

Atf İçin: Bıçakçı, E., Balabanlı, C. ve Acar, E. (2023). Tarım ve Mera Alanlarında Rüzgâr ve Güneş Enerji Sistemleri Kurulması Hakkında Değerlendirmeler. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 700-712.

To Cite: Bıçakçı, E., Balabanlı, C., & Acar, E. (2023). Evaluations on the Establishment of Wind and Solar Energy Systems in Agriculture and Pasture Areas. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 700-712.

Tarım ve Mera Alanlarında Rüzgâr ve Güneş Enerji Sistemleri Kurulması Hakkında Değerlendirmeler

Emre BIÇAKÇI^{1*}, Cahit BALABANLI¹, Emrah ACAR¹

Öne Çıkanlar:

- Enerji santralleri
- Kurulum alanı
- Tarım alanları

Anahtar Kelimeler:

- Güneş enerjisi
- Rüzgâr enerjisi
- Kurulum alanı
- Mera alanı
- Tarım alanı

ÖZET:

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte gıda ihtiyacı da artmakta ve buna bağlı olarak mevcut tarım ve mera alanlarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Dünya ülkeleri hâlihazırda sahip oldukları tarım alanlarından aldıkları verimi artırma planları yaparken, teknoloji ve sanayileşme gibi faktörlerden dolayı enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için yakın zamana kadar çevreye olan etkileri göz ardı edilerek her türlü enerji kaynağı kullanılmaktaydı, fakat kömür ve petrol gibi kaynakların sınırlılığı ve çevreye olan olumsuz etkilerinin idrak edilmesi ile yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim hız kazanmıştır. Bu hususta rüzgâr ve güneş enerjisi ön plana çıkmaktadır. Ancak güneş enerjisi santralleri (GES) için geniş arazilerin kullanılması gerekmekte ve bu da sınırlı tarım alanları için olumsuz bir durum ortaya koymaktadır. Tarımın öneminin ve tarıma olan ihtiyacın arttığı günümüzde tarım alanlarını baskılayan faktörlerin azaltılması adına agrivoltaik sistemlerin kurulması ya da rüzgâr enerji santrallerinin (RES) tercih edilmesinin tarım ve hayvancılığa yarar sağlayabileceği düşünülmektedir.

Evaluations on the Establishment of Wind and Solar Energy Systems in Agriculture and Pasture Areas

Highlights:

- Power plants
- Installation area
- Farming area

Keywords:

- Solar energy
- Wind energy
- Installation area
- Pasture area
- Agricultural field

ABSTRACT:

With the increase in the world population, the need for food also increases, and accordingly, the importance of existing agricultural and pasture lands is better understood. While the world countries are making plans to increase the efficiency they get from their existing agricultural areas, the need for energy is increasing rapidly due to factors such as technology and industrialization. In order to meet the increasing energy need, all kinds of energy sources have been used until recently, ignoring the effects on the environment, but the limitation of resources such as coal and oil and the awareness of their negative effects on the environment has accelerated the orientation towards renewable energy sources. In this regard, wind and solar energy come to the fore. However, large lands are required for solar power plants, which creates a negative situation for limited agricultural areas. It is thought that the establishment of agrivoltaic systems or the preference of wind power plants in order to reduce the factors that suppress agricultural areas today, where the importance of agriculture and the need for agriculture are increasing, may benefit agriculture and animal husbandry.

¹ Emre BIÇAKÇI (Orcid ID: 0000-0002-0258-4885), Cahit BALABANLI (Orcid ID: 0000-0001-8894-6244), Emrah ACAR (Orcid ID: 0000-0001-6595-7493), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emre BIÇAKÇI, e-mail: emrebicakci@isparta.edu.tr

GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması sebebiyle gıda talebi her geçen gün artmaktadır. Artan gıda talebinin karşılanabilmesi için yeni tarım arazilerine ve yüksek verimli topraklara ihtiyaç duyulmasına karşın dünya tarım arazileri düşüş eğilimindedir (Karakuş ve ark., 2019). Milli gelirinin büyük bir kısmı tarıma dayalı olan ülkeler, arazi varlığının en önemli üretim faktörü olduğunu bilmekle beraber bunu amacına uygun, verimli bir şekilde kullanmayı prensip edinmelerinin yanı sıra kanunlarla da güvence altına almışlardır. Fakat bu durumun ihmal edilmesi geri dönüşü olmayan çevre felaketine dönüşmesi ve ekonomik, sosyal sorunlara yol açması kaçınılmazdır (Aksoy, 1997).

Tarımın tanımı değişik şekillerde yapılmış olup bunlardan bir tanesi de “Doğal kaynakları uygun girdilerle birlikte kullanarak yapılan her türlü üretim, yetiştirme, işleme ve pazarlama faaliyetleri” şeklindedir. Tarımsal üretim ise; toprak, su ve biyolojik kaynaklar ile birlikte tarımsal girdiler kullanılarak yapılan bitkisel, hayvansal, su ürünleri, mikroorganizma ve enerji üretimini ifade etmektedir (Anonim, 1998).

Dünya nüfusunun artışı ile beraber tarımsal üretimde de artış sağlanması yönünde tüm dünya ülkeleri tarafından planlama yapılırken, artarak devam eden bilimsel çalışmalar ve bu çalışmaların insan hayatına getirdiği modern yaşam seviyesi enerji ihtiyacının da süratle artmasına sebep olmaktadır. Mevcut ekonomik gelişme ve nüfus artış hızına göre, 2030 yılına gelindiğinde dünyanın gıda ihtiyacının %50, enerji ihtiyacının %40 ve su ihtiyacının %30 oranında artması beklenmektedir. Bu bilgilerin ışığında gıda ve enerji gibi temel ihtiyaçlar hususunda dünyamızı zor günlerin beklediği düşünülmektedir (Yang ve ark., 2016). Artan nüfusa bağlı olarak, kentleşme, sanayileşme, madencilik, otoyollar, hava limanları, demir yolları, rekreasyon alanları, turistik alanlar, koruma alanları, alt yapılar, barajlar, kanallar, boru hattı ve enerji santralleri gibi faktörler tarım arazilerinin amaç dışı kullanımına yol açmaktadır (Aksoy, 1997). Bu bahsedilen kamu hizmetleri için tarım alanlarının (özellikle birinci ve ikinci sınıf) tahsis edilmesi, bu alanların tarımsal üretimden çıkartılması anlamına gelmektedir. Gerek kamu ve gerekse özel sektör tarafından amme hizmeti amacı ile tahsis edilen bu araziler 4342 sayılı Mera Kanunu, 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu kapsamında yer alan müeyyideler, yönetmelikler ve talimatlar çerçevesinde farklı amaçla kullanılsalar da artan nüfus nedeniyle gıda ve enerji ihtiyacının artışı da kaçınılmaz bir gerçektir. Bu amaçla hem tarımsal üretimin artan nüfusa yeterli hale getirilmesi ve hem de artan nüfusun enerji ihtiyacının karşılanması gereklidir. Bundan dolayı arazi kaynaklarının kullanımının planlı olması, enerji üretim sahaları için ayrılan alanların özenle seçilmesi, amaç dışı kullanım ve kayıpların önlenmesi büyük önem arz etmektedir.

TÜRKİYE’DE TARIM

Tarım alanları

Günümüzde artan dünya nüfusuna paralel olarak gıda talebinin de artması ile birlikte tarım arazilerinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Tarım arazileri kullanımının maksimum seviyelere ulaştığı ve kaynakların sınırlı olduğu da göz önüne alınırsa, mevcut arazilerin en yüksek verimi alabilecek şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Acar, 2006; Bayar, 2018).

Ülkemizde tarım alanları değişiminin tarihine bakıldığında 1960’lı yıllarda traktörün tarım alanlarına girmesi ile tarım alanları genişlemiştir. Bu genişleme mera alanlarının azalmasına yol açmış, tarım alanlarındaki artış 1980’li yıllara kadar devam etmiş daha sonra düşüşe geçmiştir. Bu düşüşün temel nedenleri arasında yoğun kentleşme ve kırsalda yaşayan nüfusun şehirlere göç etmesi sayılabilir (Çizelge 1; Çizelge2). Aynı yıllarda artan teknoloji ve gelişen sulama ve gübreleme imkânları ile

birlikte birim alandan elde edilen verim de artmıştır. Bu eğilim kentleşme ve sanayileşmenin yoğun baskısı ile paralellik arz etmiş ve günümüze değin süregelmiştir.

Çizelge 1. Türkiye tarım alanları (1000 ha) (TÜİK, 2021)

Yıllar	Toplam İşlenen Tarım Alanı	Nadas	Çayır Mera Arazisi	Toplam Tarım Alanı
2001	21436	4914	14617	40967
2005	21730	4876	14617	41223
2010	20146	4249	14617	39011
2015	19820	4114	14617	38551
2020	19971	3173	14617	37762

Çizelge 2. Türkiye’de nüfusun şehir ve köylere dağılım oranları (TÜİK, 2021)

Yıllar	Şehir Nüfusu (%)	Köy nüfusu (%)
1927	24.2	75.8
1940	24.4	75.6
1960	31.9	68.1
1980	43.9	56.1
1990	59.0	41.0
2000	64.9	35.1
2010	76.3	23.7
2015	92.1	7.9
2020	93.0	7.0

Ülkelerin ekonomik durumu tarım alanlarındaki değişimde etkili olan başlıca faktörlerden birisidir. Toplam Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) içerisinde tarımın oranı 1980’de %26.1 iken, 2010 yılında %9.5’e kadar gerilemiştir. Sanayi sektörünün GSMH içindeki payı ise 1980’de %19.3 iken 2010 yılında %26.1 olmuştur. Sanayinin büyümesi ve ticaretin artması ile birlikte kentleşme de hızlanmıştır. Neticede hizmet sektörü de giderek büyümüş ve GSMH içerisindeki payı 1980’de %54.6 iken 2018 yılında %60.2’ye çıkmıştır. Bununla beraber hizmet sektörü GSMH içerisinde en büyük paya sahip sektördür (TÜİK, 2020).

Türkiye sahip olduğu yüzölçümü bakımından dünyada 37. sırada yer almaktadır (Çizelge 3). Dünyada 200’ün üzerinde ülkenin bulunduğu düşünüldüğünde ülkemizin yüzölçümü bakımından ön sıralarda yer almaktadır.

Çizelge 3. Yüzölçümü bakımından ülkeler sıralaması (Anonim, 2021)

Sıra	Ülke	Yüzölçümü (km ²)
1	Rusya	17 098 242
2	Kanada	9 984 670
3	Çin	9 706 961
4	ABD	9 372 610
5	Brezilya	8 515 767
6	Avustralya	7 692 024
7	Hindistan	3 287 590
8	Arjantin	2 780 400
9	Kazakistan	2 724 900
10	Cezayir	2 381 741
37	Türkiye	783 562

Etrafının Akdeniz, Karadeniz, Ege ile çevrili olması, bulunduğu coğrafi konum sebebiyle dört mevsimin tam anlamıyla yaşanması ve değişik bitki örtülerine sahip olması gibi önemli faktörlerden dolayı bitkisel ve hayvansal üretimde ekolojik çeşitliliğe sahip olan ülkemiz, tarım ve hayvancılık bakımından bulunduğu coğrafyadaki ülkeler arasında önemli bir yere sahiptir (Çizelge 4). Coğrafi ve iklim şartları bakımından tarım ürünleri üretmeye elverişli olduğu için tarımsal üretim açısından dünya üzerinde kendi kendine yetebilen nadir ülkelerden birisi olduğu sıkça ifade edilmektedir.

Çizelge 4. Türkiye’de bitkisel ve hayvansal üretim mali değerleri (TÜİK, 2021)

Yıllar	Bitkisel üretim (Milyar TL)	Hayvansal üretim (Milyar TL)
2010	80.04	85.00
2011	88.98	102.65
2012	87.95	112.87
2013	92.45	98.12
2014	98.12	106.84
2015	120.15	128.77
2016	119.24	152.03
2017	135.89	187.72
2018	158.87	225.33
2019	197.46	259.24
2020	246.02	303.84

Ülkemizin tarıma dayalı sanayisi ve kırsalda yaşayan nüfus yoğunluğunun gelişmiş ülkelere nazaran yüksek olması sebebiyle tarım sektörü ekonomik, çevresel ve sosyal açılardan toplumun tamamını yakından alakadar etmektedir (Doğan ve ark., 2015). Bunun yanı sıra hayatımızı büyük ölçüde ilgilendiren enerji vazgeçilemez bir olgudur. Coğrafi yapıya bağlı olarak tesis edilen rüzgâr ve güneş enerji üretim sistemleri maliyeti en düşük enerjiyi sağlarlar. Ancak bunların tesis edilmesinde bazı kriterlerin göz önüne alınması gerekmektedir. Bunlardan en önemlisi konumdur.

Güneş enerjisi santrali konum tespitinde dikkat edilmesi gereken hususlara bakıldığında (Çizelge 5-10) 1., 2. ve 3. sınıf tarım alanlarının korunduğunu ancak genellikle çayır ve mera olarak değerlendirilen 4, 5 ve 6. sınıf tarım alanları konusunda herhangi bir kısıtlamanın olmadığı görülmektedir. Mera kanununda da mera alanları üzerinde GES kurulmasını engelleyecek bir madde bulunmamakta olup, bu durum tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından da titizlikle araştırılması ve planlanması gereken bir konudur.

Çizelge 5. Arazi yetenek sınıfları

	Kullanım Biçimi	Arazi Yetenek Sınıfı	Açıklama
Tarıma Uygun Araziler	İşlemeli Tarıma Uygun Araziler	I	Düz veya düze yakın, derin, verimli, kolayca işlenebilen toprakları içeren arazilerdir.
		II	Hafif eğimli, verimli, kolayca işlenebilen toprakları içeren arazilerdir.
		III	Orta derece eğimli, verimli, orta derece işlenebilen toprakları içeren arazilerdir.
	Kısıtlı İşlemeye Uygun Olan Araziler	IV	Fazla derecede eğimli, kısıtlı olarak işlenebilen toprakları içeren arazilerdir.
		V	Çayır, mera ve orman gibi uzun ömürlü bitki yetiştirilmesine uygun arazilerdir.
		VI	Fazla eğimli ve şiddetli erozyona maruz kalabilen arazilerdir. Otlatmaya uygundur.
		VII	Fazla eğimli, taşlı yapıya sahip, bataklık ve diğer elverişsiz toprakları da içerebilen arazilerdir. Sınırlı otlatma yapılabilir.
Tarıma Uygun Olmayan Diğer Araziler	-	VIII	Bataklık, çöl, çok derin oyuntuları içeren arazilerle, dağlık ve taşlık arazileri de kapsamaktadır.

ENERJİ

Günümüzde hali hazırda en çok kullanılan enerji kaynakları; fosil yakıtlar olan petrol, doğalgaz ve kömürdür. Dünya petrol rezervleri yaklaşık olarak 51 yıllık tüketimini, doğalgaz rezervleri yaklaşık 53 yıllık tüketimini, kömür rezervleri ise yaklaşık 51 yıllık tüketimini karşılayabileceği öngörülmektedir (Anonim, 2017). Bu kaynakların rezerv kaynaklar olduğu, zamanla tükeneyeceği ve yenilenemeyeceği düşünüldüğünde; hızla artmakta olan yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranının artmaya devam ederek temel enerji kaynağı olacağı düşünülmektedir. Nitekim

ülkeler enerji yatırımlarını yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapmayı planlamaktadır. Özellikle, yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir ve yerli olması, dışa bağımlılığı azaltmakta ve çevreye verilen zararı minimum seviyeye indirmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Çizelge 6'da Dünya genelinde kaynak bazında elektrik üretimine ilişkin 2020 yılı değerleri yer almaktadır. Tabloda bulunan kaynak bazında üretim oranlarına bakıldığında, dünya toplam elektrik üretiminin 25865.75 TWh olduğu ve bu miktar içerisinde fosil yakıtların oranının %60.92, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise %28.97 gibi ciddi bir paya sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Dünya genelinde kaynak bazında elektrik üretimine ilişkin 2020 yılı değerleri (Anonim, 2022a)

Enerji Kaynağı	Diğer yenilenebilir	Güneş Enerjisi	Rüzgâr Enerjisi	Hidroelektrik	Nükleer	Petrol	Doğalgaz	Kömür	TOPLAM
TWh	702.89	844.39	1590.19	4355.04	2616.61	1128.39	5892.44	8735.80	25865.75
%	2.72	3.26	6.15	16.84	10.12	4.36	22.78	33.77	100.00

Türkiye sahip olduğu jeopolitik yapısı ve coğrafik konumu nedeniyle jeotermal, hidrolik ve özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından şanslı ülkelerden birisidir. Ülkemiz bu potansiyeli zamanla daha verimli bir şekilde kullanmakta ve bu alandaki teşvik ve yatırımlar sektörün önünü açmaktadır (Çizelge 7). Bunlar içerisinde rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri, 36-42 kuzey enlemleri arasında yer alan ve uzun dalga boyuna sahip güneş ışınlarının büyük bir bölümüne maruz kalan ve ekvator iklim kuşağından kutup iklim kuşağına hareket eden hava akımları sirkülasyonunun çok yoğun cereyan ettiği bir coğrafyada yer alan ülkemiz toprakları için en avantajlı yenilenebilir enerji kaynakları olarak gözükmektedir.

Çizelge 7. Yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün Türkiye toplam kurulu güç içindeki oranının yıllar itibariyle değişimi (MW) (TEİAŞ, 2022)

	2000	2005	2010	2015	2020
Termik	16043	25889	32193	41626	46688
Hidrolik	11175	12906	15831	25868	30984
Jeotermal	18	15	94	624	1613
Rüzgâr	19	20	1320	4503	8832
Güneş	-	-	-	249	6667
Biyokütle	10	14	86	277	1105
Toplam yenilenebilir kurulu gücü	11222	12955	17331	31521	49202
Türkiye toplam kurulu gücü	27264	38844	49524	73147	95891
Yenilenebilir enerjinin payı %	41	33	35	43	51

Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr gücü, bilindiği üzere güneş enerjisinden beslenmektedir. Güneşten dünyaya gönderilen enerji yılda ortalama 200 milyar ton kömüre eşdeğerdir. Bu miktar, dünyada kullanılan toplam enerjinin yirmi bin katına tekabül etmektedir. Rüzgâr gücü, yeryüzünün eşit ısınması ve bunun sonucunda oluşan, alçak ve yüksek basınç merkezlerinin etkileşiminden kaynaklanmaktadır (Doğanay,1991).

Yüksek basınç alanlarından, alçak basınç alanlarına doğru yönelen hava hareketi farklı ölçülerde kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjiden, pervanelerin döndürülmesiyle, direkt mekanik güç veya elektrik enerjisi elde edilmektedir. Türbinler aracılığı ile elektrik enerjisi elde etmek için, rüzgârın hızı, frekansı ve yönü gibi bazı coğrafi özelliklerin gereken şartları sağlaması gerekmektedir. Rüzgâr hızı 3 m sn⁻¹ yani 8-10 km h⁻¹ dolayında olan, hafif rüzgârlara sahip coğrafyalarda bile enerji üretilmesine rağmen, yapılan çalışmalar, ekonomik bir elektrik üretimi

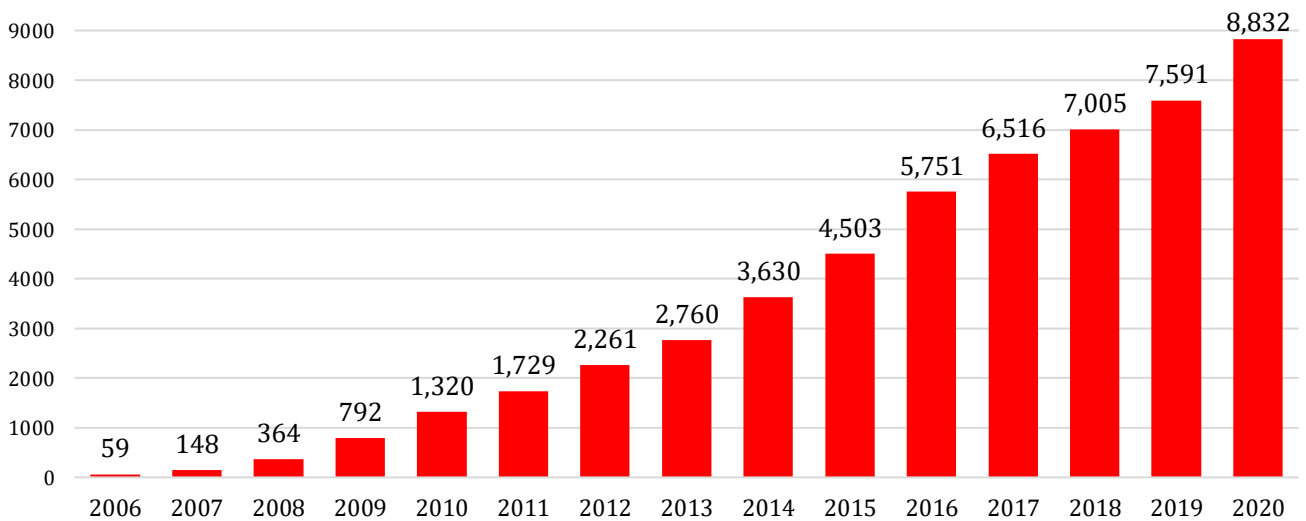
için rüzgâr hızının en az 5-6 m sn⁻¹ yani 18-19 km h⁻¹ olması gerektiğini göstermiştir. Rüzgârın hızı arttıkça, türbin kanatlarına daha fazla basınç uygulanacağı için rüzgâr hızı arttıkça türbinin daha hızlı döner ve daha yüksek miktarda enerji üretilir (Doğanay, 1991).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın ve ticari bakımdan en elverişli enerji türü rüzgâr enerjisidir (Albostan ve ark., 2009). Geçtiğimiz on yılda rüzgâr enerji santrallerinin tesis edilmesinde göstermiş olduğu hızlı gelişmeyle Çin Halk Cumhuriyeti RES'lerden elektrik üretiminde ilk sırada yer almaktadır. ABD, Almanya ve Hindistan Çin'i takip eden ülkelerdir (GWEC, 2021). Bu konuda lider ülkeler Çizelge 8'de görülmektedir.

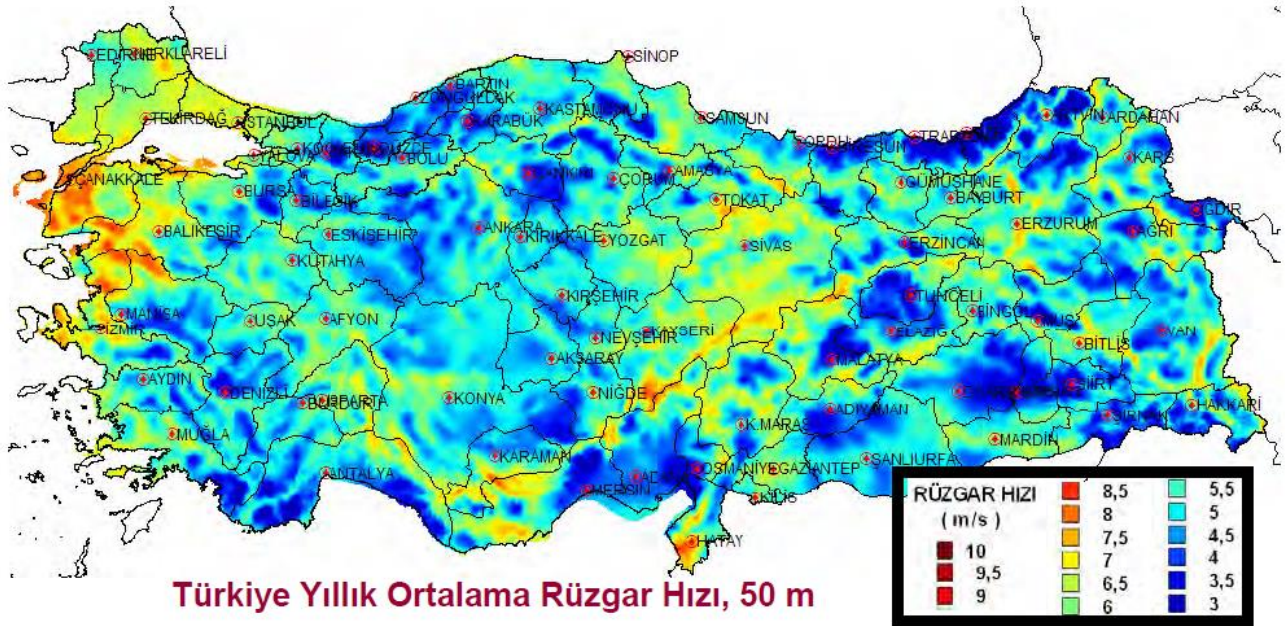
Çizelge 8. Ülkelere göre dünyada rüzgâr santrali kurulu gücü listesi (GWEC, 2021)

Sıra	Ülke	Kurulu güç (MW)
1	Çin	288320
2	Amerika	122316
3	Almanya	62849
4	Hindistan	38625
5	İspanya	27249
6	Birleşik Krallık	23937
7	Fransa	17948
8	Brezilya	17749
9	Kanada	13577
10	İtalya	10542
11	İsveç	10002
12	Türkiye	9279

Türkiye'de rüzgârdan enerji üretimi ilk olarak 1986 yılında Çeşme Altinyunus Tesisleri'nde kurulan Vestas marka 55 kW kapasiteli türbinden elde edilmiştir. Bunun yanında uluslararası boyutta ilk üretim 1998 yılında yine Çeşme'de, Germiyan köyünde gerçekleşmiştir (Özdamar, 2020). Ülkemiz yaklaşık 48000 MW rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye'de rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik üretiminin seyri dünya genelindeki gelişim ile uyumlu bir şekilde ilerlemiş olmakla beraber son yıllarda önemli derecede artışa geçmiştir (Şekil 1). Nitekim, Türkiye son yıllarda rüzgâr enerji kapasitesini en çok artıran Avrupa ülkeleri arasında yer almaktadır. 2006 yılında 59 MW olan rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2020 yılında 8 832 MW'a ulaşmış ve rüzgâr enerjisinin toplam yenilenebilir enerji kurulu gücü içerisindeki oranı %0.44'ten %17.95'e yükselmiştir.



Şekil 1. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi (TEİAŞ, 2022)



Şekil 2. Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgâr hızı haritası (50 m)

Rüzgâr enerji santrallerinin çevreye olumsuz etkileri

RES'ler yüksek hızla dönen pervaneleri ve çıkarttığı düşük frekanslı sesler nedeniyle kuşların ölümüne ve göç yollarının olumsuz yönde etkilenmesine sebep olabilmektedir (Hayli, 2001).

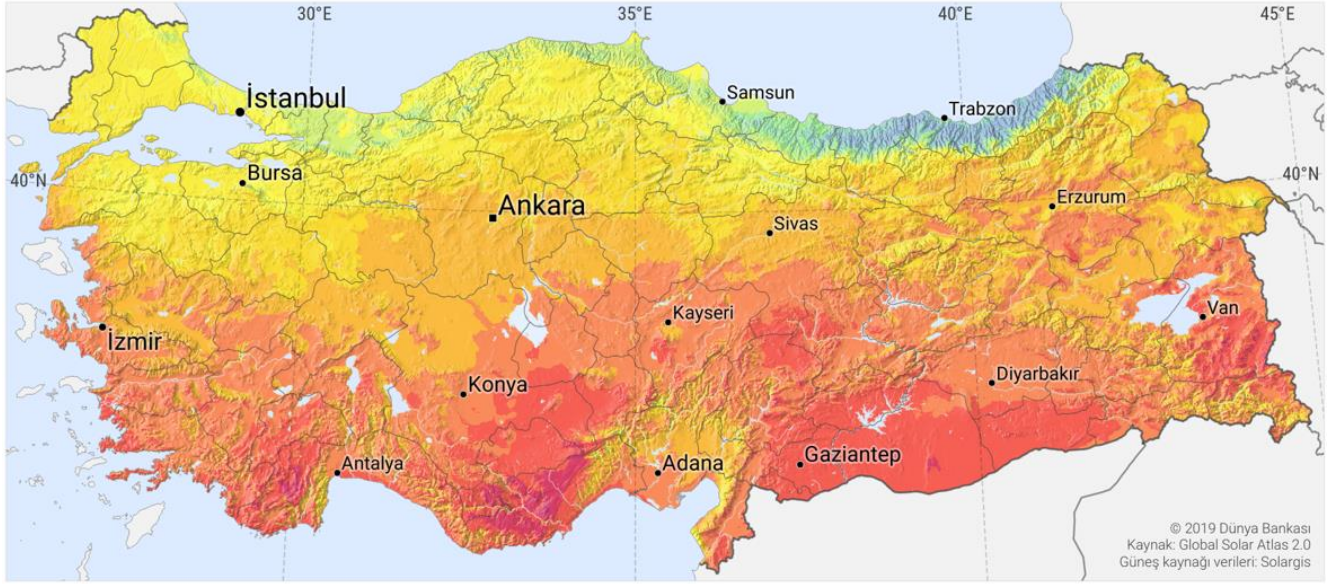
RES'lerin yaydığı düşük frekanslı ses ve gölgeleme etkileri nedeniyle meydana gelen "Rüzgâr türbini sendromu" isimli sağlık sorunu, insanlarda görülen en önemli ve nadir etkilerden birisidir. Belirtiler, uyku bozukluğu, uyku yoksunluğu, baş ağrısı, kulak çınlaması, kulaklarda basınç, sersemlik hissi, baş dönmesi, bulantı, bulanık görme, kalp çarpıntısı, asabiyet, konsantrasyon sorunları, hafıza problemleri, hareket hassasiyetiyle ilişkili panik nöbetleri, uyanırken veya uykuluyken ortaya çıkan titremeler şeklindedir (Pierpont, 2009). Bu sorunu aşmak için son yıllarda birçok ülkede yürürlüğe giren bazı yasa ve yönetmelikler ile rüzgâr türbinleri ve yerleşim yerleri arasında tampon bölgeler oluşturulmaktadır. Bununla birlikte rüzgâr enerjisi en az çevre problemine yol açan yenilenebilir enerji kaynağı durumundadır (Kadioğlu ve Tellioglu 1996).

Güneş enerjisi

Güneş bütün evrenin temel enerji kaynağı olması sebebiyle enerji kaynakları arasında en çevreci, temiz ve tükenmez enerji kaynağıdır.

Şekil 3'te de görüldüğü üzere ülkemizin neredeyse her bölgesinde güneş enerjisi randımanlı bir şekilde kullanılabilir. Ülkemiz, sahip olduğu iklim koşulları ve coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli yönünden birçok ülkeden daha avantajlı durumdadır (Yılmaz ve Can Öziç, 2018). Dünya üzerinde pek çok ülke, yıllık toplam güneşlenme süresi bakımından Türkiye'nin gerisinde kalmaktadır. Bu potansiyelin fark edilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin artmasına paralel olarak ülkemizde güneş enerjisi santrallerine yapılan yatırımlar artarak devam etmektedir (Şekil 4).

Diğer yandan, ülkelere bazında güneş enerjisi kurulu güç potansiyelleri çizelgesine bakıldığında, güneşli gün sayısı birçok ülkeden fazla olmasına rağmen Türkiye, 2020 yılı itibarıyla 7.170 MW'lık kurulu güce sahiptir ve dünyada 15. sırada yer almaktadır (Çizelge 9). Çin, ABD ve Japonya gibi güneş enerjisi kullanımına yüksek derecede önem veren ülkeler, kurulu güç kapasitesi bakımından ilk 3 sırayı paylaşmaktadır.



1994 (doğuda 1999) ile 2018 yılları arasındaki dönemde, uzun vadeli ortalama fotovoltaik enerji potansiyeli

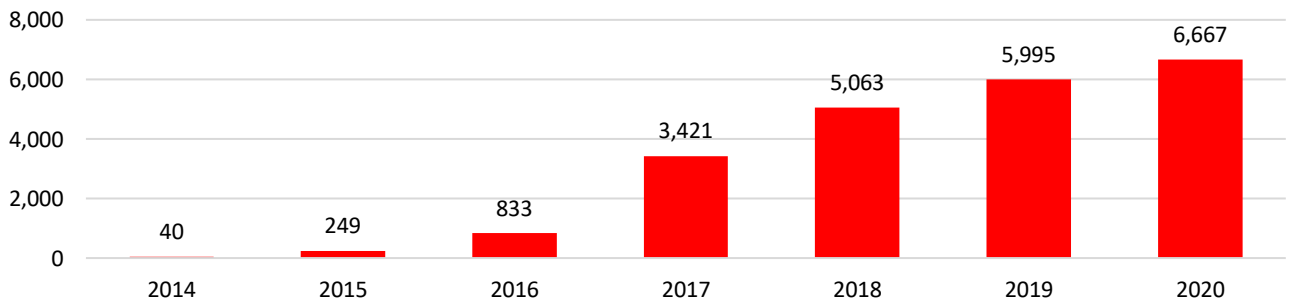
Günlük toplamalar: 3.0 3.4 3.8 4.2 4.6 5.0

Yıllık toplamalar: 1095 1241 1387 1534 1680 1826 kWh/kWp

Şekil 3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası (Anonim, 2022b)

Çizelge 9. Ülkelere göre GES kurulu güç kapasitesi (Anonim, 2022c)

Sıralama	Ülke	Kurulu Güç (MW)
1	Çin	254 355
2	Amerika Birleşik Devletleri	75572
3	Japonya	67000
4	Almanya	53783
5	Hindistan	39211
6	İtalya	21600
7	Avusturalya	17627
8	Vietnam	16504
9	Güney Kore	14575
10	İspanya	14089
11	Birleşik Krallık	13563
12	Fransa	11733
13	Hollanda	10213
14	Brezilya	7881
15	Türkiye	7170



Şekil 4. Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi (MW) (ETKB, 2022)

Ülkemizde son yıllarda güneş enerji sistemleri hızla artmaktadır. Bu artış GES santrallerinin konumlandırılacağı coğrafi alanların uygunluğu ile yakından ilgilidir. Güneş enerjisi santrallerinin

kurulumu sırasında en önemli kriterlerden birisi yer seçimidir. Zira yer seçimi santrallerin kurulum ve işletme aşaması süreçlerini ve elektrik üretim maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir (Çizelge 10).

Çizelge 10. GES yer seçiminde dikkat edilecek hususlar

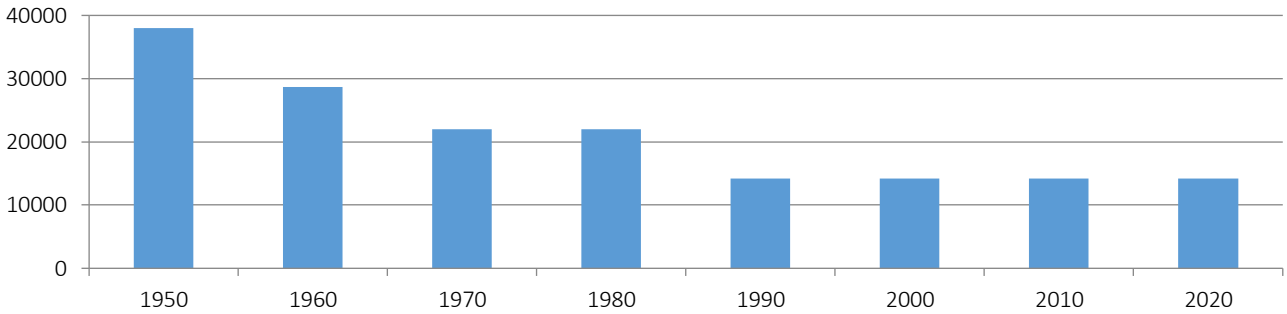
GES Yer Seçimi Kriterleri	
1	Sıcaklık (15°C-40°C), güneşlenme süresi ve radyasyon (>1100 kWh (m².yıl)⁻¹), (25°C sıcaklık ortalaması ve ışınım şiddeti panellerin randımanlı çalışmasını sağlar.)
2	Arazi kullanım durumu (arazi yetenek sınıfı açısından ilk sıralarda yer alan I. II. III. sınıf tarım alanları GES'lerin kurulması açısından ilgili mevzuat hükümleri uyarınca uygun değildir)
3	Şebeke bağlantısına olan mesafe (elektrik dağıtım ağına bağlantı maliyetleri ve üretilen elektriğin uzak tüketim alanlarına naklinde verim kayıpları oluşması sebebiyle rasyonel yatırım açısından şebeke ağına yakın olunması GES'ler için büyük önem arz etmektedir)
4	Ulaşım hatlarına olan mesafe (<500 m) (GES'lerin kurulumu sürecinde teçhizatların taşınması ihtiyacı nedeniyle karayolu veya demiryolu ağlarına olan uzaklık önemlidir)
5	Eğim (<5°-15°) ve bakı (topoğrafik açıdan düz ve düze yakın sahalara güneşi diğer yönlere göre daha fazla alan sahalara GES'ler için uygun sahalardır)
6	Mülkiyet durumu (hukuki açıdan hazine ve vakıf arazileri "meralar dahil" ile özel arazilere GES kurulmasında herhangi bir mâni bulunmazken, orman arazileri için aynı durum söz konusu değildir)
7	Korunan alanlara uzaklık (GES'lerin milli parklara, doğa koruma alanlarına, kuş göç yollarına mevcut konumun özelliklerine göre 3-30 km mesafede olması gerekmektedir)
8	Jeolojik yapı (Ges'lerin kurulacağı yerler tespit edilirken, deprem, heyelan bölgeleri ile kaya düşmesi gibi afet risklerinin bulunduğu bölgeler özenle incelenmeli ve tercih dışı bırakılmalıdır)
9	Zemin yapısı, toprak direnci, yeraltı suyu seviyesi ve zemin dayanıklılığına ilişkin koşullar da yer seçiminde belirleyici kriterlerdir

Güneş enerjisi santrallerinin çevreye olumsuz etkileri

Güneş enerjisi santrallerinin tesis edilmesi için yer belirlenirken çevre ile olan reaksiyonu ve çevreye verebileceği zararlar hesap edilerek bu etkinin en aza indirilmesi için çaba harcanmalıdır.

Mera alanları üzerine yapılan tesis işlemleri, o alandaki otlama faaliyetlerini kısıtlamaktadır. Orman vasfında olan yahut fiili olarak üzerinde orman bulunmayan alanlarda yapılan temizleme işlemleri bu alanlarda büyük zararlara neden olmaktadır. Makilik, fundalık, bataklık, sazlık vb. alanlarda yapılan zemin temizleme işlemi buradaki flora, faunaya ve araziye kalıcı hasara sebep olabilmektedir. Bu gibi alanlara yapılacak herhangi bir müdahale bu alanların kaybedilmesi sonucunu da doğurabilmektedir. Kurulum yapılacak alanlarda yapılan sıkıştırma ve tesviye işlemleri topografyayı, arazinin doğal yapısını ve doğal toprak örtüsünü bozabilmektedir. Yapılan bu işlemler bazen toprağın drenaj kanallarını da bozarak erozyonun hızlanmasına neden olmaktadır. Arazi kullanım kabiliyeti sınıflandırmasında tarım arazisi vasfında olan alanlara tesis edilen güneş enerjisi santralleri bu arazilerin kullanım kabiliyet sınıfının düşmesine neden olmaktadır. Isıl güneş santrallerinin soğutulması için ve fotovoltaik güneş enerjisi santrallerinde düzenli olarak yapılan temizlik işlemlerinin yürütülebilmesi için su gerekmektedir. Su ihtiyacının karşılanması için yer altı ya da yer üstü su kaynakları kullanılmakta ve bunun sonucunda bazen su kaynakları da tahrip edilebilmektedir. Geniş alanlara kurulan güneş enerjisi santralleri buldukları çevrenin ekosistem ve biyoçeşitliliğini olumsuz yönde etkileyebilmekte, buradaki canlıların yaşamsal hareketlerini kısıtlayabilmektedir. Işık yansımaları, panellerin yüzeyinde oluşan yüksek sıcaklık, oluşan manyetik alan, mikro iklimin değişmesi, vejetasyonun ve su kaynaklarının azalması gibi etkenlerden dolayı ekosistem ve biyoçeşitlilik olumsuz yönde etkilenmektedir (Tsoutsos ve ark., 2005; Sarsıcı, 2020).

Hayvancılığın başlıca yem kaynağı olan çayır mera alanlarımız bir asır önce 40 milyon hektarın üzerinde iken, günümüzde 14.6 milyon hektara kadar düşmüştür (Çizelge 1; Şekil 6). Çayır mera alanlarımızın azalmasındaki başlıca nedenleri olarak; 1950’lerde çiftçiyi topraklandırma kanununun yürürlüğe girmesi ile 9 milyon ha mera alanının sürülmesi suretiyle tarlaya dönüştürülmesi, 1969 yılında orman bakanlığının kurulması ile birlikte daha evvelden mera alanlarına dahil olan 7.5 milyon ha çalılık alanın orman arazisine dahil edilmesi ve 1990’lı yıllarda 9 milyon ha mera alanının farklı amaçlar ile diğer arazi sınıflarına dahil edilmesi sayılabilir (Altın ve ark., 2011).



Şekil 6. Yıllara göre çayır mera alanı (bin ha)

Türkiye’de bir taraftan mera alanlarında değişik nedenlerle azalma yaşanırken, diğer taraftan artan nüfusla orantılı olarak artan hayvan sayısı, meraların yükünü artırmış, birim hayvan başına düşen mera alanı yıllar içerisinde azalmıştır (İptaş ve Karadağ, 2010). Meraların orta malı olduğu düşüncesiyle hareket edilmesinden dolayı sahip çıkılmaması, mera kanunu çıkana kadar yaşanan süreçte meraların yasal olarak tam anlamıyla korunamaması, uzun zamandır süregelen plansız, aşırı ve erken otlatma uygulamaları sebebiyle mera vejetasyonunda yer alan bitki örtüsünün bir kısmı tahrip edilmiş ve verim değerleri düşmüştür.

Çizelge 11. Bölgelere göre mera varlığı ve verimleri (TVOB, 2022)

Bölgeler	Alan (ha)	Kuru Ot Verimi (Kg/ha)
Ege	802 879	600
Marmara	552 662	600
Akdeniz	659 334	500
İç Anadolu	4 570 182	450
Karadeniz	1 533 605	1000
Doğu Anadolu	5 485 449	900
Güneydoğu Anadolu	1 012 576	450

4342 sayılı Mera Kanununun, 1998 yılında çıkarılmasından sonra meralar üzerinde yasa gereği çok farklı ve yararlı uygulamalar yapılmıştır. Kanunda yer alan uygulamalar temelde dört ana başlık altında toplanmakta olup bunlar; meraların tespiti, tahdidi, tahsisi ve çeşitli nedenlerle yıpranmış ve verimsiz hale getirilmiş meraların yeniden eski verimli haline dönüştürülmesini sağlamak amacıyla planlanan ve uygulanan mera ıslah projeleridir. 4342 sayılı kanun içerisinde de başta ülke güvenliğimiz, tabii afetler ve ülkemizin enerji ihtiyacı olmak üzere toplumun temel ihtiyaçlarına cevap verecek olan kamu hizmetlerinin yürütülmesi amacı ile bazı mera alanlarının resmi ve özel sektöre tahsis edilmesine yönelik yönetmelik ve talimatlar yer almaktadır.

Mevcut şartlar altında GES’in mera alanına kurulmasının en iyi çözüm olduğu düşünülüyorsa, verimi düşük olan mera alanlarının tercih edilmesi gerekmektedir. Çizelge 11’de verilen bölgelere göre mera verimlerine bakıldığında meraların verim potansiyellerinin değişken olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Tarım alanları ve çayır meraların kullanımını olumsuz yönde etkilemeyen, daha az yer kaplayan ve daha düşük maliyetle elektrik üretebilen, hazine arazileri ile verimsiz mera alanlarına, dağların güneye bakan yamaçlarına ve zirveye yakın yerlerine kurulması mümkün olan ve çevreye minimum seviyede zarar veren güneş ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin çok yararlı olduğu göz ardı edilmemelidir.

Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerji potansiyelini en verimli şekilde kullanmak için çeşitli çalışmalar yapılırken, tarımsal faaliyetlerin aksatılmaması, hayvansal üretim için gerekli olan yem üretiminin sağlanması ve çiftlik hayvanlarının kaliteli kaba yem ihtiyacını karşılamada en ucuz kaynak olan çayır ve mera alanlarımızın korunması büyük önem taşımaktadır. Dünyada kısıtlı ve neredeyse tamamı kullanılan kaynaklardan birisi olan tarım arazilerinin giderek daha fazla önem kazandığı günümüzde, bu alanların amaç dışı kullanımı engellenmelidir. Bu hususta hem enerji hem de gıda üretimine fayda sağlayabilecek Agrivoltaik sistemler gibi projelerin geliştirilmesi ve yürürlüğe konulması ve hatta desteklenmesinin ekolojik açıdan oluşabilecek hasarı minimize etmesinin yanı sıra, çeşitli olumlu katkılarının da olabileceği düşünülmektedir. Bu ve benzeri sistemler ile tarım alanlarından optimum seviyede yararlanma, optimum seviyede enerji dönüşümü, tarımda ve PV panel temizliğinde kullanılan suyun değerlendirilmesi gibi kazançlar sağlanabilir. Ayrıca bu panellerin göl ve barajlar gibi durgun su yüzeyleri üzerine yüzer sistemlerle konulması sayesinde enerji üretiminin yanı sıra tatlı su kaynaklarımızın buharlaşma kayıpları da azaltılabilmektedir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Acar, M. (2006). DTÖ ve AB Işığında Türk Tarımının Geleceği. Orion Yayınevi, Ankara-Türkiye.
- Aksoy, M.A. (1997). Türkiye'de Tarım Topraklarının Amaç Dışı Kullanılması, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Altın, M., Gökkuş, A., ve Koç, A. (2011). Çayır ve Mera Yönetimi (2. Cilt). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. Ankara-Türkiye.
- Altın, M., Gökkuş, A., ve Koç, A. (2011). Çayır ve Mera Yönetimi (1. Cilt). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. Ankara-Türkiye.
- Anonim (1998). 4342 Sayılı Mera Kanunu, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.4342.pdf> (Erişim Tarihi: 16.01.2022).
- Anonim (2021). Yüzölçümlerine göre ülkeler listesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C3%BCz%C3%B6l%C3%BCmlerine_g%C3%B6re_%C3%BClkeler_listesi (Erişim Tarihi: 27.08.2020).
- Anonim, (2022a). World electricity production by source, <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked> (Erişim Tarihi: 12.12.2021).
- Anonim, (2022b). <https://globalsolaratlas.info/map?c=38.573938,33.75,6> (Erişim Tarihi: 03.01.2022).
- Anonim, (2022c). Ülkelere Göre Güneş Enerjisi, <https://www.enerjiatlas.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html> (Erişim Tarihi: 17.12.2021).
- Bayar, R. (2018). Arazi kullanımı açısından Türkiye'de tarım alanlarının değişimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2): 187-200.

- Coşgun, A.E. (2021). Türkiye’de 50mw üstü ges üretimi gerçekleştiren şehirlerimizde Agrivoltaik sistem kullanılabilirliğinin incelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(2): 711-718.
- Doğan, Z., Arslan, S., ve Berkman, A. (2015). Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8 (1): 29-41.
- Dos Santos, C.N.L. (2020). Agrivoltaic System: A Possible Synergy Between Agriculture And Solar Energy, KTH Royal Institute of Technology, Master Thesis (Printed).
- ETKB (2022). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Denge Tabloları, <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tabloları> (Erişim Tarihi: 11.12.2021).
- Hayli, S. (2001). Rüzgâr Enerjisinin Önemi Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1): 1-26.
- İptaş, S., ve Karadağ, Y. (2010). Kıraç Alanlarda Mera Islahı ve İdaresi. İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri ve Alınabilecek Önlemler. *T.C. Kayseri Valiliği, İl Tarım Müdürlüğü Yayınları No:2*, 149-176, Kayseri-Türkiye.
- Kadioğlu, K., ve Tellioglu, Z. (1996). Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri. *TMMOB 1. Enerji Sempozyumu*, 12-14 Kasım 1996, Ankara.
- Karagöl, T.E., ve Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. *SETA, Analiz Dergisi*, 4 (197): 5-32.
- Karakuş, K., Karakuş, S., ve Çelikyürek, H. (2019). Ülke Toprakları ve Tarım Arazilerinin Bitkisel ve Hayvansal Üretim Faaliyeti Dışında Kullanımı. *Journal of Animal Science and Products*, 2 (1): 84-90.
- Kılıç, F.Ç. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis ve Makina*, 56(671): 28-40.
- Pierpont, N. (2009). Wind Turbine Syndrome: A Report On A Natural Experiment, <http://www.windturbinesyndrome.com/wp-content/uploads/2009/12/Wind-Turbine-Syndrome-Exec.-Sum.-12-20-09.pdf> (Erişim Tarihi: 11.10.2021).
- Sarsıcı, N. (2020). Karabük ilinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) Kurulabilecek Alanların Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Tespiti, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- TEİAŞ, (2022). Türkiye Elektrik Üretimi İstatistikleri, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> (Erişim Tarihi: 18.12.2021).
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., and Gekas, V. (2005). Environmental Impacts From the Solar Energy Technologies. *Energy Policy*, 33(3): 289-296.
- TÜİK, (2021). TÜİK istatistik verileri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim Tarihi: 29.08.2021).
- TVOB, (2022). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri> (Erişim Tarihi 11.12.2021).
- Yılmaz, E.A., ve Can Öziç. H. (2018). Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Gelecek Hedefleri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(3): 525-535.