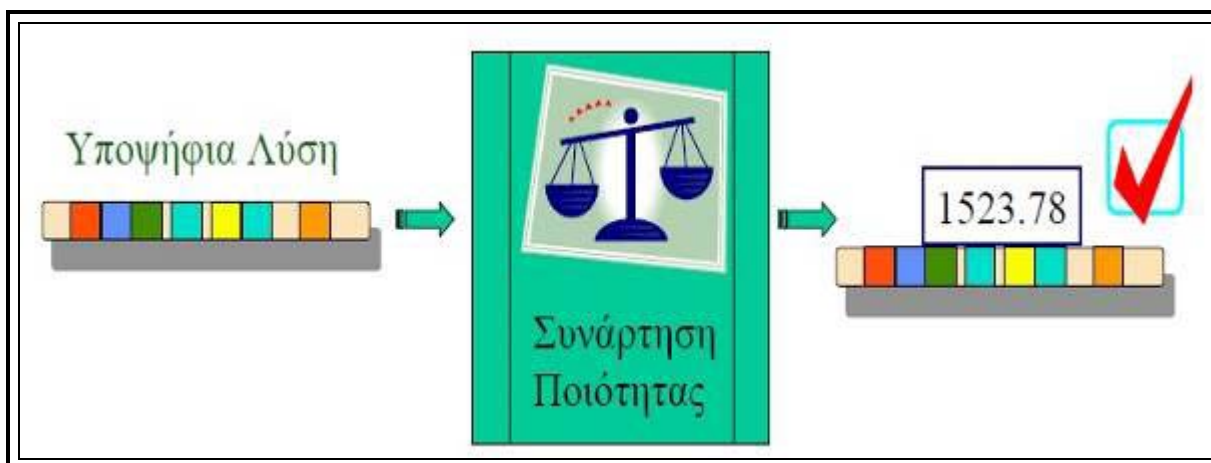
Εικόνα 35

Βασιζόμενοι στην επίτευξη ευρωστίας οι εξελικτικοί αλγόριθμοι διατηρούν έναν αρχικό πληθυσμό ο οποίος έχει επιλεγεί ύστερα από μια σειρά κριτηρίων και στον οποίο εφαρμόζεται χάριν της ταχύτερης λειτουργίας του μια κωδικοποίηση του πληθυσμού. Έπειτα με την βοήθεια τεσσάρων βασικών κανόνων της επιλογής, του ανασυνδυασμού και της μετάλλαξης καθώς και με την συνάρτηση ποιότητας πραγματοποιείται η επιλογή των ικανότερων στοιχείων που καθιστούν το αποτέλεσμα βέλτιστο. Τα πρώτα αποτελέσματα αποτελούν και την βάση για την μετέπειτα σύγκριση του πληθυσμού με νέα δεδομένα. Η διαδικασία συνεχίζεται και μπορεί να καταστεί εξαιρετικά πολύπλοκη καθώς οι παραπάνω κανόνες διαταράσσουν τα στοιχεία του πληθυσμού. Εξωτερικά μπορεί η προσομοίωση μιας τέτοιας γενετικής διαδικασίας να μοιάζει ακατανόητη για το αγύμναστο μάτι ,αποτελεί όμως για έναν ερευνητή μια σταθερή και αξιόπιστη οδό εξεύρεσης λύσεων. [27][28]

Η κωδικοποίηση του πληθυσμού πραγματοποιείται με την μορφή δυαδικών αριθμών σταθερού μήκους. Εξαρτώμενα το στοιχεία από τα bits που θα χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση δημιουργείται με την βοήθεια της γενετικής ένας γενότυπος της μορφής για παράδειγμα 00010. Το μήκος των δυαδικών σειρών καθώς και ο τύπος της κωδικοποίησης ποικίλει ανάλογα με το πλήθος των στοιχείων όπως επίσης και από τα όρια που τοποθετούμε λόγω παραμετροποίησης

στις μεταβλητές. Ο λόγος της κωδικοποίησης δεν είναι πάντοτε απαιτητός ούτε και αρκετά βοηθητικός σε κάθε περίπτωση ,κυρίως πραγματοποιείται για την κοντινότερη αναπαραγωγή στην φυσική βιολογική των χρωμοσωμάτων [30].

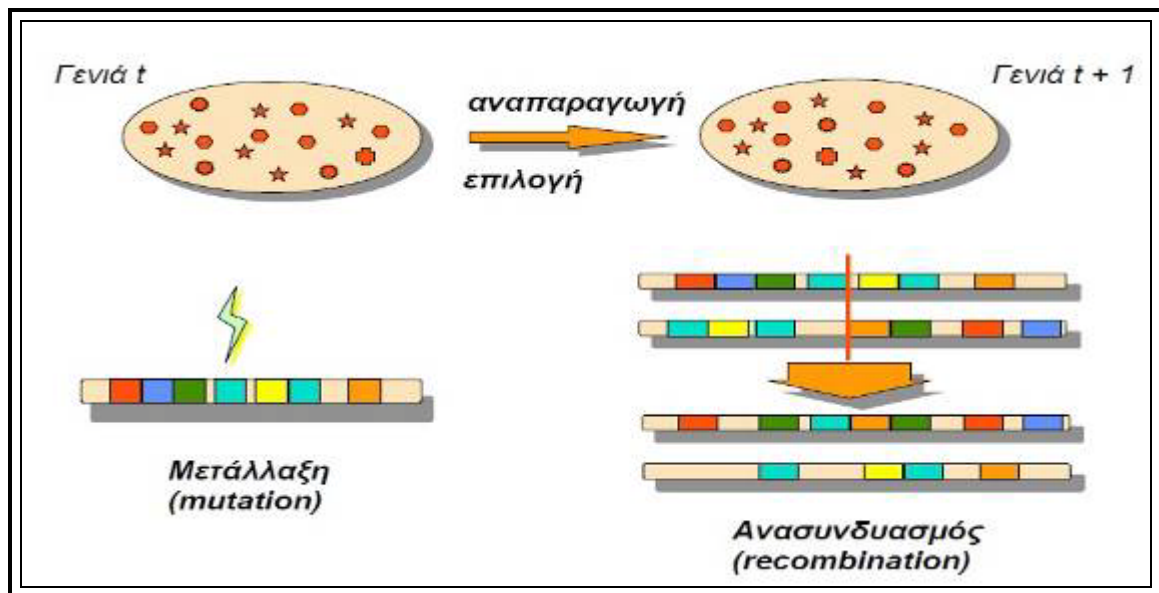
Η συνάρτηση ευρωστίας η αλλιώς fitness [Εικόνα 36] έχει ως βασικό μέλημα το φιλτράρισμα του πληθυσμού είτε κωδικοποιημένος είτε όχι και την απόδοση στα στοιχεία του μια τιμή από τις παραμέτρους που ορίζει η βάση του προβλήματος προς εξέλιξη. Αναλόγως των στόχων που θέτει το πρόβλημα και των αλλαγών που θα υποστεί βάσει των κανόνων των εξελικτικών αλγορίθμων η συνάρτηση θα βελτιώνεται σε κάθε κύκλο ζωής. Ο κύκλος ζωής του αλγορίθμου είναι ο σημαντικότερος παράγοντας βελτιστοποίησης του καθώς καθορίζει τον βαθμό επιτυχίας και εξέλιξης των κανόνων που έχουν αρχικά τεθεί. Οι κανόνες βάσει των οποίων έχει φιλτραριστεί ο αρχικός πληθυσμός υφίσταται τις τροποποιήσεις από την συνάρτηση fitness δημιουργώντας μια νέα γενιά πληθυσμού (generation). Επιπλέον μπορεί να οριστούν παράγοντες τερματισμού του αλγορίθμου οι οποίοι με την σειρά τους να συμβάλουν στην αναδιαμόρφωση του πληθυσμού [29],[31].



Εικόνα 36

Η πρώτη από τις εφαρμοζόμενες μεθόδους αναδιαμόρφωσης του πληθυσμού είναι η αναπαραγωγή [Εικόνα 37] η επιλογή της οποίας έχει ως σκοπό να επιλέξει από τον υπάρχοντα πληθυσμό με διαφορετικές μεθόδους τις καλύτερες λύσεις χωρίς να αλλάξει το μέγεθος του πληθυσμού. Η πρώτη διαδικασία της μεθόδου ονομάζεται tournament selection και λειτουργεί συγκρίνοντας ανά δύο όμοια στοιχεία μεταξύ τους. Με προσεκτική επιλογή κάθε στοιχείο θα συμμετέχει σε 2 τουρνουά με άλλα στοιχεία από τον πληθυσμό χωρίς να υπάρξει τελική

αλλοίωση του αποτελέσματος και του πληθυσμού. Η δεύτερη διαδικασία ονομάζεται *proportionate selection* η οποία κατευθύνει τα στοιχεία του πληθυσμού ανάλογα με τον τελεστή που θέτει η συνάρτηση ευρωστίας. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να παραλληλιστεί με την λειτουργία της ρουλέτας στην οποία ο τροχός είναι χωρισμένος σε διαφορετικά κομμάτια και κάθε κομμάτι λαμβάνει την σπουδαιότητα ανάλογα με τα ποσοστά της συνάρτησης *fitness* έχοντας ως γνώμονα ότι όπως και στην ρουλέτα τα αποτελέσματα δεν βασίζονται στην τύχη [29], [31].



Εικόνα 37

Στην τελευταία μέθοδο το *ranking selection* τα στοιχεία του πληθυσμού λαμβάνουν τιμές με κατάταξη από την συνάρτηση ευρωστίας από το χειρότερο προς το καλύτερο. Οι δύο τελευταίες μέθοδοι εμφανίζουν αποκλίσεις στα αποτελέσματα τους γεγονός που σε κάποιες περιπτώσεις τις καθιστά αδύναμες για την εξέλιξη του πληθυσμού και την εύρεση βελτιστοποιημένης λύσης.

Η δεύτερη διαδικασία εξέλιξης του πληθυσμού πραγματοποιείται με την βοήθεια του τελεστή διασταύρωσης ο οποίος εφαρμόζεται στον νέο πληθυσμό που δημιουργείται έπειτα από την διαδικασία αναπαραγωγής. Εξαιτίας της αδυναμίας της αναπαραγωγής να δημιουργήσει βελτιωμένες λύσεις του πληθυσμού καθώς έχει την ικανότητα να δημιουργεί μόνο αντίγραφα των καλών λύσεων του αρχικού, η διασταύρωση θα βοηθήσει σε πρώτο στάδιο στην εύρεση νέων λύσεων. Οι νέες λύσεις εξαρτώνται από το είδος του τελεστή δυαδικής κωδικοποίησης που θα εφαρμοστεί στον πληθυσμό. Συνήθως επιλέγονται δύο σειρές από bits και το ένα μέρος της

μιας σειράς ανταλλάσσεται με ένα μέρος της άλλης, δημιουργώντας δύο νέες σειρές ως απόγονοι θεωρητικά όπως συμβαίνει και στην Βιολογία, ώστε να έχουμε δύο καλύτερες λύσεις. Οι τρόποι για την ανταλλαγή των δυαδικών στοιχείων είναι οι single point crossover, multipoint crossover και η blend crossover. Η πολυπλοκότητα της συγκεκριμένης διαδικασίας έχει πολλά επίπεδα καθώς η αναπαράσταση χρησιμοποιεί πολλές μεθόδους γραμμικές και μη για την δημιουργία βέλτιστων απογόνων [28],[31].

Η τελευταία διαδικασία, ο τελεστής μετάλλαξης αποτελεί ίσως τον πιο σημαντικό τελεστή καθώς με την δημιουργία νέων απογόνων βελτιώνει δραστικά την λειτουργία της αναζήτησης του αλγορίθμου. Ομοίως όπως και πριν έχουμε δύο τρόπους αναπαράστασης της διαδικασίας με δυαδική κωδικοποίηση και με πραγματικές παραμέτρους. Στην αναπαράσταση με πραγματικές παραμέτρους χρησιμοποιείται μια κατανομή πιθανότητας η οποία έχει μηδενική μέση τιμή με σκοπό η λύση να έχει τιμή $\chi^2 + N(0, A1)$ όπου $A1$ είναι η παράμετρος της κατανομής. Η μεταβλητότητα της παραμέτρου σε κάθε νέα γενιά με τον ίδιο ή διαφορετικό κανόνα αυξάνει την πιθανότητα βέλτιστων λύσεων [26].

Στην περίπτωση του προβλήματος που μελετάμε θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του Ελιτισμού στην οποία τα στοιχεία του πληθυσμού ευνοούνται από την συνάρτηση ευρωστίας και μεταφέρονται χωρίς αλλαγές στην επόμενη γενιά. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι σε κάθε αναπαραγωγή βελτιώνει τα στοιχεία του πληθυσμού έχοντας μια μέση συνάρτηση fitness βασιζόμενη στο γεγονός ότι μια βέλτιστη λύση πρέπει να ανακαλύπτεται από τον αρχικό πληθυσμό που σημαίνει ότι συγκεντρώνοντας τους καλύτερους, έχουμε περισσότερες πιθανότητες να δημιουργήσουμε καλύτερους απογόνους. Ο ελιτισμός διαθέτει ευελιξία καθώς μπορεί να εφαρμοστεί σε ορισμένη έκταση του πληθυσμού μη εμποδίζοντας τις αρχικώς καλές λύσεις σε καθυστέρηση [30],[33],[34].

Η ανάλυση των εξελικτικών αλγορίθμων αποτελεί την βάση της μεθόδου για την λειτουργία του αλγορίθμου. Ο πληθυσμός των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν είναι πολύ συγκεκριμένο και είναι αυτός που θα καθορίσει τις διαδικασίες που θα εξελίξουν τους απογόνους. Οι παράμετροι ελαχιστοποιούν το εύρος των δυνατών λύσεων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε από την φιλοσοφία των εξελικτικών αλγορίθμων κάποια όμως από τα υπολογιστικά μοντέλα παραμετροποίησης θα φανούν χρήσιμα.

4.3 Αλγόριθμος S_Home

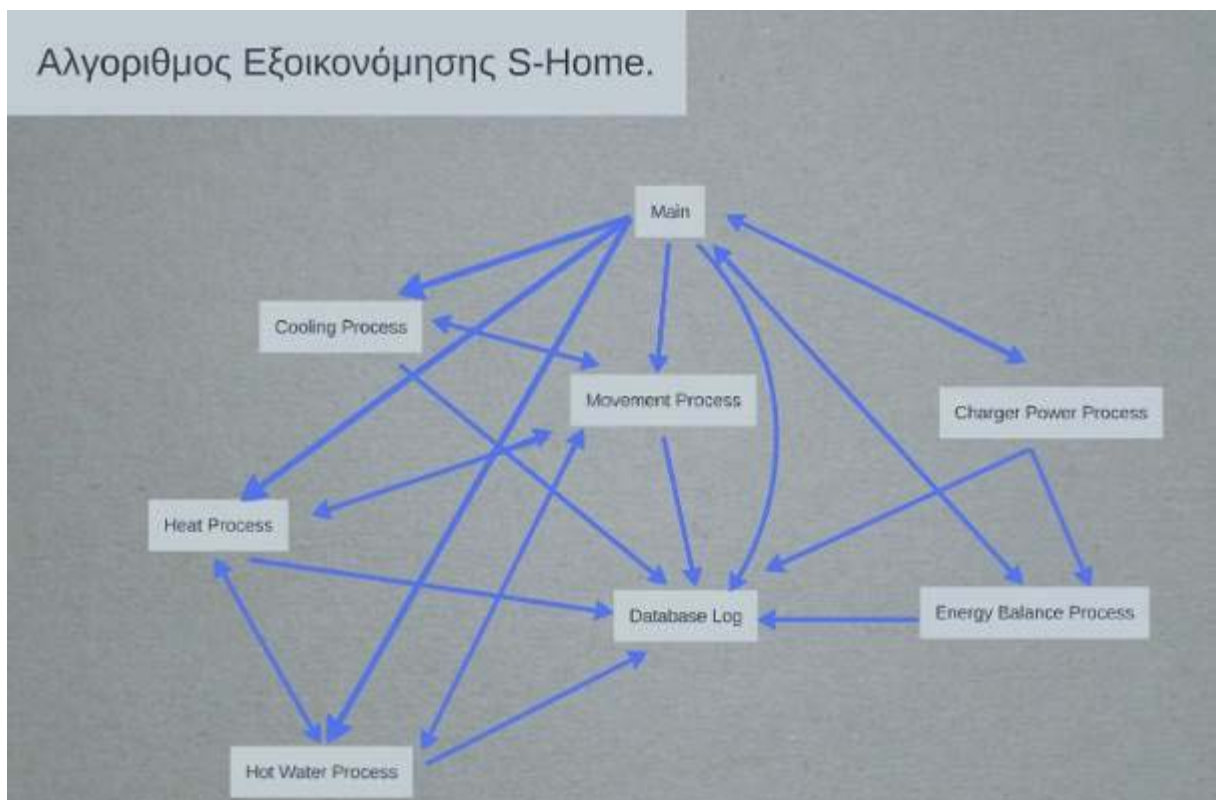
Ο αλγόριθμος S_Home επικεντρώνει την λειτουργία του στην συμπεριφορά του χρήστη. Μέσα από την καθημερινή χρήση της ενέργειας καθορίζονται ακολουθίες οι οποίες βελτιώνουν την εξοικονόμηση σε μια αυτόνομη ενεργειακά κατοικία. Η συμπεριφορά του χρήστη έχει ως βάση δύο βασικούς άξονες. Ο πρώτος άξονας έχει να κάνει με την παρουσία των χρηστών στους χώρους κατά την διάρκεια της ημέρας γεγονός που μεταβάλλει την λειτουργία των συστημάτων. Ο δεύτερος άξονας έχει να κάνει με την επιθυμία αλλαγής της θερμικής άνεσης του περιβάλλοντος από τον χρήστη. Οι δύο άξονες συλλέγουν τα δεδομένα για τον πρώτο κύκλο χρήσης. Κατά την λήξη του πρώτου κύκλου τα στοιχεία χρήσης δηλαδή της συμπεριφοράς των χρηστών συγκρίνονται με τα στοιχεία της θεωρητικής μελέτης δημιουργώντας μια βάση δεδομένων. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την βάση των δεδομένων αναπροσαρμόζουν τον αλγόριθμο δηλαδή εξελίσσουν τις διαδικασίες λειτουργίας του. Σκοπός μετά το τέλος του τρίτου κύκλου χρήσης είναι να χρησιμοποιηθεί τεχνητή νοημοσύνη ώστε να μην απαιτείται επέμβαση για την βελτίωση του αλγορίθμου. Ο λόγος της επιλογής της νοημοσύνης είναι ότι η εμπειρία εφαρμογής των συστημάτων φανερώνει ότι κάθε σύστημα δεν είναι όμοιο με κανένα άλλο. Πεδίο λοιπόν της μελλοντικής έρευνας είναι να δημιουργήσει ένα λειτουργικά μοναδικό σύστημα που θα βασίζεται αποκλειστικά στην συμπεριφορά των χρηστών.

4.3.1 Ανάλυση αλγόριθμου S_Home

Έχοντας λάβει υπόψη τα στοιχεία της θεωρητικής μελέτης για την πρότυπο κατοικία θα καταστρωθεί βάσει των παραμέτρων που κατέχουμε ο αλγόριθμος εξοικονόμησης ενέργειας ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε κονσόλα του εμπορίου (monitor manager) με την χρήση ενός KNX πρωτοκόλλου για την επικοινωνία και διασύνδεση των συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν. Οι μετρήσεις που θα εκτελούνται από τον αλγόριθμο θα αφορούν τις καταναλώσεις της κατοικίας κατά την διάρκεια του έτους και πως αυτές θα αντισταθμίζονται από τις τεχνολογίες παραγωγής. Συγκεκριμένα βάσει της ανάλυσης της μελέτης καταγράφηκαν οι ηλεκτρικές συσκευές της κατοικίας, το σύστημα φωτισμού, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, τα ηλιακά συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Τα συστήματα παραγωγής αφορούν το φωτοβολταϊκό σύστημα, την μικρή ανεμογεννήτρια και τις μπαταρίες φόρτισης. Το μοντέλο θα βασιστεί στην καθημερινότητα των χρηστών που σημαίνει ότι πέρα από τον χρονοπρογραμματισμό των μηχανημάτων που βάζουν οι χρήστες θα υπάρχουν σε όλους τους

χώρους και αισθητήρες κίνησης για να ελέγχουν την περιττή χρήση ενέργειας όταν δεν υπάρχει παρουσία. Οι παραπάνω τελεστές συνδυαζόμενοι μέσα σε ένα πλέγμα αποφάσεων λειτουργίας καθορίζουν την εξοικονόμηση που θα τελείται σε καθημερινή βάση. Ο χρόνος τέλεσης του αλγορίθμου βασίζεται στην επαναληπτικότητα για κάθε πέρασμα από όλες τις φάσεις του. Τυχόν αλλαγές βάσει συνθήκης πραγματοποιούνται κάθε 5 λεπτά για να μην προκαλείται πολυχρησία των μηχανημάτων. Η εξέλιξη του αλγορίθμου τελείται με την λήξη ενός κύκλου χρήσης. Ο κύκλος χρήσης είναι ένα ημερολογιακό έτος.

Παρακάτω παρουσιάζεται η μορφή του αλγορίθμου στην βασική μορφή του καθώς και οι διαδικασίες μετεξέλιξης. Η λειτουργία του συνοψίζεται σε ένα γενικό αρχείο το οποίο υποστηρίζεται από επιμέρους αρχεία με επιμέρους διαδικασίες. Το αρχείο main συγκεντρώνει όλες τις καθημερινές λειτουργίες και πως αυτές επαναλαμβάνονται κατά την διάρκεια της ημέρας. Στο τέλος της main έχουμε αποθήκευση όλων των δεδομένων χρήσης για μελλοντική επεξεργασία. Για την καλή λειτουργία των συστημάτων τίθενται χρονικοί περιορισμοί οι οποίοι εξυπηρετούν την επιδιωκόμενη εξοικονόμηση [Διάγραμμα 1].



Διάγραμμα 1

Κάθε διαδικασία επεξεργάζεται ένα σύνολο διαφορετικών μεταβλητών για την ομαλή ροή της λειτουργίας της. Όλες οι μεταβλητές παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Σε πρώτη ανάλυση ο

αλγόριθμος παρουσιάζει απλότητα και ο λόγος είναι διότι είναι πιο εύκολη η επεξεργασία των δεδομένων χωρίς πολυπλοκότητα. Η μετέπειτα προσθήκη αναλυτικότερων διαδικασιών και συναρτήσεων με σκοπό την πλήρη αυτοματοποίηση θα μας οδηγήσει στην πολυπλοκότητα που επιζητούμε. Ουσιαστικά η εξέλιξη προκύπτει μέσα από την παρακολούθηση των χρηστών και την χρήσης. Η προσπάθεια πλήρους αυτοματοποίησης θα οδηγήσει σε αποκλίσεις από τον στόχο που είναι η συνεχής εξέλιξη του εγχειρήματος. Έχοντας ως γνώμονα τα στοιχεία της μελέτης και την προφανή διαπίστωση ότι είναι ανεπαρκή, η έρευνα προχωρεί με σκοπό να διαπιστώσει την ακρίβεια των δεδομένων. Η διαδικασία main [Διαδικασία Δομής Main] συγκεντρώνει τον κύκλο χρήσης που προαναφέρθηκε.

```

void main()
{
    // //H διαδικασία movement_process τρέχει παράλληλα με τις καθημερινές λειτουργίες ελέγχοντας την παρουσία κίνησης.

    // Do while Time=5minute From 15 October to 15 May.
    do
    {
        // heating_process; //Διαδικασία θέρμανσης εσωτερικών χώρων.

        // charger_power; //Αυτονομία καθημερινής ενέργειας.

        // hot_water_process; //Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης.[ZNN]

        // energy_balance; //Καθημερινό ενεργειακό ισοζύγιο.
    }
    while(!);

    // set movement_process;

    // Do while Time=5 minute From May 16 to 14 October
    do
    {
        // //cooling_process;

        // //charger_power;

        // //hot_water_process;

        // //energy_balance;
    }
    while(!);

    // set movement_process;

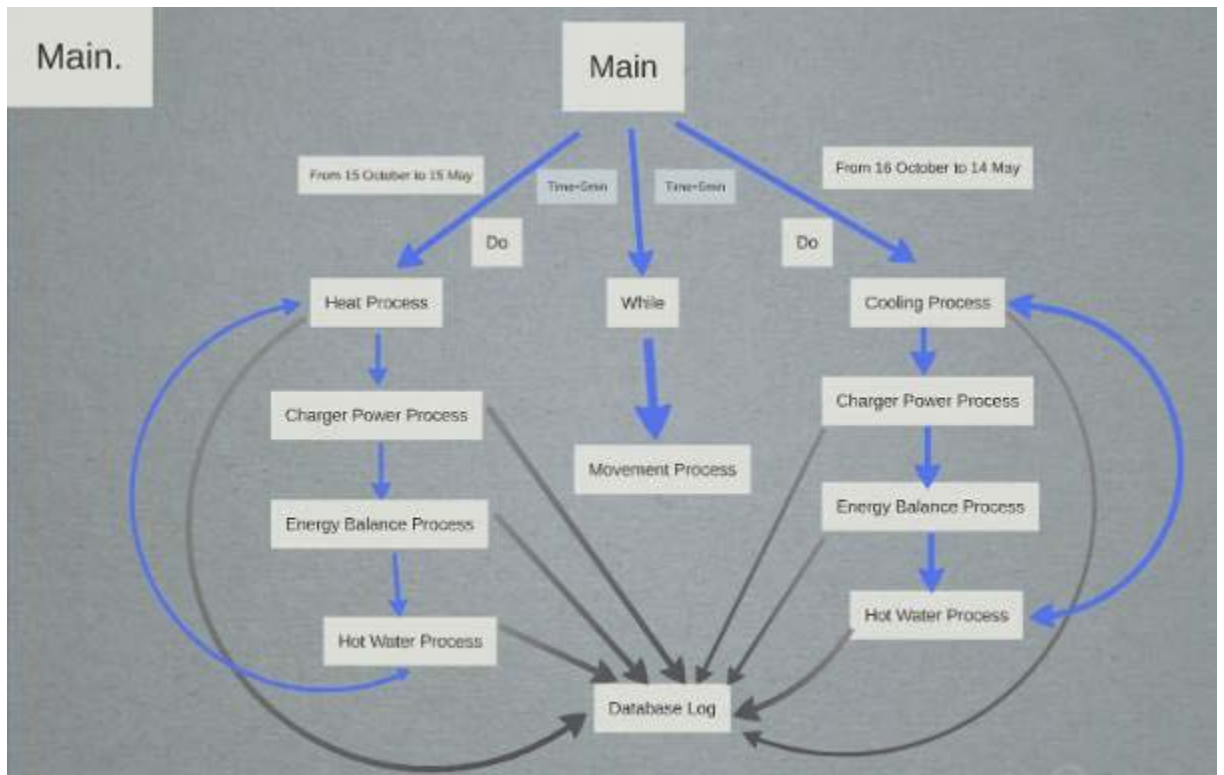
    // For Time = 24 hour
    for()
    {
        // get main_log; //Αποθηκεύει τα δεδομένα λειτουργίας όλων των διαδικασιών.
    }
}

```

Διαδικασία Δομής Main

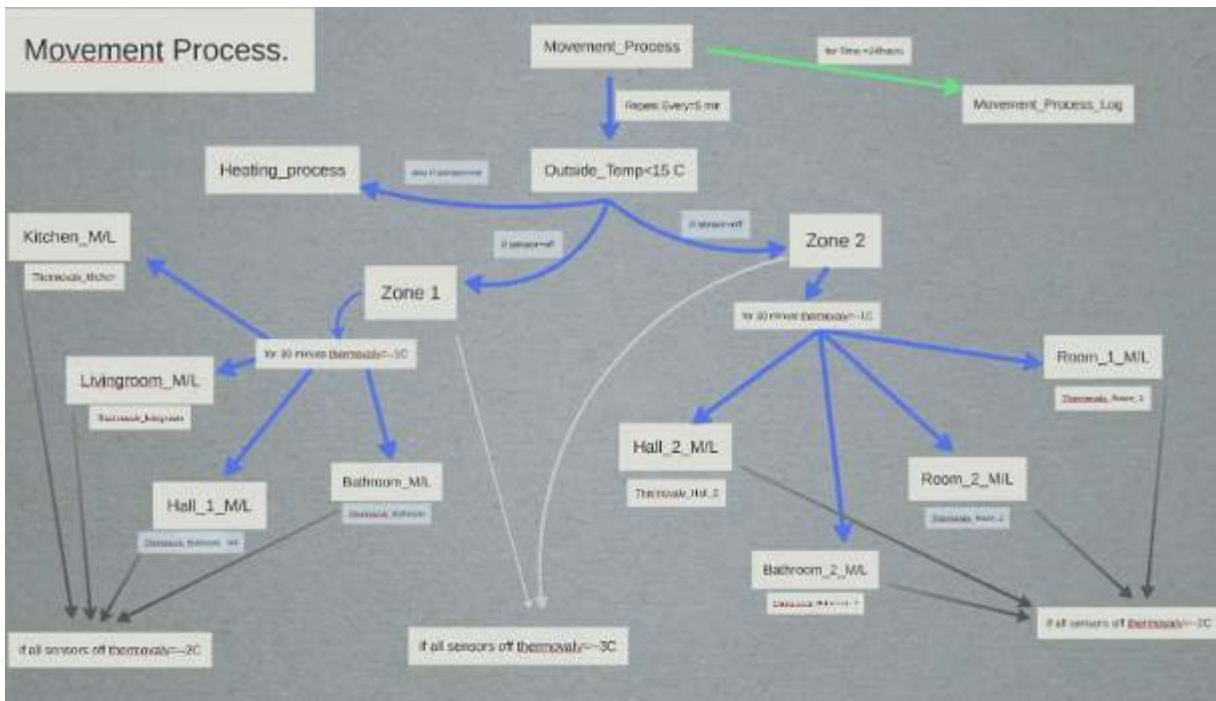
Ακολουθούν τα αρχεία διαδικασιών με την σειρά που αναπτύσσονται από το main αρχείο. Πρώτο αρχείο είναι το movement_process το οποίο και βάσει της παρουσίας κινήσεως στον χώρο αναδιαμορφώνει τα επίπεδα χρήσης της ενέργειας. Η διαδικασία κίνησης ανιχνεύει την κίνηση στους χώρους διαμονής επηρεάζοντας τις επιμέρους καθημερινές διαδικασίες. Καθώς η συνθήκη επαναλαμβάνεται κάθε 5 λεπτά ελέγχοντας τους αισθητήρες κίνησης και βάρους διαπιστώνει την ανθρώπινη απουσία μετά από 6 ελέγχους και εφαρμόζει την εξοικονόμηση

μέχρι το όριο διαφοράς των 3 βαθμών. Η συνθήκη τότε τερματίζεται. Στο Διάγραμμα 2 διαφαίνεται η λειτουργία της Main, η ροή των εργασιών που τελούνται στο ημερολογιακό έτος, η επαναληπτικότητα και η αποθήκευση των δεδομένων στη βάση.

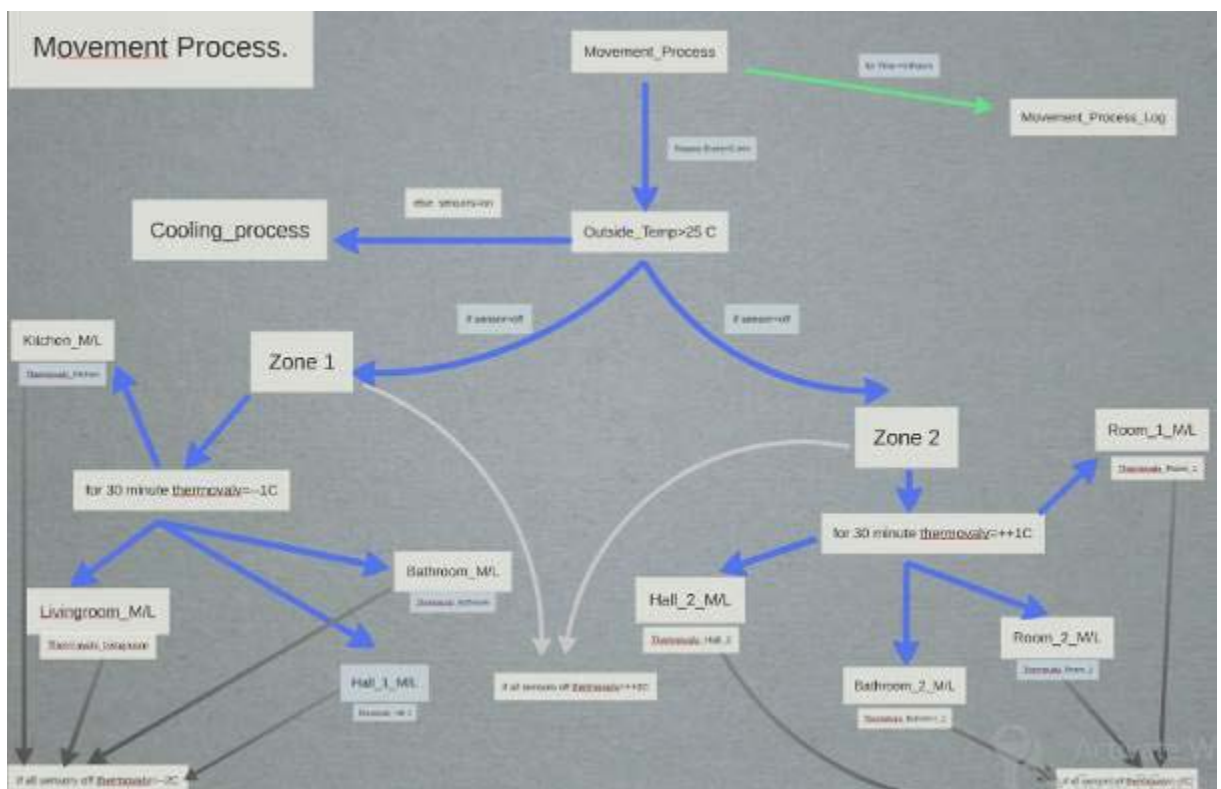


Διάγραμμα 2

Η διαδικασία `movement_process` καθορίζει την συμπεριφορά των χρηστών και ευθύνεται για την εξαγωγή κρίσιμων συμπερασμάτων για την μελλοντική εξέλιξη. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αισθητήρων βάρους και κίνησης ώστε να διαπιστωθεί η παρουσία στον χώρο. Το Διάγραμμα 3 και το Διάγραμμα 4 περιγράφει την μεταβολή της θερμοκρασίας του συστήματος κυκλοφορίας σε κάθε ζώνη και σε κάθε χώρο στις περιόδους θέρμανσης και ψύξης.



Διάγραμμα 3



Διάγραμμα 4


```

void movement_process()
{
    // Repeat until
    do
    {
        // if outside_thermostat<15C //Έλεγχός εξωτερικής θερμοκρασίας για θέρμανση στην πρώτη ζώνη.
        if()
        {
            //A=firstfloor_livingroom_m & firstfloor_livingroom_l are off for Time=30minute

            // //Έλεγχει την παρουσία στους χώρους της πρώτης ζώνης.

            // set master_console=[thermovalv_livingroom] =--1C;

            // //Η εντολή set μεταδίδει απο την κεντρική κονσόλα όποια αλλαγή επιθυμούμε.

            //B=firstfloor_kitchen_m & firstfloor_kitchen_l are off for Time=30minute

            // set master_console=[thermovalv_kitchen]=--1C;

            //C=firstfloor_hall_m & firstfloor_hall_l are off for Time=30minute

            // set master_console=[thermovalv_hall1] =--1C;

            //D=firstfloor_bathroom_m & firstfloor_bathroom_l are off for Time=30minute

            // set master_console=[thermovalv_bathroom1]=--1C;

            // A&B&C&D set master_console=[circulation_temp_h1]=--2C
        }
        // else if
        else if()
        {
            // set heating_process;

            // //Η παραπάνω λειτουργία επιτηρεί την θέρμανση ρυθμίζοντας τα επίπεδα ενέργειας χρήσης.
        }
    }
}

```

Διαδικασία 1 Movement_process

Η επιλογή 2 ζωνών χρήσης στην [Διαδικασία 1 Movement_process] μας δίνει την ευελιξία να έχουμε πέρα από τους αισθητήρες χώρου δύο κυκλοφορίες των υγρών του συστήματος καθώς οι χώροι είναι χωρισμένοι σε κύριας και δευτερεύουσας χρήσης. Έτσι λοιπόν έχουμε τον πρώτο όροφο zone1 και τον δεύτερο όροφο zone2 με τους ανάλογους load sensor και motion sensor. Όλοι οι πίνακες για τους τελεστές όλου του προγράμματος βρίσκονται στον Πίνακα Β. Κατά τον έλεγχο της εξωτερικής θερμοκρασίας διαπιστώνονται τα είδη των διαδικασιών που θα τεθούν σε λειτουργία. Αν είμαστε στην καλοκαιρινή περίοδο θα έχουμε θερμοκρασίες πάνω από 25C εξωτερικό θερμοστάτη ,ενώ αν βρισκόμαστε στην χειμερινή περίοδο θα έχουμε θερμοκρασίες

κάτω από 15C. Η χειμερινή λειτουργία φαίνεται στο Διάγραμμα 3 και στην [Διαδικασία 2 Movement_process].

```
// if outside_thermostat<15C
if()
{
  // //Ελέγχει την παρουσία στους χώρους της δευτερης ζώνης.

  // E= secondfloor_hall_m & secondfloor_l are off for Time=30 minute

  // set master_console=[thermovalv_hall2]---1C;

  // F= secondfloor_room1_m & secondfloor_room1_l are off for Time=30 minute

  // set master_console=[thermovalv_room1]---1C;

  // G= secondfloor_room2_m & secondfloor_room2_l are off for Time=30minute

  // set master_console=[thermovalv_room2]---1C;

  // H= secondfloor_bathroom_m & secondfloor_bathroom_l are off for Time=30minute

  // set master_console=[thermovalv_bathroom2]---1C;

  // I= secondfloor_masterbath_m & secondfloor_masterbath_l are off for Time=30minute

  // set master_console=[thermovalv_masterbath]---1C;

  // E&F&G&H&I set master_console=>[circulation_temp_h2]---2C; for Time=30minute
}
// else if set heating process;
else if()
{
}

// if
if()
{
  // A&B&C&D&E&F&G&H&I set master_console=> circulation_temp_h1---3C & circulation_temp_h2---3C
}
}
```

Διαδικασία 2 Movement_process

Όταν η διαδικασία διαπιστώσει απουσία από ένα χώρο της ζώνης μειώνει κατά ένα βαθμό την θερμοκρασία του fan coil σώματος που λειτουργεί στον χώρο. Η συνθήκη αυτή ισχύει για όλους του χώρους ξεχωριστά. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί απουσία από τους χώρους ολόκληρης της ζώνης τότε έχουμε μείωση κατά 2 βαθμούς σε όλη την ζώνη. Όταν διαπιστωθεί απουσία από όλη την κατοικία τότε έχουμε μείωση κατά 3 βαθμούς. Η συνθήκη τερματίζεται όταν έχουμε μείωση μέχρι μέγιστο 3 βαθμούς κελσίου. Η συνθήκη τερματισμού ισχύει για όλες

τις ζώνες και κάθε fan coil χωριστά. Ο λόγος της συγκεκριμένης επιλογής είναι απλός ,εξασφαλίζει εξοικονόμηση αλλά και την μειωμένη χρήση ενέργειας σε περίπτωση που δεν έχουμε παρουσία στους χώρους. Η καλοκαιρινή λειτουργία φαίνεται στο Διάγραμμα 4 και στην [Διαδικασία 3,4 Movement_process].

```
while();

// Is NOT circulation_temp_h1==4C & circulation_temp_h2==4C

// Repeat until circulation_temp_h1==3C & circulation_temp_h2==3C
do
{
    // if outside_thermostat>25C
    if()
    {
        // J=firstfloor_living_room_m & firstfloor_living_room_l are off for Time=30minute

        // set master_console=[thermovalv_living_room]=++1C;

        // K=firstfloor_kitchen_m & firstfloor_living_kitchen_l are off for Time=30minute

        // set master_console=[thermovalv_kitchen]=++1C;

        // L=firstfloor_hall_m & firstfloor_hall_l are off for Time=30minute

        // set master_console=[thermovalv_hall]=++1C

        // M=firstfloor_bathroom_m & firstfloor_bathroom_l are off Time=30minute

        // set master_console=[thermovalv_bathroom]=++1C

        // J&K&L&M set master_console =>circulation_temp_h1=++2C
    }
    // else if set cooling process;
    else if()
    {
    }
}
```

Διαδικασία 3 Movement_process

Η διαδικασία κίνησης ενεργοποιεί ένα πολύ σημαντικό γεγονός , ίσως το σημαντικότερο σε όλη την λειτουργία του αλγορίθμου. Η συγκέντρωση των δεδομένων από την χρήση μας ενημερώνει με ακολουθίες (patterns) οι οποίες φανερώνουν τις συνήθειες των χρηστών γεγονός που μας

βοηθάει να προγραμματίσουμε τα ενεργειακά συστήματα ώστε να εξοικονομούν ενέργεια ανάλογα με τις ώρες που είναι παρόντες οι χρήστες της κατοικίας. Η κατάστρωση του εξελιγμένου αλγορίθμου θα γίνει βασιζόμενο στην επεξεργασία αυτών των ακολουθιών. Η εμπειρία λειτουργίας των μηχανημάτων έχει φανερώσει μια αδυναμία ρύθμισης της επαρκούς θερμικής άνεσης γεγονός που σημαίνει ότι κάποιες χρονικές στιγμές έχουμε υπερβολική παροχή ενέργειας.

```
// if outside_thermostat>25C
if()
{
    // N=secondfloor_masterroom_m & secondfloor_masterroom_l are off for Time=30minute
    // set master_console=[thermovalv_masterroom]=++1C;
    // O=secondfloor_room1_m & secondfloor_room1_l are off for Time=30minute
    // set master_console=[thermovalv_room1]=++1C;
    // P= secondfloor_room2_m & secondfloor_room2_l are off for Time=30minute
    // set master_console=[thermovalv_room2]=++1C;
    // Q=secondfloor_hall_m & secondfloor_hall_l are off for Time=30minute
    // set master_console=[thermovalv_hall2]=++1C;
    // R=secondfloor_bathroom_m & secondfloor_bathroom_l are off for Time=30minute
    // set master_console=[thermovalv_bathroom]=++1C;
    // S=secondfloor_masterbath_m & secondfloor_bathroom_l are off for Time=30minute
    // set master_console=[thermovalv_bathroom]=++1C;
    // N&P&O&Q&R&S set master_console => circulation_temp_h2=++2C
}
// else if set cooling_process
else if()
{
}
```

Διαδικασία 4 Movement_process

Η λειτουργία της διαδικασίας movement_process όπως και κάθε άλλης διαδικασίας τίθεται σε ενεργοποίηση από την κεντρική κονσόλα η οποία και ελέγχει κάθε εντολή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως όταν δεν εκτελείται η movement_process η επιλογή επιστρέφει στην

heating_process η στην cooling_process. Η σύνδεση των παραπάνω ενεργειών καθιστά το περιβάλλον αυτοματοποιημένο απεμπλέκοντας τον χρήστη από την έννοια συνεχούς παρακολούθησης. Ουσιαστικά η διαδικασία κίνησης αποτελεί τον κεντρικό παρατηρητή των χρηστών και εφαρμόζεται όταν και αν επιβεβαιώνονται οι συνθήκες λειτουργίας της. Σε κάθε άλλη περίπτωση η βασική διαδικασία χρήσης είναι αυτής της θέρμανσης και της ψύξης. Η βαρύτητα της διαδικασίας θέρμανσης και η σημαντικότητα της αποδεικνύεται και από την μελέτη στην πρότυπο κατοικία καθώς καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό των καταναλώσεων. Ο κύκλος μείωσης και αύξησης της θερμοκρασίας κυκλοφορίας του περιβάλλοντος σταματάει όταν έχουμε διαφοροποίηση μέχρι 4 βαθμούς. Ο λόγος της συγκεκριμένης επιλογής φαίνεται στην [Διαδικασία 5 Movement_process].

```
// if J&K&L&M&N&O&P&Q&R&S set master_console => circulation_temp_h1=++3C & circulation_temp_h2=++3C
if()
{
}
}
while():

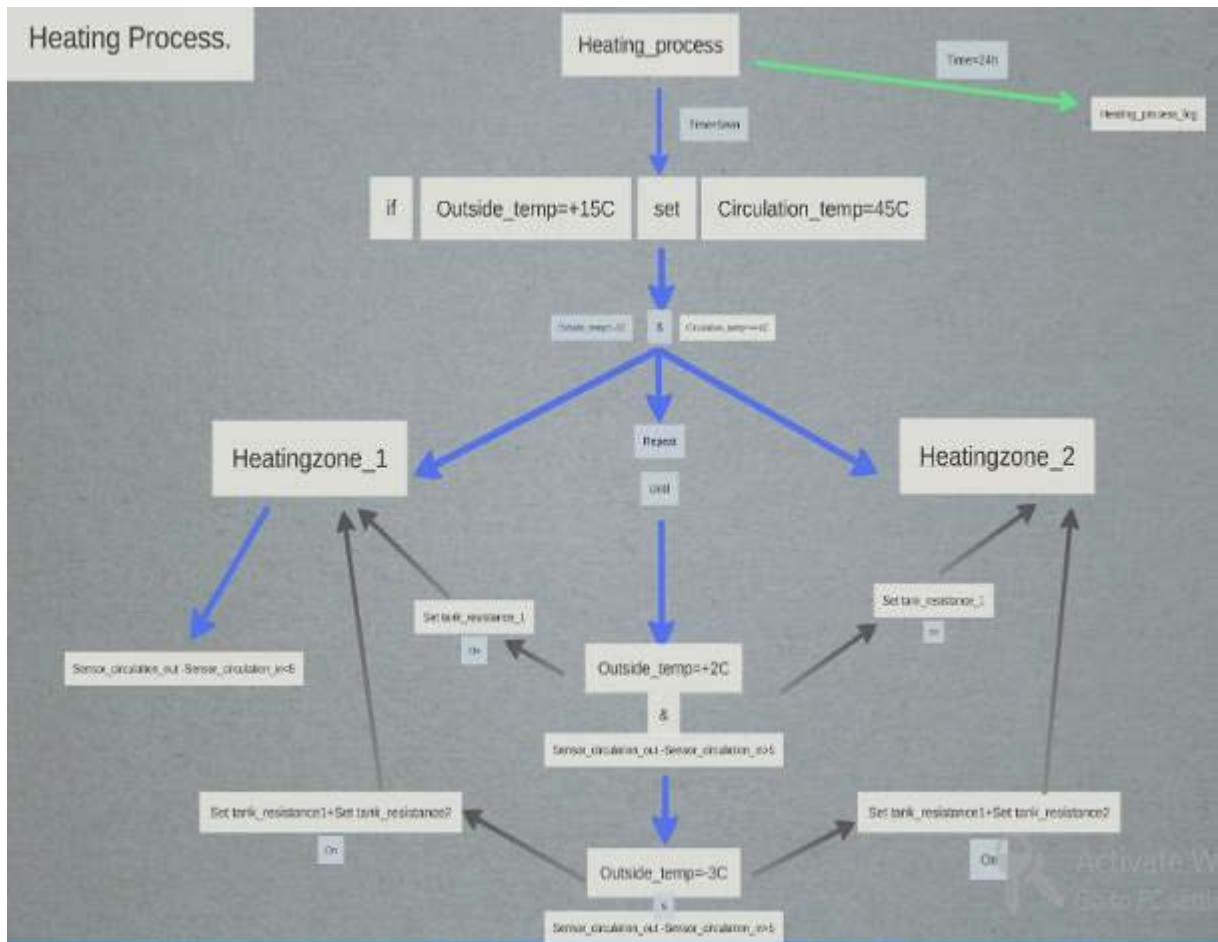
// Is Not circulation_temp_h1=--4C & circulation_temp_h2=--4C

// For Time=24 hour
for()
{
// save movement_process_log ;
}
}
```

Διαδικασία 5 Movement_process

Η επόμενη λειτουργία είναι αυτή της heating_process η οποία χρησιμοποιεί δύο αισθητήρες ένας είναι εισόδου κυκλοφορίας και ο δεύτερος είναι εξόδου κυκλοφορίας ,η διαφορά των δύο αισθητήρων μας δίνει και την θερμοκρασία λειτουργίας των εσωτερικών χώρων. Όταν μεταβληθεί η εξωτερική θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά 1 βαθμό και η εσωτερική θερμοκρασία κυκλοφορίας των νερών στο κύκλωμα κατά 1 βαθμό. Όσο λοιπόν μειώνεται η θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώνεται τόσο μειώνεται και η θερμοκρασία των νερών του συστήματος μέχρι του ορίου της εφαρμογής της συνθήκης. Παράλληλα όπως θα αναλυθεί

παρακάτω έχουμε και την υποστήριξη της θέρμανσης μέσω της ηλιοθερμίας τις ώρες της ηλιοφάνειας δεδομένο όμως που δεν ανεβάζει το ποσοστό υποβοήθησης σημαντικά καθώς τις ώρες μέγιστης ηλιοφάνειας δεν έχουμε και την μέγιστη ζήτηση για θέρμανση. Η Διαδικασία Heating_process και το Διάγραμμα 5 περιγράφουν αναλυτικά την αλλαγή του περιβάλλοντος βάσει της εξωτερικής θερμοκρασίας.



Διάγραμμα 5

```

void heating_process()
{
    // Repeat until outside_thermostat ==-1 C then circulation_temp= ++1C
    do
    {
        // //Αυξάνει την θερμοκρασία κυκλοφορίας του νερού όταν μειώνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

        // For outside_thermostat=15C then circulation_temp_h1 =45C
        for()
        {
            // void heatingzone_1 ()

            // if
            if()
            {
                // get master_console= DT=sensor_circulation_out_heatingzone1-sensor_circulation_in_heatingzone1<5

                // AND

                // get master_console=(outside_thermostat)>+2C //Εξωτερικός θερμοστάτης.

                // set master_console=[circulation_temp_h1]

                // //Η εντολή set δίνει εντολή στην κεντρική κονσόλα να ορίσει την θερμοκρασία κυκλοφορίας.
            }
            // else if

```

Διαδικασία Heating_process

Η διαδικασία heating_process δεν επιφέρει επιμέρους αλλαγές σε κάθε χώρο. Αντιθέτως χρησιμοποιεί τις 2 ζώνες χρήσης για την λειτουργία της θέρμανσης μεταβάλλοντας μόνο την θερμοκρασία των 2 ζωνών. Όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η αλλαγή της θερμοκρασίας σε χώρους οι οποίοι έχουν ανθρώπινη παρουσία μεταβάλλουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης. Είναι κρίσιμο να αναφερθεί ότι η θερμοκρασία θερμικής άνεσης είναι μετρημένη στους 21°C που σημαίνει ότι είναι επαρκής η λειτουργία περιβάλλοντος 24 ώρες την ημέρα για 6 μήνες το χρόνο σε αυτή την θερμοκρασία χωρίς οι χρήστες να αισθάνονται ούτε το κρύο αλλά ούτε και δυσφορία όταν ανεβαίνει η εξωτερική θερμοκρασία.

```

else if()
{
    // get master_console= DT=sensor_circulation_out_heatingzone1-sensor_circulation_in_heatingzone1>5

    // AND

    // get master_console=[outside_thermostat]<+2C

    // set master_console=[circulation_temp_h1]

    // set tank_resistance_1=on // Η tank_resistance_1 υποβοηθά την αντλία θερμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες.
}
// else if
else if()
{
    // get master_console =DT=sensor_circulation_out_heatingzone1-sensor_circulation_in_heatingzone1>5

    // get master_console=[outside_thermostat]<-3C

    // set master_console=[circulation_temp_h1]

    // set tank_resistance_1 & tank_resistance_2=on
}

```

Διαδικασία 2 Heating_process

Όταν η θερμοκρασία κατέβει κάτω από ένα επίπεδο ενεργοποιείται το boiler_tank με τις αντιστάσεις του .Συγκεκριμένα όταν η θερμοκρασία κατέβει κάτω από +2 βαθμούς κελσίου[Διαδικασία 2 Heating_process] και η διαφορά θερμοκρασίας των αισθητήρων είναι πάνω από 5 βαθμούς κελσίου τότε έχουμε ενεργοποίηση της αντίστασης 1. Αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους -2C και η εξωτερική διαφορά των αισθητήρων είναι πάνω από 5 βαθμούς κελσίου τότε ενεργοποιείται και η δεύτερη αντίσταση. Οι παραπάνω συνθήκες έχουν επιλεγεί βάσει της μελέτης καθώς και βάσει δεδομένων των κατασκευαστών. Ο κύκλος χρήσης θα επιβεβαιώσει αν οι συνθήκες αυτές είναι σωστές και κατά πόσο μπορούν να βελτιωθούν.


```

// void heatingzone2 ();

// if
if()
{
    // get master_console=DT=sensor_circulation_out_heatingzone2-sensor_circulation_in_heatingzone2<5

    // AND get master_console=[outside_thermostat]>+2C

    // set master_console=[circulation_temp_h2=53C]
}
// else if
else if()
{
    // get master_console =DT=sensor_circulation_out_heatingzone2-sensor_circulation_in_heatingzone2>5

    // AND get master_console=[outside_thermostat]<+2C

    // set master_console=[circulation_temp_h2=58C]

    // set tank_resistance_1 on
}
// else if
else if()
{
    // get master_console=DT=sensor_circulation_out_heatingzone2-sensor_circulation_in_heatingzone2>5

    // AND get master_console=[outside_thermostat]<-3C

    // set master_console=[circulation_temp_h2=65]

    // set tank_resistance_1 & tank_resistance_2 on
}
}
}

```

Διαδικασία 3 Heating_process

Όπως και στην προηγούμενη διαδικασία [Διαδικασία 3 Heating_process] χρησιμοποιούνται 2 ζώνες λειτουργίας για όλους τους χώρους της κατοικίας. Στο τέλος της διαδικασίας έχουμε την απαραίτητη συλλογή των στοιχείων επεξεργασίας [Διαδικασία 4 Heating_process]. Τα αρχεία log συγκεντρώνουν όλα τα δεδομένα σε μια βάση δεδομένων.

```

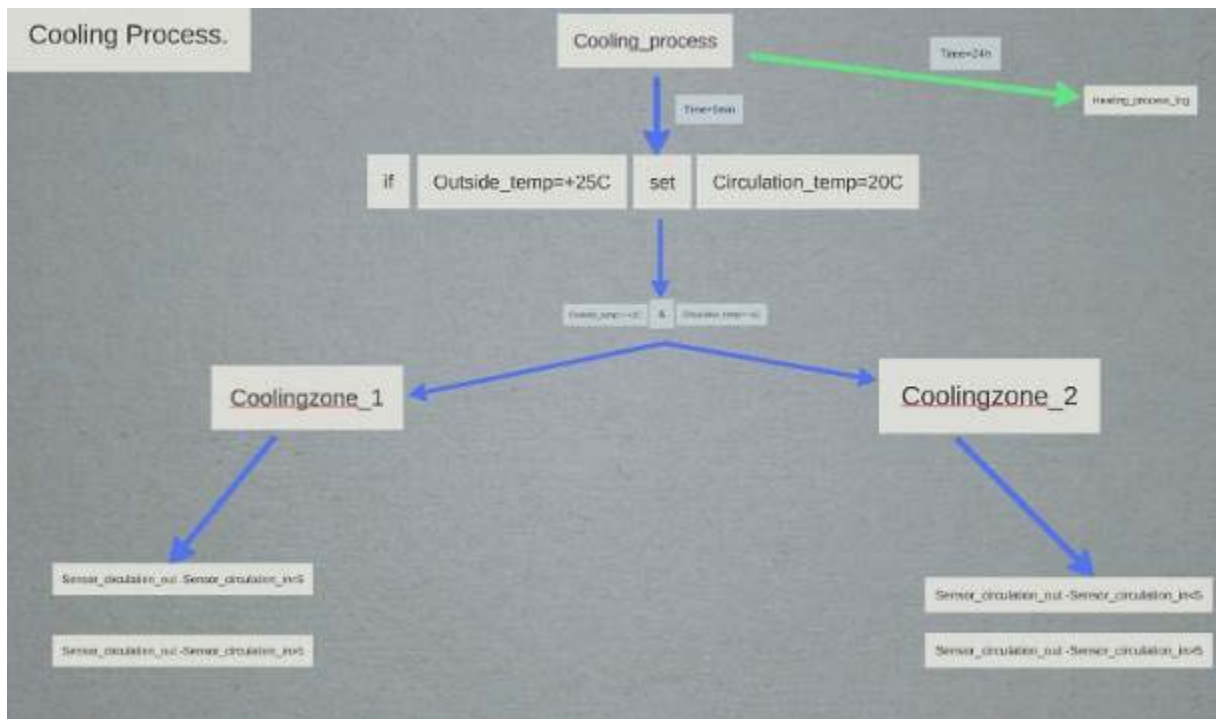
while();

// For Time=24 hour
for()
{
    // save heating_process_log; //Αποθηκεύει τα δεδομένα παραγωγής για κάθε κύκλο ελέγχου.
}
}

```

Διαδικασία 4 Heating_process

Ομοίως η cooling_process [Διαδικασία 1 Cooling_process] εξετάζει τον εξωτερικό θερμοστάτη και ανάλογα αποφασίζει για την μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Όταν η διαφορά θερμοκρασίας των αισθητήρων παραμένει μικρότερη των 5 C τότε και η εξωτερική είναι άνω των 25 βαθμούς κελσίου η εσωτερική θερμοκρασία κυκλοφορίας αντικατοπτρίζει την εσωτερική θερμοκρασία χώρου. Όλες οι ρυθμίσεις λαμβάνονται με βάση τα δεδομένα θερμικής άνεσης. Η διαδικασία Cooling_process είναι πιο απλοποιημένη από αυτήν της θέρμανσης και αυτό διαφαίνεται από το Διάγραμμα 6.



Διάγραμμα 6

```

void cooling_process()
{
    // Repeat until outside_thermostat= ++1C then circulation_temp=--1C
    do
    {
        // For outside_thermostat=25C then circulation_temp=20C
        for()
        {
            // void coolingzone_1

            // if get master_console= DT=sensor_circulation_out_coolingzone1-sensor_circulation_in_coolingzone1<5
            if()
            {
                // AND get master_console=[outside_thermostat]<=30C

                // set master_console=[circulation_temp];
            }
            // else if
            else if()
            {
                // get master_console= DT=sensor_circulation_out_coolingzone1-sensor_circulation_in_coolingzone1>5

                // AND get master_console=[outside_thermostat]>30C

                // set master_console=[circulation_temp];
            }
        }
    }
}

```

Διαδικασία 1 Cooling_process

Όσο η θερμοκρασία ανεβαίνει τόσο κατεβαίνει κατά ένα βαθμό η εσωτερική κυκλοφορία. Η διαδικασία της ψύξης καταναλώνει λιγότερη σχετικά ενέργεια σε σχέση με την θέρμανση οπότε και οι εξοικονομήσεις που μπορούν να επιτευχθούν είναι αναλογικά αρκετά μικρότερες. Η μοντελοποίηση της προτύπου κατοικίας μας δίνει το εύρος των φορτίων που καταναλώνουν όλες οι διαδικασίες και από αυτήν είναι εύκολο να αποφασισθεί για το που θα δοθεί το βάρος της ενεργειακής εξοικονόμησης.

```

// void coolingzone_2

// if get master_console=DT=sensor_circulation_out_coolingzone2-sensor_circulation_in_coolingzone2<5
if()
{
    // AND get master_console=[ outside_thermostat]<=30C

    // set master_console=[circulation_temp];
}
// else if
else if()
{
    // get master_console=DT=sensor_circulation_out_coolingzone2-sensor_circulation_in_coolingzone2>5

    // AND get master_console=[outside_thermostat]>30C

    // set master_console=[circulation_temp];
}
}
}
while();

// save cooling_process_log;
}

```

Διαδικασία 2 Cooling_process

Η ψύξη λειτουργεί και αυτή σε 2 ζώνες [Διαδικασία 2 Cooling_process] και κύριος σκοπός αυτής της επιλογής είναι διότι η διαρρύθμιση της κατοικίας επιτρέπει τον διαχωρισμό της χρήσης σε βασική που είναι η κουζίνα και το σαλόνι με την δευτερεύουσα που είναι τα δωμάτια. Αυτός ο διαχωρισμός θα επιβεβαιωθεί και από τον έλεγχο της διαδικασίας κίνησης.

```

void energy_balance()
{
  // //Μετράει το καθημερινό ενεργειακό ισοζύγιο.

  // if
  if()
  {
    // overall_consumption= consumption_appliances+consumption_heating+consumption_cooling+consumption_lighting+consumption_tank:

    // >

    // overall_production=production_photov+production_turbine:

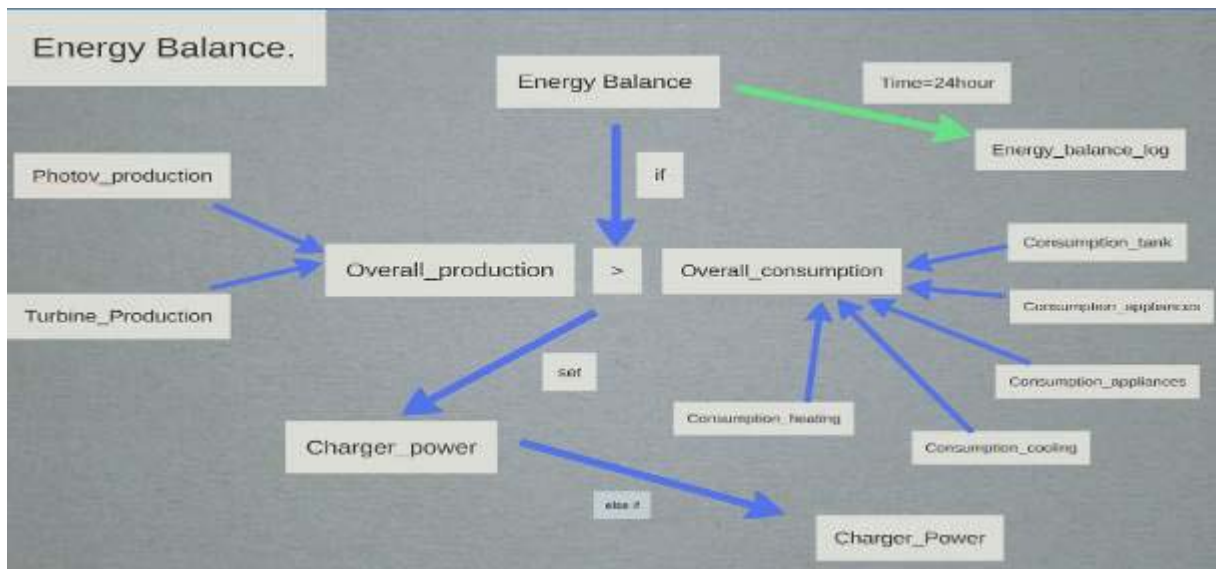
    // set master_console=charger_power :
  }
  // else if
  else if()
  {
    // set master_console=charger_power:
  }

  //For Time=24 hour
  for()
  {
    // save Energy_balance_log: //Αποθηκεύει τα δεδομένα ενέργειας του συστήματος
  }
}

```

Διαδικασία Energy_balance

Η διαδικασία energy_balance [Διαδικασία Energy_balance] μετράει το ενεργειακό ισοζύγιο της κατοικίας σε καθημερινή βάση και δίνει τον έλεγχο στην διαδικασία charging power όταν εμφανίζεται έλλειψη κατανάλωσης ή παραγωγής. Τα δεδομένα αυτής της διαδικασίας συνοψίζουν τις καταναλώσεις και τις παραγωγές όλων των ενεργειακών στοιχείων και μας βοηθούν στο να ξέρουμε ανά πάσα στιγμή πόσο είμαστε κοντά στο παθητικό ισοζύγιο. Το Διάγραμμα εμφανίζει τις ροές ελέγχου του Ενεργειακού Ισοζυγίου.



Διάγραμμα 7

```

void hot_water_process()
{
    // For Time =07.00am to 18.00pm set hliothermo1 & hliothermo2
    for()
    {
        // //Τις ώρες ηλιοφάνειας τους χημερινούς μήνες επιλέγεται η λειτουργία των ηλιοθερμών για την παραγωγή ζεστού νερού.

        // get master_console=(thermostat_tank);

        // If
        if()
        {
            // thermostat_tank<+45C //Ελέγχει την θερμοκρασία του θερμοστάτη του δοχείου αδρανείας.

            // set tank_resistance_1 on //θέτει σε ισχύ την αντίσταση 1
            ;
            // else if use hliothermo1 & hliothermo2
            else if()
            {
                // Assist heating_process on

                // //Υποβοηθά την θέρμανση ανεβάζοντας την θερμοκρασία του boiler_tank με την ενεργεια του περιβάλλοντος.
            }
        }
    }
}

```

Διαδικασία 1 Hot_water_process

Η πιο πολύπλοκη από πλευράς χρήσης και αδυναμίας εξαγωγής συμπερασμάτων εξοικονόμησης ενέργειας είναι η παραγωγή ζεστών νερών χρήσης [Διαδικασία 1 Hot_water process]. Ο λόγος που δεν μας επιτρέπει τον ενδελεχή έλεγχο είναι η έλλειψη ακριβών δεδομένων για την ποσότητα ,την διάρκεια και την συνήθεια των χρηστών να χρησιμοποιούν το ζεστό νερό. Το μόνο που μπορεί να ελεγχθεί είναι η αποφυγή επιβάρυνσης της διαδικασίας θέρμανσης κατά τη διάρκεια μέγιστων επιβαρύνσεων όλων των τελεστών που συμμετέχουν. Δηλαδή από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε διαπιστώνεται ότι κάτω από το όριο θερμοκρασίας των 45C υποβοηθείται η παραγωγή με αντιστάσεις. Η υποβοήθηση πραγματοποιείται με την εντολή assist.

```

// For Time=18.01pm to 06.59am set boiler_tank
for()
{
    // //Τις νυχτερινές ώρες δεν έχουμε παροχή ΖΝΧ οπότε πρέπει να ελέγχουμε τα ΖΝΧ μέσω του δοχείου αδρανείας.

    // get master_console=[thermostat_tank]

    // if thermostat_tank<+45C AND outside_thermostat>+2C
    if()
    {
        // Assist heating_process on // Υποβοηθά την θέρμανση.
    }
    // else if thermostat tank<+45C AND outside_thermostat<+2C
    else if()
    {
        // set tank_resistance1 on

        // Assist heating_process on
    }
    // else if thermostat tank <+45C AND outside_thermostat<-3C
    else if()
    {
        // set tank_resistance1 & tank_resistance2 on

        // Assist heating_process on
    }
}

// For Time=24 hour
for()
{
    // get daily_usage_log
}
}

```

Διαδικασία 2 Hot_water_process

Όσο η εξωτερική θερμοκρασία μειώνεται καθίσταται η υποβοήθηση της αντλίας ανενεργή και η υποβοήθηση της θέρμανσης μέσω των αντιστάσεων ενεργή [Διαδικασία 2 Hot_water_process]. Η αδυναμία ελέγχου της ακριβής θερμοκρασίας των ζεστών νερών χρήσης έγκειται στο γεγονός στο ότι δεν υπάρχουν ακριβή δεδομένα για τον τρόπο λειτουργίας τους κάτι που φυσικά λόγω και της μεταβλητότητας της συνθήκης δεν θα συμβεί πριν τον πρώτο κύκλο χρήσης.

Η επόμενη κατά συνθήκη διαδικασία είναι η charger_power η οποία και εκτελεί την σημαντικότερη δουλειά όσον αφορά την τροφοδότηση με ενέργεια ανά πάσα στιγμή από όπου και να προέρχεται την κατοικία [Διαδικασία Charger_power]. Επειδή η ενέργεια στην οποία βασιζόμαστε εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τις κλιματολογικές συνθήκες κρατάμε μια πηγή ασφαλείας ώστε να είμαστε σίγουροι ότι δεν θα ξεμείνει το σύστημα μας ποτέ από ενέργεια. Έτσι λοιπόν το σύστημα ανά τακτά χρονικά διαστήματα ελέγχει ταυτόχρονα την παραγωγή και την κατανάλωση και αποφασίζει προς τα που θα διοχετεύσει ενέργεια και με ποιο τρόπο. Συγκεκριμένα ,στην περίπτωση που έχουμε ανεπάρκεια αποθήκευσης στους φορτιστές λόγω κατανάλωσης τότε έχουμε φόρτιση από το δίκτυο στο επίπεδο του 30% και επιλογή του δικτύου ρεύματος για την τροφοδότηση του συστήματος. Σε κάθε άλλη περίπτωση έχουμε επιλογή των φορτιστών για την τροφοδότηση με ταυτόχρονη αποθήκευση ενέργειας σε αυτούς από την παραγωγή των φωτοβολταϊκών και της μικρής ανεμογεννήτριας.

```
void charger_power()
{
  // storing_power=battery_1+battery_2+battery_3+battery_4+battery_5+battery_6+battery_7+battery_8+battery_9+battery_10

  // production_power= photov_production+turbine_production

  // storing_power=production_power;

  // if total_power =1/3storing_power
  if()
  {
    // set power_grid; //O inverter επιλέγει το δίκτυο ποροχής ρεύματος διότι αδυνατεί να ανταπεξέλθει στην ζήτηση ενέργειας.
  }
  // else if
  else if()
  {
    // total_power>1/3storing_power

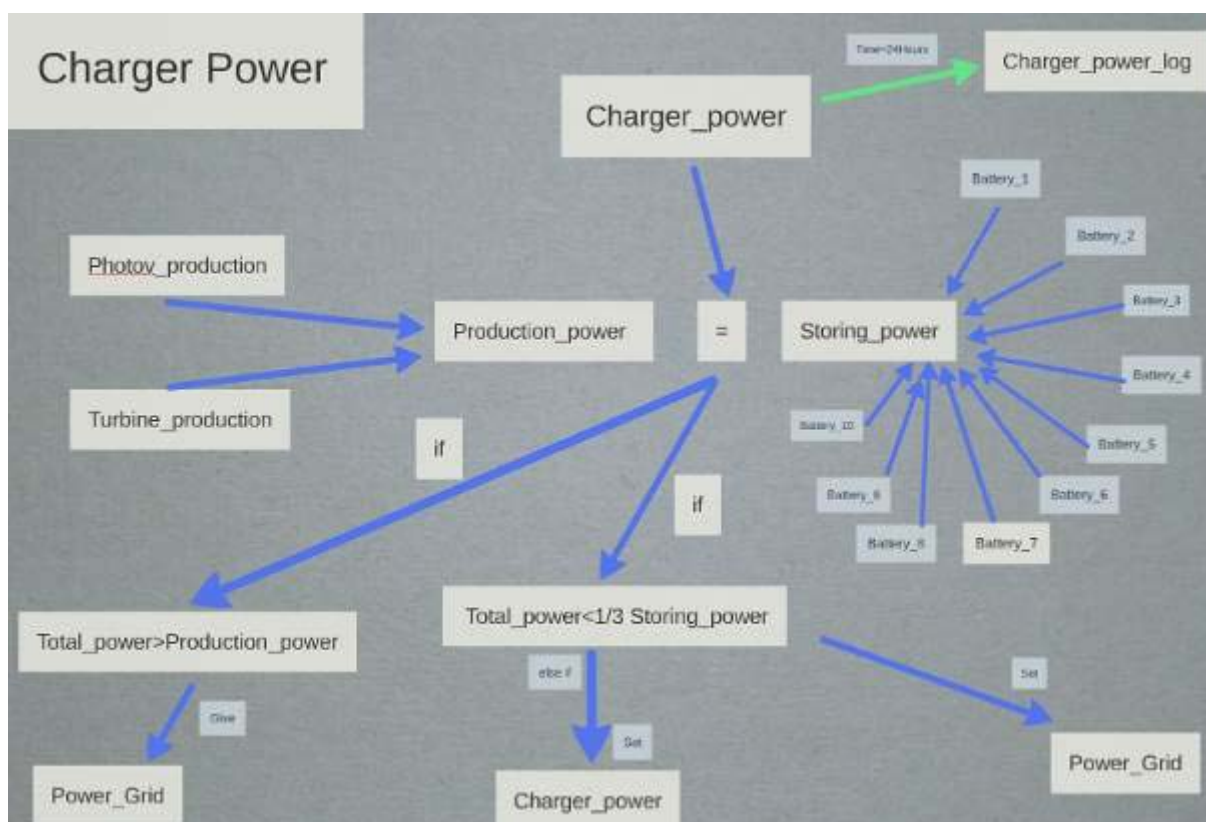
    // set charger_power; //O inverter επιλέγει τους φορτιστές ενέργειας για να τροφοδοτήσει την ζήτηση.
  }
  // else if
  else
  {
    // total_power>production_power

    // give power_grid //O inverter επιλέγει να δώσει την περίσσεια ενέργεια στο δίκτυο ποροχής ρεύματος.
  }

  // For Time=24 hour
  for()
  {
    // get daily_power_log;
  }
}
```


Διαδικασία 1 Charger_power

Για να επιτευχθεί η παραπάνω αυτοματοποίηση το σύστημα χρησιμοποιεί 4 Inverter τελευταίας γενιάς που εξασφαλίζουν όλες τις παραπάνω λειτουργίες και την απρόσκοπτη μεταφορά ενέργειας όπου και όπως χρειάζεται είτε από παραγωγή είτε από κατανάλωση. Μπορεί να αναφερθεί εναλλακτικά ότι για την αυτονομία και την υποβοήθηση χρησιμοποιούνται και άλλες συστήματα που είναι ρυπογόνα. Για παράδειγμα για την υποβοήθηση της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιείται ο καυστήρας πετρελαίου και για την αυτονομία αντί για την χρήση του δικτύου χρησιμοποιείται βενζινοκινητήρας που σε ορισμένες των περιπτώσεων οι λειτουργίες αυτές είναι και πιο οικονομικές. Σκοπός όμως αυτής εργασίας είναι η αποκλειστική χρήση συστημάτων ΑΠΕ για την επίτευξη εξοικονόμησης. Το Διάγραμμα 8 δείχνει τον κύκλο μεταφοράς παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας κατά την διάρκεια της ημέρας.



Διάγραμμα 8

Έχοντας καταστρώσει το πρώτο τμήμα του αλγορίθμου το οποίο αφορά την παρακολούθηση του συστήματος και την λειτουργία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδηγούμαστε στο δεύτερο μέρος το οποίο θα καθορίσει τον τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων. Παρακάτω

παρατίθεται ο πληθυσμός των στοιχείων τα οποία και εξάγει ο αλγόριθμος [Διαδικασία Αποθήκευσης Δεδομένων].

```
// //Αποθηκεύει τα δεδομένα καθημερινής χρήσης
namespace heating_process_log
{
    void daily_heating()
    {
        // get outside_thermostat=value;
        // get circulation_temp_h1=value;
        // get circulation_temp_h2=value;
        // get sensor_circulation_out_heatingzone1=value;
        // get sensor_circulation_in_heatingzone1=value;
        // get sensor_circulation_out_heatingzone2=value;
        // get sensor_circulation_in_heatingzone2=value;
    }
}

// //Αποθηκεύει τα δεδομένα καθημερινής χρήσης.
namespace cooling_process_log
{
    void daily_cooling()
    {
        // //Αποθηκεύει τα δεδομένα των τιμών που απαιτούνται για επεξεργασία.
        // get outside_thermostat=value;
        // get sensor_circulation_out_coolingzone1=value;
        // get sensor_circulation_in_coolingzone1=value;
        // get sensor_circulation_out_coolingzone2=value;
        // get sensor_circulation_in_coolingzone2=value;
    }
}
```

Διαδικασία Αποθήκευσης Δεδομένων

```

// //Αποθηκεύει τα δεδομένα καθημερινής χρήσης.
namespace movement_process_log
{
    void daily_movement()
    {
        // get firstfloor_livingroom_sensor= value;
        // get firstfloor_kitchen_sensor=value;
        // get firstfloor_hall_sensor=value;
        // get firstfloor_bathroom_sensor=value;
        // get secondfloor_hall_sensor=value;
        // get secondfloor_masterroom_sensor=value;
        // get secondfloor_room1_sensor=value;
        // get secondfloor_room2_sensor=value;
        // get secondfloor_bathroom_sensor=value;
        // get secondfloor_masterbath_sensor=value;
    }
}

```

```

// //Αποθηκεύει τα δεδομένα καθημερινής χρήσης.
namespace energy_balance_log
{
    void daily_balance()
    {
        // get overall_consumption=value;
        // get overall_production=value;
        // get production_photov=value;
        // get production_turbine=value;
        // get consumption_appliances=value;
        // get consumption_heating=value;
        // get consumption_cooling=value;
        // get consumption_tank=value;
        // get consumption_lighting=value;
        // get
    }
}

// //Αποθηκεύει τα δεδομένα καθημερινής χρήσης.
namespace hot_water_process_log
{
    void daily_hotwater()
    {
        // get thermostat_tank=value;
    }
}

```

```

// //Αποθηκεύει τα δεδομένα καθημερινής χρήσης.
namespace charger_power_log
{
    void daily_charge()
    {
        // get battery_1=value;
        // get battery_2=value;
        // get battery_3=value;
        // get battery_4=value;
        // get battery_5=value;
        // get battery_6=value;
        // get battery_7=value;
        // get battery_8=value;
        // get battery_9=value;
        // get battery_10=value;
        // get storing_power=value;
        // get count_charging=value;
        // get production_power;
    }
}

```

Διαδικασία Αποθήκευσης Δεδομένων 3

Τα στοιχεία του πληθυσμού μπορούν να καταταγούν σε αυτά που σχετίζονται με το περιβάλλον και μπορούν να μεταβληθούν από χρόνο σε χρόνο και σε αυτά που μας φανερώνουν τις σταθερές συνήθειες των χρηστών. Σε κάθε περίπτωση μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια διότι η καταγραφή του αλγορίθμου προκύπτει από πειραματικά δεδομένα και όχι από πραγματική χρήση. Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία `movement_process` μας καθορίζει την επισκεψιμότητα στους χώρους άρα και την ανάγκη για παροχή άνεσης. Μεταβάλλοντας τις λειτουργίες αυτής διαδικασίας μέσω συνδυασμού των τελεστών θερμοκρασίας και αισθητήρων κίνησης μπορεί να αυτοματοποιηθεί ένα περιβάλλον όσον αφορά τον χρόνο που αφιερώνουν οι χρήστες σε κάθε χώρο οπότε και αναλόγως να ρυθμιστεί η παροχή ενέργειας.

Όσον αφορά την διαδικασία `heating` και την `cooling` η ανάγκη για θερμική άνεση μεταβάλλεται καθώς είναι υποκειμενικό δεδομένο. Στην πρώτη χρήση θα υπάρξει και λειτουργία

παραμετροποίησης από τον χρήστη για την θερμοκρασία άνεσης οπότε είναι ακόμα ένα δεδομένο για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι η λειτουργία των συστημάτων βασίζεται στην πιο απλουστευμένη λογική ώστε να διατηρείται σταθερή η επιδιωκόμενη άνεση.

Δυσκολία ελέγχου εμφανίζουν τα ζεστά νερά χρήσης καθώς μόνο η χρήση μπορεί να μας δείξει την ποσότητα και την συχνότητα της λειτουργίας που και πάλι δεν αποτελεί σταθερό δεδομένο. Είναι σίγουρο πάντως πως με την χρήση της ηλιοθερμίας θα επιτευχθεί η επιθυμητή εξοικονόμηση για χρήση των ZNX. Το γεγονός που επιδέχεται εξέλιξη είναι η υποβοήθηση της ηλιοθερμίας στην θέρμανση και κατά πόσο μπορεί να ξεπεράσει το 10% της μελέτης.

Η παραγωγή ενέργειας είναι ένα σταθερό αλλά και μεταβαλλόμενο δεδομένο το οποίο βάσει της μελέτης μας εμφανίζει το μέγεθος της συνολικής παραγόμενης ενέργειας. Αυτό που δεν μπορεί να μας διευκρινίσει και θα μας το παρουσιάσει η χρήση είναι καθημερινή επάρκεια και αυτονομία του συστήματος. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η επάρκεια των φορτιστών όπως διαφαίνεται στην διαδικασία `charger_power` πρέπει να έχει ένα ελάχιστο όριο για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής τους.

Σκοπός όλων των παραπάνω είναι να επιτευχθεί το ενεργειακό παθητικό ισοζύγιο κάτι το οποίο από την ανάλυση της μελέτης δεν πετυχαίνεται. Η βελτίωση των παραπάνω διαδικασιών μέσω του κύκλου χρήσης και της επεξεργασίας των δεδομένων θα διευρύνει το αποθεματικό της αποθηκευόμενης ενέργειας ώστε το σύστημα να κρατά την αυτοτέλεια του χωρίς να κάνει χρήση του δικτύου της ΔΕΗ.

Η πολυπλοκότητα του εγχειρήματος και η αδυναμία για την σύνταξη ενός αποδοτικού αλγορίθμου βασίζεται στο αν αναλύσουμε τις διαδικασίες μιας ημέρας. Καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας σε ένα επαναληπτικό κύκλο των 5 λεπτών ελέγχεται η παρουσία της κίνησης καταρχήν σε κάθε χώρο, η χρήση της θερμοκρασίας, η ανάγκη για ZNX, η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκό και ανεμογεννήτρια, η επάρκεια των φορτιστών, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η εσωτερική θερμοκρασία, η θερμοκρασία των νερών των συστημάτων, η καταναλισκόμενη ενέργεια από συσκευές και συστήματα. Οι παραπάνω διαδικασίες πρέπει να λειτουργούν σε ένα ομαλό κύκλο ώστε να μην γίνεται πολυχρησία των μηχανημάτων αλλά και να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση. Είναι λοιπόν δύσκολο σε ένα ασταθές περιβάλλον να οριστικοποιήσουμε αυστηρά μεθόδους χρήσης αν εκτός από την γνώση δεν υφίσταται και εμπειρία.

Κεφάλαιο 5

Μελέτη Περίπτωσης (Case Study)

5.1 Υβριδική Κατοικία στη Θέρμη Θεσσαλονίκης

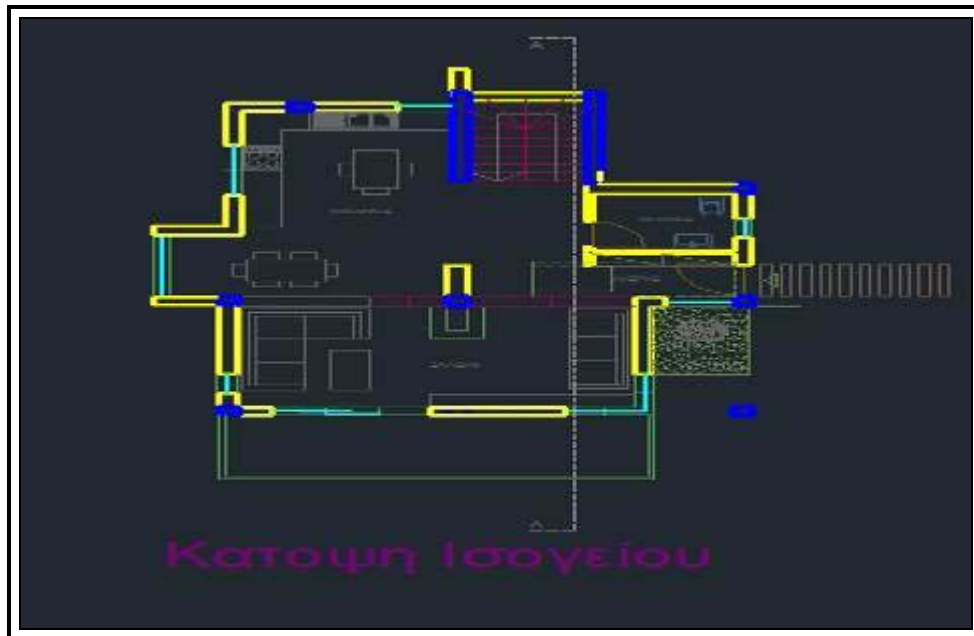
Για την υλοποίηση του εγχειρήματος ήταν σκόπιμο να δημιουργηθεί βάσει της έρευνας μια σύγχρονη κατοικία που συνδυάζει τις προαναφερόμενες τεχνολογίες με στόχο την υλοποίηση του αλγορίθμου. Στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι βιοκλιματικές απαιτήσεις σκιασμός, ηλιακός, προσανατολισμός, αερισμός, μονώσεις επενδύσεις οι οποίες θέτουν τις βάσεις για την αντιμετώπιση των καιρικών συνθηκών που είναι και το επιθυμητό σε συνδυασμό φυσικά με τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι για την αποτελεσματικότητα του εγχειρήματος θα ληφθούν όλα τα πειραματικά δεδομένα για την δημιουργία της βάσης δεδομένων της λειτουργίας του κτιρίου για ένα ολόκληρο χρόνο αυτό που θα δώσει όμως τα πραγματικά αποτελέσματα της έρευνας είναι η χρήση της κατοικίας και οι ρεαλιστικές συνθήκες λειτουργίας. Η φιλοσοφία αυτή έχει ακολουθηθεί στην δημιουργία του αλγορίθμου και είναι κρίσιμη για την εξαγωγή συμπερασμάτων καθώς η χρήση παρόμοιων συστημάτων έχει δείξει αποκλίσεις στις καταναλώσεις.



Εικόνα 38

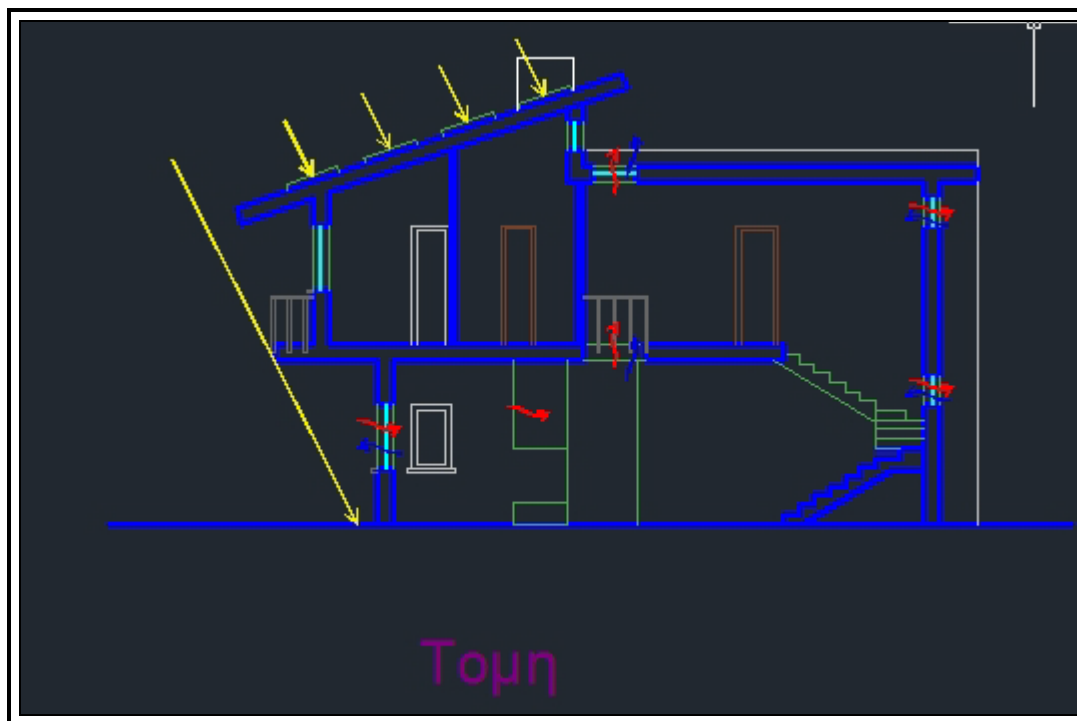
5.1.1 Αρχιτεκτονικά-Βιοκλιματικά δεδομένα

Παρακάτω παρουσιάζεται ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του κτιρίου έτσι ώστε να υπάρχει οπτική για τα βιοκλιματικά δεδομένα. Σε πλήρη συμφωνία με τους όρους βιοκλιματικής για λιγότερες απώλειες τα ανοίγματα του κτιρίου βρίσκονται στην νότια πλευρά και στην ανατολική επίσης ο φωτισμός είναι ανάλογος για την επίτευξη εξοικονόμησης αρκετές ώρες της ημέρας [Εικόνα 38, Εικόνα 39].



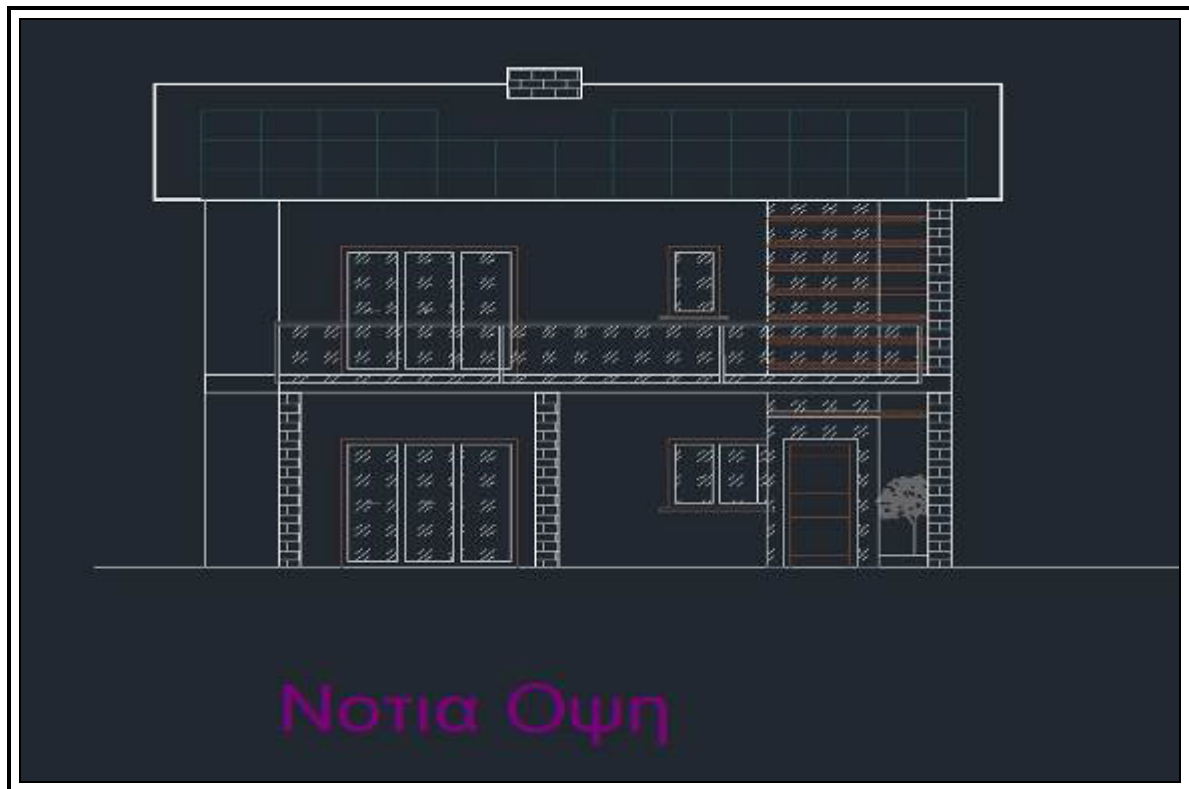
Εικόνα 39

Από την όψη του κτιρίου καθώς και από την βιοκλιματική τομή διακρίνεται η συμβολή του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην κατασκευή του κτιρίου. Οι κόκκινες και μπλε γραμμές κυκλοφορίας δείχνουν την ροή του φυσικού αέρα και οι κίτρινες γραμμές την σκίαση και τον ηλιασμό των περιοχών στο κτίριο. Τα βιοκλιματικά στοιχεία μπαίνουν ως δείκτες στην μελέτη απωλειών για την σχεδίαση των συστημάτων θέρμανσης [Εικόνα 40].



Εικόνα 40

Στην νότια όψη του κτηρίου διακρίνεται η τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς και ο μερικός σκιασμός και φωτισμός που πραγματοποιείται με την βοήθεια του αίθριου και του κατακόρυφου ανοίγματος στην είσοδο του κτιρίου. Με την χρήση ανοιγμάτων και σκιάστρων επιτυγχάνεται η ο επαρκής φωτισμός και απορρόφηση ενέργειας του χειμερινούς μήνες και το μπλοκάρισμα της ακτινοβολίας του θερινούς μήνες [Εικόνα 41].



Εικόνα 41

Η λήψη των βιοκλιματικών παραμέτρων πραγματοποιείται για την υποβοήθηση του ενεργειακού ισοζυγίου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η δημιουργία μιας χαμηλότερης βάσης πάνω στην οποία χτίζεται σταδιακά το μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο για την παθητική κατοικία που σχεδιάσαμε.

5.1.2 Δεδομένα BEMS

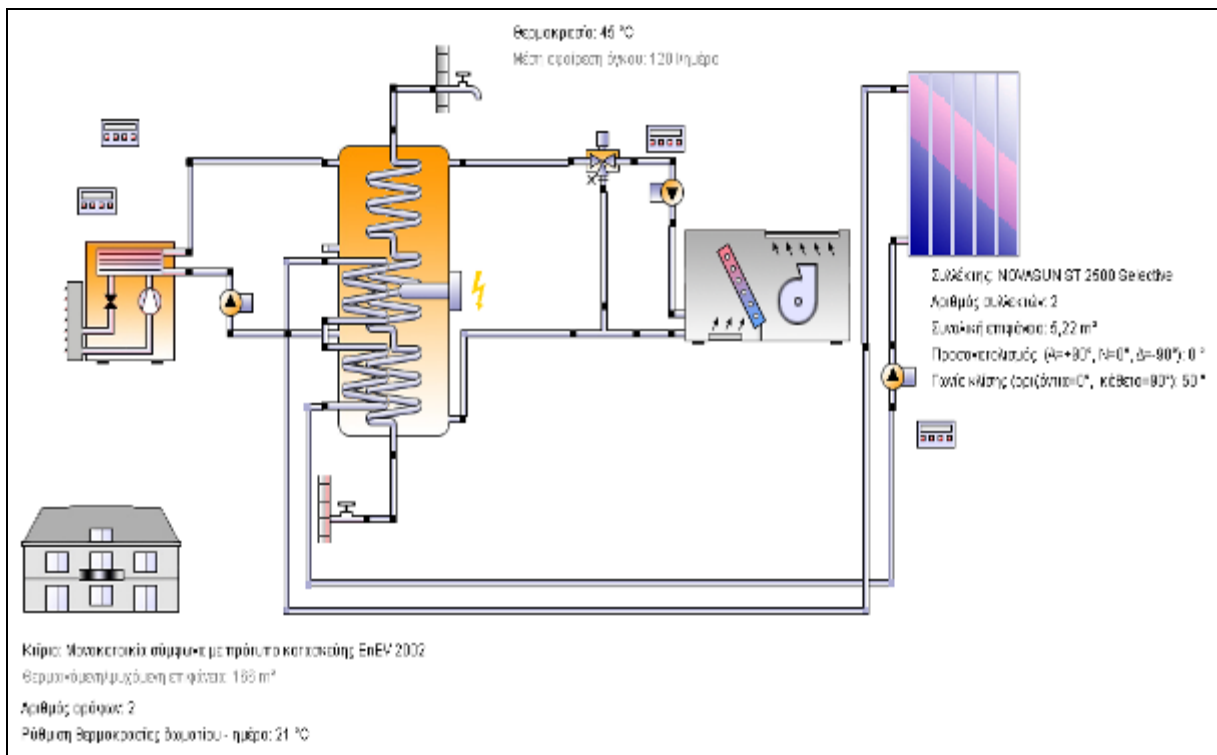
Έχοντας λάβει υπόψη τα βιοκλιματικά δεδομένα και κατέχοντας τις τεχνικά στοιχεία των μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν, εφαρμόσαμε στα προγράμματα PV SOLAR και ESTIA θεωρητικά δεδομένα καταναλώσεων μη λαμβάνοντας υπόψη την χρήση κάποιου εξελικτικού αλγορίθμου. Από την μελέτη των δεδομένων εξήχθησαν αποτελέσματα που μας δίνουν την ενεργειακή κατάσταση της επιλεγμένης κατοικίας. Στην Εικόνα 42 διακρίνονται τα ενεργειακά συστήματα και η τοποθέτησή τους βάσει προσανατολισμού.



Εικόνα 42

Παρακάτω παρουσιάζονται η σύνδεση των συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την εξυπηρέτηση της θέρμανσης και της ψύξης. Στο σχήμα φαίνεται η επικοινωνία της αντλίας θερμότητας με την ηλιοθερμία και πως το ξεχωριστό buffer συμμετέχει στην εξισορρόπηση της επιθυμητής θερμοκρασίας. Διακρίνεται επίσης η λειτουργία των fan coil στο σύστημα μέσω των οποίων γίνεται η διάχυση της ενέργειας στους χώρους των κτιρίων. Εσωτερικά υπάρχουν θερμοστάτες για την συνεχή παρακολούθηση της θερμοκρασίας των χώρων.

Οι ηλιακές συλλέκτες επικοινωνούν απευθείας με το buffer για την υποβοήθηση της θέρμανσης κατά την διάρκεια της ημέρας συσσωρεύοντας ενέργεια. Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης του συστήματος και περαιτέρω υποβοήθηση από εναλλακτικούς παραγωγούς ενέργειας όπως είναι ο εναλλάκτης θερμότητας. Στο σχήμα δεξιά και πάνω διακρίνεται η τρίοδη ηλεκτροβάννα [Εικόνα 43] η οποία αναλαμβάνει το ρόλο του διαρρυθμιστή του κυκλώματος και αναλόγως με την θερμοκρασία του χώρου αποφασίζει πότε πρέπει να κατευθύνει το κύκλωμα στο buffer, ή πότε να σταματήσει την παραγωγή από τους συλλέκτες.



Εικόνα 43

Η παρακάτω ανάλυση παρουσιάζει τα στοιχεία κατανάλωσης του συστήματος ξεκινώντας από την βασική προϋπόθεση ότι βάσει των προδιαγραφών που ετέθησαν καλύφθηκε η ενεργειακή απαίτηση για την επιλεγμένη αντλία θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη καθώς και σε υποβοήθηση θέρμανσης από ηλιοθερμία. Τέλος καλύφθηκε η απαίτηση για ζεστά νερά χρήσης. Κάλυψη απαίτησης σημαίνει ότι για την επιθυμητή θερμοκρασία θερμικής άνεσης δηλαδή για το εύρος 19-21 C τα μηχανήματα που επιλέχθηκαν θα υποστηρίξουν το περιβάλλον βάσει του δυσκολότερου χειμώνα των τελευταίων 20 ετών [Εικόνα 44].

Τοποθεσία του συστήματος	
Ελλάδα	
Θεσσαλονίκη	
Γεωγραφικό μήκος: 22,94°	
Γεωγραφικό πλάτος: 40,65°	
Υψόμετρο: 35 m	
Παρουσίαση συστήματος (ετήσιες τιμές)	
Συνολική κατανάλωση καυσίμου ή/και ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος [E _{tot}]	2.610,4 kWh
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση [Q _{use}]	8.073 kWh
Απόδοση συστήματος (Q _{use} / E _{tot})	3,09
Απαίτηση κατανάλωσης	Καλύφθηκε η ενεργειακή απαίτηση

Εικόνα 44

Στον πίνακα της ηλιοθερμίας [Εικόνα 45] διαπιστώνουμε ότι η απαιτούμενη επιφάνεια κυμαίνεται στα 5,2μ² γεγονός που επιβεβαιώνει την προηγούμενη επιχειρηματολογία για την επίτευξη ZNX και υποβοήθηση θέρμανσης σε ποσοστό 10%.Ο χρήστης έχει την δυνατότητα μελλοντικής επαύξησης του συστήματος το οποίο και θα επιφέρει αύξηση της συμμετοχής στην υποβοήθηση. Ο λόγος για τον οποίο δεν έχει επιλεγεί μεγαλύτερο σύστημα έχει να κάνει με τις αποσβέσεις της ηλιοθερμίας οι οποίες είναι μακροπρόθεσμες για αυτό και επιλέγεται το μικρότερο δυνατόν σύστημα για την εξυπηρέτηση των συγκεκριμένων αναγκών.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων ηλιοθερμικής ενέργειας (ετήσιες τιμές)	
Επιφάνεια συλλεκτών	5,2 m ²
Συνολική ηλιακή κάλυψη	25,1%
Ηλιακή κάλυψη σε ζεστό νερό [SF _n H _w]	62,9 %
Ηλιακή κάλυψη στην θέρμανση [SF _n B _d]	10 %
Συνολικό πεδίο απόδοσης συλλεκτών	2.409,4 kWh
Ενεργειακή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της συνολικής επιφάνειας του	461,6 kWh/m ² /Έτος
Ενεργειακή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της εσωτερικής επιφάνειας του	523,8 kWh/m ² /Έτος
Μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας	2.409,4 kWh
Μέγιστη ετήσια μείωση εκπομπής CO ₂	1.292,4 kg
Παρουσίαση αντλίας θερμότητας (ετήσιες τιμές)	
Συντελεστής απόδοσης	3
Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας την περίοδο της θέρμανσης [E _{aux}]	2.537,9 kWh
Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας	4.663,3 kWh
Συνολική μείωση εκπομπής CO ₂	2.501,4 kg

Εικόνα 45

Η αντλία θερμότητας αποτελεί την καρδιά του συστήματος. Είναι αυτή που μεταβάλλει με την λειτουργία της το εύρος των αποδόσεων που επιθυμούμε. Όπως φαίνεται από την ανάλυση για την κατοικία χρησιμοποιούνται 2 αντλίες των 5 kw με συντελεστή απόδοσης 4,5 λόγω και των μέσων κυκλοφορίας αλλά κυρίως λόγω των υψηλών προδιαγραφών εξοικονόμησης ενέργειας στο κατασκευαστικό κομμάτι. Η διάχυση της ενέργειας στο σύστημα πραγματοποιείται με την χρήση 5 fan coil. Για να φανταστούμε το μέγεθος της εξοικονόμησης η παραγωγή της ενέργειας μας γίνεται για θέρμανση στην θερμοκρασία των 50°C και στην επιστροφή η διαφορά που πρέπει να καλυφθεί είναι μόλις 10°C γεγονός που καθιστά τις καταναλώσεις εξαιρετικά μικρές. Όλα τα αριθμητικά αποτελέσματα χρήσης της αντλίας παρουσιάζονται στην Εικόνα 46.

Παρουσίαση εξαρτημάτων (μήσιες τιμές)		
Αντλία θερμότητας 2	XP ENERGY 38AW-050H7	
Ισχύς θέρμανσης στο A2/W35	kW	4,5
Ηλεκτρική ισχύς στο A2/W35	kW	1,4
COP σε A2/W35		3,2
ΔT στο A7/W35	K	5
Συντελεστής απόδοσης		2,99
Ενέργεια από/στο σύστημα [Qaux]	kWh	7.201,2
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [Eaux]	kWh	2.537,9
Ενεργειακή εξοικονόμηση ηλιοθερμικού	kWh	2.409,4
CO2 εξοικονόμηση ηλιοθερμικού	kg	1.292,4
Ενεργειακή εξοικονόμηση αντλίας θερμότητας	kWh	4.663,3
CO2 εξοικονόμηση αντλίας θερμότητας	kg	2.501,4
Συλλέκτης	NOVASUN ST 2500 Selective	
Πηγή δεδομένων		LNEG
Αριθμός συλλεκτών		2
Παράλληλες συστοιχίες		2
Συνολική επιφάνεια	m ²	5,22
Συνολική εσωτερική επιφάνεια	m ²	4,6
Απορροφητική επιφάνεια	m ²	4,6
Γωνία κλίσης (οριζόντια=0°, κάθετα=90°)	°	50
Προσανατολισμός (Α=+90°, Ν=0°, Δ=-90°)	°	0
Ενεργειακή απόδοση συλλεκτών [Qsol]	kWh	2.409,4
Ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλεκτή [Eso]	kWh	7.698,6
Απόδοση συλλέκτη [Qsol / Eso]	%	31,3
Άμεση ακτινοβολία λαμβάνοντας υπόψη την γωνία πρόσπτωσης	kWh	4.090,8

Εικόνα 46

Το σύστημα μας απαιτεί καθαρή ενέργεια για κατανάλωση 7201,9 kwh για σεζόν θέρμανσης και εμείς του δίνουμε 2537,9 kwh μέσω της αντλίας ικανές να καλύψουν επαρκώς όλη την σεζόν σε μέγιστη θερμοκρασία 21 °C επιτυγχάνοντας την μέγιστη θερμική άνεση. Η ισχύς και η απόδοση ενέργειας από τα fan coil δίδεται στην Εικόνα 47.

Fan coil	FCU - 42N	
Αριθμός fan coils	-	5
Ονομαστική ισχύς θέρμανσης	W	2.000
Ονομαστική θερμοκρασία ζεστού νερού στην προσαγωγή	°C	50
Ονομαστική θερμοκρασία ζεστού νερού στην επιστροφή	°C	40
Τελική ενέργεια από/τις μονάδες θέρμανσης/ψύξης	kWh	6.413,3

Εικόνα 47

Οι απαιτήσεις για ζεστά νερά χρήσης δίνουν μια κατανάλωση της τάξης των 1515 kWh για όλο το χρόνο. Η υποβοήθηση μέσω των συλλεκτών καθώς και της αντλίας θερμότητας συντελούν στην χαμηλότερη λειτουργία ενός κατά βάση κοστοβόρου μηχανισμού [Εικόνα 48].

Απαίτηση σε ζεστό νερό		Συνεχής
Όγκος κατανάλωσης /καθημερινή κατανάλωση	l/d	121,2
Ρύθμιση θερμοκρασίας	°C	45
Απαίτηση ενέργειας [Qdem]	kWh	1.515,2
Κτίριο	Μονοκατοικία σύμφωνα με πρότυπο κατασκευής EnEV 2002	
Θερμαινόμενη/ψυχόμενη επιφάνεια	m ²	166
Ρύθμιση θερμοκρασίας δωματίου	°C	20,5
Απαίτηση για ενέργεια θέρμανσης εξαιρώντας το ζεστό νερό [Qdem]	kWh	6.337,7
Καθορισμένη απαίτηση για ενέργεια θέρμανσης εξαιρώντας το ζεστό νερό [Qdem]	kWh/m ²	38,2
Θερμικά κέρδη μέσω των παραθύρων	kWh	13.990,2
Συνολικές ενεργειακές απώλειες	kWh	24.495,6
Δοχείο αποθήκευσης 10	Κύριο δοχείο 80gal US για αντλίες θερμότητας	
Όγκος	l	302,8
Ύψος	m	1,5
Υλικό		Επισματωμένος χάλυβας
Μόνωση		Εύκαμπτος αφρός πολυεθανίου
Πάχος της μόνωσης	mm	101,6
Απώλειες θέρμανσης	kWh	179,9
Απώλειες σύνδεσης	kWh	390,3

Εικόνα 48

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται η ανάλυση της κατανάλωσης των κυκλοφορητών καθώς προσφέρουν και αυτοί στις απώλειες σε πολύ μικρό ποσοστό βέβαια , πρέπει όμως για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων να τις υπολογίσουμε και αυτές [Εικόνα 49].

Κυκλοφορητής Κύκλωμα κτιρίου		Αντλία E _{CO} , μεσαία
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,001
Παροχή	l/h	320,1
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [E _{par}]	kWh	29
Κυκλοφορητής Ηλιακό κύκλωμα		Αντλία E _{CO} , μικρή
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,003
Παροχή	l/h	69
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [E _{par}]	kWh	34,9
Κυκλοφορητής 4		Αντλία E _{CO} , μικρή
Πτώση πίεσης κυκλώματος	bar	0,126
Παροχή	l/h	3.600
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας [E _{par}]	kWh	8,6

Εικόνα 49

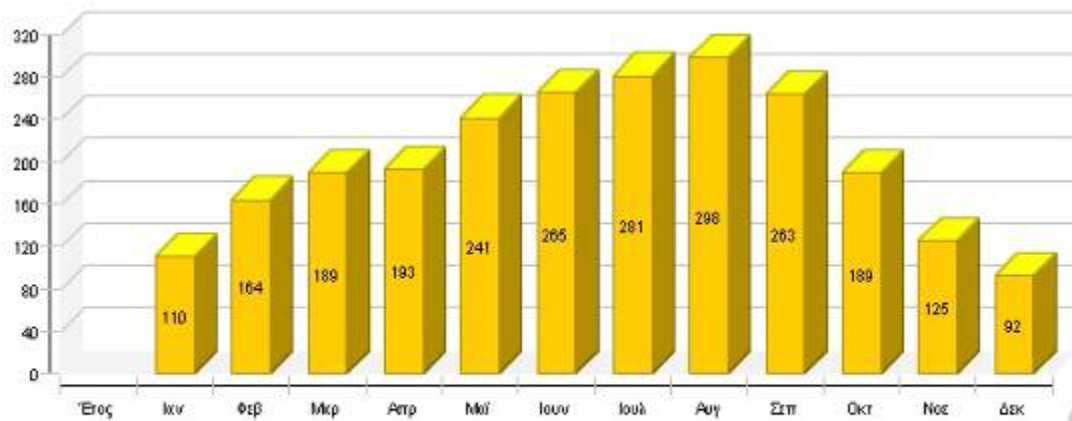
Το διάγραμμα ενέργειας [Εικόνα 50] όπως και ο πίνακας της ηλιοθερμίας μας προσφέρουν λεπτομερώς την ανάλυση που χρειαζόμαστε για την κατανάλωση της ενέργειας κάθε μήνα. Η ανάλυση είναι σημαντική διότι θα μας βοηθήσει στην σύνταξη και αποκωδικοποίηση του αλγορίθμου. Όσο μεγαλύτερη διασπορά σε θέμα χρόνου έχει η εξειδίκευση του αλγορίθμου τόσο πιο εύκολο για μας είναι να συντάξουμε μια περιοδική λειτουργία του αλγορίθμου ακόμα και σε επίπεδο ημέρας.

Κύκλωμα

Ηλιακό κύκλωμα		
Μίγμα υγρού		Μίγμα προπυλενίου
Περιεκτικότητα υγρού	%	33,3
Όγκος ρευστών	l	35,6
Πίεση στην κορυφή του κυκλώματος	bar	4

Ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα [Qsol]

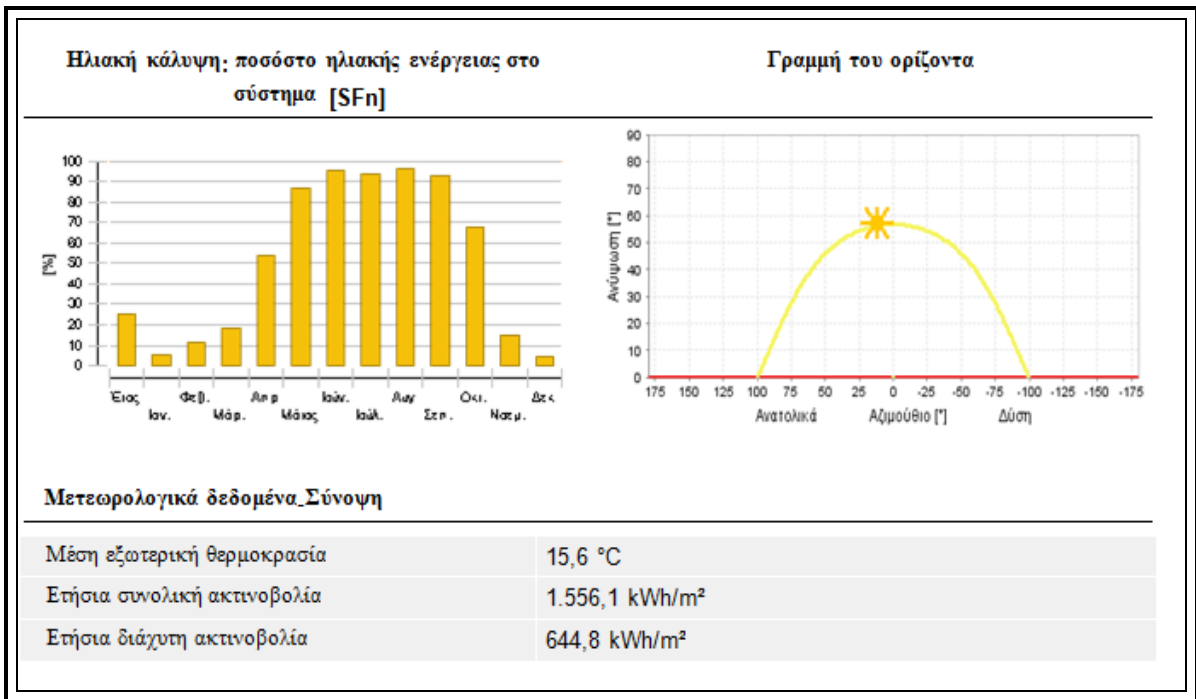
kWh



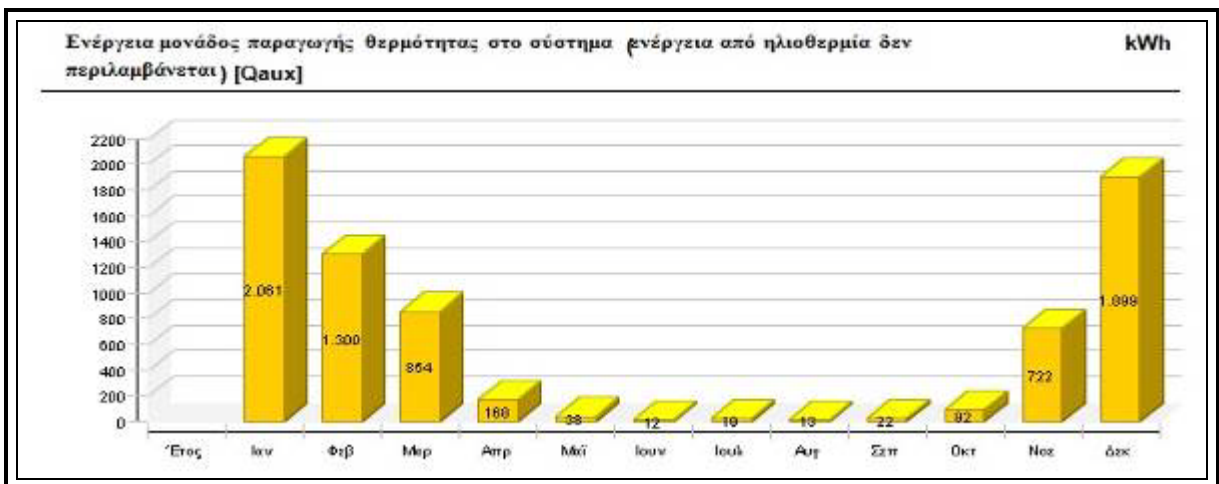
Ενέργεια μονάδος παραγωγής θερμότητας στο σύστημα ενέργεια από ηλιοθερμία δεν
παραλαμβάνεται [Qaux]

kWh

Εικόνα 50

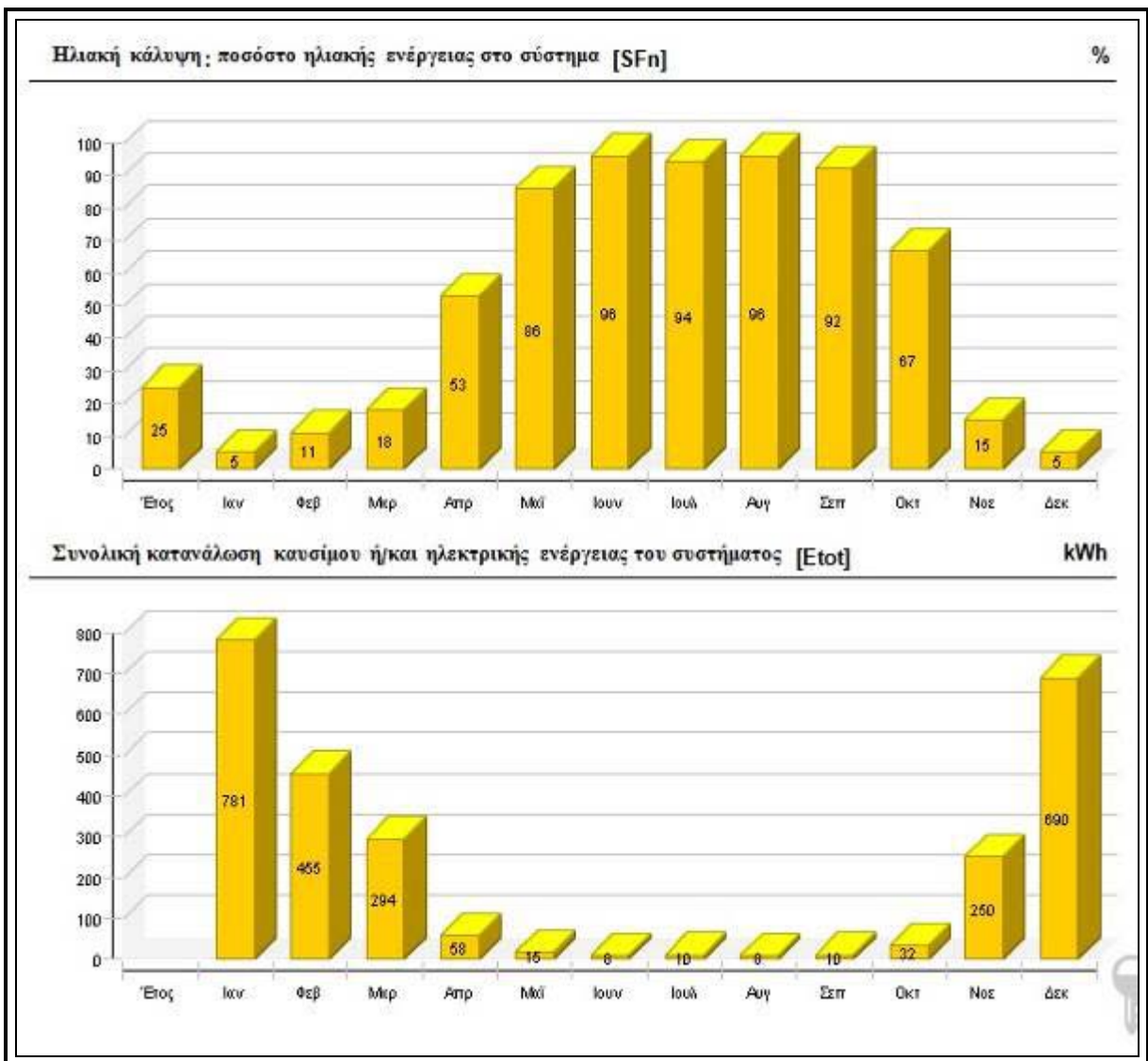


Εικόνα 51



Εικόνα 52

Στο παραπάνω διάγραμμα διακρίνονται οι διακυμάνσεις των καταναλώσεων και ουσιαστικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος. Αξίζει να αναφέρουμε, όπως φαίνεται άλλωστε, τις υψηλές απαιτήσεις ενέργειας του Ιανουαρίου και Δεκεμβρίου συνόλου 3960 kWh. Ο αλγόριθμος εξοικονόμησης θα επιλύσει τις αδυναμίες αντιστάθμισης για τους μήνες με υψηλή κατανάλωση.



Εικόνα 53

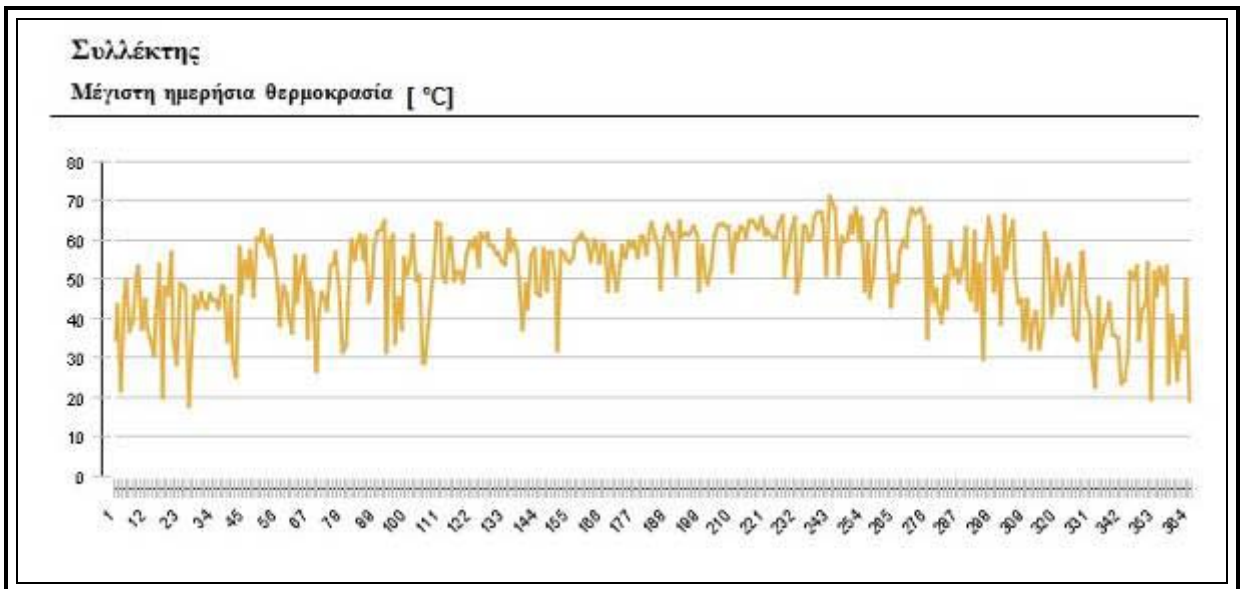
Η κατανάλωση της ηλιακής ενέργειας [Εικόνα 53] είναι αναλογικά μικρή σε σχέση με τα συνολικά ποσά ανά μήνα. Περίπου το 20% της ενέργειας που απαιτεί η κατοικία αφορά την συμμετοχή της υποβοήθησης ηλιοθερμίας. Η λειτουργία του αλγορίθμου θα βασιστεί σε δυο επίπεδα το πρώτο θα επιδιώξει να μεγιστοποιήσει την εξοικονόμηση και το δεύτερο να μεγιστοποιήσει την αντιστάθμιση δίνοντας μεγάλα περιθώρια κατανάλωσης ώστε ο χρήστης να υπερβαίνει τις ανοχές του συστήματος σε ετήσια βάση. Τα παρακάτω διαγράμματα αναλύουν την απαιτούμενη ενέργεια από κάθε μέσο είτε θέρμανση ,είτε ψύξη ,είτε ζεστά νερά χρήσης δεδομένα που θα χρησιμοποιήσουμε για την υποστήριξη του αλγορίθμου. Ενδεικτικά είναι σκόπιμο να αναφερθεί και η κατανάλωση του κυκλοφορητή.

Έτος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	
Ηλιοθερμική ενέργεια στο σύστημα [Qsol]													
kWh	2409	110	164	189	193	241	265	281	298	263	189	125	92
Ενέργεια μονάδας παραγωγής θερμότητας στο σύστημα (ενέργεια από ηλιοθερμία δεν περιλαμβάνεται) [Qaux]													
kWh	7201	2061	1300	854	168	38	12	19	13	22	92	722	1899
Κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας παραγωγής θερμότητας [Eaux]													
kWh	2538	769	446	287	55	11	3	5	4	6	29	244	679
Ηλιακή κάλυψη: ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο σύστημα [SFη]													
%	25,1	5,1	11,2	18,1	53,5	86,4	95,5	93,6	95,7	92,3	67,3	14,8	4,6
Συνολική κατανάλωση καυσίμου ή/και ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος [Etot]													
kWh	2610	781	455	294	58	15	8	10	8	10	32	250	690
Ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλέκτη [Esol]													
kWh	7699	395	543	655	682	772	800	817	853	790	618	440	335

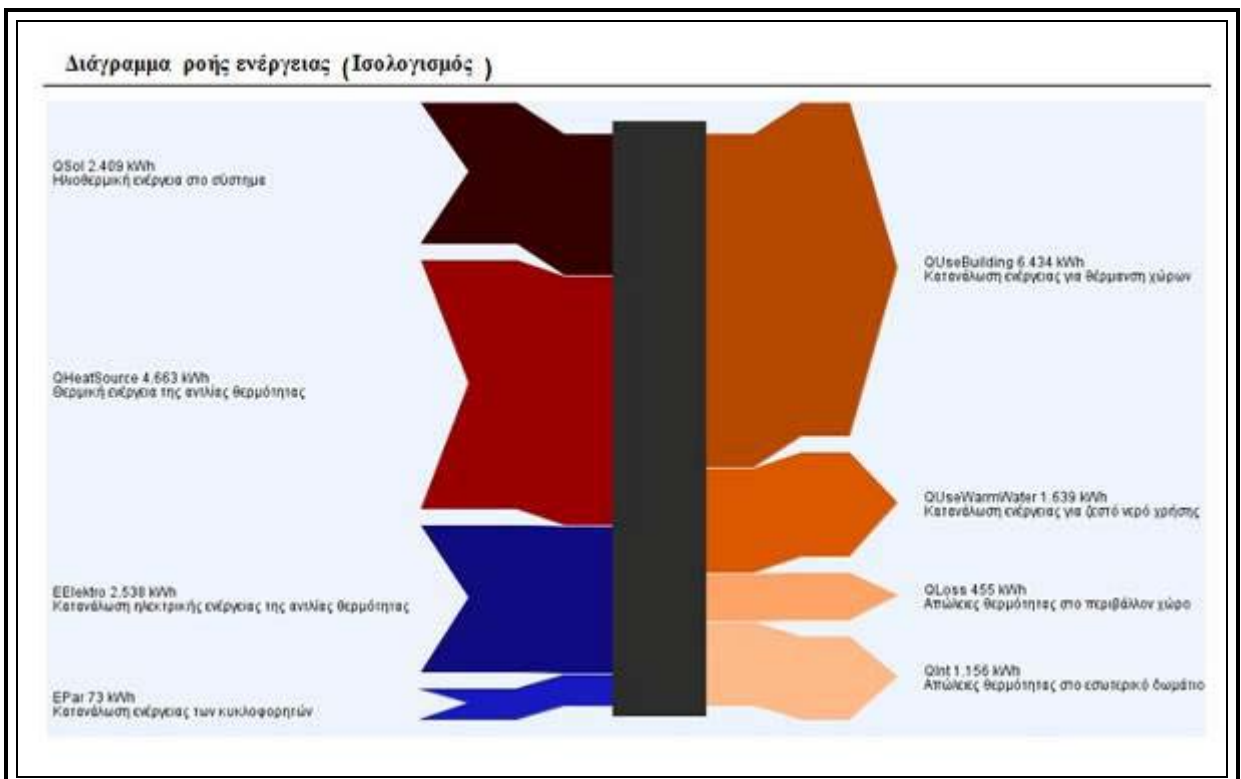
Εικόνα 54

Έτος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των κυκλοφορητών [Epar]													
kWh	73	12	9	7	4	4	4	4	4	3	6	11	
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση [Quse]													
kWh	8073	2070	1358	912	234	144	138	144	148	138	151	742	1896
Απώλειες θερμότητας στο εσωτερικό δωμάτιο (περιλαμβάνει απώλειες μονάδας παραγωγής θερμότητας) [Qint]													
kWh	1156	88	83	90	85	96	105	119	125	109	92	80	86
Απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον χώρο μη συμπεριλαμβανομένου απωλειών του συλλέκτη) [Qext]													
kWh	455	25	34	43	46	44	38	39	41	45	43	34	23

Εικόνα 55



Εικόνα 56



Εικόνα 57

Εξαιρετικά σημαντικό είναι το παραπάνω διάγραμμα [Εικόνα 57] το οποίο παραστατικά εμφανίζει για την θέρμανση και την ηλιοθερμία την ενέργεια η οποία χάνεται λόγω των

εσωτερικών χώρων και λόγω του περιβάλλοντος και από την άλλη την παραγωγή η οποία και αντισταθμίζει την απώλεια αυτής της ενέργειας. Ο όγκος των φορτίων μέσω των χρωμάτων παρουσιάζει και την βαρύτητα του έργου του κάθε στοιχείου για παράδειγμα με καφέ χρώμα διακρίνεται η κατανάλωση της ενέργειας για θέρμανση και από την απέναντι πλευρά βλέπουμε με μπλε χρώμα την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη της ενέργειας αυτής.

Έχοντας λάβει υπόψη τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και όλα τα προαπαιτούμενα βάσει των ενεργειακών κλάσεων εφαρμόστηκε στην πρότυπη κατοικία συγκεντρώνοντας όλες τις απαραίτητες καταναλώσεις συσκευών πρόγραμμα υπολογισμού των ποσοτήτων ενέργειας. Στην πρώτη καρτέλα έχει υπολογιστεί το μέγιστο φορτίο όλων των ηλεκτρικών συσκευών [Εικόνα 58] που συνοδεύουν μια συνήθη κατοικία. Είναι κρίσιμο να αναφέρουμε ότι όλα τα δεδομένα έχουν μια υπερκάλυψη του ύψους του 20% που σημαίνει ότι έχουν μετρηθεί να δουλεύουν όλη την διάρκεια της ημέρας και σε αυτό το νούμερο έχει προστεθεί προσαύξηση της τάξης του 20%. Έτσι λοιπόν απαιτείται η κάλυψη ενός φορτίου ύψους 1538 kWh των συσκευών οι οποίες είναι Ενεργειακής Κλάσης A σε συνδυασμό με την χρήση ενεργειακών λαμπτήρων για την κάλυψη του φωτισμού.

τύπος εξοπλισμού	αριθμός συσκευών	ισχύς	cosφ	h / day	day / week	kVA	kWh *
πλυντήριο ρούχων	1,00	1000,00	0,80	2,00	2,00	1250,00	208,00
ηλεκτρική κουζίνα	1,00	1000,00	1,00	1,50	7,00	1000,00	546,00
ψυγείο	1,00	100,00	0,80	6,00	7,00	125,00	218,40
ηλεκτρική σκούπα	1,00	1500,00	0,80	1,00	2,00	1875,00	156,00
ηλεκτρικό σίδερο	1,00	1500,00	1,00	1,00	2,00	1500,00	156,00
στεγνωτήρας μαλλιών	1,00	1500,00	0,80	0,50	2,00	1875,00	78,00
τοστιέρα	1,00	800,00	1,00	0,15	6,00	800,00	37,44
mixer	1,00	200,00	0,80	1,00	7,00	250,00	72,80
pc	1,00	200,00	0,80	4,00	7,00	250,00	291,20
tv	2,00	100,00	0,80	4,00	7,00	250,00	291,20
λοιπά: ράδιο / φορτιστές	2,00	50,00	0,80	2,00	7,00	125,00	72,80
φωτισμός πυρακτ.	1,00	603,64	1,00	7,00	7,00	603,64	1538,07

Εικόνα 58

Ο επόμενος πίνακας συγκεντρώνει την θέρμανση και την ψύξη του συστήματος που αποτελεί και τον κύριο όγκο του φορτίου Συγκεκριμένα περίπου το 60% της ενέργειας που χρειάζεται προέρχεται από την αντλία θερμότητας και την υποβοήθηση [Εικόνα 59].

Θερμανση & ΖΝΧ	1,00	1936,67	0,80	2420,83	2610,80
ψύξη	1,00	726,25	0,80	907,81	870,27
ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜ. - ΖΝΧ / ΨΥΞΗ				9903,64	3665,91
Επιφάνεια μ2	απώλειες kW	E therm	μονο	A/Θ +++	
166,00	5,81	8072,58		2610,80	
				€ αντλία	391,62

Εικόνα 59

Ο πίνακας στην [Εικόνα 60] είναι ο πιο σημαντικός πίνακας αποτελεσμάτων και συνδυάζει όλα τα προαναφερθέντα συστήματα αναλύοντας την ζήτηση για ενέργεια κάθε μήνα. Αριστερά στον πίνακα Ε4 βλέπουμε την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκό η οποία εξάγεται ανά μήνα και προσμετρείται για την αντιστάθμιση του συστήματος. Στην στήλη ΜΟΝΟ ΣΥΣΚΕΥΕΣ έχει υπολογιστεί ο μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών της κατοικίας. Στον διπλανό πίνακα φαίνεται και το ποσοστό συμμετοχής τους στην συνολική κατανάλωση. Η στήλη ΔΙΑΦΟΡΑ εμφανίζει το ενεργειακό ισοζύγιο που προκύπτει από την παραγωγή-κατανάλωση. Διαφαίνεται ότι τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Δεκέμβριο το ισοζύγιο βγαίνει αρνητικό γεγονός που καθιστά το σύστημα μη βιώσιμο.

kW	1,00	10,00	ΜΟΝΟ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΣΚ.	ΔΙΑΦΟΡΑ					
Month	E _s	E _t		% ΑΝΑ ΜΗΝΑ		Θερ. Back-up	Θ	%	Ψ	%
Jan	63,6	636,00	305,48	8,33	-400,50	400,50	731,02	0,28		
Feb	85,2	852,00	305,48	8,33	-1,75	1,75	548,27	0,21		
Mar	112,5	1125,00	305,48	8,33	454,01	-	365,51	0,14		
Apr	133,8	1338,00	305,48	8,33	954,20	-	78,32	0,03		
May	147,9	1479,00	305,48	8,33	1173,52	-				
Jun	159,6	1596,00	305,48	8,33	1072,95	-			217,57	0,25
Jul	164,1	1641,00	305,48	8,33	987,41	-			348,11	0,40
Aug	153,3	1533,00	305,48	8,33	922,93	-			304,59	0,35
Sep	124,2	1242,00	305,48	8,33	936,52	-				
Oct	93	930,00	305,48	8,33	605,70	-			18,82	0,01
Nov	67,5	675,00	305,48	8,33	82,33	-			287,19	0,11
Dec	62,7	627,00	305,48	8,33	-252,85	252,85	574,38	0,22		
Yearly average	113,95	1139,50	305,48	100,00	560,51		372,97		174,05	
Total for year		13674,00					2603,51			

Εικόνα 60

υψόμετρο(m)		3,00					υ0
500,00						NEA	
		2,25				ΔΙΑΦΟΡΑ	
Month	m/s	A/Γ (kWh)					
Jan	4,44	307,27			-93,23		3,00
Feb	4,44	307,27			305,53		3,00
Mar	4,14	249,83			703,83		2,80
Apr	4,14	249,83			1204,02		2,80
May	3,84	200,02			1373,54		2,60
Jun	4,58	339,04			1411,99		3,10
Jul	4,88	408,98			1396,40		3,30
Aug	4,29	277,56			1200,49		2,90
Sep	4,14	249,83			1186,35		2,80
Oct	3,70	177,82			783,52		2,50
Nov	3,84	200,02			282,36		2,60
Dec	4,14	249,83			-3,03		2,80
ΜΕΣΟ		268,11			828,62		
ΣΥΝΟΛΙΚΑ		3485,41					

Εικόνα 61

Στον πίνακα στην [Εικόνα 61] εισάγεται η δεύτερη αντιστάθμιση η μικρή ανεμογεννήτρια η οποία και βελτιώνει το ισοζύγιο για τον μήνα Φεβρουάριο αλλά για τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η αντιστάθμιση εξακολουθεί να είναι αρνητική. Στους παραπάνω 2 πίνακες θα στηριχθεί η συγγραφή του αλγορίθμου για την βελτιστοποίηση του ισοζυγίου. Τα δεδομένα εξοικονόμησης ενέργειας μαζί με τα δεδομένα αντιστάθμισης θα χρησιμοποιηθούν στην σύγκριση αποτελεσμάτων κατά την εφαρμογή του αλγορίθμου στον δεύτερο κύκλο χρήσης.

5.1.3 Οικονομικά δεδομένα BEMS

Οι δύο παρακάτω πίνακες περιέχουν τα κόστη των ενεργειακών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην πρότυπο κατοικία. Λεπτομερώς περιλαμβάνονται οι αναλύσεις της θέρμανσης, ψύξης, ηλιοθερμίας, φωτοβολταϊκού, ανεμογεννήτριας και φορτιστών. Δεν συμπεριλαμβάνονται στην προσφορά τα κόστη των αισθητήρων και δομημένης καλωδίωσης. Το ποσό της εγκατάστασης είναι υψηλό, παρόλα αυτά επειδή η κατοικία έχει υψηλές καταναλώσεις οι αποσβέσεις της επένδυσης πραγματοποιούνται σε διάστημα λιγότερο των 10 ετών.

Πίνακας ανάλυσης συστημάτων παραγόμενης ενέργειας

Quantity	M.U.	Category	Description	
42	τεμάχια	Panel	Swisswatt Polywatt PW 236	
1	τεμάχια	Inverter	INVERTER SMA SUNNY TRIPOWER 5000TL-20 INT	
1	τεμάχια	Inverter	SMA SUNNY ISLAND 2224 & SRC-1 (master)	
2	τεμάχια	Inverter	SMA SUNNY ISLAND 2224 (slave device)	
1	τεμάχια	Ανεμογεννήτριες	Ανεμογεννήτρια Fortis Montana 6kW	
80	τεμάχια	Βάσεις	ΣΕΤ ΝΤΙΖΟΣΤΡΙΦΟΝΟ 300mm ALFA PRESS	
42	τεμάχια	Βάσεις	Βάση για πάνελ προφίλ τοποθέτηση ALFA PRESS (168 X 107)	
12	τεμάχια	Συσσωρευτές	Συσσωρευτής BAE 20 PVV 3800, 2V 3800Ah/c-100h	
100	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΑ DC 1x4 TOP SOLAR PV ZZ-F (AS) 120 °C, 1.8kVDC	
10	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΑ AC 6x10mm H07RN-F ή XLPE/PVC/SWA/PVC TITANEX® (Industrial flexible)	
10	τεμάχια	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΤΑΧΥΣΥΝΔΕΣΜΟΙ MC4 IP67, UV	
50	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ (σπυράλ) ΚΑΛΩΔΙΩΝ Φ32	
10	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΝΑΛΙΑ PVC / ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΣΧΑΡΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ	
100	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΟ ΓΕΙΩΣΗΣ 1x26 H07V-R	
10	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΣΩΛΗΝΑ ΕΥΘΕΙΑ CONDUR 40 ΚΟΥΒΙΔΙΣ, UV, U-PVC, IP67	
1	τεμάχια	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΣΕΤ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ	
10	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛ. FTP 4X2ΧΑWG24 CAT 6E	
10	μέτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΑ AC 3x10 H07RN-F TITANEX® (Industrial flexible)	
1	τεμάχια	Πίνακες	Πίνακας Αυτόνομου AC/DC: ασφαλισοαποζεύκτης & Δ/Φ DC (ΠΗΓΕΣ-BAT), μικροαυτόματι απομόνωσης AC	
1	τεμάχια	Μεταφορικά	Μεταφορικά παλέτα πρακτορείο	
1	τεμάχια	Υπηρεσία	Εγκατάσταση συστήματος	
1	τεμάχια	Υπηρεσία	Ηλεκτρολογική εργασία παροχής	
1	τεμάχια	Υπηρεσία	Μελέτη εγκατάστασης	
1	τεμάχια	Υπηρεσία	Επιβλέψη έργου	
			TotalNetValue	50.376 €
			FpaValue	11.686 €
			TotalValue	61.963 €

Πίνακας ανάλυσης συστημάτων καταναλισκόμενης ενέργειας

Οικονομική προσφορά

Quantify	M.U.	Category	Description
1	πέδηλο	Αντλία θερμότητας	Carrier XP Energy 3BAW-050H7 Εξυπν.Μονάδα
1	πέδηλο	Αντλία θερμότητας	Carrier XP Energy 8DAWX-005M3 Εσωτερική μονάδα / Ηλ.Ανοστ. 3kW 1Φ
1	πέδηλο	Εξαρτήματα/Αξαρτούαρ Αθ	Carrier κλπ δπιλής ζώνης 80 AIN-9025
1	πέδηλο	Εξαρτήματα/Αξαρτούαρ Αθ	Carrier κλπ 3αξης Η/Β για παραγωγή ΖΝΧ για τοποθέτηση εντός του 80AW9025
1	πέδηλο	Υδραυλικό υλικό	Σετ εξαρτημάτων εγκατάστασης αντλίας Carrier 30AW μικρό
20	μήτρα	Υδραυλικό υλικό	Χαλκοσωλήνας Φ28 με μόνωση και εξαρτήματα
5	μήτρα	Υδραυλικό υλικό	Σειλήνα Χαλκού Ψυκτικών 3/8" με μόνωση
5	μήτρα	Υδραυλικό υλικό	Σειλήνα Χαλκού Ψυκτικών 5/8" με μόνωση
20	μήτρα	Υδραυλικό υλικό	Χαλκοσωλήνας Φ18 με μόνωση και εξαρτήματα
10	μήτρα	Υδραυλικό υλικό	Χαλκοσωλήνας Φ15 με μόνωση και εξαρτήματα
2	πέδηλο	Υδραυλικό υλικό	Σύστημα σωλήνση - πίνακα 3 εκκλιμμένων
1	πέδηλο	Υδραυλικό υλικό	Υλικό σύνδεσης παραγής Boiler
1	πέδηλο	Υδραυλικό υλικό	Αυτάματος πλήρωσης 8YR-2128
5	πέδηλο	Υδραυλικό υλικό	Υποναρ εξαρτήματα σύνδεσης πολυμετρηματικού σωλήνα για σύνδεση FCU
100	μήτρα	Υδραυλικό υλικό	Υποναρ μονομηνια πολυμετρηματικοί σωλήνας MLCP 8 9mm 20x2.25
2	πέδηλο	Ηλιοθερμικά	Ηλεκός Σωλήνσης Επιλεκτικός Πιανίου 2,5 m2
1	πέδηλο	Ηλιοθερμικά	Solar station kit Taconova - Solar
1	πέδηλο	Ηλιοθερμικά	Βάση στήριξης 2 ηλιακών συλλεκτών
1	πέδηλο	Ηλιοθερμικά	Αντηρατικό υγρά, δοχείο 10 lt
1	πέδηλο	Ηλιοθερμικά	Υδραυλικά εξαρτήματα σύνδεσης ηλιακών συλλεκτών (1-2 σωλήνσης)
1	πέδηλο	Buffers-Boilers	Δοχείο αδρανείας (Buffer) 300lt με 2 αναλλάκτες για ΖΝΧ
2	πέδηλο	Buffers-Boilers	Δοχείο διαστολής 18lt
2	πέδηλο	Buffers-Boilers	Βάση για δοχείο διαστολής
2	πέδηλο	Buffers-Boilers	Σειλήνας σύνδεσης δοχείου διαστολής
1	πέδηλο	Υδραυλικό υλικό	Τριόδη ηλεκτροβάννα
3	πέδηλο	FAN COILS	CARRIER FAN COIL UNIT ΔΑΠΕΔΟΥ 42N2815
2	πέδηλο	FAN COILS	CARRIER FAN COIL UNIT ΔΑΠΕΔΟΥ 42N2820
5	πέδηλο	FAN COILS	CARRIER FAN COIL UNIT ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟ ΤΥΠΟΥ "A"
1	πέδηλο	Πίνακας	Πίνακας αυτοματισμών αντλίας θερμότητας
5	μήτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΑ AC 3x4mm H07RN-F
5	μήτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΟ AC 3 x 2,5 H07RN-F TITANEX® (Industrial flexible)
20	μήτρα	Ηλεκτρολογικό υλικό	ΚΑΛΩΔΙΟ ΜΠΛΕΝ. LIYCY 2X1

Quantif	M.U.	Category	Description	
20	μέτρα	Ηλεκτρολογικά υλικά	ΚΑΛΩΔΙΟ AC 3X1.5 J1VV-R	
30	μέτρα	Ηλεκτρολογικά υλικά	ΣΤΑΘΗΝΑ ΕΥΓΕΙΑ CONDUR 25 ΚΟΥΝΔΙ8, UV, U-PVC, IP67	
1	μέτρα	Μεταφορικά	Μεταφορικά ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Χρήση Γρανού ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Συνδραση εξωτερικής-εσωτερικής μονάδος ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Υδραυλική εγκατάσταση ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Εγκατάσταση ηλεκτρικής παροχής ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Μελέτη εγκατάστασης ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Επιβλέψη έργου εγκατάστασης ΣΙΑΘ	
1	μέτρα	Υπηρεσία	Ρύθμιση παραμέτρων control-Check ΣΙΑΘ	
			TotalNetValue	13.352 €
			FpaValue	3.070 €
			TotalValue	16.422 €

Τα παραπάνω κόστη είναι αποτέλεσμα χρόνιας εμπορικής δραστηριότητας επιλεγόμενα από μια γκάμα εταιρειών ώστε να είναι και συμφέροντα αλλά και ποιοτικά ώστε να τηρούνται οι αποσβέσεις σε βάθος 20 ετών.

Κεφάλαιο 6

Επίλογος

6.1 Συμπεράσματα

Η παρακολούθηση κατοικιών με την χρήση τηλεμετρικών συστημάτων καθίσταται με τις τεχνολογίες που διαθέτουμε σήμερα εφικτή υπόθεση. Η παρούσα μελέτη ανέλυσε κάποιες από τις τεχνολογικές δυνατότητες και εφήρμοσε αυτές πάνω σε μια πρότυπο κατοικία με σκοπό την δημιουργία ενός μοντέλου εξοικονόμησης με βιώσιμες αποσβέσεις. Στο συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν κάποιες από τις υπάρχουσες τεχνολογίες για να αποκαλυφθεί σε πρώτο βαθμό το μέγεθος της εξοικονόμησης και κατόπιν να υποδειχθούν περαιτέρω υποβοηθήσεις. Η εφαρμογή και η εξέλιξη του αλγορίθμου ύστερα από 2 κύκλους χρήσης θα μας οδηγήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων σε πρώτο βαθμό και σε δεύτερο βαθμό στην επιλογή διαφόρων εναλλακτικών υποβοηθήσεων. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες από τις εμπλοκές που ενδεχομένως θα προκύψουν από την χρήση του αλγορίθμου.

Η καθημερινή ανάγκη για επαρκή αποθέματα ενέργειας απομειώνει τον χρόνο ζωής των φορτιστών γεγονός που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη καθώς η συνθήκη που έχει ληφθεί ενδεχόμενα να προκαλεί ανεπάρκεια στα αποθέματα αποθηκευμένης ενέργειας. Λύση μπορεί να δοθεί με την επιμήκυνση του αριθμού των φορτιστών ή με διαρκή φόρτιση από το δίκτυο αντιστρόφως ανάλογο γεγονός για την εξοικονόμηση που επιδιώκουμε.

Στις περιόδους θέρμανσης και ψύξης δεν έχουν καθοριστεί δεδομένα εξαερισμού γεγονός που καθιστά την εσωτερική θερμοκρασία μη ελεγχόμενη από τις παρούσες μεταβλητές. Αν οι χρήστες επιλέγουν την χρήση καθαρού αέρα για αρκετές ώρες την ημέρα θα έχουμε απώλεια ενέργειας που θα μεταβάλλει την εσωτερική θερμοκρασία καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Το συγκεκριμένο ζήτημα μπορεί να λυθεί με την προσθήκη ενός συστήματος που ονομάζεται εναλλάκτης θερμότητας και εξασφαλίζει καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου ένα περιβάλλον με συνεχώς ανακυκλούμενο φρέσκο αέρα.

Οι υπολογισμοί της διαδικασίας κινήσεως δεν έχουν ληφθεί σε πλήρη και αυτοματοποιημένη εφαρμογή ενδεχομένως με το τέλος μιας χρήσης να αλλάξουν ριζικά λόγω των δεδομένων των χρηστών που θα εισάγουμε στο νέο σύστημα. Τα στοιχεία παρουσίας κίνησης θα μεταβάλλουν τόσο την διαδικασία κίνησης όσο και την διαδικασία θέρμανσης και ψύξης.

Ο όγκος των ζεστών νερών χρήσης θα μας δώσουν στοιχεία ώστε πιθανότατα να μεταβληθεί ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων ηλιόθερμων ώστε να υποστηρίξει ταυτόχρονα καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και την ποσότητα των ζητούμενων ζεστών νερών αλλά και να αυξήσει ριζικά την υποβοήθηση πάνω από το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα του 10%.

Το μέγεθος της καθημερινής παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για τον κύκλο αναμονής αποθήκευσης ενέργειας ο οποίος είναι 3 ημέρες για την Ελλάδα. Αυτό σημαίνει πως τα δεδομένα παρότι δεν είναι 100% ακριβή μπορούν να μας δώσουν μια σταθερή ακολουθία 3 ημερών καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου ώστε να κρατιούνται και το ελάχιστο απόθεμα φορτιστών και η αυτονομία επαρκής χωρίς δίκτυο με επακόλουθο να πετυχαίνεται η μέγιστη εξοικονόμηση.

Η περίσσεια ενέργεια παραγωγής από φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια μπορεί να συνδεθεί με την ηλιοθερμία και να ζεσταίνει επιπλέον το δοχείο διαστολής υποβοηθώντας θέρμανση και ζεστά νερά χρήσης. Περαιτέρω μπορεί να εφαρμοστεί σύστημα έλεγχου του φωτισμού για περαιτέρω εξοικονόμηση συνδυαζόμενο με την διαδικασία κίνησης. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος του φωτισμού θα χρησιμοποιεί χρονοδιακόπτες για την μείωση της κατανάλωσης.

Τέλος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σκίαστρα με ανίχνευση φωτισμού για παροχή θερμότητας τον χειμώνα και αποφυγή θερμότητας το καλοκαίρι. Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου μπορούν να έχουν αισθητήρες για να αποφεύγεται η απώλεια ενέργειας.

Πέρα από τις προσθήκες και τις παρεμβάσεις οι οποίες θα πραγματοποιηθούν επειδή η τεχνολογία συνεχώς εξελίσσεται ενδεχόμενα έπειτα από ένα κύκλο χρήσης να υπάρξουν και άλλες βελτιώσεις που να βοηθήσουν στην αυτοματοποίηση του συστήματος.

6.2 Πρόταση

Το αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτέλεσε διαδικασία τριβής τα τελευταία 3 χρόνια εξαιτίας προσωπικής επαγγελματικής απασχόλησης με τον χώρο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ως αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας υπήρξε η δημιουργία μιας κατασκευαστικής εταιρείας με την επωνυμία Aurora Development ειδικευμένη στην κατασκευή βιοκλιματικών κατοικιών οι οποίες προσφέρουν την κατ' ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση στους χρήστες. Το 2014 ξεκινάει η υλοποίηση της πρώτης βιοκλιματικής κατοικίας στην περιοχή της Θέρμης με σκοπό την εφαρμογή όλων των παραπάνω συστημάτων. Στις αρχές του 2015 θα έχει

ολοκληρωθεί η κατασκευή οπότε και θα ξεκινήσει η εφαρμογή της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων και το πρώτο στάδιο του αλγορίθμου. Η ολοκλήρωση ενός κύκλου χρήσης σε πραγματικό χρόνο θα δώσει τα δεδομένα για την εξέλιξη του αλγορίθμου. Κατά αυτόν τον τρόπο θα αποφασιστούν οι αλλαγές στον αλγόριθμο, οι προσθήκες στα συστήματα, η πλήρης δηλαδή αυτοματοποίηση του περιβάλλοντος διαβίωσης. Όλες οι διαφοροποιήσεις όπως αναφέρθηκαν παραπάνω θα εκτιμηθούν για την υλοποίηση μια συνάρτησης ευρωστίας και για την αναπαραγωγή του πληθυσμού των δεδομένων σε αποδοτικούς απογόνους με τελικό σκοπό την εξέλιξη του αλγορίθμου. Θα πραγματοποιηθεί αναβάθμιση του συστήματος με τον νέο αλγόριθμο και στο τέλος της δεύτερης σεζόν λειτουργίας θα εκτιμηθεί το περαιτέρω ποσοστό εξοικονόμησης.

Είναι επιτακτική η ανάγκη για την εύρεση τεχνολογικών λύσεων λόγω των πολλών επιβαρύνσεων που υφίστανται τα ελληνικά νοικοκυριά. Η νοοτροπία για περιβαλλοντική συνείδηση σε συνδυασμό με επιλογή νέων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα καταστήσει δυνατή την εξέλιξη των Εταιρειών Ενεργειακών Υπηρεσιών καθώς και φέρει την χώρα μας στα επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών. Είναι βέβαιο πως αν οι κατασκευάστριες εταιρείες συστημάτων επενδύσουν στην αυτοματοποίηση ενός ολιστικού μοντέλου εξοικονόμησης ενέργειας τότε θα εξαλειφθούν τα προβλήματα επικοινωνίας και ταυτόχρονης λειτουργίας των διαφόρων εξαρτημάτων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [01] Παπαγεωργίου Μ., Καραφέρη Π., Μανταφούντης Α. (2008). Κλιματικές αλλαγές-Ακραία καιρικά φαινόμενα. 4^ο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ. Ναύπλιο 12-14/12/2008. (σ10). Ναύπλιο. Εθνικό Δίκτυο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.
- [02] Moss H., Edmonds A., Hibbard K., Manning M., Rose S., van Vuuren D, Carter T., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G., Mitchell J, Nakicenovic N., Riahi K, Smith S., Stouffer R, Thomson A., Weyant J., Wilbanks T. (2010) The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, Vol. 463, pp. 747-755. doi:10.1038.
- [03] Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2012). Περιβάλλον για τους Ευρωπαίους. (αρ. 46). (σ16). Περιοδικό της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος, Υπηρεσία Εκδόσεων.
- [04] European Environment Agency. (2012) Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report. No 12. (pp. 1-304). ISSN 1725-1977. Publication Office European Union.
- [05] EEA, Copenhagen. (2012). Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2012 Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets. No 6. (pp1-164) ISSN 1725-1977. Publication Office European Union.
- [06] Balaras C., Droutsas K., Dascalaki E., Kontoyiannidis S. (2005) Heating Energy Consumption and Resulting Environmental Impact of European Apartment Buildings. *Energy & Buildings*, Vol. 37 pp. 429-442. Doi: 10.1016/j.enbuild.2004.08.003.
- [07] Committee on Climate Change (2010). The fourth Carbon budget. Reducing emissions from buildings and industry through the 2020s. Chapter 5. (pp98-119).
- [08] Χ. Καρανίκας (2009). Η ενεργειακή σπατάλη στα ελληνικά σπίτια. ΤΑ ΝΕΑ, 24/1/2009. http://www.lts-engineering.com/wp-content/uploads/2010/05/090126-ta-nea_kaime-perisotero-gia-thermansh-sthn-evroph.pdf

- [09] Κολοκοτσά Δ. (2010). Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης. Διεθνής Εμπειρία και Μελέτες Περίπτωσης. Eco Building Conference. (σελ.1-42). Κρήτη.
- [10] Τράτσα Μ. (2014) Ενεργοβόρα το συντριπτικό ποσοστό των Ελληνικών κτηρίων. 17/1/2014. <http://www.tovima.gr/society/article/?aid=557785>
- [11] Κανιαδάκη Μ. (2011). Ενεργειακό σπίτι: Τρόποι και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας στο σύγχρονο ελληνικό σπίτι. Πτυχιακή Εργασία. Μάιος 2011. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης. Κρήτη.
- [12] (helesco) helenic energy services company. (2010) Εκτίμηση του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) των ελληνικών νομών από ενεργειακές χρήσεις του οικιακού τομέα το 2010.
http://www.helesco.gr/News/%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%84%CF%8D%CF%80%CF%89%CE%BC%CE%B1_%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8E%CE%BD_CO2_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82_%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82_%CF%84%CE%BF%CF%85.pdf
- [13] Υπουργείο Ενέργειας και κλιματικής αλλαγής. Νόμοι και Προεδρικά Διατάγματα. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=506&language=en-US>. Ελλάδα.
- [14] Energy Market Authority (2008). Handbook for Photovoltaic (PV) Systems. Fourth Edition. (pp1-20). Singapore.
- [15] Κυρίτσης Α. (2011). Βέλτιστος σχεδιασμός ύψιχνου μονοφασικού αντιστροφέα για την διασύνδεση συστημάτων μικρής ισχύος με το δίκτυο χαμηλής τάσης. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
- [16] Μεχλέρη Ε. (2013). Βέλτιστη λειτουργία και σχεδιασμός συστημάτων διεσπαρμένης παραγωγής ενέργειας. Εφαρμογή στον Ελληνικό τομέα. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [17] Σισμανίδης Δ. (2011). Μελέτη και εγκατάσταση συστήματος Διαχείρισης Κτηρίων (BMS). Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

- [18] Γκοτζαμάνης Δ., Δαμπάνης Π. (2013). Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [19] Βενέτης Ι. (2012). Βιοκλιματική προσέγγιση της δράσης του ανέμου στα κτίρια με αναλυτικές μαθηματικές μεθόδους. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [20] Ιατρόπουλος Κ. (2010). Ευφυή και έμπειρα συστήματα διαχείρισης πόρων σε κτίρια. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [21] Architectural Record (1953). Commercial buildings. F.W. Dodge Corp. New York
- [22] Warszawski A. (1999). Industrialized and automated building systems. Taylor & Francis. ISBN:0419206205. New York.
- [23] Vincent G., Peacock J. (1985). The automated building. Architectural Press. ISBN 0851397379. London.
- [24] Karstner W., Neuschwandtner G., Soucek S., Newman M. (2005). Communication Systems for Building Automation and Control. Proceedings of the IEEE. Vol. 93, No. 6, pp. 1178-1203. ISSN-0018-9219.
- [25] Αλογοριαστός Κ. (2008). Παραλληλοποίηση Γενετικών Αλγορίθμων Πολλαπλών Στόχων. Διπλωματική Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- [26] Αδαμίδης Π. (1999). Εξελκτικοί Αλγόριθμοι. ΤΕΙ Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- [27] Λάζος Χ. (2008). Σύστημα διαχείρισης ενέργειας σε κτήρια με χρήση του πρωτοκόλλου KNX/EIB και αλγόριθμο προβλεπτικού ελέγχου. Μεταπτυχιακή Εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης. Κρήτη.
- [28] Mitchell M. (1999). An Introduction to Genetic Algorithms. A Bratford Book, MIT PRESS. London.

- [29] Sastry K, Goldberg D, Kendall G. (2005). GENETIC ALGORITHMS. (Chapter 4). (pp. 97-125). America: Springer US.
- [30] Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein C. (2005). Introduction to algorithms. ISBN 0-262-03293-7. America:MIT PRESS.
- [31] Taha H. (2011). Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα. Prentice Hall PTR.
- [32] MacKay D. (2003). Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. Cambridge University Press.
- [33] Skiena S. (2008). The Algorithm Design Manual. Second Edition. University of New York. New York.
- [34] Carrier Hellas (<http://www.ahi-carrier.gr/el/>)
- [35] Daikin Hellas (<http://www.daikin.gr/for-your-home/needs/heating/>)
- [36] Schneider electric (<http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/gr/>)
- [37] Νομπιλιάκης Σ. 2011. Διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Διασυνδεδεμένη Κατοικία. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [38] Υβριδικό σύστημα θέρμανσης της Phoebus-energy (<http://www.phoebus-energy.com/hybrid-solution/hybrid-heating.aspx>)
- [39] Μανδουραράκης Ι. 2011. Έρευνα για την εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος διαχείρισης Ήπιων Μορφών Ενέργειας σε οικιακή βιομηχανική κλίμακα με την χρήση Ασαφούς Λογικής. Διπλωματική Εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης. Κρήτη.
- [40] Καρταλίδης Α. (2011). Σχεδιασμός Υβριδικού Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας απο ΑΠΕ για την κάλυψη αναγκών Ηλεκτρικής Ενέργειας και Νερού με Αφαλάτωση. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

- [41] Τζιάσιου Ε. (2012). Διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα και προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [42] Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτήρια. (<http://www.schneider-electric.gr/sites/greece/gr/products-services/buildings/intelligent-buildings/energy.page>)
- [43] Siemens–Εξοικονόμηση σε κτήρια γραφείων.
<https://www.swe.siemens.com/greece/internet/el/pss/IC/BT/integrated/ofb/Pages/Default.aspx>
- [44] Ενεργειακή αποδοτικότητα κτηρίων. ABB
[http://www05.abb.com/global/scot/scot335.nsf/veritydisplay/5bdd4eb90ae7feb7c1257c210042161b/\\$file/BRCH%20KNX%20FINAL%20LOW.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot335.nsf/veritydisplay/5bdd4eb90ae7feb7c1257c210042161b/$file/BRCH%20KNX%20FINAL%20LOW.pdf)
- [45] Αλεβίζου Γ. 2013. Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Κτήρια. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

Παράρτημα Α

Πίνακες Αλγορίθμου

A-1 Πίνακες μεταβλητών αλγορίθμου

Παρακάτω παρατίθενται οι μεταβλητές του αλγορίθμου οι οποίες συνδέονται με τις διαδικασίες που περιγράφονται στην ανάλυση του αλγορίθμου. Για λόγους απλούστευσης γίνεται η ανάλυση με την μορφή κώδικα των μεταβλητών όπως άλλωστε και η ανάλυση του αλγορίθμου. Στους ίδιους πίνακες συγκεντρώνονται και οι συναρτήσεις της consumption και production οι οποίες και αναλύονται στις διαδικασίες energy_balance και charge_power.

A-2 Πίνακας κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

```
double washing_machine;
double electric_cooker;
double refrigerator;
double vacuum_cleaner;
float electric_iron;
double hair_dryer;
double toaster;
double mixer;
double personal_computer;
double television;
double microwave;
double radio;
double charger;
double count_consumption_app;
void consumption_appliances()
{
    // //Μετράει την κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών της κατοικίας.
    // count_consumption=washing_machine+electric_cooker+refrigerator+vacuum_cleaner
    // +electric_iron+hair_dryer+toaster+personal_computer+television+microwave+radio+charger;
    // return count_consumption;
}
```

A-3 Πίνακας μεταβλητών για την διαδικασία θέρμανσης και ψύξης

```
// //Δυο διαφορετικές ζώνες θέρμανσης.

object h1_thermostat;

double h2_thermostat;

double count_consumption_heat;

int sensor_circulation_out_heatingzone1;

int sensor_circulation_in_heatingzone2;

int outside_thermostat;

int sensor_circulation_in_heatingzone1;

int sensor_circulation_out_heatingzone2;

int DT;

int circulation_temp_h1;

void consumption_heating()
{
    // // Μετράει την κατανάλωση μέσω αισθητήρα στην αντλία θερμότητας και μεταδίδει την κατανάλωση στην κονσόλα.

    // count_consumption_heat=heatingzone_1+heatingzone_2

    // return count_consumption_heat;
}

double circulation_temp_h2;
```

```
// Δυο διαφορετικές ζώνες ψύξης.

double coolingzone_1;

double coolingzone_2;

double h1_thermostat;

double h2_thermostat;

int sensor_coolingzone_1;

double count_consumption_cooling;

int sensor_coolingzone_2;

double outside_thermostat;

void count_consumption_cooling()
{
    // //Μετράει την κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή δροσισμού και ψύξης.

    // count_consumption_cooling=h1iothermo1+h1iothermo2;

    // return count_consumption_cooling;
}
```


A-4 Πίνακας μεταβλητών ZNX δοχείου αδρανείας boiler_tank

```
double hliotherm1;

double hliotherm2;

double count_consumption_suntherm;

int sensor_hliotherm2;

int sensor_hliotherm1;

double consumption_suntherm()
{
    // Μετράει την κατανάλωση ενέργειας που προκαλείται από την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όταν δεν έχουμε υποβοήθηση από το ηλιακό φως.

    // count_consumption_suntherm=hliotherm1+hliotherm2;

    // return count_consumption_suntherm;
}
```

```
double tank_resistance_1;

double tank_resistance_2;

double count_consumption_tank;

double thermostat_tank;

void count_consumption_boiler()
{
    // //Το μποϊλερο αντιστασεων χρησιμοποιεί στην υποβοήθηση της αντλίας για θερμοκρασίες παγετού κάτω από -2C

    // count_consumption_tank=tank_resistance_1+tank_resistance_2;

    // return count_consumption_tank;
}

double usage;
```

A-5 Πίνακας μεταβλητών φόρτισης

```
double battery_1;
double battery_2;
double battery_3;
double battery_4;
double battery_5;
double battery_6;
double battery_7;
double battery_8;
double battery_9;
double battery_10;
double count_charging;
double storing_power;
double production_power;
void power_of_charging()
{
    //Μετράει την ενέργεια που αποθηκεύουν οι φορτιστές.
    // count_charging=battery_1+battery_2+battery_3+battery_4+battery_5+battery_6+battery_7+battery_8+battery_9+battery_10;
    // return count_charging;
}
```

A-6 Πίνακας μεταβλητών παραγωγής Φ/Β και ανεμογεννήτριας

```
double string_1;

double string_2;

double string_3;

double count_production_photov;

double production_photov()
{
    // //Μετράει την παραγωγή ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος.

    // count_production_photov=string_1+string_2+string_3

    // return count_production_photov;
}
```

```
double turbine_1;

double count_production_turbine;

void production_turbine()
{
    // //Μετράει την παραγωγή ενέργειας της μικρής ανεμογεννήτριας.

    // count_production_turbine=turbine_1 ;

    // return count_production_turbine;
}
```

A-7 Πίνακας λαμπτήρων φωτισμού και ελέγχου της κατανάλωσης

```
double int_light_firstfloor_livingroom;  
double int_light_firstfloor_livingroom2;  
double int_light_firstfloor_livingroom3;  
double int_light_firstfloor_livingroom4;  
double int_light_firstfloor_livingroom5;  
double int_ligh_firstfloor_livingroom6;  
double int_light_firstfloor_hall1;  
double int_light_firstfloor_hall2;  
double int_light_firstfloor_hall3;  
double int_light_firstfloor_bathroom;  
double int_light_firstfloor_room;  
double int_light_firstfloor_room2;  
double int_light_firstfloor_staircase;  
double int_light_firstfloor_staircase2;  
double int_light_firstfloor_staircase3;  
double ext_light_firstfloor;  
double ext_light_firstfloor2;  
double ext_light_firstfloor3;  
double ext_light_firstfloor4;
```

```

double ext_light_firstfloor4;

double ext_light_firstfloor5;

double int_light_secondfloor_masterroom;

double int_light_secondfloor_masterroom2;

double int_light_secondfloor_masterroom3;

double int_light_secondfloor_masterroom4;

double int_light_secondfloor_room1;

double int_light_secondfloor_room1_1;

double int_light_secondfloor_room1_2;

double int_light_secondfloor_room2_2;

double int_light_secondfloor_room1_2;

double int_light_secondfloor_hall1;

double int_light_secondfloor_hall2;

double int_light_secondfloor_hall3;

double int_light_secondfloor_bathroom;

double int_light_secondfloor_bathroom2;

double ext_light_secondfloor;

double ext_light_secondfloor2;

double ext_light_secondfloor3;

```

```

void consumption_lighting()
{
    // count_consumption_lighting=ext_light_secondfloor3+ext_light_secondfloor2+ext_light_secondfloor+
    // int_light_secondfloor_bathroom2+int_light_secondfloor_bathroom+int_light_secondfloor_hall3+
    // int_light_secondfloor_hall2+int_light_secondfloor+int_light_secondfloor_room1_2+int_light_secondfloor2_2+
    // int_light_secondfloor_room2_1+int_light_secondfloor1+int_light_secondfloor_masterroom4+int_light_secondfloor_masterroom3+
    // +int_light_secondfloor_masterroom2+int_light_secondfloor_masterroom+ext_light_firstfloor5+ext_light_firstfloor4+ext_light_firstfloor3+
    // ext_light_firstfloor2+ext_light_firstfloor+int_light_firstfloor_staircase3+int_light_firstfloor_staircase2+int_light_staircase
    // +int_light_firstfloor_room2+int_light_firstfloor_room+int_light_firstfloor_bathroom+int_light_firstfloor_hall3+
    // int_light_firstfloor_hall2+int_light_firstfloor_hall1+
    // +int_light_firstfloor_livingroom_6+int_light_firstfloor_livingroom5+
    // int_light_firstfloor_livingroom4+int_light_firstfloor_livingroom3+
    // int_light_firstfloor_livingroom2+int_light_firstfloor_livingroom+
    // return count_consumption_lighting;
}

```