



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



# Hibrit yenilenebilir enerji sistemleri ile sera sulama sistemi tasarımı: İzmir örneği

## *Greenhouse irrigation system design with hybrid renewable energy systems: the case of Izmir*

Yazar(lar) (Author(s)): Cuma KILINÇ<sup>1</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0002-6258-617X

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz(To cite to this article):** Kılınç C., “Hibrit yenilenebilir enerji sistemleri ile sera sulama sistemi tasarımı: İzmir örneği”, *Politeknik Dergisi*, 25(1): 435-442, (2022).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.1085855

# Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri ile Sera Sulama Sistemi Tasarımı: İzmir Örneği

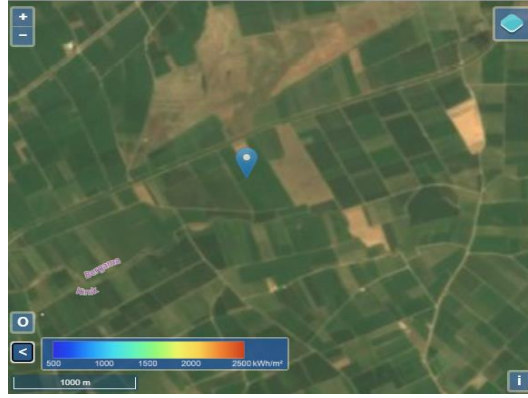
## Greenhouse Irrigation System Design with Hybrid Renewable Energy Systems: The Case of Izmir

### Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Tarımsal sulama sistemleri için Yenilenebilir enerjinin Kullanımı/ Use of Renewable energy for agricultural irrigation systems
- ❖ Seralarda biber üretim için sulama/ Irrigation for pepper production in greenhouses
- ❖ Fizibilite çalışması/ Feasibility study

### Grafik Özet (Graphical Abstract)

Tarımsal sulamada sürdürülebilir enerji arzının sağlanmasında çözüm yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkündür. / The solution in providing sustainable energy supply in agricultural irrigation is possible with the use of renewable energy sources.



Şekil.İzmir'deki sulanacak sera bölgesi/Figure.Izmir region will be irrigated greenhouse region

### Amaç (Aim)

Seraların sulama sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı./ Use of renewable energy sources in the irrigation systems of greenhouses

### Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Güneş ve Rüzgar enerji potansiyellerinin bölge için yeterliliği ve maliyeti ortaya konmuştur./ The adequacy and cost of solar and wind energy potentials for the region have been revealed.

### Özgünlük (Originality)

Çalışma gerçek zamanlı bir fizibilite ve uygulanabilirliğin araştırılmasıdır./ The study is a real-time study of feasibility and feasibility.

### Bulgular (Findings)

GES ve RES için İzmir bölgesinin sera sulamada kullanılabilirliği yüksektir./ For GES and WPP, the İzmir region has a high availability for greenhouse irrigation.

### Sonuç (Conclusion)

Enerji girdisi maliyetleri dikkate alındığında GES'lerin seraların sulanmasında alternatif bir çözüm olduğudur./ Considering the energy input costs, SPPs are an alternative solution for irrigation of greenhouses.

### Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

# Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri ile Sera Sulama Sistemi Tasarımı: İzmir Örneği

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Cuma KILINÇ\***

Deniz Yıldızları Eğitim Kurumları, Kayseri, Türkiye

(Geliş/Received : 09.09.2021 ; Kabul/Accepted : 22.01.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 17.02.2022)

## ÖZ

Yenilenebilir enerji sistemleri sürekli kendisine uygulama alanları bulan sistemler olup özellikle hibrit tasarımlarla enerji arzında sürekliliği sağlayan tarımsal uygulamalar hızla gelişmektedir. Bu çalışmada İzmir bölgesi için hem güneş hem de rüzgar enerjisi hibrit sistemi ile biber üreten bir seranın sulama sistemi tasarlanmıştır. Bu tür uygulamaların enerji fiyatlarındaki artış dikkate alındığında ekonomik yönden uygulanabilirliği araştırılmıştır. Rüzgar ve güneş enerjisi potansiyeli bulunan İzmir için bir çok sera uygulamalarının bulunması sistemin sadece biber için değil diğer ürünler içinde uygulanabilir olduğu ve bu tür sistemlerin ürün maliyetine de etkisinin olduğu düşünülerek yaygınlaşabilmesi için örnek bir çalışma olmuştur. Çalışmada Güneş enerjili sulama sisteminin sulama için harcadığı enerjinin dışında geri ödeme süresinin 14 yıl olduğu hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş, rüzgar, sulama, sera.

# Greenhouse Irrigation System Design with Hybrid Renewable Energy Systems: The Case of Izmir

## ABSTRACT

Renewable energy systems are systems that constantly find application areas, and agricultural applications that ensure continuity in energy supply, especially with hybrid designs, are developing rapidly. In this study, the irrigation system of a greenhouse producing pepper with both solar and wind energy hybrid system was designed for İzmir region. Considering the increase in energy prices, the economic applicability of such applications has been investigated. The presence of many greenhouse applications for İzmir, which has wind and solar energy potential, has been an exemplary study for the system to become widespread, considering that the system is applicable not only for pepper but also for other products and that such systems have an effect on the product cost.

**Keywords:** Solar, wind, irrigation, greenhouse.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgar, hidrolik, biyokütle ve jeotermal enerjisi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu enerjiler dönüştürülürken ve üretilirken çevreye zarar vermemesi, ekonomik getirileri nedeniyle kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yayınlanan Yenilenebilir Enerji 2020 Raporu'nda [1], Ocak ve Ekim ayları arasında yenilenebilir enerji kapasitesinin, 2019 yılının aynı dönemine göre %15 artarak büyüdüğü görülüyor. Türkiye, Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve yaklaşık 3500 km kıyı şeridinde sahip olan Türkiye'de, kıyı şeritleri, yüksek bayırlar, dağ tepeleri ve açık alanların yakınında Türkiye'nin en iyi rüzgar kaynağı alanları bulunmaktadır. Açık alan yakınlarındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgar hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgar hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgar gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. Onuncu Kalkınma Planı ile uyumlu olarak

İZKA'nın Ernst & Young ile hazırladığı Yatırım Tanıtım Stratejisi ve Eylem Planı çerçevesinde İzmir ili için yenilenebilir enerji sektörü stratejik yatırım sektörlerinden biri olarak belirlenmiştir. Yine KPMG tarafından hazırlanan Yenilenebilir Enerji Raporuna göre, İzmir ve çevresinin rüzgar enerjisi konusunda büyük avantaja sahip olduğu belirtiliyor. Ayrıca İzmir, yılın yaklaşık 300 günü güneş gördüğünden de hareketle, her iki yenilenebilir enerji kaynağındaki avantajlarıyla İzmir, son yıllarda bu alanda önemli bir yere sahiptir.

İzmir'in uygun hava koşulları nedeniyle güneş enerjisinde önemli potansiyellerinden biridir. Türkiye'de yıllık güneş enerjisi dağılımı, 1.500 – 1.600 kWh/m<sup>2</sup> olup İzmir ise yılda 1.680 kWh/m<sup>2</sup> güneş almaktadır. Bu sonuçlara bakılarak İzmir iline gelen güneş enerjisinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğunu söylenebilir. 2015 yılı itibarıyla, İzmir'de toplam 10.904 MW kurulu güce sahip 34 adet güneş enerjisi santrali (GES) bulunmakta, 20.810 MW'lık 5 yeni GES projesinin yapımı ise devam etmektedir[2].

Rüzgar enerjisinde ise REPA'nın yayınladığı haritada İzmir, potansiyeli en yüksek olan illerden biridir. Yarımada Bölgesi, Aliağa, Bergama, Dikili, Kemalpaşa, Foça ve Bayındır yüksek rüzgar enerjisi kapasiteleri ile santral kurulumuna uygun yerlerdir. İzmir yaklaşık

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
e-posta : cumaakilinc@yahoo.com

12.000 MW'lık potansiyel rüzgar enerjisi gücüne sahiptir. Bu çalışmada tarımsal sulama da her iki enerji kaynağının kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

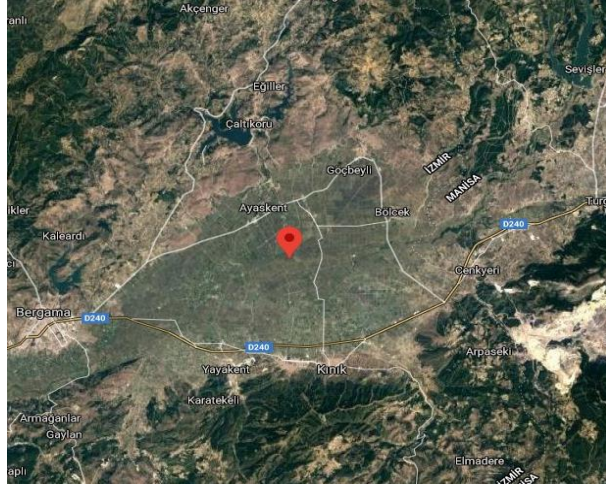
### 2.1. Yer Seçimi (Location selection)

İzmir'deki 759,2 MW'lık kurulu güç, Türkiye'deki toplam RES kurulu gücünün %16'sını oluşturmaktadır. İnşa halindeki toplam 431,5 MW'lık projeler tamamlandığında İzmir 1.190,7 MW'lık bir rüzgar kurulu gücüne erişecektir.

**Çizelge 1.** İzmir potansiyel rüzgar enerjisi gücü (İzmir's potential wind energy power)

İzmir'deki Potansiyel Rüzgar Enerjisi Gücü			
50 m'de Rüzgar Gücü (W/m <sup>2</sup> )	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 - 400	6.8 - 7.5	933,09	4.665,44
400 - 500	7.5 - 8.1	868,30	4.341,52
500 - 600	8.1 - 8.6	317,68	1.588,40
600 - 800	8.6 - 9.5	251,78	1.258,88
> 800	> 9.5	0,02	0,08
		2.370,86	11.854,32

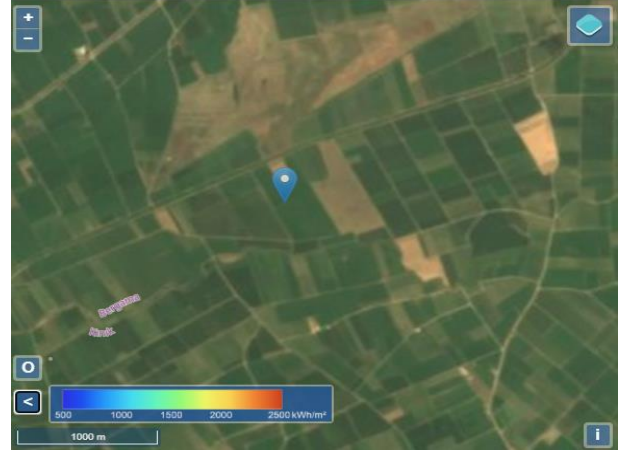
Sera tasarımı için seçilen bölge İzmir ili Bergama ilçesi Ayas Kent bölgesindedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Sera için seçilen konum (Location chosen for the greenhouse)

### 2.2. Seçilen Konumun Enerji Kapasitesi (Energy Capacity of the Selected Location)

Bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için PVGIS yazılımı kullanılmıştır [3]. Seçilen bölgenin yazılımdaki konumu Şekil 2 de verilmiştir.

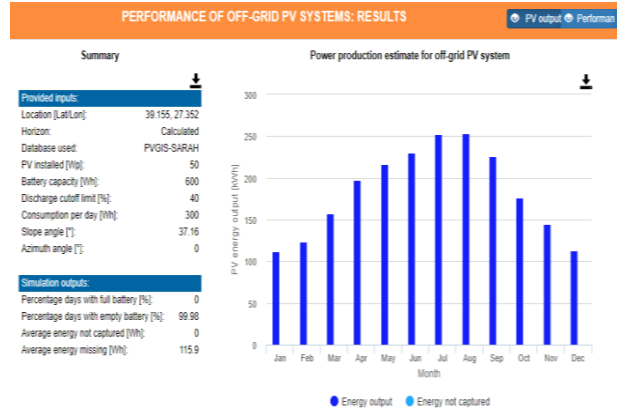


**Şekil 2.** PVGIS'teki konum (Location in PVGIS)

Güneş paneli eğim açısı, enlem değeri 25-50 arasında ise 0,87 ile çarpılır ve 3,1 derece eklenir.

$$\text{Panel eğimi} = 39.1549 \times 0,87 + 3,1 = 37,16$$

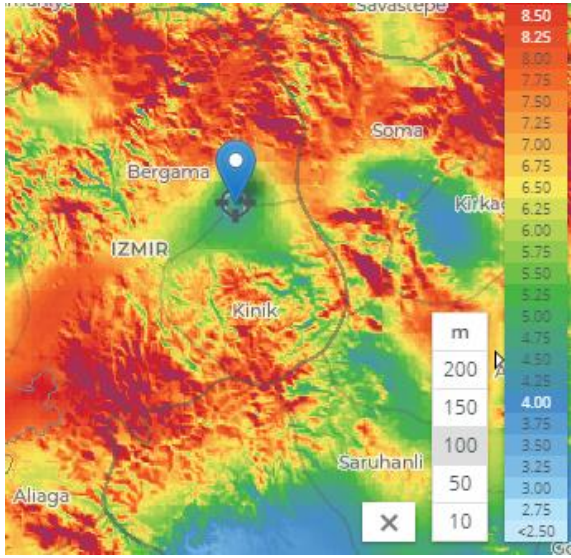
50W gücü için seçilen bölgenin elektrik üretim kapasitesi PVGIS yazılımıyla hesaplanarak özet halinde Şekil 3'de verilmiştir.



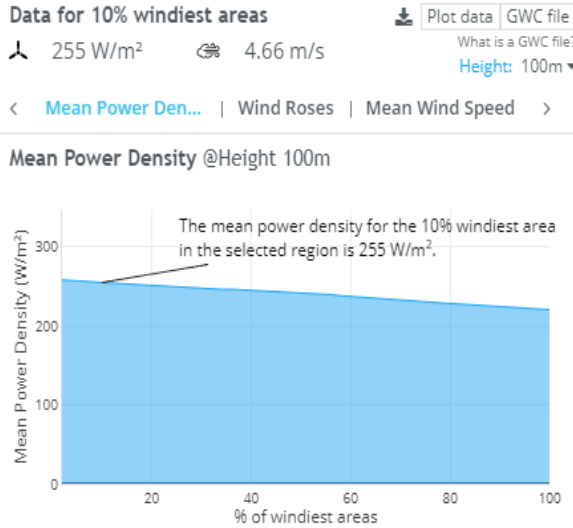
**Şekil 3.** PVGIS sonuçlarının özeti (Summary of PVGIS results)

50W kurulu gücü için seçilen bölgede aylık en az 100 kWh ile 250 kWh elektrik üretilebileceği görülmektedir.

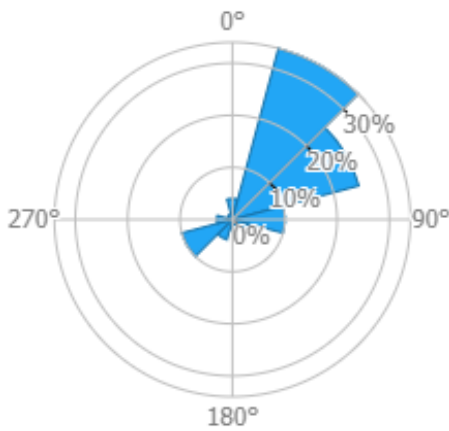
Bölgenin rüzgar potansiyeli ise Wind Global Atlas (WGA) yazılımıyla [4] elde edildi. Bölgenin WGA görüntüsü Şekil 4 de verilmiştir. Şekil 5'de WGA sonuçlarının bölgedeki fizibilite raporu verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre rüzgar frekans dağılımı, rüzgar hız dağılımı ve rüzgar gücü dağılımı ve ortalama rüzgar hızları ise Şekil 6-9'da verilmiştir.



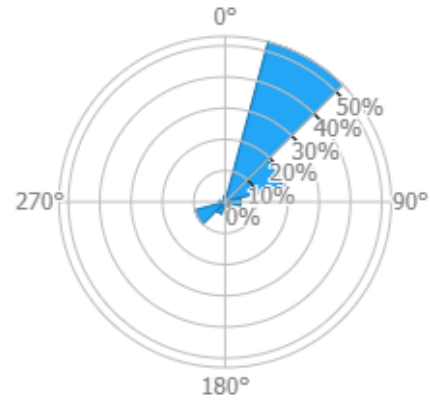
Şekil 4. WGA bölgenin tespiti (Detection of WGA region)



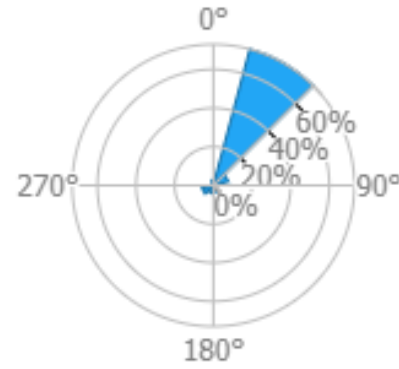
Şekil 5. WGA fizibilitesi (WGA feasibility)



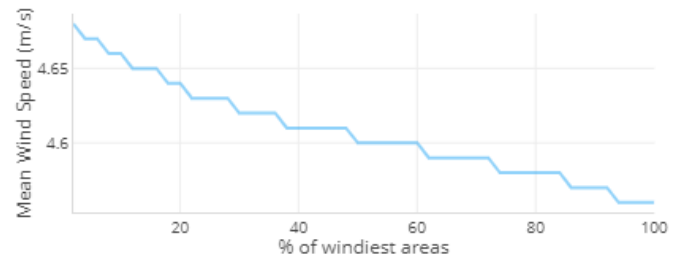
Şekil 6. WGA rüzgar frekansı (WGA wind frequency)



Şekil 7. WGA rüzgar hız dağılımı (WGA wind speed distribution)



Şekil 8. WGA rüzgar gücü dağılımı (WGA wind power distribution)



Şekil 9. Ortalama rüzgar hızı (Average wind speed)

### 3. SERA ve ÜRETİM (GREENHOUSE and VEGETABLE GROWING)

#### 3.1. Biber Yetiştiriciliği (Pepper cultivation)

Sıcak iklimleri seven biberin sağlıklı gelişimi için sıcaklık, toprak, ışık yoğunluğu ve nem önemlidir. İlk dönemlerinde diğer dönemlerine göre daha çok sıcaklık ister. Rutubetli toprakları sever ve düzenli sulama ister. Yetiştirdiği toprakta 560 ila 70 arasında nem bulunmalıdır.

Fideler arasında sıra arası 60-80 cm ve sıra üzeri 30-50 cm olmalıdır. Seçilen bölgenin toplam alanı 1,09 km<sup>2</sup>, çevresi ise 4,25 m'dir. 10 dönümlük arazi için sıra

aralarını 70 cm ve sıra üzerini 30 cm aldığımızda toplamda 42000 adet fide dikilebilir olduğunu görüyoruz



Şekil 10. Arazinin geometrisi(Geometry of the terrain)

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün hazırladığı "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi" kullanarak İzmir için biber bitkisinin su gereksinimi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İzmir için biber bitkisi su gereksinimi(Pepper plant water requirement for Izmir)

	nisan			mayıs			haziran			temmuz			ağustos			eylül		
biber	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		5,4	10	14,1	28,7	50,5	64,1	70,9	74,7	74,9	76,5	80,5	70,5	64,2	61,6	29,4		

İzmir'in yağış aldığı miktar ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. İzmir yıllık yağış miktarı(Izmir annual precipitation amount)

	ocak			şubat			mart			nisan			mayıs			haziran			temmuz			ağustos			eylül			ekim			kasım			aralık		
Yağış (mm) Ort.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	45,7	24,5	42	42,4	32,9	24,5	28,8	23	25,1	17,2	18,8	10,5	9,1	10,4	5,9	1,7	2,6	3,2																		
	1,4	0,1	0,6	1,2	0,1	0,4	4,2	5,4	10,3	11,4	15,2	16,6	25	41,6	43,1	38,7	44,8	54,4																		

### 3.2. Sulama Yöntemlerine Göre Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu İhtiyacı (Plant Water Consumption and Irrigation Water Needs According to Irrigation Methods)

Bitkilerin net sulama ihtiyaçları aşağıdaki bağıntıda verilmiştir:

$$dn = ETc - Pe$$

Burada;

dn = Net sulama suyu ihtiyacı (mm)

ETc = Bitki su tüketimi (mm)

Pe = Etkili yağış (mm) (Düşen yağışın %80'i etkili yağış olarak kabul edilmiştir.)

Damla sulamanın uygulandığı koşullarda:

$$T = ETc \cdot \left( \frac{Ps}{85} \right)$$

T = Düzeltilmiş bitki su tüketimi değeri (mm)

Ps = Bitki tarafından gölgelenen alan yüzdesi (%)

Gölgelenen alan yüzdesi, tarla bitkileri ve sebzelerde %80

Damla sulama yönteminde net sulama suyu ihtiyacı:

$$dn = T - Pe$$

dn = Net sulama suyu ihtiyacı (mm)

T = Düzeltilmiş bitki su tüketimi (mm)

Pe = Etkili yağış (mm) (Düşen yağışın %80'i etkili yağış olarak kabul edilmiştir.)

Toplam sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi:

$$dt = \frac{dn}{Ea \cdot Ec}$$

dt = Toplam sulama suyu ihtiyacı (mm)

Ec = Su iletim randımanı (Basınçlı borulu sulama sistemlerinde bu değer %98 alınmaktadır.)

Ea = Su uygulama randımanı

Yüzeysel damla sulama yöntemi için; Ea = %87,5

Bu formüllerden yararlandığımızda biber için:

$$T = ETc \cdot (Ps/85) = 82,8 \cdot (80/85) = 77,6 \text{ mm}$$

(düzeltilmiş bitki su tüketimi)

$$dn = T - Pe = 77,6 - 0,48 = 77,12 \text{ mm (Net sulama suyu ihtiyacı)}$$

$$dt = dn / (Ea \cdot Ec) = 77,12 / (0,90 \cdot 0,98) = 87,43$$

(Toplam sulama suyu ihtiyacı)

$$dt = 87,43 \cdot 10 = 874,3 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Aynı hesaplamayı diğer biber yetiştiriciliği dönemleri için yaptığımızda Çizelge 4'deki değerlere ulaşırız:

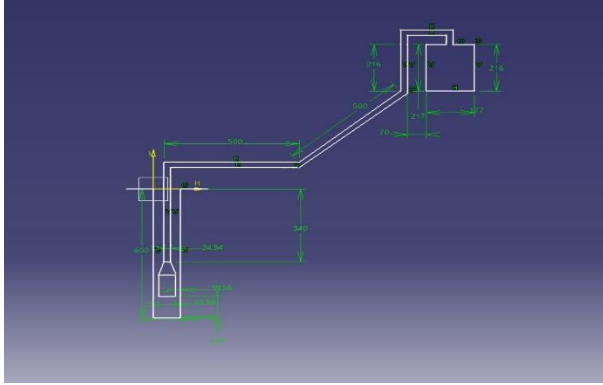
Çizelge 4. Biber için gerekli su miktarı(Required amount of water for pepper)

Aylar	Dönemler		
	1 (m <sup>3</sup> /ha)	2 (m <sup>3</sup> /ha)	3 (m <sup>3</sup> /ha)
Nisan	-	61,22	96,37
Mayıs	135,9	276,58	486,6
Haziran	617,74	683,27	715,8
Temmuz	721,82	732,24	874,3
Ağustos	679,42	618,70	593,65
Eylül	283,3	-	-

#### 4.SONUÇLAR (RESULTS)

##### 4.1. Dalgıç Pompa Seçimi (Submersible Pump Selection)

Hibrit sistemin sera ile bağlantısı ve dalgıç pompa ile sunun taşınacağı sera detayları Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Sera su iletim hattı (Greenhouse water transmission line)

Sistemin basma yüksekliği:

$$H = h + TDP + PA$$

şeklinde verilir. Burada;

**H**, basılacak sıvının serbest sıvı yüzeyi ile basıldığı yer arasındaki statik yükseklik farkı.

**TDP**, tüm basınç kayıplarının toplamı.

\*Bu toplam basınç farkı emiş ve basma hattındaki borulardaki sürtünme kayıpları, tüm vana, armatür ve fittingslerin sürtünme kayıplarından oluşur.

**PA**, akma basıncı, basma hattının sonunda sıvının vana, armatür veya borudan akış basıncı.

Her pompanın kendine özel Q-H eğrisi grafiği bulunmaktadır. Her pompanın optimum çalışma noktası sistem eğrisi ile pompa karakteristik eğrisi olan Q-H eğrisinin kesişme noktasıdır. Çalışma noktasının değişmesinde etkili olan faktörler pompa devir sayısı, fan çapının değişmesi ve sistemin karakteristiğinin değişmesi etkilidir.

Pompa sistemlerinde pompanın emniyetle çalışması için önemli faktörlerden biri de emiş koşullarıdır. Pompalarda net pozitif emme basıncı diye adlandırılan bu değer bir pompanın öngörülen işletme değerinde kavitasyonsuz ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için, pompanın emiş ağzında var olması gereken nominal su basıncını ifade eder.

Kavitasyonun ilgili olduğu yer akışkanın çalışma sıcaklığındaki buharlaşma basıncıdır. Akışkanın sıcaklığı

ile akışkanın pompa emişinde buharlaşmaması için gerekli olan asgari basınç da artmaktadır.

Pompa gücü:

$$P = \left[ \frac{(Q \cdot H \cdot \rho)}{367 \cdot n} \right] \cdot \text{emniyet}$$

Bağıntısıyla verilir. Burada;

**Debi (Q)**, birim zamanda pompadan geçen sıvının hacmidir. Birimi=m<sup>3</sup>/h veya lt/h

**Pompa Basma Yüksekliği (H)**, pompanın akışkana verdiği faydalı kinetik enerjidir. Pompanın giriş ağzı ve çıkışı arasındaki mesafedir. Birimi=mSS

**Akışkan Yoğunluğu (ρ)**, Pompadan geçen akışkanın yoğunluğudur. Birimi =kg/m<sup>3</sup>

**Motor Verimi (ηm),**

$$P1/P2$$

P1= Şebekeden çekilen güç

P2= Pompa mil gücü

Pompalar aldığı gücü yararlı iş (çıkış gücü) olarak kullanırken bir yandan da geriye kalan faydasız gücü ısı ve gürültü olarak çevreye yayarlar.

**Hidrolik Verim (ηh)**, mil gücünün akışkana ne kadar iletildiği ile ilgili yüzdesel terimdir.

**Hidrolik Güç**

$$Ph = \frac{(Q \cdot \rho \cdot g \cdot h)}{3,6 \cdot 10^6}$$

**Ph**, hidrolik güç (kW)

**Q**, debi (m<sup>3</sup>/h)

**ρ**, akışkan yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

**g**, yer çekimi kuvveti (9.81 m/s<sup>2</sup>)

**h**, basma yüksekliği (m)

**p**, basınç farkı (N/m<sup>2</sup>, Pa)

$$Ph = (36,4 \text{ m}^3/\text{h}) (1000 \text{ kg}/\text{m}^3) (9,81 \text{ m}/\text{s}^2) (51,73 \text{ m}) / (3,6 \cdot 10^6) = 5,13 \text{ kW}$$

**Hidrolik Beygir Gücü:**

$$Ph(\text{hp}) = \frac{Ph(\text{kW})}{0,746}$$

$$P_{h(\text{hp})} = 5,13 \text{ Kw} / 0,746 = 6,87 \text{ hp}$$

**Pompa gücü:**

$$P = \frac{(Q \cdot H \cdot \rho)}{367 \cdot \mu h} \cdot \text{emniyet faktörü}$$

**Q**, Debi (m<sup>3</sup>/h)

**H**, Pompa basma yüksekliği (mSS)

**ρ**, Akışkan yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

**ηh**, Hidrolik verim

**Emniyet faktörü**,  $P \leq 1,5\text{kW}$ 'lık mil güçleri için %15 (çarpım faktörü 1.15)

$P \leq 15\text{kW}$ 'lık mil güçlerine kadar %10 (çarpım faktörü 1.10)

$P > 15\text{kW}$ 'lık mil güçleri için %5 (çarpım faktörü 1.05)

Mil gücünü hesaplayarak emniyet faktörü aralığını bulunur.

**Mil gücü (şaft gücü):**

$$P_s = Ph/\eta$$

$P_s$ , mil gücü (kW)

$\eta$ , pompa verimi

$$P_s = (5,13\text{ kW}) / (0,85) = 6,03\text{ kW}$$

**Pompa gücü:**

$$P = \left[ \frac{(36,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 51,7\text{m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{367 \cdot 0,85} \right] \cdot (1,10) = 6,63\text{ kW}$$

Toplam yük kayıpları için:

Yerel kayıplar

**Hk,yerel** =  $Kk \cdot \frac{v^2}{2g}$  formülünü kullanılır.

**Köşeli ve yuvarlak sürüş:**

$$Hk,yerel = Kk \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,5 \cdot \frac{2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,12\text{ mss}$$

**90° dirsek:**

$$Hk,yerel = Kk \cdot \frac{v^2}{2g} = 1,2 \cdot \frac{2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \times 3 = 0,88\text{ mss}$$

**45° dirsek:**

$$Hk,yerel = Kk \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,4 \cdot \frac{2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \times 2 = 0,19\text{ mss}$$

**Sürgülü vana:**

$$Hk,yerel = Kk \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,2 \cdot \frac{2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,04\text{ mss}$$

**Dip klapesi süzgeç:**

$$Hk,yerel = Kk \cdot \frac{v^2}{2g} = 2,5 \cdot \frac{2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,616\text{ mss}$$

**Geri tepme klapesi:**

$$Hk,yerel = Kk \cdot \frac{v^2}{2g} = 1,0 \cdot \frac{2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,24\text{ mss}$$

$$Hk = Hk,sürtenme + Hk,yerel = 14,763\text{ mss}$$

Toplam dikey yükseklik= 37,03 m

**4.1.Güneş Enerjisi Sistemi ile Sulama**(Irrigation with Solar Energy System)

Seçilen arazinin dönemlik su ihtiyacı ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) **Çizelge 5**'te verilmiştir. Bu tablodaki değerlerden yola çıkarak seçilen pompanın debisine ( $36\text{ m}^3/\text{h}$ ) böldüğümüzde sonuç olarak Çizelge 4'teki saatler bulunmuştur.

**Çizelge 4.** Seranın sulama saatleri (Irrigation hours of the greenhouse)

AYLAR	DÖNEMLER		
	1	2	3
NİSAN	-	1,7 h	2,67 h
MAYIS	3,75 h	7,68 h	13,51 h
HAZİRAN	17,1 h	18,9 h	19,88 h
TEMMUZ	20 h	20,4 h	24 h
AĞUSTOS	18,87 h	17,18 h	16,49 h
EYLÜL	7,86 h	-	-

Dolayısıyla  $7,5\text{kW}$  gücünde bir pompa belirlenen alan için sulama sisteminin hesaplar doğrultusunda gerekli güçte olacaktır. Buna göre biber tarlasının 5 günde bir sulanacağını varsayılır ise:

$$\text{NİSAN} \rightarrow 4,37\text{ h} \times 7,5\text{ kW} = 32,8\text{ kWh}$$

$$\text{MAYIS} \rightarrow 25\text{ h} \times 7,5\text{ kW} = 187,5\text{ kWh}$$

$$\text{HAZİRAN} \rightarrow 55,5\text{ h} \times 7,5\text{ kW} = 416,25\text{ kWh}$$

$$\text{TEMMUZ} \rightarrow 128,68\text{ h} \times 7,5\text{ kW} = 482,55\text{ kWh}$$

$$\text{AĞUSTOS} \rightarrow 52,5\text{ h} \times 7,5\text{ kW} = 393,75\text{ kWh}$$

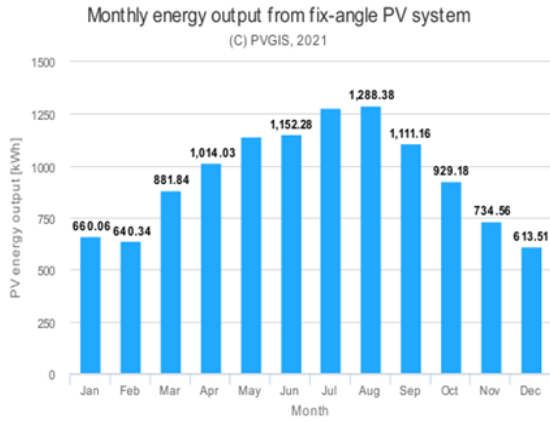
$$\text{EYLÜL} \rightarrow 7,86\text{ h} \times 7,5\text{ kW} = 58,95\text{ kWh}$$

$$\text{Pompanın kullandığı toplam} = 1517,7\text{ kWh}$$

Gerekli elektrik enerjisi dağılımı bu şekilde bulunabilir.

Sulama sistemi için  $7,5\text{ kW}$ 'lık bir Güneş enerji Santrali kurulması durumunda PVGIS'den elde edilen sonuçlar Şekil 12'de verilmiştir. Kurulacak sistemin performans değerleride Şekil 13'de verilmiştir. Sistem yılda 11446 kWh elektrik üretecek olup sulama harici aylarda şebekeyi besleyecektir. Yapılan fizibilite çalışmasında sistemin maliyet analizleri de değerlendirilmiştir.





Şekil 12. PVGIS sonuçları(Result of PVGIS)

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	39.155, 27.000
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	7.5
System loss [%]:	14
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	35
Azimuth angle [°]:	0
Yearly PV energy production [kWh]:	11446.92
Yearly in-plane irradiation [kWh/m <sup>2</sup> ]:	1955.64
Year-to-year variability [kWh]:	468.59
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.63
Spectral effects [%]:	0.53
Temperature and low irradiance [%]:	-7.29
Total loss [%]:	-21.96

Şekil 13. PVGIS sonuçlarının özet tablosu(Summary table of PVGIS results)

Bütün yıl boyunca şebekeye verilecek üretilen elektrik enerjisi miktarı ve satış bedeli Çizelge 5’de verilmiştir.

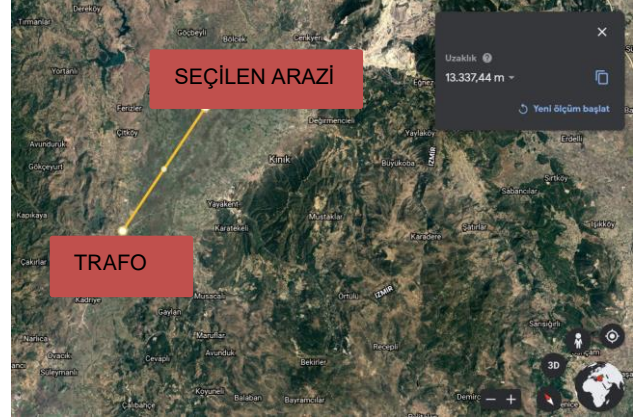
Çizelge 5. Güneş enerjisi sisteminden şebekeye verilecek elektrik enerjisi ve bedelleri (Electricity to be supplied to the grid from the solar energy system and its costs)

ŞEBEKEYE VERİLECEK GÜÇ (kWh) ve bedeli (TL)					
Ocak	660,06	237,62	Temmuz	798,1	287,31
Şubat	640,34	230,52	Ağustos	894,63	322,02
Mart	881,34	317,28	Eylül	1052,21	378,79
Nisan	981,23	353,24	Ekim	929,18	334,50
Mayıs	953,43	343,23	Kasım	734,56	264,44
Haziran	736,03	264,97	Aralık	613,51	220,86

Şebekeye verilecek toplam güç ise 9875,16 kWh olup 3555,05 TL idir. (Şebekeye satış (kW başına) = 0,36 TL)

Sistemin kuruluş maliyeti hesaplamak için trafoya olan kuş uçuşu uzaklığı 13.337 m dir (Şekil 14).

#### TRAFOYA OLAN UZAKLIK



Şekil 14. Arazinin trafo merkezine olan uzaklığı(The distance of the land to the substation)

Sistem maliyetleri için gerekli asgari ekipmanların fiyatlandırılması Çizelge 6’da özetlenmiştir.

Çizelge 6. 7.5kWh GES için maliyetler(Costs for 7.5kWh GES)

EKİPMAN	AÇIKLAMA	TUTAR
325W Mono Solar Panel	24 Adet, 325 Wp	895,00 TL x 24 =21480 TL
Tescom İnverter	2 Adet, 7.5 KW	4 829,99 TL x 2 =9659,98 TL
Konstrüksiyon	1 Set	15000 TL
Toplama Panosu	1 Adet	552 TL
Peyzaj ve toprak işleri	50 m2	1000 TL
Topraklama Sistemi ve Paratoner		1500 TL
Çift Yönlü Sayaç	1 adet, Köhler marka	369 TL
Solar Kablo (Kırmızı Mavi)	40 m – 40 m	800 TL
Mic4 Konnektör	1 Adet	19,68 TL
Topraklama Kazığı	3 Adet	71,39 TL x 3 = 214,17 TL
Galvanizli şerit iletken	6 m, 30x3,5 mm	77,88 TL
Topraklama Kablosu	5 m, 1x16 mm2 NYAF	30 TL x 6 = 180 TL

Çizelge 5 ve Çizelge 6 verilerine göre sistemin toplam maliyeti 50852TL iken yıllık geliri 3554TL olmaktadır. Dolayısıyla sistemin geri ödeme süresi 14 yıldır. Bu sistem sulama işlemi için harcayağınız elektriği şebekeye satmadığınız düşünülerek hesaplanmış geri dönüşüm süresidir. Ana amaç seranın sulanması olduğu için kazancın yenilenebilir enerji sistemi yatırımı olarak düşünülmemesi gerekir. Rüzgar enerjisi kurulum

maliyetleri de dikkate alındığında sulama sistemi için GES santralının yeterli olacağı hesaplanmıştır.

### 5.CONCLUSION (SONUÇ)

Bu çalışmada seraların sulama işlemlerinde enerji arz güvenliğinin sağlanması ve birim enerji girdinin ürün üzerindeki maliyetinin azaltılmasında yenilenebilir enerjinin kullanılmasının bir fizibilite çalışması yapılmıştır. Biber ürünü için İzmir bölgesinde bir sera için sulama sistemi tasarlanmış ve maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.

### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

### YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**Cuma KILINÇ:** tasarımı yapmış, sonuçlarını analiz etmiştir ve makalenin yazım kısmında görev yapmıştır.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] <https://www.dunyaenerji.org.tr/2020-yenilenebilir-enerji-raporu/>
- [2] Köksal, MA.,Güneş Enerjisiyle Su Pompalama Üzerine Bir Araştırma,**Yüksek Lisans Tezi**, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı,41, Adana,(2012).
- [3] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- [4] <https://globalwindatlas.info/>
- [5] Acakpovi, A., Xavier, FF., Awuah-Baffour, R.,Analytical Method of Sizing Photovoltaic Water Pumping System,**2012 IEEE 4th Int. Conf. Adap. Sci. Tech. (ICAST)**, 65-69,(2012).
- [6] Atik, KP., Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Parametrelerinin Araştırılması,**Yüksek Lisans Tezi**, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 38, Tekirdağ,(2013).
- [7] Öztürk, A., Dursun, M.,2,10 ve 20 KVA' lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı. **6th Int. Adv. Techn. Symp.(LAST'11)**, 16-18 May 2011, Elazığ,(2011).
- [8] Öztürk, HH., Güneş pili ile çalışan tarımsal sulama sistemleri için tasarım ölçütlerinin belirlenmesi. **4. Gün.En. Sis. Semp. ve Ser. Bild. Kit.**, 6-7 Kasım 2009, 58-73, Mersin,(2010)