



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



*Χρήση Ηλιακής Ενέργειας
για την κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών
μιας Τοπικής Κατοικίας*

ΟΡΦΑΝΟΥΔΑΚΗ ΠΗΝΕΛΟΠΗ

A.M. 4624

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ □ ΜΑΥΡΟΜΑΤΑΚΗΣ ΦΩΤΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγγραφή της πτυχιακής εργασίας έγινε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών και της αποφοίτησης από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηρακλείου Κρήτης. Το συγκεκριμένο θέμα “ Χρήση Ηλιακής Ενέργειας για την κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών μιας Τυπικής Κατοικίας”, επιλέχθηκε ύστερα από εκτενή συζήτηση και συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μαυροματάκη Φώτη, τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερω, για τις κατευθυντήριες γραμμές που μου έδωσε και για την καθοδήγηση του καθ’ όλο το διάστημα της συγγραφής μέχρι και την υλοποίηση της εργασίας αυτής.

Επιπλέον, οφείλω ευχαριστίες στον Μηχανολόγο και Ενεργειακό Επιθεωρητή κ. Ντάλα Αθανάσιο για τις εξειδικευμένες συμβουλές του, καθώς και στους φίλους μου Νάνσυ Αλετρά και Παναγιώτη Γιαννακό για τις συμβουλές τους ως προς τη μορφοποίηση της εργασίας.

Τέλος, είμαι ευγνώμων στον σύζυγο μου Γεώργιο Δουλγεράκη και στην κορούλα μας για την κατανόησή τους, ειδικά, το τελευταίο διάστημα έως την αποπεράτωση της πτυχιακής εργασίας’ στην αδερφή μου Μαρία Ορφανουδάκη και στους γονείς μου Κωνσταντίνο και Αντωνία Ορφανουδάκη για την αγάπη και την υποστήριξή τους από την πρώτη στιγμή της εισαγωγής μου στο Α.Τ.Ε.Ι. μέχρι και την τελευταία, της αποφοίτησης μου. Αφιερώνω αυτή την εργασία στους «Πυλώνες» μου, τον πατέρα μου και την μητέρα μου.



Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	10
1.1 Ηλιακή Ενέργεια	10
1.2 Αιολική Ενέργεια.....	11
1.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	13
1.4 Γεωθερμική Ενέργεια.....	14
1.5 Ενέργεια από Βιομάζα.....	15
1.6 Άλλες ΑΠΕ.....	15
1.6.1 Ενέργεια από Κύματα	16
1.6.2 Ενέργεια των παλιρροιών	16
1.6.3 Θερμική ενέργεια των Ωκεανών.....	16
1.6.4 Ενέργεια των θαλάσσιων ρευμάτων	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	17
2.1 Ηλιακή Ακτινοβολία.....	17
2.2 Πυκνότητα Ισχύος (G) της ηλιακής ακτινοβολίας	18
2.3 Κίνηση της Γης	19
2.4 Η ηλιακή ακτινοβολία στο όριο της ατμόσφαιρας.....	21
2.5 Η ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη.....	23
Συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας	23
2.6 Υπολογισμός Ηλιακής Ακτινοβολίας	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΟΛΟΓΟΣΜΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ	28
3.1 Υπολογισμός των Συντελεστών Θερμοπερατότητας (U) Αδιαφανών δομικών στοιχείων	28
3.2 Υπολογισμός των Συντελεστών Θερμοπερατότητας (U_w) Διαφανών δομικών στοιχείων.....	29
3.3 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) της κατοικίας.....	30
3.4 Ο μειωτικός συντελεστής (b) και παραδοχές	30
3.5 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (Q).....	31
3.6 Προσδιορισμός Θερμικού Φορτίου (L) για κάλυψη αναγκών ΖΝΧ.....	31
3.6.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L_w) για την κάλυψη Ζ.Ν.Χ.....	33
3.6.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (L_p) για την κάλυψη Ζ.Ν.Χ.	36
3.6.3 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L) για την κάλυψη Ζ.Ν.Χ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 80m².....	39
4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 80m ²	39
4.1.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Διαμερίσματος 80m ²	39
4.1.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Διαμερίσματος 80m ²	44
4.1.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Διαμερίσματος 80m ²	45

4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 80m ²	48
4.2.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Μονοκατοικίας 80m ²	48
4.2.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Μονοκατοικίας 80m ²	54
4.2.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Μονοκατοικίας 80m ²	55
4.3 Συνοπτικός Πίνακας μηνιαίων θερμικών φορτίων χώρου και αναγκών ΖΝΧ Διαμερίσματος – Μονοκατοικίας 80m ²	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 100m²	59
5.1 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 100m ²	59
5.1.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Διαμερίσματος 100m ²	59
5.1.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Διαμερίσματος 100m ²	64
5.1.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Διαμερίσματος 100m ²	65
5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 100m ²	68
5.2.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Μονοκατοικίας 100m ²	68
5.2.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Μονοκατοικίας 100m ²	74
5.2.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Μονοκατοικίας 100m ²	75
5.3 Συνοπτικός Πίνακας μηνιαίων θερμικών φορτίων χώρου και αναγκών ΖΝΧ Διαμερίσματος – Μονοκατοικίας 100m ²	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 120m²	79
6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 120m ²	79
6.1.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Διαμερίσματος 120m ²	79
6.1.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Διαμερίσματος 120m ²	84
6.1.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Διαμερίσματος 120m ²	85
6.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 120m ²	88
6.2.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Μονοκατοικίας 120m ²	88
6.2.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Μονοκατοικίας 120m ²	94
6.2.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Μονοκατοικίας 120m ²	95
6.3 Συνοπτικός Πίνακας μηνιαίων θερμικών φορτίων χώρου και αναγκών ΖΝΧ Διαμερίσματος – Μονοκατοικίας 120m ²	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	99
7.1 Υπολογισμός Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους	99
7.2 Μεθοδολογία σχεδιασμού αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος	107
7.3 Μεθοδολογία σχεδιασμού ηλιοθερμικού συστήματος	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ 80m²	115
8.1 Διαμέρισμα 80m ²	115
8.1.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος του διαμερίσματος των 80m ²	115
8.1.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος του διαμερίσματος των 80m ²	118
8.2 Μονοκατοικία 80m ²	127
8.2.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος μονοκατοικίας 80m ²	127
8.2.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος της μονοκατοικίας των 80m ²	130

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ 100m²	139
9.1 Διαμέρισμα 100m ²	139
9.1.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος του διαμερίσματος των 100m ²	139
9.1.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος του διαμερίσματος των 100m ²	142
9.2 Μονοκατοικία 100m ²	151
9.2.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος μονοκατοικίας 100m ²	151
9.2.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος της μονοκατοικίας των 100m ²	155
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ 120m²	164
10.1 Διαμέρισμα 120m ²	164
10.1.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος του διαμερίσματος των 120m ²	164
10.1.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος του διαμερίσματος των 120m ²	167
10.2 Μονοκατοικία 120m ²	176
10.2.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος μονοκατοικίας 120m ²	176
10.2.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος της μονοκατοικίας των 120m ²	179
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	188
11.1 Κόστος Ηλιοθερμικής Εγκατάστασης	188
11.2 Κόστος Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης	189
11.3 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων	190
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ	191
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	196
Βιβλιογραφία	198

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1 : Ήλιος	10
Εικόνα 2 : Θαλάσσιο Αιολικό Πάρκο	12
Εικόνα 3 : Παγκόσμια Αθροιστική Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικής Ενέργειας.....	12
Εικόνα 4 : Three Gorges Dam	13
Εικόνα 5 : Το «φυσικό συντριβάνι» της Νεβάδας - Ο Θερμοπίδακας Fly Geyser.....	14
Εικόνα 6 : Διάφορες Μορφές Βιομάζας.....	15
Εικόνα 7 : Κυματοθραύστης.....	16
Εικόνα 8 : Καμπύλες φασματικής κατανομής (Σχ.1)	17
Εικόνα 9 : Η ουράνια σφαίρα με την φαινόμενη ετήσια κίνηση του ήλιου (Σχ.2).....	19
Εικόνα 10 : Συντεταγμένες και Ηλιακές γωνίες (Σχ. 3)	20
Εικόνα 11 : Οι συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας (Σχ.4)	23
Εικόνα 12 : Τυχούσα θέση συλλέκτη (κλίση β , αζιμούθια γωνία γ).....	24
Εικόνα 13 : Κάτοψη διαμερίσματος 80m^2	39
Εικόνα 14 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 29cm	40
Εικόνα 15 : Κάτοψη μονοκατοικίας 80m^2	48
Εικόνα 16 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 30cm	49
Εικόνα 17 : Τομή δομικού στοιχείου Οροφής πάχους 31cm	50
Εικόνα 18 : Τομή δομικού στοιχείου Δαπέδου πάχους 24cm	51
Εικόνα 19 : Κάτοψη διαμερίσματος 100m^2	59
Εικόνα 20 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 29cm.....	60
Εικόνα 21 : Εικόνα: Κάτοψη μονοκατοικίας 100m^2	68
Εικόνα 22 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 30cm	69
Εικόνα 23 : Τομή δομικού στοιχείου Οροφής πάχους 31cm	70
Εικόνα 24 : Τομή δομικού στοιχείου Δαπέδου πάχους 24cm	71
Εικόνα 25 : Εικόνα: Κάτοψη διαμερίσματος 120m^2	79
Εικόνα 26 : Τομή δομικού στοιχείου	80
Εικόνα 27 : Εικόνα: Κάτοψη μονοκατοικίας 120m^2	88
Εικόνα 28 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 30cm.....	89
Εικόνα 29 : Τομή δομικού στοιχείου Οροφής πάχους 31cm.....	90
Εικόνα 30 : Τομή δομικού στοιχείου Δαπέδου πάχους 24cm	91
Εικόνα 31 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP	116
Εικόνα 32 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης.....	125
Εικόνα 33 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP	128
Εικόνα 34 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης.....	137
Εικόνα 35 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP	140
Εικόνα 36 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης	149
Εικόνα 37 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP	152
Εικόνα 38 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης	162
Εικόνα 39 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP	165
Εικόνα 40 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης	174
Εικόνα 41 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP	177
Εικόνα 42 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης	186
Εικόνα 43 : Η βέλτιστη τεχνοοικονομικά απόσταση μεταξύ των δύο βάσεων	192
Εικόνα 44 : Αρχική επιφάνεια κατοικιών 80m^2 και επιφάνεια μειωμένη κατά 1m^2	195

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1 : Πίνακας Klein.....	22
Πίνακας 2 : Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία (H) στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/(m ² mo)).....	27
Πίνακας 3 : Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946	29
Πίνακας 4 : Μέση μηνιαία Θερμοκρασία του δικτύου ύδρευσης στο Ηράκλειο Κρήτης	32
Πίνακας 5 : Ποσοστό απωλειών (%) κεντρικού δικτύου διανομής στο Ηράκλειο Κρήτης για ζεστό νερό χρήσης (50 °C) (TOTEE-20701-3).....	33
Πίνακας 6 : Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων (L _w) Διαμερισμάτων - Μονοκατοικιών	34
Πίνακας 7 : Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων (L _w) και Θερμικών Απωλειών (L _p).....	37
Πίνακας 8 : Αποτελέσματα Θερμικών Απωλειών (L _p) Διαμερισμάτων – Μονοκατοικιών.....	37
Πίνακας 9 : Τελικά Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων (L) κατοικιών	38
Πίνακας 10 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 29cm	40
Πίνακας 11: Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς κλιμακοστάσιο πάχους 24cm	41
Πίνακας 12 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος	42
Πίνακας 13 : Κτιριακό κέλυφος διαμερίσματος 80m ²	42
Πίνακας 14 : Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος.....	43
Πίνακας 15 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) διαμερίσματος 80m ²	44
Πίνακας 16 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 80m ² κατά τους Χειμερινούς Μήνες	46
Πίνακας 17 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 80m ² κατά τους Θερινούς Μήνες.....	46
Πίνακας 18 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 30cm	49
Πίνακας 19 : Δομικό στοιχείο οροφής πάχους 31cm.....	50
Πίνακας 20 : Δομικό στοιχείο δαπέδου πάχους 24cm	51
Πίνακας 21 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος	53
Πίνακας 22 : Κτιριακό κέλυφος μονοκατοικίας 80m ²	53
Πίνακας 23 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) μονοκατοικίας 80m ²	54
Πίνακας 24 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 80m ² κατά τους Χειμερινούς Μήνες	56
Πίνακας 25 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 80m ² κατά τους Θερινούς Μήνες.....	56
Πίνακας 26 : Μηνιαία Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων και αναγκών ZNX Κατοικιών 80m ²	58
Πίνακας 27 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 29cm	60
Πίνακας 28: Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς κλιμακοστάσιο πάχους 24cm	61
Πίνακας 29 : Κτιριακό κέλυφος διαμερίσματος 100m ²	62
Πίνακας 30 : Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος.....	63
Πίνακας 31 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) διαμερίσματος 100m ²	64
Πίνακας 32 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 100m ² κατά τους Χειμερινούς Μήνες	66
Πίνακας 33 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 100m ² κατά τους Θερινούς Μήνες.....	66
Πίνακας 34 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 30cm	69
Πίνακας 35 : Δομικό στοιχείο οροφής πάχους 31cm.....	70
Πίνακας 36 : Δομικό στοιχείο δαπέδου πάχους 24cm	71
Πίνακας 37 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος	73
Πίνακας 38 : Κτιριακό κέλυφος μονοκατοικίας 100m ²	73
Πίνακας 39 : Ετήσιες θερμικές απώλειες (Q) μονοκατοικίας 100m ²	74
Πίνακας 40 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 100m ² κατά τους Χειμερινούς Μήνες	76
Πίνακας 41 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 100m ² κατά τους Θερινούς Μήνες.....	76

Πίνακας 42 : Μηνιαία Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων και αναγκών ZNX Κατοικιών 100m ²	78
Πίνακας 43 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 29cm	80
Πίνακας 44: Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς κλιμακοστάσιο πάχους 24cm	81
Πίνακας 45 : Κτιριακό κέλυφος διαμερίσματος 120m ²	82
Πίνακας 46 : Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος.....	83
Πίνακας 47 : Ετήσιες θερμικές απώλειες διαμερίσματος 120m ²	84
Πίνακας 48 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 120m ² κατά τους Χειμερινούς Μήνες	86
Πίνακας 49 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 120m ² κατά τους Θερινούς Μήνες.....	86
Πίνακας 50 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 30cm	89
Πίνακας 51 : Δομικό στοιχείο οροφής πάχους 31cm.....	90
Πίνακας 52 : Δομικό στοιχείο δαπέδου πάχους 24cm	91
Πίνακας 53 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος	93
Πίνακας 54 : Κτιριακό κέλυφος μονοκατοικίας 120m ²	93
Πίνακας 55 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) μονοκατοικίας 120m ²	94
Πίνακας 56 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 120m ² κατά τους Χειμερινούς Μήνες	96
Πίνακας 57 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 120m ² κατά τους Θερινούς Μήνες.....	96
Πίνακας 58 : Μηνιαία Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων και αναγκών ZNX Κατοικιών 120m ²	98
Πίνακας 59 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 80m ²	100
Πίνακας 60 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 80m ²	101
Πίνακας 61 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 100m ²	102
Πίνακας 62 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 100m ²	103
Πίνακας 63: Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 120m ²	104
Πίνακας 64 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 120m ²	105
Πίνακας 65 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους Filipini	106
Πίνακας 66 : Η μέση αντιπροσωπευτική (D) ημέρα για κάθε μήνα (TOTEE-20701-3)	112
Πίνακας 67: Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Συνιστωσών D – δ – ω _s – H ₀	114
Πίνακας 68 : Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Συνιστωσών H – H _d – ω' _s – R _b – H _T	114
Πίνακας 69 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP	117
Πίνακας 70 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V	117
Πίνακας 71 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight.....	119
Πίνακας 72 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Διαμερίσματος 80 m ²	121
Πίνακας 73: Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο	122
Πίνακας 74 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group	123
Πίνακας 75 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON ..	124
Πίνακας 76 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron.....	126
Πίνακας 77 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP	129
Πίνακας 78 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V	129
Πίνακας 79 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight	131
Πίνακας 80 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Μονοκατοικίας 80 m ²	133
Πίνακας 81: Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο	134
Πίνακας 82 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group	135
Πίνακας 83 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON ..	136
Πίνακας 84 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron.....	138

Πίνακας 85 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP	141
Πίνακας 86 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V	141
Πίνακας 87 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight	143
Πίνακας 88 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Διαμερίσματος 100 m ²	145
Πίνακας 89 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο	146
Πίνακας 90 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group	147
Πίνακας 91 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON ..	148
Πίνακας 92 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron.....	150
Πίνακας 93 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP	153
Πίνακας 94 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V	154
Πίνακας 95 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight	156
Πίνακας 96 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Μονοκατοικίας 100 m ²	158
Πίνακας 97 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο	159
Πίνακας 98 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group	160
Πίνακας 99 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON..	161
Πίνακας 100 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron.....	163
Πίνακας 101 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP	166
Πίνακας 102 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V	166
Πίνακας 103 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight	168
Πίνακας 104 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Διαμερίσματος 120 m ²	170
Πίνακας 105 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο	171
Πίνακας 106 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group	172
Πίνακας 107 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON.	173
Πίνακας 108 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron.....	175
Πίνακας 109 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP	178
Πίνακας 110 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V	178
Πίνακας 111 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight	180
Πίνακας 112 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Μονοκατοικίας 120 m ²	182
Πίνακας 113 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο	183
Πίνακας 114 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group	184
Πίνακας 115 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON.	185
Πίνακας 116 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron.....	187
Πίνακας 117 : Κόστος ηλιοθερμικής εγκατάστασης για την κάθε περίπτωση κατοικίας	188
Πίνακας 118 : Κόστος ηλιοθερμικής εγκατάστασης για την κάθε περίπτωση κατοικίας	189
Πίνακας 119 : Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων (1)	190
Πίνακας 120 : Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων (2)	190
Πίνακας 121 : Απαιτούμενο πλήθος ηλιοθερμικών και φ/β στοιχείων για την κάθε κατοικία.....	191
Πίνακας 122 : Απαιτούμενη επιφάνεια για κάθε εγκατάσταση συστήματος μονοκατοικίας	194
Πίνακας 123 : Απαιτούμενη επιφάνεια για κάθε εγκατάσταση συστήματος διαμερίσματος	194
Πίνακας 124 : Απαιτούμενες επιφάνειες για την τοποθέτηση των συστημάτων.....	195

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τη Μελέτη τυπικών κατοικιών στο Ηράκλειο Κρήτης, όπου αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη του συνόλου ή μέρους των ενεργειακών τους αναγκών (θέρμανση, ζεστό νερό χρήσης, ηλεκτρικές καταναλώσεις). Συγκεκριμένα, μελετούνται έξι τυπικές κατοικίες, εκ των οποίων τρία διαμερίσματα επιφανείας 80, 100 και 120m² και τρεις μονοκατοικίες των αντιστοίχων επιφανειών, για τις οποίες διερευνάται η δυνατότητα κάλυψης των αναγκών τους από ΑΠΕ. Η κάλυψη τους από τις ΑΠΕ, αφορά την κάλυψη των θερμικών αναγκών τους και του Ζεστού Νερού Χρήσης με την χρήση ηλιοθερμικών μονάδων και την κάλυψη της ηλεκτρικής τους ενέργειας από αυτόνομη μονάδα φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Στα πρώτα δύο κεφάλαια, γίνεται μία σύντομη αναφορά στα είδη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και στην Ηλιακή Ακτινοβολία, στις συνιστώσες της και τον υπολογισμό της.

Επειτα, στο κεφάλαιο 3, ακολουθεί επιγραμματικά, η ανάλυση των υπολογισμών του αντικείμενου μελέτης.

Στα επόμενα 3 κεφάλαια (στα κεφάλαια 4, 5 και 6), επαναλαμβάνεται εκτενέστερα, η ανάλυση των υπολογισμών για την κάθε υπό εξέταση περίπτωση κατοικιών.

Στο κεφάλαιο 7, προσδιορίζεται το Ηλεκτροπαραγωγός Ζεύγος για την κάθε κατοικία, και γίνεται μια σύντομη αναφορά στη μεθοδολογία και τον Σχεδιασμό του αυτόνομου φ/β συστήματος και του ηλιακού συστήματος.

Στα επόμενα 3 κεφάλαια (στα κεφάλαια 8, 9 και 10), σχεδιάζονται το κατάλληλο φωτοβολταϊκό και ηλιοθερμικό σύστημα για την κάλυψη των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων των περιπτώσεων, δηλαδή γίνεται η Διαστασιολόγηση της κάθε κατοικίας για την επιλογή του ιδανικότερου Ηλιοθερμικού και Φωτοβολταϊκού Συστήματος.

Στο κεφάλαιο 11, πραγματοποιείται η Χρηματοοικονομική Μελέτη του Συστήματος. Στην οποία αναλύονται τα κόστη του Ηλιοθερμικού Συστήματος, τα κόστη του Φωτοβολταϊκού Συστήματος, και καταγράφονται τα συνολικά κόστη της μελέτης για την κάθε κατοικία.

Στο 12^ο κεφάλαιο πραγματοποιείται η Χωροθέτηση της Εγκατάστασης για όλες τις κατοικίες προσπαθώντας να απαλειφθεί το φαινόμενο της σκίασης για την μεγαλύτερη δυνατή παραγωγή ενέργειας.

Η εργασία έρχεται στο πέρας της, με την ολοκλήρωση του 13^{ου} κεφαλαίου, το οποίο περιλαμβάνει γενικά σχόλια και συμπεράσματα για την υλοποίηση της συγκεκριμένης ενεργειακής μελέτης σε πραγματικές συνθήκες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται ολοένα πιο επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης εναλλακτικών μορφών ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η συνεχώς αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση, σε συνδυασμό με τη μείωση των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.α.) και τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εκτεταμένη χρήση τους, έχουν στρέψει το παγκόσμιο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη τεχνολογιών προσανατολισμένες στην εκμετάλλευση ήπιων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το ενδιαφέρον αυτό ενισχύεται τα τελευταία έτη από το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις η τεχνολογία των Α.Π.Ε. όχι μόνο είναι οικονομικά εφικτή αλλά και αρκετά αποδοτική. Από την άλλη πλευρά, το κύριο μειονέκτημά τους είναι η ανικανότητά τους να εκμεταλλευτούν το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης ενέργειας, φαινόμενο που ισορροπείται από το γεγονός ότι οι Α.Π.Ε. είναι ανεξάντλητες.

Ιδιαίτερα η Ελλάδα, αποτελεί μία χώρα με πλούσιο ηλιακό δυναμικό, ενώ τα πολυάριθμα νησιά της, όπως και οι ακτές της, υποστηρίζουν την εγκατάσταση ανεμογεννητριών λόγω της υψηλής έντασης του ανέμου στις περιοχές αυτές. Τέλος, υπάρχουν και μερικές γεωθερμικές πηγές, που δυστυχώς παραμένουν ανεκμετάλλευτες. Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω πηγές ενέργειας η Ελλάδα θα μπορέσει να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ενεργειακών της αναγκών, ελαττώνοντας σημαντικά την εξάρτησή της από τα συμβατικά καύσιμα.

1.1 Ηλιακή Ενέργεια



Εικόνα 1 :Ήλιος

Οι θερμοκρασίες μερικών εκατομμυρίων βαθμών °C που επικρατούν στην επιφάνεια και το εσωτερικό του ήλιου, προκαλούν τη συσσωμάτωση των ταχύτατα κινούμενων πυρήνων υδρογόνου δημιουργώντας πυρήνες του στοιχείου ηλίου (He).

Η πυρηνική αυτή αντίδραση «σύντηξη πυρήνων» είναι εξώθερμη αντίδραση και χαρακτηρίζεται από την έκλυση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας που ακτινοβολούνται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Αν και το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα εδώ και πέντε δισεκατομμύρια χρόνια περίπου, ο ήλιος διαθέτει τεράστιες ποσότητες υδρογόνου και δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν.

Ο ήλιος αποτελεί λοιπόν, τη βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Κάθε χρόνο μεταφέρει στην επιφάνεια της γης ενέργεια της τάξεως των 1018 kWh, ποσό που υπερκαλύπτει τις σημερινές παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες που είναι της τάξεως 1014 kWh, πλην όμως μόλις ένα μικρό μέρος αυτής της ενέργειας αξιοποιείται σήμερα παγκοσμίως.

Στην Ελλάδα, προσπίπτουν ημερησίως, κατά μέσο όρο 4,3 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας. Για παράδειγμα το νησί της Κρήτης έχει έκταση 8.336.000 τετραγωνικά μέτρα και η ημερήσια ενεργειακή απολαβή είναι 35,84 GWh.

Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο (στη δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2.200 ως 2.300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως).

Θα ήταν ουτοπία, ωστόσο, να φανταστεί κανείς ότι η άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας (θέρμανση ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) θα μπορούσε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες στο σύνολό τους, χωρίς τη συμβολή της έμμεσης (ορυκτά καύσιμα, φωτοσύνθεση κ.α.). Αυτό που μπορεί να ειπωθεί με βεβαιότητα είναι πως ο ρόλος της ηλιακής ενέργειας, τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, θα αυξάνεται διαρκώς στο ενεργειακό ισοζύγιο έναντι των συμβατικών καυσίμων και σε λίγα χρόνια θα καλύπτει ένα σημαντικό ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης στις διάφορες μορφές της.

1.2 Αιολική Ενέργεια

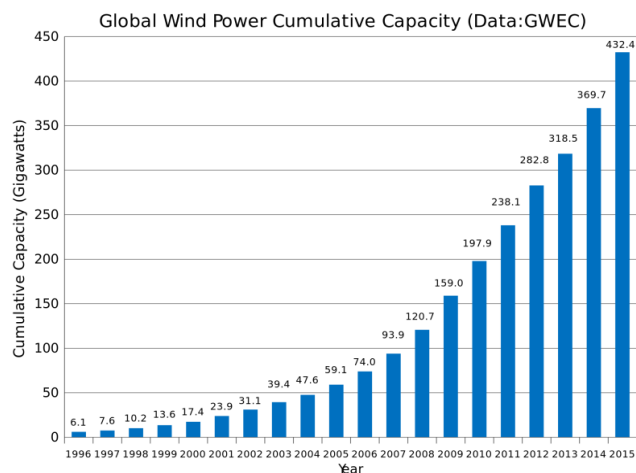
Η ανομοιόμορφη θέρμανση της ατμόσφαιρας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση τεράστιων αερίων μαζών με στόχο την ανακατανομή της απορροφηθείσας θερμότητας. Αποτέλεσμα της μετακίνησης αυτής είναι η δημιουργία των γνωστών, σε όλους, ανέμων (υπολογίζεται ότι το 2% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη γη, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια).

Η εκμετάλλευση του ανέμου από τον άνθρωπο ξεκίνησε πριν από χιλιάδες χρόνια (ανεμόμυλοι, ιστιοφόρα κ.α.). Το 1940 άρχισαν οι πρώτες προσπάθειες για την αξιοποίησή του στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ πρωταρχικό σκοπό στον τομέα αυτό αποτελεί η εξέλιξη των ανεμογεννητριών ως προς τη σχεδίαση, την κατασκευή και τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Σήμερα λειτουργούν παγκοσμίως, είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες σε ένα ευρύτερο ηλεκτρικό δίκτυο, περίπου 30.000 ανεμογεννήτριες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 370GW .



Εικόνα 2 : Θαλάσσιο Αιολικό Πάρκο

Υπό κατασκευή βρίσκεται το μεγαλύτερο θαλάσσιο αιολικό πάρκο στον κόσμο, το "Hornsea", το οποίο θα κατασκευαστεί στα ανοικτά των ακτών του Yorkshire της Αγγλίας



Εικόνα 3 : Παγκόσμια Αθροιστική Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικής Ενέργειας

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αιολική ενέργεια είναι από τις πλέον ελκυστικές ήπιες μορφές ενέργειας, ενώ αναμένεται να αξιοποιηθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων ανεμογεννητριών, που θα μειώσουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική σε ακόμα περισσότερα μέρη.

1.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια των υδάτων είναι από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας που μετατράπηκαν σε άλλες μορφές ενέργειας για να αξιοποιηθούν, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

Για την αποδοτικότερη εκμετάλλευση της ενέργειας των υδάτων χτίζονται φράγματα, που δημιουργούν τεχνητές λίμνες, στις οποίες το νερό συγκεντρώνεται σε μεγάλο ύψος. Εν συνεχεία, το νερό κατέρχεται μέσω αγωγών και προσπίπτει σε πτερύγια υδροστροβίλων που αναγκάζονται να περιστραφούν. Γεννήτριες μηχανικά συζευγμένες στον ίδιο άξονα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

Οι υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων (μερικές φορές υπερβαίνουν το 90%) σε συνδυασμό με τη μεγάλη διάρκεια ζωής των μικροϋδροηλεκτρικών έργων (μπορεί να υπερβαίνει τα εκατό έτη) αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά υδροηλεκτρικά εργοστάσια, που παράγουν το 10% περίπου της ενέργειας που καταναλίσκεται στη χώρα.



Εικόνα 4 : Three Gorges Dam

Το μεγαλύτερο Υδροηλεκτρικό Εργοστάσιο στον κόσμο, στον ποταμό Yangtze , στην επαρχία Yiling της Κίνας

1.4 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης, οφειλόμενη σε δύο πηγές : στη θερμότητα του αρχικού σχηματισμού της και στη ραδιενεργό διάσπαση ασταθών στοιχείων που υπάρχουν στον φλοιό, όπως το ουράνιο, το θόριο και το πλουτόνιο.

Η εκμετάλλευσή της είναι γενικά αντικοινωνική. Υπάρχουν όμως περιοχές της γης, τα γεωθερμικά πεδία, όπου η ενέργεια αυτή εμφανίζεται επιφανειακά υπό μορφή ζεστού νερού (60-100°C) υγρού ατμού (νερό με πίεση υψηλότερη της ατμοσφαιρικής και θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100°C ή κεκορεσμένου ξηρού ατμού και μπορεί να αξιοποιηθεί σε βιομηχανικές - αγροτικές εφαρμογές, θέρμανση - ψύξη κατοικιών και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα απολήψιμο γεωθερμικό δυναμικό έχει εντοπισθεί στα νησιά: Μήλος (100-120MW), Νίσυρος και Λέσβος (50 – 60 MW) για 25 χρόνια.



Εικόνα 5 : Το «φυσικό συντριβάνι» της Νεβάδας - Ο Θερμοπίδακας Fly Geyser

Ο θερμοπίδακας αυτός, βρίσκεται στη Νεβάδα των ΗΠΑ. Μοιάζει να βρίσκεται σε κάποιο άλλο πλανήτη. Εντυπωσιακό είναι ότι ο θερμοπίδακας βρίσκεται σε ιδιωτική έκταση, ο ιδιοκτήτης της οποίας απαγορεύει την είσοδο στο κοινό, παρά τις προσπάθειες διαφόρων οργανώσεων να αγοράσουν τη γη ή να επιτύχουν ένα συμβιβασμό.

Η ιστορία του θερμοπίδακα ξεκινά το 1917 περίπου, όταν ο Todd Jaksick (ιδιοκτήτης) πραγματοποίησε γεώτρηση για νερό. Πράγματι ένα πηγάδι άρδευσης δημιουργήθηκε και λειτούργησε για δεκαετίες. Φαίνεται όμως ότι η γεώτρηση έφτασε πολύ κοντά σε μια κοιλιότητα γεωθερμικής ενέργειας η οποία με το πέρασμα του χρόνου βρήκε διόδο στην επιφάνεια. Έτσι κοντά στο 1960 δημιουργήθηκε ο πρώτος θερμοπίδακας, με το νερό εκλύεται συνεχώς από τον θερμοπίδακα και να φτάνει πάνω από 1,5 μέτρο ύψος. Ο θερμοπίδακας αποτελείται από μία σειρά διαφορετικών ορυκτών αλλά τα λαμπρά και εκπληκτικά του χρώματα του οφείλονται σε θερμόφιλα φύκια. Στην περιοχή αυτή, έχουν δημιουργηθεί ακόμα δύο θερμοπίδακες με παρόμοιο τρόπο καθώς και 30-40 μικρές φυσικές λίμνες.

1.5 Ενέργεια από Βιομάζα

Βιομάζα καλείται γενικά η οργανική ύλη που μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια. Εκτός από τα ξύλα, συγκαταλέγονται τα αγροτικά υπολείμματα (κλαδιά δέντρων, υπολείμματα ξυλείας, υπολείμματα σιτηρών, το πυρηνόξυλο της ελιάς, κ.τ.λ.) και τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας. Επίσης, είναι δυνατόν να παραχθούν χρήσιμα καύσιμα (βιοαέριο) από την μετατροπή των στερεών αποβλήτων, των αποβλήτων των ζώων και από τα υγρά απόβλητα.



Εικόνα 6 : Διάφορες Μορφές Βιομάζας

Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από ενώσεις, που βασικά στοιχεία έχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο. Στη χώρα μας 10 εκατομμύρια στρέμματα γης έχουν ήδη ή προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και να εγκαταλειφθούν. Εάν η έκταση αυτή αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, η καθαρή ωφέλεια σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται, είναι περίπου στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου.

1.6 Άλλες ΑΠΕ

Οι παρακάτω ΑΠΕ για τις οποίες γίνεται μια σύντομη αναφορά έχουν σήμερα μικρό μερίδιο σε εγκατεστημένη ισχύ από ΑΠΕ καθώς πολλές από αυτές βρίσκονται σε σχετικά πρώιμο ερευνητικό στάδιο.

1.6.1 Ενέργεια από Κύματα

Η ενέργεια που περικλείουν τα κύματα, η οποία ακόμα αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πειραματισμού για τον ικανοποιητικό τρόπο αξιοποίησης της, αποτελεί μια άλλη μορφή ενέργειας, που έμμεσα οφείλεται στον ήλιο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος και το μήκος ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας μεταφέρει.

Οι σπονδυλωτές κατασκευές (εικόνα) που έχουν εγκαταστήσει εκεί αντλούν την ενέργεια των κυμάτων και μεταφέρουν την πίεση σε γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος. Οι γεννήτριες παράγουν 2.250 kW, ενέργεια η οποία είναι ικανή να καλύψει ανάγκες 2.000 ανθρώπων. Η παραγωγή της ενέργειας από τα θαλάσσια κύματα υλοποιείται στα ανοικτά της Πορτογαλίας από την σκωτσέζικη εταιρεία Ocean Power Delivery εν όψει του προγράμματος Pelamis.



Εικόνα 7 : Κυματοθραύστης

1.6.2 Ενέργεια των παλίρροιών

Οι παλίρροιες οφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το βαρυτικό πεδίο και από την περιστροφή της γης. Μακροπρόθεσμα θεωρείται ότι θα υπάρξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τέτοιου είδους επενδύσεις σε ΑΠΕ καθώς παρουσιάζουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

1.6.3 Θερμική ενέργεια των Ωκεανών

Η Διαφορά θερμοκρασίας που παρουσιάζει το νερό της επιφάνειας των θαλασσών των τροπικών περιοχών (25-30) °C και το νερό βαθύτερων στρωμάτων (4-6) °C αποτελεί μια εκμεταλλεύσιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

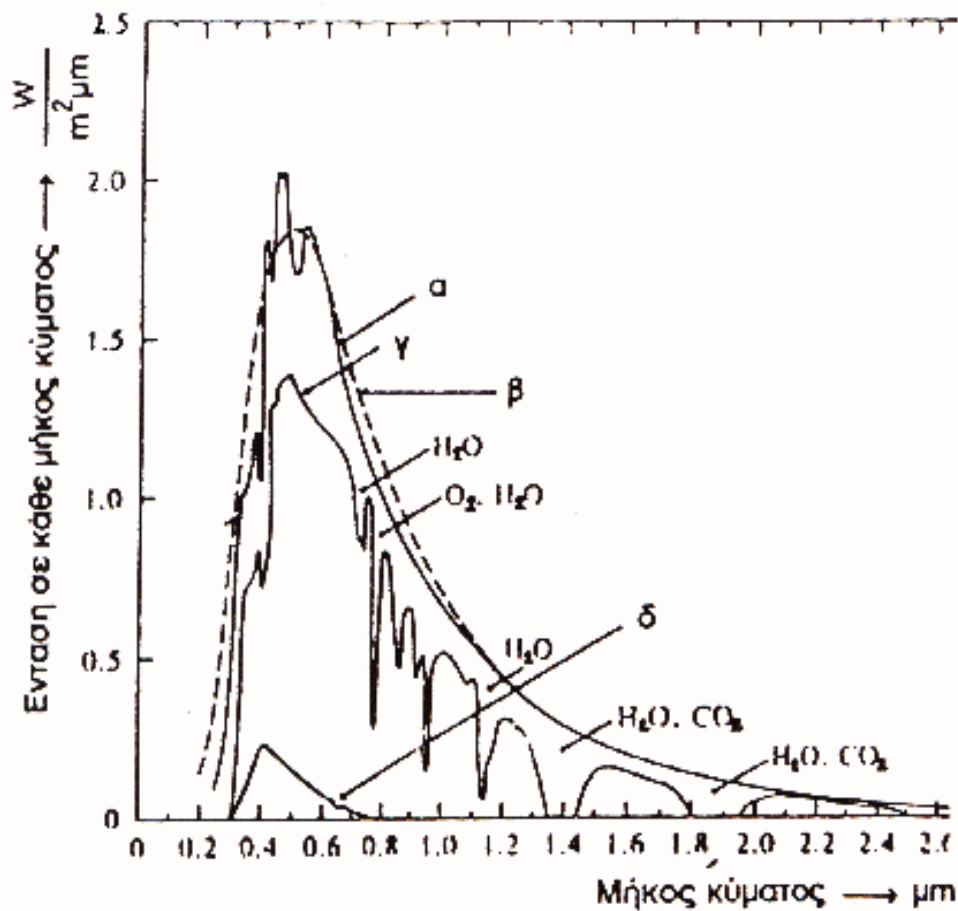
1.6.4 Ενέργεια των θαλάσσιων ρευμάτων

Τα θαλάσσια ρεύματα αποτελούν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό. Σήμερα η εκμετάλλευση της ενέργειας των θαλάσσιων ρευμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1 Ηλιακή Ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών με μήκη κύματος από 0,3 μm μέχρι 3 μm , με μέγιστο ενεργειακό περιεχόμενο στην περιοχή των 0,5 μm και μπορεί περίπου να εξομοιωθεί με την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα σε θερμοκρασία 5762 Kelvin, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 8 : Καμπύλες φασματικής κατανομής (Σχ.1)

α. Ηλιακό φάσμα έξω από την ατμόσφαιρα AM 0

β. Κατανομή ακτινοβολίας από μέλαν σώμα στους 5762 K

γ. AM 1 – Η ακτινοβολία έχει διαπεράσει την ατμόσφαιρα κάθετα προς την επιφάνεια της γης

δ. Διάχυτη ακτινοβολία

2.2 Πυκνότητα Ισχύος (G) της ηλιακής ακτινοβολίας

Η συνολική ενέργεια στη μονάδα του χρόνου (ισχύς) που προέρχεται από μια πηγή ακτινοβολίας και προσπίπτει σε μια μοναδιαία επιφάνεια, αποτελεί την πυκνότητα ισχύος (Irradiance) ή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και μετράται σε $\frac{W}{m^2}$ και συμβολίζεται με το γράμμα G. Η τιμή της σε ορισμένη ώρα και σημείο στην επιφάνεια της γης εξαρτάται έντονα από την θέση του ήλιου στον ουρανό, αλλά και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της γης, ένα μέρος της απορροφάται από τα μόρια του αέρα, τα σύννεφα κλπ., ένα άλλο διαχέεται εντός της ατμόσφαιρας και ένα τρίτο προσπίπτει απ' ευθείας στην επιφάνεια του συλλέκτη (άμεση ή ακτινική ακτινοβολία). Η συνολική ακτινοβολία (global radiation) που φθάνει στην επιφάνεια του συλλέκτη είναι το άθροισμα της ακτινικής ή άμεσης ακτινοβολίας (beam ή direct radiation), που προσπίπτει επί αυτού απ' ευθείας, και της διάχυτης ακτινοβολίας (diffuse radiation), που προέρχεται από αυτήν που διαχέεται στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον, όταν ο συλλέκτης εγκαθίσταται με κλίση προς το οριζόντιο επίπεδο, προστίθεται και ένα μικρό σχετικά ποσοστό προερχόμενο από ανάκλαση σε παρακείμενα αντικείμενα (albedo radiation). Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας, ιδίως σε όχι πολύ βόρειες περιοχές, προέρχεται από την άμεση ακτινοβολία, σημαντική όμως είναι και η συμβολή της διάχυτης. Η πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο διάστημα κυμαίνεται σε μικρά όρια σε μέση τιμή :

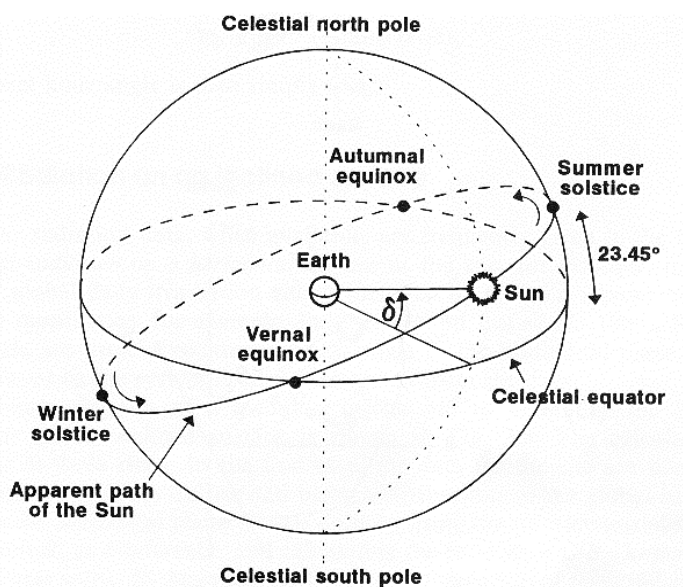
$$G = 1367 \frac{W}{m^2}$$

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας εκτός της ατμόσφαιρας, η οποία εξαρτάται από την κίνηση της γης περί τον ήλιο, μπορεί να υπολογίζεται με ακρίβεια, με βάση γεωμετρικές σχέσεις. Αντίθετα η μείωση που υφίσταται αυτή, κατά την διαδρομή της στην ατμόσφαιρα, εξαρτάται από την κατάστασή της και αποτελεί στατιστικό μέγεθος.

2.3 Κίνηση της Γης

Όπως είναι γνωστό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλεται κατά την διάρκεια του 24-ώρου λόγω περιστροφής της γης περί τον άξονά της και κατά την διάρκεια του έτους λόγω της περιστροφής της γης γύρω από τον ήλιο σε ελλειπτική τροχιά, το επίπεδο της οποίας ονομάζεται εκλειπτική.

Η σχετική θέση του ήλιου και της γης περιγράφεται απλούστερα με βάση την ουράνια σφαίρα, στο κέντρο της οποίας θεωρείται ότι βρίσκεται η γη, (Σχ.2). Το επίπεδο του ισημερινού της γης τέμνει την ουράνια σφαίρα στον ουράνιο ισημερινό και ο πολικός άξονας της γης στους ουράνιους πόλους. Η κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο φαίνεται ως η κίνηση του ήλιου στην ουράνια σφαίρα στην εκλειπτική, η οποία σχηματίζει γωνία 23.45° με το επίπεδο του ουράνιου ισημερινού.



Εικόνα 9 : Η ουράνια σφαίρα με την φαινόμενη ετήσια κίνηση του ήλιου (Σχ.2)

Η γωνία δ μεταξύ της ευθείας που ενώνει τα κέντρα του ήλιου και της γης και του επιπέδου του ισημερινού, ονομάζεται ηλιακή απόκλιση (declination) και υπολογίζεται από τη σχέση:

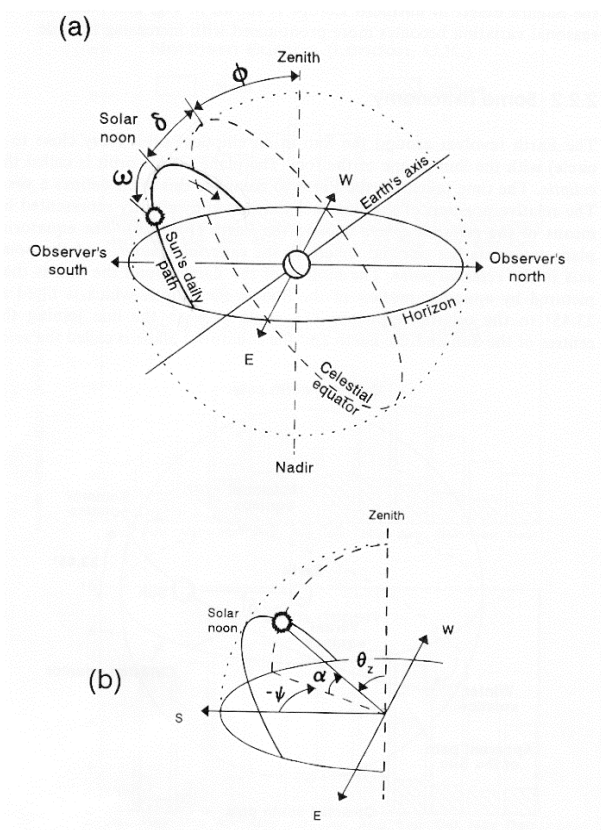
$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (1)$$

όπου , $n = 1$ έως 365 ημέρες του έτους

Η ημερήσια κίνηση της γης απεικονίζεται με την ημερήσια περιστροφή της ουράνιας σφαίρας περί τον πολικό άξονα και η στιγμιαία θέση του ήλιου περιγράφεται από την ωριαία γωνία ω , η οποία ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του μεσημβρινού που περνάει από τον ήλιο και του μεσημβρινού που περνάει από την θέση του παρατηρητή, δηλαδή της εγκατάστασης, (Σχ.3a).

Για έναν παρατηρητή στην επιφάνεια της γης προσφέρεται να οριστεί ένα σύστημα συντεταγμένων με βάση την κατακόρυφο, η οποία τέμνει την ουράνια σφαίρα στο ζενίθ και το ναδίρ, και τον ορίζοντα που είναι το επίπεδο το κάθετο στον άξονα αυτόν, (Σχ.3b) .

Η γωνία θ_z μεταξύ του ζενίθ και της ευθείας όρασης του ήλιου ονομάζεται γωνία ζενίθ ή ζενιθία γωνία, η δε συμπληρωματική της ονομάζεται ύψος του ήλιου.



(a) Το σύστημα συντεταγμένων για τον προσδιορισμό της ημερήσιας κίνησης του ήλιου.

(b) Ορισμός των ηλιακών γωνιών α , γ , θ_z

Εικόνα 10 : Συντεταγμένες και Ηλιακές γωνίες (Σχ. 3)

Η άλλη πολική συντεταγμένη για τον προσδιορισμό της θέσης του ήλιου είναι η αζιμούθια γωνία ηλίου γ_s , (Σχ.3b), μεταξύ της προβολής της ευθείας όρασης του ήλιου στο επίπεδο του ορίζοντα και του νότου.

Είναι $\gamma_s = 0^\circ$ στο νότο, $\gamma_s = 90^\circ$ στη δύση, $\gamma_s = -90^\circ$ στη ανατολή και $\gamma_s = 180^\circ$ στο βορά.

2.4 Η ηλιακή ακτινοβολία στο όριο της ατμόσφαιρας

Η μεταβολή της απόστασης της γης από τον ήλιο έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας.

Αν G_{on} η ένταση της ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας σε επίπεδο κάθετο προς τις ακτίνες του ήλιου τη ν-οστή μέρα του έτους και G_{sc} η μέση τιμή της ηλιακής σταθεράς, τότε:

$$G_{on} = G_{sc} \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (2)$$

Όπου: $n = 1$ έως 365^n ημέρα του έτους

Η ηλιακή ακτινοβολία στο όριο της ατμόσφαιρας σε οριζόντια επιφάνεια κατά τη ν-οστή μέρα του έτους είναι:

$$G_o = G_{on} \cdot \cos \theta_z \quad (\text{Ισχύς})$$

Η παραπάνω σχέση μας δίνει τη συνολική ενέργεια στη μονάδα του χρόνου (ισχύς) που προέρχεται από τον ήλιο και προσπίπτει σε μια μοναδιαία οριζόντια επιφάνεια, μετράται δε, σε W/m^2 .

Έτσι, για να υπολογισθεί η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε οριζόντια επιφάνεια στο όριο της ατμόσφαιρας, H_o αρκεί να γίνει ολοκλήρωση της παρακάτω σχέσης από την ανατολή έως τη δύση του ηλίου :

$$H_o = \int_{\omega_r}^{\omega_s} G_o d\omega \Rightarrow$$
$$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \times$$
$$\times \left(\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360} \sin \varphi \sin \delta \right)$$

Ομοίως, ολοκληρώνοντας την (2) στο διάστημα που ορίζεται από τις ωριαίες γωνίες ω_1 , ω_2 με $\omega_2 > \omega_1$, προκύπτει η πυκνότητα ενέργειας της ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια στο όριο της ατμόσφαιρας για χρονική περίοδο μιας ώρας, I_o

$$I_{o(\omega_1 \rightarrow \omega_2)} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} G_o d\omega \Rightarrow$$

$$I_{o(\omega_1 \rightarrow \omega_2)} = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \times$$

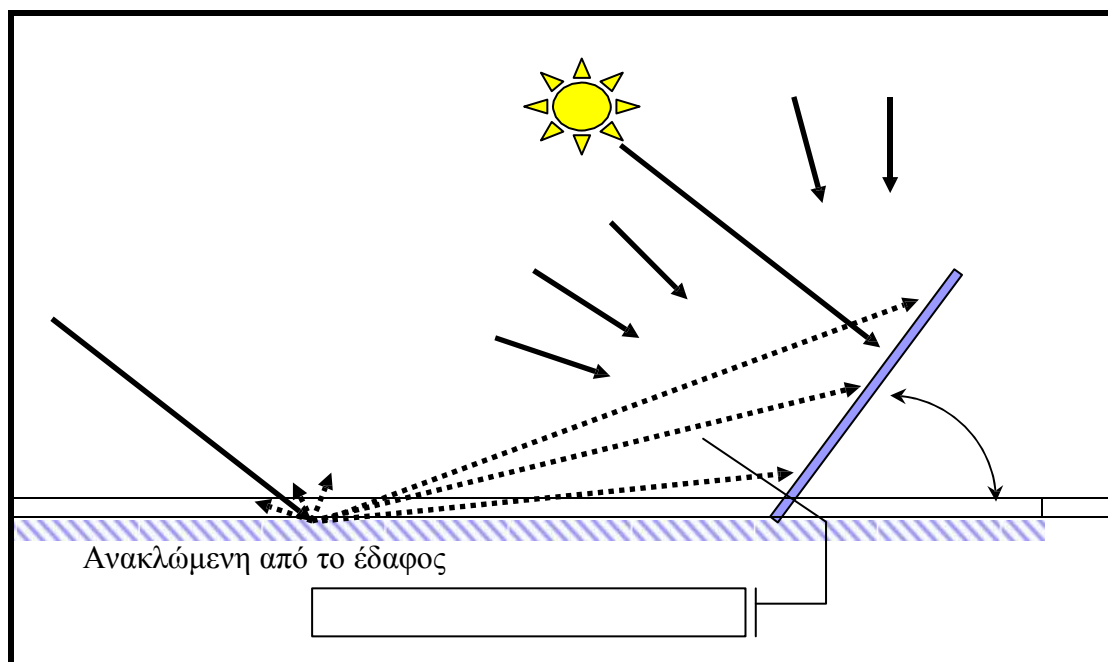
$$\times \left[\cos \varphi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2\pi(\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin \varphi \sin \delta \right]$$

Ωστόσο, μία πολύ χρήσιμη ποσότητα (για λόγους που θα γίνουν ορατοί στη συνέχεια) είναι η μέση – μηνιαία ημερήσια ακτινοβολία, H_o στο όριο της ατμόσφαιρας. Η ποσότητα αυτή αντιπροσωπεύει την ημερήσια ακτινοβολία για τη μέση μέρα του μήνα. Η μέση μέρα του μήνα είναι εκείνη της οποίας η ολική προσπίπτουσα ακτινοβολία βρίσκεται «πιο κοντά» στη μέση τιμή των ημερήσιων ακτινοβολιών όλων των ημερών του εν λόγω μήνα. Με βάση αυτό, έχουν προκύψει ως μέσες μέρες των μηνών του έτους οι :

Πίνακας 1 : Πίνακας Klein

Μήνας	Μέση Μέρα	Μέρα του έτους
Ιανουάριος	17 ^η	17
Φεβρουάριος	16 ^η	47
Μάρτιος	16 ^η	75
Απρίλιος	15 ^η	105
Μάιος	15 ^η	135
Ιούνιος	11 ^η	162
Ιούλιος	17 ^η	198
Αύγουστος	16 ^η	228
Σεπτέμβριος	15 ^η	258
Οκτώβριος	15 ^η	288
Νοέμβριος	14 ^η	318
Δεκέμβριος	10 ^η	344

2.5 Η ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη



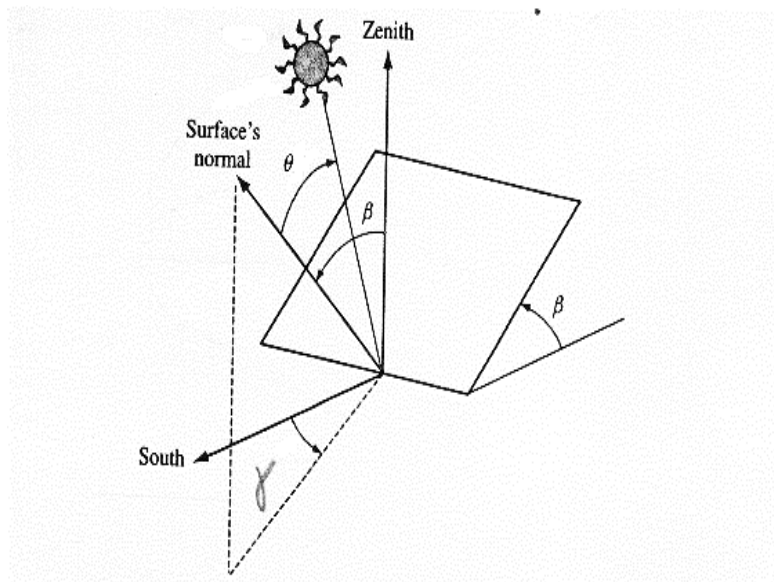
Εικόνα 11 : Οι συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας (Σχ.4)

Συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα κεκλιμένο επίπεδο στην επιφάνεια του εδάφους, αποτελείται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τρεις συνιστώσες: την άμεση (δείκτης: b), που προέρχεται από τον ηλιακό δίσκο, τη διάχυτη (δείκτης: d), που προέρχεται από τον ουράνιο θόλο και την ανακλώμενη (δείκτης: r) που προέρχεται από ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος της γύρω περιοχής.

Η απορροφούμενη ηλιακή ενέργεια είναι μέγιστη όταν οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν κάθετα στο επίπεδο του συλλέκτη. Συνεπώς για να επιτευχθεί η λήψη της μέγιστης ποσότητας της ηλιακής ενέργειας θα έπρεπε ο συλλέκτης να στρέφεται συνεχώς ώστε να παρακολουθεί την πορεία του ήλιου, πράγμα όμως που κατά κανόνα αυξάνει αδικαιολόγητα το κόστος της εγκατάστασης και εφαρμόζεται σε ειδικές μόνο περιπτώσεις. Στην πράξη, κατά γενικό κανόνα, η θέση των συλλεκτών, δηλαδή του προσανατολισμού και της κλίσης τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο, παραμένει αμετάβλητη ή το πολύ προβλέπεται η χειροκίνητη μεταβολή της κλίσης τους μια ή δύο φορές το έτος.

Στην γενικότερη περίπτωση, η θέση του συλλέκτη προσδιορίζεται από την γωνία β , που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο, (ονομάζεται κλίση της επιφάνειας - συλλέκτη) και την γωνία γ , που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνειά του και την κατεύθυνση προς νότο (ονομάζεται αζιμούθια γωνία της επιφάνειας - συλλέκτη).



Εικόνα 12 : Τυχούσα θέση συλλέκτη (κλίση β , αζιμούθια γωνία γ) και γωνία πρόσπτωσης του ήλιου θ (Σχ.5)

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα (Σχ.2.5), η θέση ενός συλλέκτη (κλίση β , αζιμούθια γωνία γ), λαμβανομένου υπ' όψιν του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής που αυτός βρίσκεται, οδηγεί στο σχηματισμό σαφώς ορισμένης γωνίας μεταξύ της άμεσης ακτινοβολίας και της καθέτου της επιφάνειας αυτής.

Η γωνία αυτή ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης, θ , και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\varphi \cos\beta - \sin\delta \cos\varphi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\varphi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\varphi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega$$

Για το νότιο ημισφαίριο θα πρέπει να αντιστραφεί το πρόσημο στον 2° και το 4° από τους πέντε προσθετούς της παραπάνω εξίσωσης.

Η κεκλιμένη επιφάνεια που βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο και είναι εστραμμένη στο νότο ($\gamma=0^\circ$) αντικαθίσταται από μία οριζόντια επιφάνεια σε ένα τεχνητό γεωγραφικό πλάτος ($\varphi-\beta$) για την οποία ισχύει:

$$\cos\theta = \cos(\varphi - \beta) \cos\delta \cos\omega + \sin(\varphi - \beta) \sin\delta$$

Για το νότιο ημισφαίριο αρκεί να τεθεί αρνητική τιμή της γωνίας φ .

Για οριζόντιες επιφάνειες, αρκεί να τεθεί $\beta=0^\circ$, οπότε η γωνία πρόσπτωσης ταυτίζεται με το ζενίθ, δηλαδή $\theta=\theta_z$.

2.6 Υπολογισμός Ηλιακής Ακτινοβολίας

Όπως ήδη αναφέραμε, η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια, έχει δυο συνιστώσες: την άμεση και την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.

Άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή η οποία φτάνει απ' ευθείας από τον ηλιακό δίσκο στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση (αλλαγή κατεύθυνσης) κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Εξαρτάται από την απόσταση Ήλιου-Γης, την ηλιακή απόκλιση (δ), το ηλιακό ύψος (α), το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (φ), το υψόμετρο του τόπου (h), την κλίση της επιφάνειας επί της οποίας προσπίπτει (β), καθώς και από την απορρόφηση και διάχυση την οποία υφίσταται μέσα στην ατμόσφαιρα.

Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά την ανάκλαση ή σκέδαση μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά και μετά από ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος(α), το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους, το ποσό και το είδος των νεφών, καθώς και από την παρουσία διαφόρων κέντρων σκεδάσεως (αερολυμάτων, υδροσταγόνων κ.α.) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα, τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης.

Για τον λόγο αυτό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη κατά την θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή. Τέλος, όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια επιφάνεια στην Γη τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της.

Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1,400-1,800 (kWh/(m²/yr) ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση (W/m²) στην διάρκεια του χρόνου και της ημέρας. Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο, λόγω την θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων).

Για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε κεκλιμένη ή/και περιστρεφόμενη επιφάνεια, είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day), αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²) για διάφορες περιοχές της χώρας μας.

Πίνακας 2 : Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία (H) στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/(m²mo))

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	63,0	79,0	117,7	154,3	195,4	214,0	222,4	202,7	152,6	109,0	70,7	55,7
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	63,3	77,7	118,9	152,7	190,4	207,4	214,5	198,6	156,0	111,1	68,1	54,4
Αγρίνιο	63,5	78,3	119,4	148,4	189,9	214,1	224,2	200,3	151,3	109,8	69,8	55,1
Αγχιάλος	61,3	74,3	112,5	149,2	189,7	212,7	217,4	195,1	146,8	98,8	63,1	51,5
Αλεξανδρούπολη	50,7	68,9	107,3	141,8	182,8	205,8	211,6	192,3	144,2	99,4	57,8	43,7
Αλιάρτος	51,0	70,0	114,0	158,0	206,0	216,0	220,0	204,0	153,0	102,0	66,0	49,0
Ανδραβίδα	68,4	83,4	128,4	159,5	200,2	220,6	228,4	205,5	156,1	115,6	75,2	60,1
Αραξος	62,6	78,6	119,7	155,6	196,1	210,9	217,8	197,6	152,4	110,2	69,4	54,6
Άργος (Πυργέλα)	68,7	83,6	127,7	159,5	202,5	220,6	229,0	206,4	157,2	115,5	74,8	59,2
Αργασόλι	65,0	80,0	124,9	157,3	204,3	219,4	226,1	203,1	155,6	112,6	72,6	56,1
Ζάκυνθος	64,2	77,6	110,1	158,8	190,8	200,1	218,5	203,8	154,0	104,3	65,4	52,8
Άρτα	65,5	79,7	120,4	149,1	190,2	211,2	218,1	196,4	150,6	110,0	69,5	56,2
Ηράκλειο	65,6	81,6	125,0	166,5	207,3	222,4	227,1	207,0	163,0	117,3	78,6	61,2
Θεσσαλονίκη	52,6	67,5	103,2	140,7	179,1	198,6	209,5	184,7	136,7	91,4	56,6	45,5
Ιεράπετρα	73,0	89,0	137,0	174,0	210,0	220,0	224,0	205,0	165,0	125,0	89,0	69,0
Ιωάννινα	51,8	66,4	105,2	134,9	178,3	202,1	212,0	190,3	136,5	96,1	57,6	45,1
Καλαμάτα	68,2	82,3	126,1	156,2	198,7	216,0	222,0	200,9	154,9	114,5	75,2	59,3
Καστοριά	57,6	71,3	111,2	141,1	173,6	201,8	206,3	185,5	138,5	97,0	60,0	47,7
Κέρκυρα	57,7	73,5	116,7	149,9	195,4	213,6	221,0	197,8	148,2	103,1	64,4	50,7
Κομοτηνή	50,0	65,0	105,0	145,0	188,0	209,0	215,0	193,0	145,0	99,0	58,0	45,0
Κόνιτσα	53,0	65,0	112,0	138,0	190,0	200,0	216,0	194,0	141,0	99,0	63,0	50,0
Κόρινθος (Βέλο)	65,4	82,8	123,4	157,9	201,7	218,3	223,2	201,9	154,2	111,9	72,0	55,2
Κύθηρα	68,0	81,0	127,0	161,0	210,0	220,0	223,0	204,0	160,0	117,0	78,0	60,0
Λαμία	59,4	73,1	113,9	150,5	188,8	210,3	214,1	193,4	145,5	100,3	65,3	52,1
Λάρισα	55,1	71,4	112,1	151,1	190,9	210,8	215,8	194,3	145,9	97,8	61,2	47,8
Λήμνος	51,1	69,6	112,3	154,3	199,5	215,3	220,9	198,5	150,8	104,6	61,3	46,0
Μεθώνη	62,0	78,0	125,0	155,0	207,0	215,0	220,0	199,0	157,0	116,0	77,0	57,0
Μήλος	56,0	67,0	120,0	175,0	213,0	223,0	226,0	205,0	164,0	112,0	77,0	52,0
Μυτιλήνη	52,0	70,0	113,0	156,0	209,0	219,0	223,0	201,0	156,0	109,0	67,0	50,0
Νάξος	60,3	77,0	122,6	161,2	204,7	220,4	224,5	204,8	159,1	115,9	73,7	55,6
Πάρος	60,0	80,0	125,0	168,0	211,0	220,0	223,0	202,0	160,0	117,0	75,0	58,0
Πάτρα	55,0	72,0	124,0	147,0	200,0	215,0	218,0	197,0	153,0	107,0	66,0	53,0
Πύργος	68,4	83,1	127,5	157,9	200,4	215,6	223,8	202,1	155,0	115,9	75,5	59,3
Ρέθυμνο	62,0	81,0	119,0	164,0	211,0	218,0	223,0	204,0	160,0	106,0	81,0	58,0
Ρόδος	69,9	85,1	130,8	164,0	203,0	217,2	225,1	204,3	158,9	120,2	79,2	61,2
Σάμος	64,9	82,1	126,7	162,5	206,8	224,9	230,6	209,6	163,7	120,5	78,6	58,5
Σέρρες	50,8	68,0	105,7	141,0	180,5	202,8	209,7	187,7	140,8	94,7	56,5	43,7
Σητεία	66,5	83,0	128,4	165,2	207,4	223,2	227,1	207,5	163,7	119,3	80,4	61,9
Σκύρος	51,2	69,1	109,9	153,3	197,2	214,2	219,7	198,8	151,7	102,5	62,9	47,7
Σούδα	65,0	81,7	130,7	166,5	208,5	221,9	228,5	209,3	163,6	116,3	76,8	60,3
Σύρος	58,0	80,0	121,0	172,0	212,0	219,0	225,0	204,0	160,0	199,0	74,0	57,0
Τανάγρα	59,1	74,2	112,7	151,9	194,0	215,4	222,0	201,3	153,1	104,5	64,7	51,2
Τρίκαλα (Ημαθίας)	57,3	72,2	105,6	140,2	178,0	202,9	206,4	185,8	138,6	94,0	59,7	49,1
Τυμπάκιο	73,4	90,5	137,5	169,0	207,8	222,9	228,7	209,8	166,3	127,2	85,9	67,7
Χανιά	62,0	80,0	124,0	167,0	212,0	220,0	225,0	205,0	161,0	111,0	78,0	59,0
Χίος	55,0	72,0	119,0	161,0	210,0	220,0	225,0	203,0	159,0	116,0	71,0	53,0
Χρυσούπολη	57,5	78,0	111,3	137,6	189,9	204,0	208,8	187,6	141,8	97,7	62,1	43,3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΟΛΟΓΟΣΜΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Υπολογισμός των Συντελεστών Θερμοπερατότητας (U) Αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), αυτού οριζόμενου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεών του στρώσεις αέρα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

όπου:

U: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (W/(m²K))

N: το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου (-)

d: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου (m)

λ: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης (W/(m×K))

R_s: η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος (m²K/W)

R_i: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο (m²K/W)

R_a: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον (m²K/W)

Αναλυτικότερα παρατίθεται ο πίνακας που ακολουθεί:

**Πίνακας 3 : Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και
αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946**

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

3.2 Υπολογισμός των Συντελεστών Θερμοπερατότητας (U_w) Διαφανών δομικών στοιχείων

Στον αναλυτικό πίνακα 10 της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 δίνονται ενδεικτικά τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) για διαφορετικούς τύπους κουφώματος συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου (αλουμίνιο, συνθετικό, ξύλο) του τύπου του υαλοπίνακα (διπλός, τριπλός, με επικάλυψη από τη μία πλευρά ή από τις δύο), της ικανότητας θερμικής εκπομπής, του τύπου του αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και της ποσοστιαίας αναλογίας πλαισίου υαλοπίνακα. Στην περίπτωση που τα κουφώματα του εξεταζόμενου κτιρίου παρουσιάζουν όμοια γεωμετρικά και θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά με τα κουφώματα του πίνακα τότε μπορεί να γίνει απευθείας χρήση των τιμών του, δηλαδή η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος μπορεί να ληφθεί απευθείας από τον πίνακα. Σημειώνεται ότι στις τιμές του πίνακα έχει ληφθεί επίσης υπ' όψιν η παρατηρούμενη θερμογέφυρα που δημιουργείται στην επαφή του υαλοπίνακα με το πλαίσιο του κουφώματος.

3.3 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) της κατοικίας

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας της κατοικίας (U_m) προκύπτει από το συνυπολογισμό όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στη γενική του έκφραση ο υπολογισμός του U_m προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \times U_j \times b}{\sum_{j=1}^n A_j} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

όπου:

U_m : ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους της κατοικίας ($\text{W/(m}^2\text{K)}$)

n : ο πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου (-)

A_j : το εμβαδόν επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους της κατοικίας (m^2)

U_j : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους της κατοικίας ($\text{W/(m}^2\text{K)}$)

b : μειωτικός συντελεστής (-)

Επισημαίνεται ότι στον υπολογισμό του U_m συμμετέχουν όλες οι επιφάνειες που περικλείουν το κέλυφος του κτιρίου.

3.4 Ο μειωτικός συντελεστής (b) και παραδοχές

Ο μειωτικός συντελεστής (b) προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους της κατοικίας στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος.

Στην περίπτωση επιφάνειας που έρχεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο, η ροή θερμότητας μέσω του δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο από το μη θερμαινόμενο χώρο είναι ίση με τη ροή θερμότητας από το μη θερμαινόμενο χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον, επηρεασμένη κατά την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται ή απάγεται μέσω αερισμού στο μη θερμαινόμενο χώρο. Από παραδοχή ισχύει: $b_u = 0.50$.

Στις περιπτώσεις επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή το έδαφος, ισχύει: $b_u = 1.0$

Η σημαντικότερη παραδοχή που γίνεται για τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτιρίου αφορά στην παράλειψη των θερμογεφυρών κατά τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας. Αυτό γίνεται για λόγους πρακτικής δυσκολίας και στη θεώρηση πως τελικά οι θερμογέφυρες αυξάνουν το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας κατά 0,1, όπως υποδεικνύεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 για αντίστοιχες περιπτώσεις.

3.5 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (Q)

Η βασική σχέση για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών των δομικών στοιχείων ενός χώρου είναι η εξής:

$$Q = U \cdot F \cdot \Delta\theta \cdot h$$

όπου:

Q: θερμικές απώλειες (kWh)

U: συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού υλικού ($W/m^2 \times K$)

F: επιφάνεια (m^2)

$\Delta\theta$: διαφορά εσωτερικής θερμοκρασίας από εξωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}C$)

h: ώρες λειτουργίας

3.6 Προσδιορισμός Θερμικού Φορτίου (L) για κάλυψη αναγκών ZNX

Για την παραγωγή ζεστού νερού απαιτείται ενέργεια για να θερμανθεί το νερό του δικτύου στην επιθυμητή θερμοκρασία (L_w) και ενέργεια για να καλυφθούν οι απώλειες του δικτύου διανομής του ζεστού νερού (L_p). Ισχύει λοιπόν:

$$L = L_w + L_p$$

Το μέσο μηνιαίο φορτίο για θέρμανση νερού (L_w) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$L_w = N \cdot V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_h - T_c)$$

όπου:

N : αριθμός ημερών του μήνα

V : μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού (lt)

ρ : πυκνότητα νερού (kg/lt)

C_p : ειδική θερμότητα νερού (4184 J/kg \times °C)

T_h : επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού (°C)

T_c : θερμοκρασία νερού δικτύου (°C)

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του δικτύου ύδρευσης στο Ηράκλειο Κρήτης, όπως προκύπτει από μελέτες, παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4 : Μέση μηνιαία Θερμοκρασία του δικτύου ύδρευσης στο Ηράκλειο Κρήτης

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία δικτύου ύδρευσης στο Ηράκλειο [°C]
Ιανουάριος	14,7
Φεβρουάριος	14,2
Μάρτιος	14,8
Μάιος	17,2
Απρίλιος	20,6
Ιούνιος	24,5
Ιούλιος	27,3
Αύγουστος	28,2
Σεπτέμβριος	27,2
Οκτώβριος	24,7
Νοέμβριος	20,9
Δεκέμβριος	17,2

Οι απώλειες του δικτύου διανομής του ζεστού νερού (L_p) προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5 : Ποσοστό απωλειών (%) κεντρικού δικτύου διανομής στο Ηράκλειο Κρήτης για ζεστό νερό χρήσης (50 °C) (TOTEE-20701-3)

Ημερήσια ζήτηση Z.N.X. [σε ℓ]	Χωρίς ανακυκλοφορία		Με ανακυκλοφορία	
	Μόνωση* κτηρίου αναφοράς	Ανεπαρκής ή καθόλου μόνωση	Μόνωση κτηρίου αναφοράς	Ανεπαρκής ή καθόλου μόνωση
50 - 200	8,0	22,4	12,8	35,8
200 - 1000	7,7	20,8	12,4	33,5
1000 - 4000	7,5	19,5	12,1	31,5
4000 - 7000	7,3	18,3	11,8	29,5
>7000	7,0	16,8	11,5	27,6

* Για μόνωση δικτύου διανομής σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πίνακα 4.7.

Για την περίπτωση μονοκατοικίας – διαμερίσματος 80m² , όπου διαμένουν 4 άτομα. (4 × 50 lt = 200 lt / ημέρα). Δηλαδή, για καταναλώσεις έως 200 lt ανά ημέρα, οι απώλειες του κεντρικού δικτύου διανομής για ZNX είναι 8%.

Για τις περιπτώσεις μονοκατοικιών – διαμερισμάτων 100m² και 120m² , όπου διαμένουν 5 και 6 άτομα. (5 × 50 lt = 250 lt / ημέρα) , (6 × 50 lt = 300 lt / ημέρα). Για καταναλώσεις από 200 lt έως 1000 lt ανά ημέρα, οι απώλειες του κεντρικού δικτύου διανομής για ZNX είναι 7,7%.

3.6.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L_w) για την κάλυψη Z.N.X.

Θεωρείται ότι τόσο στην περίπτωση της μονοκατοικίας όσο και του διαμερίσματος δεν υπάρχει διαφορά στις ανάγκες για ZNX. Η μόνη διαφορά σε κάθε περίπτωση έγκειται στο γεγονός ότι όσο μεγαλύτερη επιφάνεια της κάθε κατοικίας τόσο περισσότερος είναι ο πληθυσμός της. Έτσι θεωρείται ότι για κάθε 20m² κατοικίας αναλογεί και ένας κάτοικος με μέση ημερήσια ανάγκη σε ZNX 50 lt ανά ημέρα. Συνεπώς στην περίπτωση της κατοικίας των 80m² κατοικούν τέσσερις άνθρωποι, στην περίπτωση των 100m² κατοικούν 5 άνθρωποι και στην περίπτωση των 120m² κατοικούν 6 άνθρωποι. Έτσι υπολογίζονται οι ανάγκες σε ZNX σύμφωνα με τη σχέση :

$$L_w = N \cdot V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_h - T_c)$$

όπου:

N: αριθμός ημερών του μήνα

V: μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού (lt)

ρ : πυκνότητα νερού (1000 kg/lt)

C_p : ειδική θερμότητα νερού (4184 J/kg \times °C)

T_h : επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού (°C)

T_c : θερμοκρασία νερού δικτύου (°C)

*Πίνακας 6 : Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων (Lw)
Διαμερισμάτων - Μονοκατοικιών*

			80m²	100m²	120m²
Ηράκλειο	°C	DAYS	(kWh/mo)	(kWh/mo)	(kWh/mo)
ΙΑΝ	14,7	31	182,31	227,9	273,46
ΦΕΒ	14,2	28	168	209,9	251,88
ΜΑΡ	14,8	31	181,59	227	272,38
ΑΠΡ	17,2	30	159	198,74	238,49
ΜΑΙ	20,6	31	139,8	174,75	209,69
ΙΟΥΝ	24,5	30	108,1	135,11	162,13
ΙΟΥΛ	27,3	31	91,52	114,4	137,28
ΑΥΓ	28,2	31	85,03	106,29	127,55
ΣΕΠ	27,2	30	89,26	111,6	133,89
ΟΚΤ	24,7	31	110,25	137,82	165,38
ΝΟΕ	20,9	30	133,2	166,49	199,79
ΔΕΚ	17,2	31	164,3	205,37	246,44
Σύνολο:			1.612,36	2.015,37	2.418,36

Στον πίνακα που προηγείται καταγράφονται τα Θερμικά Φορτία για την κάθε υπό εξέταση κατοικία, μη συμπεριλαμβανομένων των θερμικών απωλειών.

Θεωρώντας:

1 κάτοικος ανά 20m² ο οποίος καταναλώνει 50 lt / ημέρα

N = 31 ημέρες του Ιανουαρίου

V = τα αντίστοιχα άτομα × 50 lt ανά ημέρα

T_h = 40°C (θεωρείται η επιθυμητή)

T_c = 14,7 °C (Πίνακας 4/ σελ. 32)

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L_w)
μονοκατοικίας - διαμερίσματος 80m² στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

V = 4 άτομα × 50 lt ανά ημέρα

$$L_w = N \times V \times \rho \times C_p \times (T_h - T_c) =$$
$$31 \times (4 \times 50) \times 4184 \times (40 - 14,7) / 3600000 = 182,3062 = 182,31 \text{ kWh/mo}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L_w)
μονοκατοικίας - διαμερίσματος 100m² στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

V = 5 άτομα × 50 lt ανά ημέρα

$$L_w = N \times V \times \rho \times C_p \times (T_h - T_c) =$$
$$31 \times (5 \times 50) \times 4184 \times (40 - 14,7) / 3600000 = 227,88 = 227,9 \text{ kWh/mo}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L_w)
μονοκατοικίας - διαμερίσματος 120m² στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

V = 6 άτομα × 50 lt ανά ημέρα

$$L_w = N \times V \times \rho \times C_p \times (T_h - T_c) =$$
$$31 \times (6 \times 50) \times 4184 \times (40 - 14,7) / 3600000 = 273,459 = 273,46 \text{ kWh/mo}$$

3.6.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (L_p) για την κάλυψη Ζ.Ν.Χ.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (L_p)

μονοκατοικίας - διαμερίσματος 80m^2 στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

1 κάτοικος ανά 20m^2 ο οποίος καταναλώνει $50\text{ lt / ημέρα} \rightarrow 4 \times 50\text{ lt} = 200\text{ lt / ημέρα}$

Και για καταναλώσεις έως 200 lt ανά ημέρα, οι απώλειες του κεντρικού δικτύου διανομής για ΖΝΧ να είναι 8% (**Πίνακας 5/ σελ. 33**)

$$L_p = 8\% \times L_w \rightarrow L_p = 0,08 \times L_w \rightarrow$$

$$L_p = 0,08 \times 182,31\text{ kWh/mo} \rightarrow L_p = 14,5848\text{ kWh/mo} \rightarrow L_p = 14,59\text{ kWh/mo}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (L_p)

μονοκατοικίας - διαμερίσματος 100m^2 στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

1 κάτοικος ανά 20m^2 ο οποίος καταναλώνει $50\text{ lt / ημέρα} \rightarrow 5 \times 50\text{ lt} = 250\text{ lt / ημέρα}$

Και για καταναλώσεις από 200 lt έως 1000 lt ανά ημέρα, οι απώλειες του κεντρικού δικτύου διανομής για ΖΝΧ να είναι $7,7\%$ (**Πίνακας 5/ σελ. 33**)

$$L_p = 7,7\% \times L_w \rightarrow L_p = 0,077 \times L_w \rightarrow$$

$$L_p = 0,077 \times 227,9\text{ kWh/mo} \rightarrow L_p = 17,5483\text{ kWh/mo} \rightarrow L_p = 17,55\text{ kWh/mo}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Απωλειών (L_p)

μονοκατοικίας - διαμερίσματος 120m^2 στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

1 κάτοικος ανά 20m^2 ο οποίος καταναλώνει $50\text{ lt / ημέρα} \rightarrow 6 \times 50\text{ lt} = 300\text{ lt / ημέρα}$

Και για καταναλώσεις από 200 lt έως 1000 lt ανά ημέρα, οι απώλειες του κεντρικού δικτύου διανομής για ΖΝΧ να είναι $7,7\%$ (**Πίνακας 5/ σελ. 33**)

$$L_p = 7,7\% \times L_w \rightarrow L_p = 0,077 \times L_w \rightarrow$$

$$L_p = 0,077 \times 273,46\text{ kWh/mo} \rightarrow L_p = 21,0564\text{ kWh/mo} \rightarrow L_p = 21,06\text{ kWh/mo}$$

Πίνακας 7 : Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων (L_w) και Θερμικών Απωλειών (L_p)

Διαμερίσματα – Μονοκατοικίες						
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	L_w	$L_p = L_w \times 8\%$	L_w	$L_p = L_w \times 7,7\%$	L_w	$L_p = L_w \times 7,7\%$
	80m ²		100m ²		120m ²	
ΙΑΝ	182,31	14,59	227,9	17,55	273,46	21,06
ΦΕΒ	168	13,44	209,9	16,17	251,88	19,4
ΜΑΡ	181,59	14,53	227	17,48	272,38	20,98
ΑΠΡ	159	12,72	198,74	15,31	238,49	18,37
ΜΑΙ	139,8	11,19	174,75	13,46	209,69	16,15
ΙΟΥΝ	108,1	8,65	135,11	10,41	162,13	12,49
ΙΟΥΛ	91,52	7,33	114,4	8,81	137,28	10,58
ΑΥΓ	85,03	6,81	106,29	8,19	127,55	9,83
ΣΕΠ	89,26	7,15	111,6	8,6	133,89	10,31
ΟΚΤ	110,25	8,82	137,82	10,62	165,38	12,74
ΝΟΕ	133,2	10,66	166,49	12,82	199,79	15,39
ΔΕΚ	164,3	13,15	205,37	15,82	246,44	18,98

Πίνακας 8 : Αποτελέσματα Θερμικών Απωλειών (L_p)

Διαμερισμάτων – Μονοκατοικιών

Ηράκλειο	L_p (kWh/mo)		
	80m ²	100m ²	120m ²
ΙΑΝ	14,59	17,55	21,06
ΦΕΒ	13,44	16,17	19,4
ΜΑΡ	14,53	17,48	20,98
ΑΠΡ	12,72	15,31	18,37
ΜΙΑ	11,19	13,46	16,15
ΙΟΥΝ	8,65	10,41	12,49
ΙΟΥΛ	7,33	8,81	10,58
ΑΥΓ	6,81	8,19	9,83
ΣΕΠ	7,15	8,6	10,31
ΟΚΤ	8,82	10,62	12,74
ΝΟΕ	10,66	12,82	15,39
ΔΕΚ	13,15	15,82	18,98

3.6.3 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L) για την κάλυψη Ζ.Ν.Χ.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L)
 μονοκατοικίας - διαμερίσματος 80m² στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$L = L_w + L_p \rightarrow L = (182,31 + 14,59) \text{ kWh/mo} = 196,9 \text{ kWh/mo}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L)
 μονοκατοικίας - διαμερίσματος 100m² στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$L = L_w + L_p \rightarrow L = (227,9 + 17,55) \text{ kWh/mo} = 245,45 \text{ kWh/mo}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός Θερμικών Φορτίων (L)
 μονοκατοικίας - διαμερίσματος 120m² στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$L = L_w + L_p \rightarrow L = (273,46 + 21,06) \text{ kWh/mo} = 294,52 \text{ kWh/mo}$$

Πίνακας 9 : Τελικά Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων (L) κατοικιών

			80m ²	100m ²	120m ²
Ηράκλειο	°C	DAYS	(kWh/mo)	(kWh/mo)	(kWh/mo)
ΙΑΝ	14,7	31	196,9	245,45	294,52
ΦΕΒ	14,2	28	181,44	226,07	271,28
ΜΑΡ	14,8	31	196,12	244,48	293,36
ΑΠΡ	17,2	30	171,72	214,05	256,86
ΜΑΙ	20,6	31	150,99	188,21	225,84
ΙΟΥΝ	24,5	30	116,75	145,52	174,62
ΙΟΥΛ	27,3	31	98,85	123,21	147,86
ΑΥΓ	28,2	31	91,84	114,48	137,38
ΣΕΠ	27,2	30	96,41	120,2	144,2
ΟΚΤ	24,7	31	119,07	148,44	178,12
ΝΟΕ	20,9	30	143,86	179,31	215,18
ΔΕΚ	17,2	31	177,45	221,19	265,42
ΣΥΝΟΛΟ :			1.741,4	2.170,61	2.604,64

Τα Θερμικά Φορτία είναι τα ίδια και στην περίπτωση της μονοκατοικίας και στην περίπτωση του διαμερίσματος.

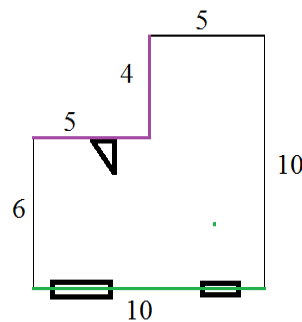
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 80m²

4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 80m²

4.1.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Διαμερίσματος 80m²

Η κάτοψη του διαμερίσματος με τις διαστάσεις της τοιχοποιίας του κελύφους της είναι η εξής:



Εικόνα 13 : Κάτοψη διαμερίσματος 80m²

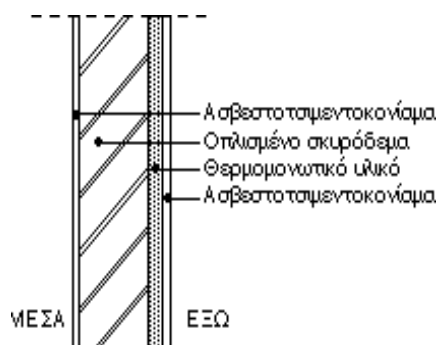
Με πράσινο χρώμα έχει σημειωθεί η επιφάνεια που συνορεύει με Εξωτερικό Περιβάλλον, με μωβ χρώμα η επιφάνεια που συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο (κλιμακοστάσιο), ενώ οι υπόλοιπες πλευρές του διαμερίσματος, οι οποίες είναι με μαύρο χρώμα, συνορεύουν με όμορα διαμερίσματα, τα οποία θεωρούνται Θερμαινόμενος χώρος.

Επιπλέον απεικονίζονται και τα διαφανή δομικά υλικά του εξωτερικού κελύφους του διαμερίσματος. Η εξώπορτα του διαμερίσματος έχει διαστάσεις $(1,1 \times 2) \text{ m}^2$, και οι διαστάσεις των δύο μπαλκονόπορτων είναι $(2,8 \times 2) \text{ m}^2$ και $(1,4 \times 2) \text{ m}^2$.

Θεωρείται ότι το συγκεκριμένο υπό μελέτη διαμέρισμα βρίσκεται στο δεύτερο όροφο μιας τετραώροφης πολυκατοικίας. Επομένως, τόσο στον πάνω όροφο όσο και στον κάτω όροφο του διαμερίσματος υπάρχουν όμορα διαμερίσματα. Άρα, τόσο το πάτωμα όσο και η οροφή συνορεύουν προς Θερμαινόμενο χώρο. Επιπλέον, το ύψος του διαμερίσματος είναι 3 m.

Η εσωτερική κατανομή των επιμέρους χώρων του διαμερίσματος δεν αναλύεται, καθώς τα θερμικά φορτία και απώλειες βρίσκονται στις επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετική θερμοκρασία στις δύο πλευρές τους. Η εσωτερική θερμοκρασία του διαμερίσματος θεωρείται ίδια σε όλους τους χώρους του διαμερίσματος, οπότε δεν υπάρχουν εσωτερικές θερμικές απώλειες.

Η τοιχοποιία που συνορεύει με το Εξωτερικό Περιβάλλον (πράσινο χρώμα) έχει συνολικό πάχος 29cm και έχει τοποθετηθεί θερμομονωτικό υλικό (εξηλασμένη πολυστερίνη) πάχους 5cm . Πιο συγκεκριμένα οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 14 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 29cm

Πίνακας 10 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 29cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
εξηλασμένη πολυστερίνη	0,050	0,032	1,563
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,29		1,757

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 1,757 + 0,04} = 0,519 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η τοιχοποιία που συνορεύει με το κλιμακοστάσιο (μωβ χρώμα) έχει συνολικό πάχος 24cm. Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 11: Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς κλιμακοστάσιο πάχους 24cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
Επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
Επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,24		0,194

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 0,194 + 0,13} = 2,202 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Τα διαφανή δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου διαμερίσματος είναι κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και λαμβάνοντας υπ' όψιν το ποσοστό πλαισίου, προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή:

$$U_w = 3,41 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η εξωτερική πόρτα του διαμερίσματος είναι ενισχυμένη μεταλλική πόρτα. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$U = 5,1 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του διαμερίσματος, πρέπει να υπολογιστούν αναλυτικά τα επιμέρους εμβαδά των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος.

Πίνακας 12 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος

Δομικό στοιχείο	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Τελική επιφάνεια (m ²)
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	10	3	30	8,4	21,6
τοιχοποιία προς κλιμακοστάσιο	9	3	27	2,2	24,8
μπαλκονόπορτες			8,4	0	8,4
θύρα			2,2	0	2,2

Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το μειωτικό συντελεστή b προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 13 : Κτιριακό κέλυφος διαμερίσματος 80m²

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)	Μειωτικός συντελεστής b	A×U×b
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	21,6	0,519	1	11,22
τοιχοποιία προς κλιμακοστάσιο	24,8	2,202	0,5	27,31
μπαλκονόπορτες	8,4	3,41	1	28,65
θύρα	2,2	5,1	0,5	5,61
ΣΥΝΟΛΟ:	57			72,79

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται:

$$U_m = \frac{72,79}{57} = 1,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο Ηράκλειο Κρήτης, με βάση μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 14 : Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Ιανουάριος	12,1
Φεβρουάριος	12,2
Μάρτιος	13,5
Απρίλιος	16,5
Μάιος	20,3
Ιούνιος	24,4
Ιούλιος	26,2
Αύγουστος	26,1
Σεπτέμβριος	23,6
Οκτώβριος	20,1
Νοέμβριος	16,7
Δεκέμβριος	13,7

Στο διαμέρισμα θεωρείται ότι η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι 20 °C.

Επομένως, ανάγκες για θέρμανση υπάρχουν τους μήνες από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο.

Άρα, για αυτούς τους μήνες θα υπολογισθούν οι Θερμικές Απώλειες.

4.1.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Διαμερίσματος 80m²

Στον πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες του διαμερίσματος για κάθε μήνα με βάση τη μέθοδο βαθμοημερών θέρμανσης:

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό Θερμικών Απωλειών του διαμερίσματος 80m²

στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$DDh = 182,9$$

$$A = 57 \text{ m}^2 \text{ (Πίνακας 13/ σελ. 42)}$$

$$U_m = 1,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K}) \text{ (σελ. 42)}$$

$$Q = 57 \times 1,28 \times 182,9 \times 24/1000 = 320,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Πίνακας 15 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) διαμερίσματος 80m²

ΜΗΝΑΣ	DDh	kWh/μήνα
Ιανουάριος	182,9	320,26
Φεβρουάριος	162,4	283,63
Μάρτιος	139,5	243,63
Απρίλιος	45	78,59
Νοέμβριος	39	68,11
Δεκέμβριος	133,3	232,80
ΣΥΝΟΛΟ :		1.227,02

Άρα το συνολικό Ετήσιο θερμικό φορτίο του διαμερίσματος υπολογίζεται: **1.227,02 kWh.**

4.1.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Διαμερίσματος 80m²

Στην υπό μελέτη οικία στεγάζεται τετραμελής οικογένεια, και θεωρείται ότι αποτελεί κύρια κατοικία και όχι εξοχική. Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών φορτίων του διαμερίσματος θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήσεις των εσωτερικών χώρων του. Το εμβαδόν του διαμερίσματος είναι 80m². Θεωρείται ότι οι εσωτερικοί χώροι του διαμερίσματος είναι οι εξής:

Μία κουζίνα

Ένα σαλόνι

Δύο υπνοδωμάτια

Ένα μπάνιο

Ένας εσωτερικός διάδρομος

Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στο παρόν διαμέρισμα, ώστε να υπολογιστούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Το διαμέρισμα λοιπόν στεγάζει τετραμελή οικογένεια και αποτελεί την κύρια κατοικία τους. Αποτελείται από τον πατέρα, τη μητέρα και τα δύο τους παιδιά. Θεωρείται ότι ο πατέρας και η μητέρα είναι εργαζόμενοι τις καθημερινές ημέρες από το πρωί μέχρι το μεσημέρι. Τα παιδιά είναι και τα δύο ανήλικα και βρίσκονται στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του αυτόνομου συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στο υπό μελέτη διαμέρισμα.

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι ανάγκες των χρηστών διαφέρουν κατά τους χειμερινούς και κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να γίνουν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος θεωρούνται θερινοί μήνες (αυξημένη χρήση κλιματιστικών), ενώ οι υπόλοιποι μήνες του χρόνου θεωρούνται χειμερινοί. Και στις δύο περιπτώσεις οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία τυπική ημέρα.

Θεωρείται ότι η κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης στο υπό μελέτη διαμέρισμα γίνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι λαμπτήρες που έχουν τοποθετηθεί σε όλους τους χώρους του διαμερίσματος είναι συμπαγείς φθορισμού (CFL). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους υπολογίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος, αρχικά για μία τυπική χειμερινή ημέρα και έπειτα για μία τυπική θερινή ημέρα.

Πίνακας 16 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 80m² κατά τους Χειμερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	7	15	6	630
Τηλεόραση LCD	1	70	4	280
Κλιματιστικό	1	800	0,5	400
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	1	90	3	270
Φορητός υπολογιστής	1	50	2	100
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				11.700

Πίνακας 17 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 80m² κατά τους Θερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	7	15	3,5	367,5
Τηλεόραση LCD	1	70	4,5	315
Κλιματιστικό	1	800	2,5	2000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	1	90	3	270
Φορητός υπολογιστής	1	50	3	150
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				13.100

Το ψυγείο τροφοδοτείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν ανέβει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δουλεύει μέχρι να αναψύξει και σταματάει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεδομένης της τεχνολογίας του ψυγείου και της χρήσης που γίνεται από την εν λόγω οικογένεια, εκτιμάται ότι το ψυγείο λειτουργεί συνολικά 6 ώρες την ημέρα.

Στους προηγούμενους πίνακες, ο όρος λοιπές ηλεκτρικές συσκευές αφορά την ηλεκτρική σκούπα, το ηλεκτρικό σίδερο και το στεγνωτήρα μαλλιών.

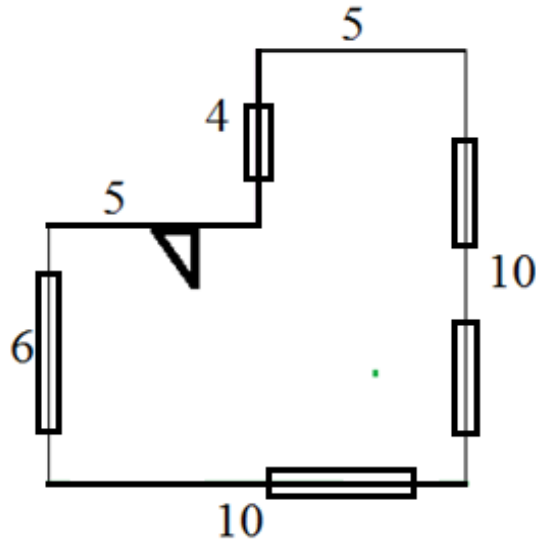
Επομένως, υπολογίζεται ότι η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μία τυπική χειμερινή ημέρα είναι: 11,7 kWh και η αντίστοιχη για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα είναι: 13,1 kWh.

Όμως, υπάρχουν κρυφές καταναλώσεις στο εξεταζόμενο σύστημα από ενδεχόμενες συσκευές που δεν έχουν υπολογιστεί, π.χ. συσκευές που καταναλώνουν ρεύμα ακόμα και κλειστές ή σε αναμονή. Ακόμα, υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη μία υπερδιαστασιολόγηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 15%. Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική χειμερινή ημέρα υπολογίζεται: $11,7 \times 1,15 = 13,5$ kWh και η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική θερινή ημέρα υπολογίζεται: $13,1 \times 1,15 = 15,1$ kWh.

4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 80m²

4.2.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Μονοκατοικίας 80m²

Η κάτοψη της μονοκατοικίας με τις διαστάσεις της τοιχοποιίας του κελύφους της είναι η εξής:



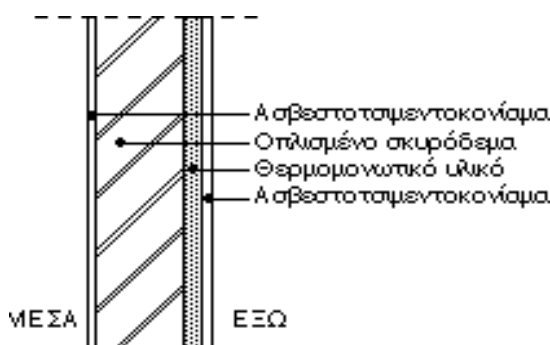
Εικόνα 15 : Κάτοψη μονοκατοικίας 80m²

Οι κάθετες επιφάνειες της τοιχοποιίας και η ταράτσα συνορεύουν όλες με Εξωτερικό Περιβάλλον και το δάπεδο συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο (υπόγειο).

Επιπλέον απεικονίζονται και τα διαφανή δομικά υλικά του εξωτερικού κελύφους της μονοκατοικίας. Η εξώπορτα έχει διαστάσεις (1,1 x 2) m², και οι διαστάσεις των υπόλοιπων ανοιγμάτων είναι: (2,8 x 2) m², (2,5 x 2) m², (1,5 x 1,5) m², (2,2 x 2) m² και (1,5 x 1,5) m². Επιπλέον, το ύψος της μονοκατοικίας είναι 3 m.

Η εσωτερική κατανομή των επιμέρους χώρων της μονοκατοικίας δεν αναλύεται, καθώς τα θερμικά φορτία και απώλειες βρίσκονται στις επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετική θερμοκρασία στις δύο πλευρές τους. Η εσωτερική θερμοκρασία της μονοκατοικίας θεωρείται ίδια σε όλους τους χώρους της, οπότε δεν υπάρχουν εσωτερικές θερμικές απώλειες.

Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις της κάθετης εξωτερικής τοιχοποιίας παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 16 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 30cm

Πίνακας 18 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 30cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
εξηλασμένη πολυστερίνη	0,060	0,032	1,875
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,30		2,069

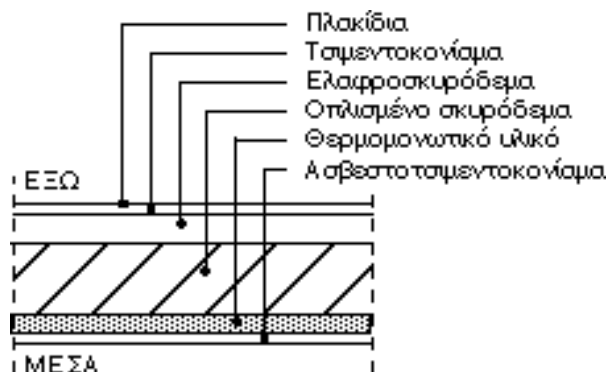
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 2,069 + 0,04} = 0,447 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η οροφή που συνορεύει με Εξωτερικό Περιβάλλον έχει συνολικό πάχος 31cm . Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 17 : Τομή δομικού στοιχείου Οροφής πάχους 31cm

Πίνακας 19 : Δομικό στοιχείο οροφής πάχους 31cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
Πλάκες τaráτσας	0,040	1,050	0,038
κονίαμα	0,020	0,870	0,023
υαλοβάμβακας	0,060	0,038	1,579
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,170	1,350	0,126
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,31		1,789

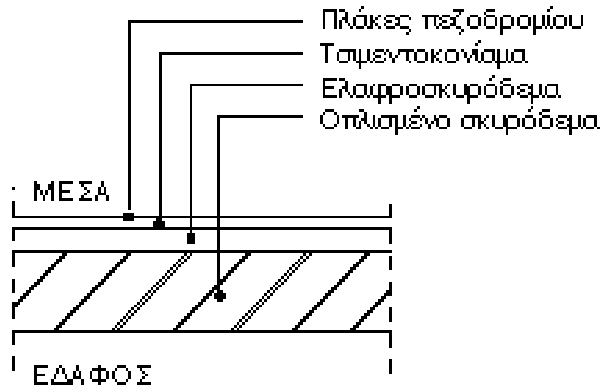
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,10 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,1 + 1,789 + 0,04} = 0,518 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Το δάπεδο που συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο έχει συνολικό πάχος 24cm . Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 18 : Τομή δομικού στοιχείου Δαπέδου πάχους 24cm

Πίνακας 20 : Δομικό στοιχείο δαπέδου πάχους 24cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
μωσαϊκό	0,040	1,200	0,033
κονίασμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,160	1,350	0,119
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,24		0,198

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,17 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,17 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,17 + 0,198 + 0,17} = 1,859 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Τα διαφανή δομικά στοιχεία της εξεταζόμενης μονοκατοικίας είναι κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και λαμβάνοντας υπ' όψιν το ποσοστό πλαισίου, προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή:

$$U_w = 3,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Η εξωτερική πόρτα της μονοκατοικίας είναι ενισχυμένη μεταλλική πόρτα. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$U = 5,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας της μονοκατοικίας, πρέπει να υπολογιστούν αναλυτικά τα επιμέρους εμβαδά των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος.

Πίνακας 21 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος

Δομικό στοιχείο	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Τελική επιφάνεια (m ²)
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	40	3	120	21,7	98,3
οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον			80	0	80
δάπεδο προς μη θερμαινόμενο χώρο			80	0	80
ανοίγματα			19,5	0	19,5
θύρα			2,2	0	2,2

Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το μειωτικό συντελεστή b προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 22 : Κτιριακό κέλυφος μονοκατοικίας 80m²

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)	Μειωτικός συντελεστής b	A×U×b
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	98,3	0,447	1	43,95
οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον	80	0,518	1	41,44
δάπεδο προς μη θερμαινόμενο χώρο	80	1,859	0,5	74,36
ανοίγματα	19,5	3,41	1	66,5
θύρα	2,2	5,1	1	11,22
ΣΥΝΟΛΟ:	280			237,47

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται:

$$U_m = \frac{237,47}{280} = 0,848 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

4.2.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Μονοκατοικίας 80m²

Η λογική υπολογισμού είναι ίδια με την περίπτωση της μονοκατοικίας που μελετήθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο Ηράκλειο Κρήτης και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι ίδιες.

Στον πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες της μονοκατοικίας για κάθε μήνα:

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό Θερμικών Απωλειών της μονοκατοικίας 80m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$DDh = 182,9$$

$$A = 280\text{m}^2 \text{ (Πίνακας 22/ σελ. 53)}$$

$$U_m = 0,848 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K}) \text{ (σελ. 53)}$$

$$Q = 280 \times 0,848 \times 182,9 \times 24/1000 = 1.042,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Πίνακας 23 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) μονοκατοικίας 80m²

ΜΗΝΑΣ	DDh	kWh/μήνα
Ιανουάριος	182,9	1.042,26
Φεβρουάριος	162,4	925,50
Μάρτιος	139,5	795,00
Απρίλιος	45	256,45
Νοέμβριος	39	222,26
Δεκέμβριος	133,3	759,67
ΣΥΝΟΛΟ :		4.001,14

Άρα το συνολικό ετήσιο θερμικό φορτίο της μονοκατοικίας υπολογίζεται: **4.001,14 kWh**.

4.2.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Μονοκατοικίας 80m²

Στην υπό μελέτη οικία στεγάζεται τετραμελής οικογένεια, και θεωρείται ότι αποτελεί κύρια κατοικία και όχι εξοχική. Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών φορτίων της μονοκατοικίας θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήσεις των εσωτερικών χώρων του. Το εμβαδόν της μονοκατοικίας είναι 80m². Θεωρείται ότι οι εσωτερικοί χώροι της μονοκατοικίας είναι οι εξής:

Μία κουζίνα

Ένα σαλόνι

Δύο υπνοδωμάτια

Ένα μπάνιο

Ένας εσωτερικός διάδρομος

Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στην παρούσα μονοκατοικία, ώστε να υπολογιστούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Η μονοκατοικία λοιπόν στεγάζει τετραμελή οικογένεια και αποτελεί την κύρια κατοικία τους. Αποτελείται από τον πατέρα, τη μητέρα και τα δύο τους παιδιά. Θεωρείται ότι ο πατέρας και η μητέρα είναι εργαζόμενοι τις καθημερινές ημέρες από το πρωί μέχρι το μεσημέρι. Τα παιδιά είναι και τα δύο ανήλικα και βρίσκονται στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του αυτόνομου συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στην υπό μελέτη μονοκατοικία.

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι ανάγκες των χρηστών διαφέρουν κατά τους χειμερινούς και κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να γίνουν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος θεωρούνται θερινοί μήνες (αυξημένη χρήση κλιματιστικών), ενώ οι υπόλοιποι μήνες του χρόνου θεωρούνται χειμερινοί. Και στις δύο περιπτώσεις οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία τυπική ημέρα.

Θεωρείται ότι η κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης στην υπό μελέτη κατοικία γίνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι λαμπτήρες που έχουν τοποθετηθεί σε όλους τους χώρους της μονοκατοικίας είναι συμπαγείς φθορισμού (CFL). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους υπολογίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας, αρχικά για μία τυπική χειμερινή ημέρα και έπειτα για μία τυπική θερινή ημέρα.

Πίνακας 24 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 80m² κατά τους Χειμερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	8	15	6	720
Τηλεόραση LCD	1	70	4	280
Κλιματιστικό	2	800	0,5	800
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	1	90	3	270
Φορητός υπολογιστής	1	50	2	100
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				12.200

Πίνακας 25 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 80m² κατά τους Θερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	8	15	3,5	420
Τηλεόραση LCD	1	70	4,5	315
Κλιματιστικό	2	800	2,5	4000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	1	90	3	270
Φορητός υπολογιστής	1	50	3	150
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				15.200

Το ψυγείο τροφοδοτείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν ανέβει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δουλεύει μέχρι να αναψύξει και σταματάει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεδομένης της τεχνολογίας του ψυγείου και της χρήσης που γίνεται από την εν λόγω οικογένεια, εκτιμάται ότι το ψυγείο λειτουργεί συνολικά 6 ώρες την ημέρα.

Στους προηγούμενους πίνακες, ο όρος λοιπές ηλεκτρικές συσκευές αφορά την ηλεκτρική σκούπα, το ηλεκτρικό σίδερο και το στεγνωτήρα μαλλιών.

Επομένως, υπολογίζεται ότι η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μία τυπική χειμερινή ημέρα είναι: 12,2 kWh και η αντίστοιχη για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα είναι: 15,2 kWh.

Όμως, υπάρχουν κρυφές καταναλώσεις στο εξεταζόμενο σύστημα από ενδεχόμενες συσκευές που δεν έχουν υπολογιστεί, π.χ. συσκευές που καταναλώνουν ρεύμα ακόμα και κλειστές ή σε αναμονή. Ακόμα, υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη μία υπερδιαστασιολόγηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 15%. Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική χειμερινή ημέρα υπολογίζεται: $12,2 \times 1,15 = 14,1$ kWh και η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική θερινή ημέρα υπολογίζεται: $15,2 \times 1,15 = 17,5$ kWh.

Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι σκόπιμα χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες συσκευές με την περίπτωση του διαμερίσματος που εξετάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, ώστε να συγκριθούν καλύτερα οι μελέτες των δύο περιπτώσεων. Υπολογίστηκε ένα επιπλέον κλιματιστικό σώμα (αυξημένες ανάγκες θέρμανσης και ψύξης στη μονοκατοικία).

4.3 Συνοπτικός Πίνακας μηνιαίων θερμικών φορτίων χώρου και αναγκών ΖΝΧ Διαμερίσματος – Μονοκατοικίας 80m²

Πίνακας 26 : Μηνιαία Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων και αναγκών ΖΝΧ Κατοικιών 80m²

Μήνας	Διαμέρισμα 80m ²		Μονοκατοικία 80m ²	
	ΖΝΧ (kWh/mo)	θέρμανση (kWh/mo)	ΖΝΧ (kWh/mo)	θέρμανση (kWh/mo)
ΙΑΝ	196,9	320,26	196,9	1042,26
ΦΕΒ	181,44	283,63	181,44	925,50
ΜΑΡ	196,12	243,63	196,12	795,00
ΑΠΡ	171,72	78,59	171,72	256,45
ΜΑΙ	150,99	-	150,99	-
ΙΟΥΝ	116,75	-	116,75	-
ΙΟΥΛ	98,85	-	98,85	-
ΑΥΓ	91,84	-	91,84	-
ΣΕΠ	96,41	-	96,41	-
ΟΚΤ	119,07	-	119,07	-
ΝΟΕ	143,86	68,11	143,86	222,26
ΔΕΚ	177,45	232,80	177,45	759,67
ΣΥΝΟΛΟ:	1.741,4	1.227,02	1.741,4	4.001,14

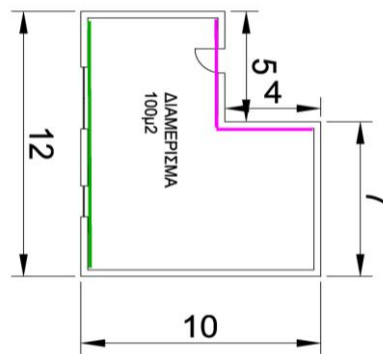
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 100m²

5.1 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 100m²

5.1.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Διαμερίσματος 100m²

Η κάτοψη του διαμερίσματος με τις διαστάσεις της τοιχοποιίας του κελύφους του είναι η εξής:



Εικόνα 19 : Κάτοψη διαμερίσματος 100m²

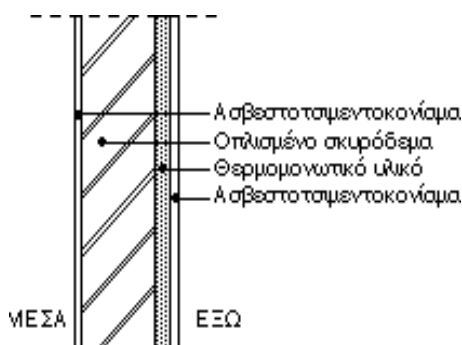
Με πράσινο χρώμα έχει σημειωθεί η επιφάνεια που συνορεύει με Εξωτερικό Περιβάλλον, με μωβ χρώμα η επιφάνεια που συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο (κλιμακοστάσιο), ενώ οι υπόλοιπες πλευρές του διαμερίσματος, οι οποίες είναι με μαύρο χρώμα, συνορεύουν με όμορα διαμερίσματα, τα οποία θεωρούνται Θερμαινόμενος χώρος.

Επιπλέον απεικονίζονται και τα διαφανή δομικά υλικά του εξωτερικού κελύφους του διαμερίσματος. Η εξώπορτα του διαμερίσματος έχει διαστάσεις $(1,1 \times 2) \text{ m}^2$, και οι διαστάσεις των δύο μπαλκονόπορτων είναι $(2,8 \times 2) \text{ m}^2$ και $(1,4 \times 2) \text{ m}^2$.

Θεωρείται ότι το συγκεκριμένο υπό μελέτη διαμέρισμα βρίσκεται στο δεύτερο όροφο μιας τετραώροφης πολυκατοικίας. Επομένως, τόσο στον πάνω όροφο όσο και στον κάτω όροφο του διαμερίσματος υπάρχουν όμορα διαμερίσματα. Άρα, τόσο το πάτωμα όσο και η οροφή συνορεύουν προς Θερμαινόμενο χώρο. Επιπλέον, το ύψος του διαμερίσματος είναι 3 m.

Η εσωτερική κατανομή των επιμέρους χώρων του διαμερίσματος δεν αναλύεται, καθώς τα θερμικά φορτία και απώλειες βρίσκονται στις επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετική θερμοκρασία στις δύο πλευρές τους. Η εσωτερική θερμοκρασία του διαμερίσματος θεωρείται ίδια σε όλους τους χώρους του διαμερίσματος, οπότε δεν υπάρχουν εσωτερικές θερμικές απώλειες.

Η τοιχοποιία που συνορεύει με το Εξωτερικό Περιβάλλον (πράσινο χρώμα) έχει συνολικό πάχος 29cm και έχει τοποθετηθεί θερμομονωτικό υλικό (εξηλασμένη πολυστερίνη) πάχους 5cm . Πιο συγκεκριμένα οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 20 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 29cm

Πίνακας 27 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 29cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
εξηλασμένη πολυστερίνη	0,050	0,032	1,563
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,29		1,757

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 1,757 + 0,04} = 0,519 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η τοιχοποιία που συνορεύει με το κλιμακοστάσιο (μωβ χρώμα) έχει συνολικό πάχος 24cm. Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 28: Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς κλιμακοστάσιο πάχους 24cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,24		0,194

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 0,194 + 0,13} = 2,202 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Τα διαφανή δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου διαμερίσματος είναι κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

20701-2/2010 και λαμβάνοντας υπ' όψιν το ποσοστό πλαισίου, προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή:

$$U_w = 3,41 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η εξωτερική πόρτα του διαμερίσματος είναι ενισχυμένη μεταλλική πόρτα. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$U = 5,1 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του διαμερίσματος, πρέπει να υπολογιστούν αναλυτικά τα επιμέρους εμβαδά των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το μειωτικό συντελεστή b προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 29 : Κτιριακό κέλυφος διαμερίσματος 100m²

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)	Μειωτικός συντελεστής b	A×U×b
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	27,6	0,519	1	14,33
τοιχοποιία προς κλιμακοστάσιο	24,8	2,202	0,5	27,31
μπαλκονόπορτες	8,4	3,41	1	28,65
θύρα	2,2	5,1	0,5	5,61
ΣΥΝΟΛΟ:	63			75,9

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται:

$$U_m = \frac{75,9}{63} = 1,21 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο Ηράκλειο Κρήτης, με βάση μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 30 : Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Ιανουάριος	12,1
Φεβρουάριος	12,2
Μάρτιος	13,5
Απρίλιος	16,5
Μάιος	20,3
Ιούνιος	24,4
Ιούλιος	26,2
Αύγουστος	26,1
Σεπτέμβριος	23,6
Οκτώβριος	20,1
Νοέμβριος	16,7
Δεκέμβριος	13,7

Στο διαμέρισμα θεωρείται ότι η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι 20 °C.

Επομένως, ανάγκες για θέρμανση υπάρχουν τους μήνες από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο.

Άρα, για αυτούς τους μήνες θα υπολογισθεί οι Θερμικές Απώλειες.

5.1.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Διαμερίσματος 100m²

Στον πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες του διαμερίσματος για κάθε μήνα με βάση τη μέθοδο βαθμοημερών θέρμανσης:

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό Θερμικών Απωλειών του διαμερίσματος 100m²

στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$DDh = 182,9$$

$$A = 63 \text{ m}^2 \text{ (Πίνακας 29/ σελ. 62)}$$

$$U_m = 1,21 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)} \text{ (σελ. 62)}$$

$$Q = 63 \times 1,21 \times 182,9 \times 24/1000 = 334,62 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)}$$

Πίνακας 31 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) διαμερίσματος 100m²

ΜΗΝΑΣ	DDh	kWh/μήνα
Ιανουάριος	182,9	334,62
Φεβρουάριος	162,4	295,76
Μάρτιος	139,5	254,06
Απρίλιος	45	81,95
Νοέμβριος	39	71,03
Δεκέμβριος	133,3	242,77
ΣΥΝΟΛΟ :		1.280,19

Άρα το συνολικό ετήσιο θερμικό φορτίο του διαμερίσματος υπολογίζεται: **1.280,19 kWh**.

5.1.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Διαμερίσματος 100m²

Στην υπό μελέτη οικία στεγάζεται τετραμελής οικογένεια, και θεωρείται ότι αποτελεί κύρια κατοικία και όχι εξοχική. Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών φορτίων του διαμερίσματος θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήσεις των εσωτερικών χώρων του. Το εμβαδόν του διαμερίσματος είναι 80m². Θεωρείται ότι οι εσωτερικοί χώροι του διαμερίσματος είναι οι εξής:

Μία κουζίνα

Ένα σαλόνι

Δύο υπνοδωμάτια

Ένα μπάνιο

Ένας εσωτερικός διάδρομος

Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στο παρόν διαμέρισμα, ώστε να υπολογιστούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Το διαμέρισμα λοιπόν στεγάζει τετραμελή οικογένεια και αποτελεί την κύρια κατοικία τους. Αποτελείται από τον πατέρα, τη μητέρα και τα δύο τους παιδιά. Θεωρείται ότι ο πατέρας και η μητέρα είναι εργαζόμενοι τις καθημερινές ημέρες από το πρωί μέχρι το μεσημέρι. Τα παιδιά είναι και τα δύο ανήλικα και βρίσκονται στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του αυτόνομου συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στο υπό μελέτη διαμέρισμα.

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι ανάγκες των χρηστών διαφέρουν κατά τους χειμερινούς και κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να γίνουν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος θεωρούνται θερινοί μήνες (αυξημένη χρήση κλιματιστικών), ενώ οι υπόλοιποι μήνες του χρόνου θεωρούνται χειμερινοί. Και στις δύο περιπτώσεις οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία τυπική ημέρα.

Θεωρείται ότι η κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης στο υπό μελέτη διαμέρισμα γίνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι λαμπτήρες που έχουν τοποθετηθεί σε όλους τους χώρους του διαμερίσματος είναι συμπαγείς φθορισμού (CFL). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους υπολογίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος, αρχικά για μία τυπική χειμερινή ημέρα και έπειτα για μία τυπική θερινή ημέρα.

Πίνακας 32 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 100m² κατά τους Χειμερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	10	15	6	900
Τηλεόραση LCD	2	70	4	560
Κλιματιστικό	2	800	0,5	800
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	2	90	3	540
Φορητός υπολογιστής	1	50	2	100
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				12.900

Πίνακας 33 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 100m² κατά τους Θερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	10	15	3,5	525
Τηλεόραση LCD	2	70	4,5	630
Κλιματιστικό	2	800	2,5	4000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	2	90	3	540
Φορητός υπολογιστής	1	50	3	150
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				15.800

Το ψυγείο τροφοδοτείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν ανέβει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δουλεύει μέχρι να αναψύξει και σταματάει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεδομένης της τεχνολογίας του ψυγείου και της χρήσης που γίνεται από την εν λόγω οικογένεια, εκτιμάται ότι το ψυγείο λειτουργεί συνολικά 6 ώρες την ημέρα.

Στους προηγούμενους πίνακες, ο όρος λοιπές ηλεκτρικές συσκευές αφορά την ηλεκτρική σκούπα, το ηλεκτρικό σίδερο και το στεγνωτήρα μαλλιών.

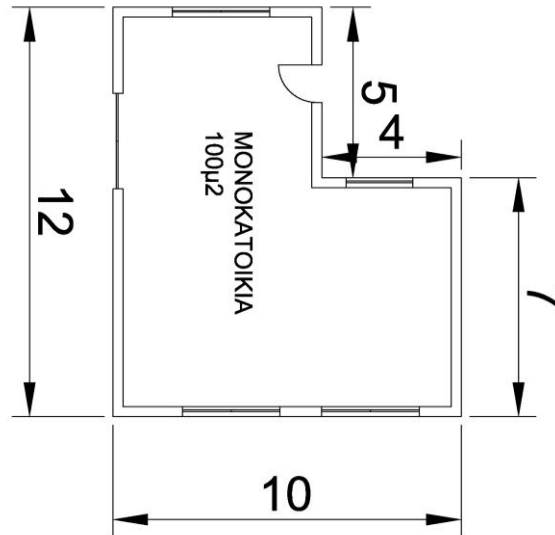
Επομένως, υπολογίζεται ότι η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μία τυπική χειμερινή ημέρα είναι: 12,9 kWh και η αντίστοιχη για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα είναι: 15,8 kWh.

Όμως, υπάρχουν κρυφές καταναλώσεις στο εξεταζόμενο σύστημα από ενδεχόμενες συσκευές που δεν έχουν υπολογιστεί, π.χ. συσκευές που καταναλώνουν ρεύμα ακόμα και κλειστές ή σε αναμονή. Ακόμα, υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη μία υπερδιαστασιολόγηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 15%. Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική χειμερινή ημέρα υπολογίζεται: $12,9 \times 1,15 = 14,9$ kWh και η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική θερινή ημέρα υπολογίζεται: $15,8 \times 1,15 = 18,2$ kWh.

5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 100m²

5.2.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Μονοκατοικίας 100m²

Η κάτοψη της μονοκατοικίας με τις διαστάσεις της τοιχοποιίας του κελύφους της είναι η εξής:



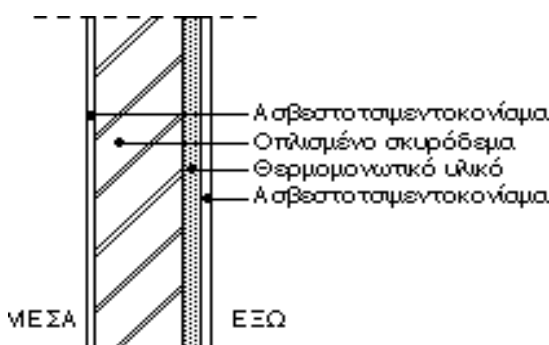
Εικόνα 21 : Εικόνα: Κάτοψη μονοκατοικίας 100m²

Οι κάθετες επιφάνειες της τοιχοποιίας και η ταράτσα συνορεύουν όλες με Εξωτερικό Περιβάλλον και το δάπεδο συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο (υπόγειο).

Επιπλέον απεικονίζονται και τα διαφανή δομικά υλικά του εξωτερικού κελύφους της μονοκατοικίας. Η εξώπορτα έχει διαστάσεις (1,1 x 2) m², και οι διαστάσεις των υπόλοιπων ανοιγμάτων είναι: (2,8 x 2) m², (2,5 x 2) m², (1,5 x 1,5) m², (2,2 x 2) m² και (1,5 x 1,5) m². Επιπλέον, το ύψος της μονοκατοικίας είναι 3 m.

Η εσωτερική κατανομή των επιμέρους χώρων της μονοκατοικίας δεν αναλύεται, καθώς τα θερμικά φορτία και απώλειες βρίσκονται στις επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετική θερμοκρασία στις δύο πλευρές τους. Η εσωτερική θερμοκρασία της μονοκατοικίας θεωρείται ίδια σε όλους τους χώρους της, οπότε δεν υπάρχουν εσωτερικές θερμικές απώλειες.

Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις της κάθετης εξωτερικής τοιχοποιίας παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 22 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 30cm

Πίνακας 34 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 30cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
εξηλασμένη πολυστερίνη	0,060	0,032	1,875
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,30		2,069

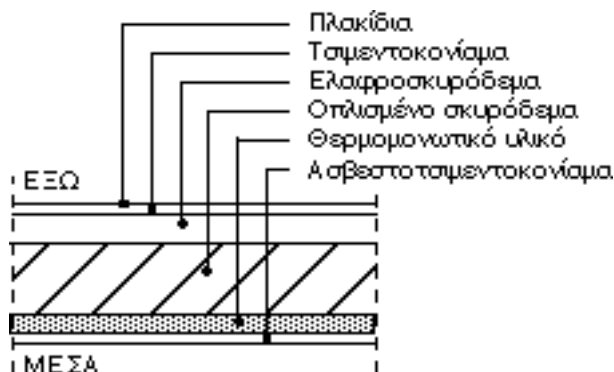
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 2,069 + 0,04} = 0,447 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η οροφή που συνορεύει με Εξωτερικό Περιβάλλον έχει συνολικό πάχος 31cm . Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 23 : Τομή δομικού στοιχείου Οροφής πάχους 31cm

Πίνακας 35 : Δομικό στοιχείο οροφής πάχους 31cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
Πλάκες ταρατσας	0,040	1,050	0,038
κονίασμα	0,020	0,870	0,023
υαλοβάμβακας	0,060	0,038	1,579
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,170	1,350	0,126
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,31		1,789

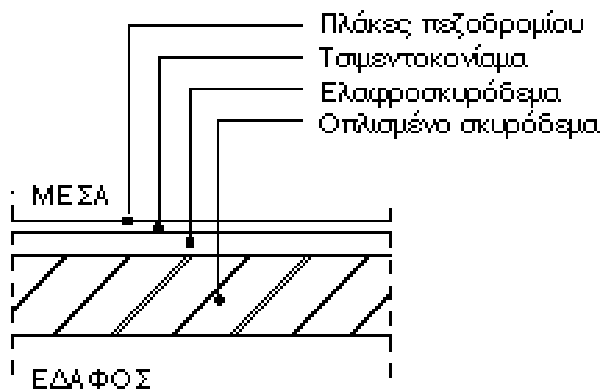
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,10 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,1 + 1,789 + 0,04} = 0,518 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Το δάπεδο που συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο έχει συνολικό πάχος 24cm . Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 24 : Τομή δομικού στοιχείου Δαπέδου πάχους 24cm

Πίνακας 36 : Δομικό στοιχείο δαπέδου πάχους 24cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
μωσαϊκό	0,040	1,200	0,033
κονίασμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,160	1,350	0,119
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,24		0,198

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,17 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,17 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,17 + 0,198 + 0,17} = 1,859 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Τα διαφανή δομικά στοιχεία της εξεταζόμενης μονοκατοικίας είναι κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και λαμβάνοντας υπ' όψιν το ποσοστό πλαισίου, προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή:

$$U_w = 3,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Η εξωτερική πόρτα της μονοκατοικίας είναι ενισχυμένη μεταλλική πόρτα. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$U = 5,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας της μονοκατοικίας, πρέπει να υπολογιστούν αναλυτικά τα επιμέρους εμβαδά των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος.

Πίνακας 37 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος

Δομικό στοιχείο	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Τελική επιφάνεια (m ²)
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	44	3	132	21,7	110,3
οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον			100	0	100
δάπεδο προς μη θερμαινόμενο χώρο			100	0	100
ανοίγματα			19,5	0	19,5
θύρα			2,2	0	2,2

Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το μειωτικό συντελεστή b προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 38 : Κτιριακό κέλυφος μονοκατοικίας 100m²

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)	Μειωτικός συντελεστής b	A×U×b
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	110,3	0,447	1	49,31
οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον	100	0,518	1	51,8
δάπεδο προς μη θερμαινόμενο χώρο	100	1,859	0,5	92,95
ανοίγματα	19,5	3,41	1	66,5
θύρα	2,2	5,1	1	11,22
ΣΥΝΟΛΟ:	332			271,78

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται:

$$U_m = \frac{271,78}{332} = 0,82 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

5.2.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Μονοκατοικίας 100m²

Η λογική υπολογισμού είναι ίδια με την περίπτωση του διαμερίσματος που μελετήθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο Ηράκλειο Κρήτης και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι ίδιες.

Στον πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες της μονοκατοικίας για κάθε μήνα:

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό Θερμικών Απωλειών του διαμερίσματος 100m²

στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$DDh = 182,9$$

$$A = 332 \text{ m}^2 \text{ (Πίνακας 38/ σελ.73)}$$

$$U_m = 0,82 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K}) \text{ (σελ. 73)}$$

$$Q = 332 \times 0,82 \times 182,9 \times 24/1000 = 1.195,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Πίνακας 39 : Ετήσιες θερμικές απώλειες (Q) μονοκατοικίας 100m²

ΜΗΝΑΣ	DDh	kWh/μήνα
Ιανουάριος	182,9	1.195,03
Φεβρουάριος	162,4	1.059,25
Μάρτιος	139,5	909,88
Απρίλιος	45	293,51
Νοέμβριος	39	254,38
Δεκέμβριος	133,3	869,44
ΣΥΝΟΛΟ :		4.581,49

Άρα το συνολικό ετήσιο θερμικό φορτίο της μονοκατοικίας υπολογίζεται: **4.581,49 kWh**

5.2.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Μονοκατοικίας 100m²

Στην υπό μελέτη οικία στεγάζεται τετραμελής οικογένεια, και θεωρείται ότι αποτελεί κύρια κατοικία και όχι εξοχική. Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών φορτίων της μονοκατοικίας θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήσεις των εσωτερικών χώρων του. Το εμβαδόν της μονοκατοικίας είναι 100m². Θεωρείται ότι οι εσωτερικοί χώροι της μονοκατοικίας είναι οι εξής:

Μία κουζίνα

Ένα σαλόνι

Δύο υπνοδωμάτια

Ένα μπάνιο

Ένας εσωτερικός διάδρομος

Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στην παρούσα μονοκατοικία, ώστε να υπολογιστούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Η μονοκατοικία λοιπόν στεγάζει τετραμελή οικογένεια και αποτελεί την κύρια κατοικία τους. Αποτελείται από τον πατέρα, τη μητέρα και τα δύο τους παιδιά. Θεωρείται ότι ο πατέρας και η μητέρα είναι εργαζόμενοι τις καθημερινές ημέρες από το πρωί μέχρι το μεσημέρι. Τα παιδιά είναι και τα δύο ανήλικα και βρίσκονται στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του αυτόνομου συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στην υπό μελέτη μονοκατοικία.

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι ανάγκες των χρηστών διαφέρουν κατά τους χειμερινούς και κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να γίνουν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος θεωρούνται θερινοί μήνες (αυξημένη χρήση κλιματιστικών), ενώ οι υπόλοιποι μήνες του χρόνου θεωρούνται χειμερινοί. Και στις δύο περιπτώσεις οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία τυπική ημέρα.

Θεωρείται ότι η κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης στην υπό μελέτη κατοικία γίνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι λαμπτήρες που έχουν τοποθετηθεί σε όλους τους χώρους της μονοκατοικίας είναι συμπαγείς φθορισμού (CFL). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους υπολογίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας, αρχικά για μία τυπική χειμερινή ημέρα και έπειτα για μία τυπική θερινή ημέρα.

Πίνακας 40 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 100m² κατά τους Χειμερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	10	15	6	900
Τηλεόραση LCD	2	70	4	560
Κλιματιστικό	3	800	0,5	1200
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	2	90	3	540
Φορητός υπολογιστής	1	50	2	100
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				13.300

Πίνακας 41 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 100m² κατά τους Θερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	10	15	3,5	525
Τηλεόραση LCD	2	70	4,5	630
Κλιματιστικό	3	800	2,5	6000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	2	90	3	540
Φορητός υπολογιστής	1	50	3	150
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	10	15	3,5	525
ΣΥΝΟΛΟ:				17.800

Το ψυγείο τροφοδοτείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν ανέβει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δουλεύει μέχρι να αναψύξει και σταματάει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεδομένης της τεχνολογίας του ψυγείου και της χρήσης που γίνεται από την εν λόγω οικογένεια, εκτιμάται ότι το ψυγείο λειτουργεί συνολικά 6 ώρες την ημέρα.

Στους προηγούμενους πίνακες, ο όρος λοιπές ηλεκτρικές συσκευές αφορά την ηλεκτρική σκούπα, το ηλεκτρικό σίδερο και το στεγνωτήρα μαλλιών.

Επομένως, υπολογίζεται ότι η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μία τυπική χειμερινή ημέρα είναι: 13,3 kWh και η αντίστοιχη για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα είναι: 17,8 kWh.

Όμως, υπάρχουν κρυφές καταναλώσεις στο εξεταζόμενο σύστημα από ενδεχόμενες συσκευές που δεν έχουν υπολογιστεί, π.χ. συσκευές που καταναλώνουν ρεύμα ακόμα και κλειστές ή σε αναμονή. Ακόμα, υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη μία υπερδιαστασιολόγηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 15%. Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική χειμερινή ημέρα υπολογίζεται: $13,3 \times 1,15 = 15,3$ kWh και η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική θερινή ημέρα υπολογίζεται: $17,8 \times 1,15 = 20,5$ kWh.

5.3 Συνοπτικός Πίνακας μηνιαίων θερμικών φορτίων χώρου και αναγκών ΖΝΧ Διαμερίσματος – Μονοκατοικίας 100m²

Πίνακας 42 : Μηνιαία Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων και αναγκών ΖΝΧ Κατοικιών 100m²

Μήνας	Διαμέρισμα 100m ²		Μονοκατοικία 100m ²	
	ZNX (kWh/mo)	θέρμανση (kWh/mo)	ZNX (kWh/mo)	θέρμανση (kWh/mo)
ΙΑΝ	245,45	334,62	245,45	1.195,03
ΦΕΒ	226,07	295,76	226,07	1.059,25
ΜΑΡ	244,48	254,06	244,48	909,88
ΑΠΡ	214,05	81,95	214,05	293,51
ΜΑΙ	188,21	-	188,21	-
ΙΟΥΝ	145,52	-	145,52	-
ΙΟΥΛ	123,21	-	123,21	-
ΑΥΓ	114,48	-	114,48	-
ΣΕΠ	120,2	-	120,2	-
ΟΚΤ	148,44	-	148,44	-
ΝΟΕ	179,31	71,03	179,31	254,38
ΔΕΚ	221,19	242,77	221,19	869,44
Σύνολο:	2.170,61	1.280,19	2.170,61	4.581,49

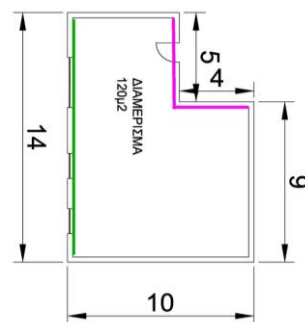
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 120m²

6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 120m²

6.1.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Διαμερίσματος 120m²

Η κάτοψη του διαμερίσματος με τις διαστάσεις της τοιχοποιίας του κελύφους του είναι η εξής:



Εικόνα 25 : Εικόνα: Κάτοψη διαμερίσματος 120m²

Με πράσινο χρώμα έχει σημειωθεί η επιφάνεια που συνορεύει με Εξωτερικό Περιβάλλον, με μωβ χρώμα η επιφάνεια που συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο (κλιμακοστάσιο), ενώ οι υπόλοιπες πλευρές του διαμερίσματος, οι οποίες είναι με μαύρο χρώμα, συνορεύουν με όμορα διαμερίσματα, τα οποία θεωρούνται Θερμαινόμενος χώρος.

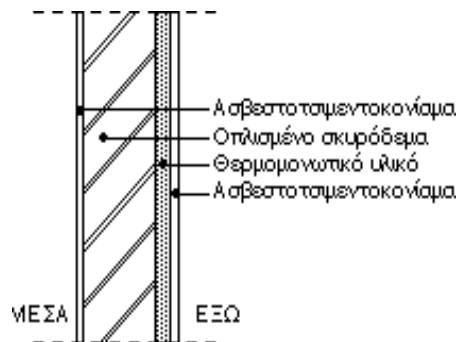
Επιπλέον απεικονίζονται και τα διαφανή δομικά υλικά του εξωτερικού κελύφους του διαμερίσματος. Η εξώπορτα του διαμερίσματος έχει διαστάσεις (1,1 x 2) m², και οι διαστάσεις των μπαλκονόπορτων είναι η μια (2,8 x 2) m² και οι δυο (1,4 x 2) m².

Θεωρείται ότι το συγκεκριμένο υπό μελέτη διαμέρισμα βρίσκεται στο δεύτερο όροφο μιας τετραώροφης πολυκατοικίας. Επομένως, τόσο στον πάνω όροφο όσο και στον κάτω όροφο του διαμερίσματος υπάρχουν όμορα διαμερίσματα. Άρα, τόσο το πάτωμα όσο και η οροφή συνορεύουν προς Θερμαινόμενο χώρο. Επιπλέον, το ύψος του διαμερίσματος είναι 3 m.

Η εσωτερική κατανομή των επιμέρους χώρων του διαμερίσματος δεν αναλύεται, καθώς τα θερμικά φορτία και απώλειες βρίσκονται στις επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετική θερμοκρασία στις δύο πλευρές τους. Η εσωτερική θερμοκρασία του διαμερίσματος θεωρείται ίδια σε όλους τους χώρους του διαμερίσματος, οπότε δεν υπάρχουν εσωτερικές θερμικές απώλειες.

Η τοιχοποιία που συνορεύει με το Εξωτερικό Περιβάλλον (πράσινο χρώμα) έχει συνολικό πάχος 29cm και έχει τοποθετηθεί θερμομονωτικό υλικό (εξηλασμένη πολυστερίνη) πάχους 5cm .

Πιο συγκεκριμένα οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 26 : Τομή δομικού στοιχείου

Πίνακας 43 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 29cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
εξηλασμένη πολυστερίνη	0,050	0,032	1,563
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,29		1,757

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 1,757 + 0,04} = 0,519 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η τοιχοποιία που συνορεύει με το κλιμακοστάσιο (μωβ χρώμα) έχει συνολικό πάχος 24cm.

Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 44: Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς κλιμακοστάσιο πάχους 24cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,24		0,194

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 0,194 + 0,13} = 2,202 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Τα διαφανή δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου διαμερίσματος είναι κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

20701-2/2010 και λαμβάνοντας υπ' όψιν το ποσοστό πλαισίου, προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή:

$$U_w = 3,41 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η εξωτερική πόρτα του διαμερίσματος είναι ενισχυμένη μεταλλική πόρτα. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$U = 5,1 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του διαμερίσματος, πρέπει να υπολογιστούν αναλυτικά τα επιμέρους εμβαδά των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το μειωτικό συντελεστή b προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 45 : Κτιριακό κέλυφος διαμερίσματος 120m²

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)	Μειωτικός συντελεστής b	A×U×b
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	30,8	0,519	1	16
τοιχοποιία προς κλιμακοστάσιο	24,8	2,202	0,5	27,31
μπαλκονόπορτες	11,2	3,41	1	38,2
θύρα	2,2	5,1	0,5	5,61
ΣΥΝΟΛΟ:	69			87,12

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται:

$$U_m = \frac{87,12}{69} = 1,26 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο Ηράκλειο Κρήτης, με βάση μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 46 : Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Ιανουάριος	12,1
Φεβρουάριος	12,2
Μάρτιος	13,5
Απρίλιος	16,5
Μάιος	20,3
Ιούνιος	24,4
Ιούλιος	26,2
Αύγουστος	26,1
Σεπτέμβριος	23,6
Οκτώβριος	20,1
Νοέμβριος	16,7
Δεκέμβριος	13,7

Στο διαμέρισμα θεωρείται ότι η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι 20 °C.

Επομένως, ανάγκες για θέρμανση υπάρχουν τους μήνες από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο.

Άρα, γι αυτούς τους μήνες θα υπολογισθεί οι Θερμικές Απώλειες.

6.1.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Διαμερίσματος 120m²

Στον πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες του διαμερίσματος για κάθε μήνα με βάση τη μέθοδο βαθμοημερών θέρμανσης:

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό Θερμικών Απωλειών του διαμερίσματος 120m²

στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$DDh = 182,9$$

$$A = 69 \text{ m}^2 \text{ (Πίνακας 45/ σελ. 82)}$$

$$U_m = 1,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K}) \text{ (σελ. 82)}$$

$$Q = 69 \times 1,26 \times 182,9 \times 24/1000 = 381,64 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Πίνακας 47 : Ετήσιες θερμικές απώλειες διαμερίσματος 120m²

ΜΗΝΑΣ	DDh	kWh/μήνα
Ιανουάριος	182,9	381,64
Φεβρουάριος	162,4	339,45
Μάρτιος	139,5	291,58
Απρίλιος	45	94,06
Νοέμβριος	39	81,52
Δεκέμβριος	133,3	278,62
ΣΥΝΟΛΟ :		1.466,87

Άρα το συνολικό ετήσιο θερμικό φορτίο του διαμερίσματος υπολογίζεται: **1.466,87 kWh.**

6.1.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Διαμερίσματος 120m²

Στην υπό μελέτη οικία στεγάζεται τετραμελής οικογένεια, και θεωρείται ότι αποτελεί κύρια κατοικία και όχι εξοχική. Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών φορτίων του διαμερίσματος θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήσεις των εσωτερικών χώρων του. Το εμβαδόν του διαμερίσματος είναι 120m². Θεωρείται ότι οι εσωτερικοί χώροι του διαμερίσματος είναι οι εξής:

Μία κουζίνα

Ένα σαλόνι

Δύο υπνοδωμάτια

Ένα μπάνιο

Ένας εσωτερικός διάδρομος

Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στο παρόν διαμέρισμα, ώστε να υπολογιστούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Το διαμέρισμα λοιπόν στεγάζει τετραμελή οικογένεια και αποτελεί την κύρια κατοικία τους. Αποτελείται από τον πατέρα, τη μητέρα και τα δύο τους παιδιά. Θεωρείται ότι ο πατέρας και η μητέρα είναι εργαζόμενοι τις καθημερινές ημέρες από το πρωί μέχρι το μεσημέρι. Τα παιδιά είναι και τα δύο ανήλικα και βρίσκονται στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του αυτόνομου συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στο υπό μελέτη διαμέρισμα.

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι ανάγκες των χρηστών διαφέρουν κατά τους χειμερινούς και κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να γίνουν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος θεωρούνται θερινοί μήνες (αυξημένη χρήση κλιματιστικών), ενώ οι υπόλοιποι μήνες του χρόνου θεωρούνται χειμερινοί. Και στις δύο περιπτώσεις οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία τυπική ημέρα.

Θεωρείται ότι η κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης στο υπό μελέτη διαμέρισμα γίνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι λαμπτήρες που έχουν τοποθετηθεί σε όλους τους χώρους του διαμερίσματος είναι συμπαγείς φθορισμού (CFL). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους υπολογίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος, αρχικά για μία τυπική χειμερινή ημέρα και έπειτα για μία τυπική θερινή ημέρα.

Πίνακας 48 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 120m² κατά τους Χειμερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	15	15	6	1350
Τηλεόραση LCD	2	70	4	560
Κλιματιστικό	3	800	0,5	1200
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	3	90	3	810
Φορητός υπολογιστής	1	50	2	100
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				14.000

Πίνακας 49 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις διαμερίσματος 120m² κατά τους Θερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	15	15	3,5	787,5
Τηλεόραση LCD	2	70	4,5	630
Κλιματιστικό	3	800	2,5	6000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	3	90	3	810
Φορητός υπολογιστής	1	50	3	150
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				18.400

Το ψυγείο τροφοδοτείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν ανέβει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δουλεύει μέχρι να αναψύξει και σταματάει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεδομένης της τεχνολογίας του ψυγείου και της χρήσης που γίνεται από την εν λόγω οικογένεια, εκτιμάται ότι το ψυγείο λειτουργεί συνολικά 6 ώρες την ημέρα.

Στους προηγούμενους πίνακες, ο όρος λοιπές ηλεκτρικές συσκευές αφορά την ηλεκτρική σκούπα, το ηλεκτρικό σίδερο και το στεγνωτήρα μαλλιών.

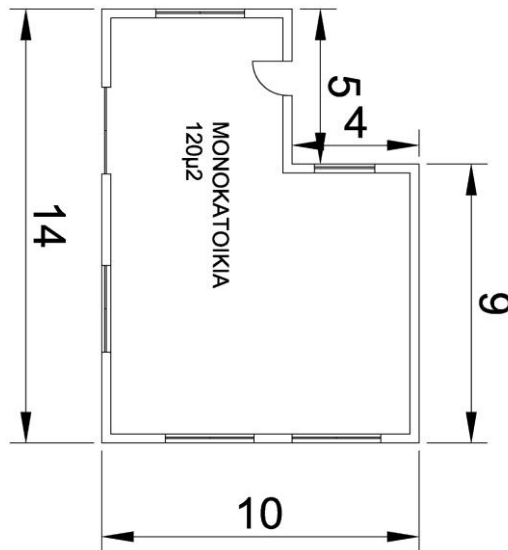
Επομένως, υπολογίζεται ότι η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μία τυπική χειμερινή ημέρα είναι: 14 kWh και η αντίστοιχη για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα είναι: 18,4 kWh.

Όμως, υπάρχουν κρυφές καταναλώσεις στο εξεταζόμενο σύστημα από ενδεχόμενες συσκευές που δεν έχουν υπολογιστεί, π.χ. συσκευές που καταναλώνουν ρεύμα ακόμα και κλειστές ή σε αναμονή. Ακόμα, υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη μία υπερδιαστασιολόγηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 15%. Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική χειμερινή ημέρα υπολογίζεται: $14 \times 1,15 = 16,1$ kWh και η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική θερινή ημέρα υπολογίζεται: $18,4 \times 1,15 = 21,1$ kWh.

6.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 120m²

6.2.1 Υπολογισμός Θερμικών Φορτίων Μονοκατοικίας 120m²

Η κάτοψη της μονοκατοικίας με τις διαστάσεις της τοιχοποιίας του κελύφους της είναι η εξής:



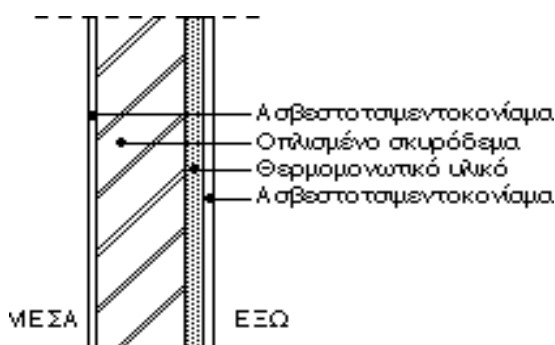
Εικόνα 27 : Εικόνα: Κάτοψη μονοκατοικίας 120m²

Οι κάθετες επιφάνειες της τοιχοποιίας και η ταράτσα συνορεύουν όλες με Εξωτερικό Περιβάλλον και το δάπεδο συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο (υπόγειο).

Επιπλέον απεικονίζονται και τα διαφανή δομικά υλικά του εξωτερικού κελύφους της μονοκατοικίας. Η εξώπορτα έχει διαστάσεις (1,1 x 2) m², και οι διαστάσεις των υπόλοιπων ανοιγμάτων είναι : (2,8 x 2) m², (2,5 x 2) m², (1,5 x 1,5) m², (2,2 x 2) m², (2,1 x 2) m² και (1,5 x 1,5) m². Επιπλέον, το ύψος της μονοκατοικίας είναι 3 m.

Η εσωτερική κατανομή των επιμέρους χώρων της μονοκατοικίας δεν αναλύεται, καθώς τα θερμικά φορτία και απώλειες βρίσκονται στις επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετική θερμοκρασία στις δύο πλευρές τους. Η εσωτερική θερμοκρασία της μονοκατοικίας θεωρείται ίδια σε όλους τους χώρους της, οπότε δεν υπάρχουν εσωτερικές θερμικές απώλειες.

Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις της κάθετης εξωτερικής τοιχοποιίας παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 28 : Τομή δομικού στοιχείου Τοιχοποιίας πάχους 30cm

Πίνακας 50 : Δομικό στοιχείο τοιχοποιίας προς εξωτερικό περιβάλλον πάχους 30cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,200	1,350	0,148
εξηλασμένη πολυστερίνη	0,060	0,032	1,875
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,30		2,069

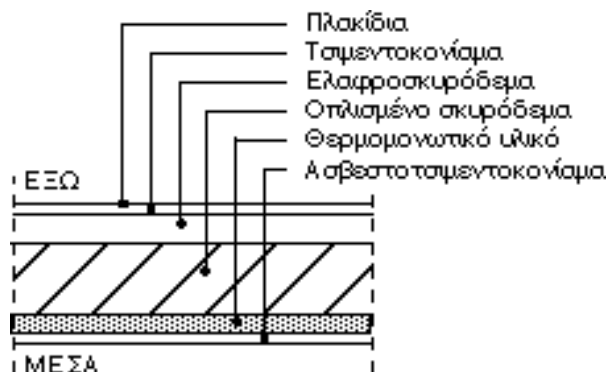
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,13 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,13 + 2,069 + 0,04} = 0,447 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Η οροφή που συνορεύει με Εξωτερικό Περιβάλλον έχει συνολικό πάχος 31cm . Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 29 : Τομή δομικού στοιχείου Οροφής πάχους 31cm

Πίνακας 51 : Δομικό στοιχείο οροφής πάχους 31cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
Πλάκες τaráτσας	0,040	1,050	0,038
κονίασμα	0,020	0,870	0,023
υαλοβάμβακας	0,060	0,038	1,579
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,170	1,350	0,126
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,31		1,789

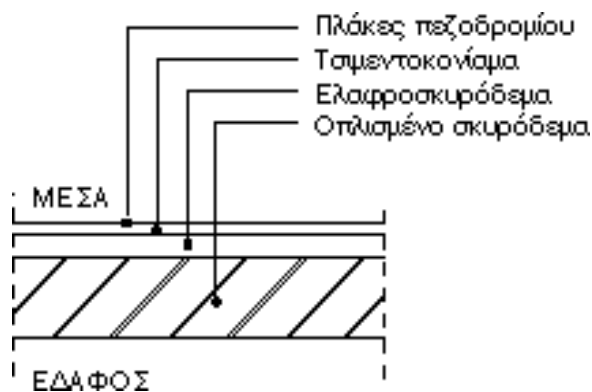
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,10 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,04 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,1 + 1,789 + 0,04} = 0,518 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Το δάπεδο που συνορεύει με Μη Θερμαινόμενο χώρο έχει συνολικό πάχος 24cm. Οι στρώσεις του δομικού στοιχείου, τα επιμέρους πάχη, συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και θερμικές αντιστάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:



Εικόνα 30 : Τομή δομικού στοιχείου Δαπέδου πάχους 24cm

Πίνακας 52 : Δομικό στοιχείο δαπέδου πάχους 24cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m ² ×K/W)
μωσαϊκό	0,040	1,200	0,033
κονίαμα	0,020	0,870	0,023
σκυρόδεμα ελαφρώς οπλισμένο	0,160	1,350	0,119
επίχρισμα	0,020	0,870	0,023
Σύνολο:	0,24		0,198

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης είναι:

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i = 0,17 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a = 0,17 \text{ (W/m}^2 \times \text{K)}$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^5 \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} = \frac{1}{0,17 + 0,198 + 0,17} = 1,859 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Τα διαφανή δομικά στοιχεία της εξεταζόμενης μονοκατοικίας είναι κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και λαμβάνοντας υπ' όψιν το ποσοστό πλαισίου, προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή:

$$U_w = 3,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Η εξωτερική πόρτα της μονοκατοικίας είναι ενισχυμένη μεταλλική πόρτα. Με βάση τους αναλυτικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$U = 5,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας της μονοκατοικίας, πρέπει να υπολογιστούν αναλυτικά τα επιμέρους εμβαδά των διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος.

Πίνακας 53 : Επιμέρους εμβαδά διαφόρων δομικών στοιχείων του κτιριακού περιβλήματος

Δομικό στοιχείο	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Τελική επιφάνεια (m ²)
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	48	3	144	25,9	118,1
οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον			120	0	120
δάπεδο προς μη θερμαινόμενο χώρο			120	0	120
ανοίγματα			23,7	0	23,7
θύρα			2,2	0	2,2

Λαμβάνοντας υπ' όψιν και το μειωτικό συντελεστή b προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 54 : Κτιριακό κέλυφος μονοκατοικίας 120m²

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)	Μειωτικός συντελεστής b	A×U×b
τοιχοποιία προς εξωτερικό περιβάλλον	118,1	0,447	1	52,8
οροφή προς εξωτερικό περιβάλλον	120	0,518	1	62,16
δάπεδο προς μη θερμαινόμενο χώρο	120	1,859	0,5	111,54
ανοίγματα	23,7	3,41	1	80,82
θύρα	2,2	5,1	1	11,22
ΣΥΝΟΛΟ:	384			318,54

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται:

$$U_m = \frac{318,54}{384} = 0,83 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

6.2.2 Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών Μονοκατοικίας 120m²

Η λογική υπολογισμού είναι ίδια με την περίπτωση του διαμερίσματος που μελετήθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο νομό Ηρακλείου Κρήτης και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι ίδιες. Στον πίνακα που ακολουθεί υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες της μονοκατοικίας για κάθε μήνα:

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό Θερμικών Απωλειών της μονοκατοικίας 120m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο :

$$DDh = 182,9$$

$$A = 384 \text{ m}^2 \text{ (Πίνακας 54 /σελ.93)}$$

$$U_m = 0,83 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K}) \text{ (σελ. 93)}$$

$$Q = 384 \times 0,83 \times 182,9 \times 24/1000 = 1.399 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Πίνακας 55 : Ετήσιες Θερμικές Απώλειες (Q) μονοκατοικίας 120m²

ΜΗΝΑΣ	DDh	kWh/μήνα
Ιανουάριος	182,9	1.399
Φεβρουάριος	162,4	1.241,5
Μάρτιος	139,5	1.066,44
Απρίλιος	45	344,02
Νοέμβριος	39	298,15
Δεκέμβριος	133,3	1.019,04
ΣΥΝΟΛΟ :		5.368,1

Άρα το συνολικό ετήσιο θερμικό φορτίο της μονοκατοικίας υπολογίζεται: **5.368,1 kW**

6.2.3 Υπολογισμός Ηλεκτρικών Φορτίων Μονοκατοικίας 120m²

Στην υπό μελέτη οικία στεγάζεται τετραμελής οικογένεια, και θεωρείται ότι αποτελεί κύρια κατοικία και όχι εξοχική. Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών φορτίων της μονοκατοικίας θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήσεις των εσωτερικών χώρων του. Το εμβαδόν της μονοκατοικίας είναι 120m². Θεωρείται ότι οι εσωτερικοί χώροι της μονοκατοικίας είναι οι εξής:

Μία κουζίνα

Ένα σαλόνι

Δύο υπνοδωμάτια

Ένα μπάνιο

Ένας εσωτερικός διάδρομος

Στη συνέχεια, θα πρέπει να καθοριστεί η σύνθεση της οικογένειας που στεγάζεται στην παρούσα μονοκατοικία, ώστε να υπολογιστούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια οι ωριαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

Η μονοκατοικία λοιπόν στεγάζει τετραμελή οικογένεια και αποτελεί την κύρια κατοικία τους. Αποτελείται από τον πατέρα, τη μητέρα και τα δύο τους παιδιά. Θεωρείται ότι ο πατέρας και η μητέρα είναι εργαζόμενοι τις καθημερινές ημέρες από το πρωί μέχρι το μεσημέρι. Τα παιδιά είναι και τα δύο ανήλικα και βρίσκονται στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το σημαντικό στοιχείο για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του αυτόνομου συστήματος είναι οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές, καθώς αυτές καθορίζουν το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά χώρο που υπάρχουν στην υπό μελέτη μονοκατοικία.

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι ανάγκες των χρηστών διαφέρουν κατά τους χειμερινούς και κατά τους θερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να γίνουν δύο διαφορετικοί υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος θεωρούνται θερινοί μήνες (αυξημένη χρήση κλιματιστικών), ενώ οι υπόλοιποι μήνες του χρόνου θεωρούνται χειμερινοί. Και στις δύο περιπτώσεις οι υπολογισμοί θα γίνουν για μία τυπική ημέρα.

Θεωρείται ότι η κάλυψη του ζεστού νερού χρήσης στην υπό μελέτη κατοικία γίνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Οι λαμπτήρες που έχουν τοποθετηθεί σε όλους τους χώρους της μονοκατοικίας είναι συμπαγείς φθορισμού (CFL). Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες έχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.

Ακολουθούν οι πίνακες στους οποίους υπολογίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας, αρχικά για μία τυπική χειμερινή ημέρα και έπειτα για μία τυπική θερινή ημέρα.

Πίνακας 56 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 120m² κατά τους Χειμερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	15	15	6	1350
Τηλεόραση LCD	2	70	4	560
Κλιματιστικό	4	800	0,5	1600
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	3	90	3	810
Φορητός υπολογιστής	1	50	2	100
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				14.400

Πίνακας 57 : Ηλεκτρικές καταναλώσεις μονοκατοικίας 120m² κατά τους Θερινούς Μήνες

ΦΟΡΤΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (hr/day)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh/day)
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	15	15	3,5	787,5
Τηλεόραση LCD	2	70	4,5	630
Κλιματιστικό	4	800	2,5	8000
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	1,5	3750
Απορροφητήρας	1	200	1,5	300
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,45	292,5
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,45	675
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000
Ψυγείο	1	70	6	420
Καφετιέρα	1	900	0,3	270
Βραστήρας	1	1000	0,25	250
Επιτραπέζιος υπολογιστής	3	90	3	810
Φορητός υπολογιστής	1	50	3	150
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	1	1000
ΣΥΝΟΛΟ:				20.400

Το ψυγείο τροφοδοτείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Όταν ανέβει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δουλεύει μέχρι να αναψύξει και σταματάει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεδομένης της τεχνολογίας του ψυγείου και της χρήσης που γίνεται από την εν λόγω οικογένεια, εκτιμάται ότι το ψυγείο λειτουργεί συνολικά 6 ώρες την ημέρα.

Στους προηγούμενους πίνακες, ο όρος λοιπές ηλεκτρικές συσκευές αφορά την ηλεκτρική σκούπα, το ηλεκτρικό σίδερο και το στεγνωτήρα μαλλιών.

Επομένως, υπολογίζεται ότι η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για μία τυπική χειμερινή ημέρα είναι: 14,4 kWh και η αντίστοιχη για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα είναι: 20,4 kWh.

Όμως, υπάρχουν κρυφές καταναλώσεις στο εξεταζόμενο σύστημα από ενδεχόμενες συσκευές που δεν έχουν υπολογιστεί, π.χ. συσκευές που καταναλώνουν ρεύμα ακόμα και κλειστές ή σε αναμονή. Ακόμα, υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη μία υπερδιαστασιολόγηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 15%. Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική χειμερινή ημέρα υπολογίζεται: $14,4 \times 1,15 = 16,6$ kWh και η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μία τυπική θερινή ημέρα υπολογίζεται: $20,4 \times 1,15 = 23,5$ kWh.

6.3 Συνοπτικός Πίνακας μηνιαίων θερμικών φορτίων χώρου και αναγκών ΖΝΧ Διαμερίσματος – Μονοκατοικίας 120m²

Πίνακας 58 : Μηνιαία Αποτελέσματα Θερμικών Φορτίων και αναγκών ΖΝΧ Κατοικιών 120m²

Μήνας	Διαμέρισμα 120m ²		Μονοκατοικία 120m ²	
	ΖΝΧ (kWh/mo)	θέρμανση (kWh/mo)	ΖΝΧ (kWh/mo)	θέρμανση (kWh/mo)
ΙΑΝ	294,52	381,64	294,52	1399
ΦΕΒ	271,28	339,45	271,28	1241,49
ΜΑΡ	293,36	291,58	293,36	1066,43
ΑΠΡ	256,86	94,06	256,86	344,01
ΜΑΙ	225,84	-	225,84	-
ΙΟΥΝ	174,62	-	174,62	-
ΙΟΥΛ	147,86	-	147,86	-
ΑΥΓ	137,38	-	137,38	-
ΣΕΠ	144,2	-	144,2	-
ΟΚΤ	178,12	-	178,12	-
ΝΟΕ	215,18	81,52	215,18	298,14
ΔΕΚ	265,42	278,62	265,42	1019,03
Σύνολο:	2.604,64	1.466,87	2.604,64	5.368,1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

7.1 Υπολογισμός Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους

Στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, ο κινητήρας μπορεί να είναι είτε χειροκίνητο ή αυτόματο ξεκίνημα. Είναι διαθέσιμα μοντέλα με καύσιμα όπως βενζίνη, υγρό προπάνιο, αέριο, πετρέλαιο. Τα Η/Ζ είναι συνήθως μεγάλα σε μέγεθος και ως εκ τούτου εγκαθίστανται σε μόνιμη θέση (δεν είναι δηλαδή φορητά) και έχουν ως καύσιμο το diesel.

Τα πλεονεκτήματα των Η/Ζ απαριθμούνται σε πιο αποδοτική χρήση των καυσίμων, μεγαλύτερες περιόδους συνεχούς λειτουργίας, χαμηλά επίπεδα θορύβου, και ταχύτερη εκκίνηση μετά από διακοπές ρεύματος. Το κύριο μειονέκτημα των γεννητριών με κινητήρα είναι το υψηλό αρχικό κόστος.

Οι γεννήτριες έχουν ταξινομηθεί από το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν σε κιλοβάτ (kW). Δύο ονομαστικές τιμές αναγράφονται στην πινακίδα της γεννήτριας. Ο μικρότερος αριθμός είναι η έξοδος ισχύος της γεννήτριας σε κανονική, συνεχή λειτουργία. Ο μεγαλύτερος αριθμός είναι η μέγιστη ισχύς που αποδίδεται συνήθως κατά την εκκίνηση. Αυτή είναι η ισχύς που παράγεται από τη γεννήτρια για βραχυπρόθεσμη υπερφόρτιση όπως όταν ξεκινά ένας κινητήρα.

Οι γεννήτριες πρέπει να παράγουν το ίδιο είδος ισχύος με την ίδια τάση και συχνότητα όπως στο δίκτυο. Οι τιμές τάσης και συχνότητας είναι συνήθως 120/240 Volt, 50 Hz εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) . Αυτό το είδος του ηλεκτρικού συστήματος μπορεί να τροφοδοτήσει μονοφασικούς κινητήρες από 1/ 4 έως 10 ίππους (hp). Μεγαλύτεροι κινητήρες απαιτούν τριφασικό σύστημα.

Ένα σύστημα για το πλήρες ηλεκτρικό φορτίο πρέπει να μπορεί να παρέχει ισχύ για το σύνολο της κατοικίας. Αυτόματη εκκίνηση συνιστάται για συστήματα πλήρους φορτίου για την αποφυγή διακοπών της παροχής ρεύματος. Το κύριο πλεονέκτημα των συστημάτων πλήρους φορτίου είναι ότι όλος ο εξοπλισμός μπορεί να ξεκινήσει ταυτόχρονα. Επιπλέον, η μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής ισχύος των συστημάτων πλήρους φορτίου επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στην προσθήκη εξοπλισμού.

Για να υπάρξει ένας σωστός σχεδιασμός θα πρέπει να αποφανθεί το φορτίο και η χρονική λειτουργία του συστήματος. Κατόπιν, επιλέγεται ο τύπος του Η/Ζ και καθορίζεται η χωρητικότητα των συσσωρευτών. Είναι φανερό ότι το σύστημα θα πρέπει να λειτουργεί αξιόπιστα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, θα πρέπει δηλαδή κάθε μέρα να καλύπτει το φορτίο. Στους πίνακες που ακολουθούν καταχωρήθηκαν τα στοιχεία υπολογισμού απαιτούμενης ισχύς ημερήσιας κατανάλωσης στις διάφορες περιπτώσεις κατοικιών που μελετούνται.

Πίνακας 59 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 80m²

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ 80m²					
ΦΟΡΤΙΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ [W]	ΙΣΧΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [W]
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	7	15	0,75	15	78,75
Τηλεόραση LCD	1	70	0,7	70	49
Απορροφητήρας	1	200	0,5	200	100
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,5	800	325
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,5	2000	750
Ψυγείο	1	70	0,75	70	52,5
Καφετιέρα	1	900	0,5	900	450
Βραστήρας	1	1000	0,5	1000	500
Επιτραπέζιος υπολογιστής	1	90	0,5	90	45
Φορητός υπολογιστής	1	50	0,5	50	25
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	0,6	1000	600
ΣΥΝΟΛΟ:		5.545		6.195	2.975,25

Με βάση, λοιπόν, τα φορτία του διαμερίσματος των 80m², θα πρέπει να επιλεγθεί ένα Η/Ζ που θα μπορεί να παράγει τουλάχιστον 2.975,25 W συνολικά και 6.195 W εκκίνησης. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος 0,8 προκύπτει ότι το κατάλληλο Η/Ζ για την περίπτωση μας, θα έχει ισχύ 7KVA.

Πίνακας 60 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 80m²

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ 80m ²					
ΦΟΡΤΙΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ [W]	ΙΣΧΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [W]
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	8	15	0,75	15	90
Τηλεόραση LCD	1	70	0,7	70	49
Απορροφητήρας	1	200	0,5	200	100
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,5	800	325
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,5	2000	750
Ψυγείο	1	70	0,75	70	52,5
Καφετιέρα	1	900	0,5	900	450
Βραστήρας	1	1000	0,5	1000	500
Επιτραπέζιος υπολογιστής	1	90	0,5	90	45
Φορητός υπολογιστής	1	50	0,5	50	25
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	0,6	1000	600
ΣΥΝΟΛΟ:		5.545		6.195	2.986,5

Με βάση, λοιπόν, τα φορτία της μονοκατοικίας των 80m², θα πρέπει να επιλεγθεί ένα Η/Ζ που θα μπορεί να παράγει τουλάχιστον 2.986,5 W συνολικά και 6.195 W εκκίνησης. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος 0,8 προκύπτει ότι το κατάλληλο Η/Ζ για την περίπτωση μας, θα έχει ισχύ 7KVA.

Πίνακας 61 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 100m²

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ 100m ²					
ΦΟΡΤΙΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ [W]	ΙΣΧΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [W]
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	10	15	0,75	15	112,5
Τηλεόραση LCD	2	70	0,7	70	98
Απορροφητήρας	1	200	0,5	200	100
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,5	800	325
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,5	2000	750
Ψυγείο	1	70	0,75	70	52,5
Καφετιέρα	1	900	0,5	900	450
Βραστήρας	1	1000	0,5	1000	500
Επιτραπέζιος υπολογιστής	2	90	0,5	90	90
Φορητός υπολογιστής	1	50	0,5	50	25
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	0,6	1000	600
ΣΥΝΟΛΟ:		5.545		6.195	3.103

Με βάση, λοιπόν, τα φορτία του διαμερίσματος των 100m², θα πρέπει να επιλεγθεί ένα Η/Ζ που θα μπορεί να παράγει τουλάχιστον 3.103 W συνολικά και 6.195 W εκκίνησης. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος 0,8 προκύπτει ότι το κατάλληλο Η/Ζ για την περίπτωση μας, θα έχει ισχύ 7KVA.

Πίνακας 62 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 100m²

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ 100m ²					
ΦΟΡΤΙΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ [W]	ΙΣΧΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [W]
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	10	15	0,75	15	112,5
Τηλεόραση LCD	2	70	0,7	70	98
Απορροφητήρας	1	200	0,5	200	100
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,5	800	325
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,5	2000	750
Ψυγείο	1	70	0,75	70	52,5
Καφετιέρα	1	900	0,5	900	450
Βραστήρας	1	1000	0,5	1000	500
Επιτραπέζιος υπολογιστής	2	90	0,5	90	90
Φορητός υπολογιστής	1	50	0,5	50	25
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	0,6	1000	600
ΣΥΝΟΛΟ:		5.545		6.195	3.103

Με βάση, λοιπόν, τα φορτία της μονοκατοικίας των 100m², θα πρέπει να επιλεγθεί ένα Η/Ζ που θα μπορεί να παράγει τουλάχιστον 3.103 W συνολικά και 6.195 W εκκίνησης. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος 0,8 προκύπτει ότι το κατάλληλο Η/Ζ για την περίπτωση μας, θα έχει ισχύ 7KVA.

Πίνακας 63: Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 120m²

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ 120m ²					
ΦΟΡΤΙΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ [W]	ΙΣΧΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [W]
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	15	15	0,75	15	168,75
Τηλεόραση LCD	2	70	0,7	70	98
Κλιματιστικό	3	800	0,5	3000	1200
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	0,7	2500	1750
Απορροφητήρας	1	200	0,5	200	100
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,5	800	325
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,5	2000	750
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000	3000
Ψυγείο	1	70	0,75	70	52,5
Καφετιέρα	1	900	0,5	900	450
Βραστήρας	1	1000	0,5	1000	500
Επιτραπέζιος υπολογιστής	3	90	0,5	90	135
Φορητός υπολογιστής	1	50	0,5	50	25
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	0,6	1000	600
ΣΥΝΟΛΟ:		5.545		6.195	3.204

Με βάση, λοιπόν, τα φορτία του διαμερίσματος των 120m², θα πρέπει να επιλεγθεί ένα Η/Ζ που θα μπορεί να παράγει τουλάχιστον 3.204 W συνολικά και 6.195 W εκκίνησης. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος 0,8 προκύπτει ότι το κατάλληλο Η/Ζ για την περίπτωση μας, θα έχει ισχύ 7KVA.

Πίνακας 64 : Ισχύς Ηλεκτρικών Συσκευών ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 120m²

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ 120m ²					
ΦΟΡΤΙΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ [W]	ΙΣΧΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [W]
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	15	15	0,75	15	168,75
Τηλεόραση LCD	2	70	0,7	70	98
Κλιματιστικό	4	800	0,5	3000	1600
Ηλεκτρική κουζίνα	1	2500	0,7	2500	1750
Απορροφητήρας	1	200	0,5	200	100
Πλυντήριο πιάτων	1	650	0,5	800	325
Πλυντήριο ρούχων	1	1500	0,5	2000	750
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	1	3000	1	3000	3000
Ψυγείο	1	70	0,75	70	52,5
Καφετιέρα	1	900	0,5	900	450
Βραστήρας	1	1000	0,5	1000	500
Επιτραπέζιος υπολογιστής	3	90	0,5	90	135
Φορητός υπολογιστής	1	50	0,5	50	25
Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές	1	1000	0,6	1000	600
ΣΥΝΟΛΟ:		5.545		6.195	3.204

Με βάση, λοιπόν, τα φορτία της μονοκατοικίας των 120m², θα πρέπει να επιλεγθεί ένα Η/Ζ που θα μπορεί να παράγει τουλάχιστον 3.204 W συνολικά και 6.195 W εκκίνησης. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος 0,8 προκύπτει ότι το κατάλληλο Η/Ζ για την περίπτωση μας, θα έχει ισχύ 7KVA.


Για τις χρονικές στιγμές που θα μπαίνει σε λειτουργία το Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος, θεωρήθηκε ότι δεν θα γίνεται χρήση του κλιματιστικό, της ηλεκτρικής κουζίνας και του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, για την μικρότερη δυνατή διαστασιολόγηση του Η/Ζ (λόγω κόστους).

Για την εύρεση του κατάλληλου ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, μελετάται η ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών των έξι κατοικιών. Παρατηρείται ότι η ισχύς κυμαίνεται από 2.975,25 W έως 3.204 W, με σταθερή την ισχύ εκκίνησης στα 6.195 W για όλες τις περιπτώσεις, επομένως γίνεται η επιλογή ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους 7KVA, το οποίο καλύπτει όλες τις παραπάνω περιπτώσεις.

Επιλέγεται το Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος Filippini SPL7

7KVA 50HZ 3.000RPM/MIN, 230/400V με τα εξής χαρακτηριστικά:

Πίνακας 65 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους Filippini

		SERIE / SERIES SPL 3000 rpm - Aria / Air - (4-20 kVA)											
GENERATORE - GENERATOR		SPL 4 ME	SPL 4 TE	SPL 7 ME	SPL 7 TE	SPL 8 ME	SPL 8 TE	SPL 10 ME	SPL 10 TE	SPL 14 TE	SPL 20 TE		
Potenza PRP - Prime Power	kVA/kW	3,6 / 2,9	3,6 / 2,9	6 / 4,8	6 / 4,8	8 / 6,4	8 / 6,4	10,8	10,8	14 / 11,2	18,8 / 15		
Potenza LTP - Stand-by Power	kVA/kW	n.d.	1,3 / 1	n.d.	2,8 / 2,2	n.d.	3,4 / 2,7	n.d.	3,7 / 2,9	4,6 / 3,7	6,2 / 4,9		
Tensione - Voltage	Volts	230	400	230	400	230	400	230	400				
Ampere	A	16	5	27	9	34,8	11,5	43,5	14,4	20,2	27,1		
Frequenza - Frequency	Hz	50											
Fattore di Potenza - Power Factor	cos.φ	0,8											
Consumo Orario - Fuel Consumption	lt/h	1,2		1,8		2,7		3,1		3,5	5,3		
GRUPPO SU BASE APERTA OPEN BASE FRAME GENERATING SET		01252 M 01253 A	01257 M 01258 A	01254 M 01255 A	01259 M 01260 A	01850 M 01851 A	01854 M 01855 A	01852 M 01853 A	01856 M 01857 A	01858 M 01859 A	01860 M 01861 A		
Dimensioni - Dimensions	mm	750x540 x670				1000x550x700				1350x600 x750	1350x600 x800		
Capacità Serbatoio - Fuel tank capacity	lt	4,3		5		6		7		10			
Peso a secco - Dry Weight	kg	79	83	120	122	148	151	185	188	220	270		
		DOMUS (55 dbA)			DOMUS (55 dbA)			DOMUS (55 dbA)					
GRUPPO INSONORIZZATO SILENCED GENERATING SET		n.d.	n.d.	09013 M 09014 A	09023 M 09024 A	09033 M 09034 A	09034 M 09035 A	06612 M 06613 A	06614 M 06615 A	06608 M 06609 A	06510 M 06511 A		
Dimensioni - Dimensions	mm	n.d.		990x550 x1190		1260x700 x1100				1500x800 x1050			
Capacità Serbatoio - Fuel tank capacity	lt	n.d.		22		30							
Peso a secco - Dry Weight	kg	n.d.		240	240	270	290	300	3300	400	436		
MOTORE - ENGINE													
Marca - Brand													
Modello - Model		15LD315	15LD440	25LD330/2	25LD425/2	12LD477/2	9LD625/2						
Raffreddamento - Cooling		ARIA - AIR											
Iniezione - Injection		DIRETTA - DIRECT											
Aspirazione - Aspiration		NATURALE - NATURAL											
N.Cilindri - Cylinder Nr.		1				2							
Cilindrata - Displacement		315	442	654	851	954	1248						
Avviamento Elettrico - Volting Start	V	12											
Batteria - Battery	Ah					45				60			
Regolatore di Giri - Speed Governor		MECCANICO - MECHANICAL											
Carburante - Fuel		DIESEL											
ALTERNATORE - ALTERNATOR													
Regolazione - Regulation		COMPOUNDS						ELETTR. - ELECT. *		COMPOUNDS			

* solo versione insonorizzata

7.2 Μεθοδολογία σχεδιασμού αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

Η γενική αρχή της σχεδίασης του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η ακόλουθη:

1. Προσδιορισμός του ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου, δηλαδή της απαιτούμενης ημερήσιας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια κατοικία και της μέγιστης πιθανής ηλεκτρικής ισχύος.
2. Προσδιορισμός του μεγέθους και του τύπου των μπαταριών με βάση τον προσδιορισμό του ηλεκτρικού φορτίου και τη ζητούμενη αυτονομία σε ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια.
3. Προσδιορισμός του τύπου και της ηλεκτρικής ισχύος των φωτοβολταϊκών πλαισίων και ηλιοθερμικών συλλεκτών με βάση τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία του τόπου εγκατάστασης και την ταχύτητα φόρτισης των μπαταριών.
4. Προσδιορισμός του κατάλληλου από ηλεκτρική και ενεργειακή άποψη ρυθμιστή φόρτισης των συσσωρευτών.
5. Προσδιορισμός του τύπου και της ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος του αντιστροφέα DC/AC με βάση τη μέγιστη ζητούμενη ηλεκτρική ισχύ που υπολογίστηκε κατά τον προσδιορισμό του ηλεκτρικού φορτίου.
6. Προσδιορισμός των απαιτούμενων καλωδιώσεων και μέσων προστασίας με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (ΕΛΟΤ HD384).

Η σχεδίαση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος αποσκοπεί στον ακριβή προσδιορισμό όλων των ανωτέρω για μια δεδομένη εφαρμογή. Λόγω της ιδιαιτερότητας του αυτόνομου συστήματος, η σχεδίασή του είναι γενικά πιο πολύπλοκη απ' ό,τι η σχεδίαση ενός διασυνδεδεμένου με το δίκτυο φωτοβολταϊκών, στο οποίο δεν υπάρχουν συσσωρευτές.

1. Προσδιορισμός της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος

Έχοντας προσδιορίσει το προφίλ της τυπικής ημερήσιας κατανάλωσης, ο μελετητής μπορεί να εξαγάγει τη μέγιστη ισχύ. Αυτή θα προσδιορίσει το μέγεθος του αντιστροφέα και την ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε Wh, από την οποία προσδιορίζεται το μέγεθος των συσσωρευτών.

2. Προσδιορισμός του αντιστροφέα

Οι αντιστροφείς (inverter) που χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος, ελεγχόμενες με τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγουν στην έξοδό

τους σταθερή ηλεκτρική τάση με μέτρο 230 V και συχνότητα 50 Hz. Αυτήν την τάση τη δημιουργούν από τη συνεχή τάση των μπαταριών στην είσοδό τους. Αντίθετα, οι αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται σε διασυνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, ελέγχονται ώστε να εγγέουν σε αυτό ένα συγκεκριμένο ηλεκτρικό ρεύμα. Επομένως, επειδή πρόκειται για δύο τελείως διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας, δε δύναται να χρησιμοποιηθούν οι συνήθεις αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων συστημάτων σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.

3. Προσδιορισμός των συσσωρευτών

Ο συνηθέστερος τύπος συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι οι μολύβδου-οξέος, λόγω της συγκριτικά πολύ καλής τιμής τους για τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, κυρίως για τη σχέση αποθηκευόμενης ενέργειας ανά μονάδα βάρους (περίπου 25 Wh/Kg) και ισχύος ανά μονάδα βάρους (75-130 W/Kg).

Επειδή κατά τη διαδικασία της φόρτισής τους γίνεται ηλεκτρόλυση, παράγεται υδρογόνο και οξυγόνο. Για αυτό το λόγο οι μπαταρίες πρέπει να βρίσκονται σε μέρος καλά αεριζόμενο. Η μείωση αυτού του κινδύνου γίνεται με χρήση μπαταριών ‘κλειστού’ τύπου, οπότε δεν υπάρχει διαφυγή των παραπάνω αερίων, επειδή ο ηλεκτρολύτης είναι σε μορφή ζελέ. Αυτές οι μπαταρίες είναι ακριβότερες από τις αντίστοιχες ‘ανοιχτού’ τύπου.

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος χαρακτηρίζονται από την ονομαστική τους τάση (συνήθως 2 V, 6 V ή 12 V), την ονομαστική τους χωρητικότητα εκφρασμένη σε ηλεκτρικό φορτίο (Ah) και το επιτρεπτό βάθος εκφόρτισής τους εκφρασμένο σε ποσοστό % της ονομαστικής χωρητικότητας. Επιπλέον, ο κατασκευαστής προδιαγράφει τον αριθμό των κύκλων πλήρους φόρτισης και εκφόρτισης που μπορεί να υποστεί η μπαταρία μέχρι το τέλος της ζωής της. Τυπική τιμή για τις μπαταρίες με τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι 1.000-1.200 κύκλοι. Η ονομαστική χωρητικότητα σε συνδυασμό με την τάση δίνουν την ονομαστική ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. μια μπαταρία με 2 V και με χωρητικότητα 420 Ah αποθηκεύει $2 \times 420 = 840$ Wh). Η πραγματική χωρητικότητα της μπαταρίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από το ρυθμό εκφόρτισής της.

Ο προσδιορισμός της χωρητικότητας της μπαταρίας γίνεται με βάση τις ημερήσιες απαιτήσεις ενέργειας και την επιθυμητή αυτονομία του συστήματος σε παρατεταμένη συννεφιά. Οι ημέρες αυτονομίας καθορίζονται μετά από συζήτηση με τους χρήστες της κατοικίας, διευκρινίζοντας ότι η αύξηση της αυτονομίας της μπαταρίας οδηγεί σε ακριβότερο σύστημα. Θα πρέπει ουσιαστικά να γίνει μια οικονομοτεχνική μελέτη.

4. Προσδιορισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι η κύρια πηγή ενέργειας για το αυτόνομο σύστημα. Το μέγεθός τους θα προσδιοριστεί από την επιθυμητή παραγωγή ενέργειας σε κάποιες συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας. Επισημαίνεται ότι λόγω της διαφορετικής ηλιακής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας που δέχεται ένας τόπος, εάν επιλεγούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια με βάση την ηλιακή ενέργεια, π.χ. του Ιανουαρίου, θα οδηγήσει σε ένα μεγάλο και ακριβό σύστημα, το οποίο θα υπολειπυργεί κατά τους θερινούς μήνες. Προφανώς ισχύει και το αντίστροφο.

Επομένως, ο προσδιορισμός του μεγέθους των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να είναι αποτέλεσμα τεχνοοικονομικής ανάλυσης. Μια συνήθης πρακτική είναι να διαστασιολογείται το φωτοβολταϊκό σύστημα με βάση την ηλιακή ενέργεια του Απριλίου (που είναι περίπου ίδια με την αντίστοιχη του Οκτωβρίου) για τον τόπο εγκατάστασης και για παραγωγή ενέργειας ίση με την ενέργεια που καταναλώνεται (συμπεριλαμβάνοντας τις όποιες απώλειες ενέργειας) σε μία τυπική ημέρα.

5. Προσδιορισμός του ρυθμιστή φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος με σκοπό τη σωστή φόρτιση των μπαταριών ανάλογα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ρυθμιστών φόρτισης, με αποδοτικότερους αυτούς που έχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης του μέγιστου σημείου λειτουργίας (maximum power point tracker, MPPT) των φωτοβολταϊκών πλαισίων, επειδή συμβάλλουν στη μέγιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας. Σε σχέση με τους απλούστερους και φθηνότερους ρυθμιστές απαιτούν 5%-10% λιγότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την ίδια παραγωγή ενέργειας και επομένως αποσβένουν το αρχικό μεγαλύτερο κόστος σε περίπου 1-2 έτη.

Ο ρυθμιστής φόρτισης προσδιορίζεται από την τάση εισόδου (η τάση που επιβάλλεται στα φωτοβολταϊκά πλαίσια), από την τάση εξόδου (τάση που επιβάλλεται στους συσσωρευτές), από το μέγιστο ρεύμα φόρτισης των μπαταριών που μπορούν να διαχειριστούν και από το εύρος της τάσης εισόδου, στο οποίο μπορούν να κάνουν MPPT.

6. Συντήρηση

Το μόνο στοιχείο της εγκατάστασης που απαιτεί συντήρηση είναι οι συσσωρευτές. Εάν είναι 'ανοιχτού' τύπου, θέλουν τακτικά (περίπου μια φορά το εξάμηνο) έλεγχο του ηλεκτρολύτη. Κάθε 5-7 έτη χρειάζονται αντικατάσταση, επειδή έχουν συμπληρώσει τους κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης.

7.3 Μεθοδολογία σχεδιασμού ηλιοθερμικού συστήματος

- Η μέση Ολική μηνιαία H_T ηλιακή ακτινοβολία ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \times \text{mo})$) σε κεκλιμένο επίπεδο με νότιο υπολογισμό, υπολογίζεται βάση του ισοτροπικού μοντέλου των Liu, Jordan & Klein, από την ακόλουθη σχέση:

$$\bar{H}_T = (\bar{H} - \bar{H}_d) \cdot \bar{R}_b + 0,5 \cdot \bar{H}_d \cdot (1 + \cos \beta) + 0,5 \cdot \rho \cdot \bar{H} \cdot (1 - \cos \beta)$$

όπου:

ρ : η ανακλαστικότητα του εδάφους και θεωρήθηκε ίση με 0,15,

β : η κλίση της επιφάνειας,

H : η μέση μηνιαία ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για την υπό μελέτη περιοχή,

H_d : η μέση μηνιαία διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για την υπό μελέτη περιοχή.

R_b : ο μέσος μηνιαίος γεωμετρικός παράγοντας για νότιο προσανατολισμό (αζιμούθιο $\gamma=0$).

- Η μέση μηνιαία Διάχυτη (H_d/H_T) ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, υπολογίζεται από την σχέση των Collares-Pereira & Rabl, η οποία αναφέρεται στον λόγο της διάχυτης προς την ολική μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο. Ο λόγος αυτός περιγράφεται από την σχέση :

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}_T} = 0,755 + 0,00653 \cdot (\omega_s - 90) - [0,505 + 0,00455 \cdot (\omega_s - 90)] \cdot \cos(115 \cdot \bar{k}_t - 103)$$

- Η Ωριαία Γωνία Δύσης (ω_s) για τη μέση αντιπροσωπευτική ημέρα του μήνα στην υπό μελέτη περιοχή, υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\omega_s = \cos^{-1} (-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta))$$

όπου:

φ : είναι το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής

δ : η ηλιακή απόκλιση

- Ο μέσος μηνιαίος Συντελεστής Αιθριότητας (\overline{kt}) της περιοχής και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\overline{kt} = \frac{\overline{H_T}}{H_0}$$

όπου:

H_0 : η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία (kWh/(m².mo)) σε οριζόντιο επίπεδο στο όριο της ατμόσφαιρας.

- Ο μέσος μηνιαίος Γεωμετρικός Παράγοντας ($\overline{R_b}$) είναι ο λόγος της άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς την άμεση ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, και υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\overline{R_b} = \frac{\left[\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega'_s) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega'_s \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin(\delta) \right]}{\left[\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s) + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) \right]}$$

όπου:

ω'_s : η ωριαία γωνία δύσης της κεκλιμένης επιφάνειας για τη μέση αντιπροσωπευτική ημέρα του μήνα στην υπό μελέτη περιοχή και υπολογίζεται από την σχέση:

$$\omega'_s = \min \left\{ \cos^{-1}(-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)), \cos^{-1}(-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta)) \right\},$$

όπου:

φ : το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής,

β : η κλίση της επιφάνειας

- Η ηλιακή απόκλιση (δ) υπολογίζεται από την σχέση:

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[360 \times \frac{D + 284}{365} \right]$$

όπου:

D: η μέση αντιπροσωπευτική ημέρα για κάθε μήνα

Πίνακας 66 : Η μέση αντιπροσωπευτική (D) ημέρα για κάθε μήνα (TOTEE-20701-3)

μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
D	17	47	75	105	135	162	198	228	258	289	320	351

Με την εφαρμογή των πιο πάνω σχέσεων υπολογίζεται η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία (H_o) σε κεκλιμένο επίπεδο με νότιο προσανατολισμό, για διάφορες κλίσεις (β) επιφανειών. Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε καθαρό οριζόντια χωρίς εμπόδια. Σε περίπτωση που στο νότο υπάρχουν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια η προσπίπτουσα ακτινοβολία μειώνεται.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται, κάποιους υπολογισμούς των παρακάτω συνιστωσών

$$D - \delta - \omega_s - H_o - H - H_d - \omega'_s - R_b - H_T$$

για το μήνα Ιανουάριο :

$\phi=35,3^\circ$: Γεωγραφικό Πλάτος του Ηρακλείου

$G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$: Πυκνότητα Ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα

$\beta=50^\circ$: Κλίση συλλεκτών

$\rho=0,15$: Συντελεστής ανακλαστικότητας

$D=17$: Πίνακας 64/ σελ.101

Ηλιακή Απόκλιση (δ)

$$\delta = 23,45 \times \sin(360 \times ((D + 284)/ 365)) \rightarrow$$

$$\delta = 23,45 \times \sin(360 \times ((17 + 284)/ 365)) \rightarrow$$

$$\delta = -20,92$$

Ωριαία Γωνία Δύσης του Ήλιου για Οριζόντια Επιφάνεια (ω_s)

$$\omega_s = (\cos^{-1} (-\tan(\phi) \times \tan(\delta))) \rightarrow$$

$$\omega_s = (\cos^{-1} (-\tan(35,3) \times \tan(-20,92))) \rightarrow$$

$$\omega_s = 74,30^\circ$$

Ενεργειακή Ηλιακή Απολαβή εκτός Ατμόσφαιρας (H_o)

$$H_o = (24\text{hours} \times 3600 \times G_{sc}) / \pi \times (1 + 0,033 \cos(360 \times D / 365)) \times (\cos \phi \times \cos \delta \times \sin \omega_s + (\pi \times \omega_s) / 180 \times \sin \phi \times \sin \delta) \rightarrow$$

$$H_o = (24\text{hours} \times 3600 \times 1367) / \pi \times (1 + 0,033 \cos(360 \times 17 / 365)) \times (\cos 35,3 \times \cos(-20,92) \times \sin 74,30 + (\pi \times 74,30) / 180 \times \sin 35,3 \times \sin(-20,9)) \rightarrow$$

$$H_o = 5,02 \text{ kWh/m}^2 \times \text{day} = 5,02 \text{ kWh/m}^2 \times \text{day} \times 31 \text{ month/day} \rightarrow$$

$$H_o = 155,76 \text{ kWh/m}^2 \times \text{month}$$

Διάχυτη Ακτινοβολία (H_d) – diffused (ΤΟΤΕΕ-20701-3)

$$H_d = 27,6 \text{ kWh/m}^2 \times \text{month}$$

Ενεργειακή Ηλιακή Απολαβή για Οριζόντιο Επίπεδο (H) (Πίνακας 3/ σελ.24)

$$H = 65,6 \text{ kWh/m}^2 \times \text{month}$$

Ωριαία Γωνία Δύσης του Ήλιου για Κεκλιμένη Επιφάνεια (ω'_s)

$$\omega'_s = \min \{ \cos^{-1} \times (-\tan(\phi) \times \tan(\delta)), \cos^{-1} \times (-\tan(\phi - \beta) \times \tan(\delta)) \} \rightarrow$$

$$\omega'_s = \min \{ \cos^{-1} \times (-\tan(35,3) \times \tan(-20,92)), \cos^{-1} \times (-\tan(35,3 - 50) \times \tan(-20,92)) \} \rightarrow$$

$$\omega'_s = 74,30^\circ$$

Μέσος Μηνιαίος Γεωμετρικός Παράγοντας (R_b)

$$R_b = (\cos(\phi - \beta) \times \cos(\delta) \times \sin(\omega'_s) + (\pi/180) \times \omega'_s \times \sin(\phi - \beta) \times \sin(\beta)) /$$

$$(\cos(\phi) \times \cos(\delta) \times \sin(\omega_s) + (\pi/180) \times \omega_s \times \sin(\phi) \times \sin(\delta)) \rightarrow$$

$$R_b = (\cos(35,3 - 50) \times \cos(-20,92) \times \sin(74,30) + (\pi/180) \times 74,30 \times \sin(35,3 - 50) \times \sin(50)) /$$

$$(\cos(35,3) \times \cos(-20,92) \times \sin(74,30) + (\pi/180) \times 74,30 \times \sin(35,3) \times \sin(-20,92)) \rightarrow$$

$$R_b = 2,12$$

Ενεργειακή Ηλιακή Απολαβή για Κεκλιμένο Επίπεδο (H_T)

$$H_T = (H - H_d) \times R_b + 0,5 \times H_d \times (1 + \cos \beta) + 0,5 \times \rho \times H \times (1 - \cos \beta) \rightarrow$$

$$H_T = (65,6 - 27,6) \times 2,12 + 0,5 \times 27,6 \times (1 + \cos 50) + 0,5 \times 0,15 \times 65,6 \times (1 - \cos 50) \rightarrow$$

$$H_T = 104,87 \text{ kWh/m}^2 \times \text{month}$$

Πίνακας 67: Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Συνιστωσών $D - \delta - \omega_s - H_o$

	D	δ	ω_s	H_o (kWh/m ² .day)	days/month	H_o (kWh/m ² .month)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	17	-20,92	74,30	5,02	31	155,76
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	47	-12,95	80,63	6,43	28	180,17
ΜΑΡΤΙΟΣ	75	-2,42	88,29	8,19	31	253,99
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	105	9,41	96,74	9,94	30	298,18
ΜΑΙΟΣ	135	18,79	103,94	11,10	31	344,14
ΙΟΥΝΙΟΣ	162	23,09	107,57	11,55	30	346,45
ΙΟΥΛΙΟΣ	198	21,18	105,93	11,30	31	350,36
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	228	13,45	99,75	10,37	31	321,34
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	258	2,22	91,57	8,81	30	264,24
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	289	-9,97	82,85	6,88	31	213,20
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	320	-19,38	75,58	5,27	30	158,01
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	351	-23,40	72,16	4,57	31	141,64

Πίνακας 68 : Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων Συνιστωσών $H - H_d - \omega'_s - R_b - H_T$

	H (kWh/m ² .month)	H_d (kWh/m ² .month)	ω'_s	R_b	H_T (kWh/m ² .month)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	65,6	27,6	74,30	2,12	104,87
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	81,6	34,4	80,63	1,68	109,58
ΜΑΡΤΙΟΣ	125	52,6	88,29	1,26	138,04
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	166,5	66,8	87,51	0,93	151,83
ΜΑΙΟΣ	207,3	81,5	84,88	0,73	163,99
ΙΟΥΝΙΟΣ	222,4	84,3	83,58	0,65	164,64
ΙΟΥΛΙΟΣ	227,1	84,3	84,16	0,68	172,74
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	207	74,1	86,40	0,84	177,54
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	163	57,2	89,42	1,12	169,61
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	117,3	42,8	82,85	1,54	153,40
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	78,6	29,4	75,58	2,02	125,59
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	61,2	24,8	72,16	2,29	105,46

Άρα η ενεργειακή απολαβή (H_T) για την Χειμερινή περίοδο, δηλαδή,

από Οκτώβριο έως Μάρτιο είναι: $H_T = (153,40+125,59+105,46+104,87+109,58+138,04)$

$$\text{Σύνολο: } H_T = 736,94 \text{ kWh/m}^2$$

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία είναι: 104,87 kWh/m²/μήνα και αντιστοιχεί στο μήνα Ιανουάριο.

Άρα, για το μήνα Ιανουάριο θα μελετηθεί το ηλιοθερμικό και ο φωτοβλταϊκό σύστημα για όλες τις περιπτώσεις κατοικιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ 80m²

8.1 Διαμέρισμα 80m²

8.1.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος του διαμερίσματος των 80m²

Το ηλιοθερμικό σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης (ZNX) του διαμερίσματος.

Από τους υπολογισμούς του 4^{ου} και του 3^{ου} κεφαλαίου προκύπτει ότι :

- Το μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο, για τις ανάγκες θέρμανσης του διαμερίσματος των 80m² είναι: 319,43 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.
- Το μέγιστο μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης του διαμερίσματος των 80m² είναι : 196,9 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.

Άρα, η συνολική μέγιστη θερμική ενέργεια (Q_c) που απαιτείται για τη θέρμανση και το ZNX είναι: $320,26 + 196,9 = 517,16$ kWh/μήνα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και ZNX του διαμερίσματος, άρα θα πρέπει να παράγουν 517,16 kWh.

Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο επιλέγεται κλίση των ηλιακών συλλεκτών 50°.

Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία (ενεργειακή απολαβή) στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, το βαθμό απόδοσης του επιλεγόμενου συλλέκτη και από τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών.

Ακολουθεί η εξίσωση:

$$Q_c = H_T \cdot n \cdot A_c$$

όπου:

Q_c : παραγόμενη θερμική ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες (kWh/μήνα)

H_T : ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών (kWh/m²×μήνα)

n : βαθμός απόδοσης ηλιακού συλλέκτη

A_c : επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m²)

Θεωρώντας βαθμός απόδοσης του συστήματος της τάξεως του 50%, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια (A_c) των ηλιακών συλλεκτών για τον δυσμενέστερο μήνα ενεργειακής απολαβής που είναι ο Ιανουάριος:


$$A_c = \frac{Q_c}{n \cdot H_T} \Rightarrow A_c = \frac{517,16}{0,5 \cdot 104,87} \Rightarrow A_c = 9,87 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται να τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESSE.

SPF Solartechnik
Prüfung
Forschung

C1335


**Solar Collector Factsheet
Hewalex KS 2000 TLP Am**



Model KS 2000 TLP Am
Type Flat plate collector
Manufacturer HEWALEX Sp. z o.o. Sp. k.
Address ul. Juliusza Słowackiego 33

Telephone PL-43-502 Czechowice-Dziedzice
+48 (032) 214 17 10
Fax +48 (032) 214 50 04
Email hewalex@hewalex.pl
Internet www.hewalex.eu
Test date 01.2012

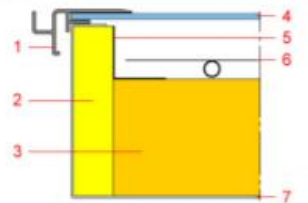
Performance test EN12975:2006
 Quality test EN12975:2006



Dimensions		Technical data	
Total length	2.020 m	Minimum flowrate	60 l/h
Total width	1.035 m	Nominal flowrate	108 l/h
Gross area	2.091 m ²	Maximum flowrate	132 l/h
Aperture area	1.827 m ²	Fluid content	1.1 l
Absorber area	1.827 m ²	Maximum operating pressure	6 bar
Weight empty	36 kg	Stagnation temperature	205 °C

Types of mounting	Further information
<input checked="" type="checkbox"/> Construction for sloping roof	<input type="checkbox"/> Units in different sizes available
<input checked="" type="checkbox"/> Integration into sloping roof	<input type="checkbox"/> Glazing replaceable
<input checked="" type="checkbox"/> On flat roof with stand	Hydraulic connection
<input checked="" type="checkbox"/> Facade	G3/4"

Construction



- Cover rail
- Lateral thermal insulation
- Thermal insulation
- Glazing
- Black glass fleece
- Absorber
- Casing

Η ωφέλιμη επιφάνεια κάθε τέτοιου συλλέκτη είναι 1,827 m².

Επομένως, υπολογίζεται ότι απαιτούνται για τις ανάγκες του διαμερίσματος:

$$N = 9,87/1,824 \Leftrightarrow N = 5,4$$

Άρα, 6 ηλιακοί συλλέκτες θα χρειαστούν για το διαμέρισμα των 80m².

Εικόνα 31 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ηλιακών συλλεκτών, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 69 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP

		ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΛΡ
		Ελάχιστη Ροή (dm ³ /h)	70
		Συνιστώμενη Ροή (dm ³ /h)	90
		Μέγιστη Ροή (dm ³ /h)	240
		Περιεχόμενο μέσο (dm ³ /h)	1,1
		Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)	6
		Οπτική αποδοτικότητα (%)	80,2
		Θερμικές απώλειες α1 (W/m ² K)	3,8
		Θερμικές απώλειες α2 (W/m ² K)	0,009
		Θερμοκρασία παύσης (°C)	219
		Πτώση πίεσης (Pa)	416
Αναλογική Ωριαία Απόδοση ανά Συλλέκτη για G=1000W/m ²	ΑΩΑ/Σ	Tm-Ta 10K (W)	1388
		Tm-Ta 30K (W)	1240
		Tm-Ta 50K (W)	1082

Το θερμοδοχείο που επιλέγεται είναι της ίδιας εταιρίας (CHESS) με τους ηλιακούς συλλέκτες (για λόγους συμβατότητας και μείωσης του κόστους εγκατάστασης), και είναι το μοντέλο HA600 L/V με χωρητικότητα 600 lt.

Πίνακας 70 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Πx ΒxΥ (mm)	Βάρος (kg)	ΜΠΛ*(bars)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
				Λίτρα	kWh	Mcal
HA100 V	600x600x600	55	2,5	100	8,1	7
HA300 V	600x700x1430	148	2,5	300	24,4	21
HA400 V	600x700x1810	178	2,5	400	32,5	28
HA600 V	2510x550x2350	135**	1,5	600	48,8	42
HA1600 L/V	600x700x1810	425**	2,5	1600	130,3	112
HA3000 L/V	3000x550x2350	575**	1,5	3000	244,2	210
HA15000 L/V	3000x2750x2350	2875**	1,5	15000	1221,2	1050

*Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας.

** Βάρος χωρίς τους συλλέκτες και τη μόνωση.

8.1.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος του διαμερίσματος των 80m²

Το φ/β σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος.

Ο σχεδιασμός του φ/β συστήματος απαιτεί τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φ/β πλαισίων ώστε να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος του διαμερίσματος. Ταυτόχρονα πρέπει να παράγουν ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος ικανή να φορτιστούν οι συσσωρευτές για όσες μέρες αυτονομίας επιλεχθούν για το σύστημα.

Στο 4^ο κεφάλαιο (**Πίνακας 17/ σελ. 46**) υπολογίστηκε ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος των 80m² για τους θερινούς μήνες είναι: 13,1 kWh/μέρα. Σε αυτή την κατανάλωση έχει υπολογιστεί και η χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για την κάλυψη του ZNX του διαμερίσματος. Τώρα όμως οι ανάγκες για ZNX έχουν σχεδιαστεί να καλύπτονται από το ηλιοθερμικό σύστημα. Επομένως, το φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί πρέπει να καλύπτει ημερήσια κατανάλωση:

$$(13,1 - 3) \text{ kWh/μέρα} = 10,1 \text{ kWh/μέρα.}$$

Επιλέγεται αυτονομία 1 ημέρας.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει η διαστασιολόγηση και επιλογή των απαιτούμενων συσσωρευτών. Επιλέγονται μπαταρίες κλειστού τύπου (OPzV) της εταιρίας Sunlight. Το βάθος εκφόρτισης ορίζεται στο 50%.

Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12 V, 24 V ή 48 V. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα, άρα και μικρότερες ωμικές απώλειες. Επομένως, επιλέγεται η τάση του συστήματος να είναι 48 V.

Θεωρώντας ένα συντελεστή γήρανσης ($n_\gamma = 0,8$), συντελεστή εκφόρτισης ($n_{εκφ} = 0,9$) και δεδομένου ότι η μπαταρία έχει επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης 50% ($\beta_{εκφ} = 0,5$), η χωρητικότητα των μπαταριών για τους Χειμερινούς μήνες υπολογίζεται:

$$C(n) = \frac{(n+b) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_{εκφ} \times \beta_{εκφ} \times V_B} \rightarrow C(n) = \frac{(1+0,5) \times 1,1 \times 11,7 \text{ kWh/day}}{0,8 \times 0,9 \times 0,5 \times 48} \rightarrow C(n) = 1.117,19 \text{ Ah}$$

όπου:

$n = 1$, ημέρα αυτονομίας

$b = 0,5$: το ποσοστό των φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας

$m = 1,1$: συντελεστής περιθωρίου

E_L : Ημερήσιο φορτίο για κάθε μήνα (kWh/day)

$V_B = 48$: η μέση πολική τάση του συσσωρευτή μέσα στο διάστημα αυτό, η οποία συμπίπτει, πρακτικά, με την ονομαστική τιμή της (Volt)

Πίνακας 71 :Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight

OPzV 2V Cells									
Τύπος	Θετική πλάκα	Χωρητικότητα (Ah) C_{10} V/Cell (1.80 Vpc στους 20°C)	Μέγιστες διαστάσεις στοιχείου (mm)					Βάρος (kg)	Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
	Μέγεθος (Ah)		a	b	h1	h2	e		
4 OPzV 200	50	224	103	206	355	382	-	20	2300
5 OPzV 250		280	124	206	355	382	-	24	2860
6 OPzV 300		336	145	206	355	378	-	28	3380
5 OPzV 350	70	405	124	206	471	498	-	31	3380
6 OPzV 420		486	145	206	471	498	-	37	3980
7 OPzV 490		567	166	206	471	498	-	42	4520
6 OPzV 600	100	690	145	206	646	673	-	50	4360
8 OPzV 800		920	191	210	646	673	80	68	5980
10 OPzV 1000		1150	233	210	646	673	110	82	7380
12 OPzV 1200		1380	275	210	646	673	140	97	8640
12 OPzV 1500	125	1620	275	210	797	824	140	120	9440
16 OPzV 2000		2160	399	214	772	799	2 x 110	165	12680
20 OPzV 2500		2700	487	212	772	799	3 x 110	200	16240
24 OPzV 3000		3240	576	212	772	799	3 x 140	240	18460

Επομένως επιλέγονται 24 μπαταρίες 10 OPzV 1000, η κάθε μια έχει τάση 2 V και χωρητικότητα 1150 Ah. Τα στοιχεία θα συνδεθούν σε σειρά. Φορτίζουν σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης: $1150/10 = 115 \text{ A}$.

Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια διαφέρει ανάλογα με την ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια. Εξαρτάται λοιπόν από την περιοχή, τον προσανατολισμό και την κλίση τους.

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η βέλτιστη κλίση των φ/β πλαισίων για το Ηράκλειο είναι στις 30° και ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος. Θεωρείται ότι έτσι θα τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια στην ταράτσα της πολυκατοικίας, ενώ δεν υπάρχουν σκιασμοί.

Με σταθερή την τοποθεσία (Ηράκλειο Κρήτης), η ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με το μήνα. Οπότε, πρέπει να αποφασισθεί για την ημέρα ποιανού μήνα θα γίνει η μελέτη. Ακολουθώντας σειρά υπολογισμών, προκύπτει ότι ο Ιανουάριος είναι ο μήνας στον οποίο υπάρχει η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (4,46 kW), επιλέγεται λοιπόν ένα μέγεθος φ/β πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες τις τυπικές ημέρες του Ιανουαρίου.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό της Ισχύς του διαμερίσματος 80m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο (που είναι και η μέγιστη):

$$G_{STC} = 1 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ (πυκνότητα ισχύος)}$$

$$m = 1,1 \text{ (συντελεστής περιθωρίου)}$$

$$n_{αμ} = 0,90 \text{ (συντελεστής άμεσων φορτίων)}$$

$$n_{εμμ} = 0,85 \text{ (συντελεστής έμμεσων φορτίων)}$$

$$n = 1 \text{ (μία ημέρα αυτονομίας)}$$

$$N = 31 \text{ (ημέρες του Ιανουαρίου)}$$

$$P_{pic} = \frac{1}{PR} \times \frac{G_{STC}}{H_t} \times m \times \left(\frac{0,5 \times E_L}{n_{αμ}} + \frac{0,5 \times E_L}{n_{εμμ}} + \left(\frac{n}{N-n} \right) \times \frac{E_L}{n_{εμμ}} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = \frac{1}{0,83} \times \frac{1}{4,13} \times 1,1 \times \left(\frac{0,5 \times 11,7}{0,90} + \frac{0,5 \times 11,7}{0,85} + \left(\frac{1}{31-1} \right) \times \frac{11,7}{0,85} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = 4,46 \text{ kW}$$

Πίνακας 72 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Διαμερίσματος 80 m²

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ 80m ²		Ed (kWh)	Ht (kWh/m ²)	PR	Μήνας	E _L	P _{pic}	C(n)
Μήνας	Ημέρες					Κατανάλωση (kWh)	(kW)	(Ah)
Ιανουάριος	31	3,41	4,13	0,83	1	11,7	4,46	1.117,19
Φεβρουάριος	28	3,96	4,84	0,82	2	11,7	3,86	1.117,19
Μάρτιος	31	4,92	6,09	0,81	3	11,7	3,09	1.117,19
Απρίλιος	30	5,35	6,75	0,79	4	10,1	2,46	964,41
Μάιος	31	5,62	7,23	0,78	5	10,1	2,34	964,41
Ιούνιος	30	5,91	7,73	0,76	6	10,1	2,23	964,41
Ιούλιος	31	5,93	7,84	0,76	7	10,1	2,22	964,41
Αύγουστος	31	5,92	7,83	0,76	8	10,1	2,22	964,41
Σεπτέμβριος	30	5,45	7,07	0,77	9	10,1	2,41	964,41
Οκτώβριος	31	4,67	5,93	0,79	10	11,7	3,26	1.117,19
Νοέμβριος	30	3,80	4,69	0,81	11	11,7	4,01	1.117,19
Δεκέμβριος	31	3,46	4,21	0,82	12	11,7	4,40	1.117,19

Με τη χρήση του προγράμματος Photovoltaic Geographical Information System (PGIS), για την επιλεγμένη περιοχή του Ηρακλείου, με την κλίση και τον προσανατολισμό των πάνελ βγαίνουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 73: Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο

Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.41	106	4.13	128
Feb	3.96	111	4.84	135
Mar	4.92	152	6.09	189
Apr	5.35	161	6.75	202
May	5.62	174	7.23	224
Jun	5.91	177	7.73	232
Jul	5.93	184	7.84	243
Aug	5.92	184	7.83	243
Sep	5.45	163	7.07	212
Oct	4.67	145	5.93	184
Nov	3.80	114	4.69	141
Dec	3.46	107	4.21	130
Year	4.87	148	6.20	189
Total for year		1780		2260

Ed : Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

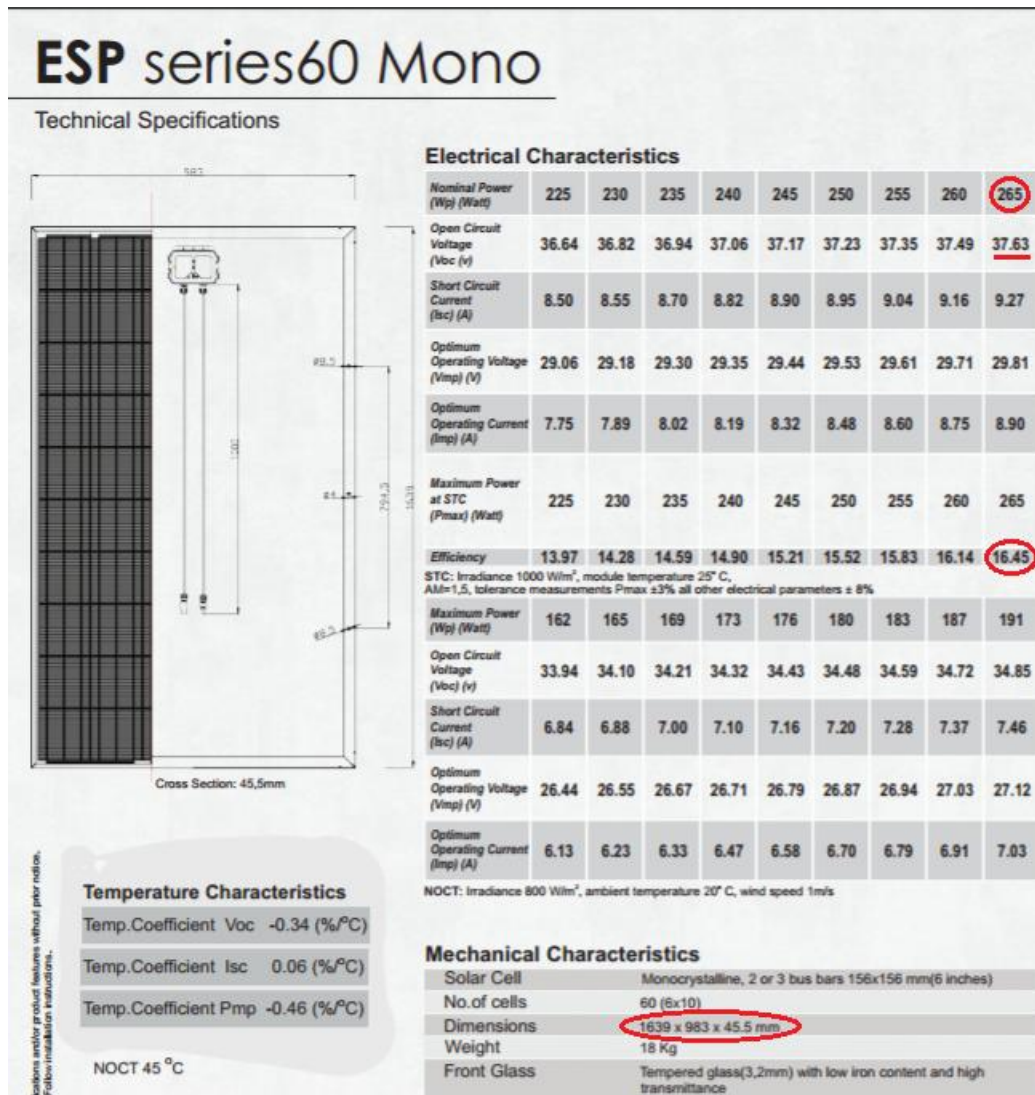
Hm : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα φ/β πλαίσια για το μήνα Ιανουάριο στο Ηράκλειο Κρήτης είναι $H_{\text{daily}} = 4,13 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β πλαισίων εξαρτάται από το φ/β πλαίσιο που θα επιλεγθεί. Τα μονοκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης αλλά πολύ μεγαλύτερο κόστος προμήθειας. Αντίθετα τα πολυκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης αλλά χαμηλότερο κόστος. Επιλέγονται μονοκρυσταλλικά πλαίσια καθώς το αρχικό μεγαλύτερο κόστος αντισταθμίζεται από τη διαφορά στο βαθμό απόδοσης σχετικά γρήγορα.

Επιλέγονται τα φ/β πλαίσια της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των οποίων παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 74 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group



Με βάση τη μέγιστη απόδοση που δύναται να έχουν τα συγκεκριμένα πάνελ (η=16,45% από τον παραπάνω πίνακα), επιλέγονται τα φ/β πλαίσια με ισχύ 265 W_p. Δηλαδή, το κάθε πάνελ αποδίδει 265 W/day. Οι διαστάσεις του συγκεκριμένου πλαισίου είναι 1639mm×983mm, άρα το εμβαδόν του υπολογίζεται στα 1,6 m².

4.460 W /265 W/ πλαίσιο =16,84. Για λόγους σχεδίασης όμως, επιλέγω 18 φ/β πλαίσια.

Οπότε, η νέα εγκατεστημένη ισχύ είναι : P_{pic} = 265 W /day × 18 = 4.770 W / day

Σειρά έχει η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης. Η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης έγκκειται, μεταξύ άλλων, στη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών, στην προστασία από υπερφόρτιση και στην πρόληψη ανεξέλεγκτης εκφόρτισης. Κατά την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στην είσοδό του η μέγιστη τάση DC, το μέγιστο ρεύμα και το βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT. Στην έξοδό του ελέγχονται η ονομαστική τάση συσσωρευτή και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Στην παρούσα υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης τύπου MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 75 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start Battery voltage plus 2 Volt operating	
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A	DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN 60335-1	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3	
1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum		

Η V_{oc} είναι 37,63 Volts και έχει θερμοκρασιακή μεταβολή $-0,34\% / ^\circ\text{C}$.

Έτσι, στη δυσμενέστερη περίπτωση, το χειμώνα όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $0\ ^\circ\text{C}$, η V_{oc} γίνεται : $37,63 \times (1 - 0,34\% / ^\circ\text{C} \times (0\ ^\circ\text{C} - 25\ ^\circ\text{C})) = 40,82\ \text{Volts}$

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορεί να δεχθεί σε σειρά ο ρυθμιστής φόρτισης MPPT 150/85 είναι : $150\ \text{Volts} / 40,82\ \text{Volts} = 3,67$

Επιλέγω 2 ρυθμιστές φόρτισης στην περίπτωση των 18 στοιχείων, για λόγους σχεδιασμού.

Επιλέγονται τελικά 18 Φ/Β Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με 6 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.

$$\text{Και } V_{oc \max} = 3 \times V_{oc} = 3 \times 40,82 \text{ Volts} \rightarrow V_{oc \max} = 122,46 \text{ Volts}$$

$$122,46 \text{ Volts} < 150 \text{ Volts} \text{ και } 122,46 \text{ Volts} > 57,6 \text{ Volts} \text{ (} 57,6 \text{ Volts} \rightarrow 48 \text{ Volts} \times 20\%)$$

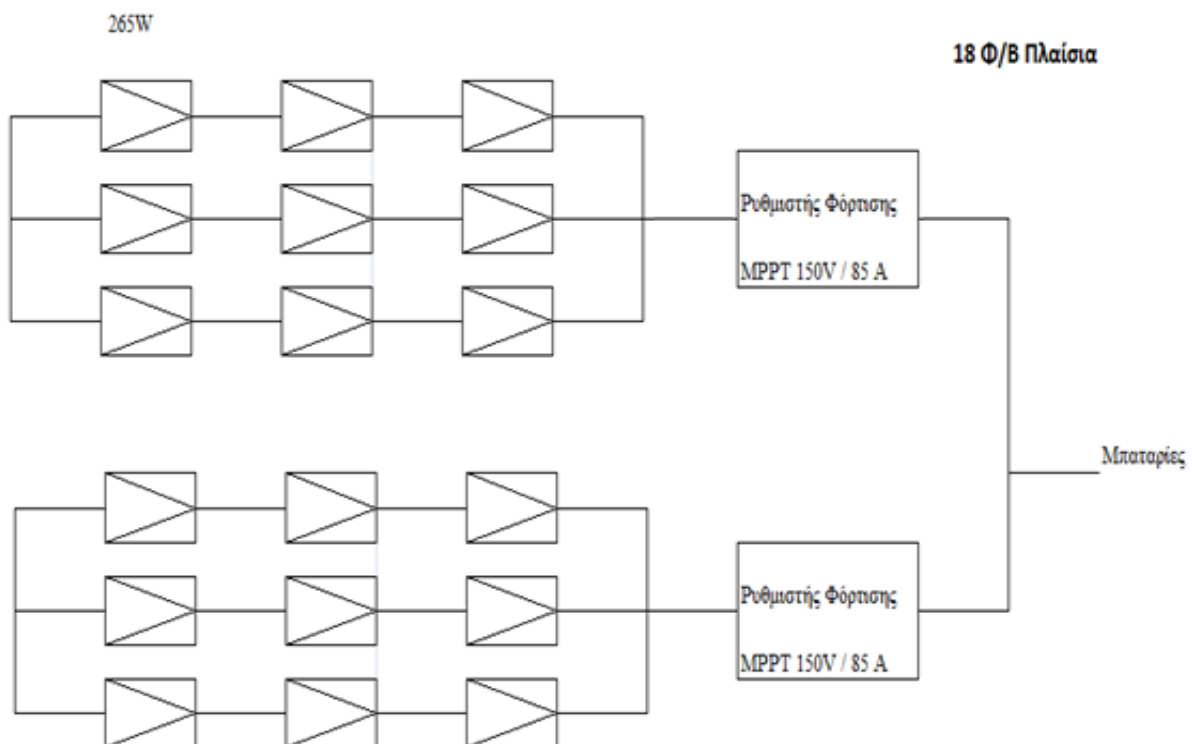
$$I_{sc \max} = 6 \times I_{sc} = 6 \times 9,27 \text{ A (Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων)} = 55,62 \text{ A}$$

Η P_{\max} είναι : 4.770 W , συνεπώς το ρεύμα στην έξοδο του φορτιστή είναι :

$$4.770 \text{ W} / 48 \text{ Volts} = 99,38 \text{ A}$$

Προσαυξάνω το ρεύμα κατά 25% για ασφάλεια, γιατί οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει με πυκνότητα ισχύος 1000 W / m². Όμως η πυκνότητα ισχύος δύναται να ξεπεράσει αυτή την τιμή. Έτσι, $I = 99,38 \text{ A} \times 1,25 = 124,23 \text{ A}$

Συνεπώς, επιλέγω δύο ρυθμιστές MPPT 150/85 όπου ο καθένας θα έχει 3 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.



Εικόνα 32 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης

Πλέον πρέπει να διαστασιοποιηθούν οι αντιστροφείς. Η επιλογή τους γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ εξόδου των φ/β πλαισίων, τη μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματός τους και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσής τους.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχτεί στην είσοδό του ο αντιστροφέας είναι:

$$P_{\max} = 18 \times 265 = 4,77 \text{ kW}_p.$$

Επιλέγεται ένας αντιστροφέας Phoenix 48/5000 της εταιρίας Victron, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 76 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφών Phoenix της εταιρίας Victron

Phoenix Inverter	C1 2/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C1 2/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1 % (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12 / 24 / 48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero-load power 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Zero-load power in AES mode (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Zero-load power in Search mode (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery connection	battery cables of 1.5 meter included	M8 bolts	2+2 M8 bolts		
230 V AC-connection	G-ST18i plug	Spring-clamp	Screw terminals		
Weight (kg)	10	12	18	30	
Dimensions (h x w x d in mm)	375 x 214 x 110	520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240	
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				

8.2 Μονοκατοικία 80m²

8.2.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος μονοκατοικίας 80m²

Το ηλιοθερμικό σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης (ZNX) της μονοκατοικίας.

Από τους υπολογισμούς του 4^{ου} και του 3^{ου} κεφαλαίου προκύπτει ότι:

- Το μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο, για τις ανάγκες θέρμανσης της μονοκατοικίας των 80m² είναι: 1.042,26 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.
- Το μέγιστο μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης της μονοκατοικίας των 80m² είναι: 196,9 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.

Άρα, η συνολική μέγιστη θερμική ενέργεια (Q_c) που απαιτείται για τη θέρμανση και το ZNX είναι: 1.042,26 + 196,9 = 1.239,16 kWh/μήνα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και ZNX της μονοκατοικίας, άρα θα πρέπει να παράγουν 1.239,16 kWh.

Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο επιλέγεται κλίση των ηλιακών συλλεκτών 50°.

Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία (ενεργειακή απολαβή) στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, το βαθμό απόδοσης του επιλεγόμενου συλλέκτη και από τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών.

Ακολουθεί η εξίσωση:

$$Q_c = H_T \cdot n \cdot A_c$$

όπου:

Q_c : παραγόμενη θερμική ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες (kWh/μήνα)

H_T : ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών (kWh/m²×μήνα)

n : βαθμός απόδοσης ηλιακού συλλέκτη

A_c : επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m²)

Θεωρώντας βαθμός απόδοσης του συστήματος της τάξεως του 50%, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια (A_c) των ηλιακών συλλεκτών για τον δυσμενέστερο μήνα ενεργειακής απολαβής που είναι ο Ιανουάριος:


$$A_c = \frac{Q_c}{n \cdot H_T} \Rightarrow A_c = \frac{1.239,16}{0,5 \cdot 104,87} \Rightarrow A_c = 23,63 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται να τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESS.

SPF Solartechnik
Prüfung
Forschung

C1335


**Solar Collector Factsheet
Hewalex KS 2000 TLP Am**



Model KS 2000 TLP Am
Type Flat plate collector
Manufacturer HEWALEX Sp. z o.o. Sp. k.
Address ul. Juliusza Słowackiego 33

Telephone PL-43-502 Czechowice-Dziedzice
+48 (032) 214 17 10
Fax +48 (032) 214 50 04
Email hewalex@hewalex.pl
Internet www.hewalex.eu
Test date 01.2012

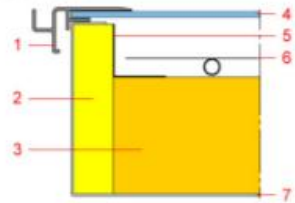
Performance test EN12975:2006
 Quality test EN12975:2006



Dimensions		Technical data	
Total length	2.020 m	Minimum flowrate	60 l/h
Total width	1.035 m	Nominal flowrate	108 l/h
Gross area	2.091 m ²	Maximum flowrate	132 l/h
Aperture area	1.827 m ²	Fluid content	1.1 l
Absorber area	1.827 m ²	Maximum operating pressure	6 bar
Weight empty	36 kg	Stagnation temperature	205 °C

Types of mounting	Further information
<input checked="" type="checkbox"/> Construction for sloping roof	<input type="checkbox"/> Units in different sizes available
<input checked="" type="checkbox"/> Integration into sloping roof	<input type="checkbox"/> Glazing replaceable
<input checked="" type="checkbox"/> On flat roof with stand	Hydraulic connection
<input checked="" type="checkbox"/> Facade	G3/4"

Construction



- Cover rail
- Lateral thermal insulation
- Thermal insulation
- Glazing
- Black glass fleece
- Absorber
- Casing

Η ωφέλιμη επιφάνεια κάθε τέτοιου συλλέκτη είναι 1,827 m².

Επομένως, υπολογίζεται ότι απαιτούνται για τις ανάγκες του διαμερίσματος:

$$N = 23,63/1,827 \Leftrightarrow N = 12,94$$

Άρα, 13 ηλιακοί συλλέκτες θα χρειαστούν για τη μονοκατοικία των 80m².

Εικόνα 33 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ηλιακών συλλεκτών, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 77 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP

		ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΛΡ
		Ελάχιστη Ροή (dm ³ /h)	70
		Συνιστώμενη Ροή (dm ³ /h)	90
		Μέγιστη Ροή (dm ³ /h)	240
		Περιεχόμενο μέσο (dm ³ /h)	1,1
		Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)	6
		Οπτική αποδοτικότητα (%)	80,2
		Θερμικές απώλειες α1 (W/m ² K)	3,8
		Θερμικές απώλειες α2 (W/m ² K)	0,009
		Θερμοκρασία παύσης (°C)	219
		Πτώση πίεσης (Pa)	416
Αναλογική Ωριαία Απόδοση ανά Συλλέκτη για G=1000W/m ²	ΑΩΑ/Σ	Tm-Ta 10K (W)	1388
		Tm-Ta 30K (W)	1240
		Tm-Ta 50K (W)	1082

Το θερμοδοχείο που επιλέγεται είναι της ίδιας εταιρίας (CHESS) με τους ηλιακούς συλλέκτες (για λόγους συμβατότητας και μείωσης του κόστους εγκατάστασης), και είναι το μοντέλο HA1600 L/V με χωρητικότητα 1600 lt.

Πίνακας 78 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Πx ΒxΥ (mm)	Βάρος (kg)	ΜΠΛ*(bars)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
				Λίτρα	kWh	Mcal
HA100 V	600x600x600	55	2,5	100	8,1	7
HA300 V	600x700x1430	148	2,5	300	24,4	21
HA400 V	600x700x1810	178	2,5	400	32,5	28
HA600 V	2510x550x2350	135**	1,5	600	48,8	42
HA1600 L/V	600x700x1810	425**	2,5	1600	130,3	112
HA3000 L/V	3000x550x2350	575**	1,5	3000	244,2	210
HA15000 L/V	3000x2750x2350	2875**	1,5	15000	1221,2	1050

*Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας.

** Βάρος χωρίς τους συλλέκτες και τη μόνωση.

8.2.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος της μονοκατοικίας των 80m²

Το φ/β σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας.

Ο σχεδιασμός του φ/β συστήματος απαιτεί τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φ/β πλαισίων ώστε να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος της μονοκατοικίας. Ταυτόχρονα πρέπει να παράγουν ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος ικανή να φορτιστούν οι συσσωρευτές για όσες μέρες αυτονομίας επιλεχθούν για το σύστημα.

Στο 4^ο κεφάλαιο (**Πίνακας 25/ σελ. 56**) υπολογίστηκε ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας των 80m² για τους θερινούς μήνες είναι: 15,2 kWh/μέρα. Σε αυτή την κατανάλωση έχει υπολογιστεί και η χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για την κάλυψη του ZNX της μονοκατοικίας. Τώρα όμως οι ανάγκες για ZNX έχουν σχεδιαστεί να καλύπτονται από το ηλιοθερμικό σύστημα. Επομένως, το φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί πρέπει να καλύπτει ημερήσια κατανάλωση:
(15,2 – 3) kWh/μέρα = 12,2 kWh/μέρα.

Επιλέγεται αυτονομία 1 ημέρας.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει η διαστασιολόγηση και επιλογή των απαιτούμενων συσσωρευτών. Επιλέγονται μπαταρίες κλειστού τύπου (OPzV) της εταιρίας Sunlight. Το βάθος εκφόρτισης ορίζεται στο 50%.

Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12 V, 24 V ή 48 V. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα, άρα και μικρότερες ωμικές απώλειες. Επομένως, επιλέγεται η τάση του συστήματος να είναι 48 V.

Θεωρώντας ένα συντελεστή γήρανσης ($n_\gamma = 0,8$), συντελεστή εκφόρτισης ($n_{εκφ} = 0,9$) και δεδομένου ότι η μπαταρία έχει επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης 50% ($\beta_{εκφ} = 0,5$), η χωρητικότητα των μπαταριών για τους Χειμερινούς μήνες υπολογίζεται:

$$C(n) = \frac{(n+b) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_{εκφ} \times \beta_{εκφ} \times V_B} \rightarrow C(n) = \frac{(1+0,5) \times 1,1 \times 12,2 \text{ kWh/day}}{0,8 \times 0,9 \times 0,5 \times 48} \rightarrow C(n) = 1.164,93 \text{ Ah}$$

όπου:

$n = 1$, ημέρα αυτονομίας

$b = 0,5$: το ποσοστό των φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας

$m = 1,1$: συντελεστής περιθωρίου

E_L : Ημερήσιο φορτίο για κάθε μήνα (kWh/day)

$V_B = 48$: η μέση πολική τάση του συσσωρευτή μέσα στο διάστημα αυτό, η οποία συμπίπτει, πρακτικά, με την ονομαστική τιμή της (Volt)

Πίνακας 79 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight

OPzV 2V Cells									
Τύπος	Θετική πλάκα	Χωρητικότητα (Ah) $C_{10} \text{ V/Cell}$ (1.80 Vpc στους 20°C)	Μέγιστες διαστάσεις στοιχείου (mm)					Βάρος (kg)	Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
	Μέγεθος (Ah)		a	b	h1	h2	e		
4 OPzV 200	50	224	103	206	355	382	-	20	2300
5 OPzV 250		280	124	206	355	382	-	24	2860
6 OPzV 300		336	145	206	355	378	-	28	3380
5 OPzV 350	70	405	124	206	471	498	-	31	3380
6 OPzV 420		486	145	206	471	498	-	37	3980
7 OPzV 490		567	166	206	471	498	-	42	4520
6 OPzV 600	100	690	145	206	646	673	-	50	4360
8 OPzV 800		920	191	210	646	673	80	68	5980
10 OPzV 1000		1150	233	210	646	673	110	82	7380
12 OPzV 1200		1380	275	210	646	673	140	97	8640
12 OPzV 1500	125	1620	275	210	797	824	140	120	9440
16 OPzV 2000		2160	399	214	772	799	2 x 110	165	12680
20 OPzV 2500		2700	487	212	772	799	3 x 110	200	16240
24 OPzV 3000		3240	576	212	772	799	3 x 140	240	18460

Επομένως επιλέγονται 24 μπαταρίες 12 OPzV 1200, η κάθε μια έχει τάση 2 V και χωρητικότητα 1380 Ah. Τα στοιχεία θα συνδεθούν σε σειρά. Φορτίζουν σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης: $1380/10 = 138 \text{ A}$.

Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια διαφέρει ανάλογα με την ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια. Εξαρτάται λοιπόν από την περιοχή, τον προσανατολισμό και την κλίση τους.

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η βέλτιστη κλίση των φ/β πλαισίων για το Ηράκλειο είναι στις 30° και ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος. Θεωρείται ότι έτσι θα τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια στην ταράτσα της πολυκατοικίας, ενώ δεν υπάρχουν σκιασμοί.

Με σταθερή την τοποθεσία (Ηράκλειο Κρήτης), η ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με το μήνα. Οπότε, πρέπει να αποφασισθεί για την ημέρα ποιανού μήνα θα γίνει η μελέτη. Ακολουθώντας σειρά υπολογισμών, προκύπτει ότι ο Ιανουάριος είναι ο μήνας στον οποίο υπάρχει η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (4,66 kW), επιλέγεται λοιπόν ένα μέγεθος φ/β πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες τις τυπικές ημέρες του Ιανουαρίου.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό της Ισχύς της μονοκατοικίας 80m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο (που είναι και η μέγιστη):

$G_{STC} = 1 \text{ kW} / \text{m}^2$ (πυκνότητα ισχύος)

$m = 1,1$ (συντελεστής περιθωρίου)

$n_{αμ} = 0,90$ (συντελεστής άμεσων φορτίων)

$n_{εμμ} = 0,85$ (συντελεστής έμμεσων φορτίων)

$n = 1$ (μία ημέρα αυτονομίας)

$N = 31$ (ημέρες του Ιανουαρίου)

$$P_{pic} = \frac{1}{PR} \times \frac{G_{STC}}{H_t} \times m \times \left(\frac{0,5 \times E_L}{n_{αμ}} + \frac{0,5 \times E_L}{n_{εμμ}} + \left(\frac{n}{N-n} \right) \times \frac{E_L}{n_{εμμ}} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = \frac{1}{0,83} \times \frac{1}{4,13} \times 1,1 \times \left(\frac{0,5 \times 12,2}{0,90} + \frac{0,5 \times 12,2}{0,85} + \left(\frac{1}{31-1} \right) \times \frac{12,2}{0,85} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = 4,66 \text{ kW}$$

Πίνακας 80 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Μονοκατοικίας 80 m²

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ 80m ²		Ed (kWh)	Ht (kWh/m ²)	PR	Μήνας	E _L	P _{pic}	C(n)
Μήνας	Ημέρες					Κατανάλωση (kWh)	(kW)	(Ah)
Ιανουάριος	31	3,41	4,13	0,83	1	12,2	4,66	1.164,93
Φεβρουάριος	28	3,96	4,84	0,82	2	12,2	4,02	1.164,93
Μάρτιος	31	4,92	6,09	0,81	3	12,2	3,23	1.164,93
Απρίλιος	30	5,35	6,75	0,79	4	12,2	2,97	1.164,93
Μάιος	31	5,62	7,23	0,78	5	12,2	2,82	1.164,93
Ιούνιος	30	5,91	7,73	0,76	6	12,2	2,69	1.164,93
Ιούλιος	31	5,93	7,84	0,76	7	12,2	2,68	1.164,93
Αύγουστος	31	5,92	7,83	0,76	8	12,2	2,68	1.164,93
Σεπτέμβριος	30	5,45	7,07	0,77	9	12,2	2,92	1.164,93
Οκτώβριος	31	4,67	5,93	0,79	10	12,2	3,40	1.164,93
Νοέμβριος	30	3,80	4,69	0,81	11	12,2	4,18	1.164,93
Δεκέμβριος	31	3,46	4,21	0,82	12	12,2	4,59	1.164,93

Με τη χρήση του προγράμματος Photovoltaic Geographical Information System (PGIS), για την επιλεγμένη περιοχή του Ηρακλείου, με την κλίση και τον προσανατολισμό των πάνελ βγαίνουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 81: Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο

Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.41	106	4.13	128
Feb	3.96	111	4.84	135
Mar	4.92	152	6.09	189
Apr	5.35	161	6.75	202
May	5.62	174	7.23	224
Jun	5.91	177	7.73	232
Jul	5.93	184	7.84	243
Aug	5.92	184	7.83	243
Sep	5.45	163	7.07	212
Oct	4.67	145	5.93	184
Nov	3.80	114	4.69	141
Dec	3.46	107	4.21	130
Year	4.87	148	6.20	189
Total for year		1780		2260

Ed : Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα φ/β πλαίσια για το μήνα Ιανουάριο στο Ηράκλειο Κρήτης είναι $H_{\text{daily}} = 4,13 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β πλαισίων εξαρτάται από το φ/β πλαίσιο που θα επιλεγθεί. Τα μονοκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης αλλά πολύ μεγαλύτερο κόστος προμήθειας. Αντίθετα τα πολυκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης αλλά χαμηλότερο κόστος. Επιλέγονται μονοκρυσταλλικά πλαίσια καθώς το αρχικό μεγαλύτερο κόστος αντισταθμίζεται από τη διαφορά στο βαθμό απόδοσης σχετικά γρήγορα.

Σειρά έχει η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης. Η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης έγκκειται, μεταξύ άλλων, στη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών, στην προστασία από υπερφόρτιση και στην πρόληψη ανεξέλεγκτης εκφόρτισης. Κατά την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στην είσοδό του η μέγιστη τάση DC, το μέγιστο ρεύμα και το βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT. Στην έξοδό του ελέγχονται η ονομαστική τάση συσσωρευτή και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Στην παρούσα υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης τύπου MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 83 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start	Battery voltage plus 2 Volt operating
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC	
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN 60335-1	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3	
1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum		

Η V_{oc} είναι 37,63 Volts και έχει θερμοκρασιακή μεταβολή $-0,34\% / ^\circ\text{C}$.

Έτσι, στη δυσμενέστερη περίπτωση, το χειμώνα όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $0\ ^\circ\text{C}$, η V_{oc} γίνεται : $37,63 \times (1 - 0,34\% / ^\circ\text{C} \times (0\ ^\circ\text{C} - 25\ ^\circ\text{C})) = 40,82\ \text{Volts}$

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορεί να δεχθεί σε σειρά ο ρυθμιστής φόρτισης MPPT 150/85 είναι : $150\ \text{Volts} / 40,82\ \text{Volts} = 3,67$

Επιλέγω 2 ρυθμιστές φόρτισης στην περίπτωση των 18 στοιχείων, για λόγους σχεδιασμού.

Επιλέγονται τελικά 18 Φ/Β Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με 6 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.

$$\text{Και } V_{oc \max} = 3 \times V_{oc} = 3 \times 40,82 \text{ Volts} \rightarrow V_{oc \max} = 122,46 \text{ Volts}$$

$$122,46 \text{ Volts} < 150 \text{ Volts} \text{ και } 122,46 \text{ Volts} > 57,6 \text{ Volts} \text{ (} 57,6 \text{ Volts} \rightarrow 48 \text{ Volts} \times 20\%)$$

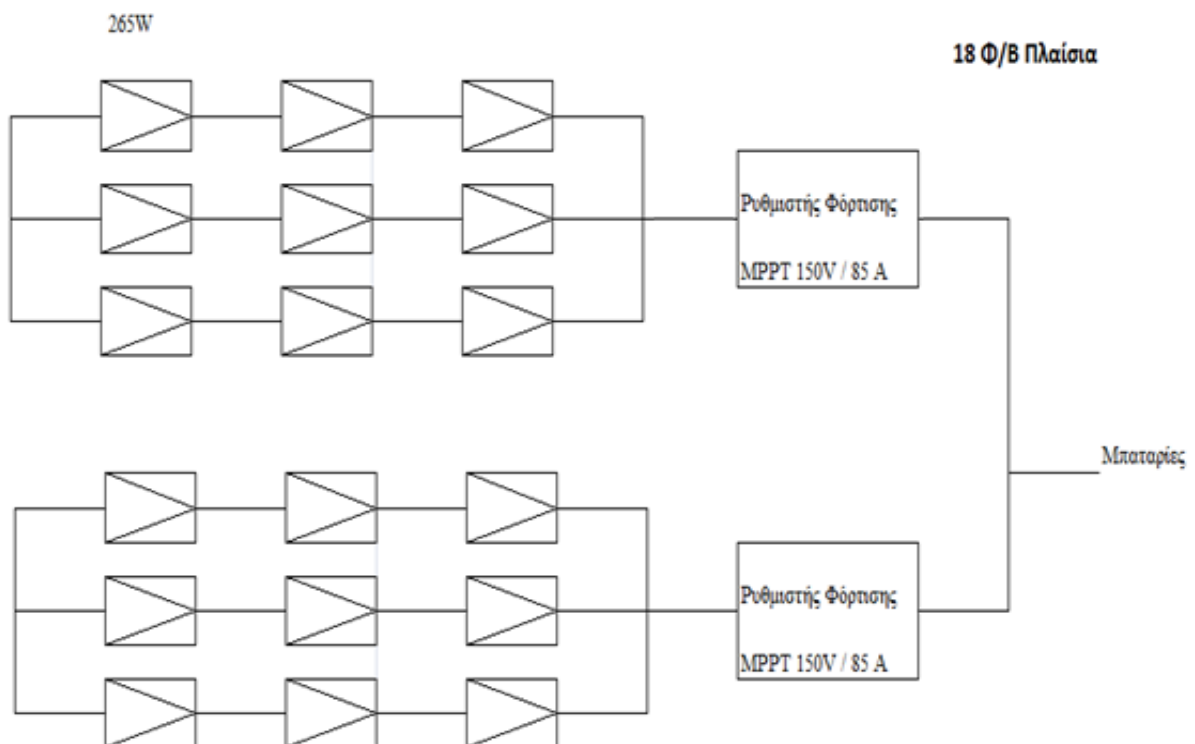
$$I_{sc \max} = 6 \times I_{sc} = 6 \times 9,27 \text{ A (Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων)} = 55,62 \text{ A}$$

Η P_{\max} είναι : 4.770 W , συνεπώς το ρεύμα στην έξοδο του φορτιστή είναι :

$$4.770 \text{ W} / 48 \text{ Volts} = 99,38 \text{ A}$$

Προσανξάνω το ρεύμα κατά 25% για ασφάλεια, γιατί οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει με πυκνότητα ισχύος 1000 W / m². Όμως η πυκνότητα ισχύος δύναται να ξεπεράσει αυτή την τιμή. Έτσι, $I = 99,38 \text{ A} \times 1,25 = 124,23 \text{ A}$

Συνεπώς, επιλέγω δύο ρυθμιστές MPPT 150/85 όπου ο καθένας θα έχει 3 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.



Εικόνα 34 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης

Πλέον πρέπει να διαστασιολογηθούν οι αντιστροφείς. Η επιλογή τους γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ εξόδου των φ/β πλαισίων, τη μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματός τους και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσής τους.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχτεί στην είσοδό του ο αντιστροφέας είναι:

$$P_{\max} = 18 \times 265 = 4,77 \text{ kW}_p.$$

Επιλέγεται ένας αντιστροφέας Phoenix 48/5000 της εταιρίας Victron, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 84 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέων Phoenix της εταιρίας Victron

Phoenix Inverter	C1 2/1200 C24/1200	C1 2/1600 C24/1600	C1 2/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/ 24 /48 V (%)	92/ 94	92/ 94	92/ 92	93/ 94/ 95	94/ 95
Zero-load power 12/ 24 / 48 V (W)	8/ 10	8/ 10	9/ 11	15/ 15/ 16	25/ 25
Zero-load power in AES mode (W)	5/ 8	5/ 8	7/ 9	10/ 10/ 12	20/ 20
Zero-load power in Search mode (W)	2/ 3	2/ 3	3/ 4	4/ 5/ 5	5/ 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery connection	battery cables of 1.5 meter included		M8 bolts	2+2 M8 bolts	
230 V AC-connection	G-ST18i plug		Spring-clamp	Screw terminals	
Weight (kg)	10		12	18	30
Dimensions (h x w x d in mm)	375 x 214 x 110		520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ 100m²

9.1 Διαμέρισμα 100m²

9.1.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος του διαμερίσματος των 100m²

Το ηλιοθερμικό σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης (ZNX) του διαμερίσματος.

Από τους υπολογισμούς του 4^{ου} και του 3^{ου} κεφαλαίου προκύπτει ότι :

- Το μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο, για τις ανάγκες θέρμανσης του διαμερίσματος των 100m² είναι: 334,62 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.
- Το μέγιστο μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης του διαμερίσματος των 100m² είναι : 245,45 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.

Άρα, η συνολική μέγιστη θερμική ενέργεια (Q_c) που απαιτείται για τη θέρμανση και το ZNX είναι: $334,62 + 245,45 = 580,07$ kWh/μήνα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και ZNX του διαμερίσματος, άρα θα πρέπει να παράγουν 580,07 kWh.

Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο επιλέγεται κλίση των ηλιακών συλλεκτών 50°.

Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία (ενεργειακή απολαβή) στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, το βαθμό απόδοσης του επιλεγόμενου συλλέκτη και από τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών.

Ακολουθεί η εξίσωση:

$$Q_c = H_T \cdot n \cdot A_c$$

όπου:

Q_c : παραγόμενη θερμική ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες (kWh/μήνα)

H_T : ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών (kWh/m²×μήνα)

n : βαθμός απόδοσης ηλιακού συλλέκτη

A_c : επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m²)

Θεωρώντας βαθμός απόδοσης του συστήματος της τάξεως του 50%, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια (A_c) των ηλιακών συλλεκτών για τον δυσμενέστερο μήνα ενεργειακής απολαβής που είναι ο Ιανουάριος:

$$A_c = \frac{Q_c}{n \cdot H_T} \Rightarrow A_c = \frac{580,07}{0,5 \cdot 104,87} \Rightarrow A_c = 11,07 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται να τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESS.

SPF Solartechnik
Prüfung
Forschung

C1335

Solar Collector Factsheet Hewalex KS 2000 TLP Am

Model KS 2000 TLP Am
Type Flat plate collector
Manufacturer HEWALEX Sp. z o.o. Sp. k.
Address ul. Juliusza Słowackiego 33

Telephone +48 (032) 214 17 10
Fax +48 (032) 214 50 04
Email hewalex@hewalex.pl
Internet www.hewalex.eu
Test date 01.2012

PL-43-502 Czechowice-Dziedzice

Performance test EN12975:2006
 Quality test EN12975:2006

Dimensions		Technical data	
Total length	2.020 m	Minimum flowrate	60 l/h
Total width	1.035 m	Nominal flowrate	108 l/h
Gross area	2.091 m ²	Maximum flowrate	132 l/h
Aperture area	1.827 m ²	Fluid content	1.1 l
Absorber area	1.627 m ²	Maximum operating pressure	6 bar
Weight empty	36 kg	Stagnation temperature	205 °C

Types of mounting	Further information
<input checked="" type="checkbox"/> Construction for sloping roof	<input type="checkbox"/> Units in different sizes available
<input checked="" type="checkbox"/> Integration into sloping roof	<input type="checkbox"/> Glazing replaceable
<input checked="" type="checkbox"/> On flat roof with stand	Hydraulic connection
<input checked="" type="checkbox"/> Facade	G3/4"

Construction

- 1 Cover rail
- 2 Lateral thermal insulation
- 3 Thermal insulation
- 4 Glazing
- 5 Black glass fleece
- 6 Absorber
- 7 Casing

Η ωφέλιμη επιφάνεια κάθε τέτοιου συλλέκτη είναι 1,827 m².

Επομένως, υπολογίζεται ότι απαιτούνται για τις ανάγκες του διαμερίσματος:

$$N = 11,07 / 1,827 \Leftrightarrow N = 6,06$$

Άρα, 7 ηλιακοί συλλέκτες θα χρειαστούν για το διαμέρισμα των 100m².

Εικόνα 35 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ηλιακών συλλεκτών, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 85 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP

		ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΛΡ
		Ελάχιστη Ροή (dm ³ /h)	70
		Συνιστώμενη Ροή (dm ³ /h)	90
		Μέγιστη Ροή (dm ³ /h)	240
		Περιεχόμενο μέσο (dm ³ /h)	1,1
		Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)	6
		Οπτική αποδοτικότητα (%)	80,2
		Θερμικές απώλειες α1 (W/m ² K)	3,8
		Θερμικές απώλειες α2 (W/m ² K)	0,009
		Θερμοκρασία παύσης (°C)	219
		Πτώση πίεσης (Pa)	416
Αναλογική Ωριαία Απόδοση ανά Συλλέκτη για G=1000W/m ²	ΑΩΑ/Σ	Tm-Ta 10K (W)	1388
		Tm-Ta 30K (W)	1240
		Tm-Ta 50K (W)	1082

Το θερμοδοχείο που επιλέγεται είναι της ίδιας εταιρίας (CHESS) με τους ηλιακούς συλλέκτες (για λόγους συμβατότητας και μείωσης του κόστους εγκατάστασης), και είναι το μοντέλο HA600 L/V με χωρητικότητα 600 lt.

Πίνακας 86 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Πx ΒxΥ (mm)	Βάρος (kg)	ΜΠΛ*(bars)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
				Λίτρα	kWh	Mcal
HA100 V	600x600x600	55	2,5	100	8,1	7
HA300 V	600x700x1430	148	2,5	300	24,4	21
HA400 V	600x700x1810	178	2,5	400	32,5	28
HA600 V	2510x550x2350	135**	1,5	600	48,8	42
HA1600 L/V	600x700x1810	425**	2,5	1600	130,3	112
HA3000 L/V	3000x550x2350	575**	1,5	3000	244,2	210
HA15000 L/V	3000x2750x2350	2875**	1,5	15000	1221,2	1050

*Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας.

** Βάρος χωρίς τους συλλέκτες και τη μόνωση.

9.1.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος του διαμερίσματος των 100m²

Το φ/β σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος.

Ο σχεδιασμός του φ/β συστήματος απαιτεί τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φ/β πλαισίων ώστε να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος του διαμερίσματος. Ταυτόχρονα πρέπει να παράγουν ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος ικανή να φορτιστούν οι συσσωρευτές για όσες μέρες αυτονομίας επιλεχθούν για το σύστημα.

Στο 5^ο κεφάλαιο (**Πίνακας 33/ σελ. 66**) υπολογίστηκε ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος των 100m² για τους θερινούς μήνες είναι: 15,8 kWh/μέρα. Σε αυτή την κατανάλωση έχει υπολογιστεί και η χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για την κάλυψη του ZNX του διαμερίσματος. Τώρα όμως οι ανάγκες για ZNX έχουν σχεδιαστεί να καλύπτονται από το ηλιοθερμικό σύστημα. Επομένως, το φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί πρέπει να καλύπτει ημερήσια κατανάλωση:

$$(15,8 - 3) \text{ kWh/μέρα} = 12,8 \text{ kWh/μέρα.}$$

Επιλέγεται αυτονομία 1 ημέρας.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει η διαστασιολόγηση και επιλογή των απαιτούμενων συσσωρευτών. Επιλέγονται μπαταρίες κλειστού τύπου (OPzV) της εταιρίας Sunlight. Το βάθος εκφόρτισης ορίζεται στο 50%.

Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12 V, 24 V ή 48 V. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα, άρα και μικρότερες ωμικές απώλειες. Επομένως, επιλέγεται η τάση του συστήματος να είναι 48 V.

Θεωρώντας ένα συντελεστή γήρανσης ($n_\gamma = 0,8$), συντελεστή εκφόρτισης ($n_{εκφ} = 0,9$) και δεδομένου ότι η μπαταρία έχει επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης 50% ($\beta_{εκφ} = 0,5$), η χωρητικότητα των μπαταριών για τους Χειμερινούς μήνες υπολογίζεται:

$$C(n) = \frac{(n+b) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_{εκφ} \times \beta_{εκφ} \times V_B} \rightarrow C(n) = \frac{(1+0,5) \times 1,1 \times 12,9 \text{ kWh/day}}{0,8 \times 0,9 \times 0,5 \times 48} \rightarrow C(n) = 1.231,77 \text{ Ah}$$

όπου:

$n = 1$, ημέρα αυτονομίας

$b = 0,5$: το ποσοστό των φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας

$m = 1,1$: συντελεστής περιθωρίου

E_L : Ημερήσιο φορτίο για κάθε μήνα (kWh/day)

$V_B = 48$: η μέση πολική τάση του συσσωρευτή μέσα στο διάστημα αυτό, η οποία συμπίπτει, πρακτικά, με την ονομαστική τιμή της (Volt)

Πίνακας 87 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight

OPzV 2V Cells									
Τύπος	Θετική πλάκα	Χωρητικότητα (Ah) $C_{10} \text{ V/Cell}$ (1.80 Vpc στους 20°C)	Μέγιστες διαστάσεις στοιχείου (mm)					Βάρος (kg)	Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
	Μέγεθος (Ah)		a	b	h1	h2	e		
4 OPzV 200	50	224	103	206	355	382	-	20	2300
5 OPzV 250		280	124	206	355	382	-	24	2860
6 OPzV 300		336	145	206	355	378	-	28	3380
5 OPzV 350	70	405	124	206	471	498	-	31	3380
6 OPzV 420		486	145	206	471	498	-	37	3980
7 OPzV 490		567	166	206	471	498	-	42	4520
6 OPzV 600	100	690	145	206	646	673	-	50	4360
8 OPzV 800		920	191	210	646	673	80	68	5980
10 OPzV 1000		1150	233	210	646	673	110	82	7380
12 OPzV 1200	125	1380	275	210	646	673	140	97	8640
12 OPzV 1500		1620	275	210	797	824	140	120	9440
16 OPzV 2000		2160	399	214	772	799	2 x 110	165	12680
20 OPzV 2500	125	2700	487	212	772	799	3 x 110	200	16240
24 OPzV 3000		3240	576	212	772	799	3 x 140	240	18460

Επομένως επιλέγονται 24 μπαταρίες 12 OPzV 1200, η κάθε μια έχει τάση 2 V και χωρητικότητα 1380 Ah. Τα στοιχεία θα συνδεθούν σε σειρά. Φορτίζουν σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης: $1380/10 = 138 \text{ A}$.

Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια διαφέρει ανάλογα με την ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια. Εξαρτάται λοιπόν από την περιοχή, τον προσανατολισμό και την κλίση τους.

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η βέλτιστη κλίση των φ/β πλαισίων για το Ηράκλειο είναι στις 30° και ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος. Θεωρείται ότι έτσι θα τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια στην ταράτσα της πολυκατοικίας, ενώ δεν υπάρχουν σκιασμοί.

Με σταθερή την τοποθεσία (Ηράκλειο Κρήτης), η ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με το μήνα. Οπότε, πρέπει να αποφασισθεί για την ημέρα ποιανού μήνα θα γίνει η μελέτη. Ακολουθώντας σειρά υπολογισμών, προκύπτει ότι ο Ιανουάριος είναι ο μήνας στον οποίο υπάρχει η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (4,92 kW), επιλέγεται λοιπόν ένα μέγεθος φ/β πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες τις τυπικές ημέρες του Ιανουαρίου.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό της Ισχύς του διαμερίσματος 100m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο (που είναι και η μέγιστη):

$$G_{STC} = 1 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ (πυκνότητα ισχύος)}$$

$$m = 1,1 \text{ (συντελεστής περιθωρίου)}$$

$$n_{αμ} = 0,90 \text{ (συντελεστής άμεσων φορτίων)}$$

$$n_{εμμ} = 0,85 \text{ (συντελεστής έμμεσων φορτίων)}$$

$$n = 1 \text{ (μία ημέρα αυτονομίας)}$$

$$N = 31 \text{ (ημέρες του Ιανουαρίου)}$$

$$P_{pic} = \frac{1}{PR} \times \frac{G_{STC}}{H_t} \times m \times \left(\frac{0,5 \times E_L}{n_{αμ}} + \frac{0,5 \times E_L}{n_{εμμ}} + \left(\frac{n}{N-n} \right) \times \frac{E_L}{n_{εμμ}} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = \frac{1}{0,83} \times \frac{1}{4,13} \times 1,1 \times \left(\frac{0,5 \times 12,9}{0,90} + \frac{0,5 \times 12,9}{0,85} + \left(\frac{1}{31-1} \right) \times \frac{12,9}{0,85} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = 4,92 \text{ kW}$$

Πίνακας 88 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Διαμερίσματος 100 m²

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ 100m ²		Ed (kWh)	Ht (kWh/m ²)	PR	Μήνας	E _L	P _{pic}	C(n)
Μήνας	Ημέρες					Κατανάλωση (kWh)	(kW)	(Ah)
Ιανουάριος	31	3,41	4,13	0,83	1	12,9	4,92	1.231,77
Φεβρουάριος	28	3,96	4,84	0,82	2	12,9	4,25	1.231,77
Μάρτιος	31	4,92	6,09	0,81	3	12,9	3,41	1.231,77
Απρίλιος	30	5,35	6,75	0,79	4	12,8	3,12	1.222,22
Μάιος	31	5,62	7,23	0,78	5	12,8	2,96	1.222,22
Ιούνιος	30	5,91	7,73	0,76	6	12,8	2,82	1.222,22
Ιούλιος	31	5,93	7,84	0,76	7	12,8	2,81	1.222,22
Αύγουστος	31	5,92	7,83	0,76	8	12,8	2,81	1.222,22
Σεπτέμβριος	30	5,45	7,07	0,77	9	12,8	3,06	1.222,22
Οκτώβριος	31	4,67	5,93	0,79	10	12,9	3,59	1.231,77
Νοέμβριος	30	3,80	4,69	0,81	11	12,9	4,42	1.231,77
Δεκέμβριος	31	3,46	4,21	0,82	12	12,9	4,85	1.231,77

Με τη χρήση του προγράμματος Photovoltaic Geographical Information System (PGIS), για την επιλεγμένη περιοχή του Ηρακλείου, με την κλίση και τον προσανατολισμό των πάνελ βγαίνουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 89 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο

Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.41	106	4.13	128
Feb	3.96	111	4.84	135
Mar	4.92	152	6.09	189
Apr	5.35	161	6.75	202
May	5.62	174	7.23	224
Jun	5.91	177	7.73	232
Jul	5.93	184	7.84	243
Aug	5.92	184	7.83	243
Sep	5.45	163	7.07	212
Oct	4.67	145	5.93	184
Nov	3.80	114	4.69	141
Dec	3.46	107	4.21	130
Year	4.87	148	6.20	189
Total for year		1780		2260

Ed : Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα φ/β πλαίσια για το μήνα Ιανουάριο στο Ηράκλειο Κρήτης είναι $H_{\text{daily}} = 4,13 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β πλαισίων εξαρτάται από το φ/β πλαίσιο που θα επιλεγθεί. Τα μονοκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης αλλά πολύ μεγαλύτερο κόστος προμήθειας. Αντίθετα τα πολυκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης αλλά χαμηλότερο κόστος. Επιλέγονται μονοκρυσταλλικά πλαίσια καθώς το αρχικό μεγαλύτερο κόστος αντισταθμίζεται από τη διαφορά στο βαθμό απόδοσης σχετικά γρήγορα.

Σειρά έχει η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης. Η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης έγκκειται, μεταξύ άλλων, στη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών, στην προστασία από υπερφόρτιση και στην πρόληψη ανεξέλεγκτης εκφόρτισης. Κατά την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στην είσοδό του η μέγιστη τάση DC, το μέγιστο ρεύμα και το βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT. Στην έξοδό του ελέγχονται η ονομαστική τάση συσσωρευτή και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Στην παρούσα υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης τύπου MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 91 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start Battery voltage plus 2 Volt operating	
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A	DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN 60335-1	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3	
1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum		

Η V_{oc} είναι 37,63 Volts και έχει θερμοκρασιακή μεταβολή $-0,34\% / ^\circ\text{C}$.

Έτσι, στη δυσμενέστερη περίπτωση, το χειμώνα όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $0\ ^\circ\text{C}$, η V_{oc} γίνεται : $37,63 \times (1 - 0,34\% / ^\circ\text{C} \times (0\ ^\circ\text{C} - 25\ ^\circ\text{C})) = 40,82\ \text{Volts}$

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορεί να δεχθεί σε σειρά ο ρυθμιστής φόρτισης MPPT 150/85 είναι : $150\ \text{Volts} / 40,82\ \text{Volts} = 3,67$

Επιλέγω 2 ρυθμιστές φόρτισης στην περίπτωση των 20 στοιχείων, για λόγους σχεδιασμού.

Επιλέγονται τελικά 20 Φ/Β Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με 10 παράλληλες στοιχειοσειρές των 2 στοιχείων.

$$\text{Και } V_{oc \max} = 2 \times V_{oc} = 2 \times 40,82 \text{ Volts} \rightarrow V_{oc \max} = 81,64 \text{ Volts}$$

$$81,64 \text{ Volts} < 150 \text{ Volts} \text{ και } 81,64 \text{ Volts} > 57,6 \text{ Volts} \text{ (} 57,6 \text{ Volts} \rightarrow 48 \text{ Volts} \times 20\% \text{)}$$

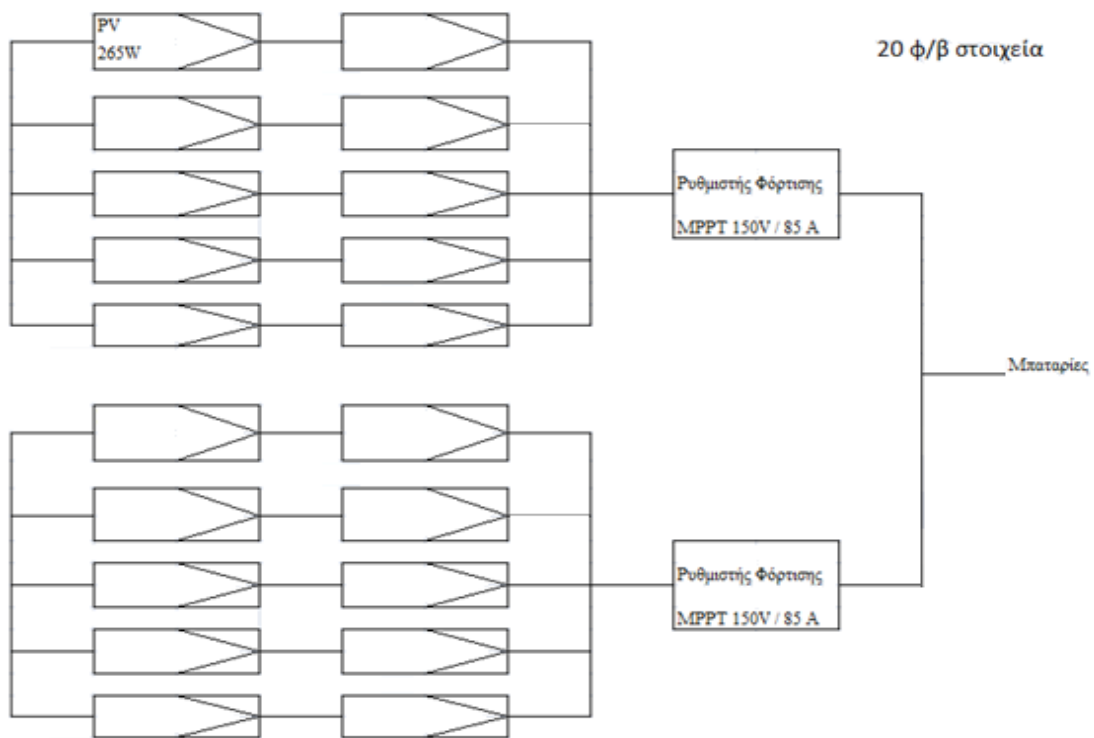
$$I_{sc \max} = 10 \times I_{sc} = 10 \times 9,27 \text{ A (Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων)} = 92,7 \text{ A}$$

Η P_{\max} είναι : 5.300 W , συνεπώς το ρεύμα στην έξοδο του φορτιστή είναι :

$$5.300 \text{ W} / 48 \text{ Volts} = 110,42 \text{ A}$$

Προσ αυξάνω το ρεύμα κατά 25% για ασφάλεια, γιατί οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει με πυκνότητα ισχύος 1000 W / m². Όμως η πυκνότητα ισχύος δύναται να ξεπεράσει αυτή την τιμή. Έτσι, $I = 110,42 \text{ A} \times 1,25 = 138,1 \text{ A}$

Συνεπώς, επιλέγω δύο ρυθμιστές MPPT 150/85 όπου ο καθένας θα έχει 5 παράλληλες στοιχειοσειρές των 2 στοιχείων.



Εικόνα 36 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης

Πλέον πρέπει να διαστασιολογηθούν οι αντιστροφείς. Η επιλογή τους γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ εξόδου των φ/β πλαισίων, τη μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματός τους και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσής τους.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχτεί στην είσοδό του ο αντιστροφέας είναι:

$$P_{\max} = 20 \times 265 = 5,3 \text{ kW}_p.$$

Επιλέγονται δύο αντιστροφείς Phoenix 48/3000 της εταιρίας Victron, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 92 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέων Phoenix της εταιρίας Victron

Phoenix Inverter	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/24/48 V (%)	92/94	92/94	92/92	93/94/95	94/95
Zero-load power 12/24/48 V (W)	8/10	8/10	9/11	15/15/16	25/25
Zero-load power in AES mode (W)	5/8	5/8	7/9	10/10/12	20/20
Zero-load power in Search mode (W)	2/3	2/3	3/4	4/5/5	5/6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a-g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (no condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery connection	battery cables of 1,5 meter included	M8 bolts	2+2 M8 bolts		
230 V AC-connection	G-ST18i plug	Spring-clamp	Screw terminals		
Weight (kg)	10	12	18	30	
Dimensions (h x w x d in mm)	375 x 214 x 110	520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240	
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				

9.2 Μονοκατοικία 100m²

9.2.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος μονοκατοικίας 100m²

Το ηλιοθερμικό σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης (ZNX) της μονοκατοικίας.

Από τους υπολογισμούς του 5^{ου} και του 3^{ου} κεφαλαίου προκύπτει ότι:

- Το μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο, για τις ανάγκες θέρμανσης της μονοκατοικίας των 80m² είναι: 1.195,03 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.
- Το μέγιστο μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης της μονοκατοικίας των 80m² είναι: 245,45 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.

Άρα, η συνολική μέγιστη θερμική ενέργεια (Q_c) που απαιτείται για τη θέρμανση και το ZNX είναι: 1.195,03 + 245,45 = 1.440,48 kWh/μήνα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και ZNX της μονοκατοικίας, άρα θα πρέπει να παράγουν 1.440,48 kWh.

Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο επιλέγεται κλίση των ηλιακών συλλεκτών 50°.

Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία (ενεργειακή απολαβή) στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, το βαθμό απόδοσης του επιλεγόμενου συλλέκτη και από τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών.

Ακολουθεί η εξίσωση:

$$Q_c = H_T \cdot n \cdot A_c$$

όπου:

Q_c : παραγόμενη θερμική ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες (kWh/μήνα)

H_T : ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών (kWh/m²×μήνα)

n : βαθμός απόδοσης ηλιακού συλλέκτη

A_c : επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m²)

Θεωρώντας βαθμός απόδοσης του συστήματος της τάξεως του 50%, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια (A_c) των ηλιακών συλλεκτών για τον δυσμενέστερο μήνα ενεργειακής απολαβής που είναι ο Ιανουάριος:


$$A_c = \frac{Q_c}{n \cdot H_T} \Rightarrow A_c = \frac{1.440,48}{0,5 \cdot 104,87} \Rightarrow A_c = 27,48 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται να τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESS.

SPF Solartechnik
Prüfung
Forschung


C1335

**Solar Collector Factsheet
Hewalex KS 2000 TLP Am**



Model KS 2000 TLP Am
Type Flat plate collector
Manufacturer HEWALEX Sp. z o.o. Sp. k.
Address ul. Juliusza Slowackiego 33
PL-43-502 Czechowice-Dziedzice
Telephone +48 (032) 214 17 10
Fax +48 (032) 214 50 04
Email hewalex@hewalex.pl
Internet www.hewalex.eu
Test date 01.2012

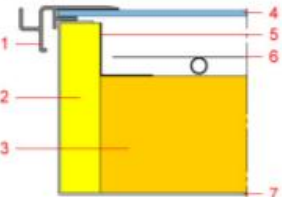
Performance test EN12975:2006
 Quality test EN12975:2006



Dimensions		Technical data	
Total length	2.020 m	Minimum flowrate	60 l/h
Total width	1.035 m	Nominal flowrate	108 l/h
Gross area	2.091 m ²	Maximum flowrate	132 l/h
Aperture area	1.827 m ²	Fluid content	1.1 l
Absorber area	1.827 m ²	Maximum operating pressure	6 bar
Weight empty	36 kg	Stagnation temperature	205 °C

Types of mounting		Further information	
<input checked="" type="checkbox"/> Construction for sloping roof		<input type="checkbox"/> Units in different sizes available	
<input checked="" type="checkbox"/> Integration into sloping roof		<input type="checkbox"/> Glazing replaceable	
<input checked="" type="checkbox"/> On flat roof with stand		Hydraulic connection	G3/4"
<input checked="" type="checkbox"/> Facade			

Construction



- 1 Cover rail
- 2 Lateral thermal insulation
- 3 Thermal insulation
- 4 Glazing
- 5 Black glass fleece
- 6 Absorber
- 7 Casing

Η ωφέλιμη επιφάνεια κάθε τέτοιου συλλέκτη είναι 1,827 m².

Επομένως, υπολογίζεται ότι απαιτούνται για τις ανάγκες του διαμερίσματος:

$$N = 27,48/1,827 \Leftrightarrow N = 15,05$$

Άρα, 16 ηλιακοί συλλέκτες θα χρειαστούν για τη μονοκατοικία των 100m².

Εικόνα 37 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ηλιακών συλλεκτών, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 93 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP

		ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	TLP
		Ελάχιστη Ροή (dm ³ /h)	70
		Συνιστώμενη Ροή (dm ³ /h)	90
		Μέγιστη Ροή (dm ³ /h)	240
		Περιεχόμενο μέσο (dm ³ /h)	1,1
		Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)	6
		Οπτική αποδοτικότητα (%)	80,2
		Θερμικές απώλειες a1 (W/m ² K)	3,8
		Θερμικές απώλειες a2 (W/m ² K)	0,009
		Θερμοκρασία παύσης (°C)	219
		Πτώση πίεσης (Pa)	416
Αναλογική Ωριαία Απόδοση ανά Συλλέκτη για G=1000W/m ²	ΑΩΑ/Σ	Tm-Ta 10K (W)	1388
		Tm-Ta 30K (W)	1240
		Tm-Ta 50K (W)	1082

Το θερμοδοχείο που επιλέγεται είναι της ίδιας εταιρίας (CHESS) με τους ηλιακούς συλλέκτες (για λόγους συμβατότητας και μείωσης του κόστους εγκατάστασης), και είναι το μοντέλο HA1600 L/V με χωρητικότητα 1600 lt.

Πίνακας 94 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Πx ΒxΥ (mm)	Βάρος (kg)	ΜΠΛ*(bars)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
				Λίτρα	kWh	Mcal
HA100 V	600x600x600	55	2,5	100	8,1	7
HA300 V	600x700x1430	148	2,5	300	24,4	21
HA400 V	600x700x1810	178	2,5	400	32,5	28
HA600 V	2510x550x2350	135**	1,5	600	48,8	42
HA1600 L/V	600x700x1810	425**	2,5	1600	130,3	112
HA3000 L/V	3000x550x2350	575**	1,5	3000	244,2	210
HA15000 L/V	3000x2750x2350	2875**	1,5	15000	1221,2	1050

*Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας.

** Βάρος χωρίς τους συλλέκτες και τη μόνωση.

9.2.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος της μονοκατοικίας των 100m²

Το φ/β σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας.

Ο σχεδιασμός του φ/β συστήματος απαιτεί τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φ/β πλαισίων ώστε να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος της μονοκατοικίας. Ταυτόχρονα πρέπει να παράγουν ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος ικανή να φορτιστούν οι συσσωρευτές για όσες μέρες αυτονομίας επιλεχθούν για το σύστημα.

Στο 5^ο κεφάλαιο (**Πίνακας 41/ σελ. 76**) υπολογίστηκε ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας των 100m² για τους θερινούς μήνες είναι: 17,8 kWh/μέρα. Σε αυτή την κατανάλωση έχει υπολογιστεί και η χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για την κάλυψη του ZNX της μονοκατοικίας. Τώρα όμως οι ανάγκες για ZNX έχουν σχεδιαστεί να καλύπτονται από το ηλιοθερμικό σύστημα. Επομένως, το φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί πρέπει να καλύπτει ημερήσια κατανάλωση:

$$(17,8 - 3) \text{ kWh/μέρα} = 14,8 \text{ kWh/μέρα.}$$

Επιλέγεται αυτονομία 1 ημέρας.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει η διαστασιολόγηση και επιλογή των απαιτούμενων συσσωρευτών. Επιλέγονται μπαταρίες κλειστού τύπου (OPzV) της εταιρίας Sunlight. Το βάθος εκφόρτισης ορίζεται στο 50%.

Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12 V, 24 V ή 48 V. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα, άρα και μικρότερες ωμικές απώλειες. Επομένως, επιλέγεται η τάση του συστήματος να είναι 48 V.

Θεωρώντας ένα συντελεστή γήρανσης ($n_\gamma = 0,8$), συντελεστή εκφόρτισης ($n_{εκφ} = 0,9$) και δεδομένου ότι η μπαταρία έχει επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης 50% ($\beta_{εκφ} = 0,5$), η χωρητικότητα των μπαταριών για τους Θερινούς μήνες υπολογίζεται:

$$C(n) = \frac{(n+b) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_{εκφ} \times \beta_{εκφ} \times V_B} \rightarrow C(n) = \frac{(1+0,5) \times 1,1 \times 14,8 \text{ kWh/day}}{0,8 \times 0,9 \times 0,5 \times 48} \rightarrow C(n) = 1.413,19 \text{ Ah}$$

όπου:

$n = 1$, ημέρα αυτονομίας

$b = 0,5$: το ποσοστό των φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας

$m = 1,1$: συντελεστής περιθωρίου

E_L : Ημερήσιο φορτίο για κάθε μήνα (kWh/day)

$V_B = 48$: η μέση πολική τάση του συσσωρευτή μέσα στο διάστημα αυτό, η οποία συμπίπτει, πρακτικά, με την ονομαστική τιμή της (Volt)

Πίνακας 95 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight

OPzV 2V Cells									
Τύπος	Θετική πλάκα	Χωρητικότητα (Ah) $C_{10} \text{ V/Cell}$ (1.80 Vpc στους 20°C)	Μέγιστες διαστάσεις στοιχείου (mm)					Βάρος (kg)	Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
	Μέγεθος (Ah)		a	b	h1	h2	e		
4 OPzV 200	50	224	103	206	355	382	-	20	2300
5 OPzV 250		280	124	206	355	382	-	24	2860
6 OPzV 300		336	145	206	355	378	-	28	3380
5 OPzV 350	70	405	124	206	471	498	-	31	3380
6 OPzV 420		486	145	206	471	498	-	37	3980
7 OPzV 490		567	166	206	471	498	-	42	4520
6 OPzV 600	100	690	145	206	646	673	-	50	4360
8 OPzV 800		920	191	210	646	673	80	68	5980
10 OPzV 1000		1150	233	210	646	673	110	82	7380
12 OPzV 1200		1380	275	210	646	673	140	97	8640
12 OPzV 1500	125	1620	275	210	797	824	140	120	9440
16 OPzV 2000		2160	399	214	772	799	2 x 110	165	12680
20 OPzV 2500		2700	487	212	772	799	3 x 110	200	16240
24 OPzV 3000		3240	576	212	772	799	3 x 140	240	18460

Επομένως επιλέγονται 24 μπαταρίες 12 OPzV 1500, η κάθε μια έχει τάση 2 V και χωρητικότητα 1620 Ah. Τα στοιχεία θα συνδεθούν σε σειρά. Φορτίζουν σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης: $1620/10 = 162 \text{ A}$.

Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια διαφέρει ανάλογα με την ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια. Εξαρτάται λοιπόν από την περιοχή, τον προσανατολισμό και την κλίση τους.

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η βέλτιστη κλίση των φ/β πλαισίων για το Ηράκλειο είναι στις 30° και ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος. Θεωρείται ότι έτσι θα τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια στην ταράτσα της πολυκατοικίας, ενώ δεν υπάρχουν σκιασμοί.

Με σταθερή την τοποθεσία (Ηράκλειο Κρήτης), η ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με το μήνα. Οπότε, πρέπει να αποφασισθεί για την ημέρα ποιανού μήνα θα γίνει η μελέτη. Ακολουθώντας σειρά υπολογισμών, προκύπτει ότι ο Ιανουάριος είναι ο μήνας στον οποίο υπάρχει η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (5,08 kW), επιλέγεται λοιπόν ένα μέγεθος φ/β πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες τις τυπικές ημέρες του Ιανουαρίου.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό της Ισχύς της μονοκατοικίας 80m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο (που είναι και η μέγιστη):

$$G_{STC} = 1 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ (πυκνότητα ισχύος)}$$

$$m = 1,1 \text{ (συντελεστής περιθωρίου)}$$

$$n_{αμ} = 0,90 \text{ (συντελεστής άμεσων φορτίων)}$$

$$n_{εμμ} = 0,85 \text{ (συντελεστής έμμεσων φορτίων)}$$

$$n = 1 \text{ (μία ημέρα αυτονομίας)}$$

$$N = 31 \text{ (ημέρες του Ιανουαρίου)}$$

$$P_{pic} = \frac{1}{PR} \times \frac{G_{STC}}{H_t} \times m \times \left(\frac{0,5 \times E_L}{n_{αμ}} + \frac{0,5 \times E_L}{n_{εμμ}} + \left(\frac{n}{N-n} \right) \times \frac{E_L}{n_{εμμ}} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = \frac{1}{0,83} \times \frac{1}{4,13} \times 1,1 \times \left(\frac{0,5 \times 13,3}{0,90} + \frac{0,5 \times 13,3}{0,85} + \left(\frac{1}{31-1} \right) \times \frac{13,3}{0,85} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = 5,08 \text{ kW}$$

Πίνακας 96 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Μονοκατοικίας 100 m²

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ 100m ²		Ed (kWh)	Ht (kWh/m ²)	PR	Μήνας	E _L	P _{pic}	C(n)
Μήνας	Ημέρες					Κατανάλωση (kWh)	(kW)	(Ah)
Ιανουάριος	31	3,41	4,13	0,83	1	13,3	4,66	1.164,93
Φεβρουάριος	28	3,96	4,84	0,82	2	13,3	4,02	1.164,93
Μάρτιος	31	4,92	6,09	0,81	3	13,3	3,23	1.164,93
Απρίλιος	30	5,35	6,75	0,79	4	14,8	3,60	1.413,19
Μάιος	31	5,62	7,23	0,78	5	17,8	3,43	1.413,19
Ιούνιος	30	5,91	7,73	0,76	6	17,8	3,26	1.413,19
Ιούλιος	31	5,93	7,84	0,76	7	17,8	3,25	1.413,19
Αύγουστος	31	5,92	7,83	0,76	8	17,8	3,25	1.413,19
Σεπτέμβριος	30	5,45	7,07	0,77	9	17,8	3,54	1.413,19
Οκτώβριος	31	4,67	5,93	0,79	10	13,3	3,40	1.164,93
Νοέμβριος	30	3,80	4,69	0,81	11	13,3	4,18	1.164,93
Δεκέμβριος	31	3,46	4,21	0,82	12	13,3	4,59	1.164,93

Με τη χρήση του προγράμματος Photovoltaic Geographical Information System (PGIS), για την επιλεγμένη περιοχή του Ηρακλείου, με την κλίση και τον προσανατολισμό των πάνελ βγαίνουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 97 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο

Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.41	106	4.13	128
Feb	3.96	111	4.84	135
Mar	4.92	152	6.09	189
Apr	5.35	161	6.75	202
May	5.62	174	7.23	224
Jun	5.91	177	7.73	232
Jul	5.93	184	7.84	243
Aug	5.92	184	7.83	243
Sep	5.45	163	7.07	212
Oct	4.67	145	5.93	184
Nov	3.80	114	4.69	141
Dec	3.46	107	4.21	130
Year	4.87	148	6.20	189
Total for year		1780		2260

Ed : Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

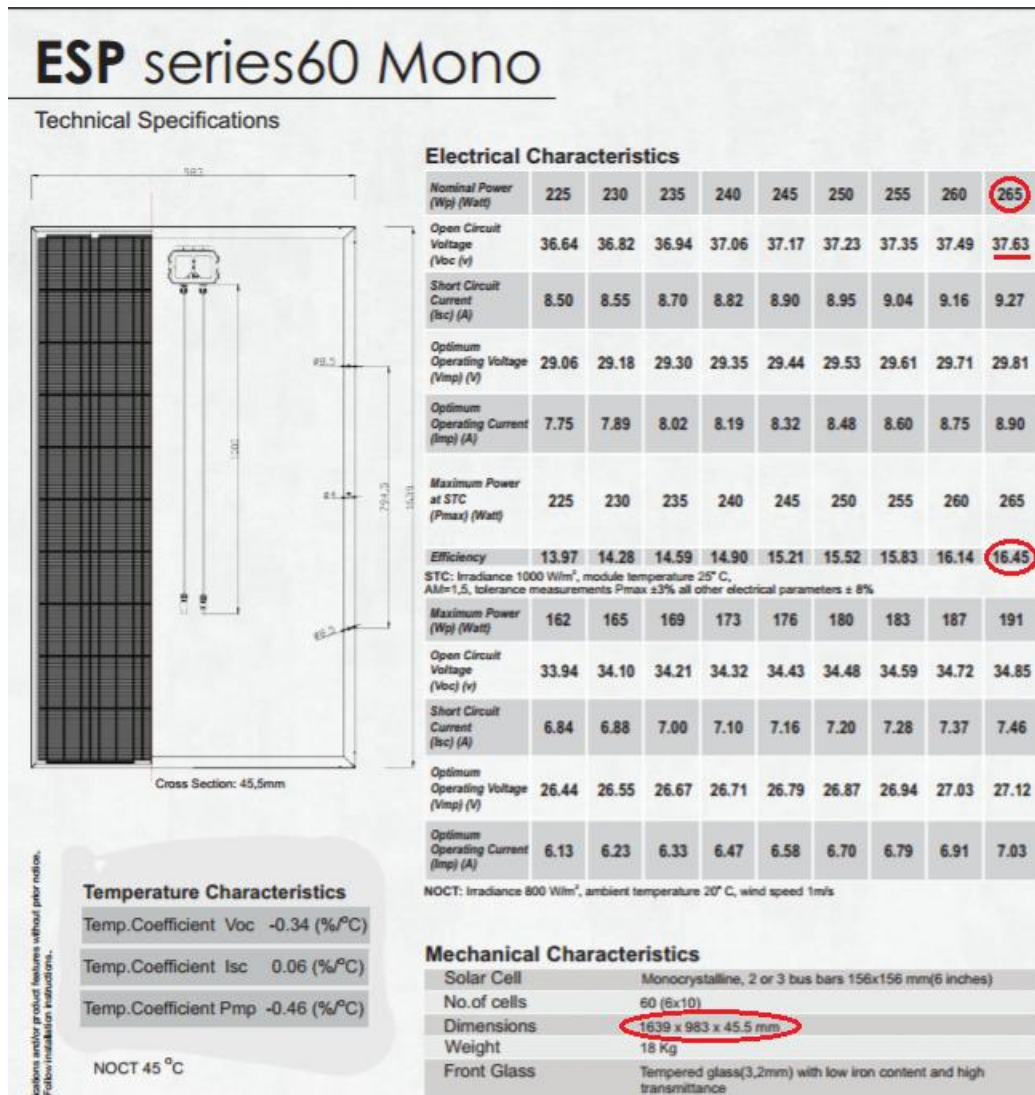
Hm : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα φ/β πλαίσια για το μήνα Ιανουάριο στο Ηράκλειο Κρήτης είναι $H_{\text{daily}} = 4,13 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β πλαισίων εξαρτάται από το φ/β πλαίσιο που θα επιλεγθεί. Τα μονοκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης αλλά πολύ μεγαλύτερο κόστος προμήθειας. Αντίθετα τα πολυκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης αλλά χαμηλότερο κόστος. Επιλέγονται μονοκρυσταλλικά πλαίσια καθώς το αρχικό μεγαλύτερο κόστος αντισταθμίζεται από τη διαφορά στο βαθμό απόδοσης σχετικά γρήγορα.

Επιλέγονται τα φ/β πλαίσια της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των οποίων παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 98 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group



Με βάση τη μέγιστη απόδοση που δύναται να έχουν τα συγκεκριμένα πάνελ (η=16,45% από τον παραπάνω πίνακα), επιλέγονται τα φ/β πλαίσια με ισχύ 265 W_p. Δηλαδή, το κάθε πάνελ αποδίδει 265 W/day. Οι διαστάσεις του συγκεκριμένου πλαισίου είναι 1639mm×983mm, άρα το εμβαδόν του υπολογίζεται στα 1,6 m².

5.080 W /265 W/ πλαίσιο =19,17. Για λόγους σχεδίασης όμως, επιλέγω 20 φ/β πλαίσια.

Οπότε, η νέα εγκατεστημένη ισχύ είναι : P_{pic} = 265 W /day × 20 = 5.300 W / day

Σειρά έχει η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης. Η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης έγκκειται, μεταξύ άλλων, στη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών, στην προστασία από υπερφόρτιση και στην πρόληψη ανεξέλεγκτης εκφόρτισης. Κατά την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στην είσοδό του η μέγιστη τάση DC, το μέγιστο ρεύμα και το βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT. Στην έξοδό του ελέγχονται η ονομαστική τάση συσσωρευτή και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Στην παρούσα υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης τύπου MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 99 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start Battery voltage plus 2 Volt operating	
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A	DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN 60335-1	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3	
1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum		

Η V_{oc} είναι 37,63 Volts και έχει θερμοκρασιακή μεταβολή $-0,34\% / ^\circ\text{C}$.

Έτσι, στη δυσμενέστερη περίπτωση, το χειμώνα όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $0\ ^\circ\text{C}$, η V_{oc} γίνεται : $37,63 \times (1 - 0,34\% / ^\circ\text{C} \times (0\ ^\circ\text{C} - 25\ ^\circ\text{C})) = 40,82\ \text{Volts}$

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορεί να δεχθεί σε σειρά ο ρυθμιστής φόρτισης MPPT 150/85 είναι : $150\ \text{Volts} / 40,82\ \text{Volts} = 3,67$

Επιλέγω 2 ρυθμιστές φόρτισης στην περίπτωση των 20 στοιχείων, για λόγους σχεδιασμού.

Επιλέγονται τελικά 20 Φ/Β Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με 10 παράλληλες στοιχειοσειρές των 2 στοιχείων.

$$\text{Και } V_{oc \max} = 2 \times V_{oc} = 2 \times 40,82 \text{ Volts} \rightarrow V_{oc \max} = 81,64 \text{ Volts}$$

$$81,64 \text{ Volts} < 150 \text{ Volts} \text{ και } 81,64 \text{ Volts} > 57,6 \text{ Volts} \text{ (} 57,6 \text{ Volts} \rightarrow 48 \text{ Volts} \times 20\%)$$

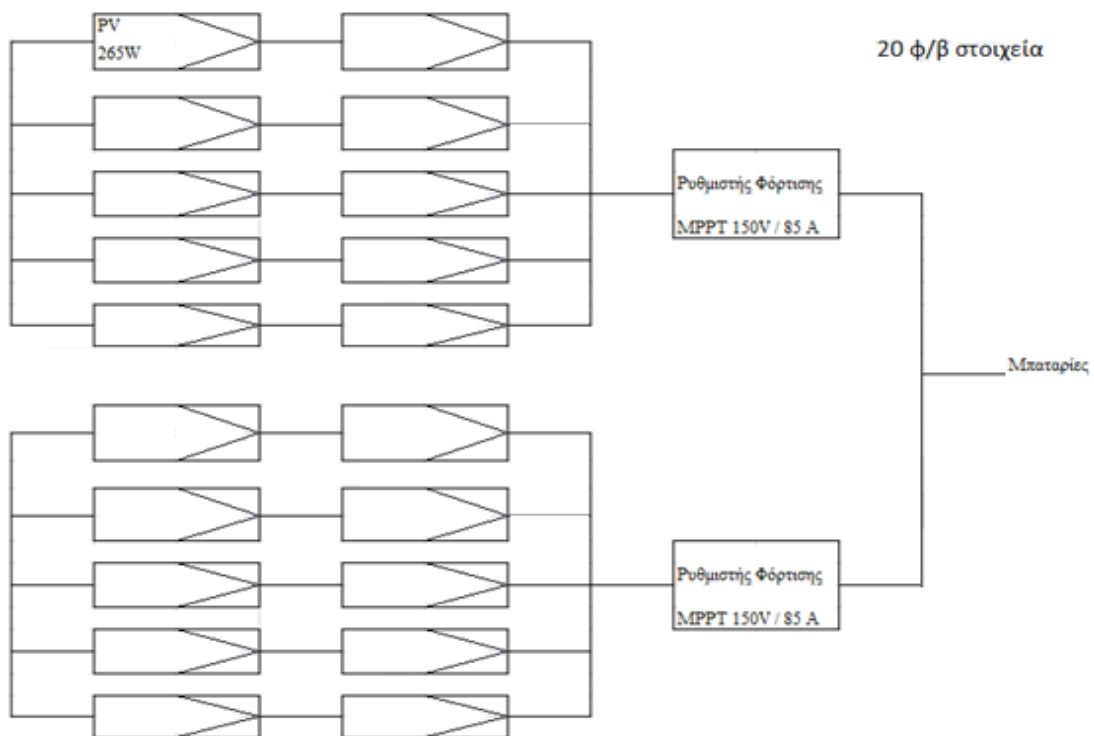
$$I_{sc \max} = 10 \times I_{sc} = 10 \times 9,27 \text{ A (Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων)} = 92,7 \text{ A}$$

Η P_{\max} είναι : 5.300 W , συνεπώς το ρεύμα στην έξοδο του φορτιστή είναι :

$$5.300 \text{ W} / 48 \text{ Volts} = 110,42 \text{ A}$$

Προσαυξάνω το ρεύμα κατά 25% για ασφάλεια, γιατί οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει με πυκνότητα ισχύος 1000 W / m². Όμως η πυκνότητα ισχύος δύναται να ξεπεράσει αυτή την τιμή. Έτσι, $I = 110,42 \text{ A} \times 1,25 = 138,1 \text{ A}$

Συνεπώς, επιλέγω δύο ρυθμιστές MPPT 150/85 όπου ο καθένας θα έχει 5 παράλληλες στοιχειοσειρές των 2 στοιχείων.



Εικόνα 38 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης

Πλέον πρέπει να διαστασιοποιηθούν οι αντιστροφείς. Η επιλογή τους γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ εξόδου των φ/β πλαισίων, τη μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματός τους και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσής τους.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχτεί στην είσοδό του ο αντιστροφέας είναι:

$$P_{\max} = 20 \times 265 = 5,3 \text{ kW}_p.$$

Επιλέγονται δύο αντιστροφείς Phoenix 48/3000 της εταιρίας Victron, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 100 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέων Phoenix της εταιρίας Victron

Phoenix Inverter	C1 2/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C1 2/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1 % (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12 / 24 / 48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero-load power 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Zero-load power in AES mode (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Zero-load power in Search mode (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery connection	battery cables of 1.5 meter included	M8 bolts		2+2 M8 bolts	
230 V AC-connection	G-ST18i plug	Spring-clamp		Screw terminals	
Weight (kg)	10	12		18	30
Dimensions (h x w x d in mm)	375 x 214 x 110	520 x 255 x 125		362 x 258 x 218	444 x 328 x 240
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ 120m²

10.1 Διαμέρισμα 120m²

10.1.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος του διαμερίσματος των 120m²

Το ηλιοθερμικό σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης (ZNX) του διαμερίσματος.

Από τους υπολογισμούς του 6^{ου} και του 3^{ου} κεφαλαίου προκύπτει ότι :

- ο Το μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο, για τις ανάγκες θέρμανσης του διαμερίσματος των 120m² είναι: 381,64 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.
- ο Το μέγιστο μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης του διαμερίσματος των 120m² είναι : 294,52 kWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.

Άρα, η συνολική μέγιστη θερμική ενέργεια (Q_c) που απαιτείται για τη θέρμανση και το ZNX είναι: $381,64 + 294,52 = 676,16$ kWh/μήνα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και ZNX του διαμερίσματος, άρα θα πρέπει να παράγουν 676,16 kWh.

Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο επιλέγεται κλίση των ηλιακών συλλεκτών 50°.

Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία (ενεργειακή απολαβή) στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, το βαθμό απόδοσης του επιλεγόμενου συλλέκτη και από τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών.

Ακολουθεί η εξίσωση:

$$Q_c = H_T \cdot n \cdot A_c$$

όπου:

Q_c : παραγόμενη θερμική ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες (kWh/μήνα)

H_T : ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών (kWh/m²×μήνα)

n : βαθμός απόδοσης ηλιακού συλλέκτη

A_c : επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m²)

Θεωρώντας βαθμός απόδοσης του συστήματος της τάξεως του 50%, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια (A_c) των ηλιακών συλλεκτών για τον δυσμενέστερο μήνα ενεργειακής απολαβής που είναι ο Ιανουάριος:


$$A_c = \frac{Q_c}{n \cdot H_T} \Rightarrow A_c = \frac{676,16}{0,5 \cdot 104,87} \Rightarrow A_c = 12,9 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται να τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESS.

SPF Solartechnik
Prüfung
Forschung


C1335

**Solar Collector Factsheet
Hewalex KS 2000 TLP Am**



Model KS 2000 TLP Am
Type Flat plate collector
Manufacturer HEWALEX Sp. z o.o. Sp. k.
Address ul. Juliusza Słowackiego 33
PL-43-502 Czechowice-Dziedzice
Telephone +48 (032) 214 17 10
Fax +48 (032) 214 50 04
Email hewalex@hewalex.pl
Internet www.hewalex.eu
Test date 01.2012

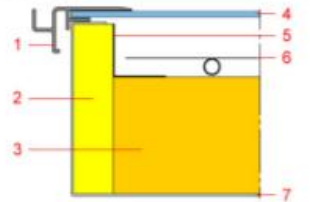
Performance test EN12975:2006
 Quality test EN12975:2006



Dimensions		Technical data	
Total length	2.020 m	Minimum flowrate	60 l/h
Total width	1.035 m	Nominal flowrate	108 l/h
Gross area	2.061 m ²	Maximum flowrate	132 l/h
Aperture area	1.827 m ²	Fluid content	1.1 l
Absorber area	1.827 m ²	Maximum operating pressure	6 bar
Weight empty	36 kg	Stagnation temperature	205 °C

Types of mounting		Further information	
<input checked="" type="checkbox"/> Construction for sloping roof		<input type="checkbox"/> Units in different sizes available	
<input checked="" type="checkbox"/> Integration into sloping roof		<input type="checkbox"/> Glazing replaceable	
<input checked="" type="checkbox"/> On flat roof with stand		Hydraulic connection	
<input checked="" type="checkbox"/> Facade		G3/4"	

Construction



- 1 Cover rail
- 2 Lateral thermal insulation
- 3 Thermal insulation
- 4 Glazing
- 5 Black glass fleece
- 6 Absorber
- 7 Casing

Η ωφέλιμη επιφάνεια κάθε τέτοιου συλλέκτη είναι 1,827 m².

Επομένως, υπολογίζεται ότι απαιτούνται για τις ανάγκες του διαμερίσματος:

$$N = 12,9/1,827 \Leftrightarrow N = 7,07$$

Άρα, 8 ηλιακοί συλλέκτες θα χρειαστούν για το διαμέρισμα των 120m².

Εικόνα 39 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ηλιακών συλλεκτών, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 101 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP

		ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΛΡ
		Ελάχιστη Ροή (dm ³ /h)	70
		Συνιστώμενη Ροή (dm ³ /h)	90
		Μέγιστη Ροή (dm ³ /h)	240
		Περιεχόμενο μέσο (dm ³ /h)	1,1
		Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)	6
		Οπτική αποδοτικότητα (%)	80,2
		Θερμικές απώλειες α1 (W/m ² K)	3,8
		Θερμικές απώλειες α2 (W/m ² K)	0,009
		Θερμοκρασία παύσης (°C)	219
		Πτώση πίεσης (Pa)	416
Αναλογική Ωριαία Απόδοση ανά Συλλέκτη για G=1000W/m ²	ΑΩΑ/Σ	Tm-Ta 10K (W)	1388
		Tm-Ta 30K (W)	1240
		Tm-Ta 50K (W)	1082

Το θερμοδοχείο που επιλέγεται είναι της ίδιας εταιρίας (CHESS) με τους ηλιακούς συλλέκτες (για λόγους συμβατότητας και μείωσης του κόστους εγκατάστασης), και είναι το μοντέλο HA600 L/V με χωρητικότητα 600 lt.

Πίνακας 102 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Πx ΒxΥ (mm)	Βάρος (kg)	ΜΠΛ*(bars)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
				Λίτρα	kWh	Mcal
HA100 V	600x600x600	55	2,5	100	8,1	7
HA300 V	600x700x1430	148	2,5	300	24,4	21
HA400 V	600x700x1810	178	2,5	400	32,5	28
HA600 V	2510x550x2350	135**	1,5	600	48,8	42
HA1600 L/V	600x700x1810	425**	2,5	1600	130,3	112
HA3000 L/V	3000x550x2350	575**	1,5	3000	244,2	210
HA15000 L/V	3000x2750x2350	2875**	1,5	15000	1221,2	1050

*Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας.

** Βάρος χωρίς τους συλλέκτες και τη μόνωση.

10.1.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος του διαμερίσματος των 120m²

Το φ/β σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος.

Ο σχεδιασμός του φ/β συστήματος απαιτεί τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φ/β πλαισίων ώστε να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος του διαμερίσματος. Ταυτόχρονα πρέπει να παράγουν ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος ικανή να φορτιστούν οι συσσωρευτές για όσες μέρες αυτονομίας επιλεχθούν για το σύστημα.

Στο 6^ο κεφάλαιο (**Πίνακας 49/ σελ. 86**) υπολογίστηκε ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του διαμερίσματος των 120m² για τους θερινούς μήνες είναι: 18,4 kWh/μέρα. Σε αυτή την κατανάλωση έχει υπολογιστεί και η χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για την κάλυψη του ZNX του διαμερίσματος. Τώρα όμως οι ανάγκες για ZNX έχουν σχεδιαστεί να καλύπτονται από το ηλιοθερμικό σύστημα. Επομένως, το φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί πρέπει να καλύπτει ημερήσια κατανάλωση:

$(18,4 - 3) \text{ kWh/μέρα} = 15,4 \text{ kWh/μέρα}$.

Επιλέγεται αυτονομία 1 ημέρας.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει η διαστασιολόγηση και επιλογή των απαιτούμενων συσσωρευτών. Επιλέγονται μπαταρίες κλειστού τύπου (OPzV) της εταιρίας Sunlight. Το βάθος εκφόρτισης ορίζεται στο 50%.

Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12 V, 24 V ή 48 V. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα, άρα και μικρότερες ωμικές απώλειες. Επομένως, επιλέγεται η τάση του συστήματος να είναι 48 V.

Θεωρώντας ένα συντελεστή γήρανσης ($n_\gamma = 0,8$), συντελεστή εκφόρτισης ($n_{εκφ} = 0,9$) και δεδομένου ότι η μπαταρία έχει επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης 50% ($\beta_{εκφ} = 0,5$), η χωρητικότητα των μπαταριών για τους Θερινούς μήνες υπολογίζεται:

$$C(n) = \frac{(n+b) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_{εκφ} \times \beta_{εκφ} \times V_B} \rightarrow C(n) = \frac{(1+0,5) \times 1,1 \times 15,4 \text{ kWh/day}}{0,8 \times 0,9 \times 0,5 \times 48} \rightarrow C(n) = 1.470,49 \text{ Ah}$$

όπου:

$n = 1$, ημέρα αυτονομίας

$b = 0,5$: το ποσοστό των φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας

$m = 1,1$: συντελεστής περιθωρίου

E_L : Ημερήσιο φορτίο για κάθε μήνα (kWh/day)

$V_B = 48$: η μέση πολική τάση του συσσωρευτή μέσα στο διάστημα αυτό, η οποία συμπίπτει, πρακτικά, με την ονομαστική τιμή της (Volt)

Πίνακας 103 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight

OPzV 2V Cells									
Τύπος	Θετική πλάκα	Χωρητικότητα (Ah) $C_{10} \text{ V/Cell}$ (1.80 Vpc στους 20°C)	Μέγιστες διαστάσεις στοιχείου (mm)					Βάρος (kg)	Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
	Μέγεθος (Ah)		a	b	h1	h2	e		
4 OPzV 200	50	224	103	206	355	382	-	20	2300
5 OPzV 250		280	124	206	355	382	-	24	2860
6 OPzV 300		336	145	206	355	378	-	28	3380
5 OPzV 350	70	405	124	206	471	498	-	31	3380
6 OPzV 420		486	145	206	471	498	-	37	3980
7 OPzV 490		567	166	206	471	498	-	42	4520
6 OPzV 600	100	690	145	206	646	673	-	50	4360
8 OPzV 800		920	191	210	646	673	80	68	5980
10 OPzV 1000		1150	233	210	646	673	110	82	7380
12 OPzV 1200		1380	275	210	646	673	140	97	8640
12 OPzV 1500	125	1620	275	210	797	824	140	120	9440
16 OPzV 2000		2160	399	214	772	799	2 x 110	165	12680
20 OPzV 2500		2700	487	212	772	799	3 x 110	200	16240
24 OPzV 3000		3240	576	212	772	799	3 x 140	240	18460

Επομένως επιλέγονται 24 μπαταρίες 12 OPzV 1500, η κάθε μια έχει τάση 2 V και χωρητικότητα 1620 Ah. Τα στοιχεία θα συνδεθούν σε σειρά. Φορτίζουν σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης: $1620/10 = 162 \text{ A}$.

Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια διαφέρει ανάλογα με την ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια. Εξαρτάται λοιπόν από την περιοχή, τον προσανατολισμό και την κλίση τους.

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η βέλτιστη κλίση των φ/β πλαισίων για το Ηράκλειο είναι στις 30° και ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος. Θεωρείται ότι έτσι θα τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια στην ταράτσα της πολυκατοικίας, ενώ δεν υπάρχουν σκιασμοί.

Με σταθερή την τοποθεσία (Ηράκλειο Κρήτης), η ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με το μήνα. Οπότε, πρέπει να αποφασισθεί για την ημέρα ποιανού μήνα θα γίνει η μελέτη. Ακολουθώντας σειρά υπολογισμών, προκύπτει ότι ο Ιανουάριος είναι ο μήνας στον οποίο υπάρχει η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (5,34 kW), επιλέγεται λοιπόν ένα μέγεθος φ/β πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες τις τυπικές ημέρες του Ιανουαρίου.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό της Ισχύς του διαμερίσματος 120m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο (που είναι και η μέγιστη):

$$G_{STC} = 1 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ (πυκνότητα ισχύος)}$$

$$m = 1,1 \text{ (συντελεστής περιθωρίου)}$$

$$n_{αμ} = 0,90 \text{ (συντελεστής άμεσων φορτίων)}$$

$$n_{εμμ} = 0,85 \text{ (συντελεστής έμμεσων φορτίων)}$$

$$n = 1 \text{ (μία ημέρα αυτονομίας)}$$

$$N = 31 \text{ (ημέρες του Ιανουαρίου)}$$

$$P_{pic} = \frac{1}{PR} \times \frac{G_{STC}}{H_t} \times m \times \left(\frac{0,5 \times E_L}{n_{αμ}} + \frac{0,5 \times E_L}{n_{εμμ}} + \left(\frac{n}{N-n} \right) \times \frac{E_L}{n_{εμμ}} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = \frac{1}{0,83} \times \frac{1}{4,13} \times 1,1 \times \left(\frac{0,5 \times 14}{0,90} + \frac{0,5 \times 14}{0,85} + \left(\frac{1}{31-1} \right) \times \frac{14}{0,85} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = 5,34 \text{ kW}$$

Πίνακας 104 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Διαμερίσματος 120 m²

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ 120m ²		Ed (kWh)	Ht (kWh/m ²)	PR	Μήνας	E _L	P _{pic}	C(n)
Μήνας	Ημέρες					Κατανάλωση (kWh)	(kW)	(Ah)
Ιανουάριος	31	3,41	4,13	0,83	1	14,0	5,34	1.336,81
Φεβρουάριος	28	3,96	4,84	0,82	2	14,0	4,62	1.336,81
Μάρτιος	31	4,92	6,09	0,81	3	14,0	3,70	1.336,81
Απρίλιος	30	5,35	6,75	0,79	4	15,4	3,75	1.470,49
Μάιος	31	5,62	7,23	0,78	5	15,4	3,57	1.470,49
Ιούνιος	30	5,91	7,73	0,76	6	15,4	3,39	1.470,49
Ιούλιος	31	5,93	7,84	0,76	7	15,4	3,38	1.470,49
Αύγουστος	31	5,92	7,83	0,76	8	15,4	3,39	1.470,49
Σεπτέμβριος	30	5,45	7,07	0,77	9	15,4	3,68	1.470,49
Οκτώβριος	31	4,67	5,93	0,79	10	14,0	3,90	1.336,81
Νοέμβριος	30	3,80	4,69	0,81	11	14,0	4,80	1.336,81
Δεκέμβριος	31	3,46	4,21	0,82	12	14,0	5,27	1.336,81

Με τη χρήση του προγράμματος Photovoltaic Geographical Information System (PGIS), για την επιλεγμένη περιοχή του Ηρακλείου, με την κλίση και τον προσανατολισμό των πάνελ βγαίνουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 105 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο

Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.41	106	4.13	128
Feb	3.96	111	4.84	135
Mar	4.92	152	6.09	189
Apr	5.35	161	6.75	202
May	5.62	174	7.23	224
Jun	5.91	177	7.73	232
Jul	5.93	184	7.84	243
Aug	5.92	184	7.83	243
Sep	5.45	163	7.07	212
Oct	4.67	145	5.93	184
Nov	3.80	114	4.69	141
Dec	3.46	107	4.21	130
Year	4.87	148	6.20	189
Total for year		1780		2260

Ed : Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

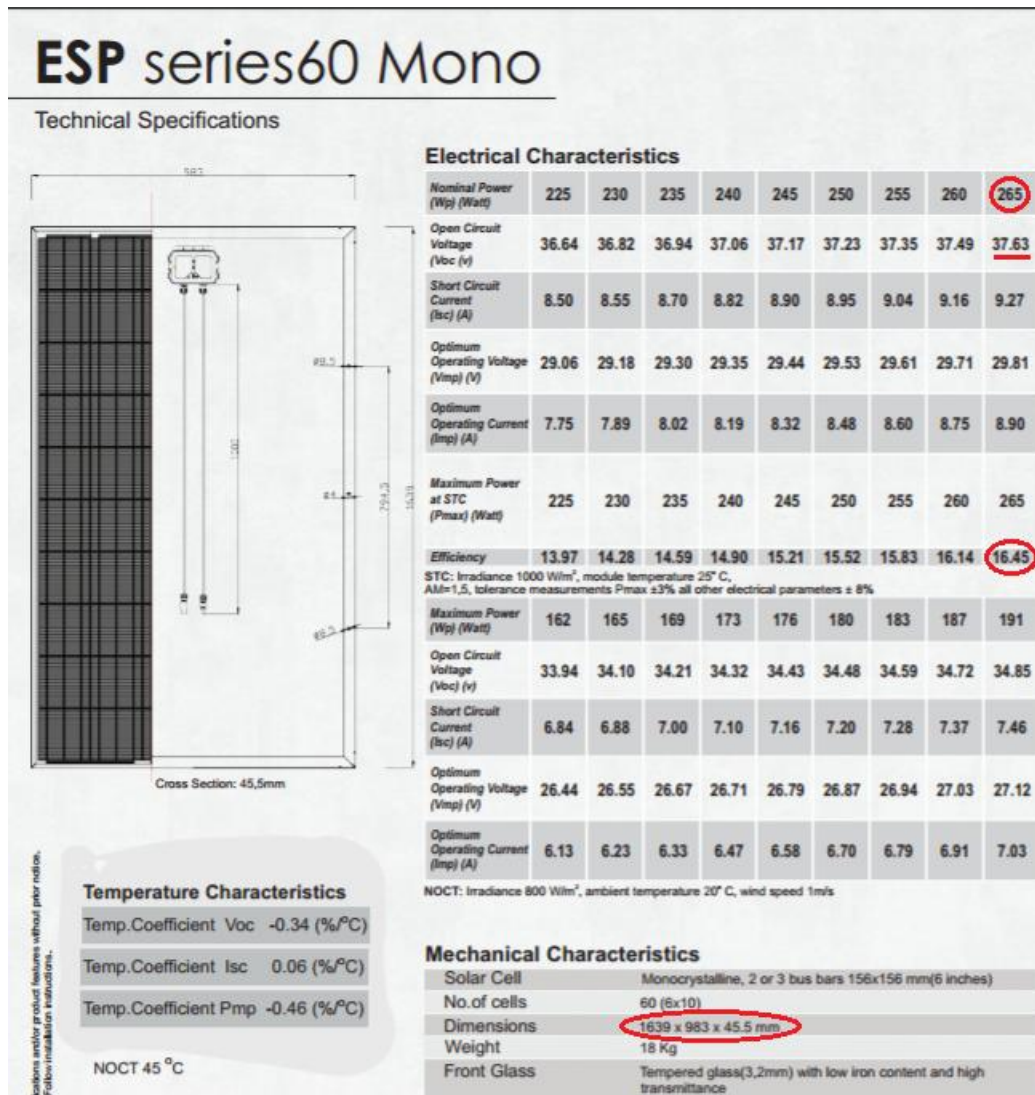
Hm : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα φ/β πλαίσια για το μήνα Ιανουάριο στο Ηράκλειο Κρήτης είναι $H_{\text{daily}} = 4,13 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β πλαισίων εξαρτάται από το φ/β πλαίσιο που θα επιλεγθεί. Τα μονοκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης αλλά πολύ μεγαλύτερο κόστος προμήθειας. Αντίθετα τα πολυκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης αλλά χαμηλότερο κόστος. Επιλέγονται μονοκρυσταλλικά πλαίσια καθώς το αρχικό μεγαλύτερο κόστος αντισταθμίζεται από τη διαφορά στο βαθμό απόδοσης σχετικά γρήγορα.

Επιλέγονται τα φ/β πλαίσια της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των οποίων παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 106 : Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων της σειράς Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group



Με βάση τη μέγιστη απόδοση που δύναται να έχουν τα συγκεκριμένα πάνελ ($\eta=16,45\%$ από τον παραπάνω πίνακα), επιλέγονται τα φ/β πλαίσια με ισχύ 265 W_p. Δηλαδή, το κάθε πάνελ αποδίδει 265 W/day. Οι διαστάσεις του συγκεκριμένου πλαισίου είναι 1639mm×983mm, άρα το εμβαδόν του υπολογίζεται στα 1,6 m².

5.340 W /265 W/ πλαίσιο =20,16. Για λόγους σχεδίασης όμως, επιλέγω 21 φ/β πλαίσια.

Οπότε, η νέα εγκατεστημένη ισχύ είναι : $P_{pic} = 265 \text{ W /day} \times 21 = 5.565 \text{ W / day}$

Σειρά έχει η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης. Η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης έγκκειται, μεταξύ άλλων, στη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών, στην προστασία από υπερφόρτιση και στην πρόληψη ανεξέλεγκτης εκφόρτισης. Κατά την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στην είσοδό του η μέγιστη τάση DC, το μέγιστο ρεύμα και το βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT. Στην έξοδό του ελέγχονται η ονομαστική τάση συσσωρευτή και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Στην παρούσα υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης τύπου MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 107 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start Battery voltage plus 2 Volt operating	
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A	DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN 60335-1	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3	
1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum		

Η V_{oc} είναι 37,63 Volts και έχει θερμοκρασιακή μεταβολή $-0,34\% / ^\circ\text{C}$.

Έτσι, στη δυσμενέστερη περίπτωση, το χειμώνα όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $0\ ^\circ\text{C}$, η V_{oc} γίνεται : $37,63 \times (1 - 0,34\% / ^\circ\text{C} \times (0\ ^\circ\text{C} - 25\ ^\circ\text{C})) = 40,82\ \text{Volts}$

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορεί να δεχθεί σε σειρά ο ρυθμιστής φόρτισης MPPT 150/85 είναι : $150\ \text{Volts} / 40,82\ \text{Volts} = 3,67$

Επιλέγω 2 ρυθμιστές φόρτισης στην περίπτωση των 21 στοιχείων, για λόγους σχεδιασμού.

Επιλέγονται τελικά 21 Φ/Β Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με 7 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.

$$\text{Και } V_{oc \max} = 3 \times V_{oc} = 3 \times 40,82 \text{ Volts} \rightarrow V_{oc \max} = 122,46 \text{ Volts}$$

$$122,46 \text{ Volts} < 150 \text{ Volts} \text{ και } 122,46 \text{ Volts} > 57,6 \text{ Volts} \text{ (} 57,6 \text{ Volts} \rightarrow 48 \text{ Volts} \times 20\%)$$

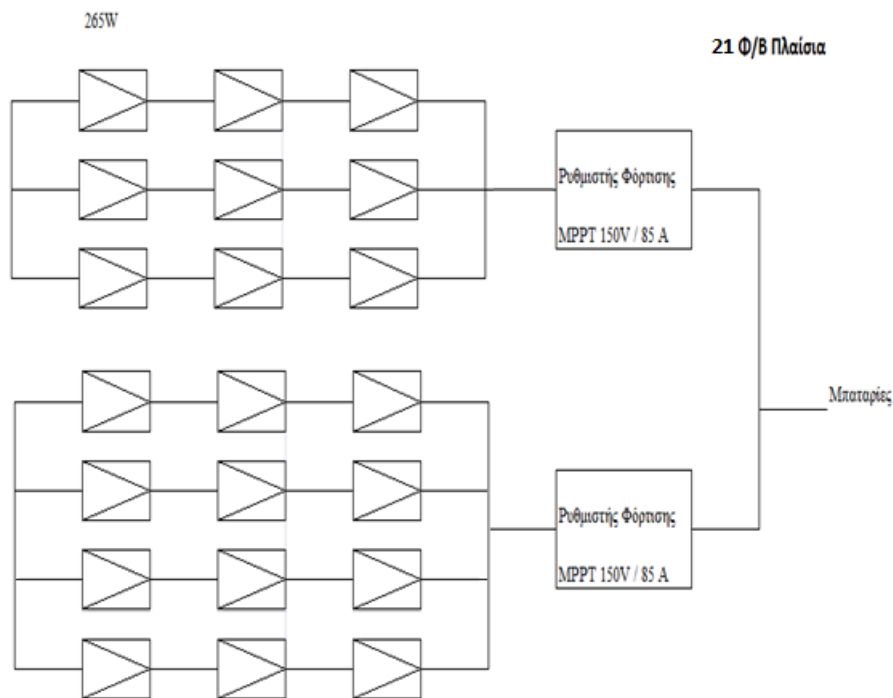
$$I_{sc \max} = 7 \times I_{sc} = 7 \times 9,27 \text{ A (Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων)} = 64,89 \text{ A}$$

Η P_{\max} είναι : 5.565 W , συνεπώς το ρεύμα στην έξοδο του φορτιστή είναι :

$$5.565 \text{ W} / 48 \text{ Volts} = 115,94 \text{ A}$$

Προσαυξάνω το ρεύμα κατά 25% για ασφάλεια, γιατί οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει με πυκνότητα ισχύος 1000 W / m². Όμως η πυκνότητα ισχύος δύναται να ξεπεράσει αυτή την τιμή. Έτσι, $I = 115,94 \text{ A} \times 1,25 = 144,93 \text{ A}$

Συνεπώς, επιλέγω δύο ρυθμιστές MPPT 150/85 όπου ο ένας θα έχει 3 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων και ο άλλος 4 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.



Εικόνα 40 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης

Πλέον πρέπει να διαστασιολογηθούν οι αντιστροφείς. Η επιλογή τους γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ εξόδου των φ/β πλαισίων, τη μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματός τους και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσής τους.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχτεί στην είσοδό του ο αντιστροφέας είναι:

$$P_{\max} = 21 \times 265 = 5,57 \text{ KW}_p$$

Επιλέγονται δύο αντιστροφείς Phoenix 48/3000 της εταιρίας Victron, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 108 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέων Phoenix της εταιρίας Victron

Phoenix Inverter	C1 2/1200 C24/1200	C1 2/1600 C24/1600	C1 2/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/ 24 /48 V (%)	92/ 94	92/ 94	92/ 92	93/ 94/ 95	94/ 95
Zero-load power 12/ 24 / 48 V (W)	8/ 10	8/ 10	9/ 11	15/ 15/ 16	25/ 25
Zero-load power in AES mode (W)	5/ 8	5/ 8	7/ 9	10/ 10/ 12	20/ 20
Zero-load power in Search mode (W)	2/ 3	2/ 3	3/ 4	4/ 5/ 5	5/ 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery connection	battery cables of 1.5 meter included		M8 bolts	2+2 M8 bolts	
230 V AC-connection	G-ST18i plug		Spring-clamp	Screw terminals	
Weight (kg)	10		12	18	30
Dimensions (h x w x d in mm)	375 x 214 x 110		520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				

10.2 Μονοκατοικία 120m²

10.2.1 Σχεδιασμός ηλιοθερμικού συστήματος μονοκατοικίας 120m²

Το ηλιοθερμικό σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης (ZNX) της μονοκατοικίας.

Από τους υπολογισμούς του 6^{ου} και του 3^{ου} κεφαλαίου προκύπτει ότι:

- Το μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο, για τις ανάγκες θέρμανσης της μονοκατοικίας των 120m² είναι: 1.399 KWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.
- Το μέγιστο μηνιαίο φορτίο ζεστού νερού χρήσης της μονοκατοικίας των 120m² είναι: 294,52 KWh/μήνα για το μήνα Ιανουάριο.

Άρα, η συνολική μέγιστη θερμική ενέργεια (Q_c) που απαιτείται για τη θέρμανση και το ZNX είναι: $1.399 + 294,52 = 1.693,52$ KWh/μήνα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και ZNX της μονοκατοικίας, άρα θα πρέπει να παράγουν 1.693,52 KWh.

Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη χειμερινή περίοδο επιλέγεται κλίση των ηλιακών συλλεκτών 50°.

Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία (ενεργειακή απολαβή) στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, το βαθμό απόδοσης του επιλεγόμενου συλλέκτη και από τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών.

Ακολουθεί η εξίσωση:

$$Q_c = H_T \cdot n \cdot A_c$$

όπου:

Q_c : παραγόμενη θερμική ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες (KWh/μήνα)

H_T : ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών (KWh/m²×μήνα)

n : βαθμός απόδοσης ηλιακού συλλέκτη

A_c : επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m²)

Θεωρώντας βαθμός απόδοσης του συστήματος της τάξεως του 50%, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια (A_c) των ηλιακών συλλεκτών για τον δυσμενέστερο μήνα ενεργειακής απολαβής που είναι ο Ιανουάριος:

$$A_c = \frac{Q_c}{n \cdot H_T} \Rightarrow A_c = \frac{1.693,52}{0,5 \cdot 104,87} \Rightarrow A_c = 32,3 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται να τοποθετηθούν οι ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESS.

SPF Solartechnik
Prüfung
Forschung

C1335

Solar Collector Factsheet Hewalex KS 2000 TLP Am

Model KS 2000 TLP Am
Type Flat plate collector
Manufacturer HEWALEX Sp. z o.o. Sp. k.
Address ul. Juliusza Slowackiego 33
PL-43-502 Czechowice-Dziedzice
Telephone +48 (032) 214 17 10
Fax +48 (032) 214 50 04
Email hewalex@hewalex.pl
Internet www.hewalex.eu
Test date 01.2012

Performance test EN12975:2006
 Quality test EN12975:2006

Dimensions		Technical data	
Total length	2.020 m	Minimum flowrate	60 l/h
Total width	1.035 m	Nominal flowrate	108 l/h
Gross area	2.091 m ²	Maximum flowrate	132 l/h
Aperture area	1.827 m ²	Fluid content	1.1 l
Absorber area	1.827 m ²	Maximum operating pressure	6 bar
Weight empty	36 kg	Stagnation temperature	205 °C

Types of mounting		Further information	
<input checked="" type="checkbox"/> Construction for sloping roof		<input type="checkbox"/> Units in different sizes available	
<input checked="" type="checkbox"/> Integration into sloping roof		<input type="checkbox"/> Glazing replaceable	
<input checked="" type="checkbox"/> On flat roof with stand		Hydraulic connection	G3/4"
<input checked="" type="checkbox"/> Facade			

Construction

- 1 Cover rail
- 2 Lateral thermal insulation
- 3 Thermal insulation
- 4 Glazing
- 5 Black glass fleece
- 6 Absorber
- 7 Casing

Η ωφέλιμη επιφάνεια κάθε τέτοιου συλλέκτη είναι 1,827 m².

Επομένως, υπολογίζεται ότι απαιτούνται για τις ανάγκες του διαμερίσματος:

$$N = 32,3/1,827 \Leftrightarrow N = 17,68$$

Άρα, 18 ηλιακοί συλλέκτες θα χρειαστούν για τη μονοκατοικία των 120m².

Εικόνα 41 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλιακών συλλεκτών KS2000TLP

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ηλιακών συλλεκτών, παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 109 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη KS2000TLP

		ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΛΡ
		Ελάχιστη Ροή (dm ³ /h)	70
		Συνιστώμενη Ροή (dm ³ /h)	90
		Μέγιστη Ροή (dm ³ /h)	240
		Περιεχόμενο μέσο (dm ³ /h)	1,1
		Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)	6
		Οπτική αποδοτικότητα (%)	80,2
		Θερμικές απώλειες α1 (W/m ² K)	3,8
		Θερμικές απώλειες α2 (W/m ² K)	0,009
		Θερμοκρασία παύσης (°C)	219
		Πτώση πίεσης (Pa)	416
Αναλογική Ωριαία Απόδοση ανά Συλλέκτη για G=1000W/m ²	ΑΩΑ/Σ	Tm-Ta 10K (W)	1388
		Tm-Ta 30K (W)	1240
		Tm-Ta 50K (W)	1082

Το θερμοδοχείο που επιλέγεται είναι της ίδιας εταιρίας (CHESS) με τους ηλιακούς συλλέκτες (για λόγους συμβατότητας και μείωσης του κόστους εγκατάστασης), και είναι το μοντέλο HA1600 L/V με χωρητικότητα 1600 lt.

Πίνακας 110 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοδοχείου HA600 L/V

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Πx ΒxΥ (mm)	Βάρος (kg)	ΜΠΛ*(bars)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
				Λίτρα	kWh	Mcal
HA100 V	600x600x600	55	2,5	100	8,1	7
HA300 V	600x700x1430	148	2,5	300	24,4	21
HA400 V	600x700x1810	178	2,5	400	32,5	28
HA600 V	2510x550x2350	135**	1,5	600	48,8	42
HA1600 L/V	600x700x1810	425**	2,5	1600	130,3	112
HA3000 L/V	3000x550x2350	575**	1,5	3000	244,2	210
HA15000 L/V	3000x2750x2350	2875**	1,5	15000	1221,2	1050

*Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας.

** Βάρος χωρίς τους συλλέκτες και τη μόνωση.

10.2.2 Σχεδιασμός φ/β συστήματος της μονοκατοικίας των 120m²

Το φ/β σύστημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας.

Ο σχεδιασμός του φ/β συστήματος απαιτεί τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φ/β πλαισίων ώστε να μπορούν να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος της μονοκατοικίας. Ταυτόχρονα πρέπει να παράγουν ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος ικανή να φορτιστούν οι συσσωρευτές για όσες μέρες αυτονομίας επιλεχθούν για το σύστημα.

Στο 6^ο κεφάλαιο (**Πίνακας 57/ σελ. 96**) υπολογίστηκε ότι η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονοκατοικίας των 120m² για τους θερινούς μήνες είναι: 20,4 KWh/μέρα. Σε αυτή την κατανάλωση έχει υπολογιστεί και η χρήση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για την κάλυψη του ZNX της μονοκατοικίας. Τώρα όμως οι ανάγκες για ZNX έχουν σχεδιαστεί να καλύπτονται από το ηλιοθερμικό σύστημα. Επομένως, το φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί πρέπει να καλύπτει ημερήσια κατανάλωση:

$$(20,4 - 3) \text{ KWh/μέρα} = 17,4 \text{ KWh/μέρα.}$$

Επιλέγεται αυτονομία 1 ημέρας.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει η διαστασιολόγηση και επιλογή των απαιτούμενων συσσωρευτών. Επιλέγονται μπαταρίες κλειστού τύπου (OPzV) της εταιρίας Sunlight. Το βάθος εκφόρτισης ορίζεται στο 50%.

Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12 V, 24 V ή 48 V. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα, άρα και μικρότερες ωμικές απώλειες. Επομένως, επιλέγεται η τάση του συστήματος να είναι 48 V.

Θεωρώντας ένα συντελεστή γήρανσης ($n_\gamma = 0,8$), συντελεστή εκφόρτισης ($n_{εκφ} = 0,9$) και δεδομένου ότι η μπαταρία έχει επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης 50% ($\beta_{εκφ} = 0,5$), η χωρητικότητα των μπαταριών για τους Θερινούς μήνες υπολογίζεται:

$$C(n) = \frac{(n+b) \times m \times E_L}{n_\gamma \times n_{εκφ} \times \beta_{εκφ} \times V_B} \rightarrow C(n) = \frac{(1+0,5) \times 1,1 \times 17,4 \text{ kWh/day}}{0,8 \times 0,9 \times 0,5 \times 48} \rightarrow C(n) = 1.661,46 \text{ Ah}$$

όπου:

$n = 1$, ημέρα αυτονομίας

$b = 0,5$: το ποσοστό των φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας

$m = 1,1$: συντελεστής περιθωρίου

E_L : Ημερήσιο φορτίο για κάθε μήνα (kWh/day)

$V_B = 48$: η μέση πολική τάση του συσσωρευτή μέσα στο διάστημα αυτό, η οποία συμπίπτει, πρακτικά, με την ονομαστική τιμή της (Volt)

Πίνακας 111 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών τύπου OPzV της εταιρίας Sunlight

OPzV 2V Cells									
Τύπος	Θετική πλάκα	Χωρητικότητα (Ah) C_{10} V/Cell (1.80 Vpc στους 20°C)	Μέγιστες διαστάσεις στοιχείου (mm)					Βάρος (kg)	Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
	Μέγεθος (Ah)		a	b	h1	h2	e		
4 OPzV 200	50	224	103	206	355	382	-	20	2300
5 OPzV 250		280	124	206	355	382	-	24	2860
6 OPzV 300		336	145	206	355	378	-	28	3380
5 OPzV 350	70	405	124	206	471	498	-	31	3380
6 OPzV 420		486	145	206	471	498	-	37	3980
7 OPzV 490		567	166	206	471	498	-	42	4520
6 OPzV 600	100	690	145	206	646	673	-	50	4360
8 OPzV 800		920	191	210	646	673	80	68	5980
10 OPzV 1000		1150	233	210	646	673	110	82	7380
12 OPzV 1200		1380	275	210	646	673	140	97	8640
12 OPzV 1500	125	1620	275	210	797	824	140	120	9440
16 OPzV 2000		2160	399	214	772	799	2 x 110	165	12680
20 OPzV 2500		2700	487	212	772	799	3 x 110	200	16240
24 OPzV 3000		3240	576	212	772	799	3 x 140	240	18460

Επομένως επιλέγονται 24 μπαταρίες 16 OPzV 2000, η κάθε μια έχει τάση 2 V και χωρητικότητα 2160 Ah. Τα στοιχεία θα συνδεθούν σε σειρά. Φορτίζουν σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης: $2160/10 = 216$ A.

Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η ενέργεια που παράγουν τα φ/β πλαίσια διαφέρει ανάλογα με την ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια. Εξαρτάται λοιπόν από την περιοχή, τον προσανατολισμό και την κλίση τους.

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η βέλτιστη κλίση των φ/β πλαισίων για το Ηράκλειο είναι στις 30° και ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος. Θεωρείται ότι έτσι θα τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια στην ταράτσα της πολυκατοικίας, ενώ δεν υπάρχουν σκιασμοί.

Με σταθερή την τοποθεσία (Ηράκλειο Κρήτης), η ακτινοβολία μεταβάλλεται ανάλογα με το μήνα. Οπότε, πρέπει να αποφασισθεί για την ημέρα ποιανού μήνα θα γίνει η μελέτη. Ακολουθώντας σειρά υπολογισμών, προκύπτει ότι ο Ιανουάριος είναι ο μήνας στον οποίο υπάρχει η μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (5,5 kW), επιλέγεται λοιπόν ένα μέγεθος φ/β πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες τις τυπικές ημέρες του Ιανουαρίου.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται:

τον υπολογισμό της Ισχύς της μονοκατοικίας 80m²
στο Ηράκλειο για το μήνα Ιανουάριο (που είναι και η μέγιστη):

$$G_{STC} = 1 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ (πυκνότητα ισχύος)}$$

$$m = 1,1 \text{ (συντελεστής περιθωρίου)}$$

$$n_{αμ} = 0,90 \text{ (συντελεστής άμεσων φορτίων)}$$

$$n_{εμμ} = 0,85 \text{ (συντελεστής έμμεσων φορτίων)}$$

$$n = 1 \text{ (μία ημέρα αυτονομίας)}$$

$$N = 31 \text{ (ημέρες του Ιανουαρίου)}$$

$$P_{pic} = \frac{1}{PR} \times \frac{G_{STC}}{H_t} \times m \times \left(\frac{0,5 \times E_L}{n_{αμ}} + \frac{0,5 \times E_L}{n_{εμμ}} + \left(\frac{n}{N-n} \right) \times \frac{E_L}{n_{εμμ}} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = \frac{1}{0,83} \times \frac{1}{4,13} \times 1,1 \times \left(\frac{0,5 \times 14,4}{0,90} + \frac{0,5 \times 14,4}{0,85} + \left(\frac{1}{31-1} \right) \times \frac{14,4}{0,85} \right) \rightarrow$$

$$P_{pic} = 5,5 \text{ kW}$$

Πίνακας 112 : Υπολογισμός Ισχύος και Χωρητικότητας Μονοκατοικίας 120 m²

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ 120m ²		Ed (kWh)	Ht (kWh/m ²)	PR	Μήνας	E _L	P _{pic}	C(n)
Μήνας	Ημέρες					Κατανάλωση (kWh)	(kW)	(Ah)
Ιανουάριος	31	3,41	4,13	0,83	1	14,4	5,50	1.375,00
Φεβρουάριος	28	3,96	4,84	0,82	2	14,4	4,75	1.375,00
Μάρτιος	31	4,92	6,09	0,81	3	14,4	3,81	1.375,00
Απρίλιος	30	5,35	6,75	0,79	4	17,4	4,24	1.661,46
Μάιος	31	5,62	7,23	0,78	5	17,4	4,03	1.661,46
Ιούνιος	30	5,91	7,73	0,76	6	17,4	3,84	1.661,46
Ιούλιος	31	5,93	7,84	0,76	7	17,4	3,82	1.661,46
Αύγουστος	31	5,92	7,83	0,76	8	17,4	3,82	1.661,46
Σεπτέμβριος	30	5,45	7,07	0,77	9	17,4	4,16	1.661,46
Οκτώβριος	31	4,67	5,93	0,79	10	14,4	4,01	1.375,00
Νοέμβριος	30	3,80	4,69	0,81	11	14,4	4,94	1.375,00
Δεκέμβριος	31	3,46	4,21	0,82	12	14,4	5,42	1.375,00

Με τη χρήση του προγράμματος Photovoltaic Geographical Information System (PGIS), για την επιλεγμένη περιοχή του Ηρακλείου, με την κλίση και τον προσανατολισμό των πάνελ βγαίνουν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 113 : Μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους στο Ηράκλειο

Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.41	106	4.13	128
Feb	3.96	111	4.84	135
Mar	4.92	152	6.09	189
Apr	5.35	161	6.75	202
May	5.62	174	7.23	224
Jun	5.91	177	7.73	232
Jul	5.93	184	7.84	243
Aug	5.92	184	7.83	243
Sep	5.45	163	7.07	212
Oct	4.67	145	5.93	184
Nov	3.80	114	4.69	141
Dec	3.46	107	4.21	130
Year	4.87	148	6.20	189
Total for year		1780		2260

Ed : Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα φ/β πλαίσια για το μήνα Ιανουάριο στο Ηράκλειο Κρήτης είναι $H_{\text{daily}} = 4,13 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β πλαισίων εξαρτάται από το φ/β πλαίσιο που θα επιλεγθεί. Τα μονοκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης αλλά πολύ μεγαλύτερο κόστος προμήθειας. Αντίθετα τα πολυκρυσταλλικά φ/β πλαίσια έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης αλλά χαμηλότερο κόστος. Επιλέγονται μονοκρυσταλλικά πλαίσια καθώς το αρχικό μεγαλύτερο κόστος αντισταθμίζεται από τη διαφορά στο βαθμό απόδοσης σχετικά γρήγορα.

Σειρά έχει η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης. Η λειτουργία του ρυθμιστή φόρτισης έγκκειται, μεταξύ άλλων, στη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών, στην προστασία από υπερφόρτιση και στην πρόληψη ανεξέλεγκτης εκφόρτισης. Κατά την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στην είσοδό του η μέγιστη τάση DC, το μέγιστο ρεύμα και το βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPPT. Στην έξοδό του ελέγχονται η ονομαστική τάση συσσωρευτή και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Στην παρούσα υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης τύπου MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

Πίνακας 115 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Ρυθμιστή φόρτισης MPPT 150/85 της εταιρίας VICTRON

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start Battery voltage plus 2 Volt operating	
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A	DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN 60335-1	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3	
1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum		

Η V_{oc} είναι 37,63 Volts και έχει θερμοκρασιακή μεταβολή $-0,34\% / ^\circ\text{C}$.

Έτσι, στη δυσμενέστερη περίπτωση, το χειμώνα όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $0\ ^\circ\text{C}$, η V_{oc} γίνεται : $37,63 \times (1 - 0,34\% / ^\circ\text{C} \times (0\ ^\circ\text{C} - 25\ ^\circ\text{C})) = 40,82\ \text{Volts}$

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων που μπορεί να δεχθεί σε σειρά ο ρυθμιστής φόρτισης MPPT 150/85 είναι : $150\ \text{Volts} / 40,82\ \text{Volts} = 3,67$

Επιλέγω 2 ρυθμιστές φόρτισης στην περίπτωση των 21 στοιχείων, για λόγους σχεδιασμού.

Επιλέγονται τελικά 21 Φ/Β Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με 7 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.

$$\text{Και } V_{oc \max} = 3 \times V_{oc} = 3 \times 40,82 \text{ Volts} \rightarrow V_{oc \max} = 122,46 \text{ Volts}$$

$$122,46 \text{ Volts} < 150 \text{ Volts} \text{ και } 122,46 \text{ Volts} > 57,6 \text{ Volts} \text{ (} 57,6 \text{ Volts} \rightarrow 48 \text{ Volts} \times 20\%)$$

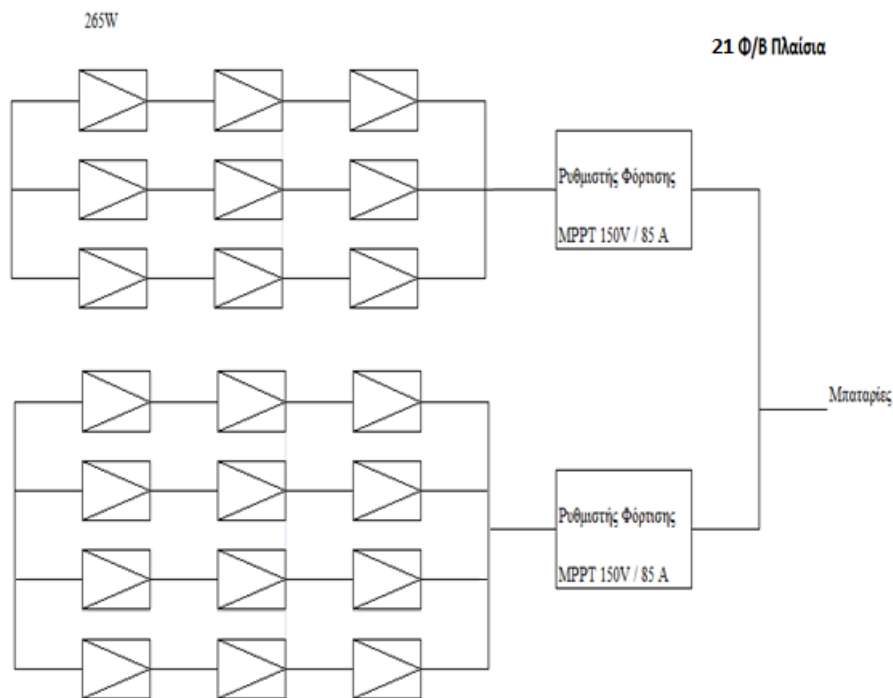
$$I_{sc \max} = 7 \times I_{sc} = 7 \times 9,27 \text{ A (Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων)} = 64,89 \text{ A}$$

Η P_{\max} είναι : 5.565 W , συνεπώς το ρεύμα στην έξοδο του φορτιστή είναι :

$$5.565 \text{ W} / 48 \text{ Volts} = 115,94 \text{ A}$$

Προσαυξάνω το ρεύμα κατά 25% για ασφάλεια, γιατί οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει με πυκνότητα ισχύος 1000 W / m². Όμως η πυκνότητα ισχύος δύναται να ξεπεράσει αυτή την τιμή. Έτσι, $I = 115,94 \text{ A} \times 1,25 = 144,93 \text{ A}$

Συνεπώς, επιλέγω δύο ρυθμιστές MPPT 150/85 όπου ο ένας θα έχει 3 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων και ο άλλος 4 παράλληλες στοιχειοσειρές των 3 στοιχείων.



Εικόνα 42 : Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ρυθμιστών φόρτισης

Πλέον πρέπει να διαστασιοποιηθούν οι αντιστροφείς. Η επιλογή τους γίνεται με βάση τη μέγιστη ισχύ εξόδου των φ/β πλαισίων, τη μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματός τους και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσής τους.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχτεί στην είσοδό του ο αντιστροφέας είναι:

$$P_{\max} = 21 \times 265 = 5,57 \text{ kW}_p.$$

Επιλέγονται δύο αντιστροφείς Phoenix 48/3000 της εταιρίας Victron, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 116 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέων Phoenix της εταιρίας Victron

Phoenix Inverter	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/24/48 V (%)	92/94	92/94	92/92	93/94/95	94/95
Zero-load power 12/24/48 V (W)	8/10	8/10	9/11	15/15/16	25/25
Zero-load power in AES mode (W)	5/8	5/8	7/9	10/10/12	20/20
Zero-load power in Search mode (W)	2/3	2/3	3/4	4/5/5	5/6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a-g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (no condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery connection	battery cables of 1,5 meter included		M8 bolts	2+2 M8 bolts	
230 V AC-connection	G-ST18i plug		Spring-clamp	Screw terminals	
Weight (kg)	10		12	18	30
Dimensions (h x w x d in mm)	375 x 214 x 110		520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

11.1 Κόστος Ηλιοθερμικής Εγκατάστασης

Πίνακας 117 : Κόστος ηλιοθερμικής εγκατάστασης για την κάθε περίπτωση κατοικίας

	m ²	Περιγραφή	τεμ.	€/τεμ.	€	Συνολικό Κόστος
Μονοκατοικία	80	Ηλιοθερμικά στοιχεία	13	220,00 €	2.860,00 €	
		Δεξαμενή αποθήκευσης	1	4.000,00 €	5.000,00 €	
		Διάφορα άλλα υδραυλικά εξαρτήματα	1	3.500,00 €	3.500,00 €	10.360,00 €
	100	Ηλιοθερμικά στοιχεία	16	220,00 €	3.520,00 €	
		Δεξαμενή αποθήκευσης	1	4.000,00 €	5.000,00 €	
		Διάφορα άλλα υδραυλικά εξαρτήματα	1	3.700,00 €	3.700,00 €	11.220,00 €
	120	Ηλιοθερμικά στοιχεία	18	220,00 €	3.960,00 €	
		Δεξαμενή αποθήκευσης	1	4.000,00 €	5.000,00 €	
		Διάφορα άλλα υδραυλικά εξαρτήματα	1	3.900,00 €	3.900,00 €	11.860,00 €
Διαμέρισμα	80	Ηλιοθερμικά στοιχεία	6	220,00 €	1.320,00 €	
		Δεξαμενή αποθήκευσης	1	2.000,00 €	3.000,00 €	
		Διάφορα άλλα υδραυλικά εξαρτήματα	1	2.900,00 €	2.900,00 €	6.220,00 €
	100	Ηλιοθερμικά στοιχεία	7	220,00 €	1.540,00 €	
		Δεξαμενή αποθήκευσης	1	2.000,00 €	3.000,00 €	
		Διάφορα άλλα υδραυλικά εξαρτήματα	1	3.100,00 €	3.100,00 €	6.640,00 €
	120	Ηλιοθερμικά στοιχεία	8	220,00 €	1.760,00 €	
		Δεξαμενή αποθήκευσης	1	2.000,00 €	3.000,00 €	
		Διάφορα άλλα υδραυλικά εξαρτήματα	1	3.300,00 €	3.300,00 €	7.060,00 €

11.2 Κόστος Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης

Πίνακας 118 : Κόστος φωτοβολταϊκής εγκατάστασης για την κάθε περίπτωση κατοικίας

	m ²	Περιγραφή	τεμ.	€/τεμ.	€	Συνολικό Κόστος
Μονοκατοικία	80	Φ/Β στοιχεία	18	200,00 €	3.600,00 €	
		Φορτιστής	2	600,00 €	1.200,00 €	
		Μπαταρίες των 1380Ah	24	500,00 €	12.000,00 €	
		Διάφορα μικροεξαρτήματα	1	2.000,00 €	2.000,00 €	18.800,00 €
	100	Φ/Β στοιχεία	20	200,00 €	4.000,00 €	
		Φορτιστής	2	600,00 €	1.200,00 €	
		Μπαταρίες των 1620Ah	24	600,00 €	14.400,00 €	
		Διάφορα μικροεξαρτήματα	1	2.200,00 €	2.200,00 €	21.800,00 €
	120	Φ/Β στοιχεία	21	200,00 €	4.200,00 €	
		Φορτιστής	2	600,00 €	1.200,00 €	
		Μπαταρίες των 2160Ah	24	800,00 €	19.200,00 €	
		Διάφορα μικροεξαρτήματα	1	2.500,00 €	2.500,00 €	27.100,00 €
Διαμέρισμα	80	Φ/Β στοιχεία	18	200,00 €	3.600,00 €	
		Φορτιστής	2	600,00 €	1.200,00 €	
		Μπαταρίες των 1150Ah	24	430,00 €	10.320,00 €	
		Διάφορα μικροεξαρτήματα	1	2.000,00 €	2.000,00 €	17.120,00 €
	100	Φ/Β στοιχεία	20	200,00 €	4.000,00 €	
		Φορτιστής	2	600,00 €	1.200,00 €	
		Μπαταρίες των 1380Ah	24	500,00 €	12.000,00 €	
		Διάφορα μικροεξαρτήματα	1	2.200,00 €	2.200,00 €	19.400,00 €
	120	Φ/Β στοιχεία	21	200,00 €	4.200,00 €	
		Φορτιστής	2	600,00 €	1.200,00 €	
		Μπαταρίες των 1620Ah	24	600,00 €	14.400,00 €	
		Διάφορα μικροεξαρτήματα	1	2.500,00 €	2.500,00 €	22.300,00 €

11.3 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων

Πίνακας 119 : Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων (1)

	Εμβαδόν	Συνολικό θερμικό φορτίο Χώρου	Συνολικό θερμικό φορτίο ΖΝΧ	Συνολικό ηλεκτρικό φορτίο	Συνολικό θερμικό φορτίο Χώρου ανά άτομο	Συνολικό θερμικό φορτίο ΖΝΧ ανά άτομο	Συνολικό ηλεκτρικό φορτίο ανά άτομο
	m ²	kWh/mo	kWh/mo	kWh/d	kWh/mo	kWh/mo	kWh/d
Διαμέρισμα	80	320,26	196,9	4,77	80,07	49,09	1,2
	100	334,62	245,45	5,3	66,93	49,09	1,06
	120	381,64	294,52	5,57	63,61	49,09	0,93
Μονοκατοικία	80	1.042,26	196,9	4,77	260,57	49,09	1,2
	100	1.195,03	245,45	5,3	239,01	49,09	1,06
	120	1.399	294,52	5,57	233,17	49,09	0,93

Πίνακας 120 : Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων (2)

	Εμβαδόν	Ισχύς Φωτοβολταϊκού συστήματος	Ισχύς θερμικού συστήματος	Κόστος Φωτοβολταϊκού συστήματος	Κόστος θερμικού συστήματος
	m ²	kW	kW	€	€
Διαμέρισμα	80	4,46	6,49	17.120,00	6.220,00
	100	4,92	7,57	19.400,00	6.640,00
	120	5,34	8,65	22.300,00	7.060,00
Μονοκατοικία	80	4,66	14,06	18.800,00	10.360,00
	100	5,08	17,3	21.800,00	11.220,00
	120	5,50	19,47	27.100,00	11.860,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

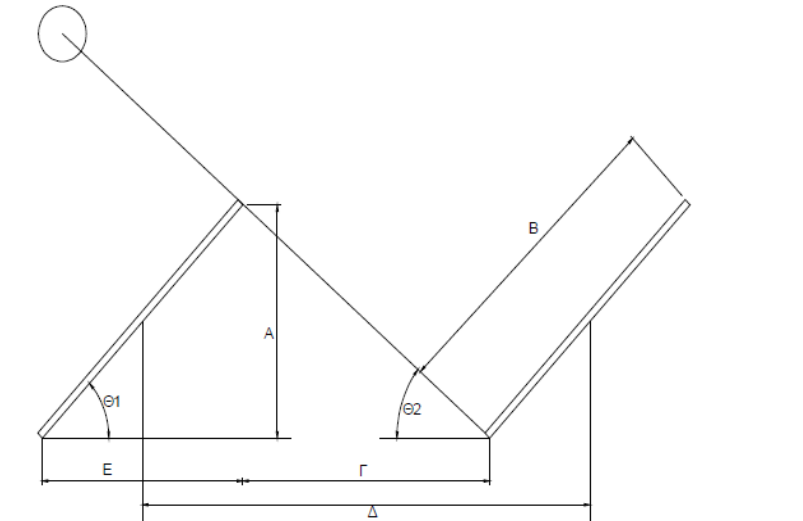
Παρακάτω παρατίθενται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τις ανάγκες σε ηλιοθερμικά και φωτοβολταϊκά στοιχεία για την κάλυψη των θερμικών και ηλεκτρικών αναγκών της κάθε κατοικίας.

Πίνακας 121 : Απαιτούμενο πλήθος ηλιοθερμικών και φ/β στοιχείων για την κάθε κατοικία

Επιφάνεια τ.μ.	Μονοκατοικία		Διαμέρισμα	
	Ηλιοθερμικά στοιχεία	Φ/Β στοιχεία	Ηλιοθερμικά στοιχεία	Φ/Β στοιχεία
80	13	18	6	18
100	16	20	7	20
120	18	21	8	21

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή ενέργειας του Φ/Β στοιχείου και του ηλιοθερμικού στοιχείου είναι το φαινόμενο της σκίασης. Όσο λιγότερη είναι η σκίαση τόσο περισσότερη η παραγόμενη ενέργεια. Έτσι θα πρέπει να τοποθετηθούν οι βάσεις κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να αποφευχθούν τα φαινόμενα σκίασης. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι θεωρητικά κατά τη δύση του ηλίου η σκιά ενός αντικειμένου εκτείνεται, εάν ο ήλιος δύνει οριζόντια στη θάλασσα, στο άπειρο. Για αυτό η βέλτιστη τεχνοοικονομικά απόσταση μεταξύ των δύο βάσεων δίνεται στο παρακάτω σχήμα όπου η γωνία β μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Έτσι λοιπόν όταν ο ήλιος βρίσκεται στο μέγιστο ύψος το μεσημέρι σχηματίζει γωνία περίπου 75° με τον ορίζοντα. Τους χειμερινούς μήνες για την γεωγραφική περιοχή της Κρήτης αυτή η γωνία είναι περίπου 60° . Για να μην υπάρξει σκίαση σε αυτή τη θέση θα πρέπει η απόσταση μεταξύ των βάσεων να είναι η εξής :



Εικόνα 43 : Η βέλτιστη τεχνοοικονομικά απόσταση μεταξύ των δύο βάσεων

- Για την περίπτωση των Φ/Β στοιχείων που έχουν διαστάσεις :
1,639 × 0,983 m² και βέλτιστη κλίση **30°**.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Απόσταση } (\Gamma) = \tan(\Theta_2) \times \text{Απόσταση } (A) \\ \text{Απόσταση } (A) = \sin(\Theta_1) / \text{μήκος στοιχείου} \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow \text{Απόσταση } (\Gamma) = \tan(\Theta_2) \times \sin(\Theta_1) \times \text{μήκος στοιχείου} = \tan(60^\circ) \times \sin(30^\circ) \times 1,639 = \mathbf{1,41 \text{ m}}$$

$$\text{Απόσταση } (E) = \cos(30^\circ) \times 1,639 = \mathbf{1,41 \text{ m}}$$

Συνεπώς η ωφέλιμη επιφάνεια που απαιτείται για την τοποθέτηση κάθε Φ/Β στοιχείου είναι :

$$\text{Απόσταση } (\Gamma) + \text{Απόσταση } (E) = (1,41 + 1,41) \times 0,983 = \mathbf{2,24 \text{ m}^2}$$

- Για την περίπτωση των ηλιοθερμικών στοιχείων που έχουν διαστάσεις :
2,020 × 1,035 m² και βέλτιστη κλίση **50°**.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Απόσταση } (\Gamma) = \tan(\Theta_2) \times \text{Απόσταση } (A) \\ \text{Απόσταση } (A) = \sin(\Theta_1) / \text{μήκος στοιχείου} \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow \text{Απόσταση } (\Gamma) = \tan(\Theta_2) \times \sin(\Theta_1) \times \text{μήκος στοιχείου} = \tan(60^\circ) \times \sin(50^\circ) \times 2,020 = \mathbf{2,68 \text{ m}}$$

$$\text{Απόσταση } (E) = \cos(50^\circ) \times 2,020 = \mathbf{1,29 \text{ m}}$$

Συνεπώς η ωφέλιμη επιφάνεια που απαιτείται για την τοποθέτηση κάθε ηλιοθερμικού

$$\text{στοιχείου είναι : } \text{Απόσταση } (\Gamma) + \text{Απόσταση } (E) = (2,68 + 1,29) \times 1,035 = \mathbf{4,10 \text{ m}^2}$$

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός της απαιτούμενης επιφάνειας (A)
για την εγκατάσταση των ηλιοθερμικών στοιχείων στην μονοκατοικία των 80 m²

$$A = 13 \text{ ηλ. στ.} \times 4,10 \frac{\text{m}^2}{\text{ηλ. στ.}} = 53,3 \text{ m}^2$$

Δηλαδή, για την περίπτωση της μονοκατοικίας των 80 m², οι 13 ηλιακοί συλλέκτες KS2000TLP της εταιρίας CHESS με διαστάσεις (2,020 × 1,035 m²) απαιτούν 53,3 m² επιφάνεια στην ταράτσα της μονοκατοικίας.

❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός της απαιτούμενης επιφάνειας (A)
για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στην μονοκατοικία των 80 m²

$$A = 18 \text{ φβ. στ.} \times 2,24 \frac{\text{m}^2}{\text{φβ. στ.}} = 40,32 \text{ m}^2$$

Δηλαδή, για την περίπτωση της μονοκατοικίας των 80 m², τα 18 φωτοβολταϊκά πλαίσια Series 60 Mono της εταιρίας Exel Group με διαστάσεις (1,639 × 0,983 m²) απαιτούν 40,32 m² επιφάνεια στην ταράτσα της μονοκατοικίας.

Συνεπώς,

η συνολική επιφάνεια που απαιτεί η συγκεκριμένη εγκατάσταση (μονοκατοικία 80 m²) είναι :

Επιφάνεια Ηλιοθερμικών Στοιχείων + Επιφάνεια Φωτοβολταϊκών Στοιχείων =

$$53,3 \text{ m}^2 + 40,32 \text{ m}^2 = 93,62 \text{ m}^2$$

Η απαιτούμενη επιφάνεια για την εγκατάσταση των ηλιοθερμικών και Φ/Β στοιχείων για την κάθε υπό εξέταση περίπτωση παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 122 : Απαιτούμενη επιφάνεια για κάθε εγκατάσταση συστήματος μονοκατοικίας

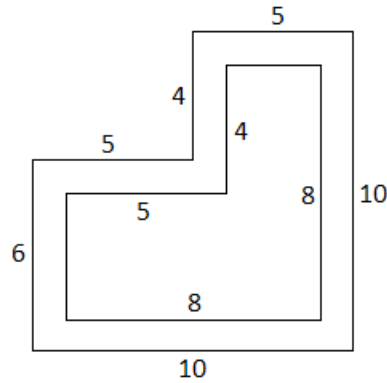
Μονοκατοικίες			
Επιφάνεια m²	Ηλιοθερμικά στοιχεία	Φ/Β στοιχεία	Συνολική απαιτούμενη επιφάνεια
80	53,3	40,32	93,62
100	65,6	44,8	110,4
120	73,8	46,41	120,21

Πίνακας 123 : Απαιτούμενη επιφάνεια για κάθε εγκατάσταση συστήματος διαμερίσματος

Διαμερίσματα			
Επιφάνεια m²	Ηλιοθερμικά στοιχεία	Φ/Β στοιχεία	Συνολική απαιτούμενη επιφάνεια
80	24,6	40,32	64,92
100	28,7	44,8	73,5
120	32,8	46,41	79,21

Η ωφέλιμη επιφάνεια τοποθέτησης των ηλιοθερμικών και φωτοβολταϊκών μονάδων δεν είναι η επιφάνεια της ταράτσας σε κάθε περίπτωση, καθώς θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα μέρος ώστε να είναι επισκέψιμες οι εγκαταστάσεις για επίβλεψη και συντήρηση. Επομένως, θα θεωρηθεί ωφέλιμη επιφάνεια η συνολική επιφάνεια κάθε ταράτσας μείον την επιφάνεια που σχηματίζεται αφαιρώντας ένα μέτρο περιμετρικά της κάθε ταράτσας.

- ❖ Ενδεικτικά αναφέρεται ο υπολογισμός της απαιτούμενης επιφάνειας (A) για την εγκατάσταση ολόκληρου του συστήματος στις κατοικίες των 80 m²



Εικόνα 44 : Αρχική επιφάνεια κατοικιών 80 m² και επιφάνεια μειωμένη κατά 1 m²

Ωφέλιμη Επιφάνεια – Απαιτούμενη Επιφ. Διαμερίσματος 80 m² = 44 m² – 64,92 m² = -20,92 m²

Ωφέλιμη Επιφάνεια – Απαιτούμενη Επιφ. Μονοκατοικίας 80 m² = 44 m² – 93,62 m² = -49,62 m²

Το αρνητικό πρόσημο δηλώνει την ανεπάρκεια του χώρου.

Πίνακας 124 : Απαιτούμενες επιφάνειες για την τοποθέτηση των συστημάτων

Επιφάνεια m ²	Ωφέλιμη επιφάνεια m ²	Διαμέρισμα απαιτούμενη επιφάνεια	Διαφορά m ²	Μονοκατοικία απαιτούμενη επιφάνεια	Διαφορά m ²
80	44	64,92	-20,92	93,62	-49,62
100	60	73,5	-13,5	110,4	-50,4
120	76	79,21	-3,21	120,21	-44,21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την παραπάνω εργασία που αφορά την μελέτη περιπτώσεων έξι διαφορετικών κατοικιών σχετικά με την δυνατότητα χρήσης ηλιακής ενέργειας για την κάλυψη του συνόλου ή μέρους των ενεργειακών αναγκών τους, σημειώνονται τα ακόλουθα:

➤ Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως **οι ανάγκες των μονοκατοικιών σε θερμική ενέργεια είναι αρκετά μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές των διαμερισμάτων**. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επιφάνειες απωλειών θερμότητας στις περιπτώσεις των μονοκατοικιών είναι μεγαλύτερες απ' αυτές των διαμερισμάτων μιας και θεωρήθηκε πως βρίσκονται σε επαφή με άλλα θερμαινόμενα διαμερίσματα.

➤ Από τα αποτελέσματα της χωροθέτησης προέκυψε πως για την κάλυψη του συνόλου (100%) των ενεργειακών αναγκών μιας κατοικίας, τόσο των διαμερισμάτων όσο και των μονοκατοικιών **δεν επαρκεί η τυπική επιφάνεια του δώματος**. Παρατηρείται δε πως στις περιπτώσεις των διαμερισμάτων αυτό το έλλειμμα είναι πολύ μικρότερο, όμως θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι πρόκειται για ένα διαμέρισμα μιας πολυκατοικίας που έχει τουλάχιστον άλλα δύο διαμερίσματα και ότι η αξιοποίηση της ταράτσας αποκλειστικά για ένα και μόνο διαμέρισμα δεν είναι πιθανά εφικτή. Συνεπώς στην πράξη δε θα βρει εύκολα εφαρμογή. Στην περίπτωση των μονοκατοικιών το έλλειμμα ωφέλιμης επιφάνειας στην ταράτσα για την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων είναι μεγαλύτερο. Συνεπώς θα είναι δυσκολότερη η πλήρης ενεργειακή αυτονομία των μονοκατοικιών χρησιμοποιώντας μόνο το χώρο του δώματος για την τοποθέτηση των ηλιοθερμικών και των Φ/Β πλαισίων. Όμως σε περίπτωση που η μονοκατοικία διαθέτει άλλο χώρο και τέτοιο ώστε να μην παρατηρούνται φαινόμενα σκίασης τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση ΦΒ συστοιχιών. Επίσης, είναι δυνατή η χρήση ΦΒ πλαισίων με υψηλότερη απόδοση με αποτέλεσμα να μειωθεί η απαίτηση σε διαθέσιμη επιφάνεια. Για παράδειγμα, σύστημα ισχύος 1 kW αποτελούμενο από πλαίσια απόδοσης 15% απαιτεί επιφάνεια 6,67 m² ενώ το ίδιο σύστημα αν αποτελείται από πλαίσια απόδοσης 20% απαιτεί επιφάνεια 5,00 m² δηλ. η μείωση σε απαιτούμενη επιφάνεια είναι 25%.

➤ Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι φανερό πως **απαιτούνται σχετικά μεγάλα ηλιοθερμικά συστήματα για να καλύψουν πλήρως**, τυπικά το 100%, τόσο τις απαιτήσεις σε ΖΝΧ όσο και θέρμανσης χώρων. Για αυτό το λόγο προτείνεται η μερική κάλυψη των αναγκών με ηλιακά συστήματα και ένα μέρος με συμβατικά συστήματα ώστε το κόστος να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα. Επίσης, θα πρέπει να καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας ώστε να μειωθούν τα σχετικά φορτία και κατά συνέπεια να μειωθεί το μέγεθος του απαιτούμενου συστήματος ΑΠΕ.

➤ **Το κόστος εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος είναι σχετικά υψηλό** όταν πρόκειται να καλύψει όλες τις ανάγκες των υπό μελέτη κατοικιών και με αυτονομία. Αυτό οφείλεται στο σχετικό υψηλό κόστος των συσσωρευτών αλλά και της απαίτησης για μια μέρας αυτονομία που αυξάνει σημαντικά την απαιτούμενη χωρητικότητα τους. Για παράδειγμα, εάν το ημερήσιο φορτίο είναι E_L , οι n ημέρες αυξάνουν τη χωρητικότητα ως $(n+b)$. Ενώ το κόστος των πλαισίων κινείται ήδη σε πολύ χαμηλά επίπεδα π.χ. 0,70 ευρώ ανά W_p το κόστος των συσσωρευτών είναι ακόμα σχετικά υψηλό. Επίσης, και σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει, εάν είναι δυνατόν, να εξοικονομείται ηλεκτρική ενέργεια ώστε να μειωθούν τα φορτία και κατά συνέπεια το μέγεθος του συστήματος και επομένως και του κόστους.

Βιβλιογραφία

1. Solar Engineering of thermal Processes, John A. Duffie, William A. Beckman
2. Σημειώσεις Φωτοβολταϊκά συστήματα, Φώτης Μαυροματάκης
3. Διαστασιολόγηση συστημάτων ΘΗΣ, Δημήτρης Χασάπης
4. Σημειώσεις Ηλιακοί συλλέκτες, Δημήτρης Κατσαπρακάκης
5. Σημειώσεις ΑΠΕ 1, Δρ. Π. Αζαόπουλος
6. Ζαχαρίας Θωμάς, Ήπιες Μορφές Ενέργειας Ι, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2002.
7. Ιωάννης Ε. Φραγκιαδάκης, 2004. « ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
8. TOTEE-20701-3
9. www.cres.gr/kape/pdf/odigos_pv_systimaton.pdf
10. <http://www.solartherm.eu/en/content/hewalex-ks-2000-tp-ac>
11. <http://www.hewalex.eu/en/offer/flat-plate-collectors/solar-collector-ks2000-tp.html>
12. <http://powerequipment.honda.com/generators/generator-wattage-estimation-guide>
13. <http://www.chess-solar.com/cs/el/products/tanks/storage>
14. <http://www.eshop.com.gr/battery-chargers/mppt-charger.html>
15. http://www.sunlight-batteries.corp.gr/index.php?route=product/category&path=1362_1270
16. <http://www.eshops.gr/photovoltaic-panels.html>
17. http://www.filippini.org/prod_pdf/Filippini_Generating_Sets_cat_2008.pdf
18. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>