



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Διπλωματική Εργασία

**«Σχεδιασμός και Προσομοίωση κτιρίων
για τον ενεργειακό αυτοματισμό κτιρίων»**

Μπαρδούτσου Άρτεμις

Επιβλέπων: Καθηγητής Σταυρακάκης Γεώργιος

Μέλος: Καθηγητής Ζερβάκης Μιχαήλ

Μέλος Συν-Επιβλέπουσα: Διδάκτωρ Σεργάκη Ελευθερία

Χανιά 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου σε όλους όσους με βοήθησαν και συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή τον κ. Σταυρακάκη Γεώργιο που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα

Στη συνέχεια, ευχαριστώ θερμά την Συν-Επιβλέπουσα Διδάκτωρ Ελευθερία Σεργάκη , υπό την επίβλεψη της οποίας πραγματοποιήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία. Καθ' όλη τη διάρκεια είχε συντονιστικό ρόλο, καθώς βρισκόταν συνεχώς σε επικοινωνία μαζί μου , παρέχοντας μου χρήσιμο υλικό για τη μελέτη και δίνοντας μου σημαντικές συμβουλές.

Τέλος , θερμές ευχές οφείλω στην οικογένεια μου καθώς υπήρξε αρωγός στην πολυετή προσπάθεια μου, δίνοντας μου την αμέριστη συμπαράστασή και αγάπη τους. Επίσης ευχαριστώ τους φίλους μου, που όλα αυτά τα χρόνια είναι δίπλα μου και με στυρίζουν.

Περίληψη

Ο κτιριακός τομέας αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο, όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση, μετά από τον τομέα των μεταφορών. Στο πλαίσιο της μείωσης και της εξοικονόμησης ενέργειας για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος καθώς και οικονομικούς, τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και η Ελλάδα ως κράτος μέλος, έχουν εκδώσει οδηγίες και νομοθετήσει νόμους προς αυτόν τον σκοπό.

Η παρούσα εργασία έχει ως τίτλο «Σχεδιασμός και Προσομοίωση κτιρίων για τον ενεργειακό αυτοματισμό κτιρίων» και αντικείμενό της αποτελεί η ενεργειακή προσομοίωση μονοκατοικίας με χρήση σύγχρονων κεντρικών συστημάτων θέρμανσης – ψύξης, καθώς και σύγκριση αυτών με σκοπό την επίτευξη θερμικής άνεσης.

Συγκεκριμένα, μελετήθηκε και έπειτα ακολουθήθηκε μεθοδολογία ενεργειακής μοντελοποίησης μονοκατοικίας στην περιοχή του Αιγίου, εμβαδού 128 m². Για την μοντελοποίηση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το Open – Studio PlugIn του Google SketchUp ενώ για την ενεργειακή προσομοίωση και εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το Energy Plus.

Τέλος, κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, έγινε σύγκριση της απόδοσης του κεντρικού συστήματος θέρμανσης – ψύξης που επιλέχθηκε (VRF) με συμβατικά συστήματα πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και με χρήση Φωτοβολταϊκού Συστήματος.

Λέξεις Κλειδιά: HVAC, VRF, αντλίες θερμότητας, φωτοβολταϊκά συστήματα, ενεργειακή κατανάλωση, Ενεργειακή προσομοίωση, μοντελοποίηση μονοκατοικίας.

Abstract

The building sector is the second largest in terms of energy consumption, after the transport sector. In the context of reducing and saving energy for environmental and economic reasons, both the European Union and Greece as a member state have issued directives and legislated to this end.

This present paper is entitled "Design and Simulation of Buildings for Energy Automation of Buildings" and its object is to simulate a house energy using modern central heating and cooling systems, and to compare them in order to achieve thermal comfort.

Specifically, it was studied and then followed the methodology of energy modeling of a house in the area of Aigio (128 m²). Google SketchUp Open - Studio PlugIn was used to model the building while Energy Plus was used for energy simulation and to extract the results.

Finally, when presenting the results, the performance of the selected central heating-cooling system (VRF) was compared with conventional oil and gas systems and with the use of Photovoltaic System.

Keywords: HVAC, VRF, heat pumps, photovoltaic systems, energy consumption, energy simulation, house modeling.

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή	17
1.1	Σκοπός Διπλωματικής.....	17
1.2	Μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία.....	17
1.3	Δεδομένα και λογισμικό που χρησιμοποιήθηκαν στην Διπλωματική εργασία	18
1.4	Δομή της παρούσας Διπλωματικής εργασίας.....	18
2	Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα	19
2.1	Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση	19
2.2	Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Ενεργειακό Προϊόν	20
2.3	Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Τομέα.....	21
2.4	Ενεργειακή κατανάλωση Οικιακών Κτιρίων	23
2.5	Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων.....	29
2.5.1	Οδηγία 2002/91/ΕΚ (Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων)	29
2.5.2	Οδηγία 2006/32/ΕΚ (Ενεργειακή Απόδοση κατά την Τελική Χρήση και Ενεργειακές Υπηρεσίες)	30
2.5.3	Οδηγία 2010/31/ΕΕ (Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων – Αναδιατύπωση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ)	30
2.5.4	Οδηγία 2012/27/ΕΚ (Ενεργειακή Αποδοτικότητα)	30
2.5.5	Καθαρή Ενέργεια για Όλους τους Ευρωπαίους.....	32
2.5.6	Οδηγία 2018/2001/ΕΕ (Προώθηση της Χρήσης Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές) 36	
2.5.7	Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα	37
2.6	Συμπεράσματα	39
3	Συστήματα Κλιματισμού HVAC και διαφορές τους από αντλίες θερμότητας.....	41
3.1	Εισαγωγή	41
3.2	Θέρμανση – Εξαερισμός - Ψύξη.....	41
3.2.1	HVAC (Θέρμανση – Εξαερισμός – Ψύξη)	42
3.2.2	Αντλίες Θερμότητας	43
3.3	Βασική Αρχή Λειτουργίας HVAC Συστήματος	45
3.3.1	Συστήματα Διανομής θέρμανσης και Ψύξης	47
3.3.2	Water Chillers (Ψύκτες Νερού)	49
3.3.3	Έλεγχος Συστημάτων Θέρμανσης – Ψύξης	51
3.4	Βασικά Εξαρτήματα Συστήματος HVAC	52
3.4.1	Κλίβανος (Furnace).....	52

3.4.2	Πηνίο Εξατμιστή (Evaporator Coil)	52
3.4.3	Αγωγοί (Ducts)	53
3.4.4	Εναλλάκτης Θερμότητας (Heat Exchanger)	53
3.4.5	Γραμμές Ψυκτικού Μέσου (Refrigerant Lines)	53
3.4.6	Μονάδα συμπύκνωσης (Condensing Unit).....	54
3.4.7	Θερμοστάτης (Thermostat)	54
3.4.8	Αεραγωγοί (Vents)	54
3.5	Είδη HVAC ανάλογα με την χωρική τοποθέτηση	55
3.5.1	Σύγκριση Κεντρικών – Τοπικών Συστημάτων	56
3.5.2	Central HVAC Systems.....	58
3.5.3	Local HVAC Systems	66
3.6	Είδη HVAC Ανάλογα με την Ρύθμιση Ταχύτητας.....	68
3.6.1	Τεχνολογία VRF	68
3.6.2	Πλεονεκτήματα Συστήματος VRF	69
3.7	Συμπεράσματα.....	71
3.7.1	Σύγκριση VRF – Αντλίας Θερμότητας	73
4	S/W Σχεδιασμού και Προσομοίωσης της υπό μελέτη οικίας.....	75
4.1	Google SketchUp.....	75
4.2	Δεδομένα της υπό μελέτη μονοκατοικίας.....	76
4.2.1	Περιγραφή Χώρων Κτιρίου	76
4.2.2	Ορισμός Θερμικών Ζωνών της υπό μελέτη οικίας	78
4.2.3	S/W Σχεδιασμού της υπό μελέτη οικίας.....	78
4.2.4	Google SketchUp Geo – Locating.....	81
4.3	S/W Ενεργειακής Προσομοίωσης της υπό μελέτη οικίας	81
5	Ενεργειακή Προσομοίωση της υπό μελέτη Οικίας.....	83
5.1	Παράμετροι Προσομοίωσης (Simulation Parameters).....	84
5.1.1	Version	84
5.1.2	Simulation Control	84
5.1.3	Building	85
5.1.4	Surface Convection Algorithm: Inside.....	86
5.1.5	Surface Convection Algorithm: Outside.....	87
5.1.6	Heat Balance Algorithm	88
5.1.7	Time step.....	88
5.2	Τοποθεσία και Κλίμα (Location and Climate).....	89
5.2.1	Site: Location.....	89
5.2.2	Sizing Period: Design Day	89

5.2.3	Run Period	90
5.2.4	Site: Ground Temperature: Building Surface	90
5.3	Χρονοδιαγράμματα (Schedules)	91
5.3.1	Schedule Type Limits	91
5.3.2	Schedule: Compact	91
5.4	Κατασκευαστικά Στοιχεία επιφανειών της υπό μελέτη οικίας (Surface Construction Elements).....	92
5.4.1	Material	92
5.4.2	Material: NoMass	93
5.4.3	Material: AirGap	93
5.4.4	Window Material: Glazing	94
5.4.5	Window Material: Gas	94
5.4.6	Window Material: Blind.....	94
5.4.7	Construction	95
5.5	Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες (Thermal Zones and Surfaces)	95
5.5.1	Global Geometry Rules.....	95
5.5.2	Zone	95
5.5.3	Zone List.....	96
5.5.4	Building Surface: Detailed	96
5.5.5	Fenestration Surface: Detailed	96
5.5.6	Internal Mass	96
5.5.7	Shading: Zone: Detailed.....	97
5.6	Εσωτερικά Κέρδη (Internal Gains).....	97
5.6.1	People	97
5.6.2	Lights.....	98
5.6.3	Electric Equipment.....	98
5.7	Ροή Αέρα Ζώνης (Zone AirFlow).....	98
5.7.1	Zone Infiltration: Design Flow Rate	98
5.7.2	Zone Ventilation: Design Flow Rate	99
5.8	Πρότυπα HVAC (HVAC Templates).....	100
5.8.1	HVAC Template: Thermostat.....	100
5.8.2	HVAC Template: Zone: VRF	100
5.8.3	HVAC Template: System: VRF.....	100
5.9	Δημιουργία Αναφορών (Output Reporting).....	101
5.9.1	Output: Variable Dictionary.....	102
5.9.2	Output: Table: Summary Reports.....	102

5.9.3	Output: Table: Monthly	102
5.9.4	Output Control: Table: Style	103
5.9.5	Output: Variable.....	103
5.9.6	Output: Meter	104
5.9.7	Output: SQLite.....	104
5.9.8	Output: Diagnostics.....	105
6	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης για την υπό μελέτη οικία	107
6.1	Κλιματικά Δεδομένα της υπό μελέτη οικίας	107
6.1.1	Μηνιαία Θερμοκρασία	108
6.1.2	Υγρασία	108
6.1.3	Βροχόπτωση.....	109
6.2	Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη – Ηλιακά Κέρδη – Θερμικές Απώλειες της υπό μελέτη οικίας 110	
6.2.1	Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη	110
6.2.2	Ηλιακά Κέρδη.....	111
6.2.3	Θερμικές Απώλειες	111
6.2.4	Συνολικά Θερμικά Κέρδη	112
6.3	Κατανάλωση και Κόστος Ενέργειας.....	113
6.3.1	Ψύξη.....	113
6.3.2	Θέρμανση.....	113
6.3.3	Τεχνητός Φωτισμός	114
6.3.4	Ηλεκτρικές Συσκευές	114
6.3.5	Γενικά Σύνολα	115
6.4	Κόστος Εγκατάστασης.....	116
6.5	Σύγκριση με Πετρέλαιο – Φυσικό Αέριο – Φωτοβολταϊκά	117
6.5.1	Σενάριο συστήματος θέρμανσης με καύση πετρελαίου	117
6.5.2	Σενάριο Συστήματος Θέρμανσης με Καύση Φυσικού Αερίου	118
6.5.3	Σενάριο Ενεργειακής Κατανάλωσης με Χρήση Φ/Β Συστήματος.....	119
7	Συμπεράσματα.....	121
8	Βιβλιογραφία	123

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Διάταξη Κεντρικού Συστήματος HVAC	47
Εικόνα 2: Τρισδιάστατη Απεικόνιση Κεντρικού Συστήματος HVAC. ^[2]	47
Εικόνα 3: Forced Air System	48
Εικόνα 4: Gravity System	48
Εικόνα 5: Radiant System	49
Εικόνα 6: Αρχή λειτουργίας Water Chillers ^[1]	50
Εικόνα 7: Κλίβανος	52
Εικόνα 8: Πήνιο Εξατμιστή	52
Εικόνα 9: Αγωγοί Συστήματος HVAC	53
Εικόνα 10: Ενναλλάκτης Θερμότητας	53
Εικόνα 11: Γραμμές Ψυκτικού Μέσου	53
Εικόνα 12: Μονάδα Συμπύκνωσης	54
Εικόνα 13: Θερμοστάτης	54
Εικόνα 14: Αεραγωγός	54
Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση Συστημάτων HVAC	55
Εικόνα 16: Τρισδιάστατη Απεικόνιση Central HVAC System ^[30]	58
Εικόνα 17: Σύστημα HVAC Ενιαίας Ζώνης	59
Εικόνα 18: Σύστημα HVAC Πολλαπλών Ζωνών	60
Εικόνα 19: Σύστημα μονών αγωγών με συσκευές τερματικού αναθέρμανσης και μονάδες παράκαμψης.	61
Εικόνα 20: Σύστημα HVAC διπλού αγωγού	61
Εικόνα 21: Σύστημα HVAC με τερματικές μονάδες VAV	62
Εικόνα 22: Σύστημα HVAC εσωτερικών μονάδων με διαμόρφωση 4 σωλήνων	63
Εικόνα 23: Σύστημα HVAC με μονάδες επαγωγής	63
Εικόνα 24: HVAC μονάδες ανεμιστήρα	64
Εικόνα 25: Μονάδα Ενιαίου Κλιματιστικού	67
Εικόνα 26: Μονάδα Κλιματισμού Οροφής	68
Εικόνα 27: Τυπικό σύστημα αντλίας θερμότητας VRF	69
Εικόνα 28: Λειτουργία συμπιεστή σταθερής ταχύτητας	69
Εικόνα 29: Λειτουργία συμπιεστή με μετατροπέα συστήματος VRF	70
Εικόνα 30: Διάταξη ζωνών για σύστημα VRF (εμφανίζεται η λειτουργία ψύξης)	70
Εικόνα 31: Google SketchUp - Περιβάλλον Εργασίας	75
Εικόνα 32: Δορυφορική Απεικόνιση Κτιρίου	76
Εικόνα 33: Χαρακτηριστικοί χώροι 1 ^{ου} ορόφου (εξαγόμενο προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)	77
Εικόνα 34: Χαρακτηριστικοί χώροι 2 ^{ου} ορόφου (εξαγόμενο προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)	77
Εικόνα 35: Οι θερμικές ζώνες του κτιρίου. Προβολή «Render By Thermal Zones» του Google SketchUp (εξαγόμενο προσομοίωσης)	78
Εικόνα 36: Open Studio plug - in toolbar	78
Εικόνα 37: Τρισδιάστατο μοντέλο οικίας (αποτέλεσμα προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)	80
Εικόνα 38: Τρισδιάστατη απεικόνιση 1 ^{ου} και 2 ^{ου} ορόφου (αποτέλεσμα προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)	80

Εικόνα 39: Geo - Location του κτιρίου στην περιοχή του Αιγίου	81
Εικόνα 40: Εισαγωγή του αρχείου My House_Test.idf και του αρχείου καιρού στο Energy Plus	83
Εικόνα 41: Simulation Parameters – υποκατηγορία Version	84
Εικόνα 42: Simulation Parameters – υποκατηγορία SimulationControl	85
Εικόνα 43: Simulation Parameters – υποκατηγορία Building	86
Εικόνα 44: Simulation Parameters – SurfaceConvectionAlgorithm: Inside	87
Εικόνα 45: Simulation Parameters – SurfaceConvectionAlgorithm: Outside	87
Εικόνα 46: Simulation Parameters – HeatBalanceAlgorithm	88
Εικόνα 47: Simulation Parameters – Timestep	88
Εικόνα 48: Location and Climate – Site: Location	89
Εικόνα 49: Location and Climate – SizingPeriod: DesignDay	89
Εικόνα 50: Location and Climate – RunPeriod	90
Εικόνα 51: Location and Climate – Site: GroundTemperature: BuildingSurface (Πηγή: http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima/)	90
Εικόνα 52: Surface Construction Elements – Material	92
Εικόνα 53: Surface Construction Elements – Material: NoMass	93
Εικόνα 54: Surface Construction Elements – Material: AirGap	93
Εικόνα 55: Surface Construction Elements – WindowMaterial: Glazing	94
Εικόνα 56: Surface Construction Elements – WindowMaterial: Gas	94
Εικόνα 57: Surface Construction Elements – WindowMaterial: Blind	94
Εικόνα 58: Surface Construction Elements – Construction	95
Εικόνα 59: Thermal Zones and Surfaces – GlobalGeometryRules	95
Εικόνα 60: Thermal Zones and Surfaces – Zone	95
Εικόνα 61: Thermal Zones and Surfaces – ZoneList	96
Εικόνα 62: Thermal Zones and Surfaces – BuildingSurface: Detailed	96
Εικόνα 63: Thermal Zones and Surfaces – FenestrationSurface: Detailed	96
Εικόνα 64: Thermal Zones and Surfaces – InternalMass	96
Εικόνα 65: Thermal Zones and Surfaces – Shading: Zone: Detailed	97
Εικόνα 66: Internal Gains - People	97
Εικόνα 67: Internal Gains - Lights	98
Εικόνα 68: Internal Gains - ElectricEquipment	98
Εικόνα 69: Zone AirFlow - ZoneInfiltration: DesignFlowRate	99
Εικόνα 70: Zone AirFlow - ZoneVentilation: DesignFlowRate	99
Εικόνα 71: HVAC Templates - HVACTemplate: Thermostat	100
Εικόνα 72: HVAC Templates - HVACTemplate: Zone: VRF	100
Εικόνα 73: HVAC Templates - HVACTemplate: System: VRF	101
Εικόνα 74: EP - Launch - View Results	101
Εικόνα 75: Output Reporting - Output: VariableDictionary	102
Εικόνα 76: Output Reporting - Output: Table: SummaryReports	102
Εικόνα 77: Output Reporting - Output: Table: Monthly	103
Εικόνα 78: Output Reporting - OutputControl: Table: Style	103
Εικόνα 79: Output Reporting - Output: Variable	104
Εικόνα 80: Output Reporting - Output: Meter	104
Εικόνα 81: Output Reporting - Output: SQLite	104
Εικόνα 82: Output Reporting - Output: Diagnostics	105
Εικόνα 83: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε 4 κλιματικές ζώνες σύμφωνα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες	107

Πίνακες

Πίνακας 1: Ετήσια ανάγκη για θέρμανση σε kWh ανά περιοχή.....	25
Πίνακας 2: Εξοικονόμηση για την επίτευξη στόχου ανά τομέα. Πηγή: 1 ^ο ΕΣΔΕΑ, ΥΠΕΚΑ (Ιούνιος 2008).....	37
Πίνακας 3: Το θεσμικό πλαίσιο και η εναρμόνισή του με τις ευρωπαϊκές οδηγίες ^[9, 11-13, 17]	38
Πίνακας 4: Σύγκριση Κεντρικών - Τοπικών Συστημάτων.....	57
Πίνακας 5: Χώροι 1 ^{ου} ορόφου οικίας.....	76
Πίνακας 6: Χώροι 2 ^{ου} ορόφου οικίας.....	77
Πίνακας 7: Εργαλεία Google SketchUp και Open Studio Plug – in.....	79
Πίνακας 8: Schedules – ScheduleTypeLimits.....	91
Πίνακας 9: Schedules – Schedule: Compact.....	92
Πίνακας 10: Κόστος Εγκατάσταση Συστήματος VRF ισχύος 16 KW που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της ενεργειακής μελέτης.....	116

Γραφήματα

Γράφημα 1: Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα (2000 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	19
Γράφημα 2: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα ανά Ενεργειακό Προϊόν (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	20
Γράφημα 3: Ποσοστιαία Κατανομή Μορφών Ενέργειας στην Ελλάδα ανά Έτος (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	21
Γράφημα 4: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα ανά Τομέα (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	22
Γράφημα 5: Ποσοστιαία Κατανομή Μορφών Ενέργειας στην Ελλάδα ανά Τομέα (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	22
Γράφημα 6: Χρονική Περίοδος Κατασκευής Οικιακών Κτιρίων. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.....	23
Γράφημα 7: Ποσοστιαία Κατανομή Κατασκευής Κατοικιών ανά Περίοδο. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.....	23
Γράφημα 8: Ποσοστό Κατοικιών με Μόνωση. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.....	24
Γράφημα 9: Αριθμός Κατοικιών και Είδος Μόνωσης. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.....	24
Γράφημα 10: Ποσοστό Κατοικιών ανά Είδος Θέρμανσης. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.....	25
Γράφημα 11: Ποσοστιαία Κατανομή ανά Χρήση Ενέργειας. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.....	26
Γράφημα 12: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση Νοικοκυριών στην Ελλάδα (1990 - 2016). Πηγή: Eurostat.....	27
Γράφημα 13: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση Νοικοκυριών στην Ελλάδα ανά Καύσιμο (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	28
Γράφημα 14: Ποσοστιαία Κατανομή Μορφών Ενέργειας Νοικοκυριών ανά Καύσιμο (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat.....	28
Γράφημα 15: % Ετήσια σύγκριση του κόστους εγκατάστασης VRF - Αντλίες Θερμότητας.....	73
Γράφημα 16: % Ετήσια σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης VRF - Αντλίες Θερμότητας.....	73
Γράφημα 17: % Ετήσια σύγκριση κόστους ενέργειας VRF - Αντλίες Θερμότητας.....	74
Γράφημα 18: Ελάχιστη – Μέση – Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία στην περιοχή του Αιγίου ...	108

Γράφημα 19: Μέση Μηνιαία Υγρασία στην περιοχή του Αιγίου	108
Γράφημα 20: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση στην περιοχή του Αιγίου.....	109
Γράφημα 21: Συνολικές Μέρες Βροχής στην περιοχή του Αιγίου	109
Γράφημα 22: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Μηνιαία Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη (GJ). Ανθρώπινη παρουσία στους εσωτερικούς χώρους, τιμές κοντά στα 1,1 GJ (Giga Joule) για κάθε μήνα του χρόνου. Οι ηλεκτρικές συσκευές, περίπου 0,9 GJ και ο τεχνητός φωτισμός, περίπου 0,7 GJ για κάθε μήνα του χρόνου	110
Γράφημα 23: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ετήσια Ποσοστιαία Εσωτερικά Κέρδη. Στο σύνολό τους, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη δημιουργούνται κατά 40,07% από τους ανθρώπους, 34,27% από τις ηλεκτρικές συσκευές και 25,65% από τον τεχνητό φωτισμό	110
Γράφημα 24: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ηλιακά Θερμικά Κέρδη (GJ)	111
Γράφημα 25: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Μηνιαίες Θερμικές Απώλειες (GJ)	112
Γράφημα 26: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Θερμικά Κέρδη - Γενικό Σύνολο (GJ)	112
Γράφημα 27: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ψύξη – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος.....	113
Γράφημα 28: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Θέρμανση – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος.....	113
Γράφημα 29: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Τεχνητός Φωτισμός – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος.....	114
Γράφημα 30: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ηλεκτρικές Συσκευές – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος.....	114
Γράφημα 31: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Κατανάλωση Ενέργειας - Κόστος - Γενικό Μηνιαίο Σύνολο.....	115
Γράφημα 32: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Γενικό Ποσοστιαίο Κόστος	115
Γράφημα 33: Κατανάλωση Ενέργειας - VRF - Πετρέλαιο / Φυσικό Αέριο	117
Γράφημα 34: Κόστος - VRF - Πετρέλαιο.....	118
Γράφημα 35: Κόστος - VRF - Φυσικό Αέριο	118
Γράφημα 36: Παραγωγή Ενέργειας - Φ/B 10 kW	119
Γράφημα 37: Κέρδος - Φ/B 10 kW.....	119
Γράφημα 38: % Σύγκριση Κόστους Συστημάτων Θέρμανσης	121
Γράφημα 39: Έτη Απόσβεσης VRF και Αντλιών Θερμότητας	122

1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση και κατ' επέκταση στην Ελλάδα, έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα κτίρια και στις δυνατότητες που αυτά παρουσιάζουν για εξοικονόμηση ενέργειας. Η κτιριακή κατανάλωση ενέργειας αποτελεί ένα τμήμα προς επίλυση του ενεργειακού προβλήματος και κατατάσσεται στο παγκόσμιο ενεργειακό ζήτημα, με προφανή σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα είναι κατασκευασμένα σε χρονικές περιόδους στις οποίες η ενέργεια ήταν φθηνή. Το ζήτημα του παγκόσμιου ενεργειακού αποθέματος δεν ήταν έντονο, με αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά να είναι ενεργοβόρα. Η απερίσκεπτη χρήση ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των συμβατικών μορφών της, όπως είναι το πετρέλαιο, ο λιγνίτης κ.α., ενώ παράλληλα η ανάπτυξη του κατασκευαστικού τομέα καθώς και της τεχνολογίας απαιτούσαν σημαντική αύξηση των ενεργειακών αναγκών.

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή που, ταυτόχρονα, διαθέτει υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με αντίστοιχα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Προς αυτήν την κατεύθυνση κινείται τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως και η Ελλάδα, με προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων, όπως είναι το «Εξοικονομώ κατ' οίκων» καθώς και με προγράμματα εγκατάστασης μικρών φωτοβολταϊκών μονάδων στα κτίρια, τα οποία προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες παραγωγής, αποθήκευσης και εξοικονόμησης ενέργειας.

1.1 Σκοπός Διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι

- 1) Η ενεργειακή προσομοίωση μονοκατοικίας στην περιοχή του Αιγίου
- 2) Χρήση διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης – ψύξης με στόχο να επιτευχθεί θερμική άνεση στους εσωτερικούς χώρους με παράλληλη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας και σύγκριση στην κατανάλωση και το κόστος ενέργειας μεταξύ των συστημάτων αυτών.

1.2 Μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε επισκόπηση τόσο της ελληνικής όσο και της διεθνούς βιβλιογραφίας, χρησιμοποιήθηκαν πηγές από το διαδίκτυο αλλά και υλικό που εστάλη για τις ανάγκες συγγραφής της διπλωματικής εργασίας, με σκοπό την κατανόηση των συστημάτων HVAC. Βάση των παραπάνω, έγινε η συγγραφή του θεωρητικού μέρους της εργασίας.

Για το ερευνητικό μέρος, αποφασίστηκε η επιλογή του κατάλληλου συστήματος HVAC (η επιλογή του κατάλληλου συστήματος έγινε βάση της διπλωματικής εργασίας από την Βενιανάκη Γεωργία^[3] και ακολούθως μελετήθηκε, από πηγές του διαδικτύου, η λειτουργία των προγραμμάτων προσομοίωσης (Open Studio – Google Sketch Up, Energy Plus), πως συνεργάζονται τα δύο αυτά προγράμματα για την ενεργειακή προσομοίωση καθώς και τα δεδομένα εξόδου που δίνουν.

1.3 Δεδομένα και λογισμικό που χρησιμοποιήθηκαν στην Διπλωματική εργασία

Για το θεωρητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας αντλήθηκαν δεδομένα από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία και την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία τα οποία αναλύθηκαν και παρουσιάστηκαν γραφικά χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microsoft Office Excel.

Όσον αφορά το ερευνητικό μέρος, για την μοντελοποίηση της μονοκατοικίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Google Sketch-up και συγκεκριμένα το Open – Studio plug – in. Τα δεδομένα που εξήχθησαν από το παραπάνω πρόγραμμα (χαρακτηριστικά και διάταξη του κτιρίου, θερμικές ζώνες, γεωγραφική περιοχή) χρησιμοποιήθηκαν για την ενεργειακή προσομοίωση της μονοκατοικίας μέσω του προγράμματος Energy – Plus. Ακολούθως, τα αποτελέσματα του Energy – Plus (εσωτερικά θερμικά κέρδη, ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες, κατανάλωση ενέργειας) αναλύθηκαν και παρουσιάστηκαν γραφικά μέσω του προγράμματος Microsoft Office Excel. Τέλος για την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Office Word.

1.4 Δομή της παρούσας Διπλωματικής εργασίας

Το πρώτο κεφάλαιο ασχολείται εισαγωγικά για την ενέργεια των κτιρίων στην Ελλάδα και τον σκοπό της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα και αναγράφεται η υπάρχουσα νομοθεσία που αφορά τον ενεργειακό τομέα, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί μια παρουσίαση των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης (HVAC). Αρχικά, αναφέρεται τι είναι το σύστημα θέρμανσης, το σύστημα ψύξης και το σύστημα εξαερισμού των συστημάτων HVAC. Ακολούθως, παρουσιάζονται τα βασικά εξαρτήματα και ο τρόπος λειτουργίας των συστημάτων HVAC. Τέλος, δίνεται μία κατηγοριοποίηση των συστημάτων αυτών και ο τρόπος λειτουργίας της τεχνολογίας VRF η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην ενεργειακή προσομοίωση της οικίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μοντελοποίηση του κτιρίου μέσω από το πρόγραμμα Google SketchUp, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ενεργειακή προσομοίωση και οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν από το πρόγραμμα Energy Plus.

Στο έκτο κεφάλαιο λαμβάνει χώρα η παρουσίαση και η ενεργειακή ανάλυση, μέσω του προγράμματος Excel, των δεδομένων που προέκυψαν από την ενεργειακή προσομοίωση. Αρχικά αναφέρονται τα κλιματικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής του Αιγίου, ενώ ακολούθως παρουσιάζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, τα ηλιακά κέρδη και οι θερμικές απώλειες. Εν συνεχεία, εξάγονται αποτελέσματα, τα οποία αφορούν την κατανάλωση, το κόστος ενέργειας καθώς και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος που έχει επιλεχθεί (VRF). Τέλος, συγκρίνεται η κατανάλωση και το κόστος ενέργειας του συστήματος VRF με συστήματα που χρησιμοποιούν πετρελαίου, φυσικό αέριο καθώς και η μείωση στο κόστος ενέργειας που επιτυγχάνεται με την χρήση φωτοβολταϊκών.

Στο έβδομο κεφάλαιο αξιολογούνται τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την ενεργειακή προσομοίωση και εξάγονται τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

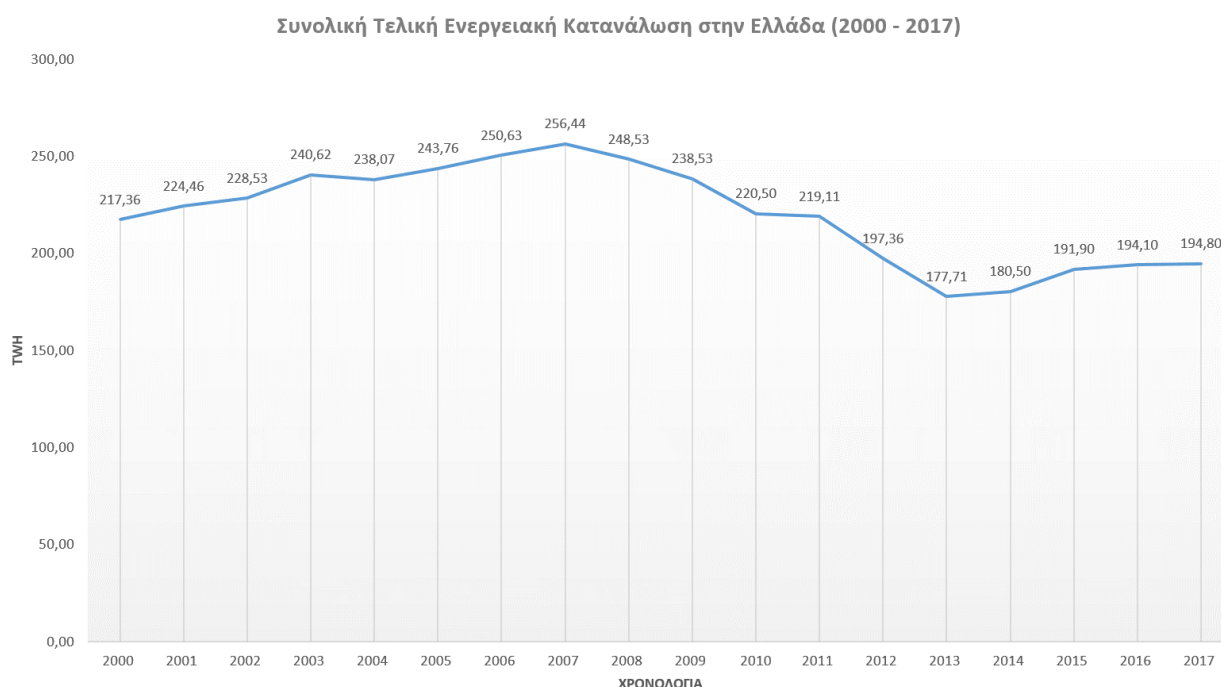
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στοιχεία για την ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα, τα οποία έχουν εξαχθεί από μετρήσεις της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας (Eurostat) καθώς και από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ). Τα στοιχεία που παρουσιάζονται αφορούν τα εξής:^[4-7]

- Τελική ενεργειακή κατανάλωση από το 2000 – 2017
- Τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά ενεργειακό προϊόν από το 2006 – 2017
- Τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα από το 2006 – 2017
- Ενεργειακή κατανάλωση οικιακών κτιρίων

2.1 Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση

Ως τελική ενεργειακή κατανάλωση ορίζεται η ενέργεια που καταναλώνουν οι τελικοί χρήστες, όπως η βιομηχανία, οι μεταφορές, τα νοικοκυριά, οι υπηρεσίες και η γεωργία. Αποκλείει την κατανάλωση ενέργειας του ίδιου του ενεργειακού τομέα καθώς και τις απώλειες που σημειώνονται κατά τη μετατροπή και διανομή της ενέργειας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat, η ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα από το 2000 έως και το 2007 παρουσίαζε ανοδική πορεία με την μέγιστη τιμή της το 2007 (256,44 TWh). Από το 2008 έως το 2013, παρατηρείται απότομη πτώση, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην οικονομική κρίση που έπληξε τη χώρα και λιγότερο σε νέες τεχνολογίες εξοικονόμηση ενέργειας. Από το 2014 έως και το 2017, η ενεργειακή κατανάλωση δείχνει να ομαλοποιείται, έχοντας αποκτήσει μία μικρή ανοδική πορεία (Γράφημα 1).

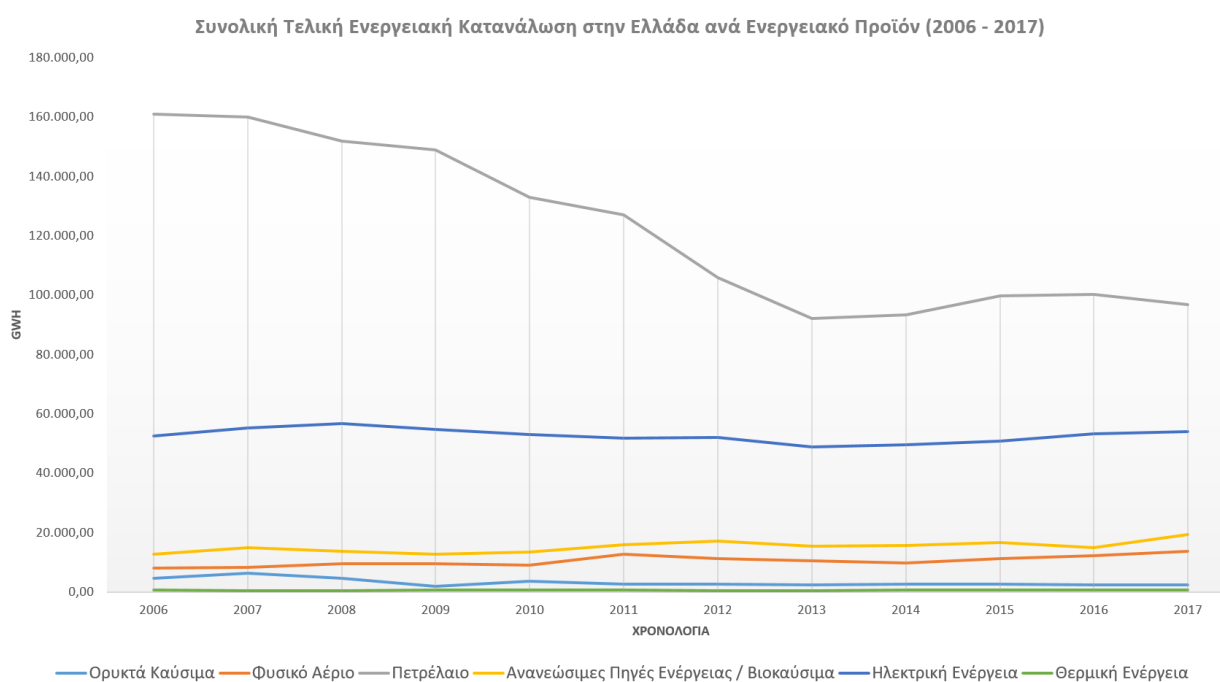


Γράφημα 1: Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα (2000 - 2017). Πηγή: Eurostat

2.2 Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Ενεργειακό Προϊόν

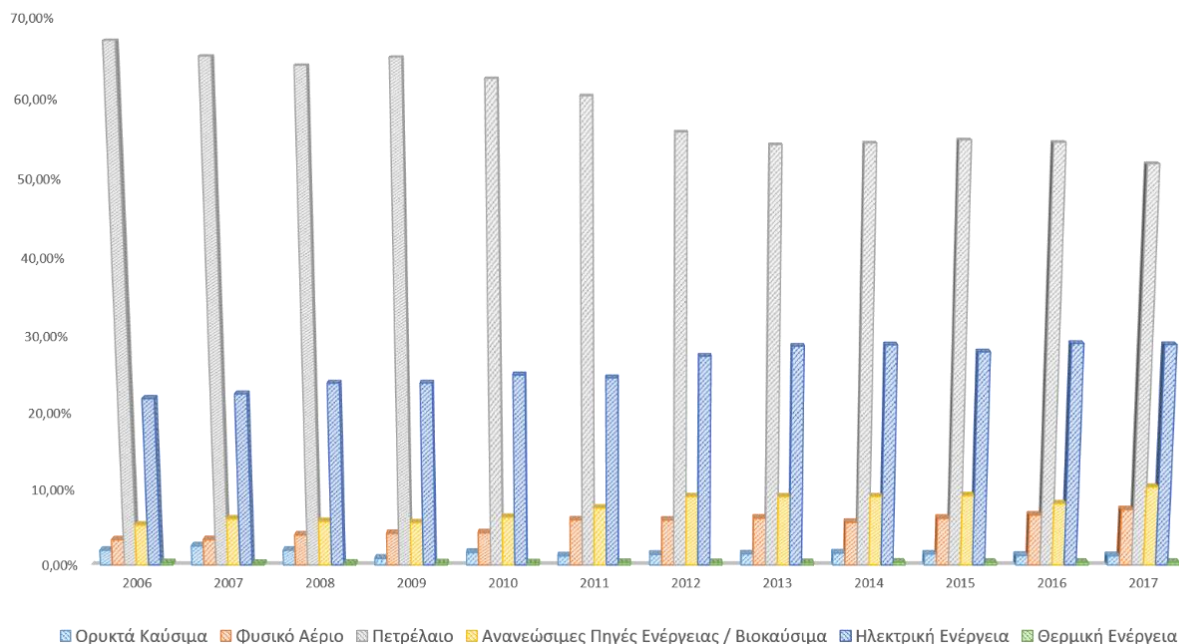
Η τελική κατανάλωση ενέργειας ανά ενεργειακό προϊόν καλύπτει την κατανάλωση ενέργειας των τελικών χρηστών, όπως η βιομηχανία, οι μεταφορές, τα νοικοκυριά, οι υπηρεσίες και η γεωργία. Εξαιρείται η κατανάλωση του ίδιου του ενεργειακού τομέα και οι ζημίες που σημειώνονται κατά τη μετατροπή και τη διανομή ενέργειας. Εξαιρεί επίσης όλες οι μη ενεργειακές χρήσεις των φορέων ενέργειας (π.χ. φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή χημικών, λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο, πίσσα που χρησιμοποιείται για την οδική επιφάνεια). Οι ποσότητες που παραδίδονται στις διεθνείς αεροπορικές και διεθνείς θαλάσσιες αποθήκες εξαιρούνται επίσης από την τελική κατανάλωση ενέργειας.

Σύμφωνα με τα εξαχθέντα στοιχεία για την Ελλάδα είναι ξεκάθαρο ότι η βασική πηγή ενέργειας είναι το πετρέλαιο, με συνεχώς όμως μειωμένο ρυθμό (Γράφημα 2 – Γράφημα 3). Ο λόγος εκτός της οικονομικής κρίσης, είναι η συνεχώς αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου με αποτέλεσμα την αλλαγή σε άλλες πηγές ενέργειας (όπως είναι η ηλεκτρική) αλλά και σε ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας).



Γράφημα 2: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα ανά Ενεργειακό Προϊόν (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat

ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (2006 - 2017)

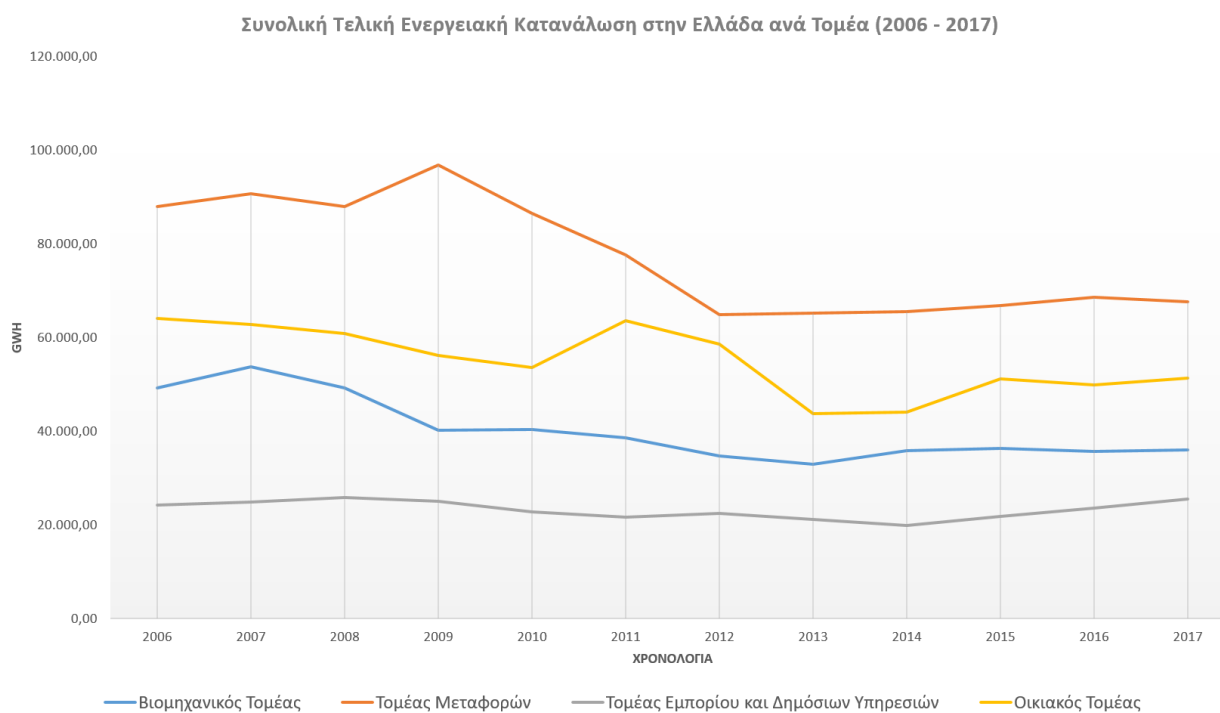


Γράφημα 3: Ποσοστιαία Κατανομή Μορφών Ενέργειας στην Ελλάδα ανά Έτος (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat

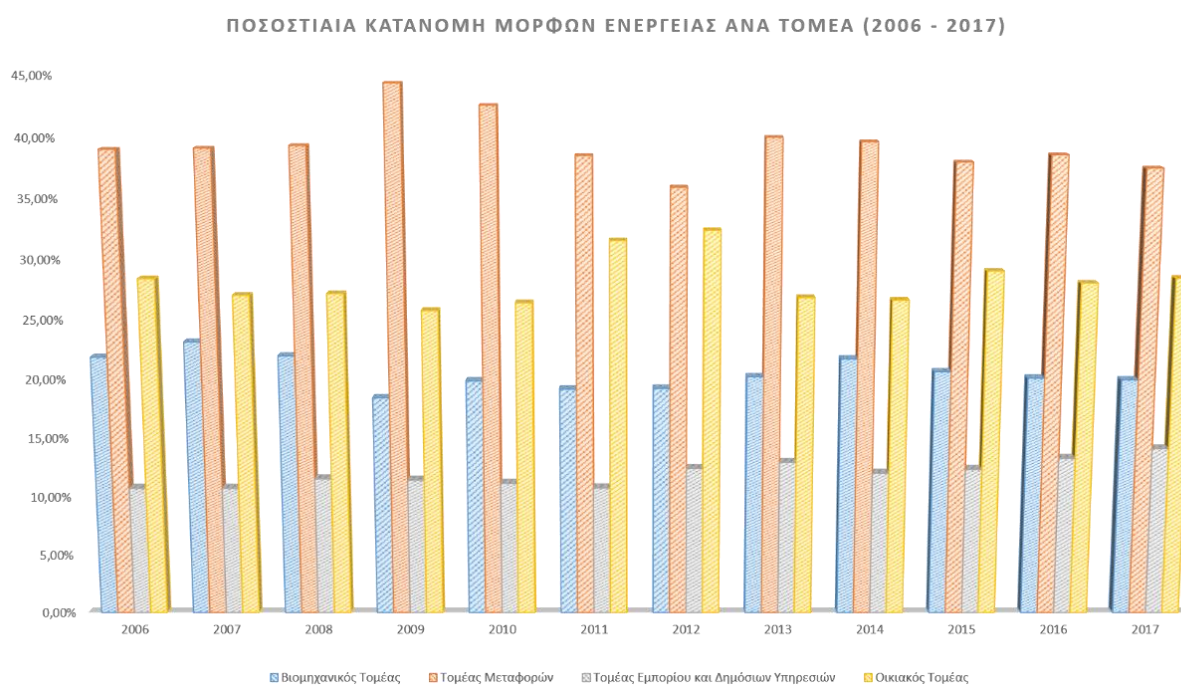
2.3 Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Τομέα

Η τελική κατανάλωση ενέργειας καλύπτει την κατανάλωση ενέργειας των τελικών χρηστών, όπως η βιομηχανία, οι μεταφορές, τα νοικοκυριά, οι υπηρεσίες και η γεωργία. Εξαιρείται η κατανάλωση του ίδιου του ενεργειακού τομέα και οι ζημίες που σημειώνονται κατά τη μετατροπή και τη διανομή ενέργειας (π.χ. σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης, διυλιστήρια πετρελαίου, φούρνοι οπτανθρακοποίησης, υψικάμινοι). Εξαιρεί επίσης όλες τις μη ενεργειακές χρήσεις των φορέων ενέργειας (π.χ. φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή χημικών, λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο, πίσσα που χρησιμοποιείται για την οδική επιφάνεια). Οι ποσότητες που παραδίδονται στις διεθνείς αεροπορικές και διεθνείς θαλάσσιες αποθήκες εξαιρούνται επίσης από την τελική κατανάλωση ενέργειας.

Από τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας για τους τέσσερις (4) βασικούς τομείς (Βιομηχανία, Μεταφορές, Οικιακός και τομέας εμπορίου και δημόσιων υπηρεσιών), ο πιο ενεργοβόρος είναι ο τομέας των μεταφορών με δεύτερο τον οικιακό τομέα. Η βασική διαφορά είναι ότι ενώ στον τομέα των μεταφορών η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει συνεχώς πτωτική πορεία, οι υπόλοιποι τρεις (3) βρίσκονται περίπου στα ίδια επίπεδα τα τελευταία δέκα (10) χρόνια (Γράφημα 4 – Γράφημα 5).



Γράφημα 4: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα ανά Τομέα (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat

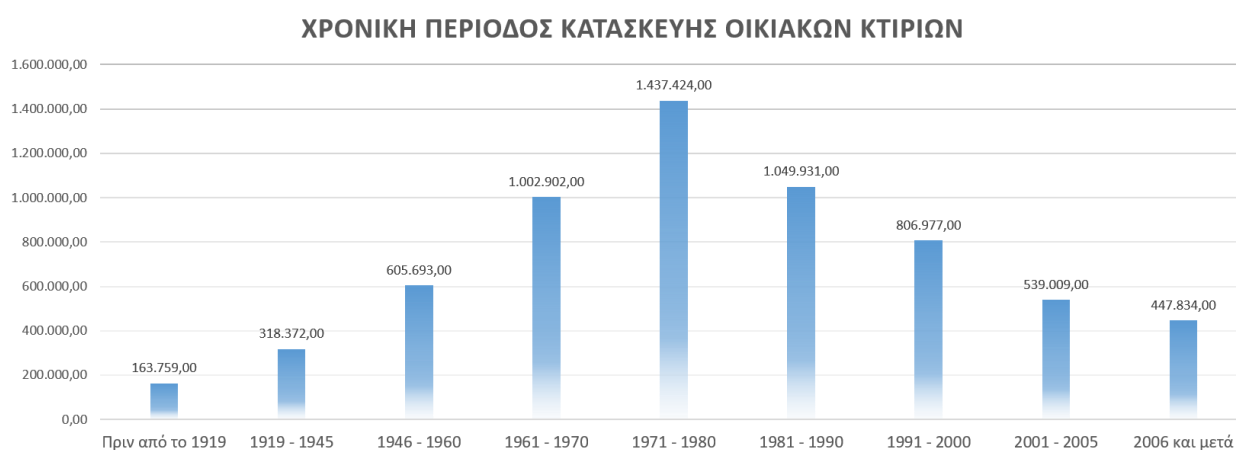


Γράφημα 5: Ποσοστιαία Κατανομή Μορφών Ενέργειας στην Ελλάδα ανά Τομέα (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat

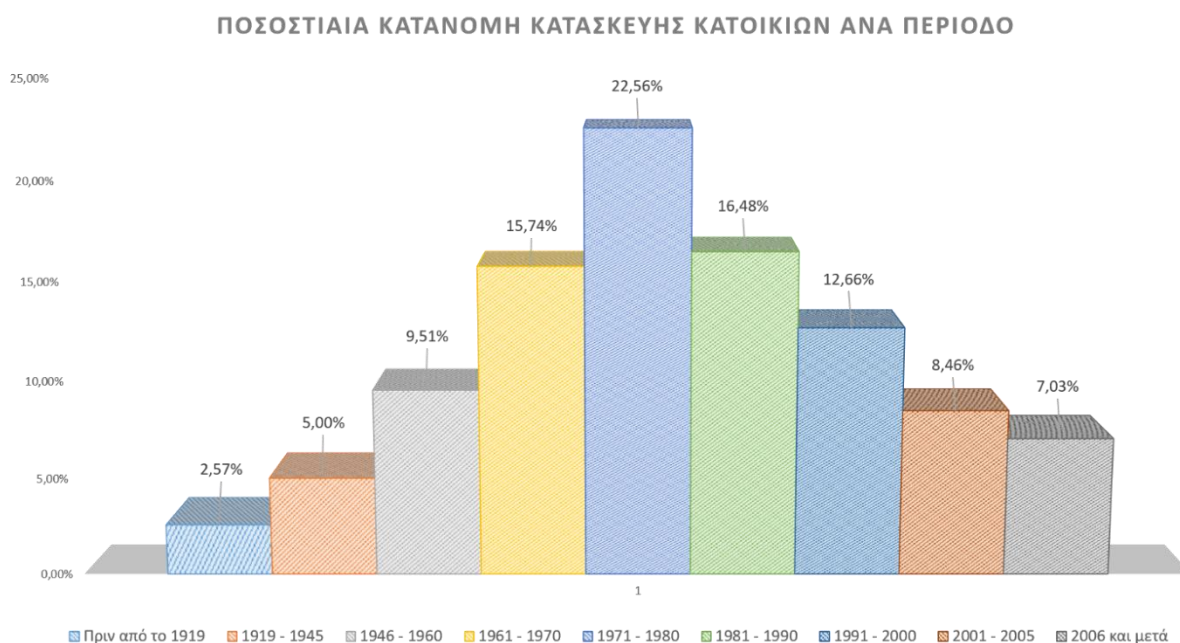
2.4 Ενεργειακή κατανάλωση Οικιακών Κτιρίων

Παρακάτω παρατίθενται στατιστικά δεδομένα από την έρευνα που διενεργήθηκε από την ΕΛΣΤΑΤ το 2011, με τίτλο «Γενικές Απογραφές Κτιρίων και Πληθυσμού Κατοικιών 2011». Τα δεδομένα αυτά αφορούν την κατηγορία «Χαρακτηριστικά κατοικιών – νοικοκυριών».

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, το σύνολο των κατοικιών στην Ελλάδα ανέρχεται στα 6.371.901, από τις οποίες οι περισσότερες κατασκευάστηκαν την περίοδο 1971 έως 1980, με τον αριθμό αυτών να ανέρχεται στα 1.437.424 κατοικίες (22,56% επί του συνόλου) (Γράφημα 6 – Γράφημα 7).



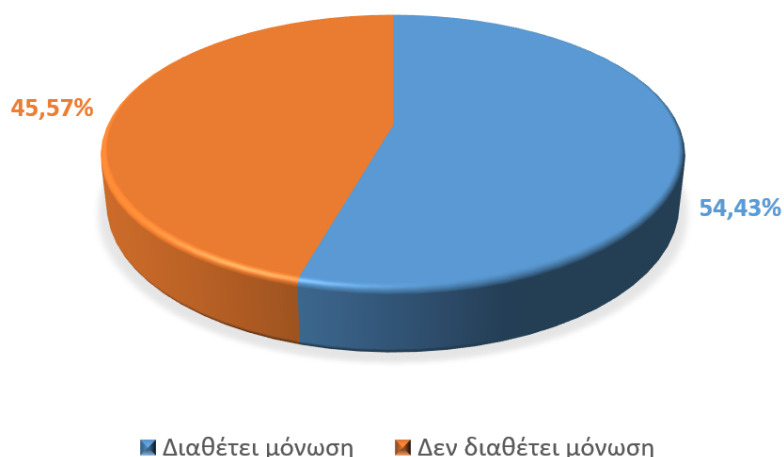
Γράφημα 6: Χρονική Περίοδος Κατασκευής Οικιακών Κτιρίων. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ



Γράφημα 7: Ποσοστιαία Κατανομή Κατασκευής Κατοικιών ανά Περίοδο. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

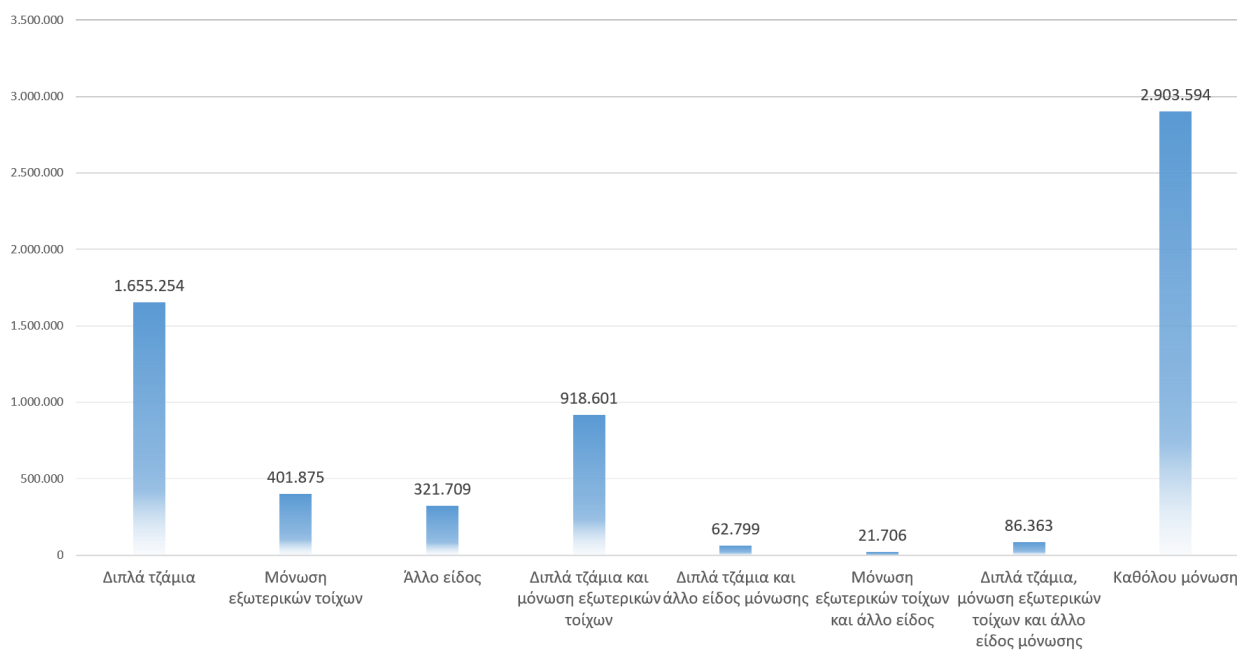
Στο σύνολο των κατοικιών, το ποσοστό αυτών που διαθέτουν μόνωση είναι 54,43% ενώ το 45,57% δεν διαθέτει (Γράφημα 8). Από τις κατοικίες που διαθέτουν κάποιο είδος μόνωσης, το επικρατέστερο είναι τα διπλά τζάμια και η μόνωση εξωτερικών τοίχων (Γράφημα 9).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ



Γράφημα 8: Ποσοστό Κατοικιών με Μόνωση. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

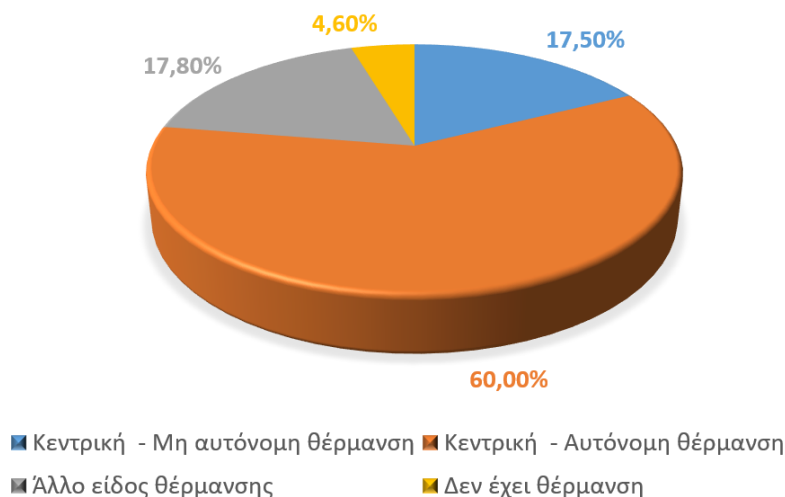
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΟΣ ΜΟΝΩΣΗΣ



Γράφημα 9: Αριθμός Κατοικιών και Είδος Μόνωσης. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Όσον αφορά την θέρμανση των κατοικιών, στο μεγαλύτερο μέρος των κατοικιών χρησιμοποιείται κεντρική αυτόνομη θέρμανση (60%), το 17,8% χρησιμοποιεί άλλο είδος θέρμανσης, το 17,5% χρησιμοποιεί κεντρική μη αυτόνομη θέρμανση ενώ ποσοστό 4,6% δεν έχει θέρμανση (Γράφημα 10).

ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



Γράφημα 10: Ποσοστό Κατοικιών ανά Είδος Θέρμανσης. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

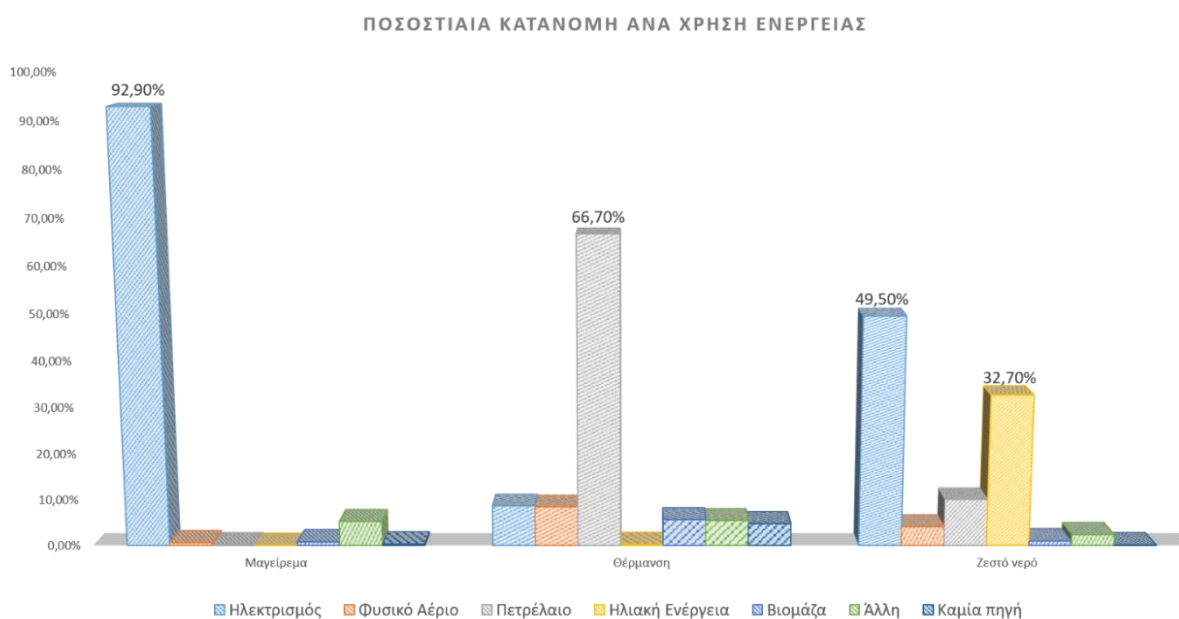
Στον Πίνακα 1, αναφέρονται προσεγγιστικά οι ανάγκες για θέρμανση σε kWh για την Ελλάδα.^[8]

Περιοχή	Είδος Κτιρίου	Ετήσια ανάγκη ανά m^2
Νότια Ελλάδα	Μονοκατοικία (με μόνωση)	35 kWh
	Μονοκατοικία (χωρίς μόνωση)	115 kWh
	Πολυκατοικία (με μόνωση)	25 kWh
	Πολυκατοικία (χωρίς μόνωση)	95 kWh
Κεντρική Ελλάδα	Μονοκατοικία (με μόνωση)	55 kWh
	Μονοκατοικία (χωρίς μόνωση)	185 kWh
	Πολυκατοικία (με μόνωση)	45 kWh
	Πολυκατοικία (χωρίς μόνωση)	145 kWh
Βόρεια Ελλάδα	Μονοκατοικία (με μόνωση)	75 kWh
	Μονοκατοικία (χωρίς μόνωση)	245 kWh
	Πολυκατοικία (με μόνωση)	45 kWh
	Πολυκατοικία (χωρίς μόνωση)	145 kWh

Πίνακας 1: Ετήσια ανάγκη για θέρμανση σε kWh ανά περιοχή

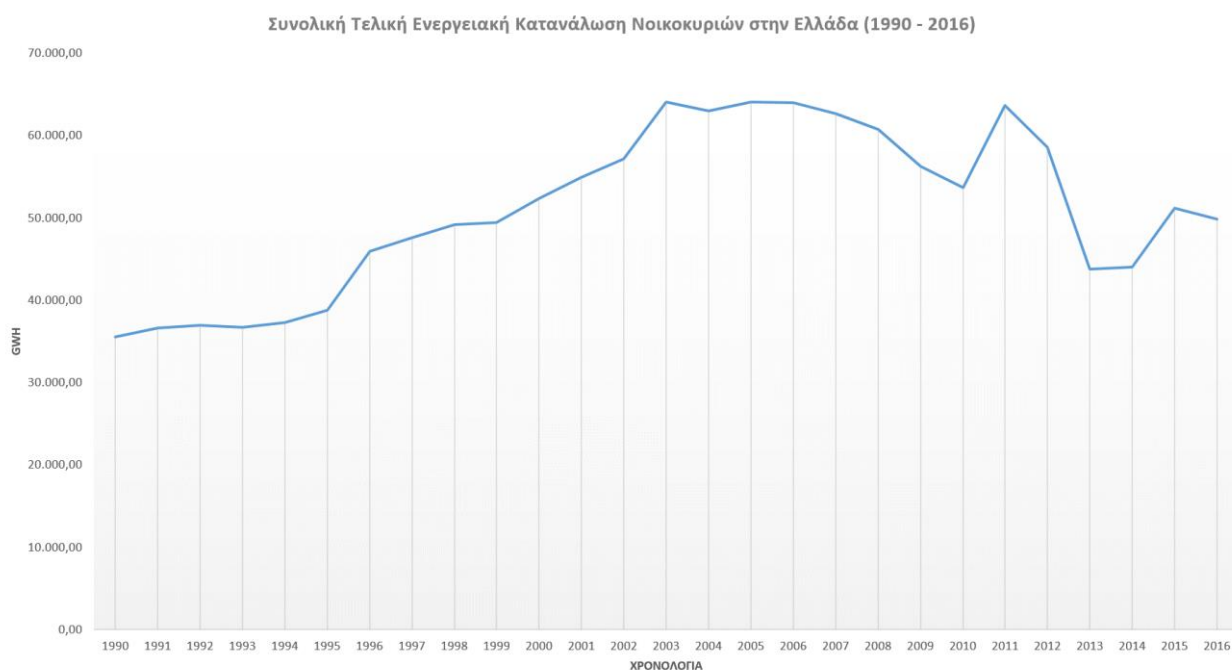
Προφανώς υπάρχουν και ενδιάμεσες καταστάσεις, όπως για παράδειγμα, οικία μη επαρκώς μονωμένη ή περιοχή στη Βόρεια Ελλάδα αλλά με θερμότερο μικροκλίμα. Για να ξέρουμε λοιπόν πόσες ακριβώς kWh απαιτούνται για τη θέρμανση του κτιρίου, απαιτείται, μέτρηση από Μηχανολόγο Μηχανικό.

Η χρήση ενέργειας ανάλογα με τις λειτουργίες που επιτελούνται φαίνεται στο Γράφημα 11. Στις κατοικίες για μαγείρεμα χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια σε ποσοστό 92,9% ενώ για την θέρμανση ένα μεγάλο μέρος των κατοικιών χρησιμοποιεί πετρέλαιο (66,7%). Τέλος, για την ύπαρξη ζεστού νερού χρησιμοποιείται ηλεκτρισμός σε ποσοστό 49,5% και ηλιακή ενέργεια σε ποσοστό 32,7%.



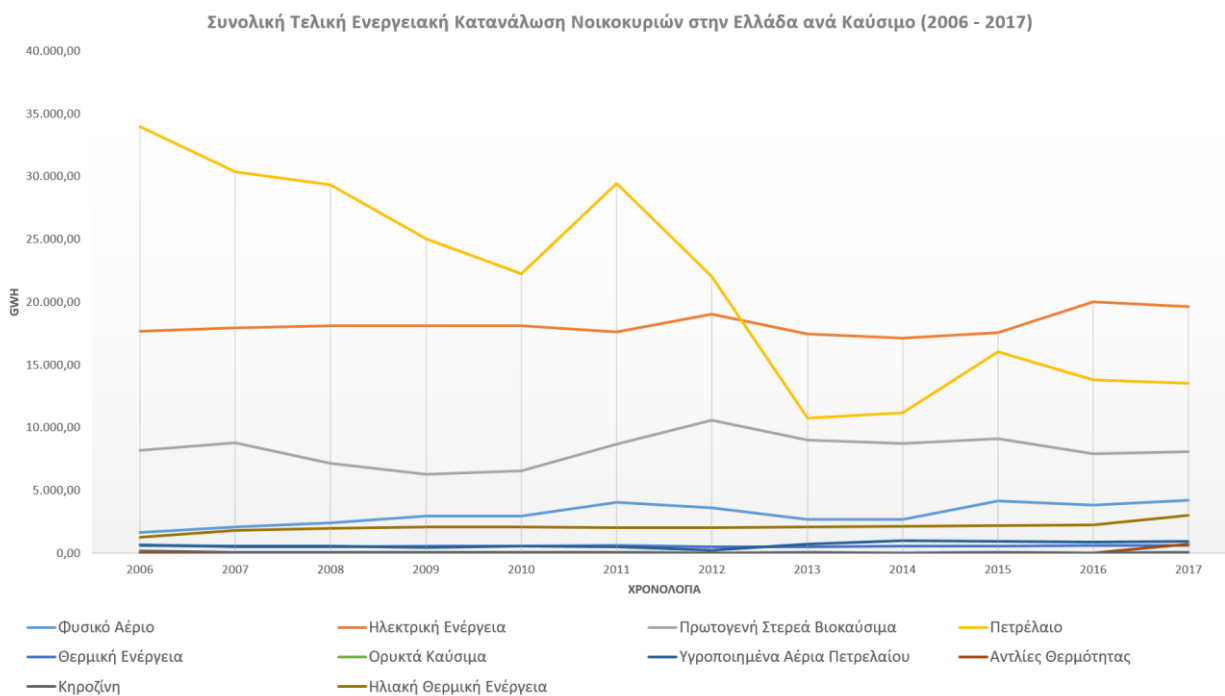
Γράφημα 11: Ποσοστιαία Κατανομή ανά Χρήση Ενέργειας. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Η συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών στην Ελλάδα έχει ανοδική πορεία από το 1990 μέχρι το 2011, με μία προσωρινή μείωση την διετία 2008 - 2010. Η άνοδος αυτή οφείλεται κυρίως στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες των νοικοκυριών για ενέργεια. Ακολουθεί μία περίοδος από το 2011 έως και το 2014 στην οποία η κατανάλωση ενέργειας ακολούθησε πτωτική πορεία κυρίως λόγω οικονομικής κρίσης. Από το 2014 και έπειτα ακολουθεί ανοδική πορεία, όπως φαίνεται στο Γράφημα 12.

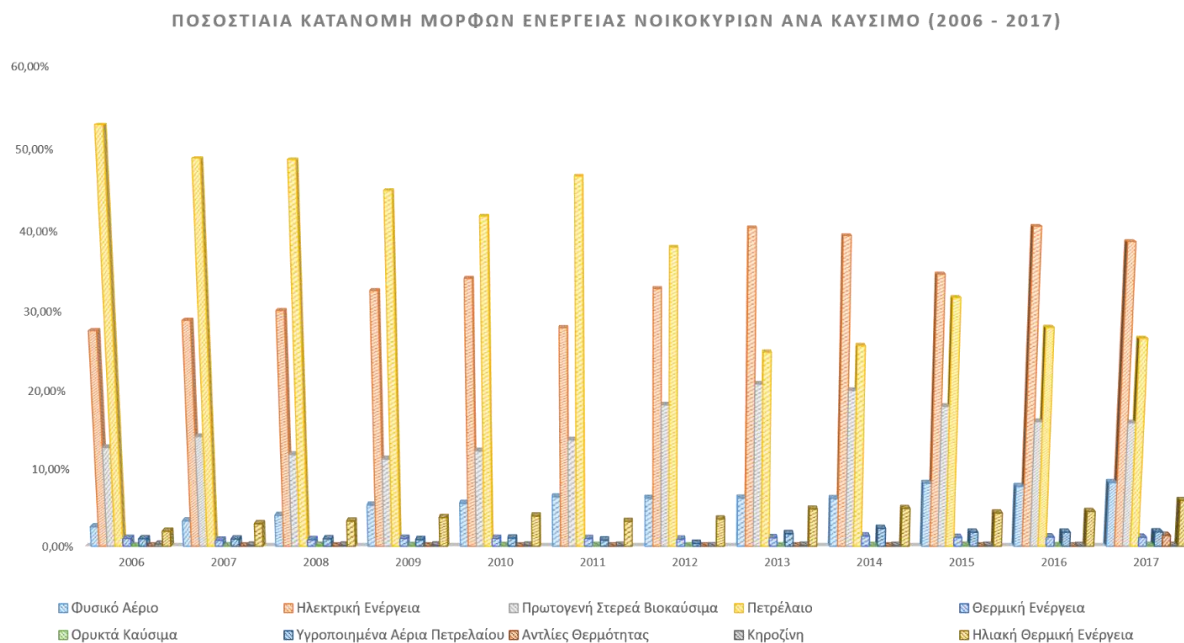


Γράφημα 12: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση Νοικοκυριών στην Ελλάδα (1990 - 2016). Πηγή: Eurostat

Όπως προκύπτει από την έρευνα της Eurostat, μέχρι το 2012 τα περισσότερα νοικοκυριά χρησιμοποιεί το πετρέλαιο ως κύρια πηγή ενέργειας και ακολουθεί ως δεύτερη η ηλεκτρική με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες. Από το 2012 και έπειτα, ενώ η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας παρέμεινε στα ίδια επίπεδα, η χρήση του πετρελαίου έπεσε κατακόρυφα (Γράφημα 13 – Γράφημα 14).



Γράφημα 13: Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση Νοικοκυριών στην Ελλάδα ανά Καύσιμο (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat



Γράφημα 14: Ποσοστιαία Κατανομή Μορφών Ενέργειας Νοικοκυριών ανά Καύσιμο (2006 - 2017). Πηγή: Eurostat

Μια σημαντική πηγή θερμότητας στα κτίρια είναι οι άνθρωποι και οι δραστηριότητές τους, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Στο σύνολο τους, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη προκαλούνται από:

- **Ανθρώπους (θερμική ενέργεια λόγω μεταβολισμού):** Όλα τα ενεργά ζώα, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, χάνουν θερμότητα στο περιβάλλον τους εξαιτίας της μεταβολικής τους δραστηριότητας, η οποία σχετίζεται με τη δραστηριότητα που ασκεί το υποκείμενο (δηλαδή καθιστική ζωή, ύπνος, χορός κλπ.) Η θερμότητα μπορεί να απελευθερωθεί ως λογική ή λανθάνουσα θερμότητα. Η απελευθέρωση θετικής θερμότητας οφείλεται στην υψηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να έχει η επιφάνεια του δέρματος σε σχέση με το περιβάλλον, ενώ η λανθάνουσα θερμότητα απελευθερώνεται με αναπνοή και εφίδρωση.
- **Τεχνητό φωτισμό:** Όλη η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται από μια λάμπα τελικά απελευθερώνεται ως θερμότητα. Η ενέργεια εκπέμπεται μέσω αγωγιμότητας, μεταφοράς ή ακτινοβολίας. Όταν ανάβει το τεχνητό φως, το ίδιο το φωτιστικό απορροφά μέρος της θερμότητας που εκπέμπεται από τη λάμπα. Κάποια από αυτή τη θερμότητα μπορεί στη συνέχεια να μεταδοθεί στη δομή του κτιρίου, ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης του φωτιστικού. Η ενέργεια ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια λάμπα θα έχει ως αποτέλεσμα το θερμικό κέρδος στον χώρο μόνο αφού απορριφθεί από τις επιφάνειες του δωματίου.
- **Ηλεκτρικές Συσκευές:** Η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών καταλήγουν σε θερμότητα που φτάνει στο χώρο ίση με τη συνολική ισχύ. Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη μπορούν να εκτιμηθούν από βασικά δεδομένα, αλλά πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να επιτρέπεται η ποικιλία χρήσης, η αδρανής λειτουργία και οι επιπτώσεις των χαρακτηριστικών εξοικονόμησης ενέργειας του εξοπλισμού.

2.5 Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζοντας τον ενεργειακό ρόλο των κτιρίων στην κατανάλωση ενέργειας και τον αντίκτυπο που αυτά έχουν στο περιβάλλον μέσω των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, έχει θεσπίσει μία σειρά οδηγιών η οποίες έχουν ως στόχο την μείωση της ενεργειακής της εξάρτησης μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής της αποδοτικότητας. Ένας από τους παράγοντες που συμβάλουν προς την επίτευξη του παραπάνω στόχου είναι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Στις παρακάτω υποενότητες παρατίθενται οι ευρωπαϊκές οδηγίες καθώς και η ενσωμάτωσή τους στην ελληνική νομοθεσία.^[9, 10]

2.5.1 Οδηγία 2002/91/EK (Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων)

Το 2002 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εκδίδει την κοινοτική οδηγία 2002/91/EK (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD)^[11] όπου για πρώτη φορά χρησιμοποιείται επίσημα ο όρος «ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων». Οι διατάξεις της καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ψύξη, αερισμό και φωτισμό για νεόδμητα αλλά και υφιστάμενα κτήρια.

Η οδηγία θεσπίζει απαιτήσεις που αφορούν το γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων και ριζικά ανακαινισμένων κτηρίων, την ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων και την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού.

2.5.2 Οδηγία 2006/32/EK (Ενεργειακή Απόδοση κατά την Τελική Χρήση και Ενεργειακές Υπηρεσίες)

Η κοινοτική οδηγία 2006/32/EK^[12] θέτει ενδεικτικά μέτρα, κίνητρα, καθώς και οικονομικά και νομικά πλαίσια, έτσι ώστε να αρθούν τα εμπόδια και οι ατέλειες της αγοράς που παρεμποδίζουν την αποδοτική χρήση της ενέργειας. Επίσης, δημιουργεί συνθήκες για την ανάπτυξη και την προώθηση μιας αγοράς προσανατολισμένης προς τις υπηρεσίες ενέργειας, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και άλλα μέτρα που συντελούν στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης.

Σύμφωνα με την οδηγία αυτή (Energy Services Directive – ESD), τα κράτη μέλη οφείλουν να υιοθετήσουν και να επιτύχουν 9% μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια, μέσα στο πλαίσιο του εθνικού σχεδίου δράσης για την ενεργειακή απόδοση (ΣΔΕΑ). Επίσης, τα κράτη μέλη είναι υπεύθυνα για τη σύσταση ανεξαρτήτων δημοσίων οργανισμών, οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση της προόδου. Ο δημόσιος τομέας, επίσης, πρέπει να πάρει μέτρα με σκοπό την αγορά συσκευών και οχημάτων που καταναλώνουν χαμηλά ποσά ενέργειας, καθώς και τη σύσταση οργάνων οικονομικής υποστήριξης. Ένα άλλο σημαντικό σημείο της οδηγίας αυτής αφορά τους λογαριασμούς για την αγορά ενέργειας που πληρώνουν οι κάτοικοι του κράτους μέλους, οι οποίοι πρέπει να βασίζονται μόνο στην εκάστοτε κατανάλωση. Επίσης, πρέπει να εγκαθίστανται σε κάθε καταναλωτή προσωπικοί μετρητές που να δείχνουν το ακριβές ποσό ενέργειας που καταναλώθηκε.

2.5.3 Οδηγία 2010/31/ΕΕ (Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων – Αναδιατύπωση της Οδηγίας 2002/91/EK)

Το 2010 η ΕΕ, μέσω της οδηγίας 2010/31/ΕΕ,^[9] εκδίδει την αναδιατύπωση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων (2002/91/EK) και εισάγει την έννοια του «κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας», υποχρεώνει τα κράτη μέλη να καταθέσουν εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και θέτει ως στόχο από τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτήρια να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, ενώ τα νέα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν και αυτά κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018.

Τέλος, εισάγεται η μεθοδολογία του καθορισμού των ελαχίστων ενεργειακών απαιτήσεων βάσει υπολογισμών βέλτιστου κόστους, δίνοντας τη δυνατότητα για θέσπιση διαφορετικών απαιτήσεων για νέα και υφιστάμενα κτήρια.

2.5.4 Οδηγία 2012/27/EK (Ενεργειακή Αποδοτικότητα)

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2012/27/ΕΕ^[13] για την ενεργειακή απόδοση (Energy Efficiency Directive – EED) θεσπίζει ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης εντός της ΕΕ προκειμένου να διασφαλίσει την επίτευξη του πρωταρχικού στόχου για το 2020 της ΕΕ για 20% στην ενεργειακή απόδοση και να προετοιμάσει το έδαφος για περαιτέρω βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης πέραν της προαναφερόμενης χρονολογίας.

Στο άρθρο 3 της εν λόγω οδηγίας ορίζεται ότι κάθε κράτος μέλος θεσπίζει έναν ενδεικτικό εθνικό στόχο ενεργειακής απόδοσης, βασιζόμενο είτε στην πρωτογενή ή τελική κατανάλωση ενέργειας, είτε στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ή τελικής ενέργειας, είτε στην ενεργειακή ένταση. Εν συνεχεία, στο άρθρο 7 της οδηγίας ορίζεται στόχος εξοικονόμησης ενέργειας στην τελική χρήση.

Ο στόχος αυτός ισοδυναμεί τουλάχιστον με την πραγματοποίηση νέων εξοικονομήσεων κάθε χρόνο, από την 1η Ιανουαρίου 2014 έως τις 31η Δεκεμβρίου 2020, ίσων με το 1,5% των κατ' όγκο ετήσιων πωλήσεων ενέργειας στους τελικούς καταναλωτές όλων των διανομέων ενέργειας ή όλων των εταιρειών λιανικής πώλησης ενέργειας, σε σχέση με τον μέσο όρο των τριών τελευταίων ετών πριν από την 1η Ιανουαρίου 2013, με τη δυνατότητα εξαίρεσης των κατ' όγκο πωλήσεων ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μεταφορές. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, κάθε κράτος μέλος δύναται είτε να εφαρμόσει εναλλακτικά μέτρα πολιτικής, είτε να σχεδιάσει καθεστώτα επιβολής, μετακυλώντας το στόχο στους διανομείς ενέργειας ή/και τις εταιρείες λιανικής πώλησης ενέργειας, είτε να προβεί στο συνδυασμό και των δύο.

Οι κυριότερες διατάξεις της συγκεκριμένης οδηγίας που σχετίζονται με τον κτηριακό τομέα είναι οι εξής:

- Τα κράτη μέλη θεσπίζουν μια μακροπρόθεσμη στρατηγική για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτηριακού αποθέματος.
- Κάθε κράτος μέλος μεριμνά, ώστε από την 1η Ιανουαρίου 2014 να ανακαινίζεται κάθε χρόνο το 3% του συνολικού εμβαδού δαπέδου θερμαινόμενων ή/και ψυχόμενων κτηρίων, που είναι ιδιόκτητα και καταλαμβανόμενα από την κεντρική δημόσια διοίκησή τους.
- Τα κράτη μέλη παροτρύνουν τους δημοσίους φορείς να εγκρίνουν σχέδιο ενεργειακής απόδοσης (ΣΔΕΑ), να καθιερώσουν σύστημα διαχείρισης ενέργειας (ΣΔΕ) και να χρησιμοποιούν, ενδεχομένως, εταιρείες ενεργειακών υπηρεσιών (ΕΕΥ) και συμβάσεις ενεργειακής απόδοσης (ΣΕΑ) για να χρηματοδοτούν ανακαινίσεις και να εφαρμόζουν σχέδια για τη διατήρηση ή τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μακροπρόθεσμα.
- Τα κράτη μέλη μεριμνούν, ώστε οι επιχειρήσεις που δεν είναι μικρομεσαίες να υποβάλλονται σε επαναλαμβανόμενο ενεργειακό έλεγχο κάθε τέσσερα χρόνια ή, εναλλακτικά, να εφαρμόζουν πιστοποιημένο σύστημα ενεργειακής ή περιβαλλοντικής διαχείρισης.
- Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, εφόσον είναι τεχνικώς εφικτό, οικονομικώς εύλογο και ανάλογο προς τη δυνητική εξοικονόμηση ενέργειας, παρέχονται σε ανταγωνιστική τιμή στους τελικούς καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, τηλεθέρμανσης ή τηλεψύξης και ζεστού νερού για οικιακή κατανάλωση ατομικοί μετρητές, που να αντικατοπτρίζουν επακριβώς την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του τελικού καταναλωτή και να παρέχουν πληροφορίες όσον αφορά τον πραγματικό χρόνο χρήσης.
- Σε πολυκατοικίες και κτήρια πολλαπλών χρήσεων, όπου η θέρμανση/ψύξη παρέχεται από κεντρική πηγή ή δίκτυο τηλεθέρμανσης ή από κεντρικό σημείο παραγωγής που εξυπηρετεί πολλαπλά κτήρια, εγκαθίστανται επίσης ατομικοί μετρητές κατανάλωσης έως την 31η Δεκεμβρίου 2016 για τη μέτρηση της κατανάλωσης για θέρμανση ή ψύξη ή για ζεστό νερό σε κάθε μονάδα, εφόσον αυτό είναι τεχνικά εφικτό και οικονομικώς αποδοτικό.

2.5.5 Καθαρή Ενέργεια για Όλους τους Ευρωπαίους

Στις 30 Νοεμβρίου 2016 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε το πακέτο προτάσεων «Καθαρή Ενέργεια για Όλους τους Ευρωπαίους», γνωστό αλλιώς και ως «Χειμερινό Πακέτο» (Winter Package), με θέσεις και προτάσεις που αφορούν την ενέργεια. Η Επιτροπή θέλει η ΕΕ να ηγηθεί της μετάβασης στην καθαρή ενέργεια και όχι απλώς να την υιοθετήσει. Για το λόγο αυτό η ΕΕ έχει δεσμευθεί για περικοπή των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 40% έως το 2030. Μία από τις προτάσεις της ΕΕ είναι να τοποθετήσουν πρώτη σε προτεραιότητα την ενεργειακή αποδοτικότητα.

Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε νέα και καινοτόμα μέτρα που αφορούν την ενεργειακή απόδοση. Τα μέτρα αυτά αναπτύσσονται σε τέσσερις βασικούς άξονες:

- Καθορισμός του πλαισίου για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των προϊόντων (οικολογικός σχεδιασμός) και ενίσχυση των επιπέδων των καταναλωτών (σημάνσεις ενεργειακής απόδοσης)
- Προτάσεις για έξυπνες χρηματοδοτήσεις για τα έξυπνα κτήρια

Πιο συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε προτάσεις τόσο για την αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή αποδοτικότητα όσο και της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, ώστε να τις εναρμονίσει με τους ενεργειακούς και κλιματικούς στόχους του 2030. Στη βάση μιας περιεκτικής αξιολόγησης κόστους οφέλους προτείνει, επίσης, να αναθεωρηθεί ο στόχος που πρέπει να καλυφθεί μέχρι το 2030 σε ένα δεσμευτικό στόχο 30% σε ευρωπαϊκό επίπεδο, δίνοντας έμφαση στις δεσμεύσεις της ΕΕ για τους διεθνείς κλιματικούς και ενεργειακούς στόχους για το 2030 και έπειτα.

Εκτός από τις αναγκαίες αναθεωρήσεις για να ανταποκριθούν τα κράτη μέλη στο νέο δεσμευτικό πλέον στόχο του 30% για το 2030 μία από τις κύριες αλλαγές που εισάγονται είναι η επέκταση των εξοικονομήσεων ενέργειας, όπως αυτές καθορίζονται στο άρθρο 7, έως το 2030. Μέσω του άρθρου 7 υπολογίζεται να επιτευχθεί το μισό από το απαιτούμενο ποσό εξοικονόμησης ενέργειας που προβλέπεται σε όλη την οδηγία, και ο στόχος είναι να επιτευχθεί αυτή η εξοικονόμηση με τρόπο που να οδηγεί σε μακροπρόθεσμες βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και αυξάνοντας την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Με τη νέα οδηγία τίθενται σε αντιπαράβολή εναλλακτικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας με τα «καθεστώτα επιβολής της υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης» (Energy Efficiency Obligation Schemes) και έτσι δημιουργείται μια πιο εκσυγχρονισμένη και καθαρότερη δομή του άρθρου 7.

Τέλος, μια ακόμη τροποποίηση εντοπίζεται στο γεγονός ότι οι προβλέψεις για τη μέτρηση και την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι εφεξής συγκεντρωμένες κάτω από τη νομοθεσία της εσωτερικής αγοράς (Internal Market Legislation) και δεν θα ρυθμίζεται από την νέα οδηγία. Οι προηγούμενες προβλέψεις για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, που προέρχονται από συγκεντρωτικά συστήματα, θα διευκρινίζονται και τα δικαιώματα των καταναλωτών για ξεκάθαρη και συχνή πληροφόρηση θα ενδυναμωθούν.

Μέσω της αναθεώρησης της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων εισάγονται στοχευμένες τροποποιήσεις προκειμένου να διασφαλιστεί η ενθάρρυνση της χρήσης των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών και των έξυπνων τεχνολογιών για την αποδοτική

λειτουργία των κτηρίων στο χρόνο, εκσυγχρονίζονται και διαγράφονται προβλέψεις που δεν έχουν αποδώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα, και ενδυναμώνεται η σύνδεση μεταξύ της επίτευξης υψηλότερων ρυθμών ανακαίνισης, χρηματοδότησης και ενεργειακών πιστοποιητικών.

Οι σημαντικότερες αλλαγές που εισάγονται στη νέα οδηγία είναι οι εξής:

- Ενσωμάτωση των προβλέψεων για μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης (άρθρο 4 της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση), με το βλέμμα στην επίτευξη ενός κτηριακού αποθέματος σχεδόν μηδενικών ρύπων έως το 2050.
- Παροχή καθαρότερων προδιαγραφών για μελέτες σκοπιμότητας πριν από τη λειτουργική παραλαβή των κτηρίων (άρθρο 6).
- Εκσυγχρονισμός των προβλέψεων για επιθεωρήσεις των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού (άρθρα 14, 15, 16), καθώς θα ενισχύεται η χρήση κτηριακών αυτοματισμών και ελέγχου για να εξασφαλιστεί η συνεχής υψηλή απόδοση του κτηρίου.
- Προώθηση της κινητικότητας (e-mobility), η οποία θα ενισχύει την εγκατάσταση σημείων επαναφόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα σε σημεία που είναι απαραίτητο (π.χ. σε ιδιωτικούς χώρους).
- Συγκερασμός της ενεργειακής πολιτικής και της χρηματοδότησης μέσω της χρήσης των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης.
- Διάθεση περισσότερων και πιο ουσιαστικών δεδομένων κτηρίων στους παράγοντες της αγοράς, με τη συλλογή δεδομένων ετησίως κατανάλωσης και πιο ισχυρών πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης.
- Ορισμός του «έξυπνου κτηρίου», που θα εισάγει ένα δείκτη «ευφυΐας», ο οποίος θα αξιολογεί την τεχνολογική δυνατότητα του κτηρίου να αλληλεπιδρά με τους χρήστες και το δίκτυο.

Αν και είναι δύσκολη η διαμόρφωση μιας και μοναδικής αντίληψης για το τι είναι το «Έξυπνο Κτίριο», καθώς δεν υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός που να είναι παγκοσμίως αποδεκτός, παρόλα αυτά έχουν γίνει προσεγγίσεις για τη διαμόρφωση μιας συνολικής περιγραφής. Με βάση αυτές τις προσεγγίσεις καθορίστηκαν τρεις κατηγορίες στις οποίες βασίζονται οι όποιες προσπάθειες απόδοσης μιας ερμηνείας, οι οποίες είναι:

1. Ερμηνείες βασισμένες στην απόδοση
2. Ερμηνείες βασισμένες στις υπηρεσίες που παρέχονται
3. Ερμηνείες βασισμένες στο σύστημα που χρησιμοποιείται

Ερμηνείες βάσει της απόδοσης του κτιρίου

Η ερμηνεία έχει δοθεί από τον Ευρωπαϊκό Όμιλο Έξυπνων Κτιρίων (European Intelligent Building Group – EIBG) ο οποίος το ορίζει ως «ένα κτίριο που δημιουργείται με σκοπό να προσφέρει στους χρήστες του το πιο αποδοτικό περιβάλλον ενώ συγχρόνως το κτίριο χρησιμοποιεί και διαχειρίζεται αποδοτικά του πόρους του και μειώνει τα κόστη του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων».

Μια άλλη αντίστοιχη ερμηνεία έχει δοθεί από το Ινστιτούτο Έξυπνων Κτιρίων (Intelligent Building Institute – IBI) και ορίζει ότι «ένα Έξυπνο Κτίριο προσφέρει ένα υψηλά αποδοτικό, άνετο και βολικό περιβάλλον με το να ικανοποιεί τέσσερις βασικές απαιτήσεις:

- Δομή
- Σύστημα
- Υπηρεσίες
- διαχείριση η οποία βελτιστοποιεί τη μεταξύ τους επικοινωνία

Ερμηνείες βάσει των υπηρεσιών που παρέχονται

Ο ορισμός αυτός διαμορφώθηκε από το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Έξυπνων Κτιρίων (Japanese Intelligent Building Institute – JIBI). «Ως Έξυπνο Κτίριο ορίζεται εκείνο το οποίο προσφέρει τη λειτουργία των υπηρεσιών επικοινωνίας, αυτοματισμών γραφείου και κτιρίου και είναι βολικό για έξυπνες ενέργειες.»

Ερμηνείες βάσει του συστήματος που χρησιμοποιείται.

Ο τελευταίος ορισμός δίνεται από το Κινέζικο Πρότυπο Σχεδιασμού Έξυπνων Κτιρίων (Chinese Intelligent Building Design Standard) και οποίος δηλώνει ότι «Έξυπνο είναι εκείνο το κτίριο το οποίο παρέχει κτιριακό αυτοματισμό, αυτοματισμό γραφείου, συστήματα δικτύων και επικοινωνιών καθώς και τη βέλτιστη σύνθεση αυτών ώστε να ενσωματώνουν τη δομή, το σύστημα, τις υπηρεσίες και τη διαχείριση των υπηρεσιών προκειμένου το κτίριο να παρέχει υψηλή απόδοση, άνεση, ευκολία και ασφάλεια των χρηστών.»

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς προκύπτει το συμπέρασμα πως ένα κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί ως «Έξυπνο» πρέπει να καλύπτει τις εξής τέσσερις λειτουργίες:

- Αποδοτικότητα συστήματος ενέργειας (έλεγχος και εξοικονόμηση ενέργειας, έλεγχος κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού, ασύρματοι διακόπτες, σύστημα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας)
- Συστήματα ασφάλειας τόσο για το κτίριο, όσο και για τη ζωή των ανθρώπων που βρίσκονται σε αυτό (ασφάλεια, πυρασφάλεια, αυτοματισμός, παρακολούθηση κατάστασης υγείας – health status monitoring)
- Συστήματα τηλεπικοινωνιών (συστήματα επικοινωνίας δεδομένων, εικόνας, ήχου)
- Αυτοματισμός θέσης εργασίας (software, hardware, λειτουργικά συστήματα)

Ο απώτερος στόχος στην κατασκευή τέτοιων κτιρίων είναι η συνένωση των τεσσάρων περιοχών λειτουργίας που αναφέρθηκαν νωρίτερα σε ένα ολοκληρωμένο ενιαίο σύνολο, που θα αποτελείται από ένα κεντρικό υπολογιστικό σύστημα ελέγχου.^[40]

Τα συστήματα αυτοματισμού, τόσο για τις κατοικίες όσο και για τα κτίρια γενικής χρήσης, συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και συνεπώς της εξοικονόμησης.

Τα σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού κτιρίων προσφέρουν μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, καθώς και διασφάλιση υψηλού επιπέδου άνεσης και ασφάλειας για τους χρήστες. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι νέες νομοθεσίες προωθούν τη χρήση τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας.

Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 15232 «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων – Επίδραση του Αυτοματισμού Κτιρίων, των Ελέγχων και της Κτιριακής Διαχείρισης» συντάχθηκε σε συνδυασμό με την Πανευρωπαϊκή εφαρμογή της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων ΟΕΕΚ

2002/91/ΕΚ. Το Πρότυπο περιγράφει μεθόδους για τον υπολογισμό της επίδρασης του αυτοματισμού και της τεχνικής διαχείρισης στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Για τον σκοπό αυτόν έχουν θεσπιστεί τέσσερις ενεργειακές κατηγορίες, από Α έως D, όσον αφορά στα συστήματα Αυτοματισμού και Ελέγχου Κτιρίων. Στις κατηγορίες αυτές κατατάσσονται αποκλειστικά τα κτίρια που είναι εφοδιασμένα με συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου. Τα ποσοστά της δυνητικής εξοικονόμησης σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια μπορούν να υπολογιστούν για κάθε κατηγορία με βάση τον τύπο και τον σκοπό κτιρίου.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο και πρέπει να ληφθούν υπόψη, προκειμένου να επιτύχουμε το μέγιστο όφελος από τη χρήση συστημάτων αυτοματισμού, είναι ο έλεγχος του φωτισμού και του κλιματισμού. Οι δυνατότητες παρέμβασης διαφοροποιούνται κατά πολύ και μπορεί να αφορούν:

- τη χρήση σε επιμέρους τομείς (έλεγχος στο δωμάτιο που χρησιμοποιείται),
- την αυτόματη απενεργοποίηση / προσαρμογή των συσκευών μέσω χρονοδιακόπτη ή ανάλογα με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους (φωτισμός, θερμοκρασία, κλπ.),
- την πρόληψη της υπερφόρτωσης
- τον αυτόματο έλεγχο των συσκευών ασφαλείας για την ηλιακή ακτινοβολία
- το άνοιγμα / κλείσιμο των φωτιστικών, καθώς και πολλές άλλες λειτουργικές καταστάσεις.

Επομένως, οι πραγματικές δυνατότητες για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών κατασκευής του αλλά και την προβλεπόμενη χρήση του, τη γεωγραφική θέση στην οποία βρίσκεται, καθώς και την έκθεση σε κλιματικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα, από την ηλιακή ακτινοβολία. Για αυτούς τους λόγους λοιπόν, το ποσοστό της πιθανής εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά για κάθε κτίριο που εξετάζεται.

Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο συστημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε τύπο κεντρικής θέρμανσης, προκειμένου να βελτιώσουν την αποδοτικότητά του και να μειώσουν το ενεργειακό κόστος. Πρόκειται για απλές και οικονομικές λύσεις που μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος, ελέγχοντας την απόδοση της θέρμανσης και μειώνοντας τη σπατάλη ενέργειας. Τέτοιες είναι:

- Σύστημα αντιστάθμισης (ελεγκτής).
- Θερμοστάτης χώρου: Οι μηχανικοί – ηλεκτρομηχανικοί, οι ηλεκτρονικοί, οι χρονοθερμοστάτες - προγραμματιζόμενοι, οι ψηφιακοί θερμοστάτες.
- Θερμοστατικές κεφαλές / θερμιδομετρητές

Τα βασικά τμήματα ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτοματισμού κτιρίου είναι η θέρμανση, ο εξαερισμός και ο κλιματισμός (HVAC). Εκτός από τα συστήματα HVAC, ο κτιριακός αυτοματισμός επεκτείνεται και σε διάφορους άλλους τομείς. Μεταξύ άλλων, μερικά τέτοια είναι ο φωτισμός, η διαχείριση ενέργειας και ο αυτόματος έλεγχος γενικών καθηκόντων, η πυροπροστασία και η ασφάλεια κτιρίου.^[14, 15]

Με βάση την εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας με τις Κοινοτικές Οδηγίες για την πολιτική εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, είναι πλέον υποχρεωτική από το 2019 η κατ' αρχήν ενεργειακή αναβάθμιση των Δημοσίων Κτιρίων σε κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής

Κατανάλωσης (nZEB). Για την επίτευξη του στόχου αυτού εγκρίθηκαν και υλοποιούνται με επιδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης πλήθος ενεργειακών αναβαθμίσεων σε επίπεδο Περιφερειών και Δήμων, ενώ τα προσεχή χρόνια η δράση αυτή αναμένεται να περεταίρω να ενταθεί.

Τα κτίρια είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας και γι' αυτό παρουσιάζουν τεράστιες δυνατότητες για ενεργειακή εξοικονόμηση. Οι τεχνολογίες αύξησης της ενεργειακής απόδοσης των δημόσιων κτιρίων μπορούν να περιλαμβάνουν μια σειρά από επεμβάσεις σε επίπεδο οικοδομικής, ηλεκτρο/μηχανολογικών εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυτοματισμού και εφαρμογών βιοκλιματικού σχεδιασμού όπως:

- Θερμομόνωση των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους.
- Εφαρμογή ενεργειακών διαφανών δομικών στοιχείων (κουφώματα).
- Εφαρμογή συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργεια (συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης, ψύξης, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης).
- Εφαρμογή συστημάτων οικονομικού φωτισμού.
- Εφαρμογή έξυπνων συστημάτων αυτοματισμού και διαχείρισης της ενέργειας.
- Εφαρμογή μεθόδων παθητικού δροσισμού (σκίαση).

Αναπόσπαστο τμήμα μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής αναβάθμισης είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα φ/β συστήματα είναι σε θέση να παρέχουν υψηλά επίπεδα ενεργειακής αυτονομίας και μπορούν να τροφοδοτήσουν τη λειτουργία συστημάτων για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ΖΝΧ.^[16]

2.5.6 Οδηγία 2018/2001/ΕΕ (Πρώθηση της Χρήσης Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές)

Η οδηγία αυτή διευκολύνει τη συμμετοχή των πολιτών στον τομέα της ενέργειας, διασφαλίζοντας σε μεγάλο βαθμό τα δικαιώματά τους και δίνοντάς τους σημαντικό έλεγχο στην ενέργεια που θα παράγουν οι ίδιοι. Νοικοκυριά, δήμοι, μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, συνεταιρισμοί, αλλά και ενεργειακές κοινότητες, θα μπορούν να παράγουν και να καταναλώνουν τη δική τους ενέργεια, χωρίς να απειλούνται από άδικη φορολογία, υπέρμετρες χρεώσεις ή γραφειοκρατικά εμπόδια. Για πρώτη φορά μάλιστα στην Ευρώπη, αναγνωρίζεται ο σημαντικός ρόλος των ενεργειακών κοινοτήτων (συνεταιρισμών) στον τομέα της ενέργειας. Εξίσου σημαντικά, ανοίγει ο δρόμος για την αξιοποίηση των καθαρών πηγών ενέργειας. Η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας στην Ευρώπη σημαίνει ότι δύο από τις 8 νομοθετικές προτάσεις του πακέτου « Καθαρή ενέργεια για όλους» έχουν ήδη συμφωνηθεί από τους συννομοθέτες. Στις 14 Μαΐου 2018 εγκρίθηκε το πρώτο στοιχείο του πακέτου, η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση σε κτίρια. Το νέο κανονιστικό πλαίσιο περιλαμβάνει δεσμευτικό στόχο 32% για την ανανεώσιμη ενέργεια για την ΕΕ έως το 2030, με ρήτρα αναθεώρησης προς τα πάνω έως το 2023.

Τα σημαντικότερα στοιχεία της οδηγίας 2018/2001/ΕΕ είναι τα εξής:^[17]

- Ορίζει ένα νέο, δεσμευτικό στόχο για την ανανεώσιμη ενέργεια για την ΕΕ το 2030, που θα ανέρχεται στο 32%, συμπεριλαμβανομένης της ρήτρας επανεξέτασης έως το 2023 για την αναθεώρηση προς τα πάνω του στόχου σε επίπεδο ΕΕ.
- Βελτιώνει το σχεδιασμό και τη σταθερότητα των καθεστώτων στήριξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Παρέχει πραγματικό εξορθολογισμό και μείωση των διοικητικών διαδικασιών.

- Καθιερώνει σαφές και σταθερό κανονιστικό πλαίσιο για την αυτοκατανάλωση.
- Αυξάνει τις φιλοδοξίες μας για τους τομείς των μεταφορών και της θέρμανσης / ψύξης.
- Βελτιώνει τη βιωσιμότητα της χρήσης της βιοενέργειας.

2.5.7 Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Με τον Νόμο 3661 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» – ΦΕΚ 89 – 19 Μαΐου 2008, η Ελλάδα ενσωμάτωσε την οδηγία 2002/91/ΕΚ^[11] της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Ο Νόμος 3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις», αποτελεί εναρμόνιση με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Με βάση την απαίτηση της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ, θεσπίστηκε Εθνικός Ενδεικτικός Στόχος εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) της τάξης του 9% μέχρι το 2016, σε όλους τους τομείς (νοικοκυριά, επιχειρήσεις βιομηχανία, μεταφορές, κλπ).^[12]

Ο στόχος αυτός τέθηκε στο 1^ο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ) (ΥΠΕΚΑ, Ιούνιος 2008) και ήταν 18,6 TWh μέχρι το 2016, με την ανάλυση ανά τομέα να δίνεται στον Πίνακα 2:

Τομέας	Εξοικονόμηση για την επίτευξη του στόχου (TWh) μέχρι το 2016
Οικιακός	5.5
Τριτογενής	5.7
Βιομηχανία	0.7
Μεταφορές	6.7

Πίνακας 2: Εξοικονόμηση για την επίτευξη στόχου ανά τομέα. Πηγή: 1^ο ΕΣΔΕΑ, ΥΠΕΚΑ (Ιούνιος 2008)

Στο 2^ο ΕΣΔΕΑ που εκπονήθηκε το 2011, προσδιορίστηκε ο Εθνικός Ενδιάμεσος Στόχος για την εξοικονόμηση ενέργειας για το 2010, ο οποίο ήταν ίσος με 5.1 TWh (0.44 Mtoe¹). Ο στόχος αυτός υπερκαλύφθηκε με την ενεργοποίηση μέτρων που προδιαγράφηκαν στο 1^ο ΕΣΔΕΑ, ενώ για την επίτευξη του στόχου συνέβαλλε σημαντικά και η οικονομική ύφεση. Η Οδηγία 2006/32/ΕΚ, καταργήθηκε από την Οδηγία 2012/27/ΕΕ που τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012.^[13]

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι η κύρια νομοθετική πράξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη. Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 4122/2013 για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων.^[9]

Μεταξύ άλλων, στο Νόμο 4122/2013 προβλέπεται:

- Ο καθορισμός Εθνικού Σχεδίου για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση (nZEB²), το οποίο δύναται να περιλαμβάνει διαφορετικούς στόχους, ανάλογα με την κατηγορία χρήσης του κτιρίου και κοινοποιείται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (άρθρο 9, παρ.2).

¹ Εκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου.

² Nearly Zero – Energy Buildings

- Η θέσπιση μέτρων, χρηματοδοτικών προγραμμάτων και άλλων μέσων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης νέων και υφιστάμενων κτιρίων. Για τη θέσπιση κινήτρων λαμβάνονται υπόψη τα βέλτιστα από πλευράς κόστους και του οφέλους που έχουν για το κοινωνικό σύνολο οι επενδύσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 10, παρ 2).

Η Οδηγία 2012/27/ΕΕ τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, με προθεσμία συμμόρφωσης έως τις 05/06/2014. Η πρόοδος στην πορεία προς τον ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας κατά 9% έως το 2016, βάσει της 2006/32/ΕΚ, αποτελεί σημείο αναφοράς στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ και του 3ου Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ), ΥΠΕΚΑ (2014). Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα ως στόχος ενεργειακής απόδοσης για το 2020 τίθεται η επίτευξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα 18.4 Mtoe.^[13]

Η Οδηγία 2012/27/ΕΕ εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 4342/2015 (9 Νοεμβρίου 2015) «για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ».

Με βάση την Οδηγία 2012/27/ΕΕ, έχουν ήδη υλοποιηθεί πολλά από τα προβλεπόμενα άρθρα σε εθνικό επίπεδο, τα οποία είναι τα εξής:

- Άρθρο 3: Εθνικός στόχος ενεργειακής απόδοσης
- Άρθρο 5: Κτίρια δημόσιου τομέα
- Άρθρο 7: Καθεστώτα επιβολής της υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης
- Άρθρο 8: Ενεργειακοί έλεγχοι
- Άρθρα 9-11: Μετρήσεις και Τιμολόγηση
- Άρθρα 12 & 17: Ενημέρωση του καταναλωτή
- Άρθρο 16: Συστήματα αναγνώρισης προσόντων, διαπίστευσης και πιστοποίησης
- Άρθρο 18: Ενεργειακές υπηρεσίες
- Άρθρα 19-20: Οριζόντια Μέτρα

Στον Πίνακα 3 εμφανίζεται συνοπτικά το θεσμικό πλαίσιο και η εναρμόνισή του με τις ευρωπαϊκές οδηγίες.

Ευρωπαϊκό Πλαίσιο	Εθνικό πλαίσιο
Οδηγία 2002/91	2008: Ν. 3661/2008 2010: Ν. 3851/2010 2010: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) 2010: Π.Δ. Ενεργειακών Επιθεωρητών
Οδηγία 2006/32	2008: Υ. Α. για τα δημόσια κτίρια 2008: 1ο ΕΣΔΕΑ 2010: Ν. 3855/2010 2011: Υ. Α. για τις ESCOs 2011: 2ο ΕΣΔΕΑ
Οδηγία 2010/31	2013: Ν. 4122/2013
Οδηγία 2012/27	2015: Ν. 4342/2015

Πίνακας 3: Το θεσμικό πλαίσιο και η εναρμόνισή του με τις ευρωπαϊκές οδηγίες^[9, 11-13, 17]

2.6 Συμπεράσματα

Από τα στοιχεία που παρατέθηκαν για την ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα παρατηρείται ελάττωση στην κατανάλωση ενέργειας, όχι λόγω μείωσης των αναγκών αλλά κυρίως λόγω αφομοίωσης νέων τεχνολογιών και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και δευτερευόντως λόγω της οικονομικής κρίσης. Παράλληλα όμως, η εξάρτηση από το πετρέλαιο, αν και μειωμένη, συνεχίζει να υφίσταται.

Ένας από τους τομείς με την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση (συγκεκριμένα, την δεύτερη μεγαλύτερη) είναι ο οικιακός, ο οποίος παρουσιάζει αύξηση στις ενεργειακές του ανάγκες, με την κάλυψη αυτών να γίνεται κατά κύριο λόγο με την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο της εποχής αλλά και στο γεγονός ότι οι κατοικίες στην Ελλάδα είναι ενεργοβόρες λόγω της παλαιότητάς τους, με τις μισές σχεδόν να μη διαθέτουν μόνωση, γεγονός που τις καθιστά μη αποδοτικές ενεργειακά.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων είναι ένα από τα ζητήματα προς αντιμετώπιση τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και κατ' επέκταση από την Ελλάδα. Για τον λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εκδώσει μία σειρά από οδηγίες, οι οποίες έχουν εναρμονιστεί στο εθνικό δίκαιο της Ελλάδας και έχουν ως στόχο την ενεργειακή θωράκιση των κτιρίων και την μείωση των ενεργειακών τους αναγκών.

3 Συστήματα Κλιματισμού HVAC και διαφορές τους από αντλίες θερμότητας

3.1 Εισαγωγή

Ο έλεγχος του θερμικού περιβάλλοντος αποτελεί βασικό στόχο ουσιαστικά για όλα τα κατειλημμένα κτίρια. Για πολλές χιλιετίες, ο έλεγχος αυτός απλά περιοριζόταν στην προσπάθεια να εξασφαλιστεί η επιβίωση κατά τη διάρκεια των ψυχρών χειμώνων. Στο σύγχρονο κόσμο, οι προσδοκίες του θερμικού ελέγχου πηγαίνουν αρκετά πέρα από την επιβίωση και περιλαμβάνουν τις σύνθετες θεωρήσεις για θερμική άνεση και ποιότητα του αέρα, που επηρεάζουν την υγεία, την ικανοποίηση και την παραγωγικότητα των ατόμων που καταλαμβάνουν τους χώρους του κάθε κτιρίου.

Το πρώτο σύστημα κλιματισμού σχεδιάστηκε το 1902 από τον Alfred Wolff (Cooper, 2003) για το Χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης, ενώ το ίδιο έτος η Willis Carrier εξόπλισε την εκτυπωτική εταιρεία Sacketts – Wilhems με μονάδα AC. Το Coyne College ήταν το πρώτο σχολείο που προσέφερε εκπαίδευση HVAC το 1899.

3.2 Θέρμανση – Εξαερισμός - Ψύξη

Το σύστημα θέρμανσης απαντάται σε διαφορετικές μορφές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κλίβανος που καίει κάποιο υλικό για την παροχή θερμαινόμενου αέρα μέσω ενός αγωγού, λέβητας που θερμαίνει νερό για καλοριφέρ, σύστημα forced – water³, ηλεκτρική θέρμανση και αντλίες θερμότητας. Ένας κλίβανος χρησιμοποιεί φυσικό αέριο ή προπάνιο, ενώ ένας λέβητας χρησιμοποιεί αέριο ή πετρέλαιο για τη θέρμανση του νερού.

Μια άλλη επιλογή είναι το υδραυλικό σύστημα θέρμανσης. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται σωληνώσεις κάτω από το πάτωμα που αποτελούνται από εύκαμπτους σωλήνες γεμάτους με νερό ή διάλυμα γλυκόλης. Οι σωληνώσεις μπορούν να θερμάνουν οποιοδήποτε είδος δαπέδου και είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την παροχή ζεστασιάς σε ένα σπίτι.^[18]

Το σύστημα εξαερισμού έχει ως σκοπό να κυκλοφορεί ή να αλλάζει τον αέρα σε ένα χώρο, ώστε να τον κινεί χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει η θερμοκρασία του. Τα συστήματα εξαερισμού μπορούν, και σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει, να χρησιμοποιούνται για να βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και, κατ' αυτόν τον τρόπο, τα επίπεδα άνεσης των ενοίκων.

Έχουμε χρήση, δηλαδή, μηχανικού εξοπλισμού ο οποίος ελέγχει πότε, που και πόσο εξωτερικός αέρας προστίθεται στον χώρο. Για να το επιτύχει αυτό, το σύστημα εξαερισμού χρησιμοποιεί αγωγούς και ανεμιστήρες για να αντλεί και να διανέμει καθαρό αέρα σε όλο τον χώρο και μερικές φορές για την εξάτμιση του αέρα από συγκεκριμένες περιοχές όπως κουζίνες και μπάνια.^[19]

Το σύστημα ψύξης χρησιμοποιείται για να αφαιρεί θερμική ενέργεια από ένα χώρο ή κτίριο, με αποτέλεσμα να διατηρείται μία επιλεγμένη θερμοκρασία αέρα, χαμηλότερη συγκριτικά με αυτή που θα επικρατούσε λόγω της αναπόφευκτης ροής θερμότητας τόσο από εσωτερικές πηγές, όσο και από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό χώρο.

³ Αυτός ο τύπος συστήματος διαθέτει λέβητα και θερμαίνει το νερό μέσα στο λέβητα. Το ζεστό νερό μεταφέρεται με σωλήνες σε όλο το σπίτι είτε με αντλίες κυκλοφορητή είτε με βαλβίδες ζώνης.

3.2.1 HVAC (Θέρμανση – Εξαερισμός – Ψύξη)

Ο όρος HVAC αποτελεί σύντμηση των λέξεων θέρμανση (H - Heating), εξαερισμός (V - Ventilation) και κλιματισμός (AC – Air Conditioning). Ορίζεται ως ο ταυτόχρονος έλεγχος της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της ακτινοβολούμενης ενέργειας, της κίνησης και της ποιότητας του αέρα εντός ενός χώρου με σκοπό την ικανοποίηση των απαιτήσεων για θερμική άνεση και αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα.^[20]

Το σύστημα HVAC βασίζεται σε εφευρέσεις και ανακαλύψεις που έγιναν από τους Nikolay Lvov, τον Michael Faraday, τον Willis Carrier, τον Edwin Ruud, τον Reuben Trane, τον James Joule, τον William Rankine, τον Sadi Carnot και πολλούς άλλους.

Το σύστημα ψύξης στον όρο HVAC υποδηλώνεται από το «AC - Air-Conditioning». Σύμφωνα με τον ορισμό της «Αμερικάνικης Ομοσπονδίας των Μηχανικών Θέρμανσης, Κατάψυξης και Κλιματισμού» (ASHRAE), ένα σύστημα κλιματισμού είναι μία συνάθροιση συνιστωσών, με μια καθορισμένη δομή και λειτουργία, που πρέπει να εκπληρώνει τέσσερις στόχους ταυτόχρονα. Οι στόχοι αυτοί είναι ο έλεγχος:

- Της θερμοκρασίας του αέρα
- Της υγρασίας του αέρα
- Της κυκλοφορίας του αέρα
- Της ποιότητας του αέρα

Με την λέξη «έλεγχος» εννοείται μια πολύ αόριστη έννοια, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από τον εξαιρετικά ακριβή έλεγχο των εγκαταστάσεων κεντρικών υπολογιστών μέχρι τον έλεγχο για νυχτερινή λειτουργία στις κατοικίες. Η απαίτηση από ένα σύστημα κλιματισμού να είναι σε θέση να τροποποιεί ταυτόχρονα και τις τέσσερις παραπάνω ιδιότητες του αέρα καταδεικνύει το βαθμό πολυπλοκότητας των εν λόγω συστημάτων. Η λέξη «κλιματισμός» συχνά χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια μεγάλη ποικιλία επιπέδων υπηρεσιών, από το μηχανικό εξαερισμό μέχρι τα σύνθετα συστήματα που παρέχουν και τους τέσσερις προαναφερθέντες ελέγχους.^[19]

Το σύστημα θέρμανσης του HVAC είναι σχεδιασμένο για να προσθέτει θερμική ενέργεια σε ένα κτίριο, προκειμένου να διατηρείται κάποια επιλεγμένη θερμοκρασία αέρα, η οποία σε διαφορετική περίπτωση δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί εξαιτίας της απώλειας θερμότητας (ροή θερμότητας από το εσωτερικό (θερμό) στο εξωτερικό (ψυχρό) περιβάλλον).

Το HVAC αποτελεί σημαντικό μέρος των οικιστικών δομών, όπως μονοκατοικίες, πολυκατοικίες, ξενοδοχεία και εγκαταστάσεις υψηλού επιπέδου, μεσαία έως μεγάλα βιομηχανικά κτίρια και κτίρια γραφείων όπως ουρανοξύστες και νοσοκομεία, οχήματα όπως αυτοκίνητα, τρένα, αεροπλάνα, πλοία και υποβρύχια, και σε θαλάσσια περιβάλλοντα όπου οι ασφαλείς και υγιείς συνθήκες κτιρίου ρυθμίζονται σε σχέση με τη θερμοκρασία και την υγρασία, χρησιμοποιώντας καθαρό αέρα από το ύπαιθρο.

Η εφεύρεση των εξαρτημάτων των συστημάτων HVAC ακολουθούν τη βιομηχανική επανάσταση και νέες μέθοδοι εκσυγχρονισμού, μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας και ελέγχου συστημάτων εισάγονται συνεχώς από εταιρείες και εφευρέτες παγκοσμίως.^[21, 22]

3.2.2 Αντλίες Θερμότητας

Η αντλία θερμότητας είναι μια συσκευή που χρησιμοποιεί μια μικρή ποσότητα ενέργειας για τη μετακίνηση θερμότητας από μια τοποθεσία σε μια άλλη. Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν συνήθως τον εξωτερικό αέρα ή το έδαφος για να τραβήξουν θερμότητα και να θερμάνουν ένα κτίριο, αλλά μπορούν επίσης να αντιστρέψουν την διαδικασία για να το δροσίσουν.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα μιας αντλίας θερμότητας από μια τυπική μονάδα εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) είναι ότι δεν χρειάζεται να εγκατασταθούν ξεχωριστά συστήματα για τη θέρμανση και την ψύξη. Επειδή οι αντλίες θερμότητας δεν καίουν καύσιμο για την δημιουργία θερμότητας αλλά απλά την μεταφέρουν είναι πιο φιλικές ως προς το περιβάλλον και έχουν μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, δεν ζεσταίνουν και δροσίζουν μόνο, αλλά ζεσταίνουν και το νερό χρήσης.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη αντλιών θερμότητας, αλλά όλα λειτουργούν με την ίδια βασική αρχή - μεταφορά θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι αντί να καίνε καύσιμο για τη δημιουργία θερμότητας, η συσκευή μετακινεί τη θερμότητα από το ένα μέρος στο άλλο. Επειδή η θερμότητα ρέει από ένα περιβάλλον υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα χαμηλότερης θερμοκρασίας, η αντλία χρησιμοποιεί μια μικρή ποσότητα ενέργειας για να αντιστρέψει την φυσική αυτή διαδικασία. Δηλαδή τραβάει τη θερμότητα έξω από μια περιοχή σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας και την διοχετεύει σε μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας.

3.2.2.1 Είδη Αντλιών Θερμότητας

1. **Αντλία θερμότητας αέρος – αέρος:** Ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους αντλιών θερμότητας είναι η αντλία θερμότητας αέρα-αέρα, η οποία παίρνει θερμότητα από τον αέρα έξω από το κτίριο και το αντλεί στο εσωτερικό του, μέσα από ψυκτικά πηνία. Χρησιμοποιώντας βαλβίδα αναστροφής επιτρέπεται η ψύξη, αντιστρέφοντας τη ροή έτσι ώστε το σύστημα να αρχίζει να λειτουργεί προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θερμότητα να απελευθερώνεται στο περιβάλλον. Με την αντιστροφή της διαδικασίας το ψυκτικό μέσο (αέρας) απορροφά θερμότητα στην εσωτερική πλευρά της μονάδας και ρέει προς τα έξω, όπου την απελευθερώνει. Το ψυκτικό έχοντας χάσει την θερμότητα ρέει προς το εσωτερικό για να επαναλάβει πάλι την ίδια διαδικασία μέχρι να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις άνεσης του εσωτερικού χώρου.^[23]
2. **Αντλία θερμότητας αέρος – νερού:** Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν τη θερμική ενέργεια του εξωτερικού αέρα και μπορούν να μετατρέψουν ένα υπάρχον σύστημα θερμαντικών σωμάτων σε ένα αποτελεσματικό, πλήρες σύστημα θέρμανσης. Η θερμότητα που συγκεντρώνεται από την αντλία μπορεί να τροφοδοτήσει το ενδοδαπέδιο σύστημα, τα θερμαντικά σώματα και το ζεστό νερό χρήσης κάθε σπιτιού. Η ίδια αντλία θερμότητας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μονάδα κλιματισμού για το δροσίισμό του χώρου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ο εξωτερικός αέρας ωθείται μέσω ενός ανεμιστήρα στην αντλία θερμότητας όπου φτάνει στον εξατμιστή. Αυτός είναι συνδεδεμένος σε ένα κλειστό σύστημα που περιέχει ένα ψυκτικό μέσο που μπορεί να μετατραπεί σε αέριο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν ο εξωτερικός αέρας χτυπά τον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή, το αέριο φτάνει σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία στην οποία μπορεί να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του σπιτιού. Ταυτόχρονα, το ψυκτικό μέσο με τη βοήθεια του συμπυκνωτή επανέρχεται στην υγρή μορφή, έτοιμο να

μετατραπεί σε αέριο για άλλη μια φορά και να συλλέξει νέα θερμότητα. Στην περίπτωση που χρειάζεται ψύξη το σύστημα αντιστρέφει την λειτουργία του.^[24]

3. **Αντλία θερμότητας νερού – νερού:** Στις αντλίες αυτές και οι δύο εναλλάκτες είναι εναλλάκτες νερού, και το ψυκτικό μέσο μεταφέρει θερμότητα από μια μάζα νερού σε άλλη, δηλαδή εξάγει θερμική ενέργεια από το νερό αντλώντας το νερό από την πηγή απευθείας μέσω της αντλίας θερμότητας. Η επιλογή αυτή είναι βιώσιμη μόνο αν υπάρχει πηγή νερού, όμως παρέχει μια πιο σταθερή θερμοκρασία εισόδου από μια αντλία πηγής αέρα. Οι αντλίες θερμότητας νερού απαιτούν συνεχή ροή νερού και κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, μπορεί να χρειαστεί μια δεύτερη πηγή θερμότητας ως εφεδρική ενέργεια.^[25]
4. **Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας:** Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, εξάγουν την θερμική ενέργεια από το έδαφος και την μεταφέρουν στον εσωτερικό χώρο. Οι αντλίες αυτές εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι κάτω από την επιφάνεια της γης η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σταθερή όλο τον χρόνο (μεγαλύτερη θερμοκρασία από το περιβάλλον το χειμώνα, μικρότερη το καλοκαίρι). Για παροχή θέρμανσης, μεταφέρουν θερμότητα από το έδαφος στον εσωτερικό χώρο, ενώ για παροχή ψύξης μεταφέρουν θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο στο έδαφος. Είναι πιο αξιόπιστες και πιο ήσυχες αλλά έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης.^[25]

3.2.2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα αντλιών θερμότητας

- **Πλεονεκτήματα:**^[26]
 - ✓ Οι αντλίες θερμότητας είναι πολύ πιο ασφαλείς από τα συστήματα που βασίζονται στην καύση.
 - ✓ Είναι πιο φθηνές από ό, τι οι λέβητες πετρελαίου και φυσικού αερίου.
 - ✓ Το σύστημα μειώνει τις εκπομπές άνθρακα και έχει έναν αποτελεσματικό ρυθμό μετατροπής ενέργειας για θέρμανση.
 - ✓ Λιγότερη συντήρηση από τα συστήματα θέρμανσης καύσης.
 - ✓ Μπορεί να παρέχει ψύξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, καθιστώντας το ένα κλιματιστικό.
 - ✓ Έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής έως 50 χρόνια. Ως αποτέλεσμα, είναι εξαιρετικά αξιόπιστα και σταθερή πηγή θερμότητας.
 - ✓ Υπάρχουν χρηματοδοτούμενα προγράμματα στο πλαίσιο του καθεστώτος παροχής κινήτρων ανανεώσιμης θερμότητας.

✓

- **Μειονεκτήματα:**^[26]

- ✓ Τα συστήματα αντλιών θερμότητας έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- ✓ Είναι αρκετά δύσκολο να εγκατασταθούν, ειδικά καθώς πρέπει να γίνει έρευνα για να κατανοήσετε την κίνηση της θερμότητας, την τοπική γεωλογία, καθώς και τις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης για το νοικοκυριό σας.
- ✓ Ορισμένα από τα υγρά που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά θερμότητας είναι αμφίβολης βιωσιμότητας και προκαλούν περιβαλλοντικές ανησυχίες.
- ✓ Η διαδικασία εγκατάστασης θα σημαίνει σημαντική εργασία και διακοπή λειτουργίας του σπιτιού. Θα πρέπει να γίνουν εργασίες σχετικά με το κτίριο, συμπεριλαμβανομένης της διεξόδου στους τοίχους.
- ✓ Ορισμένες αντλίες θερμότητας παρουσιάζουν προβλήματα σε κρύες περιοχές, οι οποίες μπορεί να καταστρέψουν το σύστημα. Επομένως, δεν είναι δυνατή η επίτευξη πλήρους απόδοσης κατά τη διάρκεια των κρύων εποχών.
- ✓ Απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργούν οι αντλίες θερμότητας, πράγμα που σημαίνει ότι ποτέ δεν θα είναι εξ ολοκλήρου ουδέτερες προς το περιβάλλον.

3.3 Βασική Αρχή Λειτουργίας HVAC Συστήματος

Από θεωρητική σκοπιά η λειτουργία ενός συστήματος HVAC μπορεί να οριστεί από:

- Τις αρχές της θερμοδυναμικής: Συγκεκριμένα από τον 1^ο και 2^ο νόμο , οι οποίοι αναφέρουν:

1^{ος} θερμοδυναμικός νόμος: είναι μια διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας, και ορίζει την ενέργεια σαν μια ακόμα θερμοδυναμική ιδιότητα. Δηλώνει ότι η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί, ούτε να καταστραφεί, μπορεί μόνο να μετατραπεί από τη μια μορφή σε μια άλλη ή να μεταφερθεί από ένα σώμα σε ένα άλλο.

2^{ος} θερμοδυναμικός νόμος: είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μια συσκευή η οποία να λειτουργεί σε κύκλο και να έχει ως μοναδικό αποτέλεσμα την αφαίρεση θερμότητας από ένα σώμα σε μια θερμοκρασία και την απορρόφηση ίσης ποσότητας θερμότητας από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας (*Rudolf Julius Emmanuel Clausius*).

- Τις αρχές της μηχανικής ρευστών: Η μηχανική των ρευστών μελετά τη συμπεριφορά των ρευστών επί ασκούμενων δυνάμεων ή προσφοράς ενέργειας σ' αυτά. Ασχολείται με τη ροή των ρευστών, δηλαδή των υγρών και αερίων και έχει ισχυρή διασύνδεση με άλλους επιστημονικούς κλάδους όπως είναι η θερμοδυναμική και η μετάδοση θερμότητας.
- Την μεταφορά θερμότητας: Ασχολείται με την μελέτη των μηχανισμών μέσω των οποίων σώματα ανταλλάσσουν ενέργεια.

Όλα τα συστήματα HVAC έχουν τρία βασικά στοιχεία: μια πηγή ζεστού ή ψυχρού αέρα, ένα μέσο διανομής του αέρα στους χώρους που θερμαίνονται ή ψύχονται και ένα σύστημα ελέγχου που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του συστήματος (π.χ. θερμοστάτη). Οι πηγές ζεστού αέρα, όπως ένας κλίβανος, και οι πηγές δροσερού αέρα, όπως ένα κλιματιστικό, σε ένα σπίτι χρησιμοποιούν συχνά τα ίδια συστήματα διανομής και ελέγχου, δηλαδή, ο θερμός και ο δροσερός αέρας πιθανόν να ρέουν μέσα από τους ίδιους αγωγούς και ρυθμίζονται από τον ίδιο θερμοστάτη.

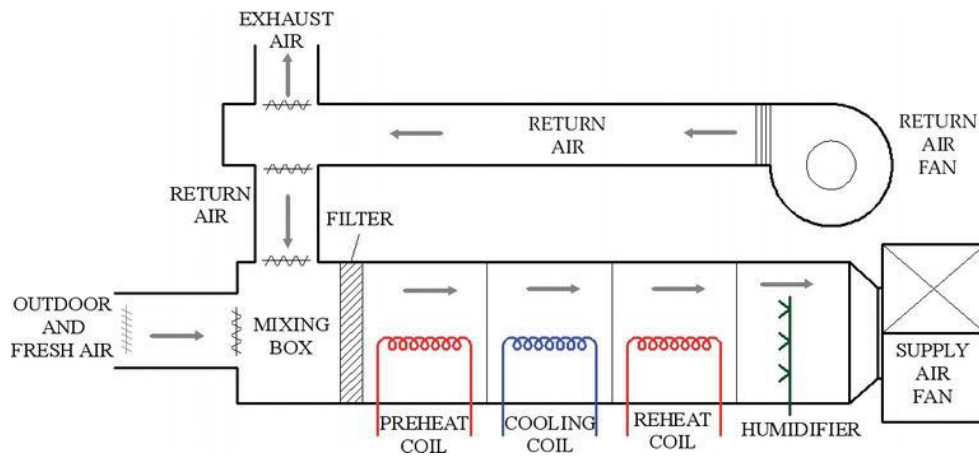
Και η θέρμανση όπως και η ψύξη λειτουργούν με βάση την αρχή ότι η θερμότητα κινείται πάντα από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό, ακριβώς όπως το νερό ρέει από ένα υψηλότερο σε ένα χαμηλότερο επίπεδο. Οι φούρνοι και οι θερμαντήρες εισάγουν θερμότητα στον αέρα για να κάνουν το χώρο πιο ζεστό, ενώ τα κλιματιστικά αφαιρούν θερμότητα για να δημιουργήσουν ψυχρό περιβάλλον.

Όλες οι μονάδες θέρμανσης και ψύξης χρησιμοποιούν καύσιμο. Τα κλιματιστικά χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια. Τα περισσότερα οικιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ή πετρέλαιο. Άλλα συστήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια. Για παράδειγμα, η αντλία θερμότητας (ηλεκτροκίνητη μονάδα ελέγχου κλιματισμού) θερμαίνει και ψύχει αέρα. Το καλοκαίρι εξάγει θερμότητα από τον αέρα μέσα στο χώρο. Το χειμώνα αντλεί θερμότητα από τον αέρα και χρησιμοποιεί αυτή τη θερμότητα για να θερμάνει τον αέρα μέσα στο χώρο.

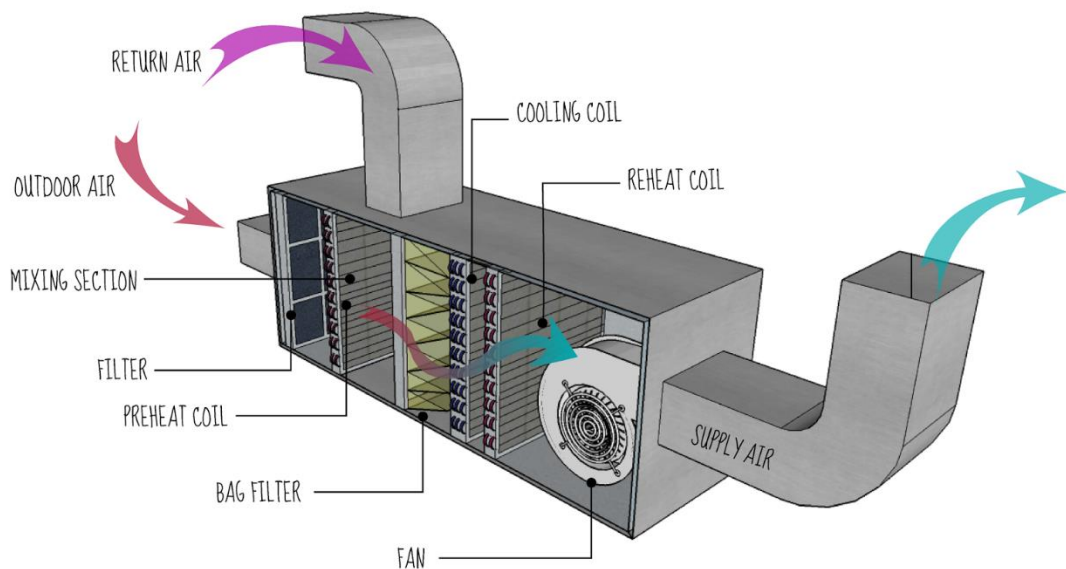
Όταν ο κλίβανος είναι ενεργοποιημένος, καταναλώνει το καύσιμο που τον τροφοδοτεί, είτε πρόκειται για αέριο, πετρέλαιο είτε για ηλεκτρική ενέργεια. Καθώς καίγεται το καύσιμο, παράγεται θερμότητα και διοχετεύεται στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού μέσω αγωγών, σωλήνων ή συρμάτων και στη συνέχεια εκτοξεύεται από θερμαντικά σώματα ή πάνελ θέρμανσης. Παλαιότερα συστήματα χρησιμοποιούσαν τη θερμότητα που παράγουν για τη θέρμανση του νερού, το οποίο στη συνέχεια θερμαίνει τον αέρα στο χώρο. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν ένα λέβητα για την αποθήκευση και τη θέρμανση της παροχής νερού, η οποία στη συνέχεια κυκλοφορεί ως ζεστό νερό μέσω σωλήνων που είναι ενσωματωμένοι στον τοίχο, το δάπεδο ή την οροφή.

Όταν ένα κλιματιστικό είναι ενεργοποιημένο, η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την ψύξη ενός αερίου σε ένα πηνίο στην υγρή του κατάσταση. Ο ζεστός αέρας στο χώρο ψύχεται σε επαφή με το ψυκτικό πηνίο και αυτός ο ψυχρός αέρας διοχετεύεται εσωτερικά μέσω αγωγών ή, στην περίπτωση κλιματιστικών, απευθείας από την ίδια την μονάδα.

Το μέσο μεταφοράς θερμικής ενέργειας μπορεί να είναι αέρας, νερό, και τα δύο ή κάποιο ψυκτικό μέσο, τα οποία ονομάζονται συστήματα αέρος, συστήματα αέρος-νερού, συστήματα νερού, συστήματα ψυκτικού μέσου αντίστοιχα. Επίσης, τα κεντρικά συστήματα περιλαμβάνουν αντλίες θερμότητας με πηγή νερού και πάνελ θέρμανσης και ψύξης. Το κεντρικό σύστημα HVAC έχει συνδεδεμένες συσκευές σε μια μονάδα αερισμού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 και Εικόνα 2, η οποία περιλαμβάνει ανεμιστήρες ανεφοδιασμού και επιστροφής αέρα, υγραντήρα, πηνίο αναθέρμανσης, πηνίο ψύξης, πηνίο προθέρμανσης, κιβώτιο ανάμειξης, φίλτρο και εξωτερικό αέρα.^[27]



Εικόνα 1: Διάταξη Κεντρικού Συστήματος HVAC



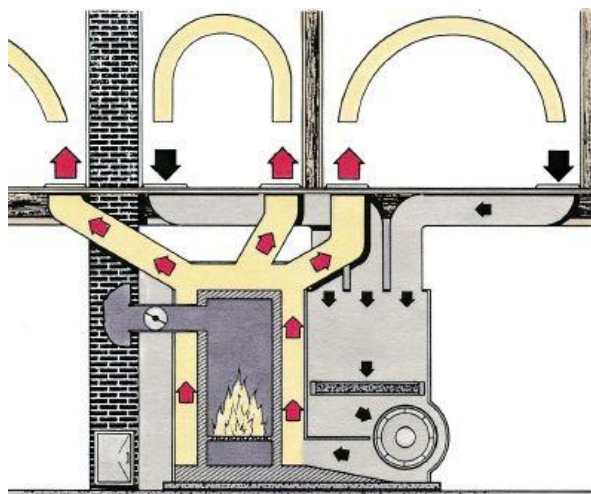
Εικόνα 2: Τρισδιάστατη Απεικόνιση Κεντρικού Συστήματος HVAC.^[2]

3.3.1 Συστήματα Διανομής Θέρμανσης και Ψύξης

Μόλις ο αέρας θερμανθεί ή ψυχθεί στην πηγή θερμότητας/κρύου, πρέπει να διανεμηθεί στους εσωτερικούς χώρους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τα συστήματα εξαναγκασμένου αέρα, βαρύτητας ή ακτινοβολίας, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

3.3.1.1 Forced-Air Systems

Ένα τέτοιο σύστημα διανέμει τη θερμότητα που παράγεται από τον κλίβανο ή το ψύχος που παράγεται από ένα κεντρικό κλιματιστικό μέσω ενός ηλεκτρικού ανεμιστήρα, ο οποίος ωθεί τον αέρα δια μέσου ενός συστήματος μεταλλικών αγωγών στους χώρους του σπιτιού. Καθώς ο ζεστός αέρας από τον κλίβανο ρέει μέσα στα δωμάτια, ο ψυχρός αέρας στο εσωτερικό ρέει προς τα κάτω μέσα από ένα άλλο σύνολο αγωγών, που ονομάζεται σύστημα επιστροφής κρύου αέρα, στον κλίβανο για να ζεσταθεί. Αυτό το σύστημα είναι ρυθμιζόμενο, δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα αύξησης ή μείωσης της ποσότητας του αέρα που ρέει μέσα από το σπίτι. Τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα εξαναγκασμένου αέρα, συμπεριλαμβανομένου του φυσητήρα, για να διανέμουν δροσερό αέρα στα δωμάτια και να φέρουν θερμό αέρα πίσω για ψύξη.

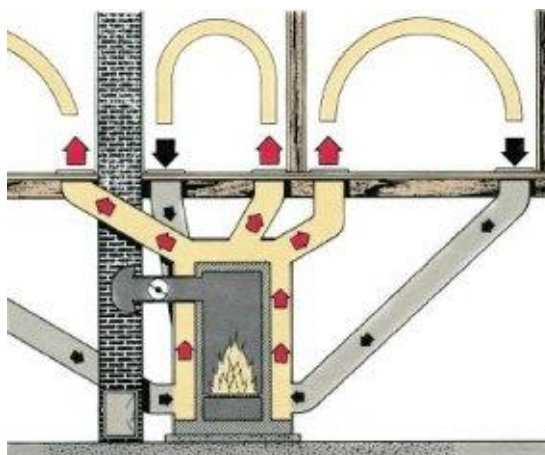


Εικόνα 3: Forced Air System

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται με τα συστήματα αναγκαστικού αέρα αφορούν συνήθως δυσλειτουργίες των ανεμιστήρων. Ο φυσητήρας μπορεί επίσης να είναι θορυβώδης και προσθέτει κόστος ηλεκτρικής ενέργειας στο κόστος του καυσίμου του κλιβάνου. Επειδή όμως χρησιμοποιεί έναν φυσητήρα, ένα σύστημα εξαναγκασμένου αέρα είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την διοχέτευση αερόφερτης θερμότητας ή δροσερού αέρα σε ολόκληρο το σπίτι.

3.3.1.2 Gravity Systems

Τα συστήματα βαρύτητας βασίζονται στην αρχή ότι ο θερμός αέρας ανεβαίνει και ο ψυχρός αέρας βυθίζεται. Επομένως, τα συστήματα βαρύτητας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διανομή ψυχρού αέρα από κλιματιστικό. Σε ένα σύστημα βαρύτητας, ο κλίβανος βρίσκεται κοντά ή κάτω από το δάπεδο. Ο θερμός αέρας ανεβαίνει και ρέει μέσω αγωγών σε καταχωρητές θερμότητας που βρίσκονται στο πάτωμα σε όλο το σπίτι. Αν ο κλίβανος βρίσκεται στον κεντρικό όροφο του σπιτιού, οι καταχωρητές θερμότητας είναι συνήθως τοποθετημένοι ψηλά στους τοίχους, επειδή πρέπει να είναι πάντα υψηλότεροι από τον κλίβανο. Ο θερμός αέρας ανεβαίνει προς την οροφή και καθώς ο αέρας ψύχεται, βυθίζεται, εισέρχεται στους αγωγούς αέρα και επιστρέφει πίσω στον κλίβανο για να αναθερμανθεί.



Εικόνα 4: Gravity System

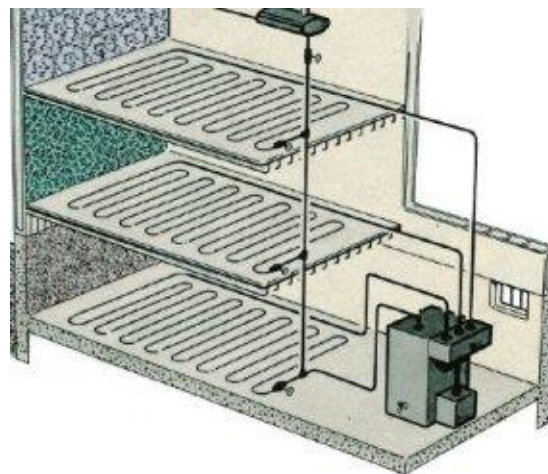
3.3.1.3 Radiant Systems

Αποτελεί ένα άλλο βασικό σύστημα διανομής για θέρμανση. Η πηγή θερμότητας είναι συνήθως ζεστό νερό, το οποίο θερμαίνεται από τον κλίβανο και κυκλοφορεί μέσω σωλήνων που είναι ενσωματωμένοι στον τοίχο, το δάπεδο ή την οροφή.

Τα συστήματα αυτά λειτουργούν με θέρμανση των τοίχων, των δαπέδων ή των οροφών των δωματίων ή, πιο συχνά, με την θέρμανση των καλοριφέρ στα δωμάτια. Τα σώματα αυτά στη συνέχεια θερμαίνουν τον αέρα στο δωμάτιο.

Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς πίνακες θέρμανσης για τη

δημιουργία θερμότητας, η οποία ακτινοβολείται σε χώρους. Όπως οι θερμαντήρες τοίχων με βαρύτητα, αυτά τα πάνελ εγκαθίστανται συνήθως σε θερμά κλίματα ή όπου η ηλεκτρική ενέργεια είναι σχετικά φθηνή. Τα ακτινοβόλα συστήματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διανομή ψυχρού αέρα από ένα κλιματιστικό.



Εικόνα 5: Radiant System

Καλοριφέρ και θερμαντικά σώματα (τα πιο συνηθισμένα μέσα για την κατανομή της ακτινοβολούμενης θερμότητας σε παλαιότερα σπίτια), χρησιμοποιούνται με συστήματα θέρμανσης ζεστού νερού. Αυτά τα συστήματα μπορεί να εξαρτώνται από τη βαρύτητα ή από μια αντλία κυκλοφορητή για να κυκλοφορούν θερμό νερό από τον λέβητα στα καλοριφέρ ή τα θερμαντικά σώματα. Ένα σύστημα που χρησιμοποιεί μια αντλία, ή ένα κυκλοφορητή, καλείται υδραυλικό σύστημα.

Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης είναι συχνά χτισμένα σε σπίτια κατασκευασμένα πάνω σε πλάκα σκυροδέματος. Ένα δίκτυο σωλήνων ζεστού νερού τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Όταν το σκυρόδεμα θερμαίνεται από τους σωλήνες, θερμαίνει τον αέρα που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του δαπέδου. Η πλάκα δεν χρειάζεται να ζεσταθεί πολύ και τελικά θα έρθει σε επαφή και θα θερμάνει τον αέρα σε όλο το σπίτι.

Τα συστήματα αυτά (ειδικά όταν εξαρτώνται από τη βαρύτητα), είναι επιρρεπή σε αρκετά προβλήματα. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για τη διανομή του θερμαινόμενου νερού μπορεί να φράξουν ή να έχουν λάθος κλίση. Ο λέβητας στον οποίο θερμαίνεται νερό ενδέχεται επίσης να παρουσιάσει δυσλειτουργία. Τα συστήματα ζεστού νερού σπάνια τοποθετούνται σε καινούργια σπίτια.^[28]

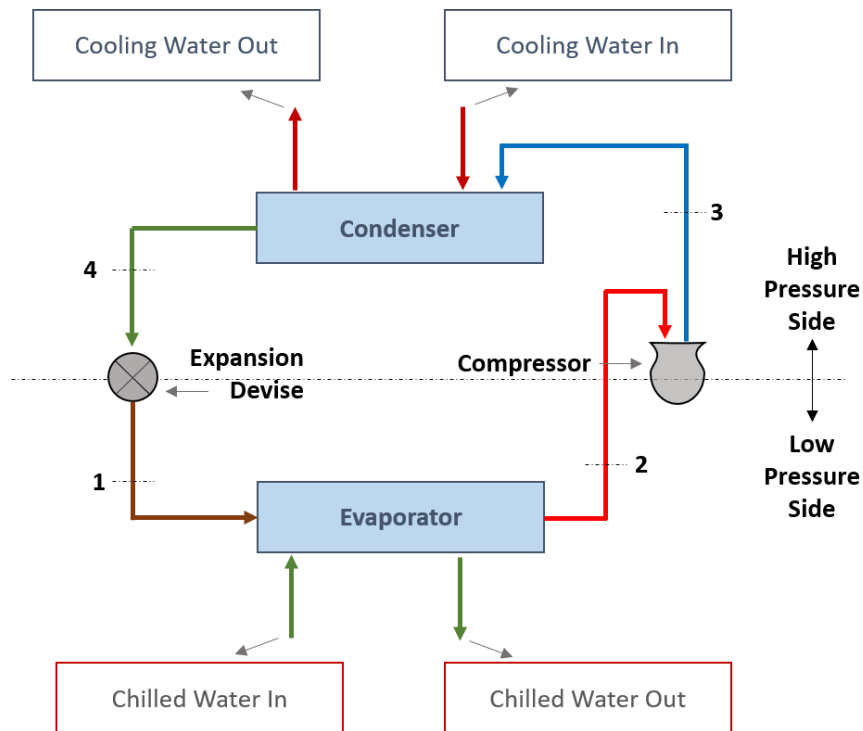
3.3.2 Water Chillers (Ψύκτες Νερού)

Οι ψύκτες νερού αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία ψύξης των συστημάτων HVAC. Είναι μια ψυκτική μηχανή που παράγει κρύο νερό (περίπου 7 °C έως 12 °C). Η κύρια λειτουργία τους είναι η μείωση της θερμοκρασίας του νερού σε τέτοια τιμή, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ψυκτικού αποτελέσματος σε συνδυασμό με άλλα εξαρτήματα HVAC. Το αποτέλεσμα που παράγεται από τους ψύκτες νερού είναι νερό σε χαμηλότερη θερμοκρασία συνήθως γύρω στους 10 °C ανάλογα με το σχέδιο του ψυκτικού συγκροτήματος.

Οι ψύκτες νερού HVAC διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο σε οποιοδήποτε σύστημα HVAC μαζί με άλλα βασικά εξαρτήματα και τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση στην απόδοσή τους, γεγονός που έχει οδηγήσει σε ψύκτες νερού με καλύτερη απόδοση και λιγότερο κόστος, τόσο λειτουργικό όσο και συντήρησης.^[1]

3.3.2.1 Τρόπος Λειτουργίας

Ένας ψύκτης νερού λειτουργεί με συμπίεση ατμών ή κύκλωμα απορρόφησης ατμών. Σε ένα κύκλο συμπίεσης ατμών, το ψυκτικό κυκλοφορεί σε εξατμιστή, συμπιεστή, συμπυκνωτή και βαλβίδα εκτόνωσης. Μια θερμοδυναμική διαδικασία εμφανίζεται σε κάθε ένα από τα παραπάνω μέρη, όπως αναλύεται παρακάτω.



Εικόνα 6: Αρχή λειτουργίας Water Chillers^[1]

1. **Προσθήκη θερμότητας στο ψυκτικό μέσο στον εξατμιστή (1-2):** Το ψυκτικό μέσο εξατμίζεται λαμβάνοντας θερμότητα από ψυχρό νερό στον εξατμιστή, εξυπηρετώντας έτσι τον πρωταρχικό σκοπό του. Το ψυκτικό μέσο εξέρχεται από τον εξατμιστή, καθώς παράγεται ατμός, αλλά από την άλλη πλευρά παράγεται κρύο νερό. Έτσι, η θερμότητα προστίθεται στο ψυκτικό μέσο υπό σταθερή πίεση, αλλά εξάγεται από ψυχρό νερό. Τόσο το ψυκτικό όσο και το παγωμένο νερό δεν αναμειγνύονται και χωρίζονται από κάποιο στερεό τοίχωμα μεταξύ τους.
2. **Συμπίεση των ατμών ψυκτικού μέσου στον συμπιεστή (2 - 3):** Οι ατμοί των ψυκτικών μέσων εξέρχονται από τον εξατμιστή και στη συνέχεια συμπιέζονται από τον συμπιεστή σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Ο συμπιεστής απαιτεί ενέργεια για την διεκπεραίωση της παραπάνω εργασίας, συνεπώς, τροφοδοτείται από ηλεκτρική ενέργεια.
3. **Απόρριψη θερμότητας από ψυκτικό μέσο στον συμπυκνωτή (3 - 4):** Η διαδικασία που λαμβάνει χώρα σε αυτήν την φάση είναι παρόμοια με τον εξατμιστή, αλλά με αντίστροφη σειρά. Το ψυκτικό μέσο απορρίπτει τη θερμότητά του στο εξωτερικό ψυκτικό υγρό ή στον

αέρα. Με αυτό τον τρόπο το ψυκτικό μέσο συμπυκνώνεται και το εξωτερικό μέσο θερμαίνεται.

4. **Επέκταση ψυκτικού μέσου στη βαλβίδα εκτόνωσης (4-1):** Το ψυκτικό μέσο σε συμπυκνωμένη μορφή που εξέρχεται από τον συμπυκνωτή διογκώνεται σε βαλβίδα εκτόνωσης και η πίεση και η θερμοκρασία του μειώνονται στο επίπεδο που χρειάζεται ο εξατμιστής, έτσι ώστε να επαναληφθεί ξανά ο κύκλος.

3.3.3 Έλεγχος Συστημάτων Θέρμανσης – Ψύξης

Ο θερμοστάτης είναι ένας θερμοευαίσθητος διακόπτης, ο οποίος αποτελεί τον πίνακα ελέγχου στον οποίο ρυθμίζεται η θερμοκρασία του χώρου. Ανταποκρίνεται στις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα όπου βρίσκεται και θέτει σε λειτουργία την θέρμανση ή την ψύξη, για να διατηρήσει τη θερμοκρασία σε ένα καθορισμένο επίπεδο, το οποίο ονομάζεται σημείο ρύθμισης. Το βασικό στοιχείο του θερμοστάτη είναι ένα διμεταλλικό στοιχείο που επεκτείνεται ή συστέλλεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται ή μειώνεται σε ένα σπίτι.

Οι παλαιότεροι θερμοστάτες έχουν δύο εκτεθειμένες επαφές. Καθώς πέφτει η θερμοκρασία, μια διμεταλλική λωρίδα λυγίζει κάνοντας πρώτα μια ηλεκτρική επαφή και έπειτα μια άλλη. Το σύστημα ενεργοποιείται πλήρως όταν κλείσει η δεύτερη επαφή, ενεργοποιώντας το σύστημα θέρμανσης και τον αναστολέα στον θερμοστάτη. Ο αναστολέας θερμαίνει το διμεταλλικό στοιχείο, προκαλώντας το να λυγίσει και να σπάσει τη δεύτερη ηλεκτρική επαφή. Ωστόσο, η πρώτη επαφή δεν έχει σπάσει ακόμα και ο θερμαντήρας συνεχίζει να λειτουργεί μέχρι να αυξηθεί η θερμοκρασία πάνω από τη ρύθμιση στον θερμοστάτη.

Οι πιο σύγχρονοι θερμοστάτες έχουν περιτυλιγμένα στοιχεία διμεταλλικής λωρίδας και οι επαφές σφραγίζονται πίσω από το γυαλί για να τους προστατεύσουν από τη βρωμιά. Καθώς πέφτει η θερμοκρασία, τα διμεταλλικά στοιχεία αρχίζουν να ξετυλίγονται. Η δύναμη που ασκείται από την απομάκρυνση των στοιχείων διαχωρίζει μία σταθερή χαλύβδινη ράβδο από έναν μαγνήτη στο άκρο του πηνίου. Ο μαγνήτης μπαίνει κοντά στην επαφή που περικλείεται από γυαλί, τραβάει πάνω τον βραχίονα επαφής μέσα στον σωλήνα και προκαλεί το κλείσιμο των επαφών, συμπληρώνοντας το ηλεκτρικό κύκλωμα και ενεργοποιώντας τον θερμαντήρα και τον αναστολέα. Καθώς ο αέρας στο δωμάτιο θερμαίνεται, το πηνίο αρχίζει να ανεβαίνει προς τα πίσω και σπάει τη λαβή του μαγνήτη στον βραχίονα επαφής. Ο βραχίονας πέφτει, σπάει το κύκλωμα και σβήνει το σύστημα. Σ' αυτό το σημείο, ο μαγνήτης μετακινείται πίσω στην σταθερή ράβδο, κρατώντας τις επαφές ανοιχτές και τον θερμαντήρα απενεργοποιημένο μέχρι να κρυώσει το δωμάτιο ξανά.

Τα πιο πρόσφατα συστήματα ελέγχου θερμότητας και κλιματισμού χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά στοιχεία στερεάς κατάστασης για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του αέρα. Είναι συνήθως πιο ακριβείς και πιο ευαίσθητοι από τα παλαιότερα συστήματα. Ωστόσο, η επισκευή των ελέγχων στερεάς κατάστασης σημαίνει συνήθως αντικατάσταση.

3.4 Βασικά Εξαρτήματα Συστήματος HVAC

Τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού, όπως αναφέρθηκε, είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ενός ολόκληρου κτιρίου, διασφαλίζοντας ότι παραμένει σε ένα λογικό επίπεδο ανά πάσα στιγμή. Βρίσκονται σε εμπορικούς χώρους και οικίες, με ποικιλία τόσο στο σχήμα όσο και στα μεγέθη. Υπάρχουν, όμως, οκτώ (8) βασικά εξαρτήματα που βρίσκονται σχεδόν σε κάθε σύστημα HVAC που έχει δημιουργηθεί ποτέ.^[18, 29]

3.4.1 Κλίβανος (Furnace)

Ο κλίβανος συνήθως βρίσκεται είτε στο υπόγειο είτε στη σοφίτα και είναι η συσκευή που ωθεί κρύο και ζεστό αέρα στους αγωγούς. Επίσης ελέγχει αν οι χώροι χρειάζονται θέρμανση ή ψύξη, γεγονός που αποτελεί σημαντικό στοιχείο σε οποιοδήποτε σύστημα HVAC.



Εικόνα 7: Κλίβανος

3.4.2 Πηνίο Εξατμιστή (Evaporator Coil)

Τα πηνία εξατμιστή είναι το ακριβώς αντίθετο από τους εναλλάκτες θερμότητας, που εξυπηρετούν να κρυώσουν κάθε θερμό αέρα που εισέρχεται στο σύστημα. Τοποθετημένα μέσα σε ένα μεταλλικό περίβλημα στο εσωτερικό του κλιβάνου, επιτρέπουν την ψύξη των χώρων όταν απαιτείται, όπως και μια συμβατική μονάδα κλιματισμού.



Εικόνα 8: Πήνιο Εξατμιστή

3.4.3 Αγωγοί (Ducts)

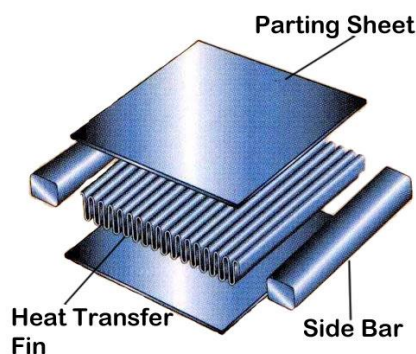
Όταν ένα κτίριο χτίζεται, θα έχει συχνά αγωγούς θέρμανσης εγκατεστημένους στο ταβάνι ή στην οροφή, συνδέοντας ένα δίκτυο δωματίων, αγωγών και αεραγωγών μαζί. Οι αγωγοί είναι στην ουσία η εθνική οδός ολόκληρου του συστήματος, επιτρέποντας στον αέρα να ταξιδέψει εκεί που χρειάζεται.



Εικόνα 9: Αγωγοί Συστήματος HVAC

3.4.4 Εναλλάκτης Θερμότητας (Heat Exchanger)

Ο εναλλάκτης θερμότητας βρίσκεται στο εσωτερικό του κλιβάνου και είναι το εξάρτημα το οποίο θερμαίνει, μετατρέποντας δροσερό, κρύο αέρα σε ζεστό αέρα απίστευτα γρήγορα. Ο τρόπος θέρμανσης μοιάζει αρκετά με την λειτουργία του στεγνωτήρα μαλλιών, χρησιμοποιεί δηλαδή, ένα μεταλλικό πηνίο που θερμαίνεται ηλεκτρικά.



Εικόνα 10: Εναλλάκτης Θερμότητας

3.4.5 Γραμμές Ψυκτικού Μέσου (Refrigerant Lines)

Οι γραμμές ψυκτικού είναι σωλήνες, κατασκευασμένες από μέταλλο, οι οποίες φέρουν το ψυκτικό υγρό στο πηνίο του εξατμιστή, και στη συνέχεια επιστρέφουν το αέριο πίσω στη μονάδα συμπίκνωσης. Είναι κατασκευασμένες από ανθεκτικό, αδιάβροχο αλουμίνιο ή χαλκό που έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί κάτω από ακραίες θερμοκρασίες.



Εικόνα 11: Γραμμές Ψυκτικού Μέσου

3.4.6 Μονάδα συμπύκνωσης (Condensing Unit)

Η μονάδα συμπύκνωσης δεν είναι μέρος του κλίβανου, βρίσκεται στο εξωτερικό του κτιρίου. Χρησιμοποιεί ψυκτικό αέριο που ψύχεται από τον εξωτερικό αέρα, μετατρέποντάς το σε υγρό το οποίο διέρχεται από το πηνίο εξατμιστή, προκαλώντας μετατόπιση του θερμού αέρα.



Εικόνα 12: Μονάδα Συμπύκνωσης

3.4.7 Θερμοστάτης (Thermostat)

Όπως συμβαίνει με τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης, ο θερμοστάτης είναι ο κόμβος ελέγχου ολόκληρου του συστήματος, επιτρέποντας την εύκολη αλλαγή στις ρυθμίσεις θερμοκρασίας, καθώς και την δημιουργία προφίλ θερμοκρασίας.



Εικόνα 13: Θερμοστάτης

3.4.8 Αεραγωγοί (Vents)

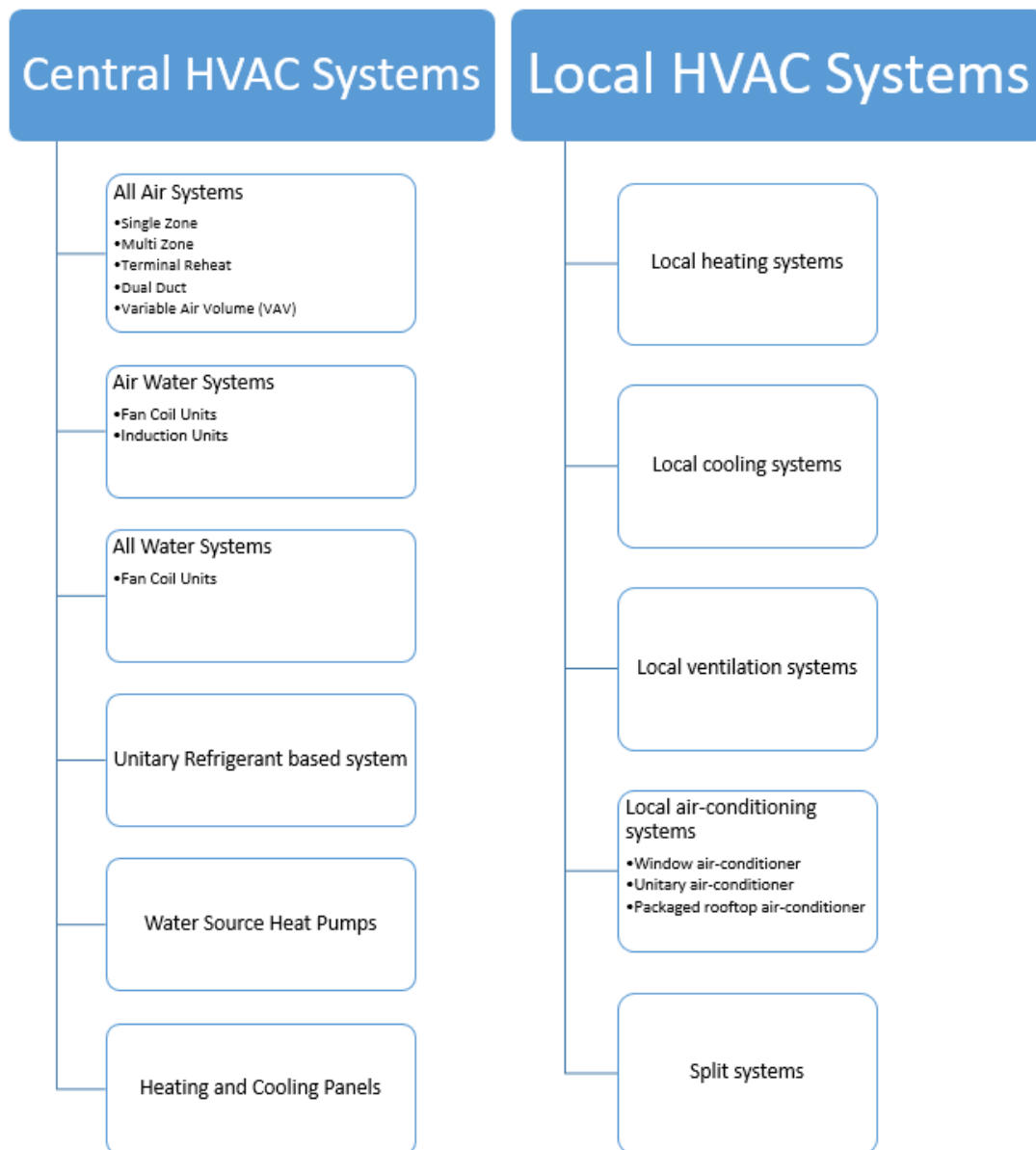
Οι αεραγωγοί συνδέονται με τους αγωγούς που αναφέρθηκαν παραπάνω. Βρίσκονται κυρίως στο ταβάνι ή κατά μήκος των τοίχων. Καθώς ο δροσισμένος ή θερμαινόμενος αέρας ταξιδεύει κατά μήκος των αγωγών, οι αεραγωγοί του επιτρέπουν να διαφύγει στους χώρους όπου χρειάζεται.



Εικόνα 14: Αεραγωγός

3.5 Είδη HVAC ανάλογα με την χωρική τοποθέτηση

Τα συστήματα HVAC ανάλογα με θέση τους, τη διανομή και τον αριθμό των ζωνών που εξυπηρετούν μπορούν να ταξινομηθούν όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση Συστημάτων HVAC

Τα κεντρικά συστήματα HVAC εντοπίζονται μακριά από τα κτίρια σε ένα κεντρικό δωμάτιο εξοπλισμού και παραδίδουν τον κλιματιζόμενο αέρα μέσω ενός συστήματος αγωγών διανομής. Τα τοπικά συστήματα HVAC μπορούν να τοποθετηθούν μέσα σε μια κλιματιζόμενη ζώνη ή δίπλα της και δεν απαιτούνται αγωγοί. Τα τοπικά συστήματα περιλαμβάνουν τοπική θέρμανση, τοπικό κλιματισμό, τοπικό αερισμό και συστήματα διάσπασης.

Η επιλογή των συστημάτων HVAC σε ένα συγκεκριμένο κτίριο θα εξαρτηθεί από το κλίμα, την ηλικία του κτιρίου, τις ατομικές προτιμήσεις του ιδιοκτήτη του κτιρίου και σχεδιαστή ενός έργου, τον προϋπολογισμό του έργου, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων.

Τα συστήματα HVAC μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τις απαραίτητες διαδικασίες και τη διαδικασία διανομής. Οι απαιτούμενες διαδικασίες περιλαμβάνουν τη διαδικασία θέρμανσης, τη διαδικασία ψύξης και τη διαδικασία εξαερισμού. Μπορούν να προστεθούν και άλλες διαδικασίες όπως η διαδικασία υγραποίησης και αφυγραντήσεως. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού HVAC όπως συστήματα θέρμανσης, συστήματα κλιματισμού, ανεμιστήρες εξαερισμού και αφυγραντήρες. Τα συστήματα HVAC χρειάζονται το σύστημα διανομής για να παραδώσει την απαιτούμενη ποσότητα αέρα με τις επιθυμητές περιβαλλοντικές συνθήκες. Το σύστημα διανομής κυμαίνεται κυρίως ανάλογα με τον τύπο του ψυκτικού μέσου και τη μέθοδο παράδοσης, όπως είναι ο εξοπλισμός αερισμού, οι πηνία ανεμιστήρων, οι αεραγωγοί και οι σωλήνες νερού.^[27]

3.5.1 Σύγκριση Κεντρικών – Τοπικών Συστημάτων

Η κύρια ταξινόμηση των συστημάτων HVAC είναι το κεντρικό σύστημα και το τοπικό σύστημα. Ο τύπος ενός συστήματος εξαρτάται από τη θέση του κύριου εξοπλισμού. Αν βρίσκεται ενιαίος σε μια κεντρική τοποθεσία και ελέγχει τον κλιματισμό ολόκληρου του κτιρίου ως σύνολο ή τοπικά ρυθμίζοντας τον κλιματισμό σε μια συγκεκριμένη ζώνη ως μέρος ενός κτιρίου. Ως εκ τούτου, το σύστημα διανομής αέρα και νερού θα πρέπει να σχεδιάζεται με βάση την ταξινόμηση του συστήματος και τη θέση του κυρίως εξοπλισμού. Τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν θα πρέπει επίσης να εφαρμόζονται κατά την επιλογή μεταξύ των δύο συστημάτων. Στον παρακάτω πίνακα δίνετε η σύγκριση των κεντρικών και τοπικών συστημάτων ανάλογα με τα κριτήρια επιλογής.

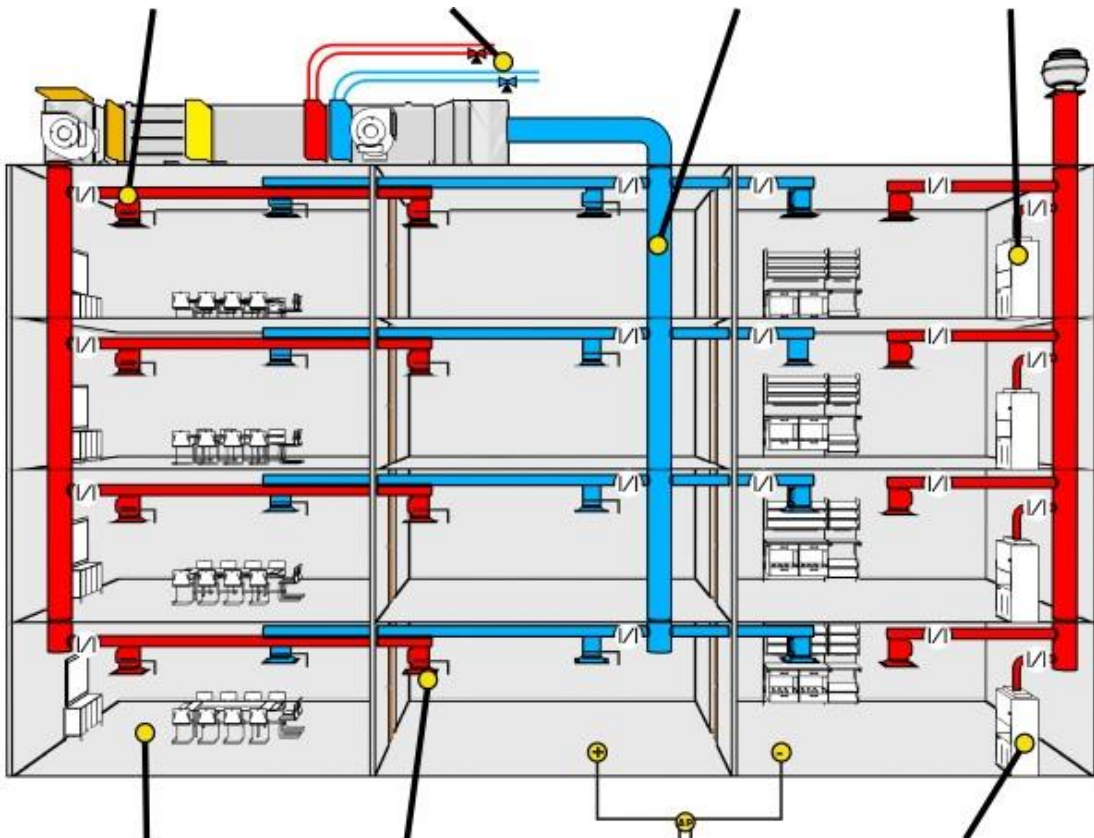
Κριτήρια	Κεντρικό Σύστημα	Τοπικό Σύστημα
Θερμοκρασία, υγρασία, και απαιτήσεις πίεσης χώρου	Εκπληρώνει οποιεσδήποτε ή όλες τις παραμέτρους σχεδιασμού	Εκπληρώνει οποιεσδήποτε ή όλες τις παραμέτρους σχεδιασμού
Απαιτήσεις χωρητικότητας	<ul style="list-style-type: none"> Πρέπει να λάβουμε υπόψη την ποικιλομορφία του συστήματος HVAC για τη μείωση χωρητικότητας του εγκατεστημένου εξοπλισμού Σημαντικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας 	<ul style="list-style-type: none"> Απαιτείται η μέγιστη χωρητικότητα για κάθε εξοπλισμό Περιορισμένη ποικιλία στο μέγεθος εξοπλισμού
Πλεονασμός	Ο εφεδρικός εξοπλισμός είναι κατάλληλος για την αντιμετώπιση προβλημάτων και για τη συντήρηση	Δεν υπάρχει εφεδρικός εξοπλισμός

Ειδικές απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Ένα δωμάτιο εξοπλισμού βρίσκεται έξω από την κλιματιζόμενη περιοχή, δίπλα ή μακριά από το κτίριο • Η Εγκατάσταση δευτερεύοντος εξοπλισμού για τη διανομή του αέρα και του νερού απαιτεί επιπλέον κόστος 	<ul style="list-style-type: none"> • Πιθανώς, δεν χρειάζεται δωμάτιο εξοπλισμού • Ο εξοπλισμός μπορεί να βρίσκεται στην οροφή και στο έδαφος δίπλα από το κτίριο
Κόστος	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό κόστος αρχικού κεφαλαίου • Λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού για την αντιστάθμιση του υψηλού κόστους αρχικού κεφαλαίου 	Προσιτό κόστος αρχικού κεφαλαίου
Κόστος λειτουργίας	<ul style="list-style-type: none"> • Ο εξοπλισμός είναι ενεργειακά πιο αποδοτικός • Ύπαρξη λειτουργικού συστήματος για εξοικονόμηση λειτουργικό κόστος 	<ul style="list-style-type: none"> • Εξοπλισμός με λιγότερη ενεργειακή απόδοση • Ενεργειακά υψηλές τιμές λόγω προτίμησης των ενοίκων • Υψηλότερο λειτουργικό κόστος
Κόστος συντήρησης	Το δωμάτιο εξοπλισμού χρησιμοποιείται για συντήρηση και αποθήκευση εξοπλισμού σε άριστη κατάσταση, γεγονός που εξοικονομεί κόστος	Ο εξοπλισμός είναι προσβάσιμος καθώς βρίσκεται στο υπόγειο ή στους εσωτερικούς χώρους. Ωστόσο, όταν βρίσκεται στη στέγη η πρόσβαση δυσκολεύει σε περίπτωση κακοκαιρίας
Αξιοπιστία	Ο κεντρικός εξοπλισμός του συστήματος έχει μεγάλη διάρκεια ζωής	Αξιόπιστος εξοπλισμός, αν και η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού μπορεί είναι μικρότερη
Ευκαμψία	Εφεδρικός εξοπλισμός σε αναμονή για την παροχή εναλλακτικής πηγής HVAC	Τοποθετείται σε πολλές θέσεις για να είναι πιο ευέλικτο

Πίνακας 4: Σύγκριση Κεντρικών - Τοπικών Συστημάτων

3.5.2 Central HVAC Systems

Ένα κεντρικό σύστημα HVAC μπορεί να εξυπηρετεί μία ή περισσότερες θερμικές ζώνες και ο κύριος εξοπλισμός του βρίσκεται εκτός της εξυπηρετούμενης ζώνης σε μια κατάλληλη κεντρική θέση, είτε μέσα, είτε πάνω ή δίπλα στο κτίριο. Τα κεντρικά συστήματα πρέπει να καθορίζουν τις ζώνες με ισοδύναμο θερμικό φορτίο. Τα κεντρικά συστήματα HVAC έχουν διάφορα σημεία ελέγχου, όπως θερμοστάτες για κάθε ζώνη. Το μέσο που χρησιμοποιείται στο σύστημα ελέγχου για την παροχή της θερμικής ενέργειας υποταξινομεί το κεντρικό σύστημα HVAC, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα.



Εικόνα 16: Τρισδιάστατη Απεικόνιση Central HVAC System^[30]

3.5.2.1 All Air Systems

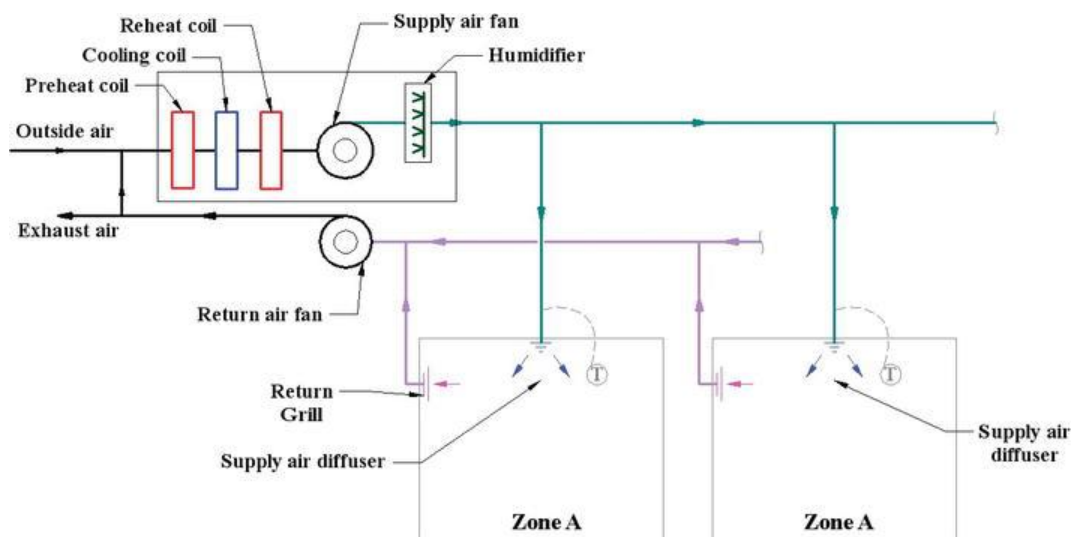
Το μέσο μεταφοράς θερμικής ενέργειας μέσω των συστημάτων παροχής κτιρίων είναι ο αέρας. Όλα τα συστήματα αέρος μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη ζώνη ως single zone και multi zone, τον ρυθμό παροχής αέρα για κάθε ζώνη (Variable Air Volume – VAV), την επαναθέρμανση του θερματικού (Terminal Reheat) και την ύπαρξη διπλού αγωγού (Dual Duct).

3.5.2.1.1 Single Zone

Ένα σύστημα μονής (ενιαίας) ζώνης αποτελείται από μια μονάδα αερισμού, πηγή θερμότητας και πηγή ψύξης, αγωγούς και κατάλληλες συσκευές παράδοσης του αέρα. Οι μονάδες αερισμού μπορούν να ενσωματωθούν πλήρως όπου υπάρχουν διαθέσιμες πηγές θέρμανσης και ψύξης ή ξεχωριστές στο σημείο όπου αποσυνδέεται η πηγή θερμότητας και με την πηγή της ψύξης. Το ολοκληρωμένο πακέτο είναι συχνά μια μονάδα που βρίσκεται στην ταράτσα και συνδέεται με αγωγούς για να παραδώσει τον κλιματισμένο αέρα σε διάφορους χώρους με την ίδια θερμική ζώνη. Το κύριο πλεονέκτημα των συστημάτων ενιαίας ζώνης είναι η απλότητα στο σχεδιασμό και τη συντήρηση καθώς και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης σε σύγκριση με άλλα συστήματα.

Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα του είναι η εξυπηρέτηση μιας μονής θερμικής ζώνης όταν εφαρμόζεται εσφαλμένα.

Σε ένα ενιαίο σύστημα ζώνης για όλες τις μονάδες, μία συσκευή ελέγχου όπως ο θερμοστάτης που βρίσκεται στη ζώνη ελέγχει τη λειτουργία του συστήματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 17. Ο έλεγχος μπορεί να είναι είτε on – off είτε ρυθμιζόμενος για να καλύψει το απαιτούμενο θερμικό φορτίο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ρυθμίζοντας την έξοδο της πηγής θέρμανσης και ψύξης μέσα στη μονάδα.



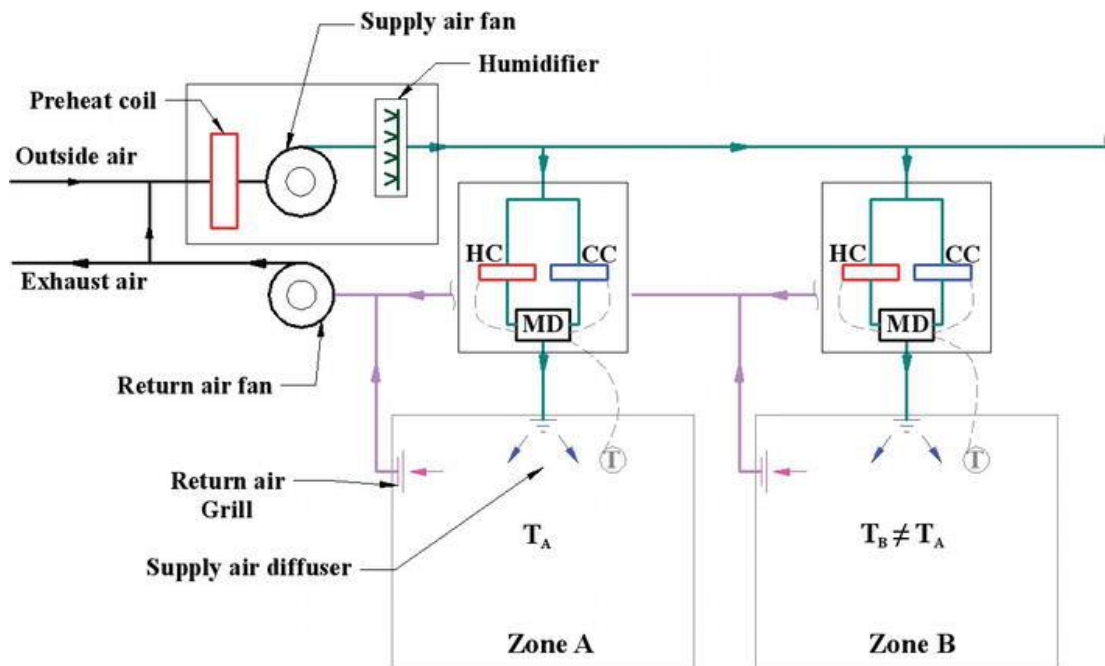
Εικόνα 17: Σύστημα HVAC Ενιαίας Ζώνης

Παρόλο που λίγα κτίρια μπορεί να έχουν μια ενιαία θερμική ζώνη, μια ενιαία ζώνη μπορεί να έχει πολλές εφαρμογές. Ένα οικογενειακό κτίριο κατοικιών μπορεί να αντιμετωπιστεί ως συστήματα ενιαίας ζώνης, ενώ άλλοι τύποι οικιστικών κτιρίων μπορούν να περιλαμβάνουν διαφορετική θερμική ενέργεια με βάση την κατοχή και τη δομή του κτιρίου. Οι μετακινήσεις των επιβατών επηρεάζουν το θερμικό φορτίο του κτιρίου, με αποτέλεσμα το κτίριο να χωριστεί σε διάφορες ενιαίες ζώνες για να εξασφαλιστούν οι απαιτούμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε μεγαλύτερες κατοικίες, όπου δύο (ή περισσότερα) συστήματα μονής ζώνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Διαμερίσματα με χαμηλή οροφή, μπορούν να κλιματίζονται από ένα ξεχωριστό σύστημα ενιαίας ζώνης. Πολύ μεγάλες μονοκατοικίες όπως είναι τα σούπερ μάρκετ, μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά από μια σειρά συστημάτων ενιαίας ζώνης. Τα μεγάλα κτίρια γραφείων μερικές φορές εξαρτώνται από μια σειρά ξεχωριστών συστημάτων ενιαίας ζώνης.

3.5.2.1.2 Multi Zone

Σε ένα σύστημα πολλαπλών ζωνών, παρέχονται ατομικοί αγωγοί παροχής αέρα για κάθε ζώνη του κτιρίου. Ο ψυχρός αέρας και ο θερμός (επιστρεφόμενος) αέρας αναμιγνύονται στη μονάδα επεξεργασίας αέρα για να επιτευχθεί η θερμική απαίτηση κάθε ζώνης. Μια συγκεκριμένη ζώνη έχει κλιματισμένο αέρα ο οποίος δεν αναμιγνύεται με τον αέρα άλλων ζωνών και όλες οι ζώνες με διαφορετική θερμική απαίτηση χρειάζονται ξεχωριστούς αγωγούς παροχής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 18. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια μονάδα διαχείρισης αέρα με παράλληλες παροχές ροής μέσω ψυκτικών πηνίων και θερμαντικών πηνίων και εσωτερικών αποσβεστήρων

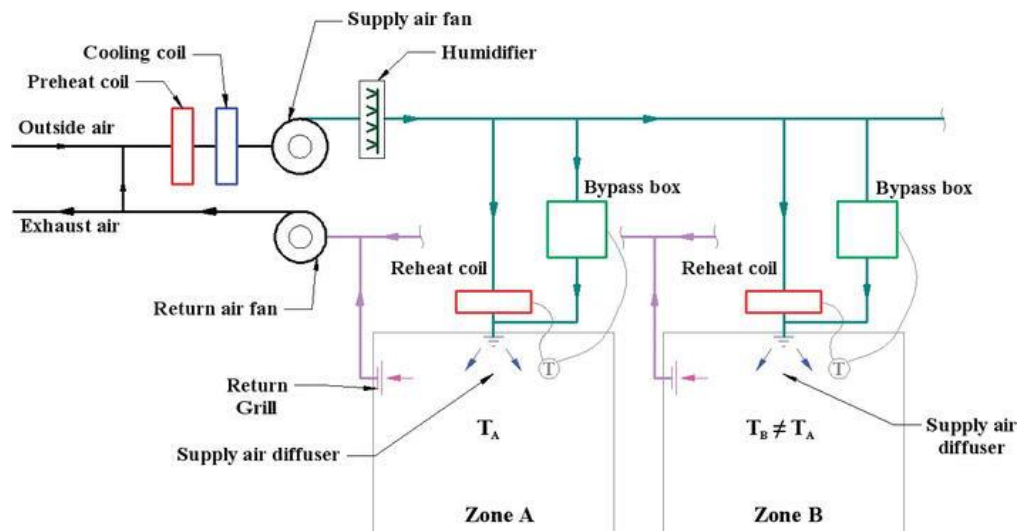
ανάμειξης. Ένα σύστημα πολλαπλών ζωνών, προτείνεται, να εξυπηρετεί το πολύ 12 ζώνες λόγω φυσικών περιορισμών στις συνδέσεις αγωγών και στο μέγεθος του αποσβεστήρα. Εάν χρειάζονται περισσότερες ζώνες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσθετοι χειριστές αέρα. Το πλεονέκτημα του συστήματος πολλαπλών ζωνών είναι η κατάλληλη ρύθμιση του κλιματισμού πολλών ζωνών χωρίς απώλεια ενέργειας από το σύστημα τερματικής επαναθέρμανσης. Ωστόσο, η διαρροή μεταξύ των ορόφων του χειριστή αέρα μπορεί να μειώσει την ενεργειακή απόδοση. Το κύριο μειονέκτημα είναι η ανάγκη πολλαπλών αγωγών για την εξυπηρέτηση των πολλαπλών ζωνών.



Εικόνα 18: Σύστημα HVAC Πολλαπλών Ζωνών

3.5.2.1.3 Terminal Reheat

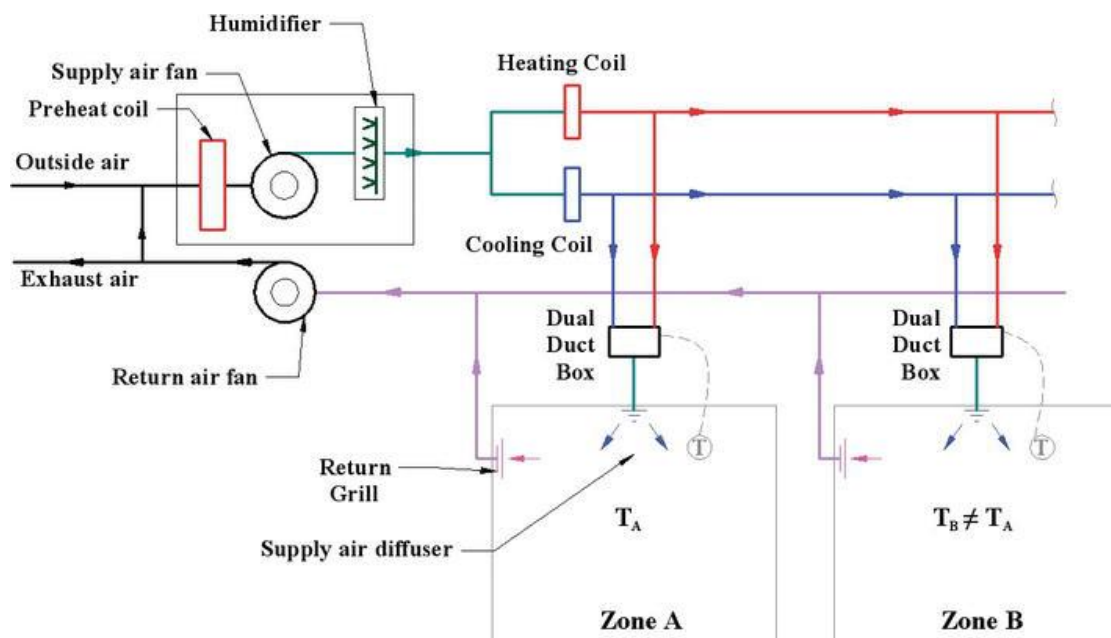
Ένα σύστημα επαναθέρμανσης τερματικού είναι πολλαπλής ζώνης, και θεωρείται ότι είναι μια προσαρμογή του συστήματος ενιαίας ζώνης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 19. Πραγματοποιείται με την προσθήκη εξοπλισμού θέρμανσης, όπως πηνίου ζεστού νερού ή ηλεκτρικού πηνίου, στην παροχή αέρα από τις μονάδες διαχείρισης αέρα κοντά σε κάθε ζώνη. Κάθε ζώνη ελέγχεται από θερμοστάτη για τη ρύθμιση της θερμικής ισχύος του εξοπλισμού θέρμανσης για την κάλυψη των θερμικών αναγκών. Ο αέρας τροφοδοσίας από τις μονάδες αερισμού ψύχεται στο χαμηλότερο σημείο ψύξης και η επαναθέρμανση του τερματικού προσθέτει το απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης. Το πλεονέκτημα της επαναθέρμανσης του τερματικού είναι η ευελιξία και μπορεί να εγκατασταθεί ή να αφαιρεθεί για να προσαρμοστεί στις αλλαγές των ζωνών, γεγονός που προσδίδει καλύτερο έλεγχο των θερμικών συνθηκών. Ωστόσο, ο σχεδιασμός του συστήματος αυτού δεν είναι ενεργειακά αποδοτικός επειδή δεν απαιτείται συχνά πολύ ψυχρός αέρας στις ζώνες, γεγονός που οδηγεί σε σπατάλη ενέργειας.



Εικόνα 19: Σύστημα μονών αγωγών με συσκευές θερματικού αναθέρμανσης και μονάδες παράκαμψης.

3.5.2.1.4 Dual Duct

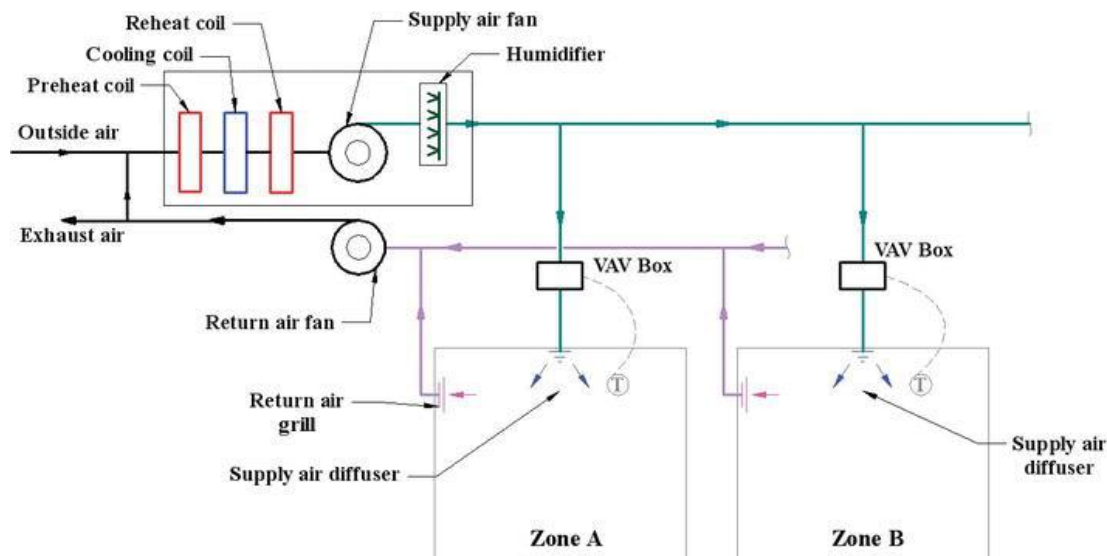
Το σύστημα διπλού αγωγού είναι μια ελεγχόμενη από θερματικό τροποποίηση της έννοιας των πολλαπλών ζωνών. Μια κεντρική μονάδα αερισμού παρέχει δύο ροές αέρα θερμού και ψυχρού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 20. Τα ρεύματα αέρα κατανέμονται σε όλη την περιοχή που εξυπηρετείται από τη μονάδα διαχείρισης αέρα σε ξεχωριστούς και παράλληλους αγωγούς. Κάθε ζώνη έχει ένα κιβώτιο ανάμιξης θερματικού που ελέγχεται από θερμοστάτη ζώνης για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του αέρα τροφοδοσίας αναμειγνύοντας την παροχή ψυχρού και θερμού αέρα. Αυτός ο τύπος συστήματος ελαχιστοποιεί τα μειονεκτήματα των προηγούμενων συστημάτων και είναι πιο ευέλικτος με τη χρήση ελέγχου των θερματικών.



Εικόνα 20: Σύστημα HVAC διπλού αγωγού

3.5.2.1.5 Variable Air Volume (VAV)

Ορισμένοι χώροι απαιτούν διαφορετική παροχή αέρα λόγω των αλλαγών στα θερμικά φορτία. Ως εκ τούτου, ένα σύστημα μεταβαλλόμενου όγκου αέρα (VAV) είναι η κατάλληλη λύση για την επίτευξη θερμικής άνεσης. Οι προηγούμενοι τέσσερις τύποι συστημάτων είναι συστήματα σταθερού όγκου. Το σύστημα VAV αποτελείται από μια κεντρική μονάδα αερισμού που παρέχει αέρα τροφοδοσίας στο κιβώτιο ελέγχου ακροδεκτών VAV που βρίσκεται σε κάθε ζώνη για να ρυθμίσει τον όγκο αέρα παροχής όπως φαίνεται στην Εικόνα 21. Η θερμοκρασία του αέρα κάθε ζώνης ελέγχεται με χειρισμό του ρυθμού παροχής αέρα. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι ο ελεγχόμενος ρυθμός παροχής μπορεί να επηρεάσει αρνητικά άλλες γειτονικές ζώνες με διαφορετικό ή παρόμοιο ρυθμό παροχής αέρα και θερμοκρασίας. Επίσης, οι συνθήκες στα κτίρια ενδέχεται να απαιτούν χαμηλό ρυθμό ροής αέρα που μειώνει την ισχύ του ανεμιστήρα με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας. Μπορεί επίσης να μειώσει την ένταση του εξαερισμού, δημιουργώντας πρόβλημα στην λειτουργία του συστήματος HVAC και να επηρεάσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα του κτιρίου.



Εικόνα 21: Σύστημα HVAC με τερματικές μονάδες VAV

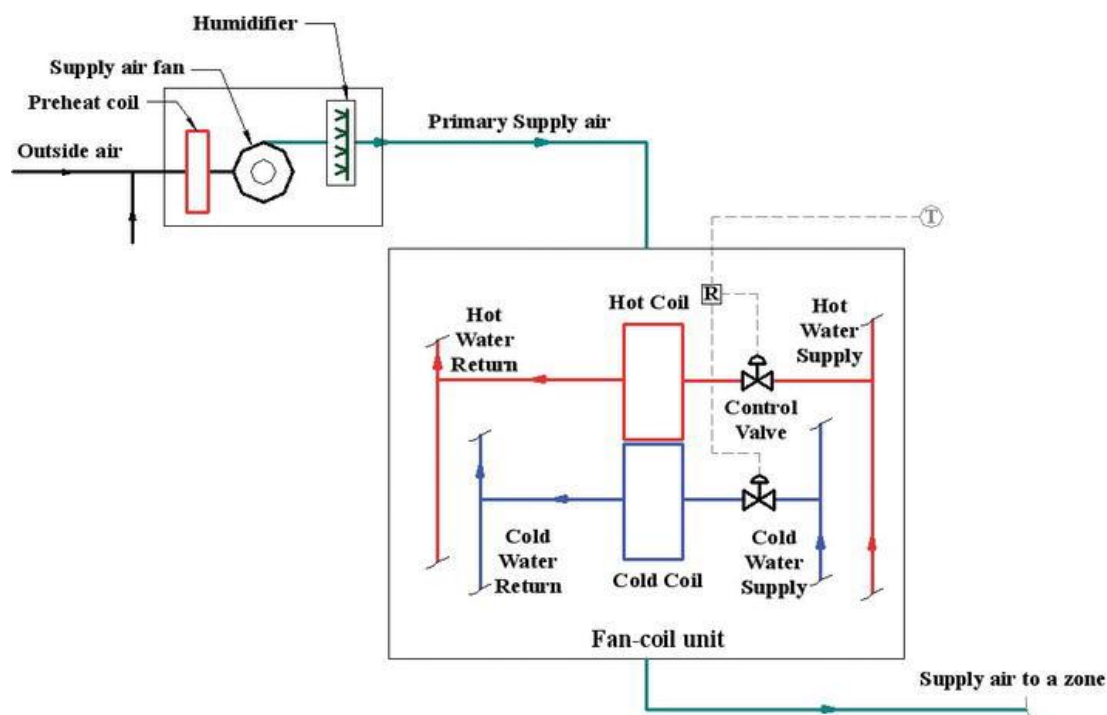
3.5.2.2 Air Water Systems

Τα συστήματα αέρος – νερού αποτελούν ένα υβριδικό σύστημα, το οποίο δημιουργήθηκε για να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα τόσο των συστημάτων αέρος όσο και των συστημάτων νερού. Ο όγκος παροχής των δύο συστημάτων είναι μειωμένος και ο εξωτερικός εξαερισμός παράγεται για να κλιματιστεί σωστά η επιθυμητή ζώνη. Το νερό είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά του θερμικού φορτίου σε ένα κτίριο κατά 80 – 90%, ενώ μέσω του αέρα ρυθμίζεται το υπόλοιπο. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι: Οι μονάδες ανεμιστήρα-πηνίου και οι μονάδες επαγωγής.

3.5.2.2.1 Fan Coil Units

Οι μονάδες ανεμιστήρα - πηνίου για τα συστήματα αέρος-νερού είναι παρόμοιες με αυτές των συστημάτων νερού εκτός του ότι ο αέρας και το νερό παρέχονται στην επιθυμητή ζώνη από μια κεντρική μονάδα αερισμού και από κεντρικά συστήματα νερού (π.χ. λέβητες ή ψύκτες). Ο αέρας από τον εξαερισμό μπορεί να παρέχεται ξεχωριστά στο χώρο ή να είναι συνδεδεμένος με τη

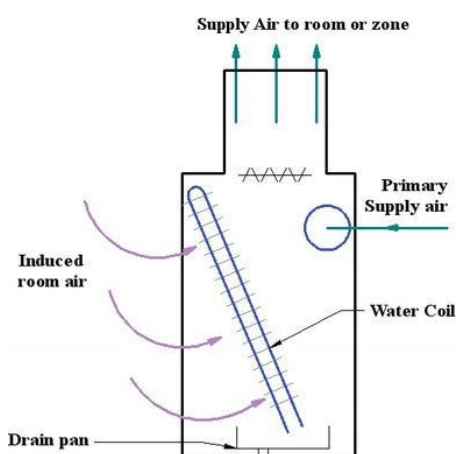
μονάδα ανεμιστήρα-πηνίου. Οι κύριοι τύποι συστημάτων ανεμιστήρα - πηνίου απαντώνται ως συστήματα 2 σωλήνων ή 4 σωλήνων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22: Σύστημα HVAC εσωτερικών μονάδων με διαμόρφωση 4 σωλήνων

3.5.2.2.2 Induction Units

Οι μονάδες επαγωγής είναι εξωτερικά παρόμοιες με τις μονάδες ανεμιστήρα - πηνίου, αλλά εσωτερικά έχουν διαφορές. Μία επαγωγική μονάδα προκαλεί ροή αέρα σε ένα χώρο με την παροχή αέρα υψηλής ταχύτητας από μια κεντρική μονάδα διαχείρισης αέρα, η οποία αντικαθιστά την εξαναγκασμένη μεταφορά του ανεμιστήρα στο σύστημα ανεμιστήρα-πηνίο με το φαινόμενο της επαγωγής ή το φαινόμενο της πλευστότητας της επαγωγικής μονάδας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 23. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την ανάμιξη του πρωτεύοντος αέρα από την κεντρική μονάδα και του δευτερεύοντος αέρα από τον χώρο για την παραγωγή ενός κατάλληλου και κλιματισμένου αέρα μέσα στη ζώνη.



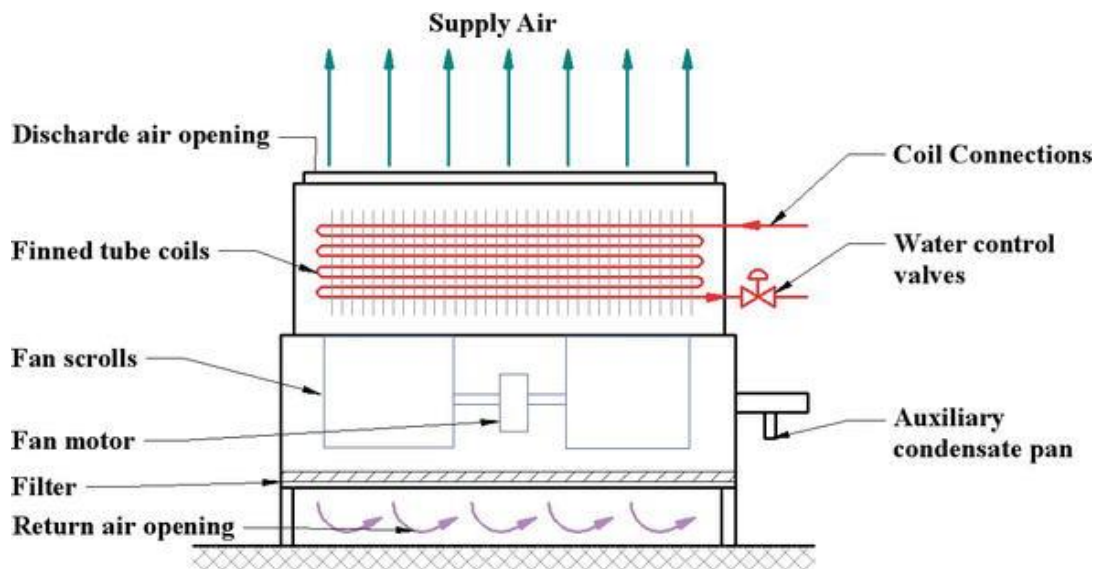
Εικόνα 23: Σύστημα HVAC με μονάδες επαγωγής

3.5.2.3 All Water Systems

Σε ένα σύστημα νερού, το θερμαινόμενο και ψυχρό νερό κατανέμεται από ένα κεντρικό σύστημα στους κλιματιζόμενους χώρους. Αυτός ο τύπος συστήματος είναι σχετικά μικρός σε σύγκριση με άλλους τύπους, λόγω της χρήσης σωλήνων για τη διανομή νερού. Επιπλέον, το νερό έχει υψηλότερη θερμική ικανότητα και πυκνότητα από τον αέρα, που συνεπάγεται μικρότερη απαίτηση στον όγκο παροχής για τη μεταφορά θερμότητας. Το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνουν αρκετές συσκευές, όπως καλοριφέρ δαπέδου, καλοριφέρ, μονάδες θέρμανσης και θερμαντικά σώματα. Εντούτοις, τα συστήματα ψύξης μόνο με νερό είναι ασυνήθιστα, όπως μονάδες βάσης τοποθετημένες στην οροφή. Ο κύριος τύπος που χρησιμοποιείται σε κτίρια για τον κλιματισμό ολόκληρου του χώρου είναι η μονάδα ανεμιστήρα-πηνίου.

3.5.2.3.1 Fan Coil Units

Η μονάδα ανεμιστήρα - πηνίου είναι μια πολύ μικρή μονάδα που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη, για την κυκλοφορία του αέρα και έλεγχο του συστήματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24. Η μονάδα μπορεί να τοποθετηθεί κάθετα ή οριζόντια και να εγκατασταθεί στο δωμάτιο ή σε κοινή θέα. Στα κεντρικά συστήματα, οι μονάδες ανεμιστήρα - πηνίου συνδέονται με λέβητες για την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης νερού για να παράγουν ψύξη στον χώρο. Η επιθυμητή θερμοκρασία μιας ζώνης ορίζεται από θερμοστάτη ο οποίος ελέγχει τη ροή νερού στις μονάδες ανεμιστήρα - πηνίου. Επιπρόσθετα, οι ένοικοι μπορούν να προσαρμόσουν τις μονάδες ρυθμίζοντας τις περσίδες αέρα για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας. Το κύριο μειονέκτημα των μονάδων ανεμιστήρα - πηνίου είναι ο εξαιρισμός και η μόνη λύση είναι η σύνδεση με τον εξωτερικό αέρα. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ο θόρυβος.



Εικόνα 24: HVAC μονάδες ανεμιστήρα

3.5.2.4 Unitary Refrigerant Based Systems

Τα συστήματα ψυκτικού μέσου είναι ένα ενιαίο σύστημα αφιερωμένο σε έναν χώρο με σωληνώσεις ψυκτικού μέσου. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση πολλών χώρων με FCU ή AHU με αγωγούς κατανεμημένους σε πολλές ζώνες. Μια προηγμένη έκδοση ενός ενιαίου συστήματος είναι το σύστημα VRF που μπορεί να εξυπηρετεί πολλαπλούς χώρους με έξυπνο & εξελιγμένο έλεγχο, το οποίο αναλύεται παρακάτω, στην ενότητα 3.6.

3.5.2.5 Water Source Heat Pumps

Οι αντλίες θερμότητας νερού χρησιμοποιούνται για την επίτευξη σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας σε μεγάλα κτίρια υπό εξαιρετικά ψυχρό καιρό. Ένα κτίριο πολλαπλών ζωνών μπορεί να κλιματιστεί από διάφορες αντλίες θερμότητας και ένας κεντρικός βρόχος κυκλοφορίας νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή θερμότητας και ψύξης. Ως εκ τούτου, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να λειτουργήσουν ως η κύρια πηγή θέρμανσης και ψύξης. Το κύριο μειονέκτημα είναι η έλλειψη εξαερισμού παρόμοια με τα συστήματα νερού όπως συμβαίνει στις μονάδες ανεμιστήρα - πηνίου. Κατά την θέρμανση, λέβητας ή οι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για την παροχή θερμότητας στην κυκλοφορία του νερού, ενώ ένας πύργος ψύξης χρησιμοποιείται για την απόρριψη της θερμότητας που συλλέγεται από τις αντλίες θερμότητας στην ατμόσφαιρα. Το σύστημα αυτό δεν χρησιμοποιεί ψύκτες ή ψυκτικά συστήματα. Εάν ένα κτίριο απαιτεί μια ταυτόχρονη θέρμανση για μερικές ζώνες και ψύξη για άλλες, η αντλία θερμότητας θα αναδιανείμει τη θερμότητα από το ένα μέρος στο άλλο χωρίς να χρειάζεται η λειτουργία λέβητα ή πύργου ψύξης.

3.5.2.6 Heating and Cooling Panels

Τα πάνελ θέρμανσης και ψύξης τοποθετούνται σε δάπεδα, τοίχους ή οροφές. Αυτός ο τύπος συστήματος μπορεί να κατασκευαστεί τοποθετώντας σωλήνες μέσα σε μια επιφάνεια στους οποίους κυκλοφορεί το μέσο που χρησιμοποιείται για ψύξη ή θέρμανση. Οι σωλήνες έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια για να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία επιφάνειας για ψύξη και θέρμανση. Η μεταφοράς θερμότητας οφείλεται κυρίως στην ακτινοβολία μεταξύ των ενοίκων και των ακτινοβόλων πάνελ καθώς και μεταξύ του αέρα και των πάνελς. Προτείνεται περιορισμός θερμοκρασίας για τα πάνελ δαπέδου, από 19 – 29° C, έτσι ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση για τους ενοίκους (ASHRAE Standard 55). Για την ψύξη και τη θέρμανση μπορούν να χρησιμοποιηθούν πάνελ τοίχου ή οροφής. Η θερμοκρασία επιφάνειας πρέπει να είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία δροσερού αέρα για να αποφευχθεί η συμπύκνωση στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ψύξης. Επίσης, η μέγιστη θερμοκρασία επιφάνειας είναι 60° C σε οροφή ύψους 3 m και 82° C σε οροφή ύψους 5,5 m. Ο περιορισμός αυτός υφίσταται για την αποφυγή υπερβολικής θέρμανσης πάνω από τα κεφάλια των ενοίκων.

Η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων είναι συχνά δαπανηρή σε σύγκριση με άλλους τύπους, αλλά μπορεί να είναι χρήσιμη και έχει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος κυρίως λόγω του περιορισμού στην θερμοκρασία επιφανείας. Ένας θερμοστάτης ελέγχει κάθε ζώνη για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του μέσου για τον κλιματισμό του χώρου. Το χρησιμοποιούμενο μέσο μπορεί να είναι ανάμιξη ψυκτικού ή νερού με γλυκόλη (αντιψυκτικό) αντί για απλό νερό για να αποφευχθεί το πάγωμα μέσα στους σωλήνες κατά τη διαδικασία ψύξης. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η οικονομία χώρου καθώς ο απαιτούμενος χώρος είναι λίγα εκατοστά για την εγκατάσταση των πινάκων.

3.5.3 Local HVAC Systems

Ορισμένα κτίρια μπορούν να έχουν πολλαπλές ζώνες ή να έχουν μια μεγάλη, ενιαία ζώνη, η οποία χρειάζεται κεντρικά συστήματα HVAC για την εξυπηρέτηση και παροχή των θερμικών αναγκών. Ωστόσο, άλλα κτίρια μπορεί να έχουν μια ενιαία ζώνη και χρειάζονται ο εξοπλισμός να βρίσκεται μέσα στην ίδια τη ζώνη, όπως για παράδειγμα μικρά σπίτια και διαμερίσματα. Αυτός ο τύπος συστήματος θεωρείται ως τοπικό σύστημα HVAC, δεδομένου ότι ο εξοπλισμός εξυπηρετεί μία συγκεκριμένη ζώνη χωρίς να βρίσκεται ή να επηρεάζει άλλες γειτονικές (π.χ. χρησιμοποιώντας κλιματιστικό για την ψύξη ενός δωματίου). Επομένως, μία μόνο ζώνη απαιτεί μόνο ένα σημείο ελέγχου που συνδέεται με έναν θερμοστάτη για να ενεργοποιήσει το τοπικό σύστημα HVAC. Ορισμένα κτίρια διαθέτουν πολλαπλά τοπικά συστήματα HVAC ως κατάλληλο εξοπλισμό που εξυπηρετεί συγκεκριμένες μονές ζώνες. Όμως, αυτά τα τοπικά συστήματα δεν είναι συνδεδεμένα και ενσωματωμένα σε ένα κεντρικό σύστημα, αλλά εξακολουθούν να αποτελούν μέρος ενός μεγάλου συστήματος HVAC. Υπάρχουν πολλοί τύποι τοπικών συστημάτων HVAC όπως φαίνεται στην Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση Συστημάτων HVAC.

3.5.3.1 Local heating systems

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται όταν μια ενιαία ζώνη απαιτεί ένα ενιαίο σύστημα θέρμανσης το οποίο παρέχει πηγή θερμότητας και σύστημα διανομής. Μερικά παραδείγματα αποτελούν οι φορητές ηλεκτρικές θερμάστρες, τα θερμαντικά σώματα ηλεκτρικής αντίστασης, τα τζάκια, οι σόμπες ξύλου και οι θερμαντήρες υπέρυθρων.

3.5.3.2 Local cooling systems

Τα τοπικά συστήματα ψύξης μπορούν να περιλαμβάνουν κλιματιστικά συστήματα που παρέχουν ψύξη, κατάλληλη κατανομή του αέρα μέσα σε μια ζώνη, έλεγχο της υγρασίας και φυσικά συστήματα όπως η ψύξη από ανοιχτό παράθυρο.

3.5.3.3 Local ventilation systems

Τα τοπικά συστήματα εξαερισμού μπορεί να είναι συστήματα που εκτελούνται με τη χρήση συσκευών όπως ο ανεμιστήρας παραθύρων για να επιτρέπεται η κίνηση του αέρα μεταξύ υπαίθρου και μίας μόνο ζώνης χωρίς μεταβολή στο θερμικό περιβάλλον της ζώνης. Άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τον εξαερισμό είναι συσκευές κυκλοφορίας αέρα όπως ανεμιστήρες γραφείου ή πτερύγια για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης του χώρου επιτρέποντας τη μεταφορά της θερμότητας με συμβατικό τρόπο.

3.5.3.4 Local air-conditioning systems

Ένα τοπικό σύστημα κλιματισμού είναι ένα πλήρες πακέτο που μπορεί να περιέχει πηγή ψύξης και θέρμανσης, ανεμιστήρα κυκλοφορίας, φίλτρο και συσκευές ελέγχου. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι που αναφέρονται παρακάτω.

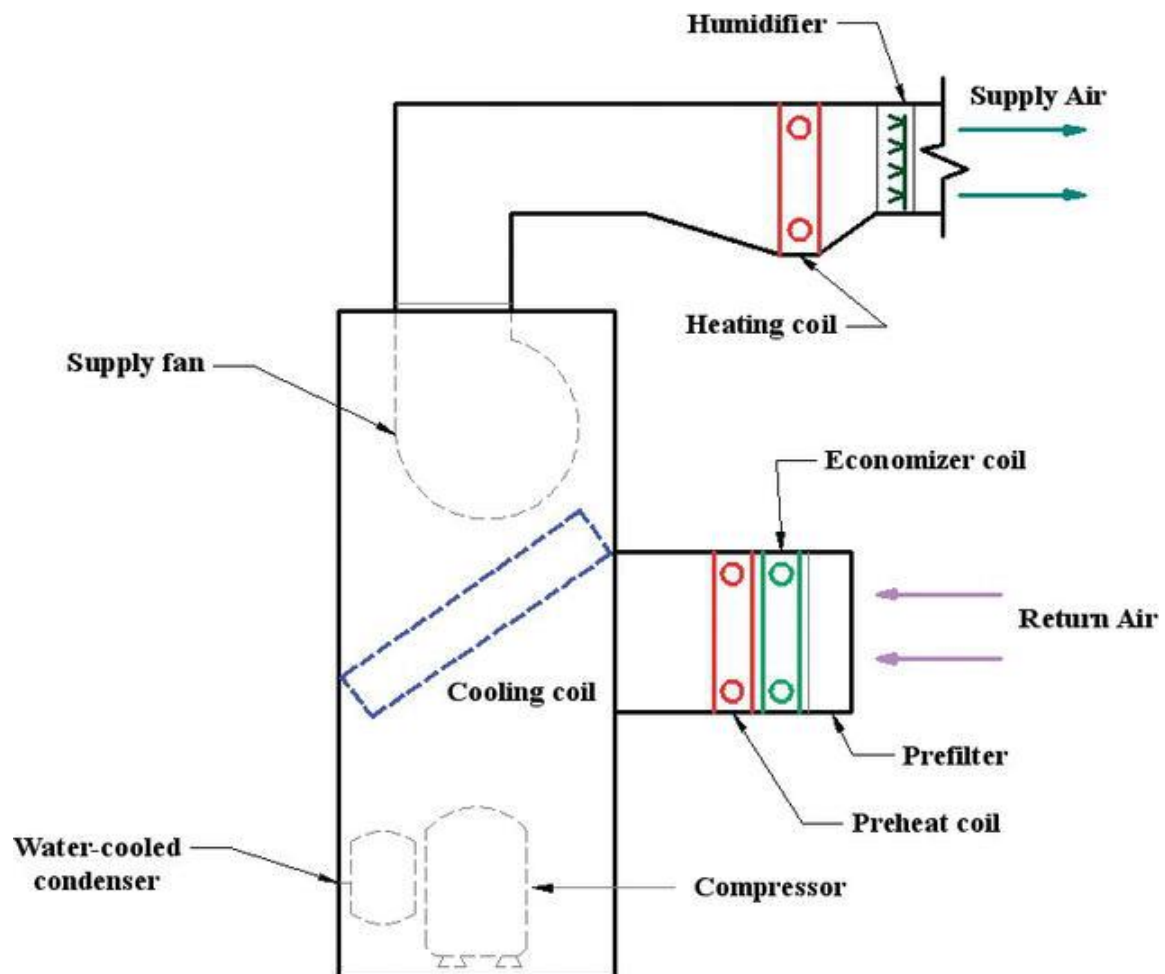
3.5.3.4.1 Window air-conditioner

Είναι μια συσκευή η οποία αποτελείται από έναν σύστημα ψύξης που περιέχει έναν συμπιεστή, έναν συμπυκνωτή, μια βαλβίδα εκτόνωσης και έναν εξατμιστή, επιπρόσθετα του ανεμιστήρα, του φίλτρου και συστήματος ελέγχου. Τα κλιματιστικά παραθύρων μπορούν να εγκατασταθούν σε τοίχους κτιρίων και σε ανοίγματα παραθύρων χωρίς αγωγούς και η διανομή του αέρα (ψύξη ή θέρμανση) γίνεται αποτελεσματικά μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο. Ο κλιματισμός περιλαμβάνει τόσο τον εξατμιστή όσο και τον συμπυκνωτή, όπου ο συμπυκνωτής βρίσκεται έξω από το χώρο ενώ ο εξατμιστής είναι μέσα στο χώρο και εξυπηρετεί τις θερμικές απαιτήσεις ολόκληρης της ζώνης. Η διαδικασία θέρμανσης μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη πηνίου

ηλεκτρικής αντίστασης στον κλιματισμό ή την αντιστροφή του κύκλου ψύξης για να λειτουργήσει ως αντλία θερμότητας.

3.5.3.4.2 Unitary air-conditioner

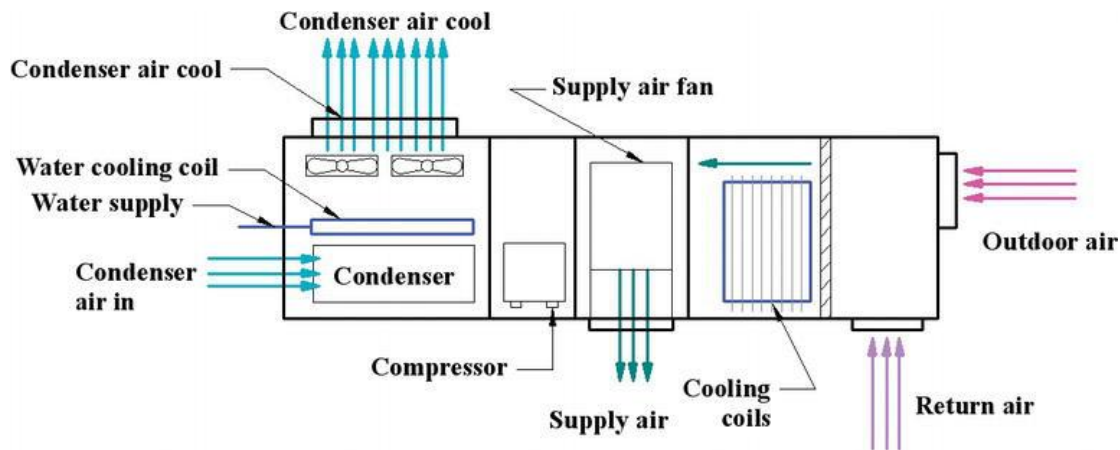
Είναι παρόμοιο με τα κλιματιστικά παραθύρων από την οπτική γωνία του εξοπλισμού, αλλά είναι σχεδιασμένο για εμπορικά κτίρια. Τοποθετείται στο εξωτερικό τοίχωμα του κτιρίου και βρίσκεται γενικά κοντά στην τομή του τοίχου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 25. Κάθε ζώνη περιέχει ένα ενιαίο κλιματιστικό όπως, για παράδειγμα, σε κάθε δωμάτιο πολλών ξενοδοχείων.



Εικόνα 25: Μονάδα Ενιαίου Κλιματιστικού

3.5.3.4.3 Packaged rooftop air-conditioner

Αποτελείται από έναν κύκλο ψύξης συμπιεσμένων ατμών, μια πηγή θερμότητας όπως είναι η αντλία θερμότητας και η ηλεκτρική αντίσταση, έναν χειριστή αέρα όπως αποσβεστήρες, φίλτρο και ανεμιστήρα και συσκευές ελέγχου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 26. Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδεθεί με αγωγούς και να εξυπηρετήσει μια ενιαία ζώνη μεγάλου μεγέθους που δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί από κλιματιστικά μονάδας ή κλιματιστικά παραθύρων.



Εικόνα 26: Μονάδα Κλιματισμού Οροφής

3.5.3.5 Split systems

Τα διαχωρισμένα συστήματα περιέχουν δύο κεντρικές συσκευές: τον συμπυκνωτή, που βρίσκεται εξωτερικά, και τον εξατμιστή, που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους. Οι δύο συσκευές συνδέονται μέσω αγωγού στον οποίο περνάνε γραμμές ψυκτικού και καλωδίωση. Το σύστημα αυτό επιλύει ορισμένα προβλήματα των συστημάτων μικρής κλίμακας μονής ζώνης, καθώς η τοποθέτηση και η εγκατάσταση κλιματιστικών παραθύρων, μονάδων ή κλιματιστικών στον τελευταίο όροφο μπορεί να επηρεάσουν την αισθητική αξία και τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου. Τα διαχωρισμένα συστήματα μπορούν να περιέχουν μία μονάδα συμπυκνωτή και να συνδέονται σε πολλαπλές μονάδες εξατμιστή για να εξυπηρετούν όσο τον δυνατόν περισσότερες ζώνες υπό τις ίδιες ή διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

3.6 Είδη HVAC Ανάλογα με την Ρύθμιση Ταχύτητας

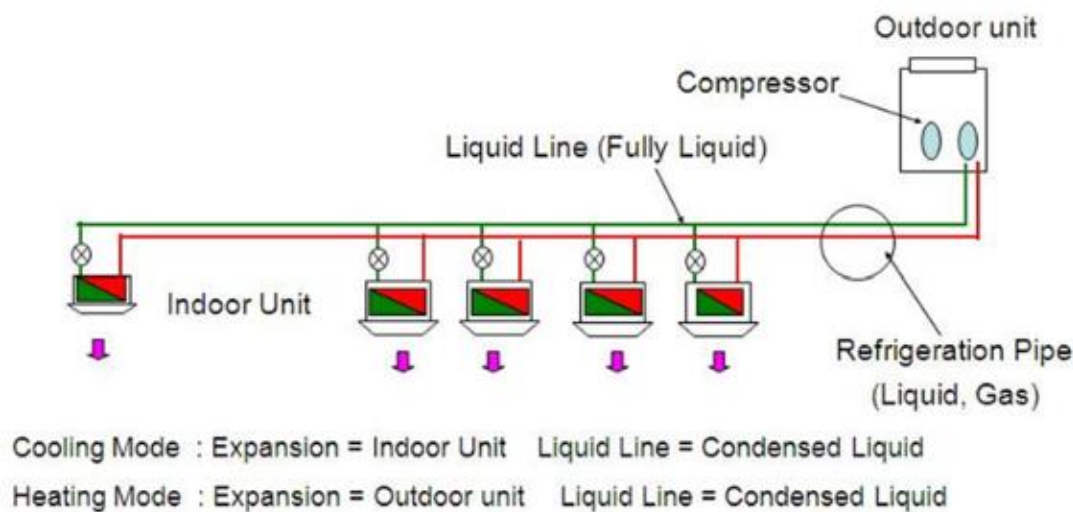
Τα συστήματα μεταβλητής ροής ψυκτικού (VRF) μεταβάλλουν τη ροή ψυκτικού στις εσωτερικές μονάδες ανάλογα με τη ζήτηση. Αυτή η δυνατότητα ελέγχου της ποσότητας ψυκτικού που παρέχεται στις μονάδες που βρίσκονται σε ένα κτίριο καθιστά την τεχνολογία VRF ιδανική για εφαρμογές με μεταβαλλόμενα φορτία ή σε κτίρια όπου απαιτούνται πολλές θερμικές ζώνες. Τα συστήματα VRF διατίθενται είτε ως συστήματα αντλιών θερμότητας είτε ως συστήματα ανάκτησης θερμότητας για περιπτώσεις όπου απαιτείται ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη. Εκτός από την παροχή θερμικής άνεσης, τα συστήματα VRF προσφέρουν ευελιξία σχεδιασμού, εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομικά αποδοτική εγκατάσταση.^[6, 31-33]

3.6.1 Τεχνολογία VRF

Σε ένα σύστημα VRF, μπορούν να συνδεθούν πολλαπλές εσωτερικές μονάδες σε μία εξωτερική. Η εξωτερική μονάδα διαθέτει έναν ή περισσότερους συμπιεστές που κινούνται με αντιστροφή (inverter), οπότε η ταχύτητά τους μπορεί να μεταβάλλεται με την αλλαγή της συχνότητας τροφοδοσίας στον συμπιεστή. Καθώς αλλάζει η ταχύτητα του συμπιεστή, αλλάζει και η ποσότητα ψυκτικού που παρέχεται από τον συμπιεστή. Κάθε εσωτερική μονάδα διαθέτει τη δική της συσκευή μέτρησης η οποία ελέγχεται από την ίδια την εσωτερική μονάδα ή από την εξωτερική. Καθώς κάθε εσωτερική μονάδα αποστέλλει ζήτηση στην εξωτερική μονάδα, η εξωτερική μονάδα παρέχει την ποσότητα ψυκτικού που απαιτείται για την κάλυψη των ιδιαίτερων απαιτήσεων κάθε εσωτερικής μονάδας (Εικόνα 27). Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το σύστημα VRF κατάλληλο για όλες τις περιπτώσεις κτιρίων που έχουν απαιτήσεις διαφορετικού φορτίου με βάση τη χρήση

ή τον προσανατολισμό του κτιρίου, καθώς και σε περιπτώσεις που απαιτούν διαχωρισμό με θερμικές ζώνες.

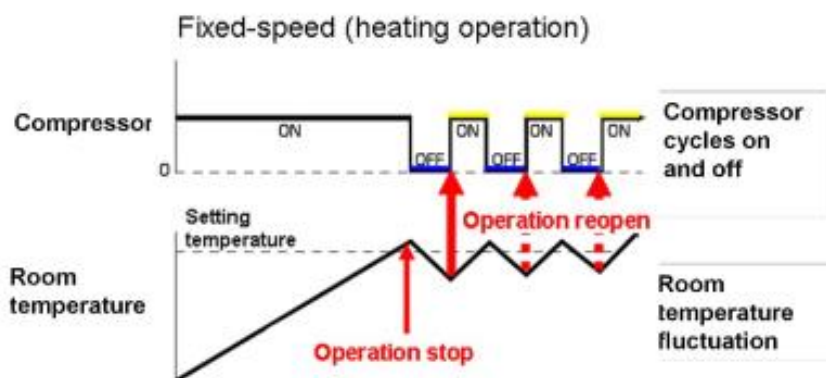
3.6.2 Πλεονεκτήματα Συστήματος VRF



Εικόνα 27: Τυπικό σύστημα αντλίας θερμότητας VRF

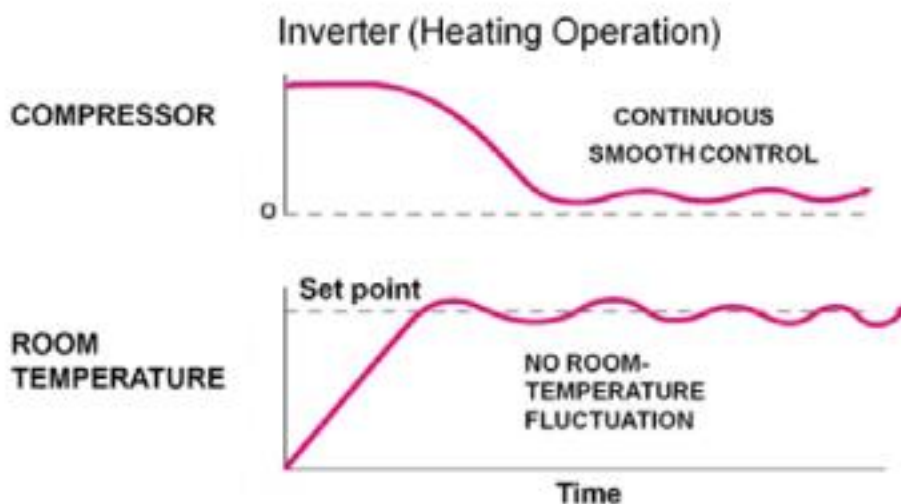
3.6.2.1 Θερμική Άνεση

Το κλειδί για την παροχή άνεσης είναι η παροχή θέρμανσης ή ψύξης όταν και όπου απαιτείται χωρίς αυξομειώσεις στη θερμοκρασία του χώρου. Στα συμβατικά συστήματα, ο συμπιεστής είναι ενεργοποιημένος ή απενεργοποιημένος, έτσι ώστε ακόμη και οι χώροι που έχουν ανεξάρτητους ελέγχους να βιώνουν διακυμάνσεις στη θερμοκρασία καθώς σταματά ο συμπιεστής και στη συνέχεια ξεκινά πάλι για να διατηρήσει τη ρύθμιση του θερμοστάτη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 28.



Εικόνα 28: Λειτουργία συμπιεστή σταθερής ταχύτητας

Στα συστήματα VRF, επειδή η ταχύτητα του συμπιεστή μπορεί να μεταβληθεί, ο συμπιεστής δεν ανάβει και σβήνει, αλλά λειτουργεί συνεχώς για μεγαλύτερες περιόδους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 29. Η απαιτούμενη ροή ψυκτικού μέσου παρέχεται στην εσωτερική μονάδα και μόλις επιτευχθεί η επιθυμητή ρύθμιση, η ροή διατηρείται με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου να μην παρουσιάζει διακυμάνσεις. Εκτός από τις διακεκριμένες τιμές ρύθμισης, οι ταχύτητες του ανεμιστήρα της εσωτερικής μονάδας μπορούν να αλλάξουν για να προσφέρει επιπλέον άνεση στο χώρο.

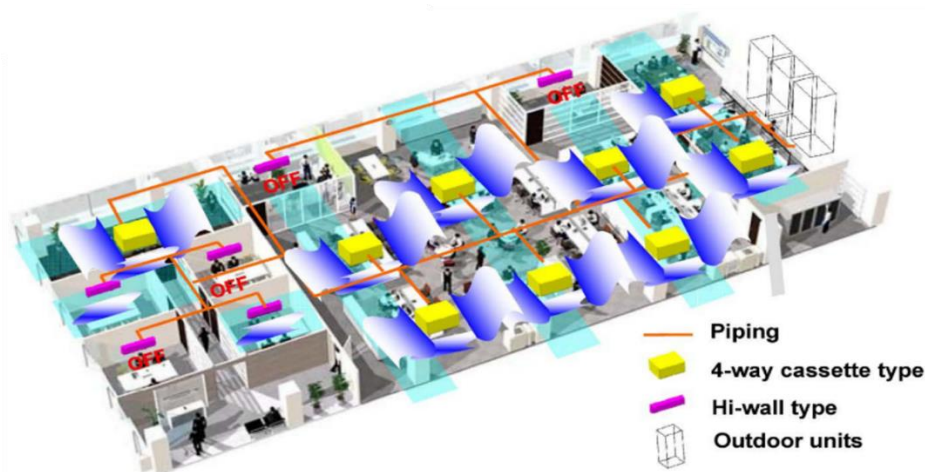


Εικόνα 29: Λειτουργία συμπιεστή με μετατροπέα συστήματος VRF

3.6.2.2 Ευελιξία

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα ενός συστήματος VRF είναι η ευελιξία που προσφέρει η ποικιλία των προϊόντων. Πολλοί τύποι και μεγέθη μονάδων είναι διαθέσιμοι για να ταιριάξουν σε οποιαδήποτε περίπτωση. Στην Εικόνα 30 φαίνεται μια διάταξη ζωνών για ένα σύστημα VRF που συνδυάζει εξωτερικές μονάδες, μονάδες 4 καναλιών και μονάδες τοίχου για την δημιουργία άνετων συνθηκών σε ποικίλες χρήσεις 15 διαφορετικών χώρων μέσα στο ίδιο κτίριο. Κατά την επιλογή ενός συστήματος VRF, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι δεν έχουν όλα τα συστήματα τα ίδια χαρακτηριστικά σωληνώσεων. Τα συστήματα που προσφέρουν διευρυμένες δυνατότητες σωληνώσεων θα μεγιστοποιούν την ευελιξία που παρέχεται από την τεχνολογία VRF. Σημαντικές εκτιμήσεις κατά την εξέταση των δυνατοτήτων των σωληνώσεων είναι:

1. Η μέγιστη διαφορά ύψους που επιτρέπεται μεταξύ των υψηλότερων και των χαμηλότερων εσωτερικών μονάδων σε ένα ενιαίο σύστημα και
2. Η απόσταση που επιτρέπεται από την εξωτερική στην πιο απομακρυσμένη μονάδα του συστήματος.



Εικόνα 30: Διάταξη ζωνών για σύστημα VRF (εμφανίζεται η λειτουργία ψύξης)

3.6.2.3 Οικονομικά Αποδοτική Εγκατάσταση

Η εγκατάσταση ενός συστήματος VRF μπορεί να αποτελέσει μια οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά συστήματα που απαιτούν αγωγούς ή μεγάλα μεγέθη σωλήνων, καθώς και αντλίες και λέβητες στην περίπτωση συστημάτων ψυχρού νερού.

Οι εξωτερικές μονάδες έχουν ελαφρύ βάρος και μικρό αποτύπωμα. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται, για παράδειγμα, γερανός για ανύψωση σε μια εγκατάσταση στον τελευταίο όροφο. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση του συνολικού κόστους κατασκευής, δεδομένου ότι η ελαφριά μονάδα σημαίνει ότι δεν απαιτείται πρόσθετη δομή στήριξης στην οροφή.

3.6.2.4 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Όλα τα συστήματα VRF παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας μεταβάλλοντας την ταχύτητα του συμπιεστή και ταιριάζοντας την απόδοση του συστήματος όσο το δυνατόν πιο κοντά στο φορτίο. Επιπλέον, τα συστήματα VRF δεν αντιμετωπίζουν τις ίδιες απώλειες ενέργειας με τα συστήματα που μετακινούν τον κλιματιζόμενο αέρα μέσω αγωγών. Ωστόσο, οι διαφορές σχεδιασμού στις διαθέσιμες εξωτερικές μονάδες μπορούν να επηρεάσουν το επίπεδο απόδοσης που επιτυγχάνεται.

3.7 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη συστημάτων HVAC, με διαφορά τόσο στο μέγεθος αλλά και στον τύπο. Τα πιο συνήθη και αυτά τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως είναι τα εξής:^[34]

- **Standard Split Systems:** Είναι το πιο δημοφιλές σύστημα HVAC για κατοικίες, και αποτελούνται από ένα εξωτερικό εξάρτημα και ένα εσωτερικό. Η διαμόρφωση ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν οι απαιτήσεις ανάλογα με το κλίμα, όπως:
 - ✓ **Κλίβανος και κλιματιστικό:** Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν κλιβάνους αερίου (μόνο το 5% διαθέτουν κλιβάνους πετρελαίου). Οι κλίβανοι αερίου κυμαίνονται σε απόδοση από 80 τοις εκατό (καλύτερα για θερμά κλίματα) έως 98 τοις εκατό (μια πιο οικονομικά αποδοτική επιλογή σε πολύ ψυχρά κλίματα). Η μονάδα συμπίκνωσης του κλιματιστικού εγκαθίσταται έξω.
 - ✓ **Χειριστής αέρα και αντλία θερμότητας:** Τα συστήματα διάσπασης της αντλίας θερμότητας είναι κοινά σε θερμές περιοχές όπου οι θερμοκρασίες κατάψυξης είναι σπάνιες. Αντί ενός κλιματιστικού για ψύξη και ενός κλιβάνου για θέρμανση, το σύστημα χρησιμοποιεί μια αντλία θερμότητας και για τις δύο λειτουργίες.
 - ✓ **Κλίβανος και αντλία θερμότητας:** Τα συστήματα διαχωρισμού με δύο πηγές θερμότητας ονομάζονται συστήματα διπλής καύσης ή υβριδικά συστήματα θέρμανσης. Είναι ιδανικά για πολύ κρύα κλίματα. Η αντλία θερμότητας παρέχει θερμότητα σε μέτριο κρύο. Το σύστημα μεταβαίνει αυτόματα στον κλίβανο αερίου όταν οι θερμοκρασίες πέσουν κάτω από το μηδέν και οι αντλίες θερμότητας γίνονται αναποτελεσματικές.

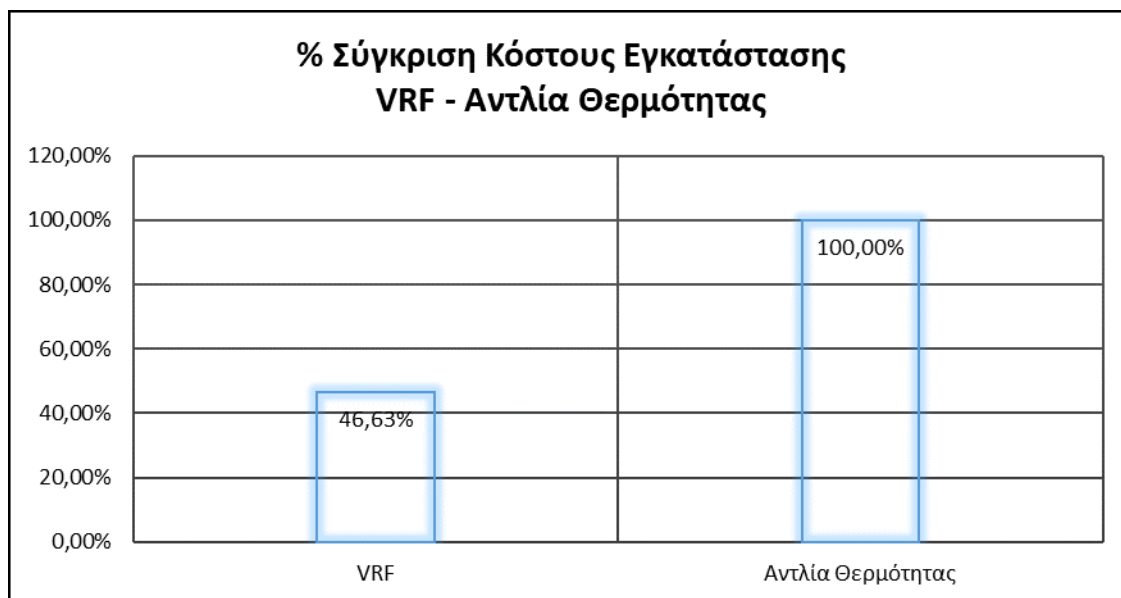
Τα συστήματα διαχωρισμού προσφέρουν μεγαλύτερη ποικιλία. Είναι ο πιο προσιτός τύπος συστήματος HVAC, ειδικά για συστήματα αντικατάστασης. Τα νέα εξαρτήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς ή με μικρές τροποποιήσεις στην κατοικία. Τα

διαχωριστικά συστήματα δύο σταδίων και διαμόρφωσης βελτιστοποιούν τον έλεγχο του εσωτερικού κλίματος. Τα μειονεκτήματα είναι ότι τα παραδοσιακά συστήματα διαχωρισμού απαιτούν αγωγούς, επομένως είναι ανέφικτοι όταν η προσθήκη αγωγών είναι υπερβολικά δαπανηρή ή αδύνατη.

- **Ductless Split Systems:** Τα συστήματα χωρίς αγωγούς αποτελούνται από ένα εξωτερικό κλιματιστικό για ψύξη μόνο ή μια αντλία θερμότητας για ψύξη και θέρμανση. Οι κλίβανοι δεν αποτελούν επιλογή στα χωριστά συστήματα. Είναι ιδανικά για ένα σπίτι ή γραφείο χωρίς υπάρχοντες αγωγούς. Μια εξωτερική μονάδα μπορεί να παρέχει επεξεργασμένο αέρα σε έως και τέσσερις εσωτερικές μονάδες και κάθε μονάδα μπορεί να ρυθμιστεί με δικό της θερμοστάτη για ακριβή, κλιμακωτό κλιματισμό. Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων χωρίς αγωγούς κυμαίνεται από καλή σε άριστη, έτσι ώστε να μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος. Τα μειονεκτήματα των συστημάτων χωρίς αγωγούς είναι ότι δεν είναι κατάλληλα για πολύ ψυχρά κλίματα και δεν προσφέρουν το φάσμα των επιλογών σε σχέση με τα τυπικά συστήματα διαχωρισμού.
- **Packaged Systems:** Ένα τέτοιο σύστημα κατασκευάζεται με όλα τα κύρια εξαρτήματα συγκεντρωμένα σε ένα χώρο. Είναι πιο δημοφιλή σε σπίτια χωρίς υπόγεια. Όλες οι μονάδες είναι εγκατεστημένες σε εξωτερικούς χώρους. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται μόνο όταν τα split systems δεν αποτελούν επιλογή. Το πλεονέκτημα είναι ότι δεν δημιουργούν τόσο πολύ θόρυβο στο σπίτι, αφού τα μηχανικά εξαρτήματα είναι έξω. Τα μειονεκτήματα είναι δεν προσφέρουν τόσες επιλογές όπως τα παραπάνω και είναι λιγότερο αποτελεσματικά. Δεδομένου ότι όλα τα εξαρτήματα βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους, τείνουν να φθείρονται ταχύτερα από άλλα συστήματα HVAC.
- **Geothermal HVAC Systems:** Τα γεωθερμικά συστήματα χρησιμοποιούν τις σταθερές θερμοκρασίες της γης για να διευκολύνουν τη θέρμανση και την ψύξη. Οι συνεχώς μέτριες θερμοκρασίες του εδάφους διευκολύνουν την αποτελεσματική απόρριψη θερμότητας το καλοκαίρι και τη συλλογή θερμότητας το χειμώνα. Τα συστήματα γεωθερμίας HVAC προσφέρουν επίπεδα απόδοσης έως και τετραπλάσια από αυτά των παραδοσιακών συστημάτων. Οι μειώσεις στη χρήση ενέργειας και το κόστος είναι σημαντικές. Η κύρια ανησυχία σχετικά με τα συστήματα γεωθερμικού συστήματος HVAC είναι η τιμή τους, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από δύο έως πέντε φορές εκείνη των άλλων συστημάτων.

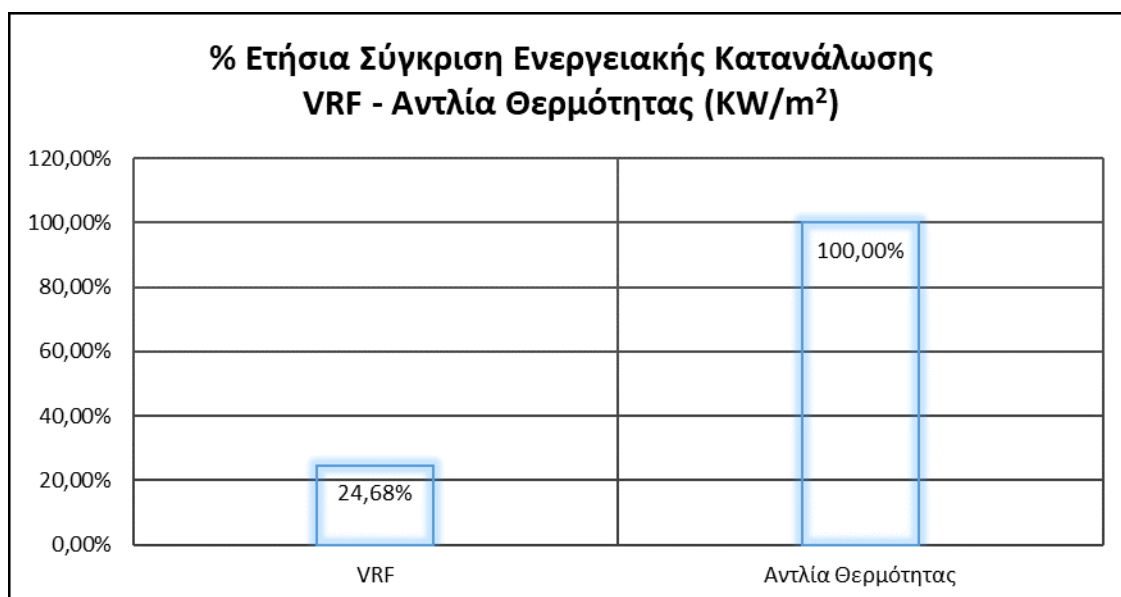
3.7.1 Σύγκριση VRF – Αντλίας Θερμότητας

Η σύγκριση των δύο συστημάτων αφορά το κόστος εγκατάστασης και την κατανάλωση ενέργειας/ m^2 σε ετήσια βάση, και κατ' επέκταση το κόστος ενέργειας/ m^2 . Όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης, το VRF είναι πιο οικονομικό και μάλιστα με μεγάλη διαφορά από τις αντλίες θερμότητας. Συγκεκριμένα, το κόστος εγκατάστασης του VRF ανέρχεται στο 46,63% του κόστους εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας (Γράφημα 15).^[3]



Γράφημα 15: % Ετήσια σύγκριση του κόστους εγκατάστασης VRF - Αντλίες Θερμότητας

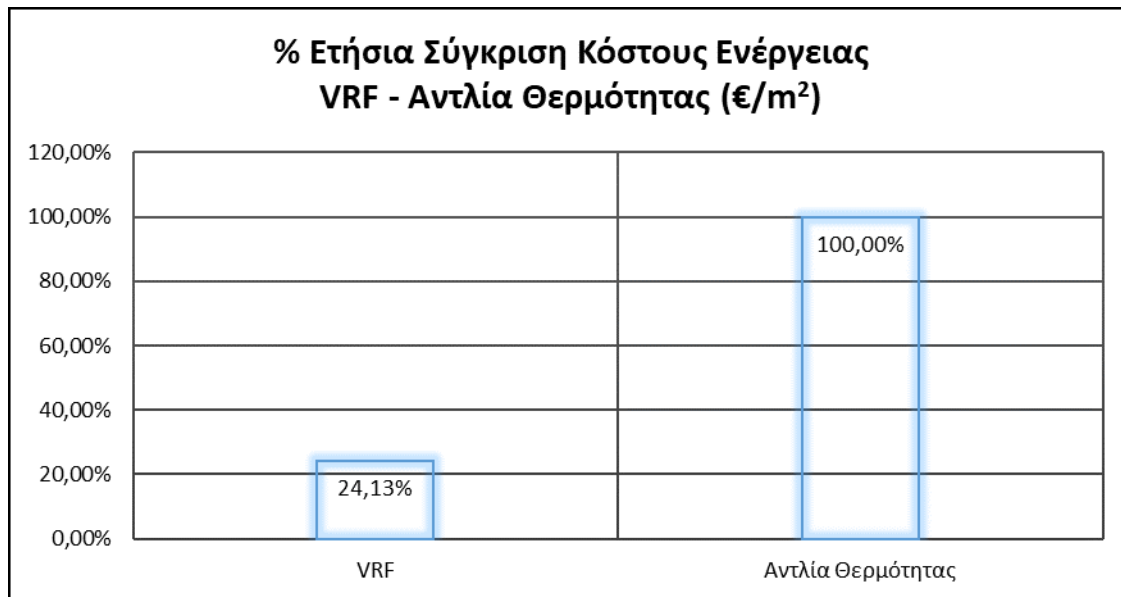
Η κατανάλωση ενέργειας που παρουσιάζουν τα δύο αυτά συστήματα φαίνεται στο Γράφημα 16, στο οποίο φαίνεται η μεγάλη διαφορά των δύο συστημάτων. Συγκεκριμένα στο VRF η ενεργειακή κατανάλωση που παρουσιάζεται αποτελεί το 24,68% αυτής της αντλίας θερμότητας.^[3]



Γράφημα 16: % Ετήσια σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης VRF - Αντλίες Θερμότητας

Τέλος, όσον αφορά το ετήσιο κόστος ενέργειας/ m^2 , με το σύστημα VRF υπάρχει σημαντικά λιγότερα κόστος σε σχέση με την αντλία θερμότητας. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 17, το κόστος

καταναλισκόμενης ενέργειας με το VRF αποτελεί το 24,13% του κόστους με σύστημα αντλίας θερμότητας.^[3]



Γράφημα 17: % Ετήσια σύγκριση κόστους ενέργειας VRF - Αντλίες Θερμότητας

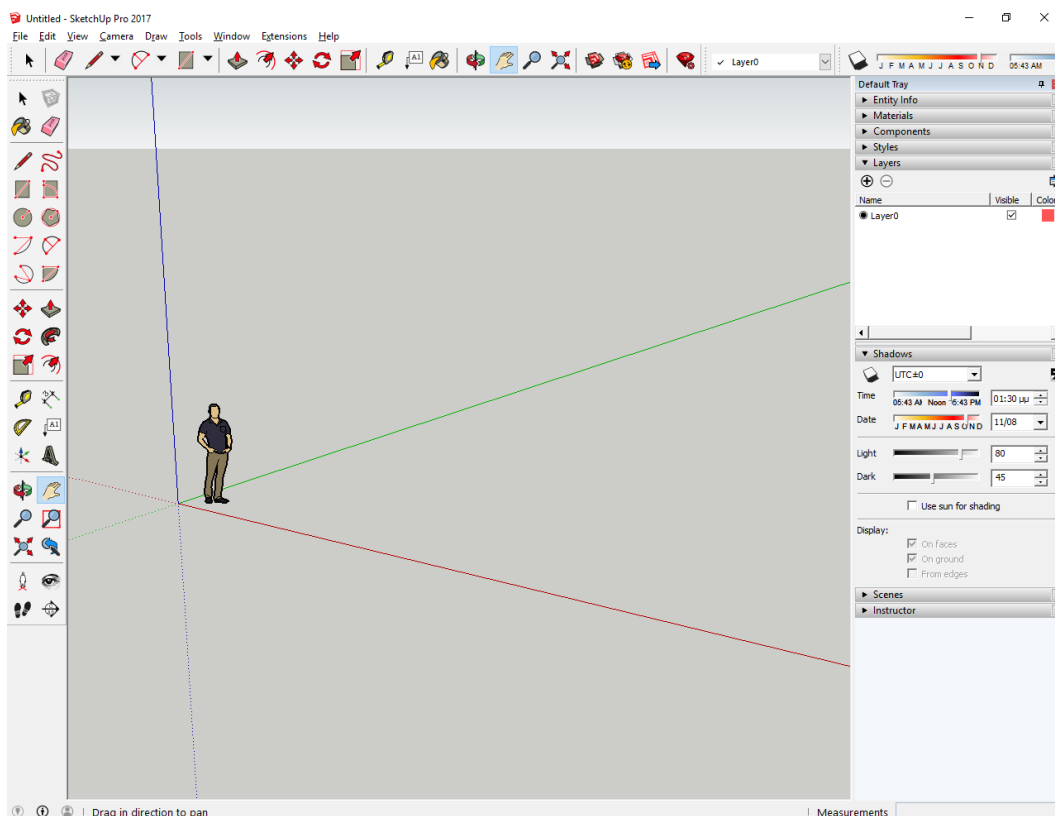
4 S/W Σχεδιασμού και Προσομοίωσης της υπό μελέτη οικίας

Στην παρούσα εργασία για τον σχεδιασμό και προσομοίωση της υπό μελέτη οικίας χρησιμοποιήθηκε το Google SketchUp (Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση Οικίας).

4.1 Google SketchUp

Το SketchUp είναι ένα πρόγραμμα δημιουργίας και επεξεργασίας τρισδιάστατων μοντέλων, το οποίο χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σχεδίασης όπως αρχιτεκτονική, εσωτερική διακόσμηση, αρχιτεκτονική τοπίου, αστική και μηχανολογία, σχεδιασμός ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών. Απαντάται σε διαφορετικές εκδόσεις, οι οποίες είναι: SketchUp Free (Web – Based εφαρμογή), SketchUp Make και SketchUp Pro.

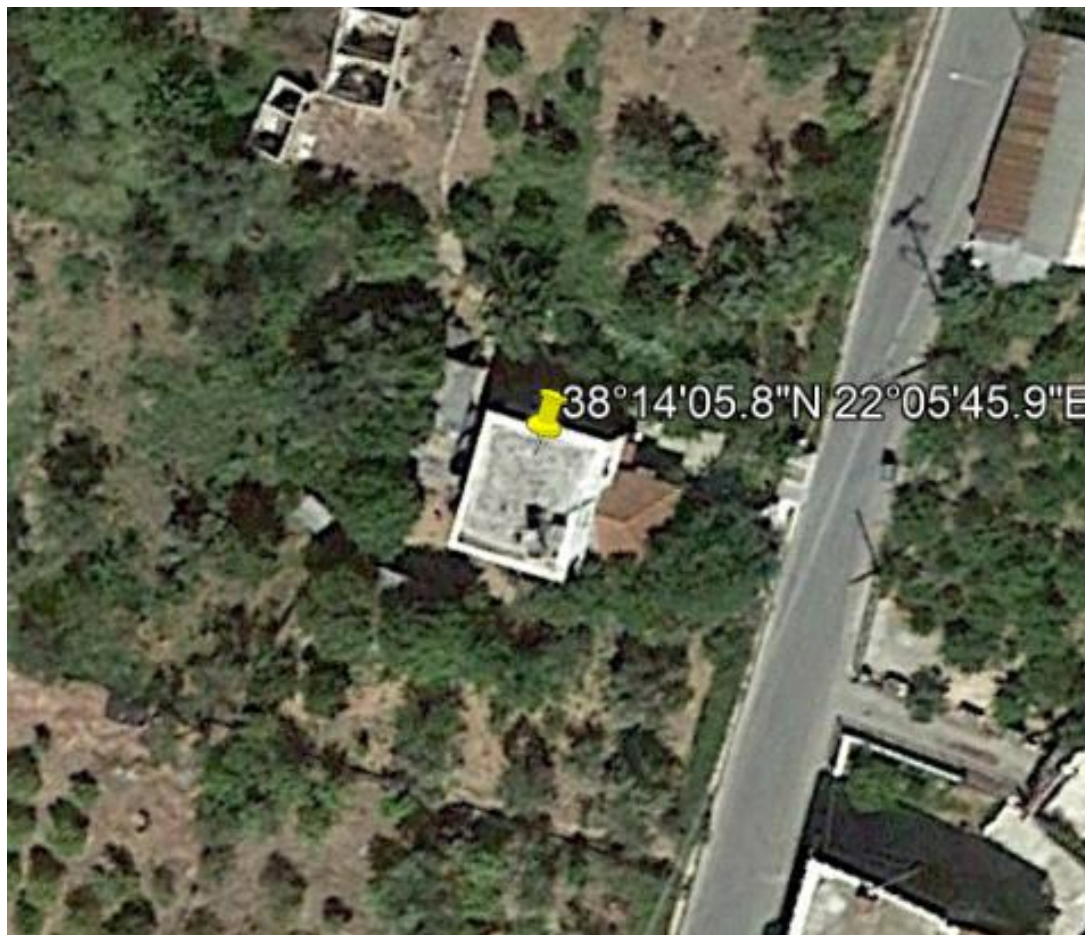
Για το πρόγραμμα αυτό διατίθεται μια δωρεάν ηλεκτρονική βιβλιοθήκη έτοιμων μοντέλων (π.χ. παράθυρα, πόρτες, αυτοκίνητα), η οποία ονομάζεται 3D Warehouse (Τρισδιάστατη Αποθήκη), στην οποία οποιοσδήποτε χρήστης μπορεί να συνεισφέρει τοποθετώντας νέα μοντέλα. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει λειτουργίες διάταξης σχεδίασης, επιτρέπει την μετατροπή από τρισδιάστατο σε δισδιάστατο μοντέλο (rendering) και υποστηρίζει προγράμματα «plug-in» άλλων κατασκευαστών που φιλοξενούνται σε μια τοποθεσία που ονομάζεται Extension Warehouse για την παροχή επιπλέον δυνατοτήτων. Τέλος επιτρέπει την γεωγραφική τοποθέτηση μοντέλων στο Google Earth.



Εικόνα 31: Google SketchUp - Περιβάλλον Εργασίας

4.2 Δεδομένα της υπό μελέτη μονοκατοικίας

Το κτίριο που μελετάτε στην παρούσα εργασία βρίσκεται στο Αίγιο, στην οδό Πτέρης 2. Το Αίγιο είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του νομού Αχαΐας, μετά την Πάτρα, από την οποία απέχει 30 χλμ. Η συγκεκριμένη γεωγραφικά θέση του κτιρίου είναι 38°14'05.8 N (γεωγραφικό πλάτος) και 22°05'45.9 E (γεωγραφικό μήκος) – (Εικόνα 32)



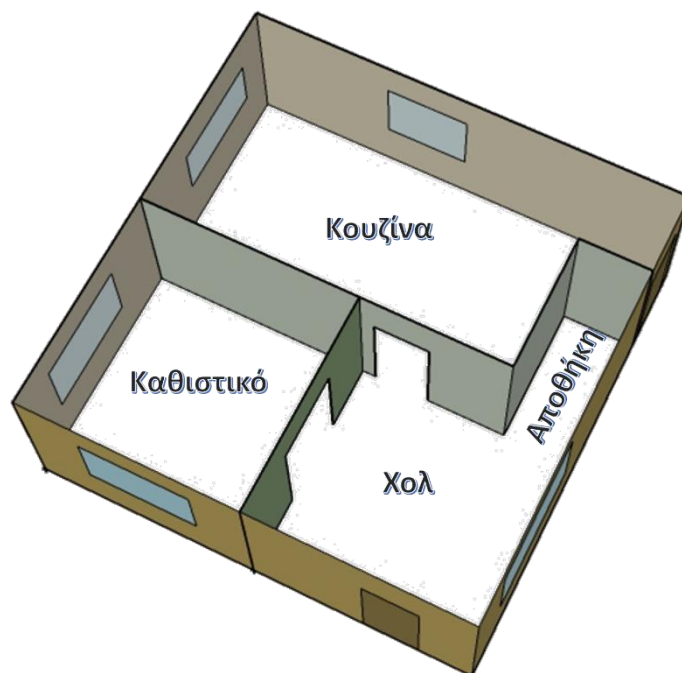
Εικόνα 32: Δορυφορική Απεικόνιση Κτιρίου

4.2.1 Περιγραφή Χώρων Κτιρίου

Το κτίριο περιλαμβάνει δύο ορόφους με εσωτερική σκάλα και έχει συνολικό εμβαδόν 128 m². Ο πρώτος όροφος αποτελείται από (Πίνακας 5 – Εικόνα 33):

Χαρακτηρισμός Χώρων 1 ^{ου} Ορόφου	Εμβαδόν (m ²)
Χολ	16
Καθιστικό	16
Κουζίνα	28,75
Αποθήκη	3,25

Πίνακας 5: Χώροι 1^{ου} ορόφου οικίας

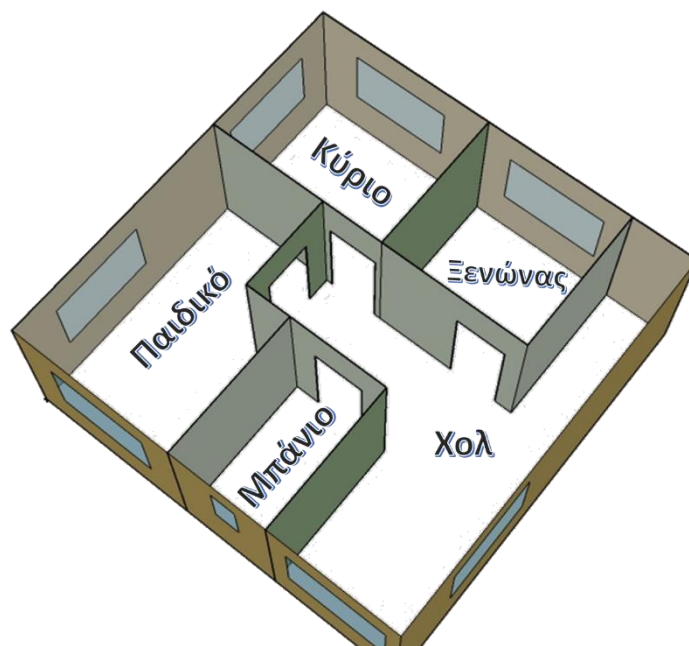


Εικόνα 33: Χαρακτηριστικοί χώροι 1^{ου} ορόφου (εξαγόμενο προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)

Ο δεύτερος όροφος αποτελείται από ():

Χαρακτηρισμός Χώρων 2 ^{ου} Ορόφου	Εμβαδόν (m ²)
Χολ	23
Μπάνιο	6
Κύριο Υπνοδωμάτιο	11
Παιδικό Υπνοδωμάτιο	15
Ξενώνας	9

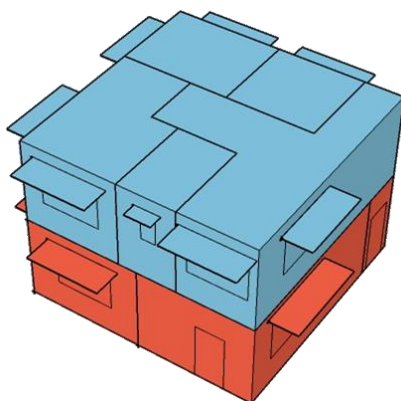
Πίνακας 6: Χώροι 2^{ου} ορόφου οικίας



Εικόνα 34: Χαρακτηριστικοί χώροι 2^{ου} ορόφου (εξαγόμενο προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)

4.2.2 Ορισμός Θερμικών Ζωνών της υπό μελέτη οικίας

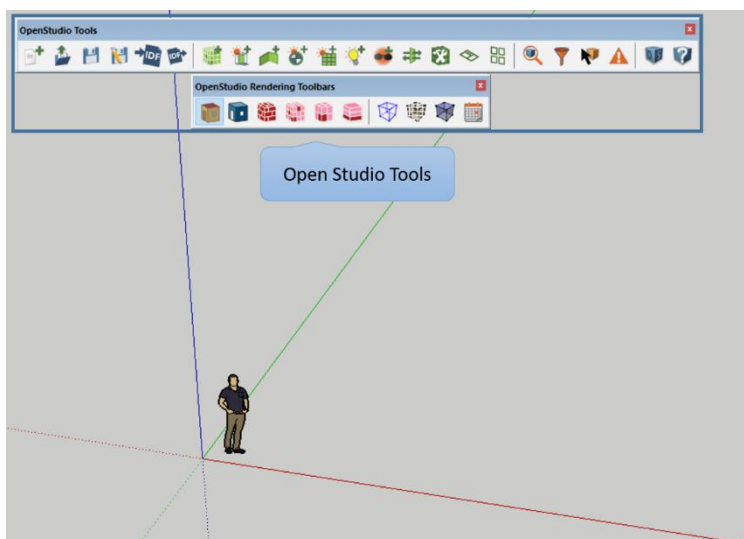
Θερμική ζώνη είναι το σύνολο των χώρων στους οποίους διαιρείται ένα κτίριο ανάλογα με τις απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και τη χρήση τους. Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό και με τους κανονισμούς που ορίζει η Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701 – 1/2017 σελ. 22 – 24) η οικία χωρίστηκε σε δύο θερμικές ζώνες, μία ζώνη για τον πρώτο όροφο και μία για τον δεύτερο (Εικόνα 35).^[35] Ο διαχωρισμός των ζωνών της μονοκατοικίας, με τον οποίο επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος δεδομένων εισόδου, πραγματοποιήθηκε κατά τη δημιουργία του μοντέλου της οικίας στο Open Studio SketchUp.



Εικόνα 35: Οι θερμικές ζώνες του κτιρίου. Προβολή «Render By Thermal Zones» του Google SketchUp (εξαγόμενο προσομοίωσης)












4.2.3 S/W Σχεδιασμού της υπό μελέτη οικίας

Η σχεδίαση του κτιρίου έγινε με το Open Studio plug – in στο Google SketchUp, όπως φαίνεται στην Εικόνα 36.



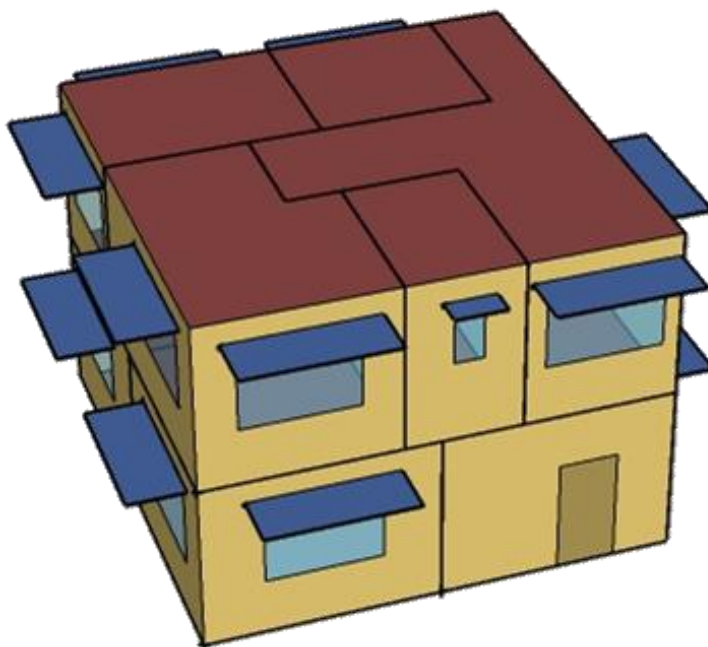
Εικόνα 36: Open Studio plug - in toolbar

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, το Google SketchUp χρησιμοποιεί τρεις άξονες για το σχεδιασμό των τρισδιάστατων μοντέλων, ένα κόκκινο, ένα πράσινο και ένα μπλε, οι οποίοι αντιστοιχούν στο μήκος, το πλάτος και το ύψος. Ο πράσινος άξονας έχει προσανατολισμό προς το Βορρά. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια σχεδίασης της οικίας αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7):

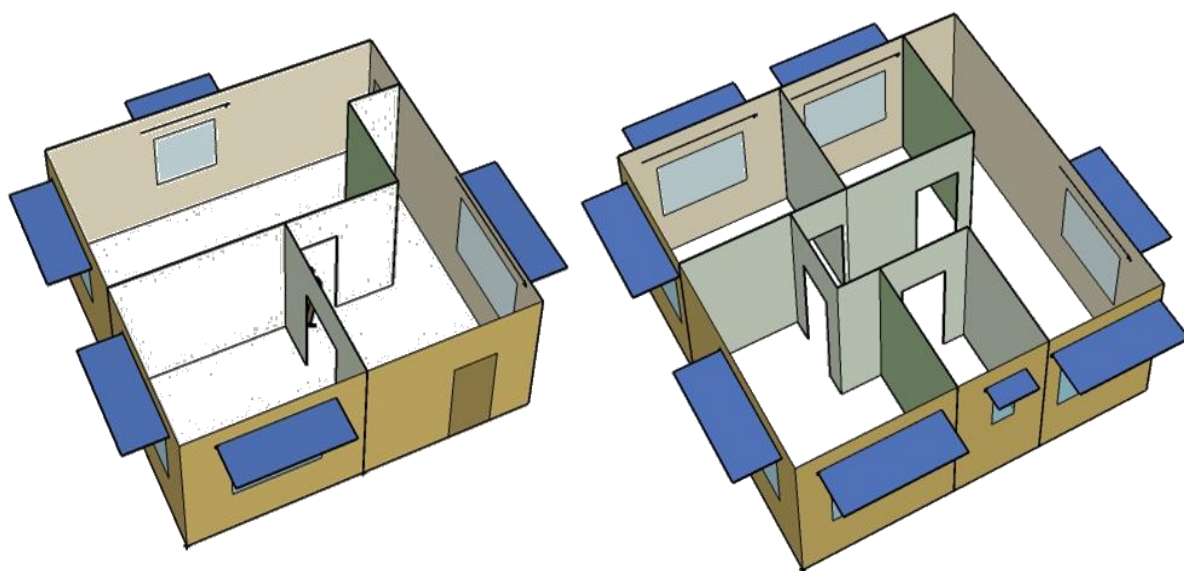
Ονομασία	Εικονίδιο	Λειτουργία
New Space		Δημιουργία νέου χώρου για το OpenStudio για τον σχεδιασμό επιφανειών, σκίασης, εσωτερικών χωρισμάτων.
Line		Δημιουργία επιφανειών με ένωση γραμμών
Rectangle		Δημιουργία ορθογώνιων επιφανειών
Eraser		Διαγραφή τμημάτων μοντέλου
Tape Measure Tool		Μέτρηση επιφανειών
Select		Επιλογή τμημάτων μοντέλου
Pan		Μετακίνηση τρισδιάστατου μοντέλου
New Interior Partition Surface Group		Δημιουργία εσωτερικών τμημάτων σε χώρους
Surface Matching		Δημιουργία αποτυπώματος επιφάνειας πάνω σε άλλη έτσι ώστε να αναγνωριστούν ως μια κοινή επιφάνεια
Set Attributes for Selected Spaces		Ορισμός ιδιοτήτων για κάθε επιφάνεια
New Shading Surface Group		Δημιουργία επιφανειών σκίασης
Export Energy Plus IDF		Εξαγωγή αρχείου σε IDF για χρήση με το Energy Plus

Πίνακας 7: Εργαλεία Google SketchUp και Open Studio Plug – in

Με την χρήση των προαναφερθέντων εργαλείων του Google SketchUp και του Open Studio Plug-in δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο της οικίας. Και στους δύο ορόφους προστέθηκαν εσωτερικά διαμερίσματα σε κάθε όροφο για την μοντελοποίηση των εσωτερικών χώρων καθώς αποτελούν στοιχεία μιας ενιαίας θερμικής ζώνης. Δηλαδή, έχουν ίδιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες, παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας και κοινά ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά συστήματα (Εικόνα 37 – Εικόνα 38).



Εικόνα 37: Τρισδιάστατο μοντέλο οικίας (αποτέλεσμα προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)



Εικόνα 38: Τρισδιάστατη απεικόνιση 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου (αποτέλεσμα προσομοίωσης στο Open Studio SketchUp)

4.2.4 Google SketchUp Geo – Locating

Μέσω του προγράμματος Google SketchUp υπάρχει η δυνατότητα να εντοπίσουμε την γεωγραφική τοποθεσία του μοντέλου. Η εντολή του προγράμματος που μας δίνει αυτή τη δυνατότητα λέγεται «Geo – Location». Στην πράξη, αυτό που επιτυγχάνεται είναι η εισαγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου σε συγκεκριμένη περιοχή του χάρτη. Ως αποτέλεσμα, προσδιορίζεται αυτόματα ο γεωγραφικός βορράς και γίνονται γνωστές οι συντεταγμένες του κτιρίου, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν αργότερα στο πρόγραμμα Energy Plus (Εικόνα 39).



Εικόνα 39: Geo - Location του κτιρίου στην περιοχή του Αιγίου

4.3 S/W Ενεργειακής Προσομοίωσης της υπό μελέτη οικίας

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων το οποίο χρησιμοποιείται από μηχανικούς, αρχιτέκτονες και ερευνητές για μοντελοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας (θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό κ.ά.) και χρήσης νερού. Μερικά από τα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά και δυνατότητες του Energy Plus περιλαμβάνουν:

- Ολοκληρωμένη, ταυτόχρονη λύση των συνθηκών μιας θερμικής ζώνης και της απόκρισης του συστήματος HVAC που δεν υποθέτει ότι το σύστημα HVAC μπορεί να ικανοποιήσει τα φορτία της ζώνης και μπορεί να προσομοιώνει τους μη κλιματιζόμενους και τους υπό – κλιματιζόμενους χώρους.
- Λύση θερμικής ισορροπίας φαινομένων που παράγουν θερμοκρασίες επιφάνειας, θερμική άνεση και υπολογισμούς συμπύκνωσης.

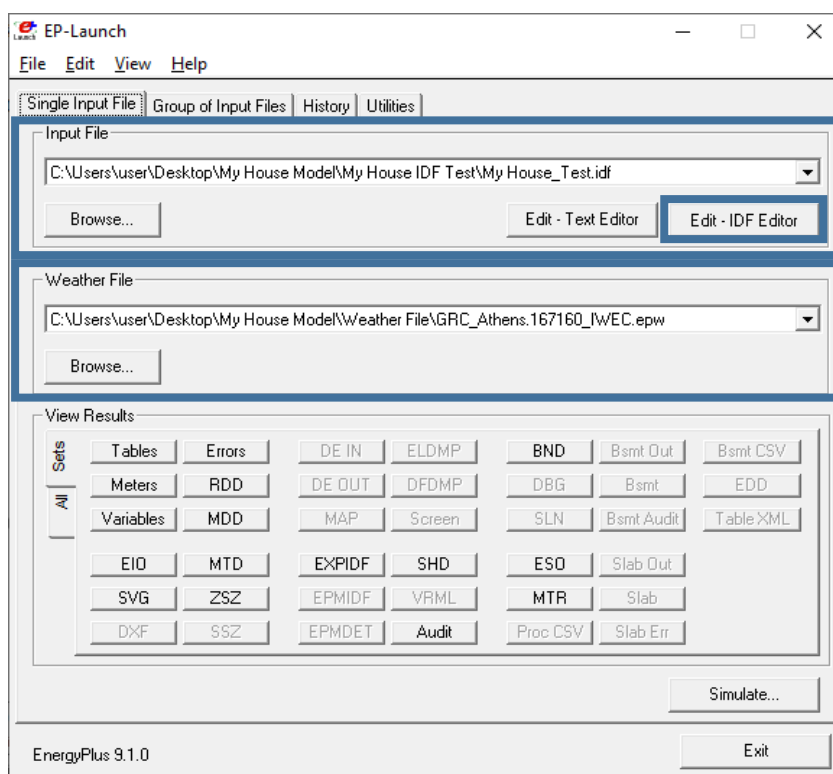
- Υπό – ωριαία, χρονικά βήματα καθορισμένα από το χρήστη για αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος, με αυτόματα διαφορετικά χρονικά βήματα για αλληλεπιδράσεις μεταξύ θερμικών ζωνών και συστημάτων HVAC. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το Energy Plus να μοντελοποιεί δυναμικά συστήματα ενώ ταυτόχρονα εμποδίζει την ταχύτητα προσομοίωσης για μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που αντιπροσωπεύει την κίνηση του αέρα μεταξύ ζωνών.
- Προηγμένα μοντέλα διάταξης παραθύρων, συμπεριλαμβανομένων των ελεγχόμενων περσίδων παραθύρων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων και θερμικής ισορροπίας ανά επίπεδο που υπολογίζουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάτε από τα παράθυρα.
- Υπολογισμοί φωτεινότητας και αντανάκλασης για την εξαγωγή αναφορών που αφορούν την οπτική αισθητική και φωτισμό.
- HVACs που βασίζονται σε εξαρτήματα τα οποία υποστηρίζουν τόσο τυποποιημένες όσο και νέες διαμορφώσεις συστημάτων.
- Ένα μεγάλο αριθμό ενσωματωμένων στρατηγικών ελέγχου HVAC και φωτισμού, όπως επίσης και εκτεταμένα σενάρια για έλεγχο από τον χρήστη.
- Λειτουργική εισαγωγή και εξαγωγή διεπαφής για συν-προσομοίωση.
- Τυπικές ανακεφαλαιωτικές και αναλυτικές αναφορές εξόδου, καθώς και αναφορές που μπορούν να καθοριστούν από το χρήστη, με δυνατότητα επιλογής χρόνου από ετήσια έως υπό-ωριαία, όλα με πολλαπλασιαστές πηγών ενέργειας.

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα που δέχεται ως είσοδο δεδομένα και επιστρέφει την έξοδο σε αρχεία κειμένου (txt). Έχει ένα πλήθος βοηθητικών προγραμμάτων, συμπεριλαμβανομένου του IDF Editor, για τη δημιουργία αρχείων εισόδου χρησιμοποιώντας ένα απλό λογισμικό φύλλο εργασίας, το EP – Launch για τη διαχείριση αρχείων εισόδου και εξόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων και το EP – Compare για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων δύο ή περισσότερων προσομοιώσεων. Υπάρχουν επίσης πολλές ολοκληρωμένες γραφικές διεπαφές για το Energy Plus. Το Energy Plus είναι δωρεάν, ανοικτού κώδικα και απαντάται σε πολλές πλατφόρμες (Windows, Mac OS X και Linux).

5 Ενεργειακή Προσομοίωση της υπό μελέτη Οικίας

Για την ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων (σχεδιασμό και ενεργειακή προσομοίωση) χρησιμοποιούνται πληθώρα προγραμμάτων τα οποία υποστηρίζουν τρισδιάστατη μοντελοποίηση και εργαλεία ενεργειακής ανάλυσης. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι η διαδικασία ανάπτυξης μιας μαθηματικής αναπαράστασης οποιασδήποτε επιφάνειας ενός αντικειμένου σε τρεις διαστάσεις μέσω εξειδικευμένου λογισμικού.

Μετά τον σχεδιασμό του μοντέλου και τη ρύθμιση των ιδιοτήτων του στο Google SketchUp, η ενεργειακή προσομοίωση της οικίας περνάει στο πρόγραμμα Energy Plus. Αρχικά, εισάγεται το αρχείο IDf, που δημιουργήθηκε από το Open Studio Plug – in του SketchUp, στο EP – Launch του Energy Plus, όπως φαίνεται στην Εικόνα 40.



Εικόνα 40: Εισαγωγή του αρχείου My House_Test.idf και του αρχείου καιρού στο Energy Plus

Ακολουθώντας, εισάγεται το αρχείο καιρού (weather file), το οποίο περιέχει κλιματικά δεδομένα (Εικόνα 40), τα οποία έχουν συλλεχθεί από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικού Οργανισμού και βρίσκονται στο site του Energy Plus. Τα κλιματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα, στο διαδίκτυο, για την Ελλάδα αφορούν τις περιοχές της Αθήνας, Θεσσαλονίκης και Ανδραβίδας. Συνεπώς για το κτίριο που βρίσκεται στην περιοχή του Αιγίου, επιλέχθηκε το αρχείο κλιματικών δεδομένων της Αθήνας (κοντινότερη περιοχή).

Μετά την εισαγωγή των παραπάνω αρχείων εισόδου, ακολουθεί η ρύθμιση σημαντικών παραμέτρων για την ενεργειακή προσομοίωση, η οποία επιτυγχάνεται από τον IDF Editor (Εικόνα 40). Το σύνολο των ρυθμίσεων περιγράφεται αναλυτικά, ανά κατηγορία, στις επόμενες υποενότητες.^[36]

Τέλος, η ενεργειακή προσομοίωση δίνει ως έξοδος τα εξής:

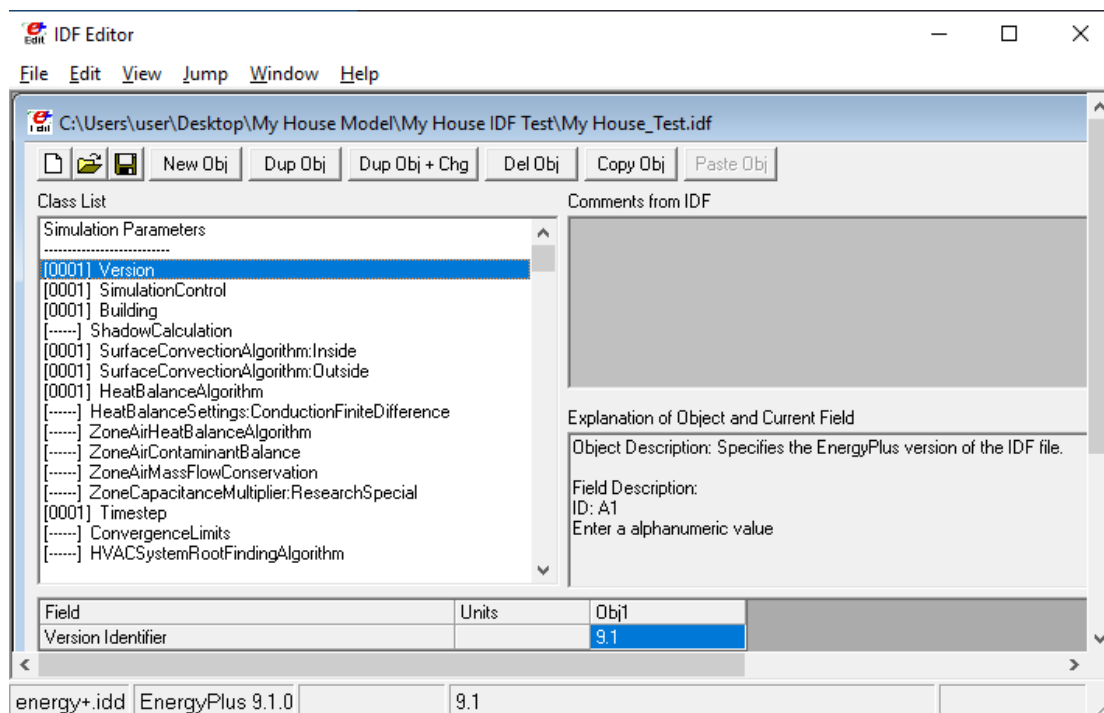
- Μηνιαία εσωτερικά κέρδη από τους ανθρώπους, τις ηλεκτρικές συσκευές και τον τεχνητό φωτισμό
- Μηνιαίες απώλειες ενέργειας της οικίας
- Μηνιαία ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών, τεχνητού φωτισμού και συστήματος θέρμανσης ψύξης

5.1 Παράμετροι Προσομοίωσης (Simulation Parameters)

Η κατηγορία αυτή επηρεάζει την προσομοίωση με διάφορους τρόπους. Ορίζονται γενικά στοιχεία τα οποία επηρεάζουν τον τρόπο που θα γίνει η προσομοίωση. Στην προκειμένη περίπτωση, έχουν οριστεί οι παρακάτω υποκατηγορίες.

5.1.1 Version

Εισάγετε η σωστή έκδοση για την οποία δημιουργήθηκε το IDF, η οποία ελέγχεται σε σχέση με την τρέχουσα έκδοση του Energy Plus. Αν δεν ταιριάζουν το πρόγραμμα εμφανίζει σφάλμα και διακόπτει την προσομοίωση. Στην προκειμένη περίπτωση έχει χρησιμοποιηθεί η έκδοση 9.1 (Εικόνα 41).



Εικόνα 41: Simulation Parameters – υποκατηγορία Version

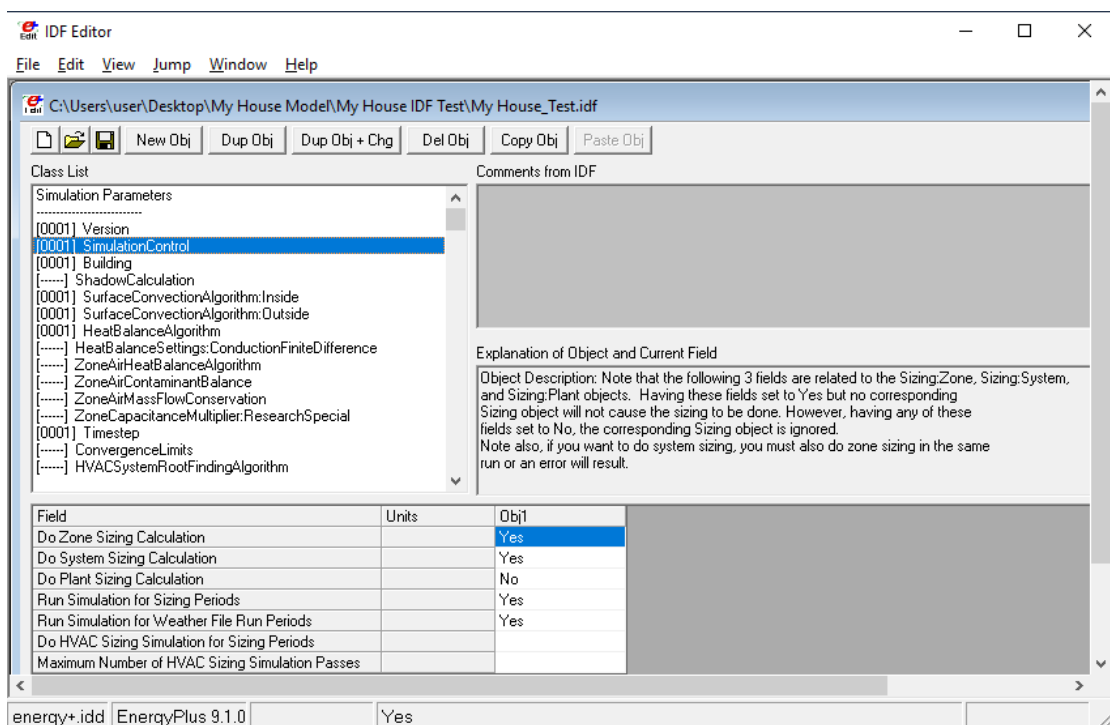
5.1.2 Simulation Control

Η υποκατηγορία αυτή επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει τι είδους υπολογισμοί θα πραγματοποιηθούν στην προσομοίωση του Energy Plus. Οι κυριότερες επιλογές που παρέχονται είναι οι εξής:

- **Do Zone Sizing Calculation:** Επιλέγοντας «Ναι», εκτελείται ένας ειδικός υπολογισμός, χρησιμοποιώντας ένα θεωρητικό ιδανικό ζωνικό σύστημα και καθορίζει τα ποσοστά ροής και φορτίων θέρμανσης και ψύξης.

- **Do System Sizing Calculation:** Επιλέγοντας «Ναι», εκτελείται, επίσης, ένας ειδικός υπολογισμός, ο οποίος, για χάρη απλοποίησης, συνοψίζει τα αποτελέσματα του υπολογισμού μεγέθους ζωνών και τα αποθηκεύει.
- **Run Simulation for Sizing Periods:** Επιλέγοντας «Ναι», η προσομοίωση θα εκτελεστεί σε όλα τα αντικείμενα SizingPeriod, όπως, SizingPeriod: DesignDay, SizingPeriod: WeatherFileDays, και SizingPeriod: WeatherFileConditionType.
- **Run Simulation for Weather File Run Periods:** Επιλέγοντας «Ναι», η προσομοίωση θα εκτελεστεί σε όλα τα αντικείμενα RunPeriod.

Στην Εικόνα 42 φαίνονται οι επιλογές για την υποκατηγορία SimulationControl που έχουν οριστεί.



Εικόνα 42: Simulation Parameters – υποκατηγορία SimulationControl

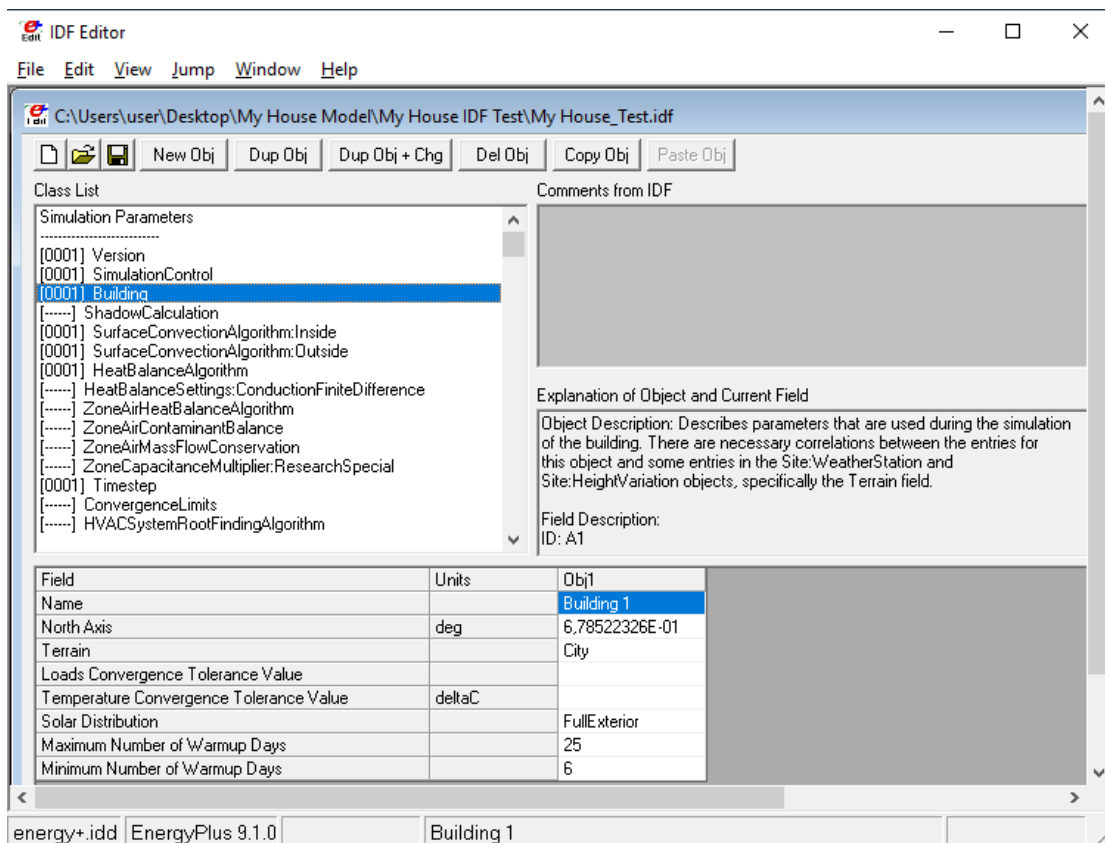
5.1.3 Building

Η κατηγορία Building περιγράφει τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται κατά την προσομοίωση του κτιρίου. Οι κυριότερες επιλογές που παρέχονται είναι οι εξής:

- **Name:** Ονομασία του κτιρίου. Χρησιμοποιείται απλά για ευκολία στην ανάγνωση των αποτελεσμάτων.
- **North Axis:** Καθορίζεται ο βόρειος άξονας του κτιρίου σε σχέση με τον πραγματικό βορρά.
- **Terrain:** Το έδαφος του τόπου που βρίσκεται το κτίριο, επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ο άνεμος χτυπάει το κτίριο (όπως και το ύψος του κτιρίου).
- **Solar Distribution:** Ο καθορισμός αυτής της τιμής καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο το Energy Plus αντιμετωπίζει την ηλιακή ακτινοβολία και τις ανακλάσεις από τις εξωτερικές επιφάνειες που χτυπάνε το κτίριο και, τελικά, εισέρχονται στη ζώνη.

- **Maximum Number of Warmup Days:** Το πεδίο αυτό καθορίζει τον μέγιστο αριθμό ζεστών ημερών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη προσομοίωση. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 25.
- **Minimum Number of Warmup Days:** Το πεδίο αυτό καθορίζει τον ελάχιστο αριθμό ζεστών ημερών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη προσομοίωση. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 6.

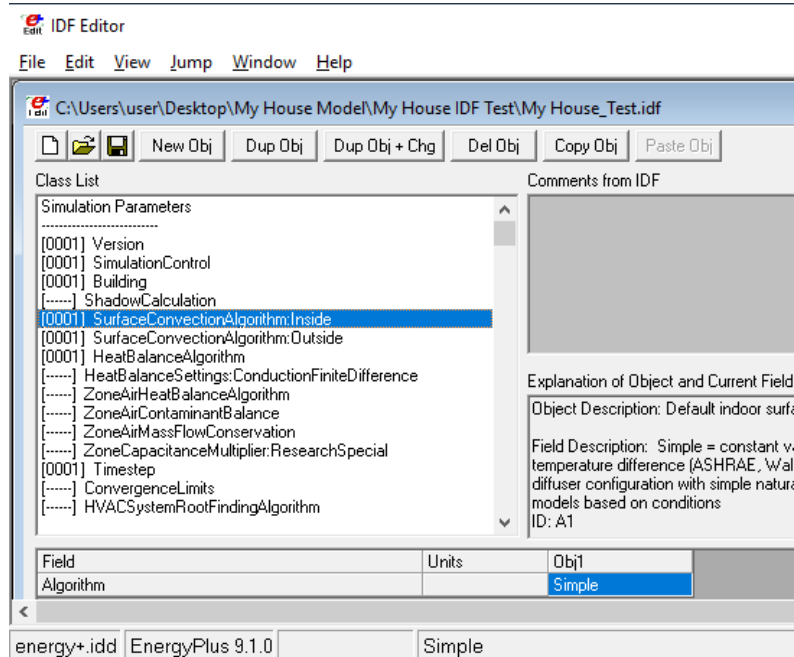
Στην Εικόνα 43 φαίνονται οι επιλογές για την υποκατηγορία Simulation Control που έχουν οριστεί.



Εικόνα 43: Simulation Parameters – υποκατηγορία Building

5.1.4 Surface Convection Algorithm: Inside

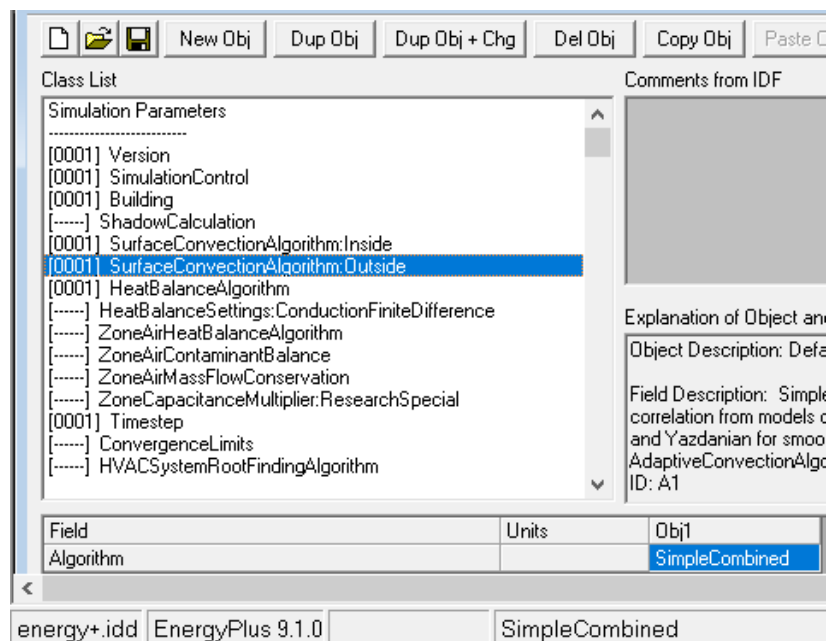
Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά θερμότητας από την επιφάνεια του κτιρίου στο εσωτερικό. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 44 για την οικία χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος «Simple».



Εικόνα 44: Simulation Parameters – SurfaceConvectionAlgorithm: Inside

5.1.5 Surface Convection Algorithm: Outside

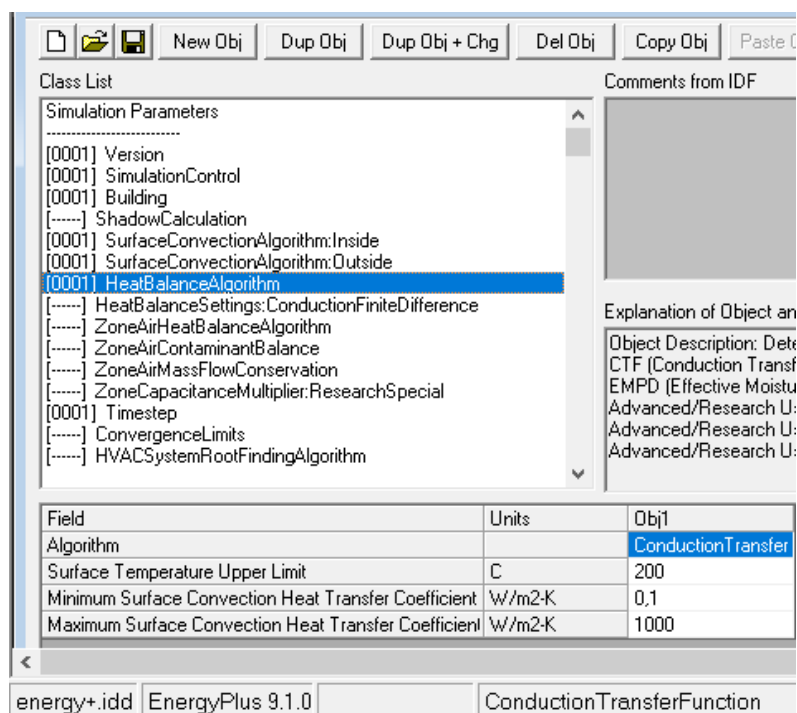
Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά θερμότητας εξωτερικά του κτιρίου. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 45 για την οικία χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος «SimpleCombined».



Εικόνα 45: Simulation Parameters – SurfaceConvectionAlgorithm: Outside

5.1.6 Heat Balance Algorithm

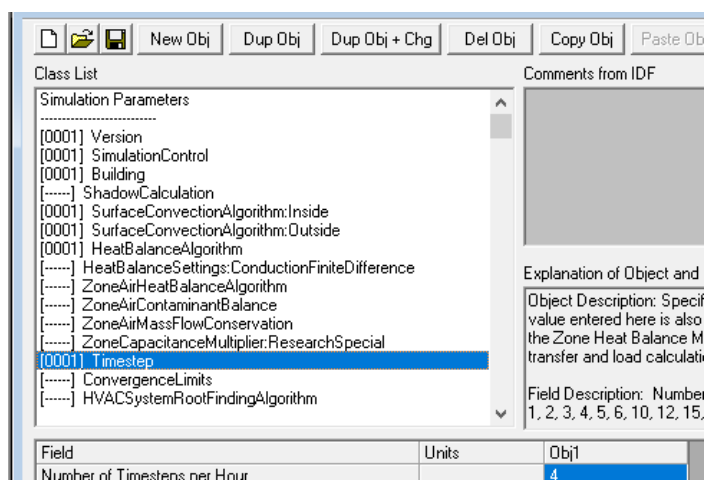
Η υποκατηγορία αυτή παρέχει έναν τρόπο επιλογής αλγόριθμου μεταφοράς θερμότητας και υγρασίας που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της απόδοσης των επιφανειών του κτιρίου. Στο πεδίο Algorithm ορίστηκε η επιλογή «ConductionTransfer» (Εικόνα 46).



Εικόνα 46: Simulation Parameters – HeatBalanceAlgorithm

5.1.7 Time step

Στην υποκατηγορία Timestep ορίζεται το βασικό χρονικό βήμα για την προσομοίωση, το οποίο χρησιμοποιείται στο μοντέλο υπολογισμού του θερμικού ισοζυγίου της κάθε θερμικής ζώνης. Η τιμή που εισάγεται είναι ο αριθμός των χρονομετρήσεων που θα χρησιμοποιηθούν εντός μιας ώρας. Στην παρούσα προσομοίωση ορίστηκε ως αριθμός βημάτων το 4, δηλαδή το τέταρτο της ώρας (Εικόνα 47).



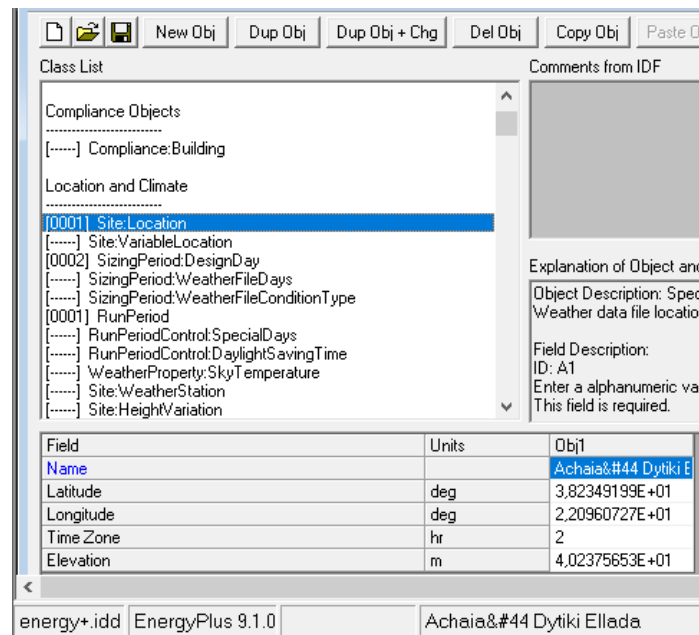
Εικόνα 47: Simulation Parameters – Timestep

5.2 Τοποθεσία και Κλίμα (Location and Climate)

Η κατηγορία αυτή περιγράφει τις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν στην περιοχή του κτιρίου, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση. Οι υποκατηγορίες που έχουν οριστεί είναι οι παρακάτω:

5.2.1 Site: Location

Ορίζεται η ακριβής τοποθεσία του κτιρίου (όνομα, γεωγραφικό πλάτος και μήκος και η διαφορά ώρας). Τα παραπάνω έχουν οριστεί από την εντολή Geo – Locating του Google SketchUp (Εικόνα 48).



Εικόνα 48: Location and Climate – Site: Location

5.2.2 Sizing Period: Design Day

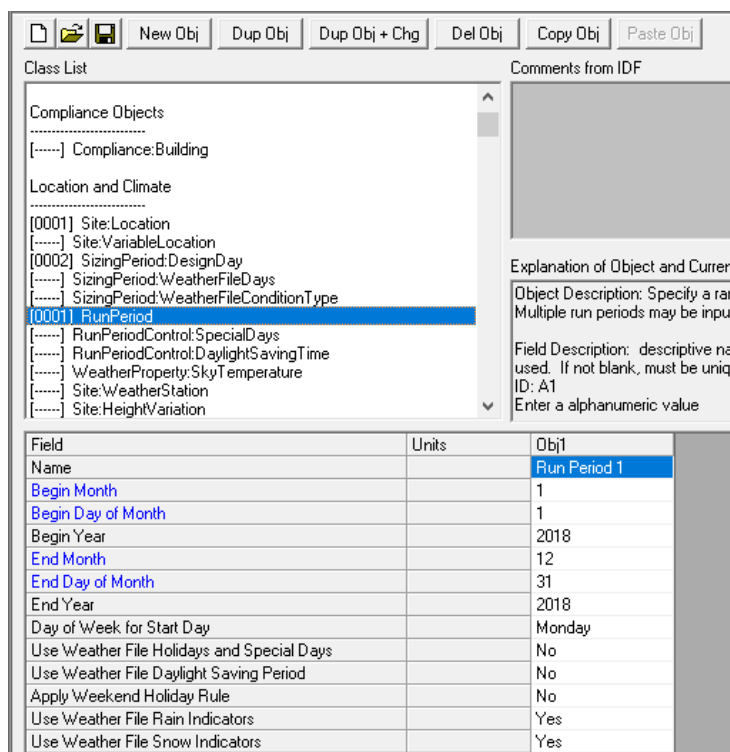
Η επιλογή αυτή περιγράφει τις παραμέτρους για τον υπολογισμό φορτίων σε συγκεκριμένες μέρες του χρόνου. Για την συγκεκριμένη προσομοίωση επιλέχθηκαν 2 αντικείμενα τα οποία αφορούν την πιο ζεστή (33,8 °C) και πιο κρύα (1,6 °C) μέρα του χρόνου (Εικόνα 49).

[0002] SizingPeriod:DesignDay		Explanation of Object and Current Field	
[.....] SizingPeriod:WeatherFileDays		Object Description: The design day object creates the 24 hour weather profile that can be used for sizing. Running to test the other simulation parameters. Parameters include a date (month and day), a day type (which uses schedules for either sizing or simple tests), min/max temperature, wind speeds, and solar radiation values.	
[.....] SizingPeriod:WeatherFileConditionType			
[0001] RunPeriod			
[.....] RunPeriodControl:SpecialDays			
[.....] RunPeriodControl:DaylightSavingTime			
[.....] WeatherProperty:SkyTemperature			
[.....] Site:WeatherStation			
[.....] Site:HeightVariation			
Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ATHENS Ann Htg S	ATHENS Ann Clg 1
Month		2	8
Day of Month		21	21
Day Type		WinterDesignDay	SummerDesignDay
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	1,6	33,8
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC	0	9,1
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type		DefaultMultipliers	DefaultMultipliers
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule Name			
Humidity Condition Type		Wetbulb	Wetbulb
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C	1,6	20,8
Humidity Condition Day Schedule Name			
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryA		
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg		
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC		
Barometric Pressure	Pa	101145	101145
Wind Speed	m/s	3,5	5,6
Wind Direction	deg	0	30
Rain Indicator		No	No
Snow Indicator		No	No
Daylight Saving Time Indicator		No	No
Solar Model Indicator		ASHRAEClearSky	ASHRAETau
Beam Solar Day Schedule Name			
Diffuse Solar Day Schedule Name			
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (dimensionless)	dimensionless		0,493
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (dimensionless)	dimensionless		1,9
Sky Clearness		0	

Εικόνα 49: Location and Climate – SizingPeriod: DesignDay

5.2.3 Run Period

Ορίζεται η περίοδος στην οποία θα πραγματοποιηθεί η προσομοίωση. Στην παρούσα εργασία ορίστηκε όλο το έτος 2018, με ημερομηνία έναρξης: Δευτέρα 1 Ιανουαρίου, και ημερομηνία λήξης: Δευτέρα 31 Δεκεμβρίου (Εικόνα 50).

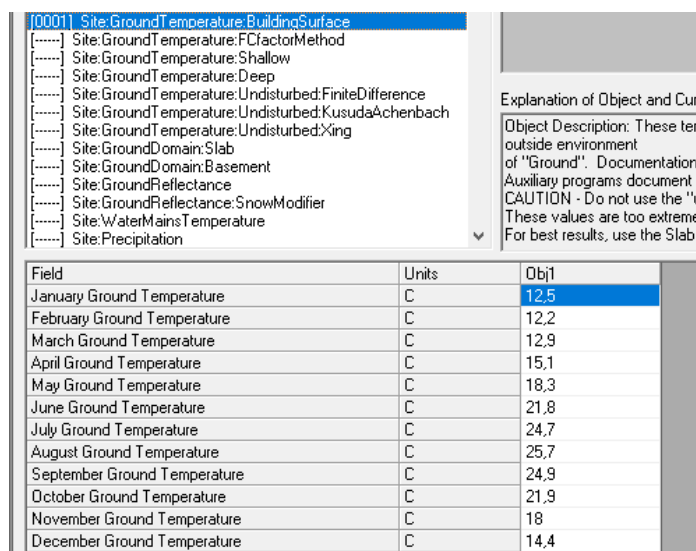


Field	Units	Obj1
Name		Run Period 1
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
Begin Year		2018
End Month		12
End Day of Month		31
End Year		2018
Day of Week for Start Day		Monday
Use Weather File Holidays and Special Days		No
Use Weather File Daylight Saving Period		No
Apply Weekend Holiday Rule		No
Use Weather File Rain Indicators		Yes
Use Weather File Snow Indicators		Yes

Εικόνα 50: Location and Climate – RunPeriod

5.2.4 Site: Ground Temperature: Building Surface

Στην υποκατηγορία αυτή, εισάγονται οι θερμοκρασίες του εδάφους για τους δώδεκα μήνες του έτους στην περιοχή του κτιρίου. Οι θερμοκρασίες αυτές χρησιμοποιούνται για το μοντέλο μεταφοράς θερμότητας μεταξύ των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Οι θερμοκρασίες εδάφους που δόθηκαν στην παρούσα προσομοίωση φαίνονται στην Εικόνα 51.



Field	Units	Obj1
January Ground Temperature	C	12,5
February Ground Temperature	C	12,2
March Ground Temperature	C	12,9
April Ground Temperature	C	15,1
May Ground Temperature	C	18,3
June Ground Temperature	C	21,8
July Ground Temperature	C	24,7
August Ground Temperature	C	25,7
September Ground Temperature	C	24,9
October Ground Temperature	C	21,9
November Ground Temperature	C	18
December Ground Temperature	C	14,4

Εικόνα 51: Location and Climate – Site: GroundTemperature: BuildingSurface
(Πηγή: <http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima/>)

5.3 Χρονοδιαγράμματα (Schedules)

Η κατηγορία αυτή επιτρέπει στον χρήστη να επηρεάζει τον προγραμματισμό πολλών αντικειμένων (όπως η πυκνότητα πληρότητας⁴, ο φωτισμός, οι θερμοστατικοί έλεγχοι, η δραστηριότητα πληρότητας), τα οποία ορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Στην προκειμένη περίπτωση, έχουν οριστεί οι παρακάτω υποκατηγορίες.

5.3.1 Schedule Type Limits

Ορίζονται τα όρια των τιμών που χρησιμοποιούνται στα χρονοδιαγράμματα του κτιρίου καθώς και ο τύπος των μεταβλητών. Στην προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι χρονοδιαγραμμάτων που φαίνονται στον Πίνακας 8.

Field	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name	ActivityLevel	Fraction	temperature	Any Number	Control Type	On / Off
Lower Limit Value	0	0	-60		0	0
Upper Limit Value		1	200		4	1
Numeric Type	Continuous	Continuous	Continuous		Discrete	Discrete
Unit Type	activitylevel		Temperature			

Πίνακας 8: Schedules – ScheduleTypeLimits

5.3.2 Schedule: Compact

Στο αντικείμενο αυτό ορίζονται τα χρονοδιαγράμματα για την ανθρώπινη παρουσία στο κτίριο, την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών, το φωτισμό κ.ά.. Στην προκειμένη περίπτωση ορίστηκαν τα εξής χρονοδιαγράμματα (Πίνακας 9):

- ActSch: Χρονοδιάγραμμα το οποίο καταγράφει τα θερμικά κέρδη από τα άτομα (Watt / άτομο) κατά τη διάρκεια της ημέρας
- AirSch: Χρονοδιάγραμμα για την ακούσια / εκούσια εισροή / εκροή αέρα στο κτίριο στη διάρκεια της ημέρας
- LightingSch: Χρονοδιάγραμμα για την καταγραφεί του ποσοστού του τεχνικού φωτισμού που είναι ενεργός στη διάρκεια της ημέρας
- ElectricalSch: Χρονοδιάγραμμα για την καταγραφεί του ποσοστού των ηλεκτρικών συσκευών που είναι ενεργές στη διάρκεια της ημέρας
- PeopleSch: Χρονοδιάγραμμα για την καταγραφεί του αριθμού των ατόμων που είναι παρόντα στο κτίριο στη διάρκεια της ημέρας

Field	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name	ActSch	AirSch	LightingSch	ElectricalSch	PeopleSch
Schedule Type Limits Name	Any Number	On / Off	Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: Weekdays
Field 3	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 07:00	Until: 07:00	Until: 08:00
Field 4	80	1	.1	.3	1
Field 5			Until: 18:00	Until: 08:00	Until: 14:00
Field 6			.5	.6	0
Field 7			Until: 24:00	Until: 14:00	Until: 21:00

⁴ Αριθμός ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας

Field 8			.3	.7	.5
Field 9				Until: 17:00	Until: 24:00
Field 10				.3	1
Field 11				Until: 21:00	For: Weekends
Field 12				.6	Until: 09:00
Field 13				Until: 24:00	1
Field 14				.4	Until: 14:00
Field 15					.5
Field 16					Until: 21:00
Field 17					.75
Field 18					Until: 24:00
Field 19					1
Field 20					For: AllOtherDays
Field 21					Until: 09:00
Field 22					1
Field 23					Until: 14:00
Field 24					.5
Field 25					Until: 21:00
Field 26					.75
Field 27					Until: 24:00
Field 28					1

Πίνακας 9: Schedules – Schedule: Compact

5.4 Κατασκευαστικά Στοιχεία επιφανειών της υπό μελέτη οικίας (Surface Construction Elements)

Αυτή η ομάδα αντικειμένων περιγράφει τις φυσικές ιδιότητες, τη διαμόρφωση των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, τα εσωτερικά στοιχεία (τοίχοι, στέγες, δάπεδα, παράθυρα, πόρτες) καθώς και την κατασκευή των επιφανειών. Οι υποκατηγορίες που έχουν οριστεί είναι οι παρακάτω:

5.4.1 Material

Το αντικείμενο αυτό περιέχει τα δομικά υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των επιφανειών του κτιρίου. Τα υλικά αυτά παρήχθησαν από το αρχείο «ASHRAE_2005_HOF_Materials.idf» του Energy Plus (Εικόνα 52).

[0204] Material		Explanation of Object and Current Field				
[0001] Material:NoMass		Object Description: Regular materials described with full set of thermal properties				
[.....] Material:InfraredTransparent		Field Description:				
[0002] Material:AirGap		ID: A1				
[.....] Material:RoofVegetation		Enter a alphanumeric value				
[.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem		This field is required.				
[0001] WindowMaterial:Glazing						
[.....] WindowMaterial:GlazingGroup:Thermochromic						
[.....] WindowMaterial:Glazing:RefractionExtinctionMethod						
[0001] WindowMaterial:Gas						
[.....] WindowGap:SupportPillar						
[.....] WindowGap:DeflectionState						
[.....] WindowMaterial:GasMixture						
[.....] WindowMaterial:Gap						
[.....] WindowMaterial:Shade						
[.....] WindowMaterial:ComplexShade						
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		F06 EIFS finish	F07 25mm stucco	F08 Metal surface	F09 Opaque spandr	F10 25mm stone
Roughness		Smooth	Smooth	Smooth	Smooth	MediumRough
Thickness	m	0.0095	0.0254	0.0008	0.0064	0.0254
Conductivity	W/m-K	0.72	0.72	45.28	0.99	3.17

Εικόνα 52: Surface Construction Elements – Material

5.4.2 Material: NoMass

Στο αντικείμενο αυτό αναφέρονται τα υλικά τα οποία μας ενδιαφέρει μόνο η θερμική τους αντίσταση (Εικόνα 53).

Field	Units	Obj1
Name		Carpet and fibrous pad
Roughness		Rough
Thermal Resistance	m2-K/W	0,37
Thermal Absorptance		
Solar Absorptance		
Visible Absorptance		

Εικόνα 53: Surface Construction Elements – Material: NoMass

5.4.3 Material: AirGap

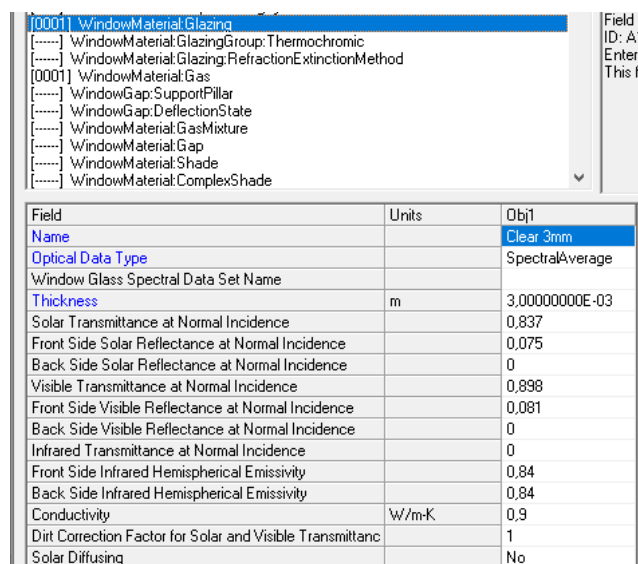
Η υποκατηγορία αυτή αναφέρεται στο υλικό που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το κενό αέρα σε ένα κατασκευαστικό στοιχείο, όπως η εισαγωγή αέρα ως δομικού υλικού για τις ανάγκες μόνωσης μεταξύ επιφανειών (Εικόνα 54).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		F04 Wall air space resistance	F05 Ceiling air space resistance
Thermal Resistance	m2-K/W	0,15	0,18

Εικόνα 54: Surface Construction Elements – Material: AirGap

5.4.4 Window Material: Glazing

Αναφέρεται το είδος υαλοπίνακα των παραθύρων καθώς και οι ιδιότητές του (Εικόνα 55).

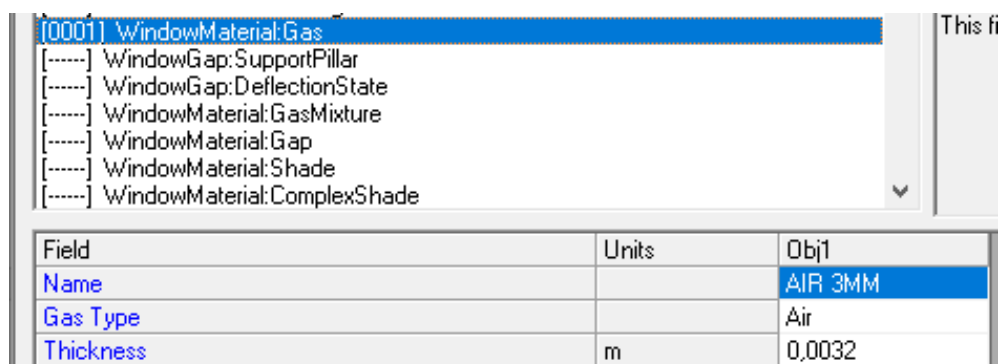


Field	Units	Obj1
Name		Clear 3mm
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	3.00000000E-03
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.898
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Conductivity	W/m-K	0.9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance		1
Solar Diffusing		No

Εικόνα 55: Surface Construction Elements – WindowMaterial: Glazing

5.4.5 Window Material: Gas

Το αντικείμενο αυτό καθορίζει τις ιδιότητες του αερίου ανάμεσα στους υαλοπίνακες ενός παραθύρου πολλαπλών τζαμιών (Εικόνα 56).

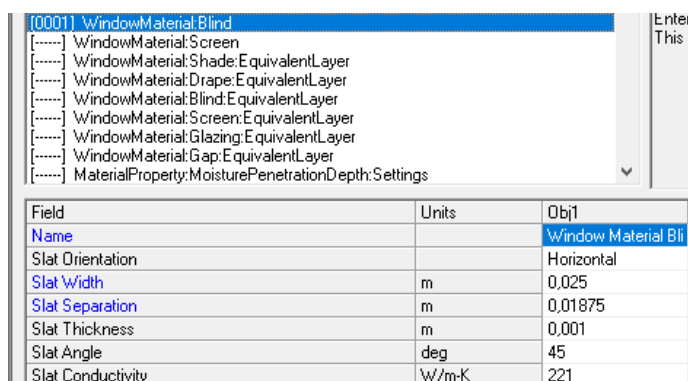


Field	Units	Obj1
Name		AIR 3MM
Gas Type		Air
Thickness	m	0.0032

Εικόνα 56: Surface Construction Elements – WindowMaterial: Gas

5.4.6 Window Material: Blind

Στην υποκατηγορία αυτή καθορίζονται οι ιδιότητες ενός τυφλού παραθύρου που αποτελείται από επίπεδα, ισαπέχουσα πλέγματα (Εικόνα 57).



Field	Units	Obj1
Name		Window Material Blind
Slat Orientation		Horizontal
Slat Width	m	0.025
Slat Separation	m	0.01875
Slat Thickness	m	0.001
Slat Angle	deg	45
Slat Conductivity	W/m-K	221

Εικόνα 57: Surface Construction Elements – WindowMaterial: Blind

5.4.7 Construction

Στην ενότητα αυτή γίνεται η κατασκευή όλων των επιφανειών από τα δομικά υλικά που ορίστηκαν στην υποκατηγορία «Material». Οι επιφάνειες που κατασκευάστηκαν φαίνονται στην Εικόνα 58.

Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Exterior Door	Exterior Window	Ground House	Exterior Wall	Interior Wall	Exterior Roof Ceiling	Interior Floor	Interior Ceiling
F08 Metal surface	Clear 3mm	Concrete: Sand anc	Gypsum or plaster b	Gypsum or plaster b	G07 100mm wood	Gypsum or plaster b	Wood subfloor - 19r
I02 50mm insulation	AIR 3MM	Wood subfloor - 19r	M01 100mm brick	M01 100mm brick	Gypsum or plaster b	Concrete: Sand anc	Concrete: Sand anc
	Clear 3mm	Carpet and fibrous p	Insulation: Expande	Gypsum or plaster b	Concrete: Foam cor	Wood subfloor - 19r	Gypsum or plaster b
			M01 100mm brick		Concrete: Sand anc		
			Gypsum or plaster b		Gypsum or plaster b		

Εικόνα 58: Surface Construction Elements – Construction

5.5 Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες (Thermal Zones and Surfaces)

Στην κατηγορία αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των θερμικών ζωνών του κτιρίου, οι λεπτομέρειες κάθε επιφάνειας που πρόκειται να μοντελοποιηθούν καθώς και οι επιφάνειες σκίασης.

5.5.1 Global Geometry Rules

Στην υποκατηγορία «Global Geometry Rules» δίνεται μια περιγραφή των γεωμετρικών παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στο Energy Plus, όπως σημείο εκκίνησης δημιουργίας των επιφανειών (πάνω αριστερή γωνία) καθώς και κατεύθυνση (αριστερόστροφα), όπως φαίνεται στην Εικόνα 59.

Field	Units	Obj1
Starting Vertex Position		UpperLeftCorner
Vertex Entry Direction		Counterclockwise
Coordinate System		Relative
Daylighting Reference Point Coordinate System		Relative
Rectangular Surface Coordinate System		Relative

Εικόνα 59: Thermal Zones and Surfaces – GlobalGeometryRules

5.5.2 Zone

Το αντικείμενο αυτό ορίζει τις παραμέτρους για την προσομοίωση κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου (Εικόνα 60).

[0002] Zone			
[0001] ZoneList			
[.....] ZoneGroup			
[0013] BuildingSurface:Detailed			
[.....] Wall:Detailed			
[.....] RoofCeiling:Detailed			
[.....] Floor:Detailed			
Field	Units	Obj1	Obj2
Name		TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Direction of Relative North	deg	-64	-64
X Origin	m	1,98177161E+00	1,98177161E+00
Y Origin	m	-5,23921257E+00	-5,23921257E+00
Z Origin	m	0	3
Type			

Εικόνα 60: Thermal Zones and Surfaces – Zone

5.5.3 Zone List

Το αντικείμενο ZoneList ορίζει μια λίστα αντικειμένων ζώνης. Χρησιμοποιείται κυρίως με το αντικείμενο ZoneGroup (Εικόνα 61).

[0001] ZoneList	HotWaterEquipment, ZoneInfiltration:DesignFlow, ZoneVentilation:DesignFlow, Sizing:Zone, ZoneControl:1 and others.
[-----] ZoneGroup	
[0013] BuildingSurface:Detailed	
[-----] Wall:Detailed	
[-----] RoofCeiling:Detailed	
[-----] Floor:Detailed	

Field	Units	Obj1
Name		189.1-2009 - Office - OpenOffice - CZ4-8
Zone 1 Name		TZ_FirstFloor
Zone 2 Name		TZ_SecondFloor

Εικόνα 61: Thermal Zones and Surfaces – ZoneList

5.5.4 Building Surface: Detailed

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται όλες οι επιφάνειες του κτιρίου, που είχαν σχεδιαστεί από το Google SketchUp (Εικόνα 62).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		Surface 1	Surface 2	Surface 3	Surface 4	Surface 5	Surface 6	Surface 10
Surface Type		Floor	Wall	Wall	Wall	Ceiling	Wall	Wall
Construction Name		Ground House	External Wall	External Wall	External Wall	Interior Ceiling	External Wall	External Wall
Zone Name		TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Outside Boundary Condition		Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Surface 7	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object								
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground								
Number of Vertices								
Vertex 1X-coordinate	m	8	-5,41433565E-15	8	8	8	-5,41433565E-15	0
Vertex 1Y-coordinate	m	8	8	8	2,16573426E-15	2,16573426E-15	0	0
Vertex 1Z-coordinate	m	0	3	3	3	3	3	3
Vertex 2X-coordinate	m	8	-5,41433565E-15	8	8	8	-5,41433565E-15	0
Vertex 2Y-coordinate	m	2,16573426E-15	8	8	2,16573426E-15	8	2,16573426E-15	0
Vertex 2Z-coordinate	m	0	0	0	0	3	0	0
Vertex 3X-coordinate	m	-5,41433565E-15	-5,41433565E-15	-5,41433565E-15	8	-5,41433565E-15	8	8
Vertex 3Y-coordinate	m	2,16573426E-15	2,16573426E-15	8	8	8	2,16573426E-15	0
Vertex 3Z-coordinate	m	0	0	0	0	3	0	0
Vertex 4X-coordinate	m	-5,41433565E-15	-5,41433565E-15	-5,41433565E-15	8	-5,41433565E-15	8	8
Vertex 4Y-coordinate	m	8	2,16573426E-15	8	8	2,16573426E-15	2,16573426E-15	0
Vertex 4Z-coordinate	m	0	3	3	3	3	3	3

Εικόνα 62: Thermal Zones and Surfaces – BuildingSurface: Detailed

5.5.5 Fenestration Surface: Detailed

Αυτή η κατηγορία χρησιμοποιείται για τις υποεπιφάνειες (ανοίγματα κτιρίου) και μπορεί να είναι διαφορετικών τύπων, όπως παράθυρα, πόρτες, γυάλινες πόρτες κ.ά. (Εικόνα 63).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Sub Surface 3	Sub Surface 4	Sub Surface 5	Sub Surface 18	Sub Surface 6
Surface Type		Window	Window	Window	Window	Door
Construction Name		Exterior Window	Exterior Window	Exterior Window	Exterior Window	Exterior Door
Building Surface Name		Surface 2	Surface 2	Surface 3	Surface 4	Surface 4
Outside Boundary Condition Object						

Εικόνα 63: Thermal Zones and Surfaces – FenestrationSurface: Detailed

5.5.6 Internal Mass

Στην υποκατηγορία αυτή ορίζονται οι εσωτερικές επιφάνειες, όπως οι εσωτερικοί τοίχοι, το δάπεδο ή η οροφή. Οι τύποι εσωτερικής επιφάνειας ανταλλάσσουν ενέργεια μόνο με τη ζώνη στην οποία βρίσκονται και δεν «επικοινωνούν» ενεργειακά με άλλες ζώνες (Εικόνα 64).

[0015] InternalMass	
[-----] Shading:Site	
[-----] Shading:Building	
[-----] Shading:Site:Detailed	

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Interior Partition Surt	Interior Partition Surt	Interior Partition Surt	Interior Partition Surt	Interior Partition
Construction Name		Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall	Interior Wall
Zone Name		TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor	TZ_FirstFloor
Surface Area	m2	12	5,99300855E+00	8,85	7,50000000E+00	3,90639145E+00

Εικόνα 64: Thermal Zones and Surfaces – InternalMass

5.5.7 Shading: Zone: Detailed

Αυτό το αντικείμενο χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις υποεπιφάνειες, που προεξέχουν προς τα έξω από μια επιφάνεια. Αυτή η ταξινόμηση χρησιμοποιείται για λόγους ευκολίας. Στην πραγματικότητα, μια συσκευή αυτού του τύπου μπορεί να ρίχνει σκιές στην επιφάνεια στην οποία είναι προσαρτημένη, καθώς και στις παρακείμενες επιφάνειες (Εικόνα 65).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Shading Surface 1	Shading Surface 2	Shading Surface 3	Shading Surface 4	Shading Surface 5
Base Surface Name		Surface 2	Surface 4	Surface 2	Surface 2	Surface 2
Transmittance Schedule Name						

Εικόνα 65: Thermal Zones and Surfaces – Shading: Zone: Detailed

5.6 Εσωτερικά Κέρδη (Internal Gains)

Η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου δεν εξαρτάται μόνο από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες που υφίστανται στην περιοχή ενός κτιρίου. Για το λόγο αυτό, στην κατηγορία Internal Gains ορίζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη (άνθρωποι, τεχνητός φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές). Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από την τεχνική οδηγία (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701 / 2017) του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.^[35]

5.6.1 People

Σε αυτό το αντικείμενο ορίζεται ο αριθμός των ατόμων στο κτίριο για την μοντελοποίηση των συνθηκών των εσωτερικών χώρων. Για το λόγο αυτό έχουν οριστεί δύο χρονοδιαγράμματα (PeopleSch και ActSch – Πίνακας 9) τα οποία περιγράφουν την παρουσία και την δραστηριότητα των ατόμων στη διάρκεια της ημέρας (Εικόνα 66) – (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701 – 1 / 2017 – σελ. 44 – πίνακας 2.7).^[35]

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		FirstFloorPeople	SecondFloorPeople
Zone or ZoneList Name		TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Number of People Schedule Name		PeopleSch	PeopleSch
Number of People Calculation Method		People	People
Number of People		4	4
People per Zone Floor Area	person/m2		
Zone Floor Area per Person	m2/person		
Fraction Radiant		0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		ActSch	ActSch
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Mass /Area Factor List Name			

Εικόνα 66: Internal Gains - People

5.6.2 Lights

Χρησιμοποιείται για να καθορίσει το ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού μιας ζώνης, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου σχεδιασμού ισχύος και του χρονοδιαγράμματος λειτουργίας (LightingSch – Πίνακας 9) και πώς η θερμότητα από τα φώτα διανέμεται θερμικά (Εικόνα 67) – (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701 – 1 / 2017 – σελ. 36 – πίνακας 2.4, πίνακας 2.4.α).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Lighting_First_Floor	Lighting_Second_Floor
Zone or ZoneList Name		TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Schedule Name		LightingSch	LightingSch
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	6,4	6,4
Watts per Person	W/person		
Return Air Fraction		0	0
Fraction Radiant		0,6	0,6
Fraction Visible		0,2	0,2
Fraction Replaceable		1	1
End-Use Subcategory		General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co			
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K		
Return Air Heat Gain Node Name			

Εικόνα 67: Internal Gains - Lights

5.6.3 Electric Equipment

Στην υποκατηγορία αυτή αναφέρονται τα αντικείμενα της ζώνης τα οποία καταναλώνουν ηλεκτρισμό, όπως υπολογιστές, τηλεοράσεις και εξοπλισμός μαγειρέματος, με βάση την περιγραφή λειτουργίας του χρονοδιαγράμματος «ElectricalSch– Πίνακας 9 » (Εικόνα 68) – (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701 – 1 / 2017 – σελ. 46 – πίνακας 2.8).^[35]

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		El_Eq_1	El_Eq_2
Zone or ZoneList Name		TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Schedule Name		ElectricalSch	ElectricalSch
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	6	6
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent			
Fraction Radiant			
Fraction Lost			
End-Use Subcategory		General	General

Εικόνα 68: Internal Gains - ElectricEquipment

5.7 Ροή Αέρα Ζώνης (Zone AirFlow)

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η ροή αέρα μεταξύ των ζωνών και η ροή του αέρα λόγω του φυσικού αερισμού (π.χ. ανοιχτά παράθυρα) ή του εξαερισμού που προκαλείται από μηχανική λειτουργία (π.χ. ανεμιστήρες εξαγωγής αέρα). Αυτή η ομάδα αντικειμένων περιγράφει αυτά τα στοιχεία.

5.7.1 Zone Infiltration: Design Flow Rate

Ορίζεται η ακούσια ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μια θερμική ζώνη. Η διείσδυση προκαλείται γενικά από το άνοιγμα και το κλείσιμο εξωτερικών θυρών, τις ρωγμές γύρω από τα παράθυρα και ακόμη και σε πολύ μικρές ποσότητες μέσω των δομικών στοιχείων.

Στην υποκατηγορία αυτή δηλώνεται το χρονοδιάγραμμα «AirSch - Πίνακας 9», το οποίο περιγράφει την εισροή και την εκροή αέρα στη διάρκεια της ημέρας (Εικόνα 69).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Z_I_1	Z_I_2
Zone or ZoneList Name		TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Schedule Name		AirSch	AirSch
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Zone	Flow/Zone
Design Flow Rate	m3/s	0,001527	0,001527
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2		
Air Changes per Hour	1/hr		
Constant Term Coefficient			
Temperature Term Coefficient			
Velocity Term Coefficient			
Velocity Squared Term Coefficient			

Εικόνα 69: Zone AirFlow - ZoneInfiltration: DesignFlowRate

5.7.2 Zone Ventilation: Design Flow Rate

Το αντικείμενο αυτό ορίζει την σκόπιμη ροή του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μια θερμική ζώνη προκειμένου να παρασχεθεί κάποια ποσότητα μη μηχανικής ψύξης και ελέγχεται από το χρονοδιάγραμμα «AirSch – Πίνακας 9». Η ελάχιστη και μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία ρυθμίστηκε στους 18 °C και 28 °C αντίστοιχα, ενώ η ελάχιστη και μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ρυθμίστηκε στους 14 °C και 34 °C αντίστοιχα (Εικόνα 70).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Z_V_1	Z_V_2
Zone or ZoneList Name		TZ_FirstFloor	TZ_SecondFloor
Schedule Name		AirSch	AirSch
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Person	Flow/Person
Design Flow Rate	m3/s		
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Flow Rate per Person	m3/s-person	0,00417	0,00417
Air Changes per Hour	1/hr		
Ventilation Type		Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa		
Fan Total Efficiency		1	1
Constant Term Coefficient		1	1
Temperature Term Coefficient			
Velocity Term Coefficient			
Velocity Squared Term Coefficient			
Minimum Indoor Temperature	C	18	18
Minimum Indoor Temperature Schedule Name			
Maximum Indoor Temperature	C	28	28
Maximum Indoor Temperature Schedule Name			
Delta Temperature	deltaC	2	2
Delta Temperature Schedule Name			
Minimum Outdoor Temperature	C	14	14
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name			
Maximum Outdoor Temperature	C	34	34
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name			
Maximum Wind Speed	m/s	40	40

energy+.idd

EnergyPlus 9.1.0

Z_V_1

Εικόνα 70: Zone AirFlow - ZoneVentilation: DesignFlowRate

5.8 Πρότυπα HVAC (HVAC Templates)

Η ομάδα αυτή αντικειμένων δίνει την δυνατότητα επιλογής έτοιμων προτύπων HVAC, βάση των οποίων θα υπολογίσει το Energy Plus την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.

5.8.1 HVAC Template: Thermostat

Στην υποκατηγορία αυτή ορίζονται οι παράμετροι λειτουργίας του θερμοστάτη του κτιρίου. Συγκεκριμένα, ορίστηκε ότι όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από τους 18°C μπαίνει σε λειτουργία το σύστημα θέρμανσης, ενώ όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 26 °C, μπαίνει σε λειτουργία το σύστημα ψύξης (Εικόνα 71).

Field	Units	Obj1	
Name		Thermostat	
Heating Setpoint Schedule Name			
Constant Heating Setpoint	C	18	
Cooling Setpoint Schedule Name			
Constant Cooling Setpoint	C	26	

energy+.idd | EnergyPlus 9.1.0 | Thermostat

Εικόνα 71: HVAC Templates - HVACTemplate: Thermostat

5.8.2 HVAC Template: Zone: VRF

Στο αντικείμενο αυτό δηλώνεται ότι θα χρησιμοποιηθεί ως σύστημα θέρμανσης – ψύξης το VRF (Variable Refrigerant Flow), καθώς και ο θερμοστάτης του συστήματος. Οι υπόλοιπες παράμετροι είναι προκαθορισμένες από το πρόγραμμα (Εικόνα 72).

Field	Units	Obj1	Obj2
Template Thermostat Name		Thermostat	Thermostat
Zone Heating Sizing Factor			
Zone Cooling Sizing Factor			
Rated Total Heating Capacity Sizing Ratio	W/W	1	1
Cooling Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
No Cooling Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
Heating Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
No Heating Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
Cooling Outdoor Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
Heating Outdoor Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
No Load Outdoor Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
Outdoor Air Method		Flow/Person	Flow/Person
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	0,00944	0,00944
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s		
Design Specification Outdoor Air Object Name			
Design Specification Zone Air Distribution Object Name			
System Availability Schedule Name			
Supply Fan Operating Mode Schedule Name			
Supply Air Fan placement		BlowThrough	BlowThrough
Supply Fan Total Efficiency		0,7	0,7
Supply Fan Delta Pressure	Pa	75	75
Supply Fan Motor Efficiency		0,9	0,9
Cooling Coil Type		VariableRefrigerantF	VariableRefrigerantF
Cooling Coil Availability Schedule Name			

energy+.idd | EnergyPlus 9.1.0 | TZ_FirstFloor

Εικόνα 72: HVAC Templates - HVACTemplate: Zone: VRF

5.8.3 HVAC Template: System: VRF

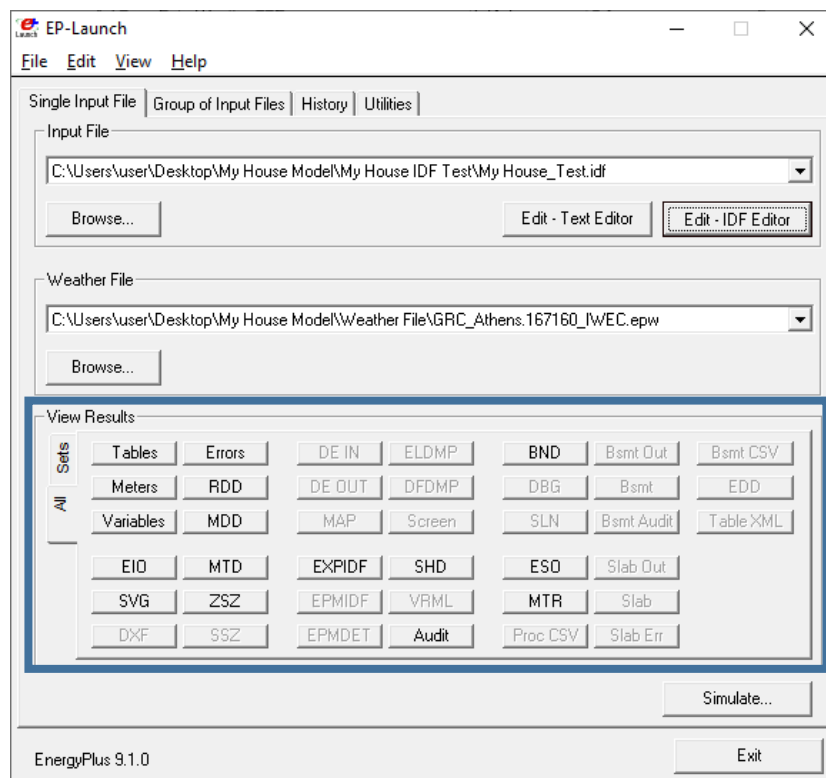
Η υποκατηγορία αυτή προσομοιώνει τη λειτουργία του συστήματος VRF. Ορίζεται η θερμική ζώνη στην οποία θα βρίσκεται ο θερμοστάτης. Όλες οι υπόλοιπες παράμετροι είναι προκαθορισμένες από το σύστημα (Εικόνα 73).

Field	Units	Obj1
Name		VRF
System Availability Schedule Name		
Gross Rated Total Cooling Capacity	W	autosize
Gross Rated Cooling COP	W/W	3.3
Minimum Outdoor Temperature in Cooling Mode	C	-6
Maximum Outdoor Temperature in Cooling Mode	C	43
Gross Rated Heating Capacity	W	autosize
Rated Heating Capacity Sizing Ratio	W/W	1
Gross Rated Heating COP	W/W	3.4
Minimum Outdoor Temperature in Heating Mode	C	-20
Maximum Outdoor Temperature in Heating Mode	C	16
Minimum Heat Pump Part-Load Ratio	dimensionless	0.15
Zone Name for Master Thermostat Location		TZ_FirstFloor
Master Thermostat Priority Control Type		MasterThermostatPriority
Thermostat Priority Schedule Name		
Heat Pump Waste Heat Recovery		No
Equivalent Piping Length used for Piping Correction Fac	m	30
Vertical Height used for Piping Correction Factor	m	10
Equivalent Piping Length used for Piping Correction Fac	m	30
Crankcase Heater Power per Compressor	W	33
Number of Compressors	dimensionless	2

Εικόνα 73: HVAC Templates - HVACTemplate: System: VRF

5.9 Δημιουργία Αναφορών (Output Reporting)

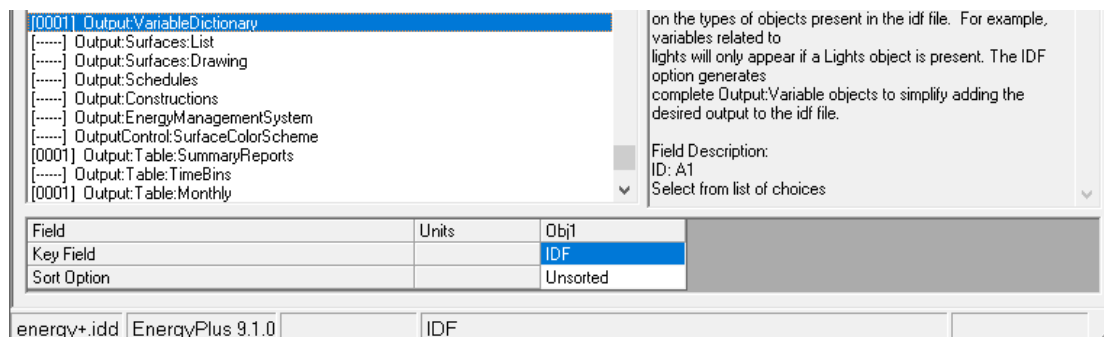
Στην κατηγορία αυτή ορίζονται οι παράμετροι εξόδου, δηλαδή ο τρόπος που θα εξαχθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από το Energy Plus. Τα αποτελέσματα είναι προσβάσιμα από την ομάδα View Results του παραθύρου EP – Launch (Εικόνα 74).



Εικόνα 74: EP - Launch - View Results

5.9.1 Output: Variable Dictionary

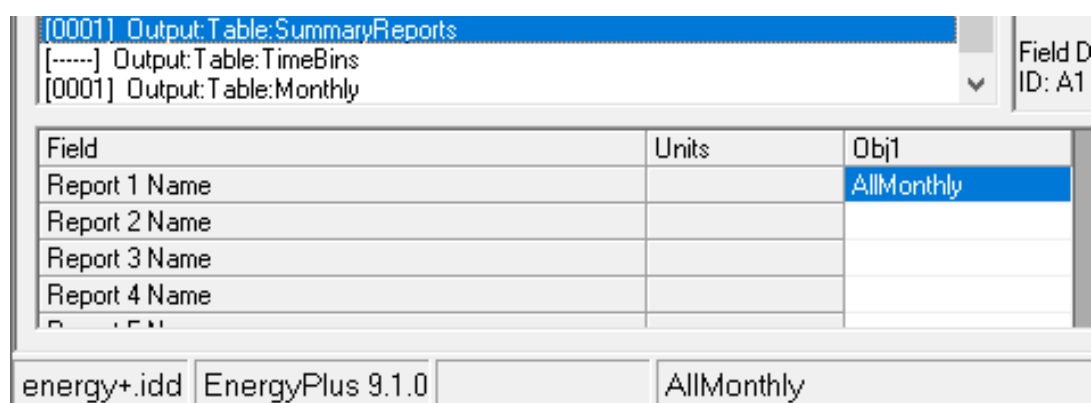
Το αντικείμενο αυτό αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εξόδους για το Energy Plus και χρησιμοποιείται για την παραγωγή δύο σημαντικών αναφορών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των μεταβλητών και μετρητών εξόδου της προσομοίωσης. Οι αναφορές αυτές είναι προσβάσιμες από τις επιλογές «RDD» και «MDD» του EP – Launch (Εικόνα 75).



Εικόνα 75: Output Reporting - Output: VariableDictionary

5.9.2 Output: Table: Summary Reports

Στην υποκατηγορία αυτή παράγονται πίνακες αναφορών. Η επιλογή «AllMonthly» παράγει όλες τις συνοπτικές αναφορές σε μηνιαία βάση, οι οποίες είναι διαθέσιμες από την επιλογή «Tables» του EP – Launch (Εικόνα 76).



Εικόνα 76: Output Reporting - Output: Table: SummaryReports

5.9.3 Output: Table: Monthly

Το αντικείμενο παρέχει μια γενική μέθοδο για τη δημιουργία πινάκων μηνιαίων αποτελεσμάτων. Αυτοί οι πίνακες είναι κατάλληλοι για τη δημιουργία αναφορών που υπολογίζουν την απόδοση του κτιρίου. Στο κάτω μέρος των πινάκων, προστίθενται τρεις σειρές για το άθροισμα ή το μέσο όρο ανάλογα με τον τύπο της μεταβλητής, το μέγιστο και το ελάχιστο της κάθε στήλης. Στην παρούσα προσομοίωση ορίστηκε η δημιουργία ξεχωριστής μηνιαίας αναφοράς για την ενέργεια που καταναλώνει το σύστημα κατά την θέρμανση και την ψύξη (Εικόνα 77).

[0001] Output:Table:Monthly

[-----] Output:Table:Annual

[0001] OutputControl:Table:Style

variable. For example, a table defined with zone var

every zone.

Field	Units	Obj1
Name		hvac
Digits After Decimal		2
Variable or Meter 1 Name		VRF Heat Pump Cooling Electric Energy
Aggregation Type for Variable or Meter 1		
Variable or Meter 2 Name		VRF Heat Pump Heating Electric Energy
Aggregation Type for Variable or Meter 2		

Εικόνα 77: Output Reporting - Output: Table: Monthly

5.9.4 Output Control: Table: Style

Η υποκατηγορία αυτή ελέγχει τον τρόπο παραγωγής όλων των τυποποιημένων αναφορών. Στην προσομοίωση ορίστηκε ότι όλες οι αναφορές θα δημιουργηθούν σε μορφή HTML (Εικόνα 78).

[0001] OutputControl:Table:Style

[-----] OutputControl:ReportingTolerances

[0002] Output:Variable

[0004] Output:Meter

[-----] Output:Meter:MeterFileOnly

[-----] Output:Meter:Cumulative

[-----] Output:Meter:Cumulative:MeterFileOnly

[-----] Meter:Custom

[-----] Meter:CustomDecrement

[-----] Output:JSON

[0001] Output:SQLite

so we

proce

fixed p

the "c

produ

note -

are cc

Field (

ID: A1

Selec

Field	Units	Obj1
Column Separator		HTML
Unit Conversion		

energy+.idd

EnergyPlus 9.1.0

HTML

Εικόνα 78: Output Reporting - OutputControl: Table: Style

5.9.5 Output: Variable

Το αντικείμενο αυτό χρησιμοποιείται για την δημιουργία αναφορών πολλών διαφορετικών μεταβλητών εξόδου του Energy Plus.

Χρησιμοποιήθηκαν 2 μεταβλητές εξόδου με μηνιαία αναφορά (Εικόνα 79):

- Εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (Site Outdoor Air Drybulb Temperature)
- Θερμοκρασία Ζώνης (Zone Air Temperature)

Το σύμβολο «*», στο πεδίο «Key Value» επιτρέπει την επιλογή όλων των παραμέτρων που διατίθενται για τις μεταβλητές. Οι παραπάνω αναφορές είναι διαθέσιμες στην επιλογή «Variables» του EP – Launch.

Field	Units	Obj1	Obj2
Key Value		*	*
Variable Name		Site Outdoor Air Dry	Zone Air Temperature
Reporting Frequency		Monthly	Monthly
Schedule Name			

energy+.idd | EnergyPlus 9.1.0 | *

Εικόνα 79: Output Reporting - Output: Variable

5.9.6 Output: Meter

Κατάλληλες μεταβλητές ομαδοποιούνται σε «μετρητές» για δημιουργία αναφορών. Αυτό επιτρέπει την εύκολη γραφική αναπαράσταση και σύγκριση με «κανονικές» τιμές (όπως θερμοκρασία ζώνης ή θερμοκρασία εξωτερικού χώρου).

Χρησιμοποιήθηκαν 4 μετρητές με μηνιαία αναφορά (Εικόνα 80):

- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό (Interior Lights: Electricity)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές (Interior Equipment: Electricity)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (Cooling: Electricity)
- Κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση (Heating: Electricity)

Οι παραπάνω αναφορές είναι διαθέσιμες στην επιλογή «Meters» του EP – Launch.

Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
InteriorLights:Electricity	InteriorEquipment:Electricity	Cooling:Electricity	Heating:Electricity
Monthly	Monthly	Monthly	Monthly

Εικόνα 80: Output Reporting - Output: Meter

5.9.7 Output: SQLite

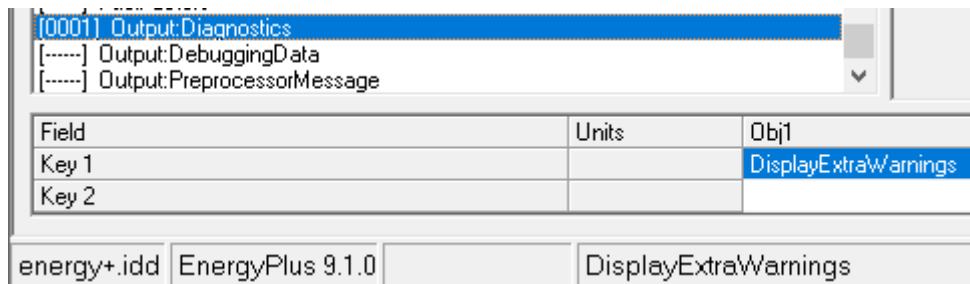
Το Energy Plus μπορεί να εξαγάγει αποτελέσματα σε αρχεία SQLite για χειρισμό των δεδομένων από εργαλεία εκτός των βασικών (όπως φύλλα εργασίας) (Εικόνα 81).

Field	Units	Obj1
Option Type		SimpleAndTabular

Εικόνα 81: Output Reporting - Output: SQLite

5.9.8 Output: Diagnostics

Στο αντικείμενο αυτό ορίζονται οι προειδοποιήσεις που θα εμφανίζονται μετά την εκτέλεση της προσομοίωσης, τα οποία είναι προσβάσιμα από την επιλογή «Errors» του EP – Launch (Εικόνα 82).



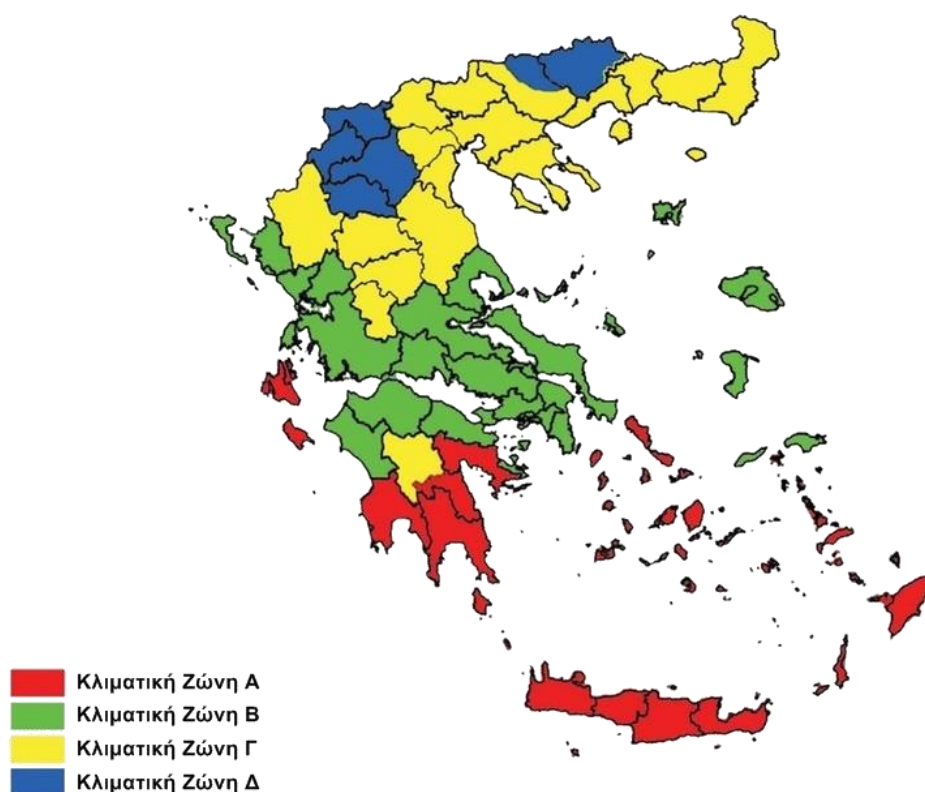
Εικόνα 82: Output Reporting - Output: Diagnostics

6 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης για την υπό μελέτη οικία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής προσομοίωσης του κτιρίου, στο οποίο κατοικεί τετραμελής οικογένεια (γονείς και δύο παιδιά). Αρχικά παρουσιάζονται κλιματικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής του Αιγίου, ενώ ακολουθούν τα εσωτερικά κέρδη και απώλειες, η κατανάλωση και το κόστος ενέργειας καθώς και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος HVAC VRF, η εξωτερική μονάδα του οποίου έχει ισχύ 16 KW. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση με το κόστος συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Τέλος, αναφέρεται το ενεργειακό κόστος σε περίπτωση χρήσης συστήματος φωτοβολταϊκών.

6.1 Κλιματικά Δεδομένα της υπό μελέτη οικίας

Η πόλη του Αιγίου βρίσκεται στον νομό Αχαΐας και το κλίμα χαρακτηρίζεται ως υγρό μεσογειακό με ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια.

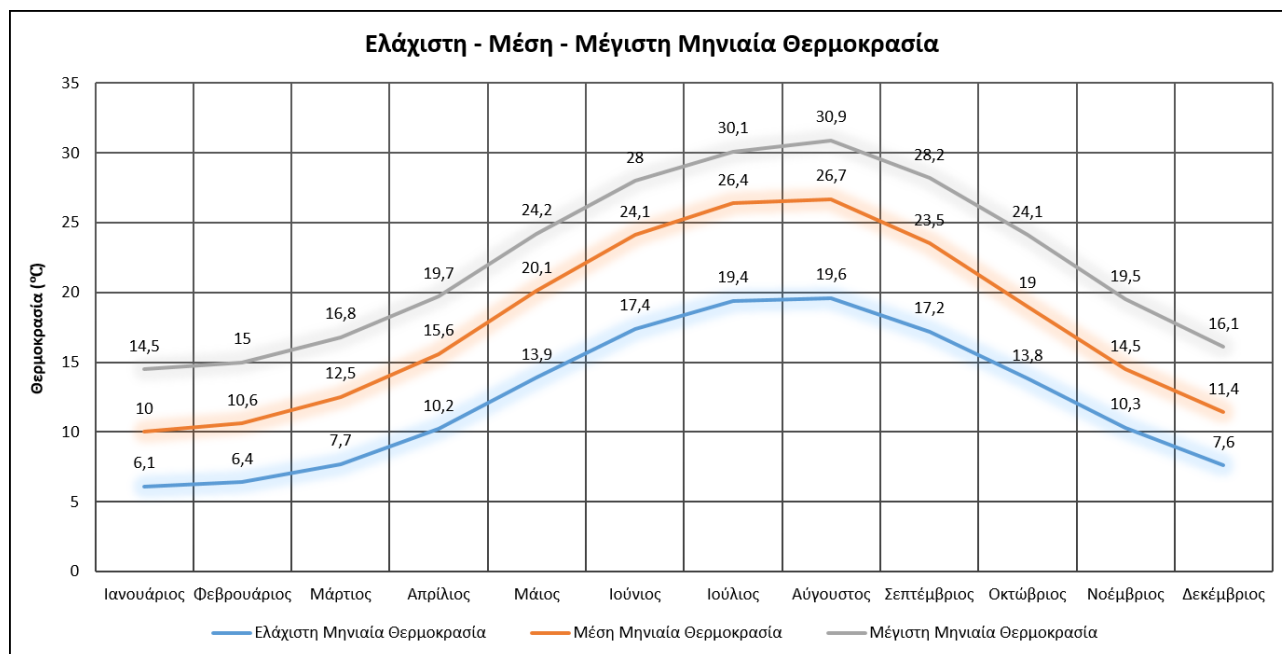


Εικόνα 83: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε 4 κλιματικές ζώνες σύμφωνα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες

Το Αίγιο (νομός Αχαΐας) βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β και οι συνθήκες που επικρατούν αναφέρονται παρακάτω [37]

6.1.1 Μηνιαία Θερμοκρασία

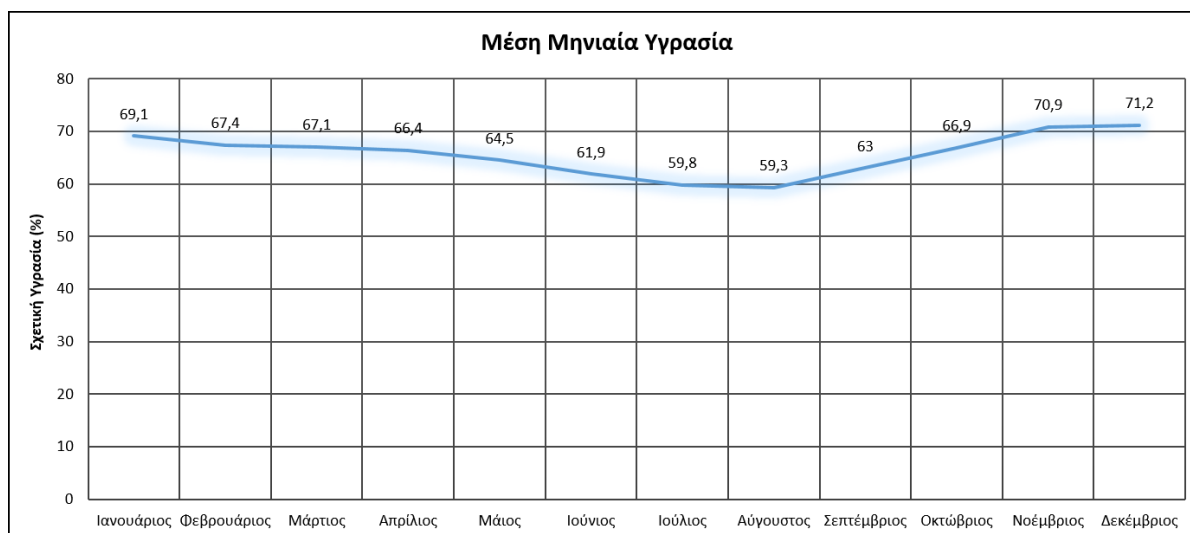
Στην διάρκεια ενός έτους, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, η μικρότερη ελάχιστη θερμοκρασία παρουσιάζεται το μήνα Ιανουάριο ($6,1^{\circ}\text{C}$), ενώ μεγιστοποιείται τον Αύγουστο ($19,6^{\circ}\text{C}$). Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 10°C (Ιανουάριο) μέχρι $26,7^{\circ}\text{C}$ (Αύγουστο). Τέλος, η μέγιστη θερμοκρασία ανά μήνα ακολουθεί το ίδιο μοτίβο, παρουσιάζοντας την ελάχιστη τιμή της τον Ιανουάριο ($14,5^{\circ}\text{C}$) και την μέγιστη τον Αύγουστο ($30,9^{\circ}\text{C}$), όπως φαίνεται στο Γράφημα 18.



Γράφημα 18: Ελάχιστη – Μέση – Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία στην περιοχή του Αιγίου

6.1.2 Υγρασία

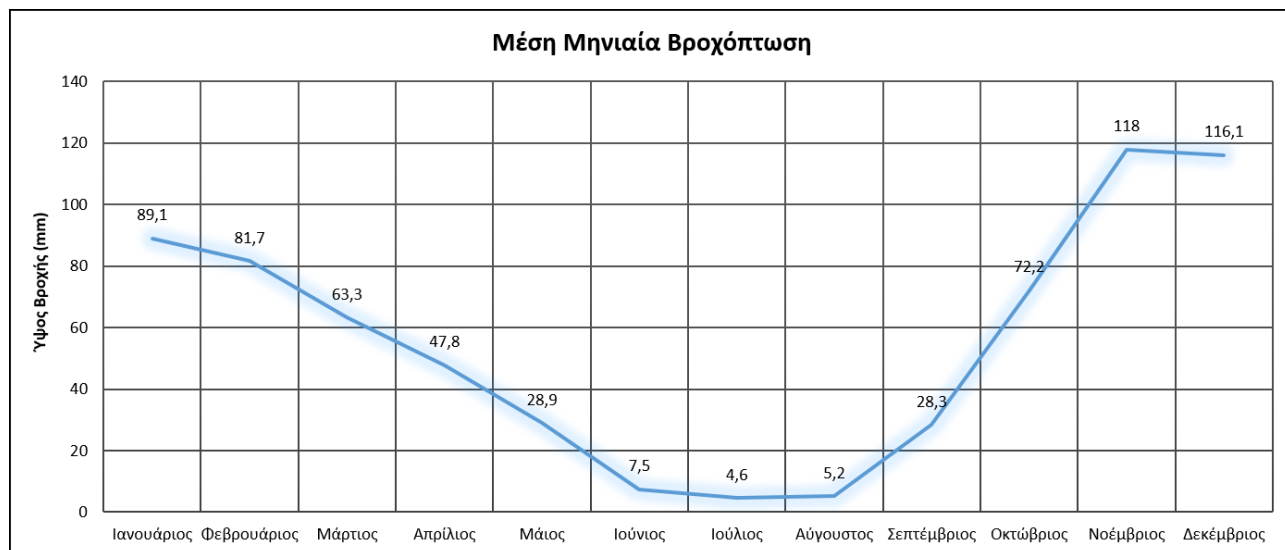
Η μέση υγρασία στην περιοχή του Αιγίου δεν έχει μεγάλες αποκλίσεις και βρίσκεται μεταξύ των τιμών 59,3% έως 71,2%. Συγκεκριμένη, την ελάχιστη τιμή της την παρουσιάζει τον Αύγουστο και την μέγιστη τον Δεκέμβριο (Γράφημα 19).



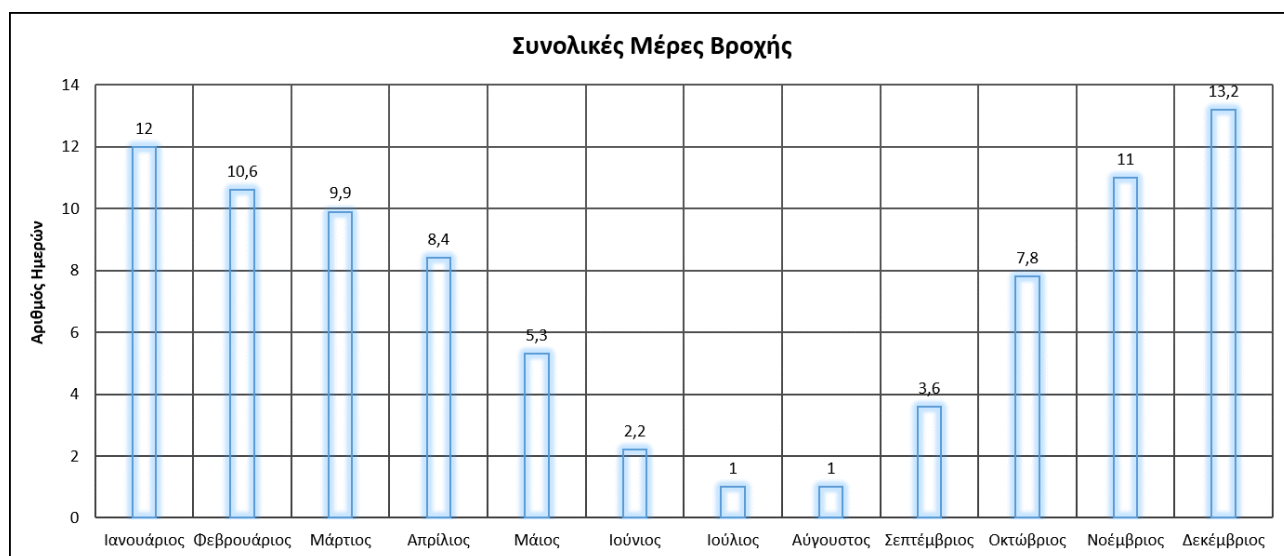
Γράφημα 19: Μέση Μηνιαία Υγρασία στην περιοχή του Αιγίου

6.1.3 Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση που παρουσιάζεται είναι ενδεικτική του εύκρατου κλίματος της περιοχής. Το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο υπερβαίνει τα 110 mm, με το πλήθος των ημερών βροχόπτωσης να είναι 12 για τον Νοέμβριο και 13,2 για τον Δεκέμβρη. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο – Ιούλιο – Αύγουστο) πέφτει κάτω από τα 10 mm, με μονοψήφιο πλήθος ημερών βροχόπτωσης (Γράφημα 20 – Γράφημα 21).



Γράφημα 20: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση στην περιοχή του Αιγίου



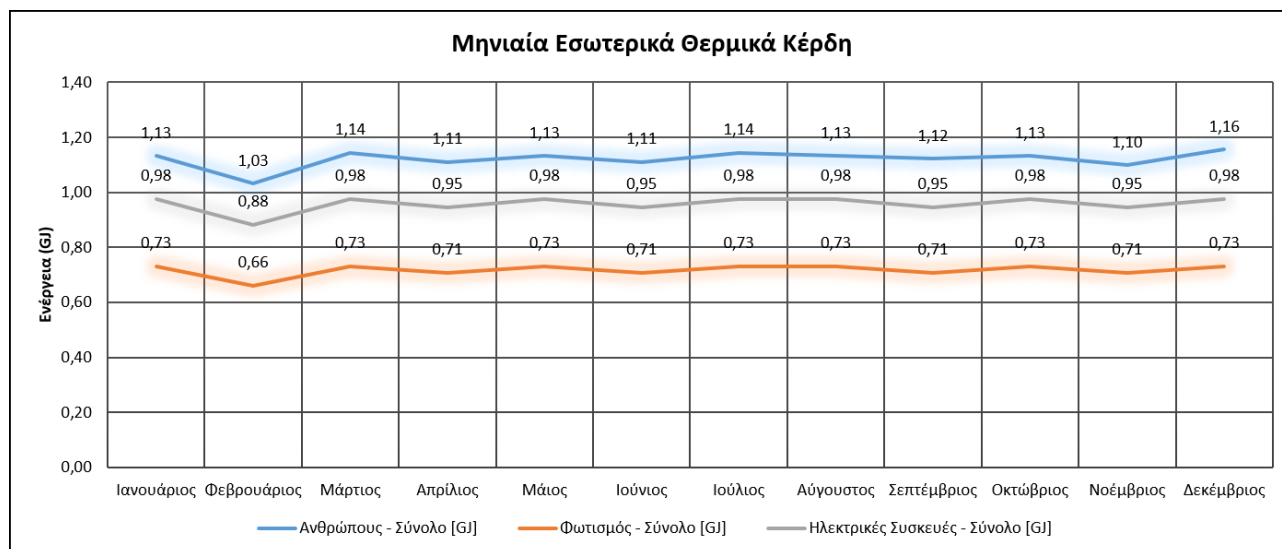
Γράφημα 21: Συνολικές Μέρες Βροχής στην περιοχή του Αιγίου

6.2 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη – Ηλιακά Κέρδη – Θερμικές Απώλειες της υπό μελέτη οικίας

6.2.1 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη

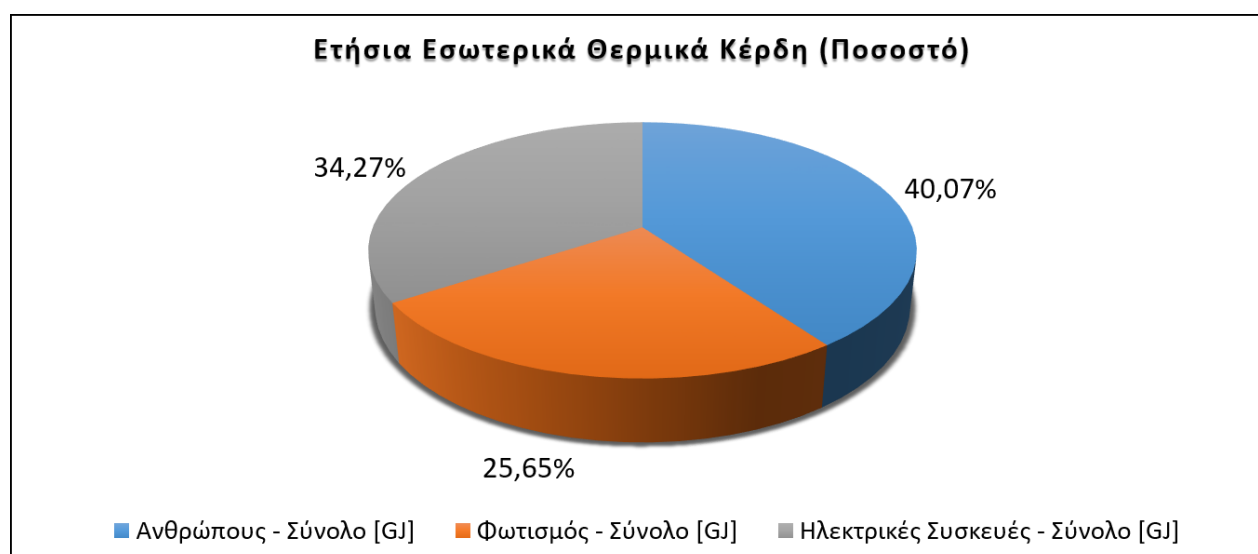
Τα θερμικά φορτία ή κέρδη που υπολογίστηκαν για τον υπό μελέτη χώρο για τον αριθμό ατόμων (4 άτομα) μέσα σε αυτό, σύμφωνα με το ωράριο παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους (μεταβολισμό) δίνονται παρακάτω.

Στα παρακάτω γραφήματα, αναφέρονται τα μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη που καταγράφηκαν στην ενεργειακή προσομοίωση της οικίας (Γράφημα 22 – Γράφημα 23).



Γράφημα 22: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Μηνιαία Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη (GJ).

Ανθρώπινη παρουσία στους εσωτερικούς χώρους, τιμές κοντά στα 1,1 GJ (Giga Joule) για κάθε μήνα του χρόνου. Οι ηλεκτρικές συσκευές, περίπου 0,9 GJ και ο τεχνητός φωτισμός, περίπου 0,7 GJ για κάθε μήνα του χρόνου



Γράφημα 23: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ετήσια Ποσοστιαία Εσωτερικά Κέρδη. Στο σύνολό τους, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη δημιουργούνται κατά 40,07% από τους ανθρώπους, 34,27% από τις ηλεκτρικές συσκευές και 25,65% από τον τεχνητό φωτισμό

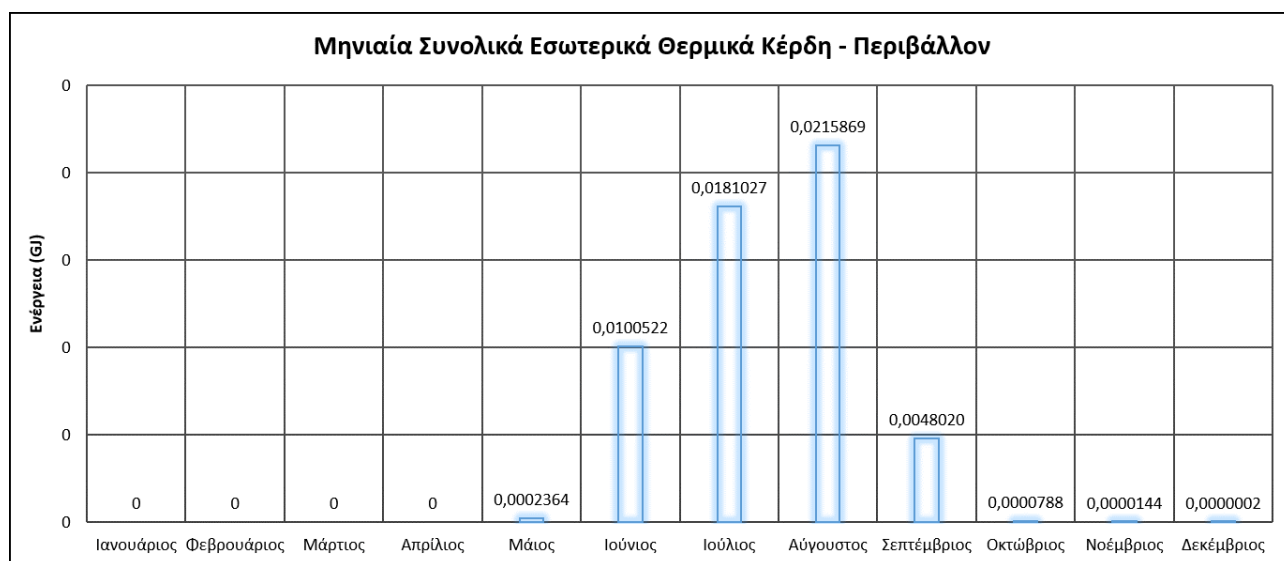
6.2.2 Ηλιακά Κέρδη

Θερμικά κέρδη, εμφανίζονται επίσης από την ηλιακή ακτινοβολία (ηλιακά θερμικά κέρδη), η οποία θερμαίνει το κτίριο είτε απευθείας μέσω ενός ανοίγματος όπως ένα παράθυρο είτε έμμεσα μέσω της δομής του κτιρίου.

Το ηλιακό κέρδος είναι μια ιδιαίτερα αποτελεσματική μορφή παθητικής θέρμανσης, καθώς η ακτινοβολία από τον ήλιο είναι κυρίως υπέρυθρη ακτινοβολία βραχέων κυμάτων που είναι ικανή να διέρχεται και να θερμαίνει τον εσωτερικό του κτιρίου. Η υπέρυθρη ακτινοβολία μεγάλου μήκους που ακτινοβολείται εκ νέου από το θερμαινόμενο ύφασμα του κτιρίου δεν μπορεί να περάσει έξω από το τζάμι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση θερμότητας στο εσωτερικό, που μερικές φορές αναφέρεται ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Πολύ γενικά, το ηλιακό κέρδος μπορεί να είναι επωφελές σε ψυχρότερα κλίματα όταν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας παθητικός τρόπος θέρμανσης κτιρίων. Ωστόσο, το υπερβολικό ηλιακό κέρδος μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση. Η υπερθέρμανση ως αποτέλεσμα των ηλιακών κερδών μπορεί να είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα σε θερμότερα κλίματα.

Στο Γράφημα 24, αναφέρονται τα ηλιακά θερμικά κέρδη που καταγράφηκαν στην προσομοίωση του κτιρίου και όπως φαίνεται οι μήνες με τα περισσότερα κέρδη είναι αυτοί με την περισσότερη ηλιοφάνεια. Συγκεκριμένα, αισθητά κέρδη αρχίζουν να καταγράφονται το Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο, με μέγιστη τιμή τον Αύγουστο.

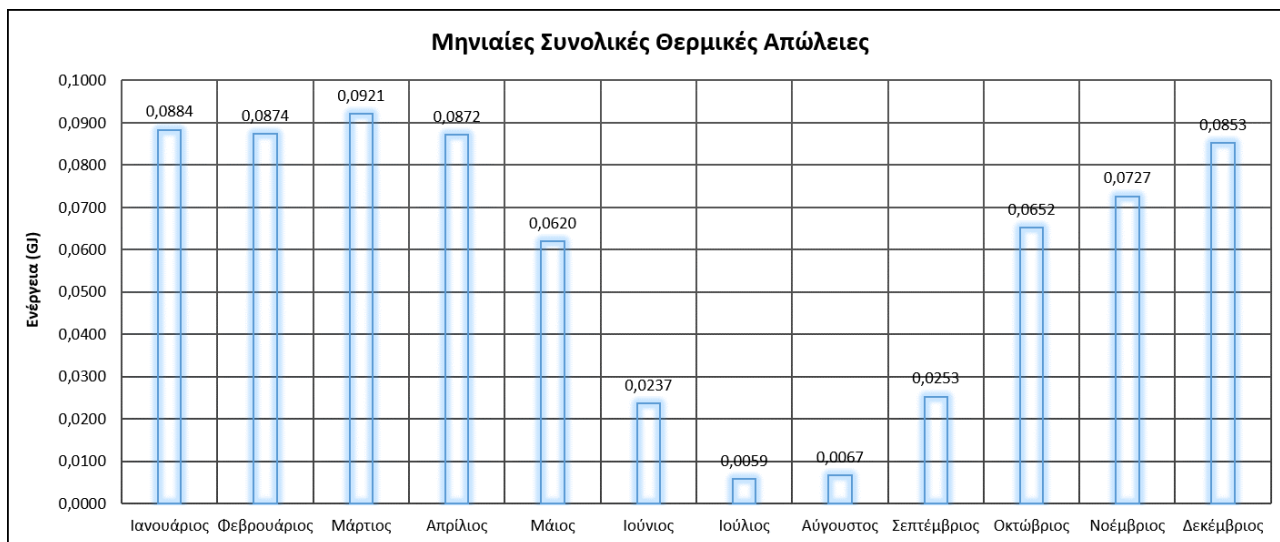


Γράφημα 24: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ηλιακά Θερμικά Κέρδη (GJ)

6.2.3 Θερμικές Απώλειες

Η απώλεια θερμότητας σε ένα κτίριο αφορά τη μεταφορά θερμότητας μέσω της δομής του κτιρίου από το εσωτερικό προς το εξωτερικό, είτε από αγωγιμότητα, μεταφορά, ακτινοβολία ή οποιοδήποτε συνδυασμό αυτών. Η απώλεια αυτή αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απαιτείται για να διατηρηθεί ένας χώρος σε μια δεδομένη θερμοκρασία τις πιο κρύες ημέρες.

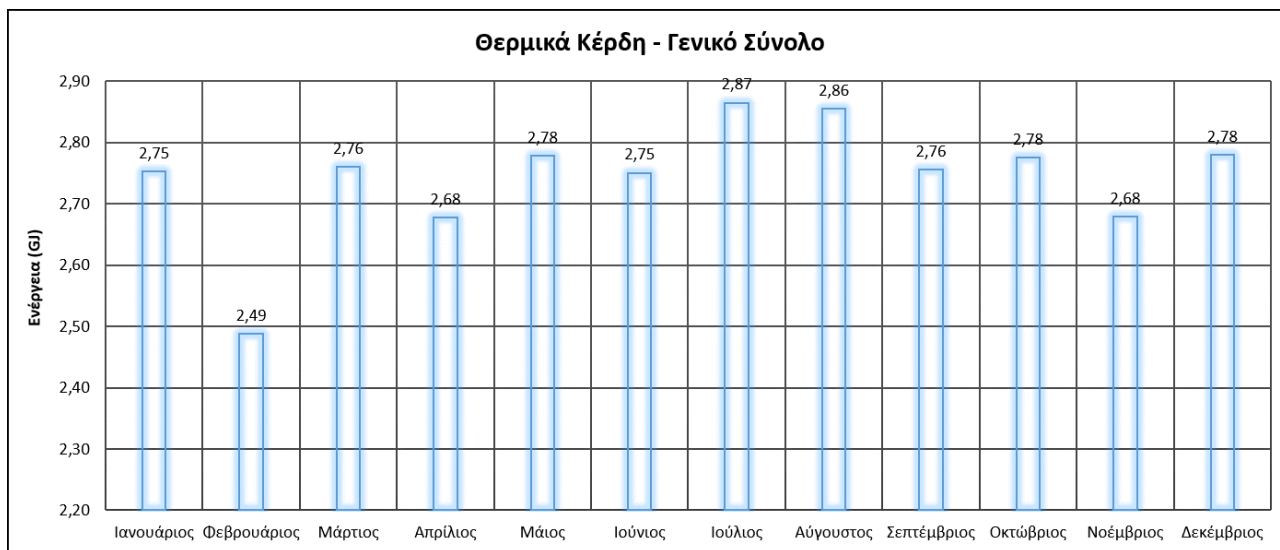
Στο παρακάτω γράφημα, αναφέρονται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου στην διάρκεια του έτους. Όπως είναι λογικό, οι μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζονται το χειμώνα λόγω της μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας του εσωτερικού με το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και την άνοιξη / φθινόπωρο, λόγο της ύπαρξης περισσότερων ανοιγμάτων στη δομή του κτιρίου (παράθυρα) σε συνδυασμό με την διαφορά θερμοκρασίας. Τέλος, το καλοκαίρι παρουσιάζονται οι μικρότερες απώλειες καθώς η εξωτερική θερμοκρασία είναι κατά μέσο όρο μεγαλύτερη από την εσωτερική (Γράφημα 25).



Γράφημα 25: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Μηνιαίες Θερμικές Απώλειες (GJ)

6.2.4 Συνολικά Θερμικά Κέρδη

Τα μηνιαία συνολικά θερμικά κέρδη για την οικία στη διάρκεια του έτους, σημειώνονται στο Γράφημα 26. Τα κέρδη αυτά είναι συνδυασμός των εσωτερικών θερμικών κερδών, των ηλιακών κερδών και των θερμικών απωλειών.



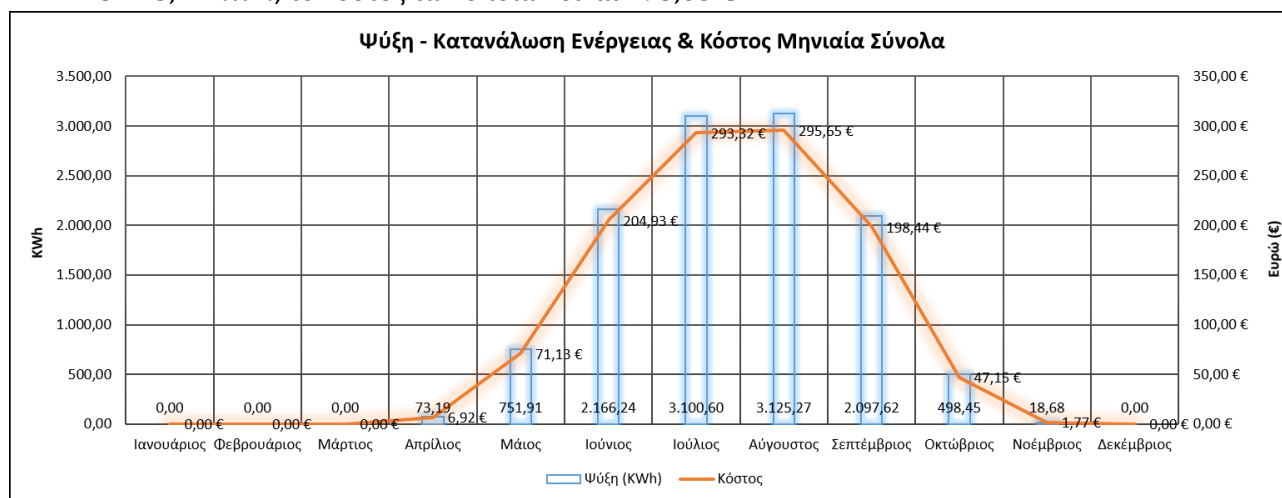
Γράφημα 26: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Θερμικά Κέρδη - Γενικό Σύνολο (GJ)

6.3 Κατανάλωση και Κόστος Ενέργειας

Κατά την ενεργειακή προσομοίωση μετρήθηκε η κατανάλωση ενέργειας (σε GJ) της οικίας στην ψύξη, τη θέρμανση, τον τεχνητό φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές. Ακολουθώντας, αφού μετατράπηκαν τα $Joule$ σε kWh ($1 \text{ Joule} = 2.77777778 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$), υπολογίστηκε το κόστος κατανάλωσης ενέργειας γνωρίζοντας ότι, για το οικιακό τιμολόγιο της ΔΕΗ⁵, η μία kWh κοστίζει 0,11058 €. Τα αποτελέσματα αναφέρονται στις παρακάτω υποενότητες.

6.3.1 Ψύξη

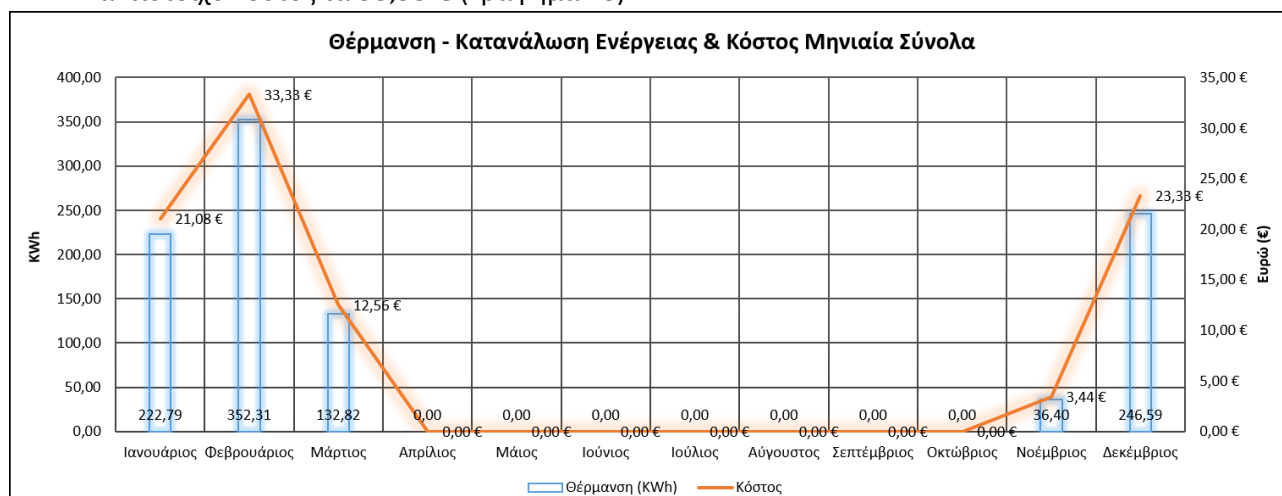
Όπως φαίνεται από το Γράφημα 27, η κατανάλωση ενέργειας καθώς, προφανώς, και το κόστος παρουσιάζονται στην χρονική περίοδο από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο και μεγιστοποιούνται τους καλοκαιρινούς μήνες. Η μέγιστη τιμή τους απαντάται τον Αύγουστο με κατανάλωση 3.125,27 kWh , το κόστος των οποίων είναι 295,65 €.



Γράφημα 27: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ψύξη – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος

6.3.2 Θέρμανση

Για την θέρμανση της οικίας, η κατανάλωση ενέργειας και το κόστος είναι αντίθετα της ψύξης. Αρχίζουν να εμφανίζονται δεδομένα από το Νοέμβριο και παρουσιάζονται μέχρι και τον Μάρτιο. Μεγιστοποιούνται την περίοδο του χειμώνα, με μέγιστη τιμή κατανάλωσης τις 352,31 kWh , με αντίστοιχο κόστος τα 33,33 € (Γράφημα 28).

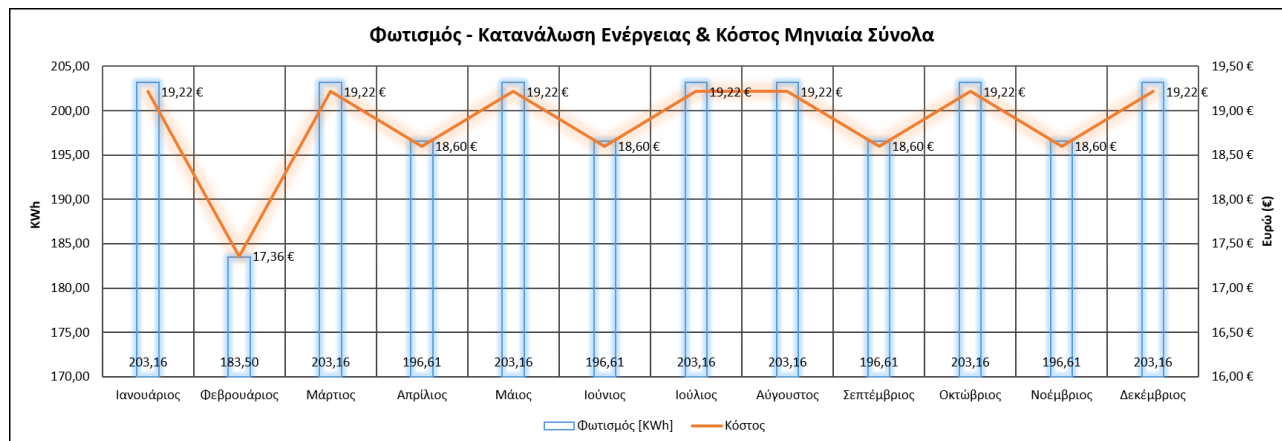


Γράφημα 28: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Θέρμανση – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος

⁵ Στο κόστος δεν συμπεριλαμβάνεται πάγιο, Φ.Π.Α. και λοιπές χρεώσεις του παρόχου ενέργειας.

6.3.3 Τεχνητός Φωτισμός

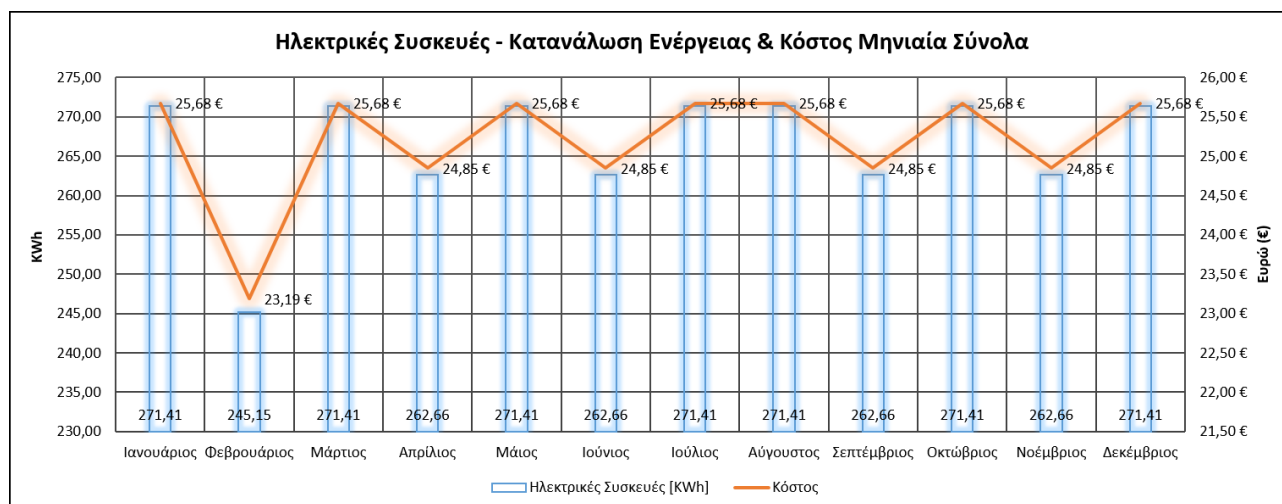
Η ενέργεια που καταναλώνεται από τον τεχνητό φωτισμό, δεν παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις και κυμαίνεται σε μία μέση τιμή περίπου 195 kWh μηνιαίως, με το αντίστοιχο κόστος να παραμένει σχεδόν στα ίδια επίπεδα κάθε μήνα, περίπου $18,5\text{ €}$ (Γράφημα 29).



Γράφημα 29: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Τεχνητός Φωτισμός – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος

6.3.4 Ηλεκτρικές Συσκευές

Η κατανάλωση ενέργειας και το κόστος των ηλεκτρικών συσκευών είναι μεγαλύτερο του τεχνητού φωτισμού, όμως, και εδώ δεν παρουσιάζονται μεγάλες αποκλίσεις. Η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει μια ετήσια μέση τιμή γύρω στις 265 kWh , με μέση τιμή κόστους τα 25 € (Γράφημα 30).

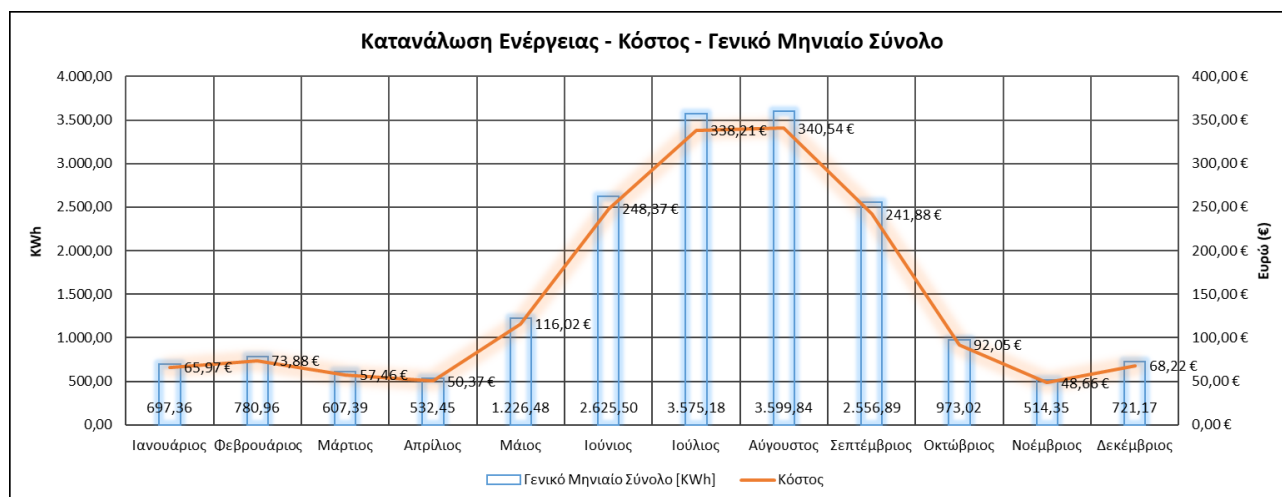


Γράφημα 30: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Ηλεκτρικές Συσκευές – Κατανάλωση Ενέργειας και Κόστος

6.3.5 Γενικά Σύνολα

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται γενικά σύνολα για την ηλεκτρική κατανάλωση και το κόστος αυτής.

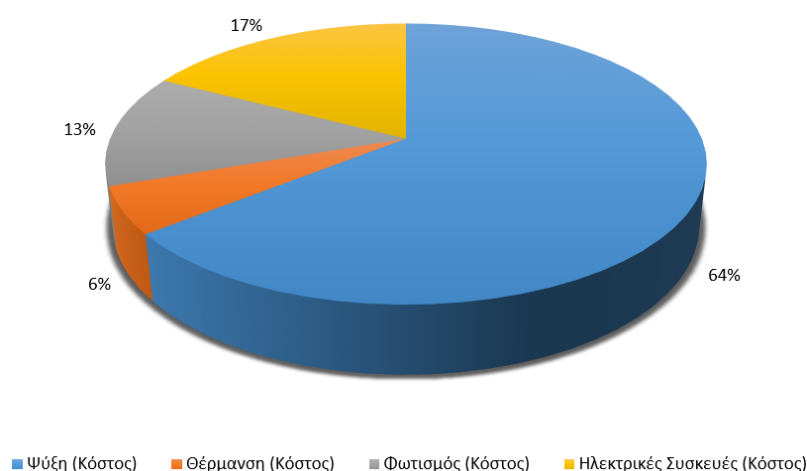
Η ηλεκτρική κατανάλωση και παράλληλα το κόστος, τους μήνες από Νοέμβριο μέχρι και τον Απρίλιο είναι αισθητά μικρότερα σε σχέση με το εξάμηνο από το Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο κλίμα που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή του Αιγίου. Ειδικά, το χρονικό διάστημα Νοεμβρίου – Απριλίου, παρουσιάζει μέση τιμή κατανάλωσης και κόστους 642,28 kWh και 60,76 € αντίστοιχα, ενώ το εξάμηνο Μαΐου – Οκτωβρίου δίνει μέση τιμή κατανάλωσης και κόστους 2.426,15 kWh και 229,51 € αντίστοιχα (Γράφημα 31).



Γράφημα 31: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Κατανάλωση Ενέργειας - Κόστος - Γενικό Μηνιαίο Σύνολο

Το ποσοστό συμμετοχής της ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών στο ετήσιο κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας, φαίνονται στο . Είναι ξεκάθαρο, ότι στην ψύξη παρουσιάζεται το μεγαλύτερο κόστος, με ποσοστό 64%, ενώ ακολουθούν οι ηλεκτρικές συσκευές (17%), ο τεχνητός φωτισμός (13%) και τέλος η θέρμανση με ποσοστό 6% (Γράφημα 32).

Ποσοστιαίο Κόστος Ψύξης - Θέρμανσης - Φωτισμού - Ηλεκτρικών Συσκευών



Γράφημα 32: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης: Γενικό Ποσοστιαίο Κόστος

6.4 Κόστος Εγκατάστασης

Για το κόστος εγκατάστασης του συστήματος VRF στο κτίριο, χρησιμοποιήθηκε γνωστή εταιρία κατασκευής, συντήρησης και σχεδιασμού ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων που εδρεύει στην Αθήνα, η οποία μετά από ανάλυση της δομής του κτιρίου και των συνθηκών της περιοχής του Αιγίου, όρισε το κόστος όπως φαίνεται στον Πίνακα 10.

ΟΙΚΙΑ 2 ΕΠΙΠΕΔΩΝ			
Χώρος	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ	ΚΟΣΤΟΣ
ΕΠΙΠΕΔΟ 1			
Σαλόνι	Κασσέτα Οροφής	5kW	450,00 €
Κουζίνα	Τοίχου	4kW	400,00 €
Χόλ	Δαπέδου	2.5kW	500,00 €
ΕΠΙΠΕΔΟ 2			
Δωμάτιο	Οροφής κρυφό	3kW	350,00 €
Δωμάτιο	Οροφής κρυφό	2.5kW	350,00 €
Δωμάτιο	Οροφής κρυφό	2.5kW	350,00 €
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ			
Εξ. Χωρος	Κεντρική μονάδα VRF	16kW	5.000,00 €
Κόστος Εγκατάστασης : Εγκατάσταση Μονάδων Σωληνώσεις Ψυκτικές Σωληνώσεις Αποχέτευσης Καλωδίωσεις Πλήρωση με ψυκτικό υγρό Εκκίνηση			5.000,00 €
Σύνολο:			12.400,00 €

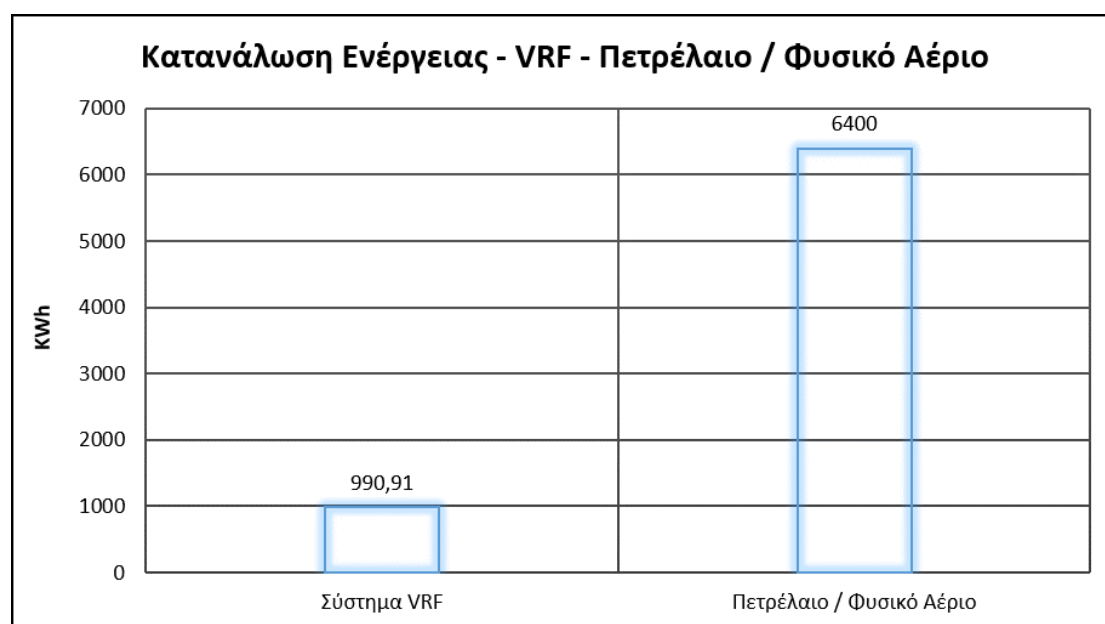
Πίνακας 10: Κόστος Εγκατάσταση Συστήματος VRF ισχύος 16 KW που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της ενεργειακής μελέτης

6.5 Σύγκριση με Πετρέλαιο – Φυσικό Αέριο – Φωτοβολταϊκά

Στην υποενότητα αυτή γίνεται μια σύγκριση των τιμών κατανάλωσης ενέργειας και κόστους του συστήματος VRF (όσον αφορά την θέρμανση), με συστήματα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Τέλος, παρουσιάζονται οι τιμές κατανάλωσης και κόστους στην περίπτωση που στην οικία χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (φωτοβολταϊκά).

Στην υπό μελέτη κατοικία έχουμε θεωρήσει ότι το σπίτι είναι μονωμένο, οπότε βάσει του Πίνακα 1 καθώς και της μελέτης του ΕΜΠ με τίτλο: «Σύγκριση κόστους θέρμανσης και δείκτες εκπομπών από διάφορες τεχνολογίες θέρμανσης. Δεκέμβριος 2017»,^[38] ορίστηκε η ετήσια κατανάλωση σε $50 \text{ kWh} / \text{m}^2$, δηλαδή, $128 \text{ m}^2 \times 50 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 6400 \text{ kWh}$. Στο Γράφημα 33, παρουσιάζεται η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του συστήματος VRF και συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.

Με βάση τα αποτελέσματα που έδωσε η ενεργειακή προσομοίωση και της θερμογόνου δύναμης κάθε καυσίμου, δηλ. του πόσο αποδίδει, πραγματοποιείται ο υπολογισμός της ποσότητας του καυσίμου και κατ' επέκταση του κόστους.

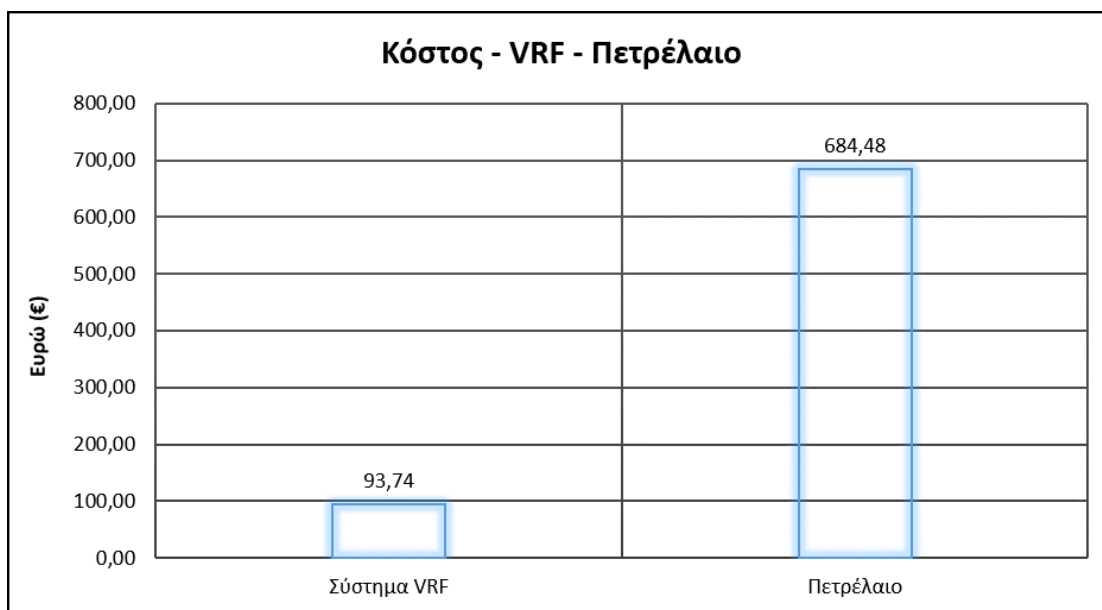


Γράφημα 33: Κατανάλωση Ενέργειας - VRF - Πετρέλαιο / Φυσικό Αέριο

6.5.1 Σενάριο συστήματος θέρμανσης με καύση πετρελαίου

Το πετρέλαιο έχει θερμογόνο δύναμη $11,9 \text{ kWh} / \text{lt}$. Αυτό σημαίνει ότι ιδανικά 1 λίτρο πετρελαίου αποδίδει $11,9 \text{ kWh}$ θερμικής ενέργειας. Ωστόσο, η τελική αποδιδόμενη θερμική ενέργεια εξαρτάται από το βαθμό απόδοσης του καυστήρα. Θεωρώντας βαθμό απόδοσης 90%, για κάθε kWh θέρμανσης, απαιτούνται: $1 / (11,9 \times 0,9) = 0,093$ λίτρα πετρελαίου.

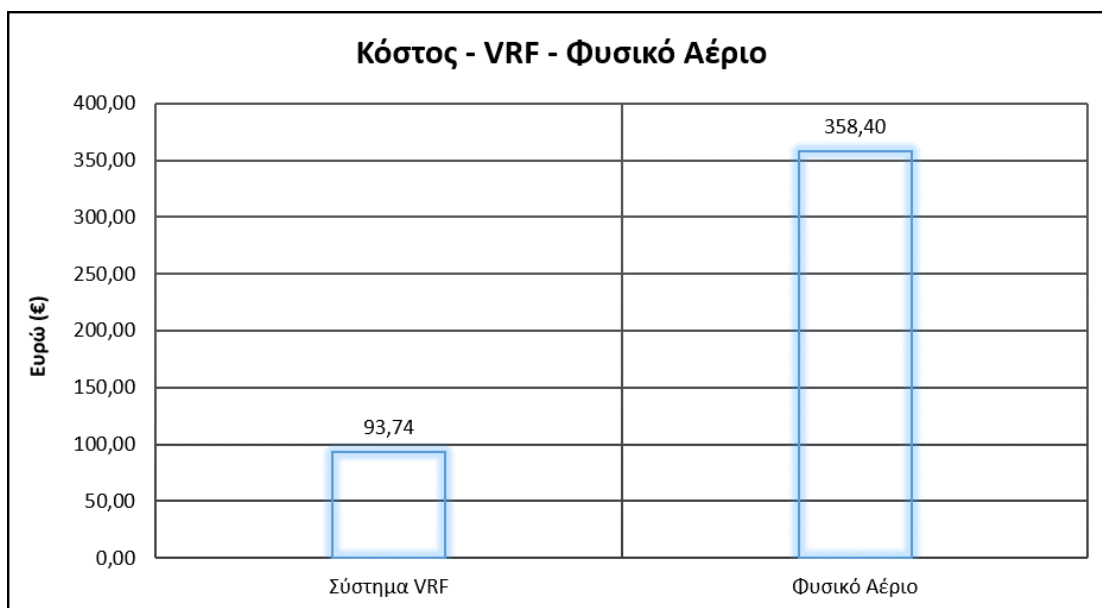
Λαμβάνοντας υπόψιν ότι την περίοδο 2018-2019 το μέσο κόστος για το πετρέλαιο θέρμανσης υπολογίζεται γύρω από τα $1,15 \text{ €}$ ανά λίτρο το κόστος για κάθε κιλοβατώρα θερμικής ενέργειας με πετρέλαιο υπολογίζεται στα $0,093 \times 1,15 = 0,10695 \text{ €}$. Το συνολικό κόστος με βάση τους προηγούμενους υπολογισμούς ανέρχεται στα $684,48 \text{ €}$. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 34 μεταξύ του συστήματος VRF και συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο υπάρχει μεγάλη διαφορά κόστους.



Γράφημα 34: Κόστος - VRF - Πετρέλαιο

6.5.2 Σενάριο Συστήματος Θέρμανσης με Καύση Φυσικού Αερίου

Η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από τη σύστασή του. Μια μέση τιμή είναι τα $11,5 \text{ kWh/N} \cdot \text{m}^3$. Ωστόσο, στην περίπτωση του αερίου, η χρέωση δε γίνεται βάσει του όγκου κατανάλωσης αλλά βάσει των καταναλισκόμενων kWh . Βάσει εκτιμήσεων, η κάθε κिलοβατώρα θέρμανσης με φυσικό αέριο κοστίζει 0,056 €. Το συνολικό κόστος με βάση τους προηγούμενους υπολογισμούς ανέρχεται στα 358,40 €. Και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει διαφορά στο κόστος μεταξύ του συστήματος VRF και του συστήματος θέρμανσης με φυσικό αέριο, όμως δεν είναι τόσο μεγάλη όσο στην περίπτωση του πετρελαίου (Γράφημα 35).

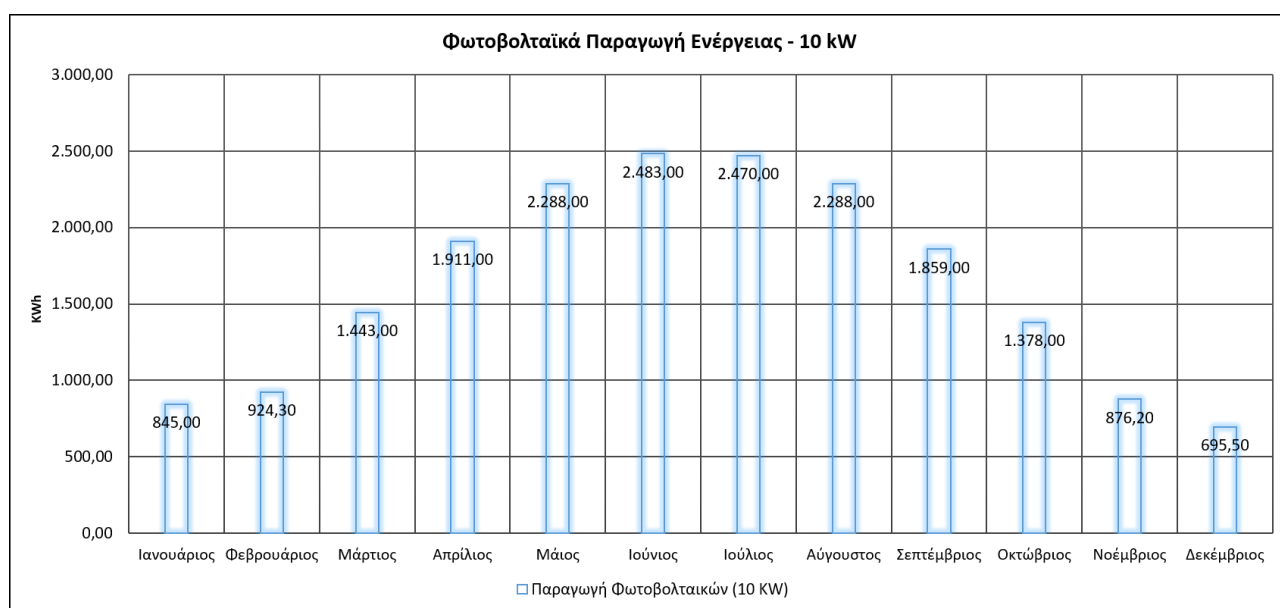


Γράφημα 35: Κόστος - VRF - Φυσικό Αέριο

6.5.3 Σενάριο Ενεργειακής Κατανάλωσης με Χρήση Φ/Β Συστήματος

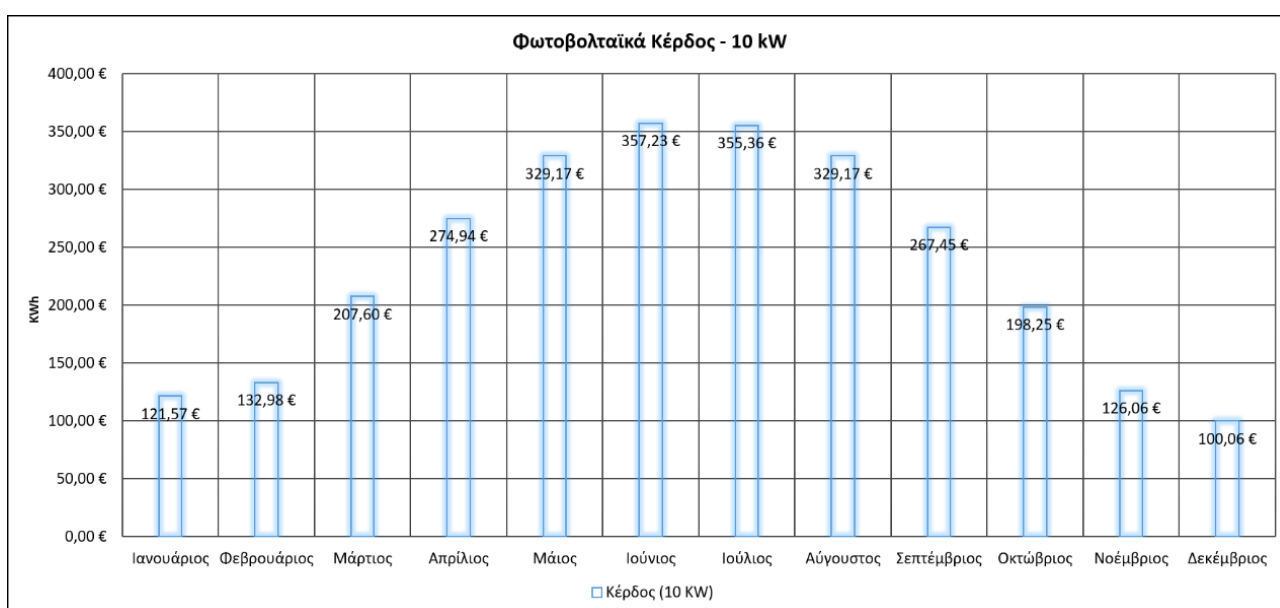
Μετά την εγκατάσταση και τη σύνδεση των Φ/Β με το δίκτυο της ΔΕΗ ή οποιουδήποτε άλλου παρόχου ενέργειας, συμψηφίζεται το ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά, με το ρεύμα που καταναλώνει ο ιδιοκτήτης του φωτοβολταϊκού σε ετήσια βάση, μεταφέροντας τυχόν περίσσειμα ενέργειας στον λογαριασμό του επόμενου έτους. Κάθε τρία χρόνια γίνεται εκκαθάριση καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας. Στην παρούσα περίοδο η τιμή της kWh που πουλάει ο ιδιοκτήτης του Φ/Β στη ΔΕΗ ανέρχεται στα 0,14387 €.

Για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της υπό μελέτη οικίας θα χρειαστεί η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος να έχει ισχύς 10KW. Στο Γράφημα 36 παρουσιάζεται η μηνιαία παραγωγή ενέργειας του συστήματος.



Γράφημα 36: Παραγωγή Ενέργειας - Φ/Β 10 kW

Το μηνιαίο κέρδος από την χρήση συστήματος Φ/Β ισχύς 10KW, παρουσιάζεται στο Γράφημα 37.



Γράφημα 37: Κέρδος - Φ/Β 10 kW

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τιμές κόστους κατανάλωσης ενέργειας, δεν περιλαμβάνουν τέλη χρέωσης ενέργειας, δίκτυο μεταφοράς και διανομής, Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (ΥΚΩ), Ειδικό Φόρος Κατανάλωσης (ΕΦΚ), ειδικό τέλος 5% και Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων (ΕΤΜΕΑΡ).

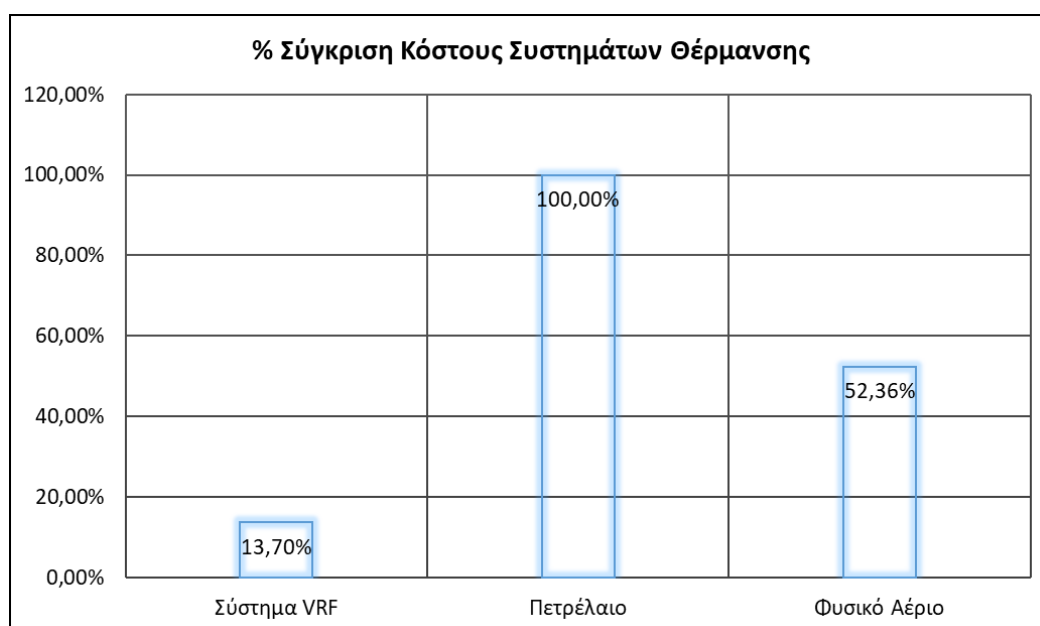
7 Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την παρούσα εργασία κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν όλα τα στάδια που συνείσφεραν στην αποπεράτωσή της. Αρχικά, έγινε παρουσίαση των ενεργειακών καταναλώσεων στην Ελλάδα, τόσο στο σύνολο όπως επίσης ανά τομέα και καύσιμο, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat. Ακολούθως, παρουσιάστηκαν στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ που αφορούν οικιακά κτίρια, όπως χρονική περίοδος κατασκευής, ύπαρξη μόνωσης και είδος θέρμανσης. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν δράσεις τόσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και της Ελλάδας προς την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων και τη χρήση ΑΠΕ. Τελειώνοντας το θεωρητικό κομμάτι της εργασίας, έγινε μια πλήρης αναφορά στα συστήματα θέρμανση – ψύξης – κλιματισμού (HVAC), τα βασικά τους εξαρτήματα, τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και ταξινόμηση αυτών. Τέλος, έγινε αναφορά στο σύστημα HVAC VRF το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην ενεργειακή προσομοίωση της οικίας.

Το πρακτικό κομμάτι της εργασίας, αποτελείται από την δημιουργία του μοντέλου της οικίας στο Google SketchUp, την ενεργειακή προσομοίωση στο Energy Plus και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

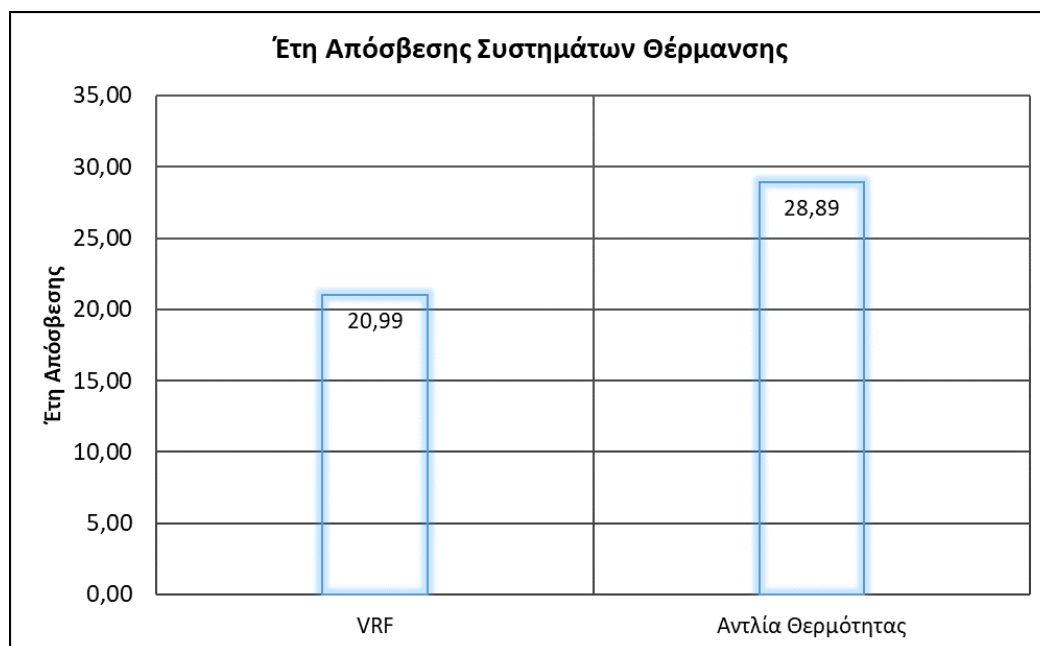
Όσον αφορά την μοντελοποίηση της οικίας, η χρήση του προγράμματος SketchUp διευκόλυνε την δημιουργία του μοντέλου καθώς πρόκειται για ένα πρόγραμμα εύκολο στη χρήση. Η ενεργειακή προσομοίωση που ακολούθησε, μέσω του προγράμματος Energy Plus, περιλάμβανε την ρύθμιση πληθώρας παραμέτρων.

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την ενεργειακή προσομοίωση του Energy Plus και αναλύθηκαν από πρόγραμμα ανάλυσης δεδομένων, κρίνονται ικανοποιητικά καθώς η χρήση συστήματος HVAC παρουσιάζει διαφορά, στην κατανάλωση ενέργειας και στο κόστος, με συστήματα που χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη πετρέλαιο ή φυσικό αέριο καθώς και με τις αντλίες θερμότητας, όπως φαίνεται στο Γράφημα 38.



Γράφημα 38: % Σύγκριση Κόστους Συστημάτων Θέρμανσης

Φυσικά, ανατρεπτικός παράγοντας στην εγκατάσταση συστημάτων HVAC είναι το κόστος, το οποίο για την οικία (VRF) ανέρχεται στα 12.400 €, ποσό το οποίο χρειάζεται περίπου 20 χρόνια για να αποσβεστεί, ενώ οι αντλίες θερμότητας αποσβένουν το κόστος στα 28 χρόνια περίπου, όπως φαίνεται στο Γράφημα 39.^[38, 39]



Γράφημα 39: Έτη Απόσβεσης VRF και Αντλιών Θερμότητας

Επιπρόσθετα των παραπάνω, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα μειώνουν ακόμα περισσότερο το κόστος αλλά παράλληλα αυξάνουν το κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, στην υπό μελέτη οικία το κόστος εγκατάστασης Φ/Β συστήματος ανέρχεται περίπου στις 13.000 €, με ετήσιο κέρδος 907,09 € και απόσβεση σε 14,33 χρόνια.^[40]

8 Βιβλιογραφία

1. *Water Chillers*. 17 June 2012; Available from: <http://hvac-system-basics.blogspot.com/2012/06/water-chillers.html#.XdkUYNWxXIU>.
 2. *Basic Principles of a HVAC system*. 2018 [cited 2019 30 October]; Available from: <https://teenknowlege.blogspot.com/2018/01/basic-principles-of-hvac-system.html>.
 3. Venianaki, G., *Modeling, Simulation for Energy Control of HVAC System in Building in School of Electrical and Computer Engineering*
- 2018, Technical University of Crete: Chania, Greece. p. 154.
4. *Χαρακτηριστικά κατοικιών - νοικοκυριών*. 2011: Ελληνική στατιστική αρχή.
 5. ; European Statistics]. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat>.
 6. Aynur, T.N., *Variable refrigerant flow systems: A review*. Energy and Buildings, 2010. **42**(7): p. 1106-1112.
 7. *Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems* 2013; Available from: <http://www.utcccs-cdn.com/hvac/docs/1001/Public/0B/04-581067-01.pdf>.
 8. *Συγκριτικό τεστ: Πώς θα διαλέξω το είδος θέρμανσης που με συμφέρει*. Available from: <https://thermansipress.gr/thermansi/%CF%83%CF%85%CE%B3%CE%BA%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%84%CE%B5%CF%83%CF%84-%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%B8%CE%B1-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CF%89-%CF%84%CE%BF-%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%BF/#.XkWTvWgzY2w>.
 9. *Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων (αναδιατύπωση)*,. 19 Μαΐου 2010.
 10. Δούκας, Χ. *Ευρωπαϊκές πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας και αναβάθμισης κτηρίων*. 2017 [cited 2019 Οκτώβριος]; Available from: <https://www.alunet.gr/2017/01/4351v>.
 11. *Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων*. 16 Δεκεμβρίου 2002.
 12. *Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου*,. 5 Απριλίου 2006.
 13. *Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ*. 25 Οκτωβρίου 2012.
 14. *Κτιριακοί αυτοματισμοί: Συστήματα και Οφέλη*. 2016; Available from: <http://kataskevesktirion.gr/%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1/>.
 15. Μπελογιάννη, Β., *Εξοικονόμηση ενέργειας κτιρίων με χρήση ευφυούς ελέγχου*. 2014.
 16. *Ενεργειακή αναβάθμιση δημοσίων κτιρίων*. 2019; Available from: <https://kgreen.gr/blog/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%9D%CE%AD%CE%B1/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%AF%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81/>.

17. Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. 11 Δεκεμβρίου 2018.
18. Handbook, A., *HVAC systems and equipment*. Vol. 39. 1996: chapter.
19. Ενέργειας, Κ.Α.Π., *Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC*. Αθήνα, Δεκέμβριος, 1999.
20. Alvsvåg, Ø., *HVAC-systems: Modeling, simulation and control of HVAC-systems*. 2011, Institutt for teknisk kybernetikk.
21. Vakiloroyaya, V., et al., *A review of different strategies for HVAC energy saving*. Energy conversion and management, 2014. **77**: p. 738-754.
22. Pérez-Lombard, L., et al., *A review of HVAC systems requirements in building energy regulations*. Energy and buildings, 2011. **43**(2-3): p. 255-268.
23. Sennebogen, L.C.E. *How Heat Pumps Work*. 13 May 2009.; Available from: <https://home.howstuffworks.com/home-improvement/heating-and-cooling/heat-pump1.htm>.
24. Πώς λειτουργούν οι αντλίες θερμότητας αέρα/νερού.
25. Rule, E. *The 3 Types of Home Heat Pumps and How They Work*. 2018; Available from: https://www.drenergysaver.com/about-dr-energy-saver/news-and-events/30981-the-3-types-of-home-heat-pumps-and-how-they-work.html?_cf_chl_captcha_tk__=944cf09e9eaaa2e7d225ceed51530c93aab3566d-1581546060-0-AWVvP5sqQ92l1pv4AYjTcbob0qtBxRJdtu6T4uX-NiTca8QACdcNwz6_tRd533KC9HhtJaVLDgRWUGt7i34EXz4cxqaW9YQUbPipk1T-YNfMFgCBoQAZy9f-f7J1PHpAd6lPjupLka-H5aD-g3PRHvzG0i3NV3VA-XDroraOC5qQDXfA9pnE-5a_2PNf_M0WXSTRY_l-JVwdvTjt3K8uSlqVDWeTIZMnOqowgZWiw9KepNSyL49nSpRSuYxmupSMuq2l-emNAuub_bep35QfFqo2DUUjBcoGL7OnTSZtXs-lmBVskpKY84sA5bypv3j5UWNN1GU5kTgz0GpzJmdSw0o-1CN3wKW_c0GU0KFdLrVjh4m_m0oTdeIPHgMGlxnpSmOJ7s8OApMOSH5KlxD-hcB46h2NMfg0CKjcvPQ600YemV6M2XzERA276YtNj33dJw.
26. *Heat Pumps Pros and Cons*.
27. Seyam, S., *Types of HVAC systems*, in *HVAC System*. 2018, IntechOpen. p. 49-66.
28. Curtis, W. *Heating and Cooling System Basics*" 2006 [cited 2019 November 15]; Available from: <https://home.howstuffworks.com/home-improvement/heating-and-cooling/heating-and-cooling-system-basics-ga.htm>
29. McDowall, R., *Fundamentals of HVAC systems: SI edition*. 2007: Academic Press.
30. *Important software used for HVAC design and drafting*. December 11, 2018.
31. Jankovic, A. *Back to basics: VRF systems*. 2016 [cited 2018 May 27]; Available from: www.csemag.com/articles/back-to-basics-vrf-systems/.
32. Kramer, S.W., M. Kilmer, and K.A. Rahn, *Variable Refrigerant Flow Systems on USACE Projects*. 2019.
33. Kowsky, C., et al., *Unitary HPAC system*. SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems, 2012. **5**(2012-01-1050): p. 1016-1025.
34. Air, R.s. *Common Types of HVAC Systems*. [cited 2019 October 13]; Available from: <https://www.richmondsair.com/hvac-guide/equipment-101/hvac-system-types>.
35. ; Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος]. Available from: web.tee.gr/.
36. EnergyPlus, D., *Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output*. 2010.
37. *Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα* 2018; Available from: www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=West%20Greece&poli=patra.

38. Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, ρ.Σ.Κ., Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης, Δρ. Παναγιώτης Γραμμέλης, Πλάτων Πάλλης, Εμμανουήλ Καραμπίνης, *Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες*. 2017, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο. 11.
39. Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, ρ.Σ.Κ., Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης, Δρ. Διονύσιος Γιαννακόπουλος, Δρ. Παναγιώτης Γραμμέλης, Πλάτων Πάλλης, Εμμανουήλ Καραμπίνης, *Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου & τεχνολογία θέρμανσης*. 2013, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο. ρ. 10.
40. *Φωτοβολταϊκά στις στέγες έως 10kW Ελλάδα 2018*. 2018; Available from: <https://www.oleng.eu/photovoltaics-in-roofs/>.
41. Κτιριακοί αυτοματισμοί: Συστήματα και Οφέλη; Available from: <http://kataskevesktirion.gr/%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1/>
42. Ενεργειακή αναβάθμιση δημοσίων κτιρίων; Available from: <https://kgreen.gr/blog/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%9D%CE%AD%CE%B1/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%AF%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81/>