

GÜNEŞ PİLİ DESTEKLİ ÇEVRE AYDINLATMA VE SULAMA SİSTEMİNİN ÖRNEK BİR UYGULAMASI

Şevki Yılmaz GÜVEN*

Ramazan ŞENOL**

Gelişen teknoloji ve güneş pilleri ile çevre aydınlatma ve sulama sistemleri son yıllarda oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu çalışmada Eğirdir ilçesi için örnek bir sulama ve çevre aydınlatma sistemi tasarlanmıştır. Sulama yapılacak olan bölgenin özellikleri göz önünde bulundurularak sulamada kullanılacak olan bileşenlerinin tespiti ile çevre aydınlatma sistemi için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada ayrıca sisteme ait güneş pili, şarj kontrol cihazı, inverter, akü gibi bileşenlerin seçimi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Güneş enerjisi, güneş pilleri, sulama sistemleri, çevre aydınlatma

Recently, garden lighting and irrigation systems have been quite widespread by developing technology and solar cells. In this study, a sample of irrigation and garden lighting system have been projected for Eğirdir district. By considering the characteristics of the district which is irrigated, required calculations have been done for garden lighting system by determining the equipments which will be used for irrigation. Furthermore, in the study, the equipments used as the solar cell which belongs to the system, charge controller, inverter and battery have been chosen.

Keywords: Solar energy, solar cells, irrigation systems, garden lighting

* Süleyman Demirel Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

** Süleyman Demirel Üniversitesi YEKARUM

GİRİŞ

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve dünya atmosferinin dışında şiddeti sabit ve 1367 W/m^2 , yer yüzünde ise $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji türüdür. Günümüzde konvansiyonel enerji kaynaklarının azalması ve ekolojik unsurlar yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Dünya nüfusunun giderek artması sonucunda, konvansiyonel enerji kaynaklarının 100 yıllık bir süreçte tükenebileceği kaygısı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçlarının, belli bir oranda yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması düşüncesini hızla yaygınlaştırmaktadır.

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla zengin güneş enerjisi kuşağı içerisinde yer alan, güneş enerjisi uygulamalarına uygun bir ülkedir [1]. Güneşlenme süresi bakımından Akdeniz bölgesi ülkemizde ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli Tablo 1'de verilmiştir.

Uzun yıllara ait meteorolojik gözlemlerin (heliograf) ortalaması alınarak bulunan Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2640 saat olup, maksimum değer 362 saat ile Temmuz ayında ve minimum değer 98 saat ile aralık ayında gerçekleşmektedir.

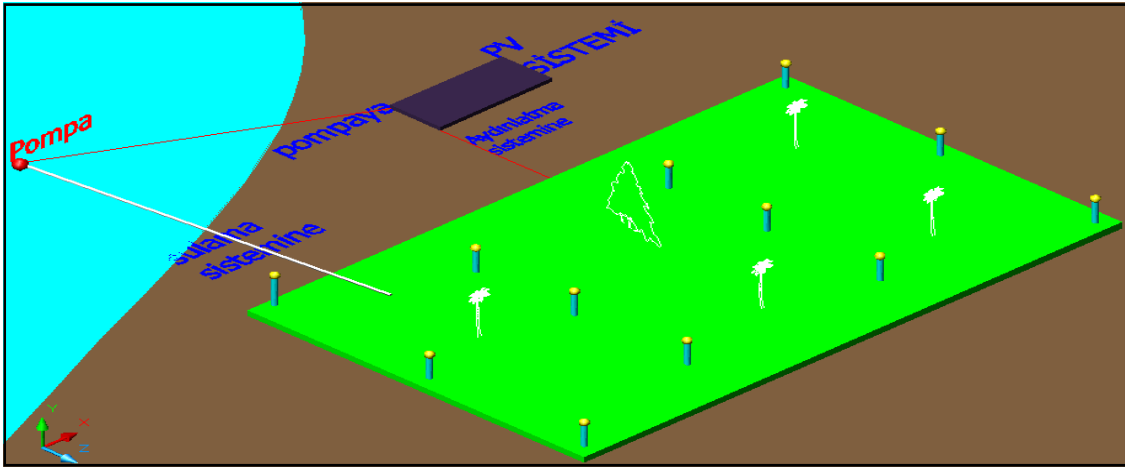
Bu çalışmada Isparta ili Eğirdir ilçesinde bir konaklama tesisi, villa bahçeleri, yeşil alan, spor sahası v.b yerlerde bu sistemin kurulması varsayımı yapılmıştır. Çevre aydınlatması enerji ihtiyacının temini ve bahçe düzenlemesi için yapılacak olan 1 dekar'lık çim alanın sulanmasında kullanılacak pompanın enerji ihtiyacının temini için örnek

Tablo 1. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı [2].

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ(kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

bir hesaplama yapılmış ve sistem bileşenleri tespit edilmiştir. Konaklama tesisinin bahçe düzenlemesi için kullanılacak olan çimlerin ekimi bahar aylarında yapılacak olup Nisan - Eylül ayları boyunca sulaması tatlı su kaynağı olan Eğirdir Gölü'nden bir santrifüj pompa ile karşılanacağı varsayılmıştır. Çevre aydınlatma sistemi 20 adet 20 W'lık tasarruflu ampul ile sağlanacaktır. Sistemin çalışma gerilimi 220 V AC 50 Hz olarak seçilecek ve yeterli güçte inverter tayini yapılacaktır. Ayrıca sistemde düşük gerilim korumasına ve aşırı şarj korumasına sahip bir şarj kontrol cihazı ve gün boyu üretilen enerjinin gece periyotlarında da kullanılabilmesi için bir enerji depolama

(1000W/m² ışınım şiddeti, 25°C pil sıcaklığında), pilin üretici firma katalogunda verilmektedir. PV elektrik karakteristiklerinin ölçümü genellikle referans değerleri olarak 1000W/m² ışınım şiddetinde ve 25°C pil sıcaklığında yapılmaktadır [4]. Güneş pillerinin imal edildiği pek çok materyal vardır. Fakat en çok kullanılan silisyumdur (Silisyum, zehirsiz ve güvenilir olup doğada bol miktarda bulunmaktadır). Şekil 2'de güneş pillerindeki fotovoltaik etki basitleştirilerek resmedilmiştir. Piller, enerji dönüştürme işlemi sırasında gün ışığından başka bir yakıt kullanımına ihtiyaç duymazlar. Pillerin üzerine düşen ışık ne kadar fazla olursa üretilen enerji de o denli fazla olur.



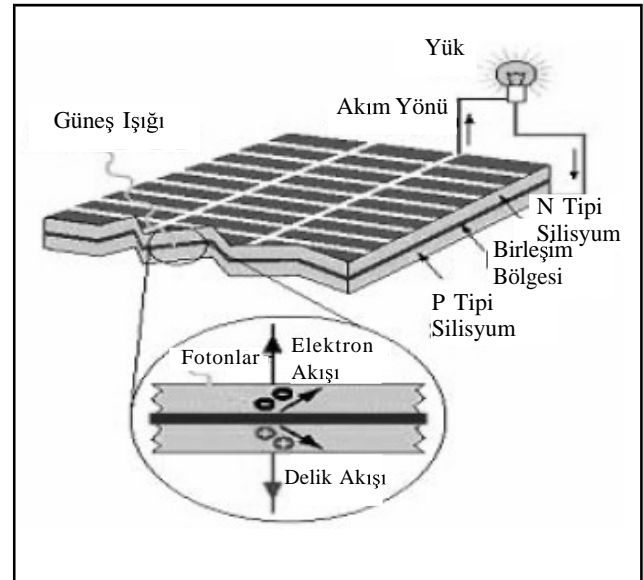
Şekil 1. Hesaplama için kullanılacak sistem modelinin görünümü

sistemi mevcut olacaktır. Aydınlatma sistemi ışığa duyarlı sistem sayesinde otomatik olarak çalışacak olup sulama sistemi ve pompa bir zamanlayıcı vasıtasıyla yapılacak olan hesaplamalara göre belirli gün aralıklarıyla akşam saatlerinde belirli saatler aralığında çalışacaktır. Sistemin bütün enerjisi gün boyunca güneş pilleri tarafından şarj edilen akülerden karşılanacaktır. Sistemin basit gösterimi Şekil 1'de görülmektedir.

GÜNEŞ PİLLERİ

Güneş pilleri ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlar olup enerjiyi depolayamazlar. Işık kaynağı ortadan kalktığında, pilin ürettiği elektrik de kesilecektir. Eğer gece boyunca da elektrik kullanılacaksa, sisteme bir elektrik depolayıcı eklenmesi gerekir [3].

Güneş pillerinin verebileceği maksimum gücü



Şekil 2. Bir güneş pilinde fotovoltaik etki. [5]

Güneş pilleri doğru akım ürettikleri için, doğru akımla çalışmayan alet ve cihazlar için doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek, güneş olmadığı zamanki elektrik ihtiyacını ve güneş olduğunda ihtiyaç fazlası elektrik enerjisini karşılamak gibi her uygulamada ayrı olarak yük eğrisi ve güneş enerjisi şiddeti eğrisi arasındaki uzlaşmayı sağlayacak mühendislik problemleri ve bunların çözümü, güneş pilleri ile elektrik üretiminin en ilginç yanlarından biridir [6].

Güneş Pili Destekli Sulama ve Aydınlatma Sistemi

Güneş enerjisi ile çalışan su pompası sistemleri günlük bakım istemedikleri gibi istenilen herhangi bir yerde, bol güneş olması şartı ile kurulabilirler. Bu tip pompaların ilk kuruluş masrafları yüksek olmasına rağmen yakıt ve bakım ihtiyaçları olmadığından kısa zamanda kendisini amorti ederler [7]. Bitki su tüketimi hava sıcaklığının da yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek düzeye çıkmaktadır. Çim sulama sistemlerinde sulamanın en etkin biçimde yapılabilmesi ve buharlaşma yoluyla oluşacak kaybın önlenmesi için günün geç saatleri ya da sabahın erken saatleri tercih edilmektedir. Bu zamanda güneş enerjisinin azaldığı veya hiç olmadığı gün boyunca sulama için su motorunu ve gece periyotlarında da aydınlatma sistemini çalıştırmaya yetecek enerjinin aküye depolanması gerekmektedir.

Suyun Pompalanması İçin gerekli Olan Enerji ve Sulama Yapılacak Arazinin Günlük Su İhtiyacı

Sulama, çim alanların bakımında hayati önem taşıyan konulardan biridir. Yeşil alanların sulanmasında kullanılacak suyun iyi kalitede olması ve fazla tuz içermemesi gerekir. Sulama bütün alana homojen olarak uygulanmalıdır. Sulama mutlaka yağmurlama yoluyla yapılmalıdır. Kumlu topraklar, sık ve az miktarda sulama ister. Killi ve ağır topraklar, seyrek ve daha çok miktarda su ister. Uzun köklü çim her zaman daha az su ister. Sulamada en önemli nokta, suyun toprak tarafından en az 10-12 cm derinliğe kadar emilebilmesidir. Yeni oluşturulacak çim sahalarda, toprağın 15-20 gün (çim ekimine kadar) nemli tutulması

gerekir. Çim alanlar buharlaşmanın en az olduğu zamanlarda, özellikle gece veya sabah (güneşin olmadığı saatlerde) sulanmalıdır [8]. Tarımsal sulamada günlük su ihtiyacı, ekili alanın büyüklüğü, ekinin günlük su ihtiyacı, mevsim ve hava durumu (yağmur, sıcaklık ve güneşlenme miktarı), toprağın özellikleri gibi faktörlere bağlıdır. Çim alanların su ihtiyacı ortalama olarak haftada 2,5-3 cm dir. Bu miktardaki sulama, toprağın 8-10 cm derinliğinde ıslanmasını sağlayacak ve köklerin daha derinlere ulaşmasına uygun ortam yaratacaktır. Toprak yapısının durumuna göre suyun emilişi ve su tutma zamanları değişir. Tablo 2'de çeşitli toprak yapıları ve bunlara ait su tutma kapasiteleri verilmiştir. Gölden su çekmek ve alanı sulamak için gerekli olan parametreler aşağıda gösterildiği gibi literatürden faydalanılarak hesaplanabilir.

Tablo 2. Çeşitli Toprak Yapıları ve Bunlara Ait Su Tutma Kapasiteleri. [9]

Toprak Yapısı	Saatteki su tutma kapasitesi	2,5-3 cm derinliğin ıslanması için gereken zaman
kumlu	5,0 cm	0,5 saat
kumlu+organik madde	2,5 cm	1,0 saat
organik maddeli	1,5 cm	2,0 saat
milli+organik	1,2 cm	2,2 saat
killi+organik	1,0 cm	3,3 saat
killi	0,5 cm	5,0 saat

Bu çalışmada, Isparta Eğirdir yöresinin iklim özelliklerini kullanarak bu yöreye ait 1 da'lık proje alanı sulama sisteminin ve aydınlatma sisteminin güneş enerjisiyle çalıştırılması düşünülmüştür. Su iletim randımanı $E_c = \%80$ ve su uygulama randımanı $E_a = \%65$ 'tir. Alanda kullanılacak bitki çim olup, ekiliş oranı $\%100$ ve büyüme mevsimleri Nisan - Eylül ayları arasındadır.

Proje alanı enlem derecesi 38° dir.

Bu verilere dayanarak ;

k_i iklim katsayısı değeri t ortalama sıcaklık fonksiyonu olarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır [10].

$$k_i = 0,031t + 0,24$$

f aylık su tüketim faktörü, aylık güneşlenme süresinin, yıllık güneşlenme süresine oranı (P)'nin fonksiyonu olarak denklem 2 yardımıyla hesaplanır.

$$f = \frac{(45,7t + 813)P}{100}$$

Aylık bitki su tüketimi u (mm/ay) ;

$$u = k_c \cdot k_t \cdot f$$

ifadesi yardımıyla bulunur. Burada, k_c bitki büyüme oranı olup literatürden ortalama 0.9 alınmıştır [11]. Buna göre, proje alanında en çok ortalama bitki su tüketimi 208,4852 mm/ay ile Temmuz ayında olmaktadır. Aylara göre hesaplanan devamlı akış değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Devamlı Akış Değerleri

Aylar	u (mm/ay)	r (mm/ay)	d_n (mm/ay)	d_t (mm)	q (L/ha.s)	Q (L/s)
Nisan	65,86672	51	14,86672	0,861207	0,7974141	0,079741
Mayıs	101,2621	38	63,26212	3,917154	3,6269947	0,362699
Haziran	150,3566	12,7	137,6566	8,62123	7,98262	0,798262
Temmuz	208,4852	9,6	198,8852	12,20356	11,299597	1,12996
Ağustos	167,0781	5,4	161,6781	9,917728	9,1830817	0,918308
Eylül	108,9542	10,3	98,65418	6,026784	5,5803559	0,558036

Tablo 3'de 1. kolona aylar, 2. kolona aylık ortalama bitki su tüketimi, 3. kolondaki etkili yağış değerleri için literatürdeki mevcut değerler kullanılmıştır [10]. 4. kolondaki bitki su tüketiminin sulama suyu ile karşılanacak miktarı,

$$d_n = u - r$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada r (mm) etkili yağıştır. 5. kolondaki aylık toplam sulama suyu ihtiyacı değerleri aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$d_t = \frac{d_n}{E_a \cdot E_c}$$

Burada E_a su uygulama randımanı ve E_c su iletim randımanıdır. 6. kolon devamlı akış (sulama modülü) değerlerini göstermektedir. Su dağıtım şebekesinde her kanalın ileteceği su miktarının saptanması için sulama modülünden yararlanır. Sulama modülü, birim sulama alanı için gerekli su miktarı olarak tanımlanır ve aşağıdaki

eşitlikle hesaplanır.

$$q = \frac{10 \cdot d_t}{3,6T}$$

Q proje alanına su çekilen kaynağın debisidir ve

$$Q = q \cdot A$$

ifadesinden hesaplanır. Burada A, sulama yapılacak alandır. Çalışmada alan 1 da = 0,1 ha olarak alınmıştır.

SİSTEMİN ENERJİ İHTİYACININ BELİRLENMESİ

Proje alanı günlük su ihtiyacı,

$$V = 3,6 \cdot T \cdot Q \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Tablo 4'ten de görüldüğü gibi en fazla su ihtiyacı Temmuz ayında olmaktadır. Sulama işlemi Temmuz ayı boyunca 3 günde bir gerçekleştirilecektir. Bu durumda Temmuz ayı boyunca toplam su ihtiyacı ;

$$V = 12,20356 \text{ m}^3 \times 10 = 122,0356 \text{ m}^3 \text{ olur.}$$

Bu şartları sağlamak amacıyla seçilebilecek pompaya ilişkin karakteristikler aşağıdadır.

Santrifüj pompa 550 W

Debi 65 lt/dk = 1,0833 lt/sn = 3,9 m³/h şeklindedir.

Seçilen pompanın bir gecede gerekli su miktarını verebilmesi için ;

$$12,20356 \text{ m}^3 / 3,9 \text{ m}^3\text{/h} = 3,13 \text{ h çalışması gerekmektedir.}$$

Bu çalışma sonucu pompanın ihtiyaç duyduğu güç ise;

Tablo 4. Günlük Sulama Suyu İhtiyacı (m³) ve Gereksinim Duyulan Ortalama Enerji (kW-h/gün)

Aylar	Hesaplanan Sulama suyu ihtiyacı V(m ³)	Sulama için Gereksinim duyulan enerji (kW-h/ay)	Aydınlatma için Gereksinim duyulan enerji (kW-h/gün)	Toplam Gereksinim duyulan enerji (kW-h/ay)
Nisan	0,861207	3,2	144	147,2
Mayıs	3,917154	5,8	144	149,8
Haziran	8,62123	12	144	156
Temmuz	12,20356	19,250	144	145,925
Ağustos	9,917728	13,9	144	157,9
Eylül	6,026784	8,5	144	152,5

$P_p = 550 \text{ W} \times 3,5 \text{ h} = 1925 \text{ Wh}$ olmaktadır.

20 adet 20 W'lık ampullerin bir gecede tüketeceği enerji miktarı ise;

$$20\text{W} \times 20 \times 12\text{h} = 4800 \text{ Wh olur.}$$

Bu durumda aylık toplam tüketim ise; sulama periyotlarında harcanan enerji miktarı ile aydınlatmaya harcanan enerji miktarının toplamı ;

$$1925 \text{ Wh} * 10 + 4800\text{Wh} * 30 = 145925 \text{ Wh}$$

olmaktadır.

Sulama işlemi 3 günde bir yapılacağına göre bir sulama periyodu ve 3 gecelik aydınlatma enerjisi ihtiyacı;

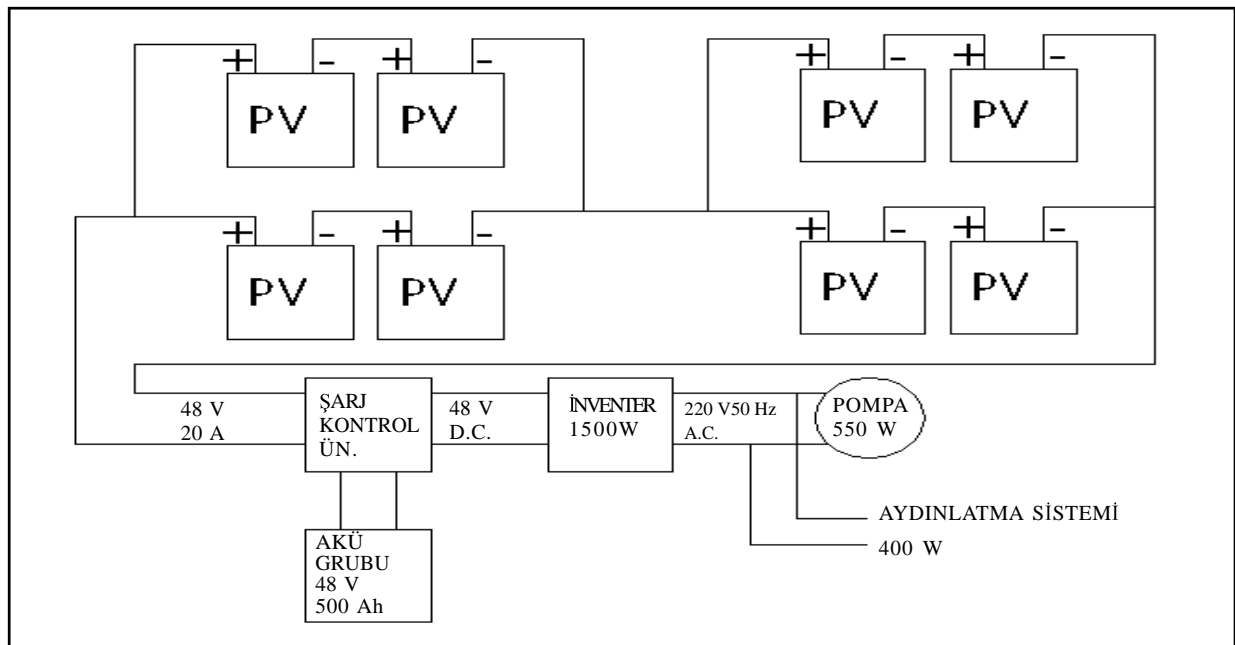
$$1925 \text{ Wh} + (4800 \text{ Wh} * 3) = 16325 \text{ Wh}$$

olmaktadır.

GÜNEŞ PİLİ SİSTEMİNİN DİZAYNI

Sistemde sekiz adet 120 Wp'lık güneş pili kullanılması yapılan hesaplamalar sonucu elde edilmiştir. Ayrıca sistemde depolama mevcut olacağı için bir akü grubu oluşturulmalıdır. Bu depolama birimindeki şarj-deşarj veriminin yüksek tutulabilmesi için şarj kontrol düzeneği sisteme ilave edilmelidir. Pompa ve aydınlatma için kullanılacak olan enerjiyi doğru akımdan alternatif akıma çevirmek için inverter kullanılmalıdır. Sistemin blok diyagramı Şekil 3'de görülmektedir.

Bu durumda pompanın aküden çekeceği akım miktarı;



Şekil 3. Sistemin Blok Diyagramı

$I_p = 550 \text{ W} / 48 \text{ V} = 11,458 \text{ A}$ olur.

Üç gece boyunca çalışma sonucunda aküden harcanacak akım kapasitesi;

$11,458 \text{ A} \times 3,5 \text{ h} = 40,103 \text{ Ah}$ olmaktadır.

Aydınlatma sisteminin aküden çekeceği akım miktarı;
 $400 \text{ W} / 48\text{V} = 8,33 \text{ Ah}$ olur.

Bir gece boyunca çalışma sonucunda aküden harcanacak toplam akım kapasitesi;

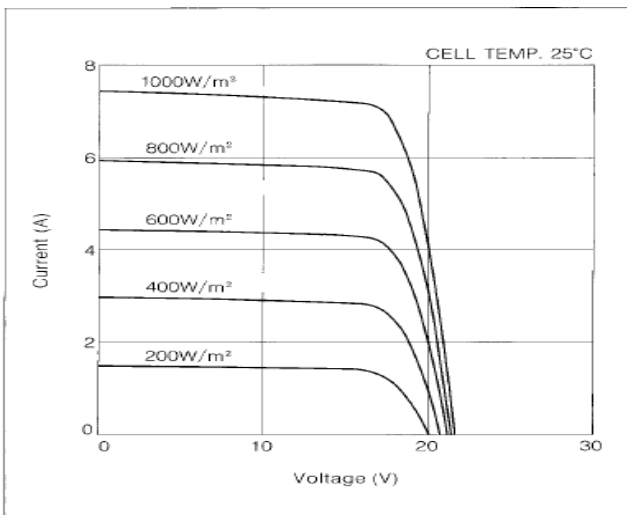
$8,33 \text{ Ah} * 12 = 100 \text{ Ah}$ ve üç gecelik tüketim ise 300Ah olmaktadır. Üç gecede harcanacak olan toplam akü kapasitesi ise;

$40,103 \text{ Ah} + 300 \text{ Ah} = 340,103 \text{ Ah}$ olmaktadır.

Sistemde kullanılacak olan altı adet 120 Wp 'lık panellere ait karakteristikler aşağıda verilmiştir [12].

Model	: KC120-1
Maksimum Gücü	: 120 W
V_{mp}	: 16,9 V
I_{mp}	: 7.1 A
Kısa devre akımı	: 7,45 A
Açık devre gerilimi	: 21,5 V

Yıl boyunca maksimum verimin elde edilmesi için güneş pilleri güneye yönlendirilerek optimum eğim açılarına ayarlanmalıdırlar veya güneşi iki eksende takip etmelidirler. Güneş takip sistemlerine bu çalışmada



Şekil 4. Güneş Piline Ait Işınmaya Bağlı Akım – Gerilim Eğrileri [12]

değinilmeyecektir. Burada güneş pilleri optimum eğim açısında (β) güneye yönlendirilecektir.

Deriş'e göre optimum açı için aşağıdaki kurallar saptanmıştır;

a- Yıllık optimum verim için : $\beta = 0.9 \times \text{enlem}$

b- 7 aylık kış mevsiminde optimum verim için :

$$\beta = \text{enlem} + 15^\circ$$

c- Kış mevsiminde en soğuk üç ayda optimum verim :

$$\beta = \text{enlem} + 25^\circ$$

d- Yaz mevsiminde optimum verim için :

$$\beta = \text{enlem} - 25^\circ$$

Bu kuralların uygulanmasında katı davranılmamalı ve durumun özellikleri göz önünde tutulmalıdır. İklim şartları önemli bir faktördür. Örneğin bir yörede Aralık ve Ocak ayları %80 kapalı geçiyor ise, modül bu aylara göre yönlendirilmelidir. İkinci önemli faktör sistemin kullanım amacıdır. İlk veya sonbahar mevsimlerinde azami verimle çalışması gereken mevsimlik bir iş için sistem kurulacaksa eğim açısı buna göre hesaplanmalıdır. Bu kısımda verilen bilgi ile her türlü esnek uygulama olanakları sağlanabilir [13].

Güneş enerji sistemlerin dizaynında, eğimli yüzeye gelen güneş ışınımı önemli bir parametredir. Bu parametrenin hesaplanabilmesi için yatay yüzeye gelen toplam, difüz ve direkt güneş ışınımı değerlerinin bilinmesi gereklidir.

Eğik yüzeye bir günde gelen güneş ışınımı (H_T) ;

$$H_T = R_H = R K_T H_0$$

ifadesi ile bulunabilir. Burada R faktörü, eğik yüzeye gelen toplam güneş ışınımının, yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımına oranıdır. Liu ve Jordan tarafından difüz ve yansıyan güneş ışınımı fonksiyonu olarak isotropic bir model geliştirilerek R faktörü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır ;

$$R = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) R_b + \frac{H_d}{H} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

Burada yatay yüzeye bir günde gelen toplam güneş ışınımı (H), Yatay yüzeye bir günde gelen toplam difüz güneş ışınımı (H_d), ρ ise yüzey yansıtıcılığıdır. Yüzey

yansıtıcılığı; bitki örtüsüne, topoğrafik yapıya ve kar durumuna bağlı olarak değişir, ortalama 0.2 mertebesindedir. β ise eğik düzlemin eğimidir.

R_b faktörü ise yatay düzleme gelen direkt güneş ışınımının, eğik düzleme gelen direkt güneş ışınımına oranıdır ve güneşe dönük düzlemler için aşağıdaki şekilde tanımlanır [14];

$$R_b = \frac{\cos \delta \cdot \cos(\phi - \beta) \sin \omega'_s + \frac{\pi}{180} \omega'_s \sin \delta \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \phi \cdot \sin \delta}$$

Burada ;

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

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

δ = Deklinasyon açısı

ϕ = Bölgenin enlemidir.

Eldeki mevcut verilere [15] göre yapılan hesaplamalar sonucu eğik düzleme gelen ışınım miktarları hesaplanmıştır. Bu değerler her ayın 15. günü için bulunmuş ve Tablo 5'te gösterilmiştir. Eğik düzleme gelen ışınım miktarının hesaplanmasının ardından bu ışınım değerleri için güneş pilinin her aya ait günlük ortalama üreteceği güç miktarları ve günlük depolanabilecek akü kapasitesi bulunmuştur. Her gün sadece aydınlatma yapılırsa dahi minimum 100 W aydınlatma gücüne ihtiyaç

duyulmaktadır. Buna göre hem aydınlatma ihtiyacını hem de üç günde bir yapılacak olan sulama işleminin enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli pil ve akü sayısı hesaplanmıştır.

Buna göre gerekli olan pil sayısı Nisan ayı için 7 adet çıkmakta ancak sulama işi için gerekli enerji ihtiyacı da göz önünde bulundurulması gerektiğinden 8 adet alınmalıdır. Diğer aylarda ise seçilen pil sayısı gerekli enerji ihtiyacını karşılamakta ve üretilen fazla enerji miktarı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında evdeki ya da sistemdeki mevcut diğer cihazların çalıştırılmasında veya ev içi aydınlatmada kullanılabilir.

Bu şartlar altında gerekli olan akü kapasitesi sistemdeki kayıplar göz önüne alınarak yaklaşık olarak 500 Ah seçilebilir. 48 V 100 Ah'lik 5 adet akü kullanılabilir.

Sistemde alçak gerilim kayıpları, inverter ve şarj kontrol cihazı kayıpları yaklaşık % 10 [3], akünün şarj deşarj kayıpları ise % 15 olarak alınabilir [16]. Bu durumda sistemin toplam kaybı %25 olmaktadır.

Sistemde kaybolan miktar;

480 Ah x 0,25 = 125 Ah olmakta ve kullanılacak enerji miktarı ise ;

480 Ah - 125 Ah = 360 Ah olmaktadır.

Sistem için 48V , 20A şarj kontrol cihazı ve 48 V DC/ 220 V AC 1500W'lık bir inverter kullanılabilir.

Tablo 5. Sisteme Ait Aylara Göre Işınım, Elektriksel Parametreler ve Pil Sayıları

Aylar	Yataya Gelen Işınım Watt/m ²	Eğik Düzleme Gelen Işınım Watt/m ²	Güneşlenme süresi saat	Güneş piline ait grafikten Akım A	Gerilim V	Üretilen Ortalama Güç Miktarı Watt	Depolanabilecek akım kapasitesi 1 günlük Ah	Gerekli pil sayısı
Nisan	417	452,690705	5,8	3,3	15	287,1	14,355	7
Mayıs	456	528,9248271	7,7	3,8	15	438,9	21,945	5
Haziran	570	711,304305	11,3	5,2	15	881,4	44,07	3
Temmuz	893	1136,543665	12,6	7,1	15	1341,9	67,095	2
Ağustos	788	909,342044	11,2	6,9	15	1159,2	57,96	2
Eylül	658	789,0241608	10,3	5,8	15	896,1	44,805	3

SONUÇ

Güneş pilleri ile enerji üretimi ilk bakışta yüksek maliyetli gibi görünse de bu sistemler kendilerini sistemin büyüklüğüne bağlı olarak kısa sürelerde ekonomik hale getirmektedirler. Ayrıca bu sistemler rüzgar enerjisinin elverişli olduğu bölgelerde hibrid olarak çalıştırılabilirler. Bu tür sistemlerde depolama ve inverter kayıpları sistem veriminde oldukça önemli bir yere sahiptirler. Bu yüzden depolama sistemi ve inverter seçimleri yapılırken bu kayıplar göz önüne alınmalıdır. Günümüzde sulama sistemlerinde güneş pilleri kullanmak oldukça yaygın hale gelmiştir. Sulama yapılacak bölgenin özellikleri göz önünde tutularak uygun bir sistem dizaynıyla bu tür sistemler son derece ekonomik ve kullanışlı olmaktadır. Ayrıca bu tür sistemlere çevre aydınlatma, sinyalizasyon gibi sistemler eklenerek kurulumun işlevini artırmak mümkündür. Günümüz fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmekte olduğu göz ardı edilemez bir gerçektir. Dolayısıyla tamamıyla yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanımı ile hem fosil yakıtların tüketim hızı frenlenebilmekte hem de enerjide dışa bağımlı olan ülkemizin ekonomisine yük getirilmemektedir.

KAYNAKÇA

1. **Erişti, O.** "Güneş Pilleriyle Dış Aydınlatma Sistemi Optimum Pil ve Akü Seçimi", Türkiye 5. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri Cilt.3, 22-26 Ekim 1990, S.631- 640, ANKARA
2. EİE Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/tgunes.html>
3. **Şenol, R., Üçgül, İ.**, "Güneş Pilleriyle Sinyalizasyon Sistemi ve Gerekli Parametrelerin Belirlenmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8-1 (2004) 109-113 s.
4. **Duffie, A.J., Beckman, A.W.**, "Solar Engineering of Thermal Processes Second Edition", John Wiley&sons, Inc., 1991., S.773, U.S.A.
5. National Renewable Energy Laboratory , NREL <http://www.nrel.gov/>
6. **Atagündüz, G.**, "Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları", EGE Üniv.Basımevi, 1989, Bornova, İzmir
7. **Gençoğlu, M. T., Cebeci, M. ve Güneş, M.**, "Güneş Enerjisi ile Çalışan PLC Kontrollü Su Pompası Sistem Tasarımı", III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Cilt I, S.207-215, İstanbul, 2000.
8. <http://www.peyzaj.org/2003/27nisan/cimyapim.htm>
9. <http://www.peyzaj.org/2003/27nisan/bakim.htm>
10. **Güngör, Y., Yıldırım, O.**, "Tarımsal Sulama Sistemleri", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 1987.
11. **Kızılkaya, T.**, "Sulama ve Drenaj", T.C.Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 1988
12. Üretici firma (Kyocera solar) ürün kataloğu.
13. **Deriş, N.**, "Güneş Enerjisi Sıcak Su ile Isıtma Tekniği", Sermet matbaası, 1979, İstanbul.
14. D.İ.E. Kay. D.İ. Enst. Arş. ve Bilgi İşlem Daire Bşk. Isparta Meteorolojik İstatistik Verileri.
15. **Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdallı, Y.**, "Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri", TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, 1997
16. Üretici Firma Ürün Kataloğu. www.huanyubattery.com