

BİR KONUTUN ELEKTRİK İHTİYACININ ŞEBEKE BAĞLANTILI PV SİSTEMLE TASARIMI, EKONOMİK ANALİZİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM : DÜZCE İLİNDE BİR KONUT UYGULAMASI

Hasan BİBEROĞLU¹ Tuba PALA²

¹DÜZCE Üniversitesi,GölyakaMYO,Bilgisayar Teknolojileri Bölümü,81800,Düzce, TÜRKİYE

²DÜZCE Üniversitesi,GölyakaMYO,Bilgisayar Teknolojileri Bölümü,81800,Düzce, TÜRKİYE

hasan@hasanbiberoglu.com

palatuba@gmail.com

Özet- Bu çalışmada Düzce ili Konuralp Mahallesiinde yer alan bir konutun elektrik tüketim maliyetinin, şebekeye bağlı bir PV sistem kurulumu yapıldıktan sonraki enerji tüketim maliyetiyle karşılaştırılması ele alınmıştır. Ayrıca analiz ve hesaplamalarda gerçek değerler elde edilebilmesi için Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesinin(NASA) resmi internet sitesinden karşılaştırmalı olarak bölgeye özgü değerler ve EPDK' nın kwh başına Türk lirası cinsinden tüketim bedeli kullanılmıştır. İlgili değerler kullanılarak bölgenin aylık ve yıllık toplam ışınım miktarı ve bunun o bölgedeki PV yolla elde edilecek elektriksel güç değerleri hesaplanacak ve sistem kurulum maliyetinin kendisini ne kadar sürede amorti edeceği örnek olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler- PV System, On Grid, Güneş Panelleri, Tasarım

DESIGN WITH GRID CONNECTED PV SYSTEM OF A HOUSEHOULD ELECTRICITY REQUIREMENT, ECONOMIC ANALYSE AND AN APPROACH TO DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS : AN APPLICATION OF HOUSEHOLD IN DUZCE

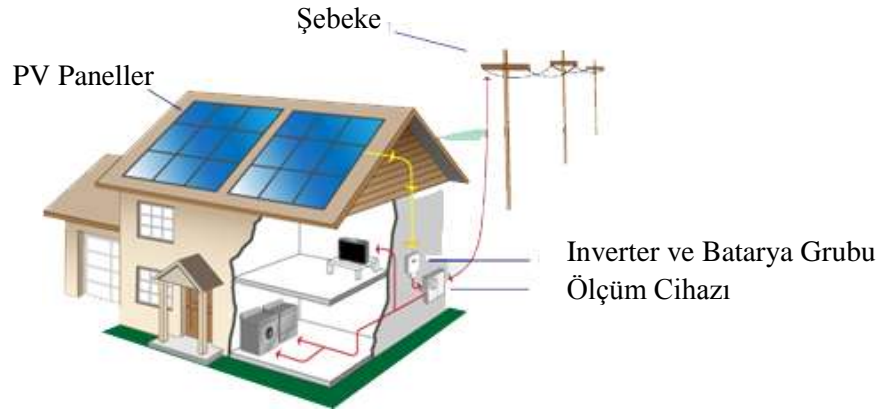
Abstract- In this study, in Konuralp district of Düzce, the cost of the electricity consumption of a house, a grid-connected PV installation has been made sistem next energy consumption comparison of cost are discussed.In addition, the analysis and calculations to obtain the real values from Studied Electrical Engineering Administration and in the United States National Aeronautics and Space Agency (NASA), the official website of the region-specific values and EMRA \ 's consumer price denominated in Turkish lira per kwh are used. The amount of the monthly and annual total solar radiation using the respective values of the region and the way in that region to be obtained from the PV system installation cost of electrical energy to be calculated and how much time he will amortise is calculated.

KeyWords- PV System, On Grid, Solar Panels, Design

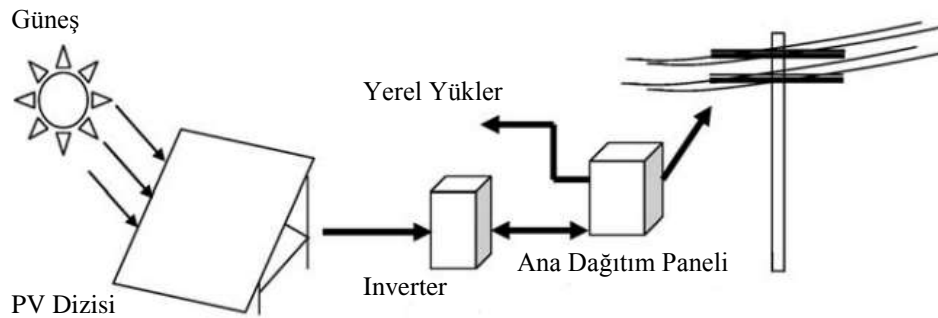
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya genelinde enerji tek başına ciddi bir konu haline gelmiştir. Ülkeler enerji kaynaklarını , birincil ve ikincil enerji, ticari ve ticari olmayan enerji, yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji olarak sınıflandırmaktadır [1]. Bunun yanında ülkeler, enerji konusunda başka ülkelere bağımlılıktan kurtulma adına yenilenebilir enerji teknolojisini asıl gündemleri haline getirmişlerdir. Bugün dünyanın tüm kıtalarında rüzgar ve güneş enerjisi, petrol yakıtları ve nükleer enerjiye alternatif olarak konuşuluyorsa, ülke olarak , bölgeler olarak ve iller olarak bu konunun ciddiyetle ele alınması gerektiği düşünülebilir. Bu konuyu ele almak demek, fizibilite yapılmadan, analizi yapılmadan, maliyeti çıkarılmadan direkt olarak bu sistemlerin kurulmasının düşünülmesi demek değildir. Kurulumu düşünülen yerler için sayısal veya görsel açıdan simülasyonların yapılması, farklı olumsuzluklara karşı hesaplamaların ve sayısal analizlerin ortaya konulması başlangıç için önemli bir adımdır.

Simülasyonlar ve hesaplamaların yapılması kullanılacak yöntemle göre farklı parametre ve değerlere bağlı olabilir. Bu değerler Işınım, Panel verimi, Panel alanı, KWh başına tüketim değeri gibi bir çok parametreyi içine alabilir. Uygulamada ele alınacak mekanın çatı durumu, yönü, panel yapısı ve parametre değerleri oldukça önemlidir. Yapılması düşünülen sistem şebekeye bağlantılı yani on-grid olacaktır.



Şekil 1. Örnek bir şebeke bağlantılı (on grid) sistem [2]
(Example of a network connection (on-grid) system)



Şekil 2. Batarya grubu olmayan (depolama yapılmayan) şebeke bağlantılı sistem [3]
(on grid system with no battery group)

Gündüz vakitlerinde sistem, devamlı çalışan bir kaç cihazla sınırlandırılacak ve gerekli elektrik enerjisi kurulan PV sistemden karşılanacaktır. Gece tüketimi de kesinti olmadığı durumlarda şebekeden karşılanacaktır.

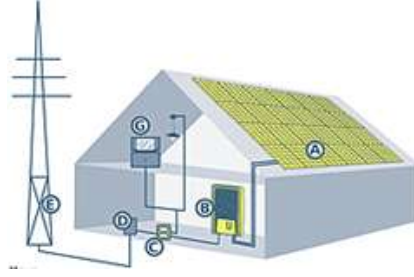
Çatı kullanılabilir alanı, yine çatı alanı düşünülerek sistem boyutlandırılıp invertör, sigorta, şarj kontrol devresi ve kullanılacak PV panel sayısı ile bağlantı şekilleri göz önünde tutularak yıllık ve aylık bazda elektrik üretimi hesaplanacaktır.

Her bir panelin malzeme yapısı, gücü (W) , çıkış gerilimi ve verimi de göz önünde bulundurulacaktır. Çalışmanın içerisinde, ilgili verilere ait tablolar oluşturularak işlem basamakları da belirlenmiştir. Bölgeye ait belli zaman dilimlerindeki ışınım miktarı ve o bölgede kurulabilecek bir PV sistem ile elde edilecek elektriksel güç değerleri hesaplanmış ve sistem kurulum maliyeti ile amortisman süreleri hesaplanmıştır.

1.1. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemler (On Grid PV Systems)

İlk tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin elektrik ihtiyacını karşılar. Üretilen fazla enerji ise elektrik şebekesine satılır. Yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji satın alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapılmaz. Yalnızca üretilen DC gerilimin AC gerilime çevrilmesi ve şebekeye uyumlu olması gerekir.

İkinci tür şebekeye bağlı sistemler ise kendi ürettiği büyük miktarlardaki enerjiyi sadece şebekeye satan üretim merkezleridir. Bunların büyüklüğü 500 KW' dan başlayıp, MW' lar seviyesine kadar çıkmaktadır. Depolama maliyetini ortadan kaldırdığı için bu sistemlerden üretilen enerji nispeten daha ucuzdur. Fakat diğer elektrik üretim yöntemleriyle kıyaslandığında pahalıdır.

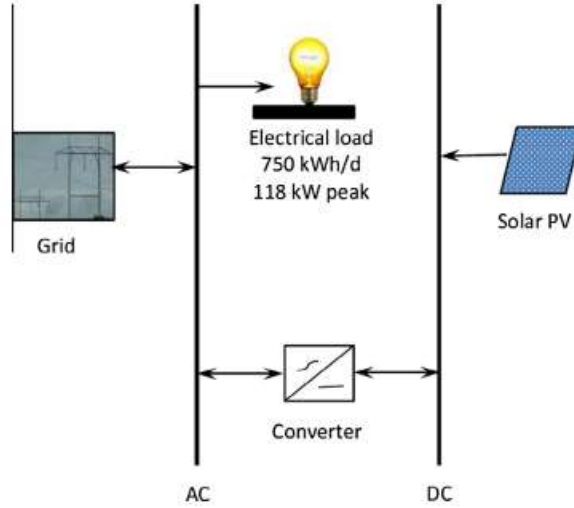


Şekil 3. Şebekeye bağlı bir PV sistemin konut uygulamasının örnek gösterimi [4]
(Sample display of a grid-connected PV systems in residential applications)

- Yukarıdaki şekilde :
- A - Solar Modül
 - B - Inverter
 - C - Elektrik üretim sayacı
 - D - Elektrik tüketim sayacı
 - E - Elektrikli cihazlar
 - F - Şebeke Bağlantısını simgelemektedir.

2. YÖNTEM (METHOD)

Uygulamada Konuralp Mahallesinde varolan bir evin 38 derecelik eğimle güneye bakan çatısına polykristal güneş hücreleri yerleştirilecektir. Yapılması düşünülen sistem şebekeye bağlantılı olacaktır. Gündüz enerji tüketimi , devamlı çalışan bir kaç cihazla sınırlandırılacak ve kurulan PV sistemden karşılanacaktır. Gece tüketimi de kesinti olmadığı durumlarda şebekeden karşılanacaktır. Çatı kullanılabilir alanı (çanak anten,baca,ağaç gibi cisimlerin gölgeleri dışında kalan alan) $7m \times 5m = 35 m^2$ dir.



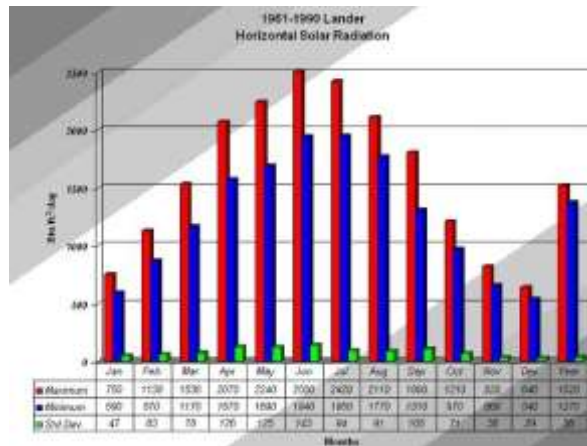
Şekil 4. Şebeke bağlantılı PV system blok diagramı [5]
(Grid-connected PV system block diagram)

Çatı alanı düşünülerek sistem boyutlandırılıp inverter, sigorta, şarj kontrol devresi ve kullanılacak PV panel sayısı ile bağlantı şekilleri göz önünde bulundurularak aylık ve yıllık bazda üretilebilecek enerji miktarı hesaplanacaktır.

Her bir panel 230 Wp gücünde ve 24V olup verimleri %14 ' dir. Çalışmanın içerisinde, aşağıda maddeler halinde sıralanan tablolar oluşturularak işlem basamakları da belirlenmiştir. Çalışma içerisinde kullanılan tablolardaki veriler örnek değerlerdir.

- Aylık ve yıllık olarak yatayda çatı yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarına ilişkin tablo (Tablo 1)
- Bölgeye yönelik ortalama aylık ve yıllık güneş ışınım miktarlarına ait tablosu (Tablo 3)
- Eve ait aylık ve yıllık elektrik enerjisi kullanım miktarına ait tablo (Tablo 4)
- Sistemin üreteceği aylık ve yıllık enerji miktarları (bölüm 3.2 den itibaren hesaplanmaktadır)

Bu tablolardan yararlanarak sistem kurulduktan sonra gerekli hesaplamalar yapılmış ve sonuç olarak sistemin sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar ortaya koyulmuştur. Çalışmanın sonucunda ise PV panel dizisi, inverter ve şebeke bağlantı şeması çizilmiştir.



Şekil 5. Örnek Günlük-aylık radyasyon verisi grafiği [6]
(Example of Daily-monthly radiation data graph)

3. BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Yerel Bölgeye Aylık ve Yıllık Olarak Farklı Eğimlerde Gelen Güneş Enerjisi Miktarı

(Locally region from different Slope Monthly and Annual Solar Energy Qty)

Tablo 1. Aylık Ortalama Işınım Değerleri- Düzce - Konuralp ' te 40.903579 enlem ve 31.146709 boylam - Varsayılan örnek değerler
(Monthly Average Radiation Values - in Düzce, Konuralp, latitude: 40.903579 and longitude: 31.146709 - Sample Values) [7]

Enlem 40.903 579 Boylam 31.146 709	<u>Ocak</u>	<u>Şubat</u>	<u>Mart</u>	<u>Nisan</u>	<u>Mayıs</u>	<u>Haziran</u>	<u>Temmuz</u>	<u>Ağustos</u>	<u>Eylül</u>	<u>Ekim</u>	<u>Kasım</u>	<u>Aralık</u>	<u>Annual Average</u>
SSE HRZ Yataya gelen güneş enerjisi miktarı	1.67	2.31	3.45	4.36	5.71	6.50	6.64	5.84	4.68	3.01	1.93	1.39	3.96
K	0.39	0.40	0.44	0.45	0.51	0.56	0.58	0.57	0.56	0.47	0.42	0.37	0.48
Difüz	0.80	1.11	1.54	2.01	2.27	2.31	2.13	1.89	1.53	1.22	0.88	0.71	1.53
Direkt	2.51	2.82	3.67	3.93	5.39	6.46	6.99	6.40	5.70	3.91	2.87	2.11	4.41
Eğim 0	1.66	2.26	3.41	4.34	5.67	6.51	6.58	5.81	4.61	2.99	1.91	1.38	3.94
Eğim 25	2.35	2.87	3.96	4.57	5.64	6.22	6.44	6.03	5.30	3.79	2.66	2.00	4.33
Eğim 40	2.62	3.04	4.03	4.42	5.25	5.68	5.93	5.75	5.35	4.03	2.94	2.24	4.28
Eğim 55	2.74	3.07	3.91	4.07	4.63	4.87	5.12	5.19	5.12	4.04	3.05	2.36	4.02
Eğim 90	2.45	2.53	2.91	2.66	2.67	2.63	2.76	3.12	3.61	3.28	2.69	2.14	2.79
OPT açı ışınım	2.75	3.08	4.03	4.57	5.75	6.52	6.64	6.06	5.37	4.06	3.06	2.37	4.53
OPT açı değeri	60.0	50.0	38.0	22.0	11.0	3.0	9.0	19.0	35.0	49.0	58.0	62.0	34.5

Tablo 2. Aylara göre listelenmiş 22 yıllık ortalama sıcaklık değerleri-Varsayılan örnek değerler (temperature values 22 years average according to monthly listed - sample values) [7]

Enlem 40.903579 Boylam 31.146709	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Se	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22 yıllık ortalama	2.47	2.82	5.78	11.3	16.1	19.7	22.0	21.9	18.7	13.8	8.11	3.82	12.2
Minimum	-0.39	-0.6	1.36	6.11	10.2	13.5	16.1	16.4	13.5	9.61	4.75	3.82	7.69
Maksimum	5.01	5.94	9.91	16.1	21.4	24.9	27.2	26.9	23.6	18.0	11.4	0.99	16.4

Tablo 3. Bölgede varolan aylık ortalama çevre sıcaklığı,yatay düzleme gelen ışınım,Eğimli PV düzlemine gelen ışınım değerleri- Varsayılan örnek değerler (Existing monthly average ambient temperature in the area, radiation from the horizontal plane, Radiation values from the inclined plane PV- sample values) [6]

Aylar	Çevre Sıcaklığı	Yatay düzleme gelen güneş	Eğimli PV Düzlemi	Gün Sayısı	Aylık Işınım
	°C	kWh/m ² /gün	kWh/m ² /gün		kWh/m ² /ay
OCAK	2.47	1.67	2.62	31	81,22
ŞUBAT	2.82	2.31	3.04	28	85,12
MART	5.78	3.45	4.03	31	125,55
NİSAN	11.3	4.36	4.42	30	132,6
MAYIS	16.1	5.71	5.25	31	162,75
HAZİRAN	19.7	6.50	5.68	30	170,4
TEMMUZ	22.0	6.64	5.93	31	183,83
AĞUSTOS	21.9	5.84	5.75	31	178,25
EYLÜL	18.7	4.68	5.35	30	160,5
EKİM	13.8	3.01	4.03	31	124,93
KASIM	8.11	1.93	2.94	30	88,2
ARALIK	3.82	1.39	2.24	31	69,44
TOPLAM (Yıllık) =					1562,79

Tablo 4. Evin toplam elektriksel güç harcamasına ilişkin tablo - Varsayılan değerler
(the table for the total electrical power consumption of the household-sample values)

Yük Tanımı	AC - DC	AC YÜK (Wh)	İnverter verimi (%)	DC Yük (watt)	Çalışma süresi (saat/gün)	Çalışma süresi (gün/hafta)	Toplam Ortalama Günlük Yük (W.h.gün /7gün)	Nominal Voltaj (V)	Ah-Yük (Ah/Gün)
Salon ışıkları	AC	40	0,9	44,4	4	7	177,6	24	7,4
Mutfak Işıkları	AC	20	0,9	22,2	2	7	44,4	24	1,85
Yatak odası ışıkları	AC	20	0,9	22,2	2	7	44,4	24	1,85
Fırın	AC	1200	0,9	1333,3	0,5	3	285,7	24	11,9
Buzdolabı	AC	50	0,9	55,5	24	7	1332	24	55,5
LCD TV	AC	130	0,9	144,4	2,5	7	361	24	15
Ses Sistemi	AC	30	0,9	33,3	0,5	7	16,5	24	0,69
Çamaşır Makine	AC	700	0,9	777,7	1	3	333,3	24	13,89
Bulaşık Makine	AC	550	0,9	611,1	1	4	349,2	24	14,55
PC	AC	250	0,9	277,7	3	7	833,1	24	34,7
LCD Monitör	AC	90	0,9	100	3	7	300	24	12,5
Elektrik Süpürge	AC	1200	0,9	1333,3	0,5	4	380,95	24	15,87
Toplam =		4280		4755,1			4458,15	24	185,75

Tablo 1.4.' ten verilerden faydalanarak her bir cihaz için yine tabloda gerekli olan aşağıdaki gibi bulunur (Tablodaki değerler ve aşağıdaki tüm değerler yöntem ortaya koymak adına varsayılan değerlerdir.) :

$$AC \text{ Yük} = 4280Wh = 4,28kWh$$

$$DC \text{ Yük} = AC \text{ Yük} / \text{İnverter verimi} \text{ formülünden bulunabilir.}$$

$$\text{Ortalama Günlük Yük} = DC \text{ Yük} \times \text{Çalışma Süresi} \times \text{Ortalama Günlük Yük}$$

$$\text{Nominal Voltaj (Inverter Gerilimi)} = 24 \text{ V}$$

$$\text{Toplam Çekilen Günlük Akım} = \text{Toplam ortalama günlük yük} / \text{Nominal voltaj (inverter gerilimi)}$$

Bu aile için ortalama yıllık enerji tüketimi :

$$\text{Yıllık Enerji Tüketimi} = \text{Günlük Enerji Tüketimi} \times 365$$

$$= 4458,15W \times 365 = 1627224,75Wh = 1627,23KWh$$

3.2. Sistem Bileşenleri, Dizi Alanı, Pv Modül Sayısı, Yıllık Enerji Üretimi, Sistem Verimi (System Components, Array Area, number of PV module, Annual Power Generation, System Efficiency)

Hesaplamalarda aşağıdaki formullerden faydalanılabilir [8]

Silisyumdan yapılmış fotovoltaik hücre kaysayısı ;

$$\eta_{pv} = \eta_{ref} \left\{ 1 - \alpha \left[\left(\frac{G_{\beta}}{18} \right) + \theta_a - 20 \right] \right\} \quad (1)$$

Max. güç değeri :

$$P_{mp} = \eta_{pv} G_{\beta} A \quad (2)$$

P değeri I ve V cinsinden yazıp aşağıdaki değer elde edilebilir ;

$$P_{mp} = I_{mp} \times V_{mp} \quad (3)$$

Oluşturulan tablolardan da görüleceği üzere ailenin günlük tüketimi ortalama 4458,15W ve yıllık tüketimi de 1627,23 KWh ' tir. Bu değerlerden yola çıkarak tüm cihazların kullanımı durumunda, sistemimizin günlük tüketimi 4,5 KW olarak dizayn edebiliriz.

Pratikte PV nominal boyutları yük boyutlarına ve bütçeye göre seçilmelidir. Gerekli olan PV modül alanı A_{PV} (m^2) aşağıdaki formül kullanılarak seçilen nominal PV gücünden hesaplanabilir.

$$A_{PV} = P_{PV} / \eta_{pv} \quad (4)$$

Burada P_{PV} (kW) standart test koşulları altında (STC) PV dizisinin nominal gücü, η_{pv} ise standart test koşulları altında PV modülün verimidir.

Buradan ;

$$A_{PV} = P_{PV} / \eta_{pv} = 4,5 \text{ KW} / 0,14 \text{ (panel verimi \% 12,8' den elde edildi)} = 32,14 \text{ m}^2 \text{ ' dir.}$$

Sistemimizde kullanmak istediğimiz panelin boyutlarını biliyorsak toplam alanımız :

Boy : 1,49 m En : 0,65 m Derinlik : 35mm

Buradan bir panel için alan hesaplanır. 230 W lık panelimizle toplamda 4,5 KW' lık bir sistem kurmak için :

$$4500 / 230 \cong 19,5 \text{ m}^2 \text{ değeri bu şekilde bulunabilirdi.}$$

Sistemin yıllık enerji üretimi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir :

$$E_{PV} = \eta_{BOS} * K_{pv} * S * P_{pv} \quad (5)$$

Bu formülde S (kWh/m^2) PV dizisi üzerine gelen yıllık güneş ışınımı miktarı, K_{pv} azalma faktörünü ($\sim 0,9$) yani modül sıcaklığı, toz, dizi dengesizlikleri, hat kayıpları, vb. kayıpları içerir. η_{BOS} ise sistem veriminin dengesi gibi düşünülebilir, ayrıca PV modül verimi olmaksızın sistemin verimidir. Şebekeye bağlı sistemlerde bu verim ifadesi inverter ve kablo kayıplarına bağlıdır. Genellikle kablolama verimi %90, inverter verimi ise %90-%95 civarında yazılabilir [2]. Bu durumda :

$$\eta_{BOS} := 0,9 * 0,95 = 0,855 \text{ olur.}$$

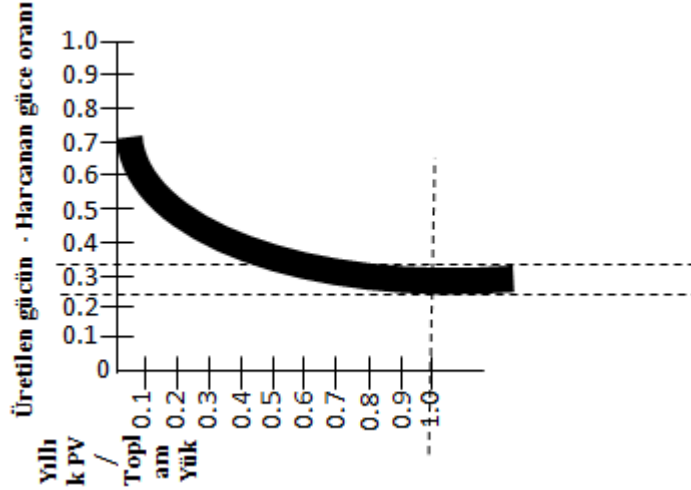
Böylece η_{BOS} yaklaşık olarak %85 anlamındadır. Yıllık güneş radyasyonu S ise yukarıdaki tablo 1.3.' te 1562,79 kWh/m^2 -yıl olarak bulunmuştur.

P_{pv} değeri ise kurulacak PV sistemin güç değeridir ve 3,75 kWh olarak düşünülmüştür. Buradan sistemin yıllık enerji üretimi :

$$E_{PV} = \eta_{BOS} * K_{pv} * S * P_{pv} = 0,855 * 0,9 * 1562,79 * 4,5 = 5411,5 \text{ kWh olur.}$$

Bu noktadan sonra PV / Yük oranını tespit ediyoruz. Yıllık enerji üretimi yıllık enerji tüketimine bölünerek bu değer bulunur.

$$PV / \text{Yük} = 5411,5 / 4458,15 = 1,2 \cong 1 \text{ elde edilir.}$$



Şekil 6. PV/yük oranı yardımıyla direkt kullanılan elektriğin belirlenmesine yardımcı grafik (graphic to determine direct electricity help with PV/load)

Grafik yardımıyla PV tarafından üretilip direkt kullanılan enerji miktarı yaklaşık %23 ile % 35 arasında olduğu görülmüştür. Buradan şu sonuç çıkarılabilir ; kurulacak PV sistem tarafından üretilecek elektrik enerjisinin yaklaşık % 75 ' i anlık olarak şebekeye satılmaktadır.

Uygulamada kullanılacak inverter modeli 24V ve 10kWh değerlerinde seçilmiştir. Buradaki değerler anlık ihtiyaç duyulan 4,5 KW değerini ve inverter giriş voltajını karşılayacak şekilde bir değerde seçilmiştir.

Inverterden aktarılan güç : 5411,5 kWh

Anlık olarak şebekeye aktarılan güç oranı %23-% 35 arasında değişmektedir. Yıl içerisinde şebekeye aktarılarak satılan enerji miktarını (%70) hesaplayacak olursak :

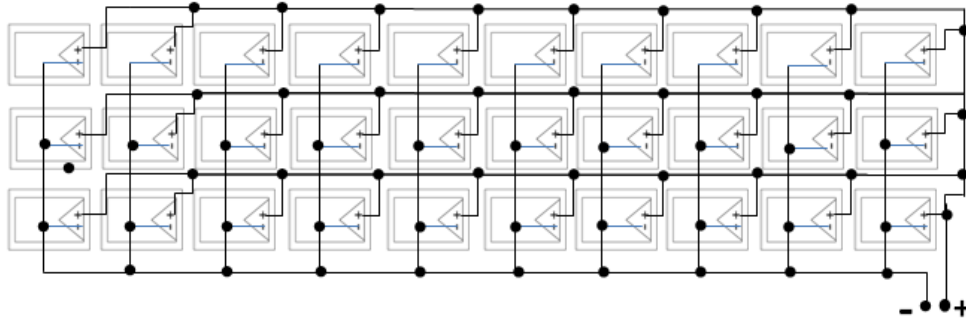
$$\text{Şebekeye aktarılan yıllık enerji} = 0,7 \times 5411,5 \text{ kWh} \cong 3788 \text{ kWh}$$

$$\text{Sistem tarafından üretilip konutta kullanılan enerji} = 5411,5 - 3788 = 1623 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Şebekeden satın alınan enerji} &= \text{Toplam ihtiyaç} - \text{PV'den konutta kullanılan enerji} \\ &= 4458,15 - 1623 = 2835,15 \text{ kWh olur.} \end{aligned}$$

3.3. PV Sistem Bağlantı Şeması (PV System Connection Diagram)

125 W'lık panellerden 4,5 kW lık bir güç toplamını $5\text{m} \times 7\text{m} = 35 \text{ m}^2$ lik bir alanda gerçekleştirmek için panel boyutlarını ve çatıdaki 65 m^2 lik alanın $6,5\text{m} \times 10 \text{ m}$ boyutlarına sahip olduğunu bilmemiz ve buna göre yerleşim yapmamız gerekir.



Şekil 7. 20 x 230W 40° eğimli toplamda 4,6 kW kapasiteli PV Panel Dizisi bağlantı şeması (20 x 230W and 40° tilted- PV panel array connection diagram with totally 4,6 kW value)

3.4. Maliyet ve Amortisman Süresinin Hesaplanması (Calculating the costs and Depreciation Period)

Yukarıdaki hesaplamalardan 1352,88 kWh konutun PV sistemden kullandığı enerji, şebekeden satın alınan enerji 3113,23 kWh, şebekeye satılan enerji 3156,72 kWh olduğu görülmektedir. Bu bilgileri kullanarak maliyet ve amortisman sürelerini aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

Panel kWh maliyeti : ortalama 3 euro /watt (genel kabul edilen)
Şebekeden alınan enerji maliyeti : ortalama 16,8krş/kWh

Yukarıdaki değerler kullanılarak bu sistemin amortisman süresi hesaplanabilir. Toplam Panel Maliyeti, 20 x 230 W =4,6 kW sistem için 20 adet panel ortalama 4600 x 3 = 13800 Euro maliyeti vardır. İnverter, şarj kontrol cihazı ,sigortalar ve sayaç için de toplam 1000 Euro kabul edilirse , toplam cihaz maliyeti :

13800 Euro + 1000 Euro = 14800 Euro olacaktır.

Sistem maliyeti =14800 Euro

1 Euro = 2,4 TL alınarak aşağıdaki değer bulunur :

$14800 \times 2,4 \text{ TL} = 35520 \text{ TL}$

Konutta kullanılan 1623 kWh'lık değerden bir yıl için aşağıdaki kazanç değeri elde edilir.

$1623 \text{ kWh} \times 0,168 \text{ TL} / \text{kWh} = 272,664 \text{ TL}$

Şebekeye satıştan gelen elde edilen yıllık kazanç = $3788 \text{ kWh} \times 0,138 \text{ TL} = 522,744 \text{ TL}$

İlk yıldaki tüketim de dahil sistemin kurulum, üretim, tüketim maliyet ve kazançlarından yola çıkarak, enerji tüketim ile enerji satış bedelleri günün koşulları ile gerçek zamanlı olarak ve amortisman süresince sabit olarak kalacağı düşünülerek aşağıdaki gibi hesaplanmıştır :

Toplam sistem maliyet değeri = 35520 TL

PV sistemden elde edilen enerjinin konutta kullanımından dolayı elde edilen kâr = 272,664 TL

Şebekeye satıştan gelen elde edilen yıllık kazanç = $3788 \text{ kWh} \times 0,138 \text{ TL} = 522,744 \text{ TL}$

Toplam Yıllık Kazanç = $272,664 + 522,744 = 795,4 \text{ TL} \approx 796 \text{ TL}$

Sistem maliyetinin amorti edilme süresi = Sistem maliyeti / Toplam yıllık kazanç
= $35520 \text{ TL} / 796 \text{ TL} = 44,5 \text{ yıl}$

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Çalışmada da görüldüğü gibi günün her saati güç harcaması bu değerlerde olan bir konut için örnek hesaplama için alınmış maliyet-satış oranlarıyla bu sistemi kurmak çok da yararlı olmayacaktır.

Ayrıca bu çalışmadan çıkarılacak diğer bir sonuç ise fotovoltaik sistem tasarımı yapılırken öncelikle yapılması gereken, kullanılacak cihazların tüketeceği enerji günlük ve yıllık olarak hesaplanmalı, daha sonra alan çatı veya bahçe alanı gibi yerlerin baca, ağaç gibi nesnelerin gölgeleri dikkate alınarak uygulama alanı belirlenmeli, TL / watt oranı ile PV panel fiyatları, inverter ve diğer kablolu elemanlarının maliyetleri çıkartılıp ortaya bir amortisman süresi çıkartılmalıdır. Amortisman süresi çalışmada görüldüğü üzere çok uzun çıkmıştır. Bunun sebebi sistem ekipman kurulum maliyetleri ve TL/watt oranının şebekeye satış yönünde teşvik edici olmamasıdır.

Amortisman süresinin iyileştirilmesi için, güneş enerjisine bağlı elektrik üretimi için devlet tarafından teşvikler yapılmalı , bu konudaki yatırımlar daha cazip hale getirilmeli ve kişisel konut uygulamaları için de panel maliyetlerinin azaltılması gerekmektedir. Ayrıca üretilen elektriğin akülerle depolanması yapılarak gece kullanımında şebekeden alınan enerji de azalma sağlanabilir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Jasvir Singh, 2010, *Study and Design of Grid Connected Solar Photovoltaic System At Patiala-Punjab*, Thapar University, Patiala, 1-2
- [2]. internet, gesceg.com/resources/uploads/files/solarHouse500.png
- [3]. Mohamed A. Eltawil , Zhengming Zhao, *Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 112-129
- [4] internet, http://www.steca.com/data/media/2/236_217x280_Anlagen_fuer_Wohnsiedlungen_Hausgrafik_EN_640px_web.jpg
- [5]. Muyiwa S. Adaramola, *Viability of grid-connected solar PV energy system in Jos, Nigeria*, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 61, 64-69
- [6]. internet, wrds.uwyo.edu/sco/climateatlas/solar.html
- [7]. internet, <https://eosweb.larc.nasa.gov/>
- [8]. G. Notton, V. Lazarov, L. Stoyanov, *Optimal sizing of a grid-connected PV system for various PV module technologies and inclinations, inverter efficiency characteristics and locations*, Renewable Energy, 35, 541-554