



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ:

ΔΡ. ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΕΥΠΡΕΠΙΟΥ ΜΠΑΡΑΔΑΚΗ, ΕΤΕΠ, MSC

Ενότητα 1 & 2

**Ενέργεια – Ισχύς – Ηλιακή
Ακτινοβολία**



Πίνακας 1.1: Πίνακας διαστάσεων των θεμελιωδών μεγεθών

Διάσταση (Dimension)	Σύμβολο	Μονάδα (SI)	Σύμβολο μονάδας (SI)
Μήκος (Length)	L	meter	m
Μάζα (Mass)	M	kilogram	kg
Χρόνος (Time)	T	second	s
Θερμοκρασία (Temperature)	Θ	kelvin	K
Ποσότητα ύλης (Amount of substance)	N	Mole	mol
Ένταση φωτός (Light Intensity)	J	candela	cd
Ηλεκτρικό ρεύμα (Electric Current)	I	ampere	A

$$E = F * s = m * a * s = M \frac{L}{T^2} L = ML^2T^{-2}$$

$$P = \frac{E}{t} = ML^2T^{-3}$$



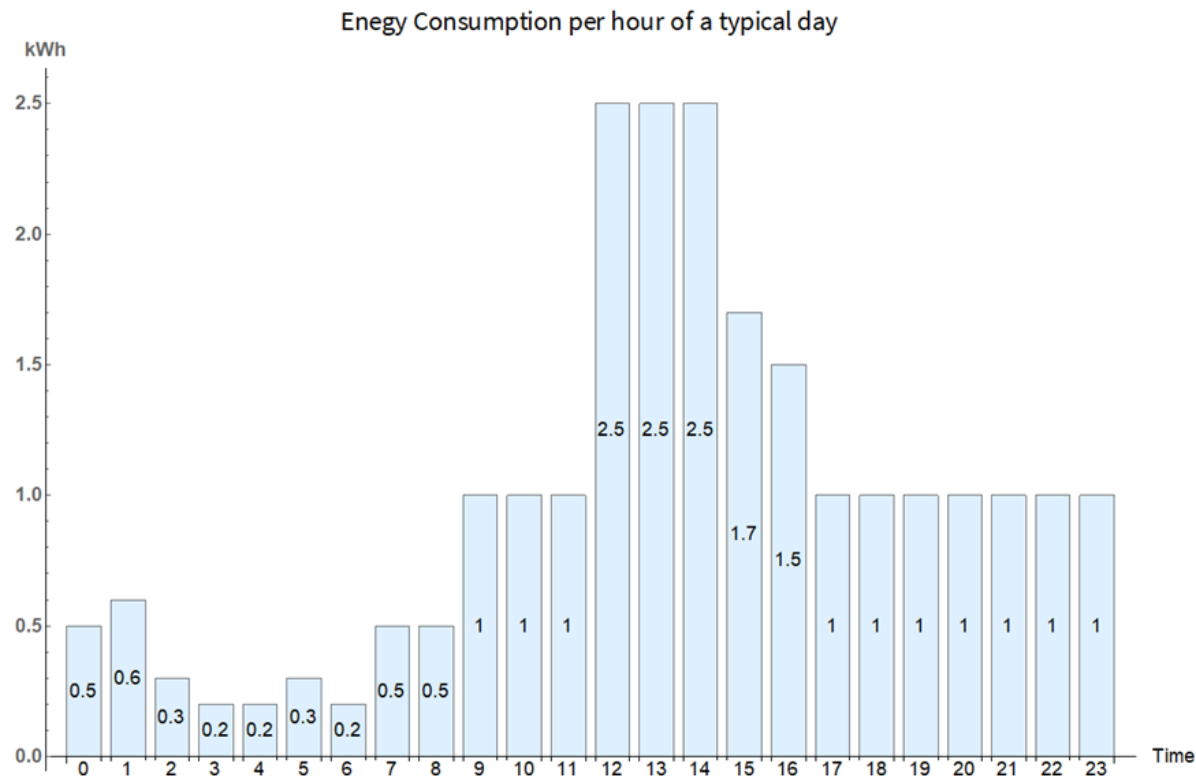
Ένα σπίτι στην Ελλάδα βρίσκεται σε απομονωμένη περιοχή και χωρίς ηλεκτρικό δίκτυο φιλοξενώντας οικογένεια 5 ατόμων.

Ι) Δώστε μια εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Γνωρίζουμε ότι η μέση κατανάλωση κατά άτομο στην Ελλάδα είναι περίπου 3 kWh/day. Οπότε η εκτίμηση μας για 5 άτομα θα είναι 15 kWh/day.

ΙΙ) Αν θεωρήσουμε ότι το παραπάνω σχήμα δίνει την τυπική κατανάλωση ενέργειας του σπιτιού προτείνετε τρόπους για να καλυφθεί αυτή η ζήτηση δίνοντας την ισχύ του κάθε συστήματος.

Για τις ώρες μεταξύ 11 – 16 προτείνουμε φωτοβολταϊκό σύστημα το οποίο δίνει ηλεκτρική ισχύ στο σπίτι ως 2.5 kW. Για τις υπόλοιπες ώρες αλλά και για την κάλυψη του σπιτιού σε περίπτωση μη ηλιοφάνειας ή μη κάλυψης από το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορούμε να έχουμε γεννήτρια με βιοντίζελ ισχύος 2.5 kW. Αν θέλουμε να έχουμε κάποια ασφάλεια ότι η ζήτηση μας θα ικανοποιείται πάντα είναι λογικό η γεννήτρια βιοντίζελ να είναι 3 kW.





III) Δώστε την μέση ισχύ κατανάλωσης

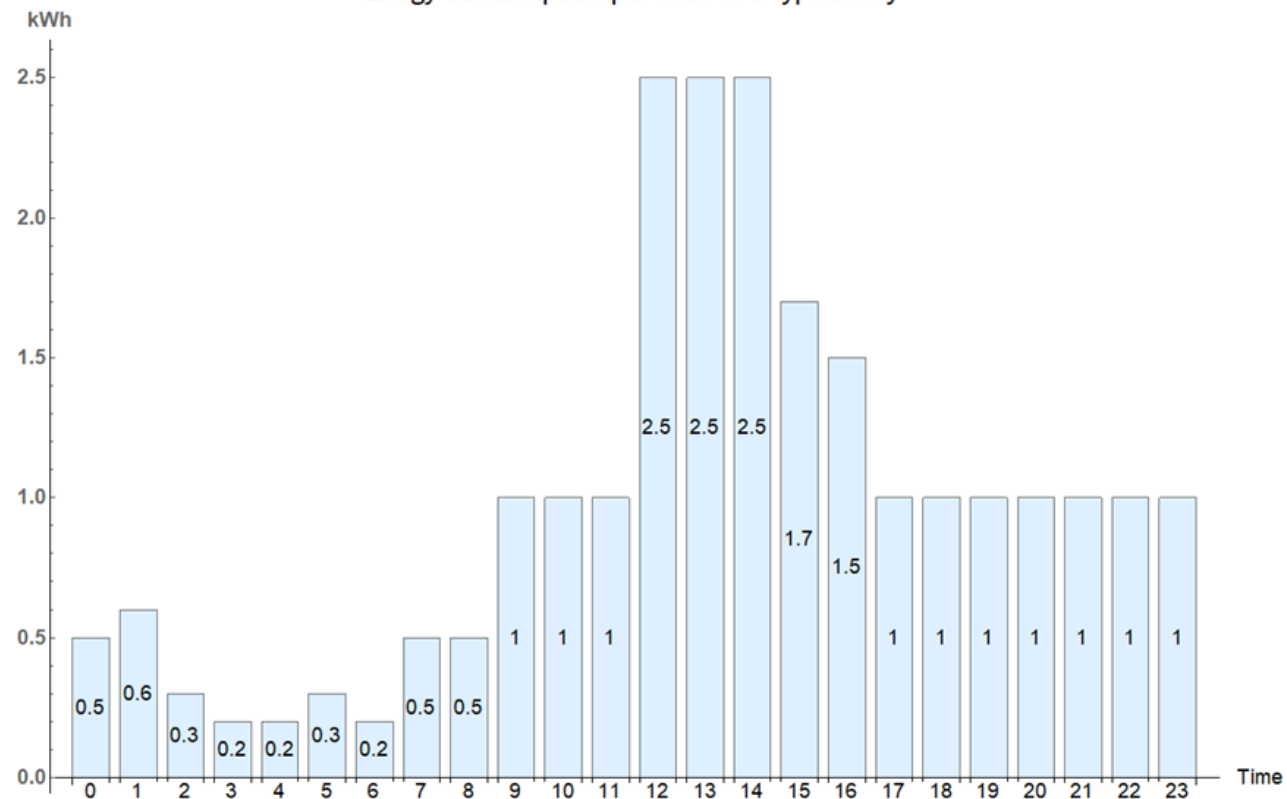
Η μέση ισχύ της ζήτησης είναι τιμή της ισχύος η οποία όντας σταθερή για το ίδιο χρονικό διάστημα θα κατανάλωνε (στην περίπτωση μας αφού μιλάμε για ζήτηση) την ίδια ενέργεια. Έτσι θα έχουμε:

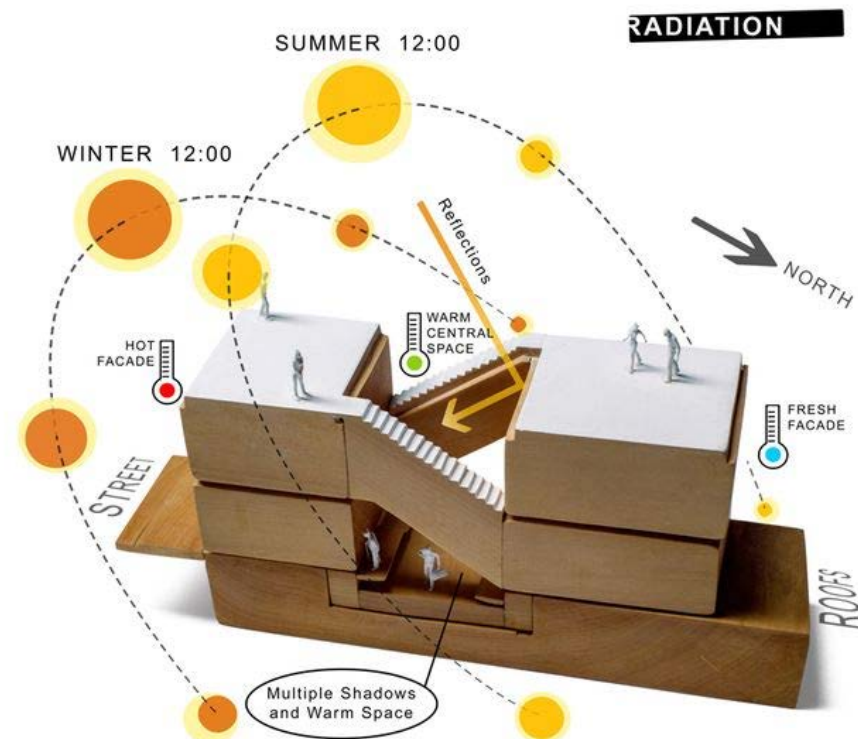
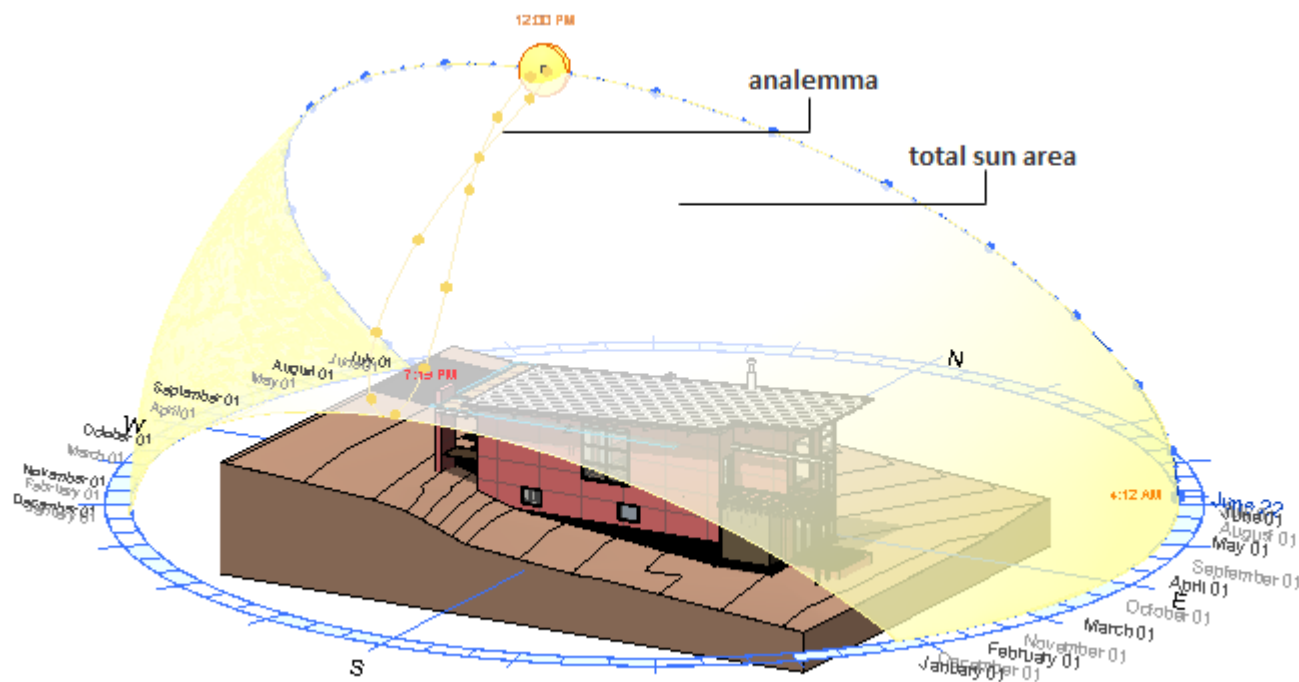
Ενέργεια = Ισχύς * Χρόνος δηλαδή $E_{ζήτησης} = 0,5 \text{ kWh} + 0,6 \text{ kWh} + 0,3 \text{ kWh} + \dots + 1 \text{ kWh} = 24 \text{ kWh}$

Έστω P_m η μέση ισχύς. Θα ισχύει ότι $E_{ζήτησης} = P_m * 24 \text{ h}$

Άρα $P_m = E_{ζήτησης} / 24 \text{ h} = 24 \text{ kWh} / 24 \text{ h} = 1 \text{ kW}$

Energy Consumption per hour of a typical day





<http://gtu.ge/Arch/Faculty/Multimedia/Resources/Revit/Help/filesUsersGuide/WS1a9193826455f5ff453265c9125faa23bbb-63ee.htm>



Το λογιστικό φύλλο που ακολουθεί περιέχει τις μετρήσεις πυρανομέτρου για μια μέρα του Ιουλίου στα Χανιά για οριζόντια επιφάνεια. Υπολογίστε την ημερήσια πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Ποια είναι η μέση ισχύ της ακτινοβολίας;

Time	Irradiance	Time	Irradiance	Time	Irradiance	Time	Irradiance
(h:min)	W/m2	(h:min)	W/m2	(h:min)	W/m2	(h:min)	W/m2
6:30	0	10:10	625	13:50	915	17:30	508
6:40	18	10:20	650	14:00	907	17:40	479
6:50	49	10:30	673	14:10	903	17:50	449
7:00	74	10:40	696	14:20	894	18:00	419
7:10	102	10:50	718	14:30	887	18:10	387
7:20	128	11:00	738	14:40	877	18:20	357
7:30	154	11:10	761	14:50	869	18:30	325
7:40	184	11:20	782	15:00	860	18:40	295
7:50	214	11:30	800	15:10	845	18:50	267
8:00	242	11:40	817	15:20	828	19:00	238
8:10	274	11:50	832	15:30	810	19:10	208
8:20	305	12:00	847	15:40	791	19:20	179
8:30	334	12:10	860	15:50	770	19:30	150
8:40	363	12:20	872	16:00	748	19:40	118
8:50	394	12:30	879	16:10	725	19:50	89
9:00	424	12:40	890	16:20	700	20:00	15
9:10	453	12:50	895	16:30	675	20:10	0
9:20	483	13:00	899	16:40	649	20:20	0
9:30	515	13:10	902	16:50	621	20:30	0
9:40	543	13:20	900	17:00	595	20:40	0
9:50	570	13:30	907	17:10	568	20:50	0
10:00	598	13:40	908	17:20	539	21:00	0



Time	Irradiance	Time	Irradiance	Time	Irradiance	Time	Irradiance
(h:min)	W/m2	(h:min)	W/m2	(h:min)	W/m2	(h:min)	W/m2
6:30	0	10:10	625	13:50	915	17:30	508
6:40	18	10:20	650	14:00	907	17:40	479
6:50	49	10:30	673	14:10	903	17:50	449
7:00	74	10:40	696	14:20	894	18:00	419
7:10	102	10:50	718	14:30	887	18:10	387
7:20	128	11:00	738	14:40	877	18:20	357
7:30	154	11:10	761	14:50	869	18:30	325
7:40	184	11:20	782	15:00	860	18:40	295
7:50	214	11:30	800	15:10	845	18:50	267
8:00	242	11:40	817	15:20	828	19:00	238
8:10	274	11:50	832	15:30	810	19:10	208
8:20	305	12:00	847	15:40	791	19:20	179
8:30	334	12:10	860	15:50	770	19:30	150
8:40	363	12:20	872	16:00	748	19:40	118
8:50	394	12:30	879	16:10	725	19:50	89
9:00	424	12:40	890	16:20	700	20:00	15
9:10	453	12:50	895	16:30	675	20:10	0
9:20	483	13:00	899	16:40	649	20:20	0
9:30	515	13:10	902	16:50	621	20:30	0
9:40	543	13:20	900	17:00	595	20:40	0
9:50	570	13:30	907	17:10	568	20:50	0
10:00	598	13:40	908	17:20	539	21:00	0

Time	Irradiance	Time	Irradiation				
(h:min)	W/m2	(h:min)	Wh/m2				
6:30	0	10:10	P * t				
6:40	18	10:20					
6:50	49	10:30					
7:00	74	10:40					
7:10	102	10:50					
7:20	128	11:00					
7:30	154	11:10					
7:40	184	11:20					
7:50	214	11:30					
8:00	242	11:40					
8:10	274	11:50					
8:20	305	12:00					
8:30	334	12:10					
8:40	363	12:20					
8:50	394	12:30					
9:00	424	12:40					
9:10	453	12:50					
9:20	483	13:00					
9:30	515	13:10					
9:40	543	13:20					
9:50	570	13:30					
10:00	598	13:40					

Irradiance – Πυκνότητα
Ηλιακής Ισχύος

Irradiation – Πυκνότητα
Ηλιακής Ενέργειας



Η ημερήσια πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας δηλαδή η ενέργεια που δέχεται συνολικά καθόλη την ηλιοφάνεια το πυρανόμετρο ανά τετραγωνικό μέτρο θα είναι

$$E_{day} = \sum_{t=6:30}^{t=21:00} P_i * t_i = 7,591 kWh/m^2$$

Όπου P_i η ισχύς σε W/m^2 και είναι το κελί -- > Irradiance – Πυκνότητα Ηλιακής Ισχύος

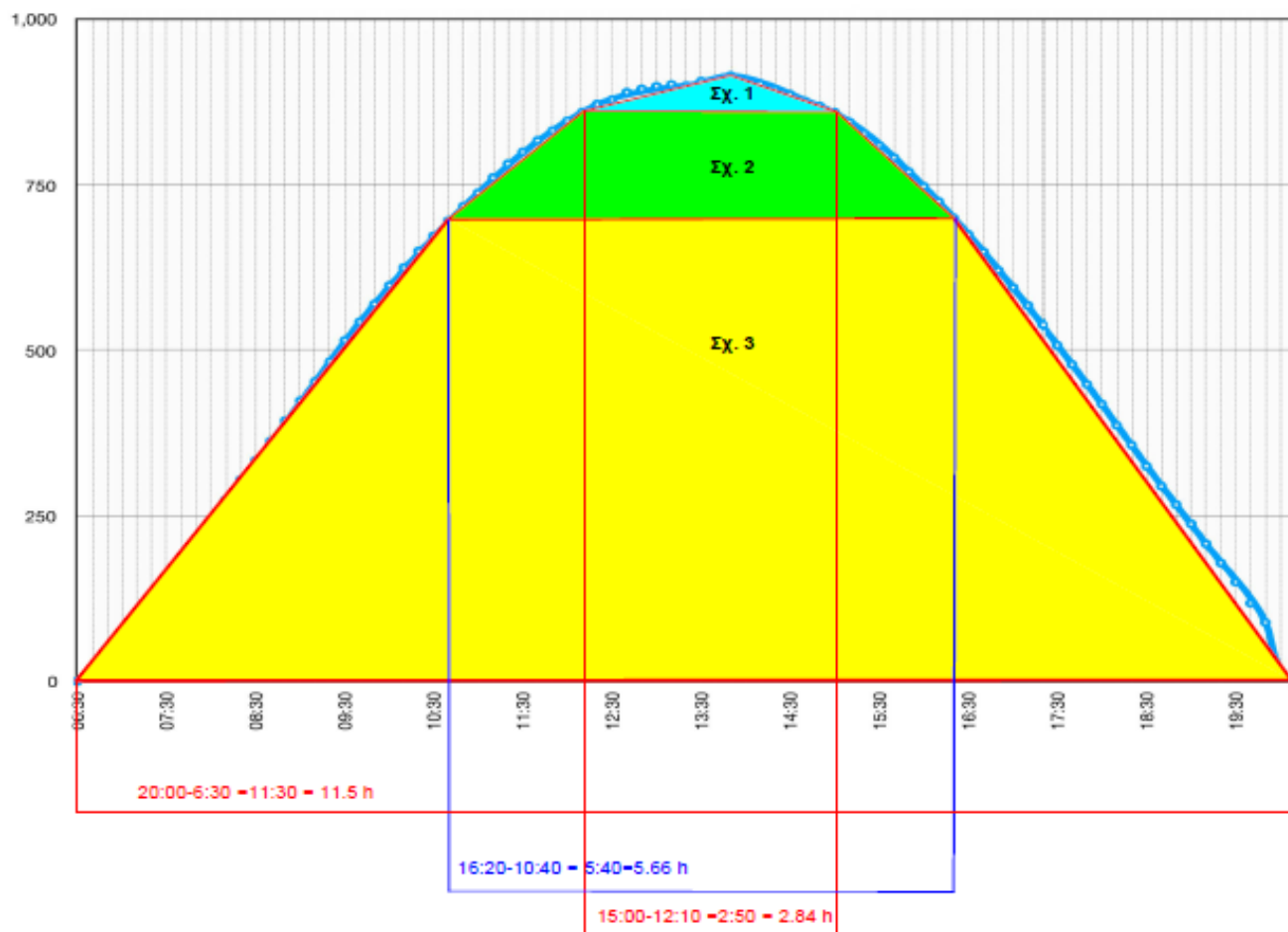
t_i το χρονικό βήμα που κάνουμε τις μετρήσεις. Κάνουμε μετρήσεις ανά 10 λεπτά άρα ο χρόνος είναι $1/6 h = 0,17 h$

Η μέση ισχύς της ηλιακής ενέργειας για αυτό το χρονικό διάστημα είναι η σταθερή ισχύς που θα παράγει την ίδια ενέργεια για αυτό το χρονικό διάστημα. Δηλαδή θα έχουμε:

$$7,591 kWh = P_m * (21 - 6,5)h$$

Άρα $P_m = 0,524 kW$.

Να σημειωθεί ότι είναι η μέση ισχύς για το χρονικό διάστημα που εξετάζουμε. Δηλαδή αν κάποιος μας ζητούσε την μέση ισχύ για 24 h θα χρησιμοποιούσαμε αυτό τον χρόνο.



Για τα σχήματα 3 και 2 έχουμε ότι το εμβαδόν τους είναι:

Σχήμα 3: $E_3 = \frac{B+b}{2} * h_3$, όπου B , b η μεγάλη και μικρή βάση του τραπεζίου. Η μεγάλη βάση $B = 20 : 00 - 6 : 30 (h) = 11.5 h$, ενώ η μικρή $b = 16 : 20 - 10 : 40 (h) = 5.66 h$. Το ύψος του τραπεζίου είναι η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας όταν η ώρα είναι 10:40, δηλ. $h_3 = 696 W/m^2$. Τελικά το εμβαδόν του σχήματος 3 θα είναι: $E_3 = \frac{11.5+5.66}{2} * 696 \frac{Wh}{m^2} = 5,971.68 \frac{Wh}{m^2}$.

Σχήμα 2: Η μεγάλη βάση $B = 16 : 20 - 10 : 40 (h) = 5.66 h$, ενώ η μικρή $b = 15 : 00 - 12 : 10 (h) = 2.84 h$. Το ύψος του τραπεζίου είναι η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας

όταν η ώρα είναι 15:00 ($860 W/m^2$) μείον την τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας όταν η ώρα είναι 10:40 ($696 W/m^2$), δηλ. $h_2 = 164 W/m^2$. Τελικά το εμβαδόν του σχήματος 2 θα είναι: $E_2 = \frac{5.66+2.84}{2} * 164 \frac{Wh}{m^2} = 697 \frac{Wh}{m^2}$.

Σχήμα 1: Το σχήμα αυτό είναι τρίγωνο με βάση $b = 2.84 h$ και ύψος την μέγιστη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας μείον την τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας την ώρα 15:00, οπότε για το εμβαδόν του θα έχουμε: $E_1 = \frac{2.84 * 55}{2} \frac{Wh}{m^2} = 78.1 \frac{Wh}{m^2}$.

Τελικά λοιπόν θα είναι $E_{total} = E_1 + E_2 + E_3 = 6,746.78 \frac{Wh}{m^2}$.