



Araştırma Makalesi/Research Article

Güneş Takip Sistemiyle Çalışan Güneş Panellerinin Sulama Uygulamasında Verimlilik Düzeyleri

Muzaffer Yücel^{1*} Yakup Kılıçarslan² Murat Yıldırım³

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksek Okulu, Elektrik ve Enerji Bölümü,17400/Çan

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksek Okulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 17400/Çan

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,17100 Çanakkale.

*Sorumlu yazar : muzaffer@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.08.2018

Kabul Tarihi: 06.12.2018

Öz

Tarımın ve tarım araçlarının hızla geliştiği çağımızda, tarımda kullanılan enerji gereksinimi de arttığı görülmektedir. Günümüzde enerji masraflarının artması nedeniyle, birçok sektörde olduğu gibi tarımda da alternatif enerji kaynaklarının kullanımını gündeme getirmekte ve alternatif enerji kullanımı üzerinde bazı çalışmalar yürütülmektedir. Son zamanlarda tarımda en fazla kullanılan alternatif enerji türü güneş enerjisidir. Sulama, aydınlatma, kurutma gibi alanlarda kullanılmaktadır. Alternatif enerjilerde yapılan yatırımları kısa sürede karşılamak ve daha fazla enerji elde etmek için verimli enerji dönüştürücüler tasarlamak gerekmektedir. Özellikle güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren panellerin ortalama verimi %20 civarında olup, daha fazla verim alınabilmesi için güneş ışınlarının panele dik konumda gelmesi sağlanmalıdır. Bunun için panellerin iki eksenli olarak güneşi takip etmesi gerekmektedir. Ancak güneş takip sisteminde LDR gibi sensörlerin kullanılması bulutlu havalarda takip açısından problem olmaktadır. Bunun için GPS koordinatlarına göre azimut açısının takibini yapmak daha verimli olacaktır. Bu durum özellikle güneş enerjisinin su pompalama amaçlı kullanılması durumunda güneş enerjisi verimine %23 oranında katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu şekilde yapılan yatırımların ve daha az panel ile daha fazla arazinin sulamasının yapılması öngörülmektedir. Yapılan çalışmada iki panel gurubu kurulmuş: biri mikrodenetleyici (PLC) ile kurulu bölgenin azimut açısını kontrol ederek güneşi takip eden 2 eksenli çalışabilen sistem ve bu sistem de takip sisteminin ekonomik değeri ve bakım masrafları hesaplanmıştır, diğer panel gurubu ise güneşe optimum açı ile yerleştirilmiştir. Bu iki panel gurubu her dakika düşen güneş ışınları ölçülerek ürettikleri enerji miktarları kaydedilmiştir. Üretilen enerji aynı özellikteki su pompalarına aktarılmış ve pompaladıkları su miktarları sayaç ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Sonuç olarak üretilen enerji miktarları kıyaslaması yapılmış ve ekonomik olduğu durumlar bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş takip, alternatif enerji, otomasyon sistemi, tarımsal sulama, güneş enerjisi

The Efficiency Of Solar Tracking Systems in Irrigation

Abstract

Recently, technology in agricultural sector has been developing rapidly, and the energy requirement for agriculture seems to increase also. Today, due to the increase in energy costs and the use of alternative energy sources in agriculture is on very popular subject for many research studies and some studies are being carried out on the use of alternative energy. Recently, the most used alternative energy type in agriculture is solar energy, which is used in areas such as irrigation, lighting, drying. It is necessary to design efficient energy converters to meet the investments made in alternative energy in a short time and to get more energy. Particularly solar panels convert solar energy into electricity, with an average yield of around 20%, in order to get more efficiency, the incoming sunlights must be perpendicular to solar panels. Hence, the panes must follow the sun lights in the two axes directions. However, the use of sensors such as LDR in the solar tracking system is problematic in terms of following up in cloudy weather. Therefore, it would be more efficient to follow the azimuth angle according to GPS coordinates. This is expected to contribute 23% to solar energy efficiency especially when solar energy is used for irrigation. It is recommended that following azimuth angle according to GPS coordinates will increase energy efficiency, therefore more irrigation will be done without increasing the number of panel. In this study, two panel groups have been established; one is the 2-axis working system that monitors the azimuth angle of the location followed the sun by controlling the PLC and the other one is placed at the optimum angle to the sun. The economic values and maintenance costs of the tracking system and fixed one are calculated and compared with each other. The energy produced and the amounts of water pumped by the produced energy are measured and recorded. As a result, the amounts of energy produced by solar tracking system have been and found to be more economical.

Key words: Solar tracking, alternative energy, automation system, Agricultural irrigation, solar energy

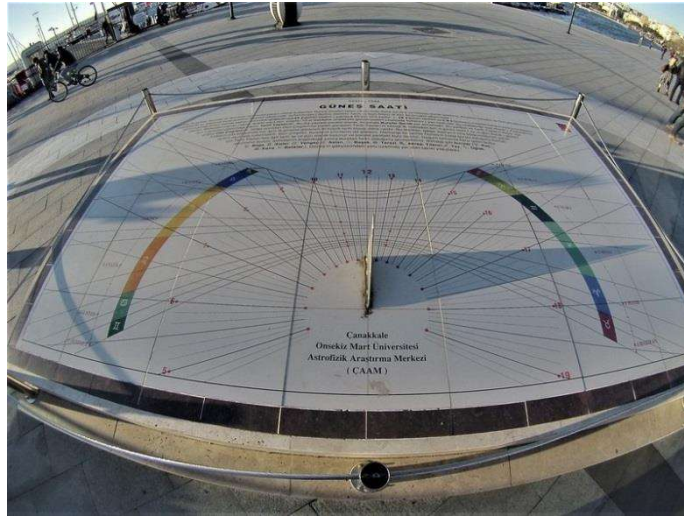
Giriş

Enerji üretiminde fosil yakıtların her geçen gün kirlettiği dünyamız geri dönülemez bir kirlenme içerisine girmiştir. Oysaki gelişen teknolojilerle birlikte alternatif enerji çeşitliliğinin yanında üretilen enerjinin verim değerleri de artmıştır. Güneş enerjisi PV panel üretim ve kurulumu hızla artmaktadır. Panellerin enerji üretim verimlilikleri de farklıklar göstermektedir. Ancak farklı yöntem ve tekniklerle panellerin verimliliğinin artırılması sağlanmaktadır. Bu yöntemlerden biri güneşin sabah doğumundan akşam batımına kadar ışığın panellere dik konumda gelmesi sağlanarak yapılmaktadır. Bu alanda da farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar içerisinde panellerin farklı noktalarına konulmuş ışık sensörlerinin, birbirlerine göre farklı çıkış değerlerinin karşılaştırılması yöntemi ile güneşin takip edilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntemde sensörlerin kalitesi eşit ve devamlı temiz olması gerekmektedir. Ayrıca havanın bulutlu olduğu anlarda kontrolde aksamlar meydana gelmektedir.

Farklı yöntemlerden biri ise güneşin yıl içerisindeki geliş açılarının gün-saat bazında hesaplamasını yapmak ve panelleri buna göre güneşe karşı yönlendirmelerini sağlamaktır. Bu yöntemde herhangi bir sensör kullanılmamaktadır. Sadece iki boyuttaki hareket kontrolünün, güneşe göre yönelme konumunun doğruluğunu takip eden motor pozisyon enkoderleri bulunmaktadır. Kentli ve Yılmaz, (2012) de yaptıkları çalışmalarında güneşi takip eden sistemlerde enerji veriminin % 30 civarında arttığını gözlemlemişlerdir.

Güneş ışınlarının yıl içerisindeki dünyaya geliş açı değişimleri

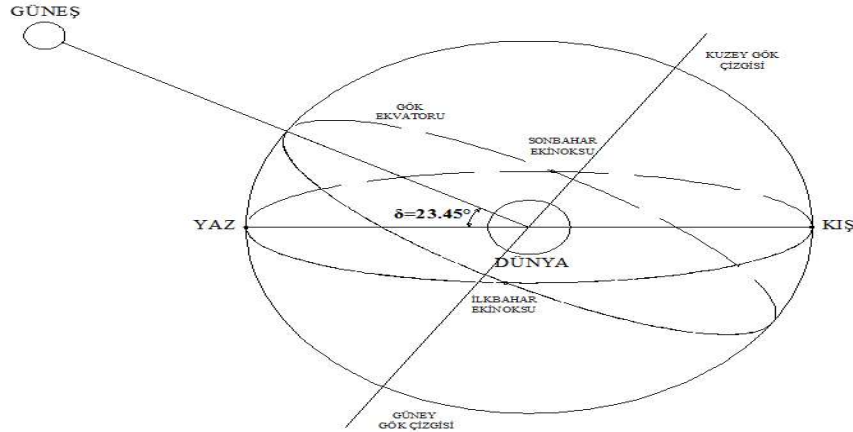
Yıl içerisindeki açı değişimleri Şekil 1 de gösterildiği gibi eski dönemlerde takvim olarak kullanılmıştır. Burada güneş ışınlarının geliş açıları her gün değişmektedir. Bu açı değişim değerlerinin hesapları yapılarak kurulan güneş panellerin verimleri artırılabilir. Güneş panellerinin kurulumlarında, sabit sistemlerde güneş ışığının verimli alınabilmesi için uygun açılarda yerleştirilmelidir. Sabit sistemler kurulurken yaz mevsimi baz alınarak, ideal açıda kurulur. Bu açı değeri kurulum bölgesinin paralel ve meridyenine göre farklılık göstermektedir.



Şekil 1. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi güneş saati uygulaması (Çanakkale)

Enlem açısı (θ)

Dünyanın güneş etrafındaki bir yıllık dönme periyodunda ekvator çizgisine olan geliş açılarının değişim değeridir. Bu açı değeri $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ aralığının da değişir. Kuzey yarımküre pozitif değer, güney yarımküre negatif değer aldığı kabul edilir. Şekil 2 de ifade edildiği gibi yıl içerisinde güneş ışınları farklı açı değerleri ile gelmektedir. Bu açı değerleri bulunan bölgeye ve enlem değerine göre değişiklik göstermektedir (Şenpınar, 2006).



Şekil 2. Güneş ışınları ekvator geliş açısı değişimi (Deklinaşyon Açısı)

Deklinaşyon açısı (δ)

Güneş ışınları geliş doğrultusu ile ekvator düzlemi arasındaki açı değeridir. Deklinaşyon açısı değeri negatif kısmı güney yarım küreyi, pozitif kısmı kuzey yarım küreyi göstermek üzere $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$ değerleri arasındadır (Duffie ve Beckman, 2013). Denklem [1.1] de yıl içerisinde herhangi bir gün için hesaplama yöntemi verilmiştir. Ekinoks tarihlerinde, yani gece ile gündüz zaman diliminin eşit olduğu zamanlarda (20 Mart ilkbahar ekinoksu, 23 Eylül sonbahar ekinoksu) deklinaşyon açısının değeri, güneş ışığı ekvatora paralel olduğu için sıfırdır. Yaz gündönümünde (21 Haziran), deklinaşyon açısının değeri $23,45^\circ$ ve kış gündönümünde (22 Aralık) ise $-23,45^\circ$ değerine sahiptir (Şenpınar, 2006). Deklinaşyon açısının değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Deklinaşyon açısı, Denklem [1.1] n ifadesi 1 Ocaktan itibaren gün sayısı değeri verilerek hesaplanır (Kentli ve Yılmaz, 2012).

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right)^\circ \quad [1.1]$$

Saat açısı (ω)

Kabul edilen güneş saati ile kullanmış olduğumuz yerel saat farklılıklar göstermektedir. Güneşin sabah doğumundan akşam batımına kadar farklı açılar tarar. Taradığı bu açıların saat değeri güneş saatini vermektedir. Güneşin tepede olduğu güneş öğle saati (GS=12) sıfır değerini alır. Sabah gün doğumundan sıfır konumuna kadar pozitif değer, sıfır konumundan akşam günbatımına kadar negatif değer aldığı kabul edilir (Kıncay, O., Anonim, 2018a). Alınan bu değer Denklem [1.2] de ifade edilmiştir. Güneş saat değerinin 15 ile çarpılmasının sebebi dünya 24 saat içerisinde bir tur gerçekleştirir. Bir tur 360° olduğundan bir saat içerisinde 15° lik bir açı değeri taramaktadır (Okundamiya ve Nzeako, 2011).

$$\omega = 15 \cdot (GS - 12) \quad [1.2]$$

Güneşin batış derecesi (GB°)

$$GB^\circ = \cos^{-1}(-\tan(\delta)\tan(\varphi)) \quad [1.3]$$

Güneş batış açısı değeri güneş saati 12 olduğu dik konumdan sıfır olarak kabul edilerek, batış açısı değeri Denklem [1.3] te hesaplanır. Güneş batış ve doğuş açıları birbirine göre simetri olduğundan dolayı sabah doğma açısı ile batma açısı aynı açı değerleridir (Anonim 2018b, Abuşka M.).

Güneş saati ile yerel saat arasındaki fark, Denklem [1.4] te ifade edilmiştir (Anonim 2018b, Abuşka M.). Bu denkleme göre yerel konumun boylam değeri, yerel saati belirlemede önemlidir.

$$YS = GOZ + \frac{[E-4(\text{yerel balam değeri})]}{60} \quad [1.4]$$

GOZ = Greenwich ortalama zamanı (Greenwich'deki yerel saat - 0° boylamı)

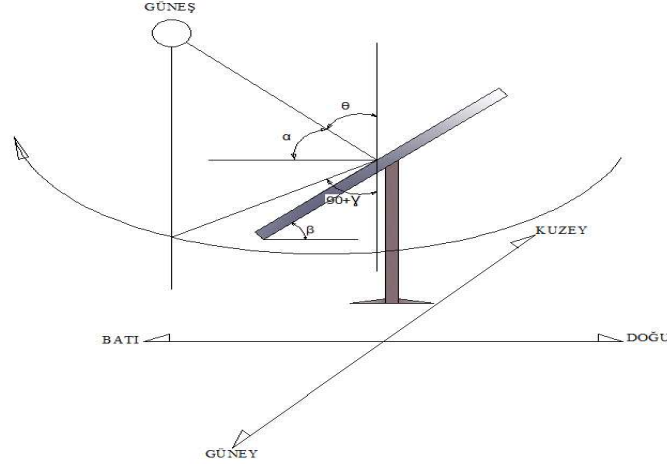
E: Dünyanın yörüngesindeki düzensizlik için alınan düzeltme faktörü

SSA: Standart saat

YS: Yerel saat (güneş saati-mahalli saat)

Denklem [1.5] ifadesinde Türkiye için standart saat hesaplaması verilmiştir (Anonim 2018b, Abuşka M.).

$$GOZ = [SSA - 3] \quad [1.5]$$



Şekil 3. Takip sistemli panellerin takip açılarının kontrolü

Zenit açısı (θ)

Şekil 3 te belirtildiği gibi panelin dikey konumda yapacağı açıyı güneşin geliş doğrultusu ile panelin kurulduğu düzlemin dikeyi arasındaki zenit açı değeri belirler. Denklem [1.5], [1.6] ve [1.7] de güneş ışınlarının panelin kurulduğu yere dik konumdaki açı değerlerinin formülleri verilmiştir (Anonim 2018b, Abuşka M.).

$$\cos \theta = \sin \varphi \sin \delta + \cos \delta \cos \omega \quad [1.5]$$

$$\alpha = \sin^{-1} [\cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi] \quad [1.6]$$

θ = Zenit açısı, δ = Deklinasyon açısı, φ = Enlem açısı, ω = Saat açısı, θ = 90-α, α: Güneş yükseklik açısı

$$\theta = \cos^{-1} [\cos(\delta) \cos(\varphi-\beta) \cos(\omega) + \sin(\delta) \sin(\varphi-\beta)] \quad [1.7]$$

yukarıdaki denklemlerde; β = Dikkate alınan yüzeyin yatay düzlemlerle yaptığı eğim açısı, δ = Deklinasyon açısı, γ = Azimut açısı, ω = Saat açısı, φ = Enlem açısı ifade etmektedirler.

Azimut açısı (γ)

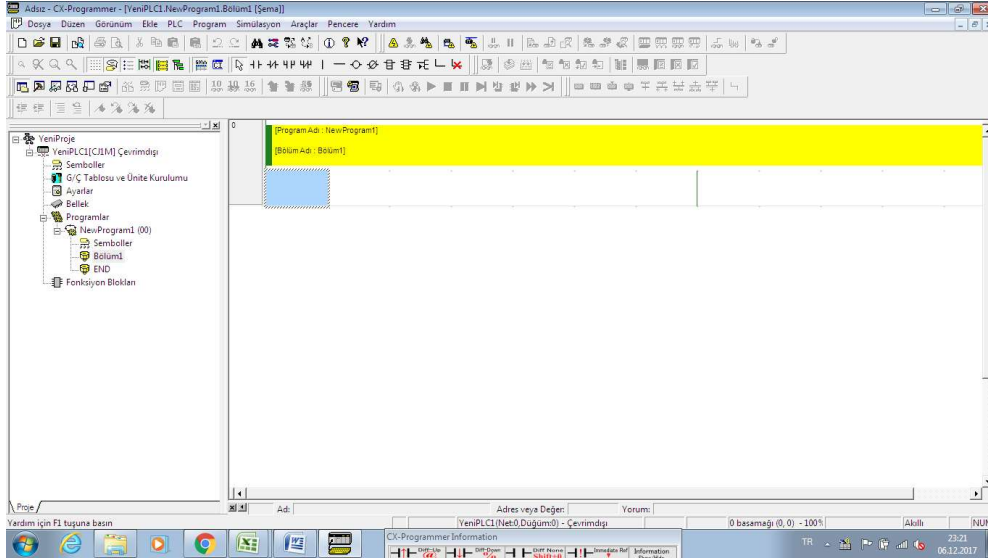
Azimut açısı güneşin dünya yüzeyindeki izdüşümünü pusula kuzey 0° açı değeri olmak üzere gün içerisinde doğup batana kadar taradığı açı değerine denir. Güneş 12:00 saatinde 180° lik açı taramış olur. Yıl içerisinde taradığı açı güneşin doğma ve batma saatlerindeki farklılığından dolayı değişiklik gösterir. Güneş takip sisteminde yatay yaw pozisyon hareketi bu açı değerini saatlik olarak takip edilerek hesaplanır. Denklem [1.8] de azimut açısının hesaplanması gösterilmiştir (Anonim 2018b, Abuşka M.).

$$\gamma = \sin^{-1} \left[\frac{\cos(\delta) \sin(\omega)}{\cos(\alpha)} \right] \quad [1.8]$$

Materyal ve Yöntem

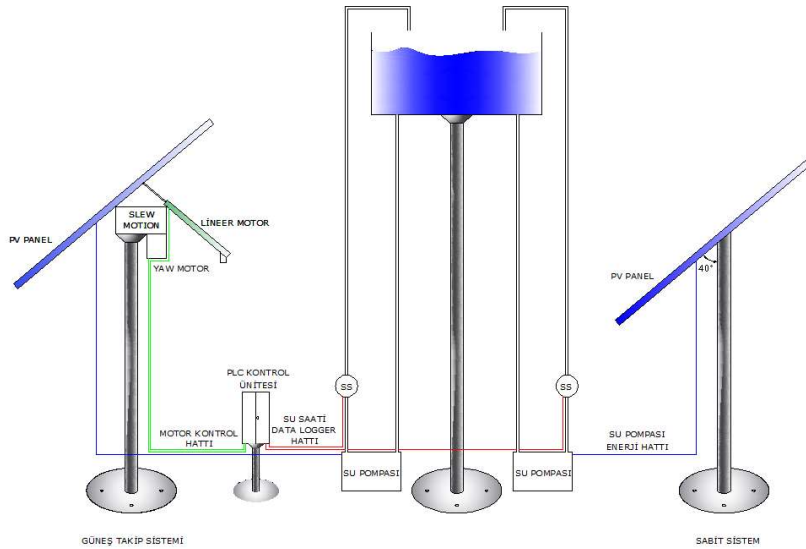
Takip sisteminde paneller iki farklı hareket yapmaktadır. Birinci hareket sabah-akşam güneş hareketini diğeri ise yıl içerisinde güneşin paralel çizgilerine göre farklı geliş açısıdır. Güneş sistemindeki hareket üç boyutlu bir hareket olup 2 farklı hareketi yapan motor ile kontrol yapılmalıdır.

Bu motorların pozisyonu belirleyen bir mikro denetleyici (plc) ile kontrol sistemi yapıldı. Mikrodenetleyici otomasyon sisteminde gerçek zaman saati (rtc) modül bulunmalı ve buradan gerekli zaman bilgileri alınmalıdır. Alınan bu zaman bilgilerine göre güneşin o andaki konumu hesaplatılmalı ve güneş paneli yönlendirme motorlarına komut gönderilmelidir. Mikrodenetleyici güneşin geliş açılarına göre takip eden sisteminde; yağmur, bulut, sis gibi dış ortamın olumsuz şartlarından etkilenmez.



Şekil 4. Panel takip sistemi Plc kontrol programından bir kesit

Yapılan çalışmada Şekil 4 teki program ile rtc modül bulunan mikrodenetleyici, güneşin o andaki pozisyonunu, tarih ve saat bitlerini okuyup, gerekli formülü kullanarak güneşin panele geliş açısını hesapladı. Takip motorları da panellerin güneşe karşı 90° lik dik pozisyon almasını sağlamıştır.



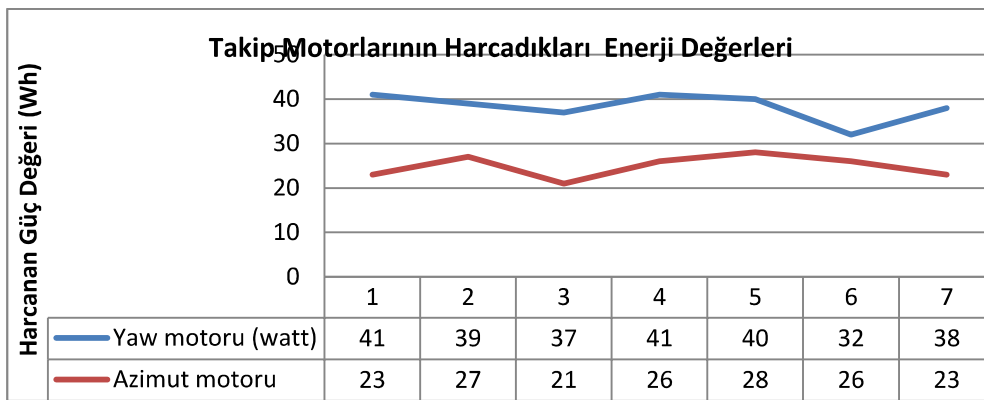
Şekil 5. Güneş takip sistemi ve sabit sistemli panellerin sulama pompalarındaki verimin değerlendirilmesi için tasarlanan deney sistemi gösterimi

Yapılan çalışmada takip eden sistem ile sabit olan sistemin su pompalama verimliliğinin araştırılması için Şekil 5 teki düzenek hazırlanmış, bu düzenek ile aynı özellikteki iki pompaya panellerden enerji bağlanmıştır. Su pompalarının 2,4 m yukarıda bulunan havuza su pompalaması yapılmıştır. Pompaların çıkışına debimetre yerleştirilerek gün içerisindeki pompaladıkları su miktarları ölçülmüştür. Ayrıca takip sistemli panel motorlarının harcadığı enerjiyi bulmak için motorlara giden güç değeri bulunmuştur. Sistemde kullanılan paneller aynı özelliklere sahip ve eşit yüksekliklere

monte edilmiştir. Panellerde pompalara giden iletim kabloları aynı kesit ve uzunluktadır. Sabit panelli sistem Güney yönünde ve 40° lik bir açı ile sabitlenmiştir. Her iki panel sistemi için aynı şartlar sağlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Şekil 5 deki gösterimde olduğu gibi panelin güneş ışınlarını dik olarak alabilmesi için iki bağımsız hareket eden motor kullanıldı. Şekil 6 ve Çizelge 1 deki tabloda, motorların yedi gün içerisinde harcadığı enerji değerleri ile bir gün de tükettiği ortalama enerji bulundu. Motorlar gün içerisinde 20 sefer aktif hale getirildi. Güneş doğumundan batımına kadar yapmış olduğu hareketi zamansal olarak 20 eşit parçaya bölündü. Bölünen zaman değeri gelince, panelin hangi açılarda olması gerektiği mikrodenetleyici tarafından hesaplandı ve motorların açı değerinin pozisyonunu alması sağlandı. Buradaki amaç; motorların devamlı aktif olmaları ve sürekli enerji tüketmeleri önlenmiş oldu. Yapılan çalışmada panelin ağırlık merkezinden montaj yapılarak, motorların hareketindeki zorlanmadan kaynaklı bir enerji kaybının olması önlenmiştir. Zorlanma rüzgâr, yağmur gibi dış etmenlere karşı olmaktadır.



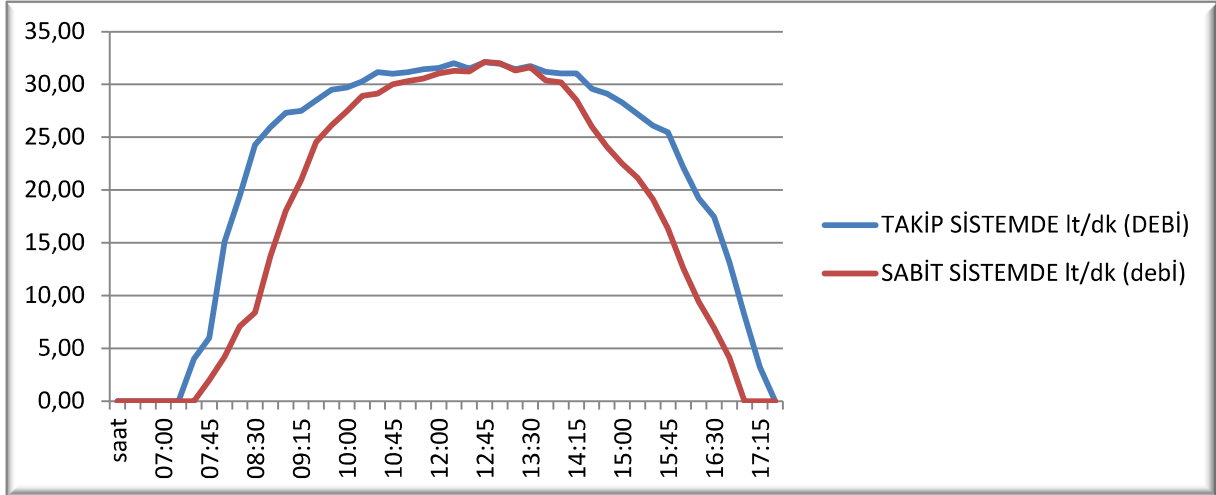
Şekil 6. Güneşin geliş açılarına göre takip eden sistemdeki motorların harcadığı enerji (Wh) miktarı

Çizelge 1. Yön değiştirme motorlarının ortalama harcadığı enerji değerleri ve hareket sağlanması için gerekli olan ortalama tork değerleri tablosu

Takip Edilen Gün	Yaw motoru (Wh)	Azimut motoru (Wh)	Ortalama Toplam Enerji
1. Gün	42	23	Yapılan çalışmada yatay düzlemdeki hareketi yaw motoru, dikey düzlemdeki hareketi azimut motoru sağlamıştır. Motorların bir günde harcadıkları enerji değerlerinin ortalaması alınarak bir günde harcanan enerji bulunmuştur.
2. Gün	39	27	
3. Gün	37	21	
4. Gün	41	26	
5. Gün	40	28	
6. Gün	32	26	
7. Gün	34	23	
Ortalama	37,85	24,85	62,70 Wh
	Yaw dönüş motorunun tork değeri(Nm)	Azimut kaldırma motorunun tork değeri(Nm)	
Gün içerisindeki farklı zamanlarda alınan tork değerleri	13,734	7,3575	
	11,772	9,1233	
	8,829	6,6708	
	16,677	7,6518	
	11,772	4,2183	
	10,8891	5,4936	
	12,4587	12,0663	
	11,1834	7,2594	
	10,3005	6,6708	
		Ortalama:11,9573	Ortalama:7,3902

Panellerdeki elektrik üretim değeri, motorların harcayacağı ortalama enerjinin altında ise enerjinin harcanmaması için takip bırakılır. Işık şiddeti değeri ölçülerek üretilen enerji, motorların tüketeceği ortalama enerji değerinin üzerine çıkınca, mikrodenetleyici paneli olması gereken konuma getirir.

Şekil 7’de enerji verimliliği konusunda güneşi takip eden sistemde, daha fazla su pompalanmıştır. Bu değer farkına bakıldığında ortalama gün içerisinde takip eden sistemde 14354,85 litre ve aynı şekilde sabit olan sistemde ise 11601,90 litre su basılmıştır. İki panel arasında su basma oranlarındaki fark 2752,95 litre dir. Bu orana bakıldığında %23,7 verim artışı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Güneşi takip eden sistem ile sabit olan sistem arasındaki su pompalama verilerinin gösterimi

Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada sabit sistemli güneş panelleri ile güneşin hareketlerinin hesabını yaparak güneş ışınlarını daha verimli alabilmek için güneşi takip eden sistem arasındaki enerji üretimleri araştırılmıştır. Üretilen enerji değerleri aynı özellikteki iki pompa ile su basması istenmiş ve basılan debi miktarları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda takip eden sistemin %23,7 daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.. Panellerin ağırlık merkezinden kurulduğunda hareket motorlarına fazla yük gelmemekte ve motorlarda az enerji harcamaktadır. Yıllık sürede güneş ışınlarının geliş açlarına göre, panellerin yönlendirilmesinde sensör kullanılmadığından dış ortam zararlarından etkilenmemiştir. Ayrıca paneller aşırı rüzgâr ve kar birikmelerine karşı pozisyon değiştirerek en az etkilenmesi sağlanmıştır. Bu da mikrodenetleyici yazılımına entegre edilmiştir. Daha önce yapılmış olan çalışmalardan panellerin elektrik enerjisi çıkış değerleri %30 verime kadar ulaştıkları bulunmuştur(Kentli ve Yılmaz, 2012). Ancak burada yapılan çalışma güneş panelinden elde edilen enerji değerleri su pompalarının çalışması için harcanmıştır. Burada enerji verimliliğinin %23,7 olması pompalardaki enerji kayıplarının hesaba katılmasından dolayıdır. Üretilen enerji bakımından, yaklaşık %30 ve su pompalama veriminde ise %23,7 verimin elde edilmesi takip eden sistemlerin daha verimli olduğunu göstermektedir. Bunun yanında takip ederken enerjinin harcanması dezavantaj gibi görünse de orta ve uzun vadeli yatırımlarda avantajlı olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

- Anonim (2018a), Kıncay O. Güneş enerjisi ders notları. <http://www.solar-academy.com/menus/Gunes-Enerjisi.021720.pdf>
- Anonim (2018b),Abuşka M., Güneş enerjisi ve uygulamaları ders notları. http://akhisarmyo.cbu.edu.tr/db_images/file/gunes-enerjisi-1-1283TR.pdf
- Anonim(2018c) <http://www.itacanet.org/the-sun-as-a-source-of-energy/part-3-calculating-solar-angles>
- Bayrak, G., Gencoglu, M.T. , 2011. İki eksenli güneş takip sisteminin tasarımı ve PLC ile kontrol. Fırat Üniv. Müh. Fak. Elektrik-elektronik müh. Böl., Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı. TOK 2011



- Cooper, P.I., 1969 . Theabsorption of radiation in solar stills. Solar Energy, vol. 12, no. 3, pp. 333–346, 1969.View at Google Scholar · View at Scopus
- J. Duffie, A., Beckman, W.A., 2013. Solar Engineering of Thermal Processes. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison
- Kentli, F.,Yılmaz, M., 2012. Obtaining the optimum efficiency electrical energy under Diyarbakir conditions using solar tracking system involving PV panel. Energy Education Science and Technology Part A, (SI) 613-620
- Okundamiya, M.S., Nzeako A.N., 2011. Empirical Model forEstimating Global Solar Radiation on Horizontal Surfaces for Selected Cities in the Six Geopolitical Zones in Nigeria. Journal of Control Scienceand Engineering Volume 2011 Article ID 356405
- Şenpınar, A., 2006. Güneş açılarına bağlı olarak optimum sabit güneş paneli açısının hesaplanması. Doğu Anadolu araştırmaları 2006.