

Kayseri İlinde Yenilenebilir Enerji Tesisi Kurulumunun Arttırılması Üzerine Araştırma

Afra Sudenaz Uslu¹ , Yavuz Özdemir^{*,2} , Mustafa Yıldırım³ 

^{1,3} İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

² İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

(Alınış / Received: 08.04.2025, Kabul / Accepted: 16.07.2025, Online Yayınlanma / Published Online: 30.08.2025)

Anahtar Kelimeler

Güneş Enerjisi,
Rüzgar Enerjisi,
Enerji Santrali,
Teşvikler

Öz: Türkiye'nin enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklarla karşılanması, çevresel sürdürülebilirlik ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından stratejik öneme sahiptir. Bu çalışma, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesini, güneş ve rüzgâr enerjisi yatırımlarının bölgesel potansiyellerini ve Kayseri gibi belirli bölgelerde santral kurulumu için katkı unsurlarını analiz etmektedir. İzmir, Şanlıurfa ve Kayseri illerinde AHP yöntemiyle yapılan analiz, özellikle Kayseri'nin bölgesel teşviklerden yararlanması ve yüksek güneş enerjisi potansiyeliyle yatırım için avantajlı bir konumda olduğunu ortaya koymaktadır. Şanlıurfa ise geniş düz arazileri sayesinde büyük ölçekli güneş enerjisi projeleri için elverişlidir. Çalışmada farklı bölgelere yönelik teşvik düzenlemeleri ve bu desteklerin proje fizibilitesine katkısı da değerlendirilmiştir. Bu çalışma, Kayseri'nin sağlanan teşviklerle güneş enerjisi santrali yatırımları için uygun bir bölge olduğunu göstermektedir.

Research on Increasing the Installation of Renewable Energy Facilities in Kayseri Province

Keywords

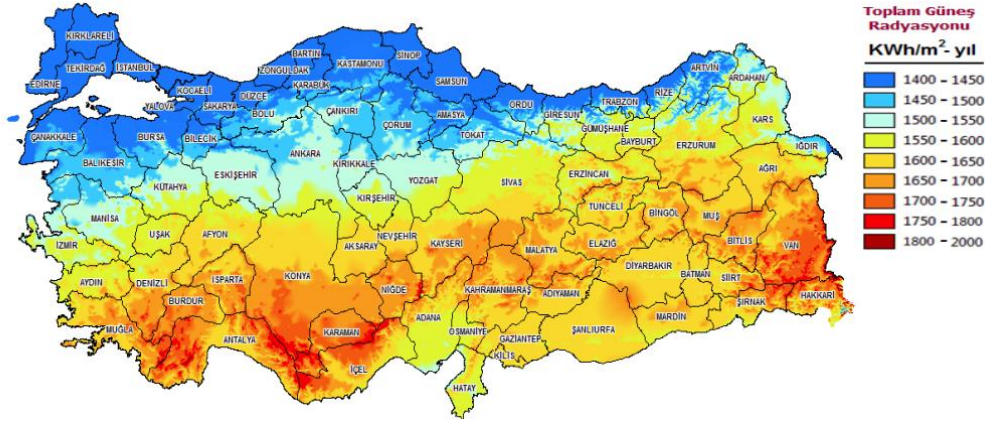
Solar Energy,
Wind Energy,
Power Plant,
Incentives

Abstract: Meeting Turkey's energy demand with renewable resources is strategically important for environmental sustainability and reducing external dependency. This study evaluates Turkey's renewable energy resources, examines the regional potentials of solar and wind energy investments, and analyzes factors contributing to power plant installations in specific regions such as Kayseri. An AHP analysis was conducted for İzmir, Şanlıurfa, and Kayseri. The results indicate that Kayseri benefits from regional incentives and has strong solar energy potential, making it advantageous for investment. Şanlıurfa also offers favorable conditions for large-scale solar projects due to its wide flat lands. The study further analyzes the impact of various regional incentives on project feasibility. This study shows that Kayseri is a suitable region for solar power plant investments, supported by the available incentives.

*İlgili Yazar, email: yavuzytu@gmail.com

1. Giriş

Güneş enerjisi, önemli yenilenebilir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Karbon salınımının artması ve çevresel sorunların büyümesi, güneş enerjisinin önemini artırmaktadır. Karbon salınımı olmayan ve doğayı koruyan bu enerji kaynağı, ülkelerin bu alanda yatırım yapma isteğinin temel sebepleri arasında yer almıştır. Ülkelerin gelişen teknolojileri ve ekonomileri, enerji ihtiyaçlarını artırırken, yeterli enerji kaynaklarının olmaması, yeni teknolojilere yönelmeyi gerektirmiştir. Bu çabalar arasında güneş enerjisi teknolojileri önemli bir yer tutmakta ve ülkeler, yatırımlarını bu alanda planlamaktadır. Yenilenebilir enerji, çevresel sorunların üstesinden gelmek ve diğer ülkelere bağımlılığı azaltmak için kritik bir fırsat sunmuştur [1, 2].



Şekil 1. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası [3]

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) hazırlanmıştır. Şekil 1'de Türkiye'de olan güneş enerjisi hakkında daha verimli olan yerlerin renklere göre dağılımı şöyle verilmiştir.

Karadeniz: Güneşlenme süresi en düşük seviyededir. Toplam güneş enerjisi miktarı da diğer bölgelere kıyasla oldukça düşüktür.

Marmara: Güneşlenme süresi ve toplam enerji miktarı Karadeniz'e göre daha yüksektir, ancak Türkiye ortalamasının altındadır.

Ege: Güneşlenme süresi ve toplam güneş enerjisi miktarı oldukça yüksek, enerji potansiyeli açısından önde gelen bölgelerden biridir.

İç Anadolu: Güneşlenme süresi oldukça uzun olup toplam enerji miktarı yüksektir.

Doğu Anadolu: Güneşlenme süresi ve enerji potansiyeli yüksek seviyelerdedir.

Akdeniz: Güneşlenme süresi ve toplam enerji potansiyeli Türkiye'nin en yüksek seviyelerindendir.

Güneydoğu Anadolu: Güneşlenme süresi ve toplam güneş enerjisi potansiyeli açısından en yüksek değerlere sahiptir [4].

Geniş çaplı elektrik üretimi için güneş enerjisi santrallerinin büyük arazilere kurulması gerekmektedir. Bu arazilerin güneşlenme süresi ve ısıtım şiddeti açısından yüksek verimlilik sunması şarttır; aksi halde yatırım, beklenen üretim kapasitesine ulaşamayabilir. Güneş ışığını yoğun alan bölgeler daha avantajlıdır ve dünya genelinde Ekvator, bu açıdan en verimli bölgedir. Türkiye de Akdeniz Bölgesi'nde yer alması nedeniyle güneş enerjisinde yüksek bir potansiyele sahiptir. En fazla güneş enerjisi potansiyeli Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olup, Akdeniz, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri de yüksek potansiyele sahiptir [5].

Rüzgâr Enerjisi:

Türkiye, rüzgâr kaynakları açısından oldukça zengin bir ülke olup, bu potansiyeli değerlendirme adımlarını ilk kez 1996 yılında atmıştır. Ülkedeki ilk rüzgâr enerjisi santrali olan Çeşme Germiyan Rüzgâr Santrali, 21 Şubat 1998'de 1.5 MW kapasiteyle faaliyete geçmiştir. Bunu takip eden ikinci santral ise yap-işlet-devret modeliyle kurulan Çeşme-Alaçatı Rüzgâr Santrali olmuştur [6].

Türkiye'de rüzgâr enerjisi potansiyelini tespit etmek amacıyla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından rüzgâr hızları ve diğer meteorolojik veriler toplanmıştır.

Rüzgâr potansiyeli yüksek bölgelerde ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunlukları belirlenerek, sektörde yatırım yapmak isteyen firmalara yol gösterilmiştir [7].

Tablo 1. Türkiye de Güneş Enerjisi Kurulu Güç Yer Alan İller [8]

	İl	Kurulu Güç	Bölge
1	Konya	1.990	2.Bölge
2	Ankara	694	1.Bölge
3	Gaziantep	595	3.Bölge
4	Kayseri	555	2.Bölge
5	Şanlıurfa	451	6.Bölge
6	Niğde	442	5.Bölge

7	İzmir	398	1.Bölge
8	Kahramanmaraş	358	5.Bölge
9	Mersin	335	3.Bölge
10	Manisa	319	2.Bölge

Kayseri (555 MW) ve Şanlıurfa (451 MW), mevcut kurulu güç değerleriyle güneş enerjisi potansiyellerini ortaya koymuştur (Tablo 1). Bu iki il, coğrafi avantajları, uzun güneşlenme süreleri ve geniş arazi olanakları sayesinde yenilenebilir enerji üretiminde öne çıkmıştır. Şanlıurfa'nın geniş düz arazileri, enerji projeleri için uygun bir zemin sunmuş, Kayseri ise sanayi altyapısıyla güneş enerjisini daha verimli bir şekilde entegre edebilme potansiyeline sahip olmuştur. Bu durum, her iki ilin de güneş enerjisinde stratejik bir konumda bulunduğunu göstermiştir. Yatırımların artırılması ve teşviklerin güçlendirilmesi, bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilmesine olanak sağlayabilme imkânı olmuştur. Teşvikler yalnızca enerji üretim kapasitesini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda bölgesel kalkınmayı hızlandırarak yerel istihdam ve enerji maliyetlerinde düşüş gibi olumlu etkiler yaratabilmektedir. Kayseri ve Şanlıurfa gibi iller, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmasında önemli bir rol üstlenmiştir.

Dündar yaptığı çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki ile artan güneş enerji santralleri kurulumlarının İş Sağlığı ve İş Güvenliği açısından kontrol edilmesi için bir risk değerlendirme rehberi geliştirmeyi amaçlanmıştır [9].

Çanka Kılıç çalışmasında, artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıtların azalmasıyla ortaya çıkan çevresel sorunlar ele alınmıştır; yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle güneş enerjisinin sürdürülebilir bir çözüm olarak önemi vurgulanmıştır. Türkiye'nin coğrafi avantajları sayesinde güneş enerjisi potansiyeli yüksek olmasına rağmen, ekonomik ve teknolojik zorluklar bu kaynağın yaygın kullanımını engellemektedir. Dünya genelinde ve Türkiye'de güneş enerjisine yapılan yatırımların, fosil yakıt bağımlılığını azaltmada kritik bir rol oynayacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini verimli kullanması için gerekli adımlar ve toplumsal farkındalığın artırılması gerekliliği üzerinde durulmuştur [10].

Đalić vd. yaptıkları çalışmada, SWOT analizine dayalı olarak TOWS matrisi oluşturulmuş ve bir ulaştırma şirketinin olası iş stratejileri değerlendirilmiştir. En iyi stratejiyi seçmek için Bulanık PIPRECIA, FUCOM ve MARCOS yöntemlerinin entegrasyonu bir model geliştirilmiştir. Araştırma, 20 yıldır yurtiçi ve Avrupa Birliği pazarında faaliyet gösteren bir Bosna-Hersek ulaştırma şirketinde yapılmıştır. SWOT analizi sonucu oluşturulan TOWS matrisi, şirketin iş stratejileri için beş ana alternatif sunulmuştur. Bu araştırma, KOBİ'lerde stratejik kararlar almak için böyle bir modelin kullanılmasını öneren ilk çalışma niteliği taşımıştır [11].

Baudino vd. yaptıkları çalışmada, Çin'deki biyogaz sektörüne özel yatırım çekmek için politikaların geliştirilmesine odaklanmaktadır. SWOT-AHP-TOWS analiz yöntemi kullanılarak özel yatırımcıların biyogaz projelerine yönelik tercihleri ve bu projeler için geliştirilmesi gereken stratejiler incelenmiştir [12].

Şahin ve Şahin'in yaptıkları çalışmada, SWOT analizi ile Türkiye'de medikal turizmin durumu ve geleceği ele alınmış ve çalışmanın sonuçlarına göre; rekabetçi stratejik adımların geliştirilmesinde eksiklikler bulunduğu belirlenmiştir [13]. Haylı'nın yaptığı çalışmada, rüzgâr enerjisinden faydalanma ve rüzgâr türbinleri veya çiftlikleri kurma düşüncesi dünyada gittikçe yaygınlaştığını anlatmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artış yapacağı bir yüzyıl olacağı sonucuna varmıştır [6].

Kaya ve Kahraman'ın yaptıkları çalışmada İstanbul için uygun enerji kaynağını ve üretim alanını belirlemek için bütünsel VIKOR-AHP metodolojisini kullanmaktadır. AHP'nin çiftler halinde karşılaştırma matrisleri ile kriter ağırlıkları belirlenirken, belirsizlikleri modellemek için bulanık mantık uygulanmıştır. Sonuç olarak, rüzgâr enerjisinin en uygun alternatif olduğu ve Çatalca'nın en uygun bölge olduğu tespit edilmiştir [14].

Stojčetočić, vd. yaptıkları çalışmada, Štrpce belediyesinin enerji durumunu değerlendirerek güvenliği artıracak stratejiler geliştirmeyi amaçlamaktadır. SWOT ve AHP yöntemleriyle, enerji durumu analiz edilmiş ve TOWS matrisiyle stratejiler belirtilmiştir [15]. Ali vd. yaptıkları çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) araştırma alanının gelişim desenini sosyal ağ analizi ve bilimsel ölçüm kullanarak incelemekte ve entelektüel yapısını ortaya koymaktadır [16].

Delihanlar vd. yaptıkları çalışmada, artan enerji talebi ve çevresel kaygılar nedeniyle güneş enerjisinin potansiyeli ve kullanımına yönelik yapılan literatür incelemeleri ele alınmıştır. Güneş enerjisinin artan elektrik üretimi payı ve dünya çapındaki kullanım oranları, Türkiye'deki potansiyel ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir

[17]. Darko vd. yaptıkları çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci'nin (AHP) inşaat yönetiminde (CM) karar alma ve karmaşık durumları analiz etme amacıyla kullanımı ele alınmıştır. Literatürde AHP'nin uygulamaları net bir şekilde tanımlanmamış olduğundan, 2004-2014 yılları arasında yayımlanan 77 makale incelenmiştir [18].

Podvezko çalışmasında, çok kriterli değerlendirme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci'nin (AHP) sosyal ve ekonomik sorunlara uygulanması ele alınmıştır. AHP'nin karmaşık durumlara uyarlanmasına yönelik algoritmalar sunulmuştur [19]. Heo vd. yaptıkları çalışmada bulanık AHP yöntemini kullanarak 5 kriter ve 17 faktörü değerlendirmiştir. Bulgular, ekonomik fizibilite, küresel pazar rekabeti ve politika yapıcılar ile uzmanlar arasındaki iş birliğinin önemini vurgulamış, yenilenebilir enerji yayılımı için etkili stratejiler oluşturulmasına zemin hazırlamıştır [20].

Sindhu vd yaptıkları çalışmada, Hindistan bağlamında güneş enerjisi kullanımını Güçlü Yönler-Zayıf Yönler-Fırsatlar-Zorluklar (SWOC) analizi ile incelemekte ve bu değişkenlerin önceliklerini AHP yöntemi ile belirlemektedir. SWOC ve AHP'nin hibrit yaklaşımı, değişkenlerin ölçülebilir önceliklerini ortaya koymaktadır. Çalışmada hassasiyet analizi ile sıralamaların kararlılığı test edilmiştir [2].

Giamalaki ve Tsoutsos yaptıkları çalışmada güneş enerjisi santralleri için en uygun yerlerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla bir metodoloji geliştirilip test edilmiştir [21]. Abdul vd. yaptıkları çalışmada elektrik üretimi için uygun enerji kaynaklarının belirlenmesi amacıyla bir değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Model, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji ve biyokütle enerjisi gibi dört ana kaynağı ele almakta ve bu kaynakların elektrik üretim potansiyellerini incelemektedir [22].

Ahmad ve Tahar yaptıkları çalışmada, Malezya'nın elektrik üretiminin büyük kısmının fosil yakıtlara dayandığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir bir elektrik sistemi için potansiyel taşıdığı belirtilmiştir. Dört ana yenilenebilir kaynak (hidroelektrik, güneş, rüzgar, biyokütle) değerlendirilmiş ve her birinin avantajları ile olası eksiklikleri tartışılmıştır [23]. Raza vd. yaptıkları çalışmada, gelişmekte olan ülkeler için güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi projeleri için alan uygunluğu değerlendirilmiştir. Çalışma, sadece her teknoloji için kritik olan ve çeşitli senaryoları kapsayan kriterleri kullanarak, Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) entegrasyonu ile yer seçimi sürecini ele almıştır [24].

Wang vd. yaptıkları çalışmada, Pakistan'ın Sindh ve Belucistan eyaletlerinde bulunan yenilenebilir enerji kaynakları incelenerek, fosil yakıtlardan YE'ye elektrik üretiminin çeşitlendirilmesi amaçlanmıştır [25]. Trappey vd. yaptıkları çalışmada, fosil yakıtlardan enerji üretiminin çevresel etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi vurgulanmıştır. kümeleme teknikleri ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemlerini kullanarak, yenilenebilir enerji türlerinin ve bunların özelliklerinin değerlendirilmesine odaklanmıştır [26].

Noorollahi vd. yaptıkları çalışmada, Khuzestan bölgesinde fotovoltaik (PV) güneş enerji santrallerinin yer seçimi ve teknik potansiyeli, Fuzzy-Boolean mantığı ve AHP (MCDM) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir [27]. Tasri ve Susilawati yaptıkları çalışmada, Endonezya'da elektrik üretimi için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi amacıyla Fuzzy Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak bir seçim yöntemi geliştirilmiştir. Artan fosil yakıt tüketimi ve çevresel etkiler nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır [28]. Ossadnik ve Lange yaptıkları çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) destekleyen üç yazılım ürününün kalitesi değerlendirilmiştir. Değerlendirme, ISO/IEC 9126 uluslararası normlarından türetilen kriterlere dayalı bir AHP tabanlı karar modeline entegre edilmiştir [29].

Bu çalışmada, Kayseri ilinde yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumunun artırılmasına yönelik bir değerlendirme yapılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak, güneş ve rüzgâr enerjisi yatırımlarını etkileyen kriterler belirlenmiş ve ağırlıklandırılmıştır. Çalışmada, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri kullanılarak bölgesel enerji potansiyeli analiz edilmiş, Kayseri'nin mevcut enerji altyapısı ve teşvik mekanizmaları incelenmiştir. Kayseri, İzmir ve Şanlıurfa illeri arasında karşılaştırmalı bir analiz yapılarak, teşvik mekanizmalarının yatırımlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve en uygun yatırım stratejileri belirlenmiştir.

Bu çalışmanın özgün değeri, Kayseri gibi bölgesel düzeyde potansiyeli yüksek ancak yeterince değerlendirilmemiş alanlarda güneş enerjisi yatırımlarına yönelik çok kriterli analizler ve teşvik mekanizmalarının birlikte ele alınarak detaylı bir değerlendirme sunmuştur. Literatürde bölgesel teşviklerin ve arazi potansiyelinin bütüncül bir yaklaşımla analiz edilerek karar destek sürecine entegre edilmesine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda, sunulan çalışma bu alandaki boşluğu doldurmayı hedeflemekte ve Kayseri'nin güneş enerjisi potansiyelini bölgesel teşviklerle birlikte değerlendirerek yatırım kararlarına stratejik katkı sağlayacak veriler ortaya koymayı amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Kayseri, Türkiye'deki toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %1,5'ini karşılamakta olup, sanayi ve ticaret sektörlerinde yüksek enerji talebiyle öne çıkmaktadır. Özellikle sanayi sektörünün elektrik tüketimi toplamın %54,66'sını oluşturarak bölgenin sanayi odaklı üretim altyapısının güçlü olduğunu göstermiştir. Şehirdeki kişi başı elektrik tüketimi Türkiye ortalamasının altında kalsa da sanayiye dayalı üretim ağı, enerji tüketiminin büyük bir kısmını şekillendirmiştir. Çevre illerle karşılaştırıldığında Kayseri sanayi amaçlı elektrik tüketiminde üçüncü sırada yer almakta, bu durum bölgenin enerji arz güvenliği açısından stratejik önemini ortaya koymuştur.

Bu bağlamda, geniş çaplı güneş enerjisi santrali yatırımlarının planlanması sürecinde hem sanayi sektörünün mevcut enerji talebi hem de bölgenin güneş enerjisi potansiyeli dikkate alınarak çok kriterli bir analiz ihtiyacı doğmuştur.

Bu çalışmada, alternatif bölgelerin güneş enerjisi yatırımları açısından değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi tercih edilmiştir. AHP, çok kriterli karar verme (ÇKDV) yöntemleri arasında hem nicel hem de nitel kriterlerin aynı anda değerlendirilmesine olanak tanınması ve karar vericilerin tercihlerini ikili karşılaştırmalarla sistematik biçimde yansıtabilmesi nedeniyle yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bu özellikler, yüksek sanayi talebine sahip Kayseri gibi illerde yatırım kararlarının enerji potansiyeli, arazi uygunluğu ve bölgesel teşvik unsurlarıyla birlikte çok boyutlu olarak analiz edilmesini mümkün kılmıştır. Bu nedenle AHP yöntemi, çalışmanın amaçlarına en uygun ve güvenilir yaklaşım olarak tercih edilmiştir.

Çalışmada ele alınan kriterler güneş enerjisi santrali için; Yerleşim Alanlarından Uzaklık, Arazi Kullanımı, Eğim, Trafo Merkezine Uzaklık, İletim Hatlarından Uzaklık, ve Yol ve Demiryolundan Uzaklık iken, rüzgar enerjisi santrali için; Rüzgar Hızı, Rüzgar Kapasitesi, Yükseklik, Eğim, Ana Yola Uzaklık, Arazi Kullanımı, Trafo Merkezine Uzaklık, Yerleşim Merkezine Uzaklık, Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık, Havaalanına Uzaklık ve Yüzey Sularına Uzaklık olarak belirlenmiştir.

Enerji Üretimi ve Kaynakları:

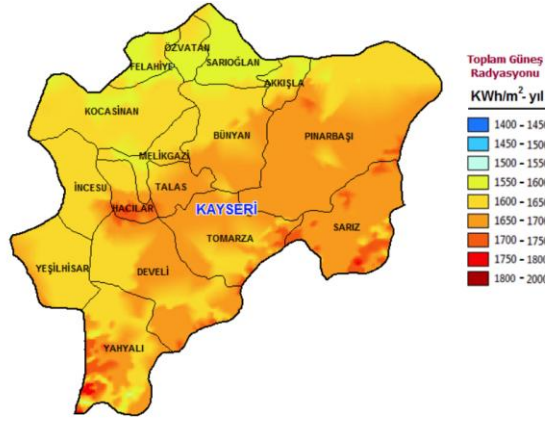
Kayseri'de hidroelektrik, doğalgaz, rüzgar ve güneş gibi çeşitli enerji üretim kaynakları bulunmaktadır. Özellikle Yamula Barajı ve Yahyalı Rüzgar Enerji Santrali gibi tesisler, şehrin enerji ihtiyacını karşılamakta önemli bir rol oynamıştır. Toplam kurulu güç 869,4 MW olup, bu enerji kaynaklarının çeşitliliği, Kayseri'yi enerji projeleri için cazip bir bölge haline getirmiştir. Bu veriler, Kayseri'nin enerji projeleri için ideal bir pilot bölge olduğunu ortaya koymuştur [30].

Kayseri'de enerji yatırımlarının geliştirilmesi;

1. Enerji Talebinin Artışı: Kayseri'nin sanayi ve ticaret merkezi olma rolü nedeniyle enerji talebi giderek artıyor. Bölgedeki üretim kapasitesinin artırılması, dışa bağımlılığı azaltabilir.
2. Çevre Dostu Enerji Üretimi: Biyokütle ve rüzgar enerjisi, fosil yakıtlara kıyasla çevreye daha az zarar verir ve bölgenin karbon ayak izini azaltabilir.
3. Ekonomik Fırsatlar: Yeni santral yatırımları, istihdam yaratacak ve yerel ekonomiyi destekleyecektir. Ayrıca, bölgede enerji maliyetlerini düşürerek sanayiye katkı sağlayabilir.
4. Ulusal Enerji Hedefleri: Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş stratejisi doğrultusunda, Kayseri gibi bölgelerin bu hedeflere katkı sağlaması beklenmektedir.

Kayseri İli Güneş Enerjisi Yenilenebilir Enerji Kaynakları:

Kayseri ili, Kocasinan, Melikgazi ve Talas olmak üzere üç ana ilçeye ayrılmaktadır (Şekil 2). Bölge genel olarak bozkır iklimine sahiptir.



Şekil 2. Kayseri Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası ve Radyasyon Değerleri [21]

Kayseri’de toplamda 82 enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerden 23’ü lisanslı, 59’u ise lisanssızdır. Kayseri’deki enerji santralleri arasında en yüksek kurulu güce sahip olanlar rüzgâr santralleridir; bunları hidroelektrik santralleri ve güneş enerjisi santralleri takip etmiştir [1].

Kayseri’nin elektrik santrallerinin toplam kurulu gücü 1.230 MWe düzeyindedir. Bu şehirde bulunan 90 elektrik santrali, yıllık yaklaşık 2.316 GWh enerji üretmektedir. Bu üretim hacmi ile Kayseri’nin elektrik tüketiminin %43’ü, yine bu santraller aracılığıyla karşılanmıştır [3].

Türkiye Rüzgâr Atlası’na bakıldığında, Ege ve Güney Marmara bölgeleri rüzgâr enerjisi açısından öne çıkan alanlardır. Rüzgâr türbinlerinin kurulu olduğu araziler, yapısal olarak zarar görmez tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin sürdürülmesine engel olmamıştır. Türbinler denize kurulduğunda arazi kullanımına ihtiyaç da ortadan kalkar. Ayrıca, rüzgâr tarlası olarak kullanılan alanlar, türbinler kaldırıldığında eski haline rahatça döndürülebilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin görsel kirlilik, gürültü, kuş ölümleri ve radyo-televizyon parazitleri gibi bazı olumsuz etkileri olabilir.

2017 yılı ve sonrasında ise Türkiye’nin toplam kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi 5.775 MW seviyesindedir.

3. Bulgular

Bu çalışmada, ilk olarak Kayseri ili için güneş ve rüzgar enerjisi santrallerinden hangisinin kurulmasının daha etkili olacağı AHP yöntemi ile analiz edilmiş ve güneş enerjisinin daha etkili olacağı saptanmıştır. Daha sonra Kayseri ili, rüzgar enerjisi bakımından en çok kurulu güç bulunan İzmir ile (Tablo 2) ve güneş enerjisi bakımından da coğrafi avantajları, uzun güneşlenme süreleri ve geniş arazi olanakları olan Şanlıurfa ile kıyaslanmıştır (Tablo 3). Elde edilen sonuçlara göre Kayseri ilinin güneş enerjisi bakımından Türkiye’de daha üst sıralara gelmesi için öneriler sunulmuştur.

1. Kriterlerin Öncelik Ağırlıkları:

Güneş Enerjisi Santrali

1. Yerleşim Alanlarından Uzaklık: 0.3925
2. Arazi Kullanımı: 0.1961
3. Eğim (%): 0.0911
4. Trafo Merkezine Uzaklık: 0.0456
5. İletim Hatlarından Uzaklık: 0.0976
6. Yol ve Demiryolundan Uzaklık: 0.1770

Rüzgar Enerjisi Santrali

1. Rüzgar Hızı: 0.2284
2. Rüzgar Kapasitesi: 0.1226
3. Yükseklik: 0.0608
4. Eğim: 0.0268
5. Ana Yola Uzaklık: 0.0474
6. Arazi Kullanımı: 0.0892
7. Trafo Merkezine Uzaklık: 0.0547
8. Yerleşim Merkezine Uzaklık: 0.1035
9. Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık: 0.0547

10. Havaalanına Uzaklık: 0.1060
 11. Yüzey Sularına Uzaklık: 0.1060

2. Yer Seçimi Alternatiflerinin Değerlendirilmesi:

Tablo 2. Rüzgar Enerjisi Santrali (Kayseri ve İzmir)

Kriter	Kayseri	İzmir
Rüzgar Hızı	7	9
Rüzgar Kapasitesi	8	7
Yükseklik	9	6
Eğim	7	8
Ana Yola Uzaklık	8	7
Arazi Kullanımı	9	8
Trafo Merkezine Uzaklık	6	9
Yerleşim Merkezine Uzaklık	8	7
Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık	7	8
Havaalanına Uzaklık	9	6
Yüzey Sularına Uzaklık	8	7

Tablo 3. Güneş Enerjisi Santrali (Kayseri ve Şanlıurfa)

Kriter	Kayseri	Şanlıurfa
Yerleşim Alanlarından Uzaklık	8	6
Arazi Kullanımı	7	9
Eğim (%)	6	8
Trafo Merkezine Uzaklık	9	7
İletim Hatlarından Uzaklık	7	6
Yol ve Demiryolundan Uzaklık	8	9

Tablo 2’de verilen sayısal değerler, AHP yöntemi kapsamında belirlenen her bir kriterin her bölge (Kayseri ve İzmir) için göreceli uygunluk skorlarını ifade etmiştir. Bu değerler, birimden bağımsız olup ölçek bazlı puanlama şeklinde değerlendirilmiştir. AHP yaklaşımında yaygın olarak kullanılan Saaty ölçeği (1–9 arası) referans alınarak karar vericiler tarafından ikili karşılaştırmalar yapılmış ve her kriter için her bölgeye ait göreceli önem düzeyleri belirlenmiştir.

Burada, bir kriter için daha yüksek bir sayısal değer (örneğin 9) ilgili bölgenin o kriter açısından daha uygun veya avantajlı olduğu anlamına gelirken, daha düşük değerler (örneğin 6) görece daha az uygunluğu göstermiştir. Örneğin, Yükseklik kriterinde Kayseri’nin 9 puan alması, bu kriterin Kayseri açısından maksimum uygunlukta olduğu, İzmir’in ise 6 puanla daha düşük düzeyde uygunluk sağladığı anlamına gelmiştir.

Bu sayısal değerlerin birimi yoktur; tamamen karar vericilerin uzman görüşlerine dayalı göreceli değerlendirme sonuçlarını temsil etmiştir. Sonuçta elde edilen bu puanlar, AHP sürecinin sonraki aşamalarında ağırlıklandırma ve toplam uygunluk puanlarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Rüzgar Enerjisi için CR: 0.0195

Güneş Enerjisi için CR: 0.0116

Her iki CR değeri de 0.10’un altında olduğu için her iki enerji türü de tutarlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Lisanssız GES Yatırım Teşvikleri:

1. KDV İstisnası ve Gümrük Vergisi Muafiyeti: Tüm bölgelerde bu teşvikler geçerlidir. Yatırım yapılan bölge fark etmeksizin, yatırımcılar bu iki destek unsurundan yararlanabilir.
2. Vergi İndirimi: Bölgeler arasında değişiklik göstermektedir. İlk dört bölgede %30 oranında indirim uygulanırken, 5. bölgede bu oran %40’a çıkmakta, 6. bölgede ise %50 ile en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Bu durum, daha az gelişmiş bölgelerde yatırımı teşvik etmek amacıyla tasarlanmıştır.
3. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) Primi İşveren Desteği: Bölgeler arasında süresi değişiklik göstermektedir. İlk dört bölgede bu destek 7 yıl boyunca sağlanırken, 5. bölgede 8 yıl, 6. bölgede ise 10 yıl süreyle uygulanmaktadır.

4. SGK Primi İşçi Desteği: İlk dört bölgede ve 5. bölgede bu destek bulunmamaktadır. Ancak, 6. bölgede yatırım yapan işverenler için 10 yıl süreyle bu destekten faydalanılabilir.
5. Gelir Vergisi Stopajı Desteği: İlk dört bölge ve 5. bölgede bu destek sağlanmamaktadır. Ancak, 6. bölgede 10 yıl boyunca geçerli bir destek olarak sunulmaktadır.
6. Diğer Destekler: Tüm bölgelerde yatırım yapanlar için geçerli olup, bu kategorideki destekler kapsam ve içerik açısından farklılık gösterebilir.

Lisanslı GES Yatırım Teşvikleri (Genel Destekler) Teşvik:

1. KDV İstisnası: Hem 1, 2, 3, 4, 5. bölgelerde hem de 6. bölgede geçerlidir. Bu destek, yatırım yapanların KDV ödemedi mal ve hizmet alımlarını gerçekleştirmesini sağlamaktadır.
2. Gümrük Vergisi Muafiyeti: Tüm bölgelerde geçerli bir destektir. Yatırımcılar, yurtdışından getirdikleri makine ve ekipmanlar için gümrük vergisinden muaf tutulmaktadır.
3. Gelir Vergisi Stopajı Desteği: İlk beş bölgede bu destek bulunmamaktadır. Ancak 6. bölgede geçerlidir ve çalışanların maaşlarından kesilen gelir vergisinin devlet tarafından karşılanmasını sağlamaktadır [31].

Kayseri-İzmir-Şanlıurfa Bölge Dağılımları:



Şekil 3. Kayseri-İzmir-Şanlıurfa Bölge Dağılımları [3]

Lisanslı ve lisanssız güneş enerjisi santrali (GES) yatırımları için teşvikler, yatırımın yapıldığı bölgenin gelişmişlik düzeyine göre farklılık göstermektedir. Lisanssız GES yatırımları için 1., 2., 3. ve 4. bölgelerde, 4. bölge teşvikleri uygulanırken; 5. ve 6. bölgelerde bulunduğu bölgenin teşviklerinden faydalanılmaktadır (Şekil 3). Özellikle 6. bölge, SGK primi işçi desteği, gelir vergisi stopajı desteği ve daha yüksek vergi indirim oranı gibi kapsamlı teşviklerle diğer bölgelere kıyasla daha avantajlıdır. Lisanslı GES yatırımları ise genel destekler kapsamında her bölgede KDV istisnası ve gümrük vergisi muafiyetinden faydalanabilirken, gelir vergisi stopajı desteği yalnızca 6. bölge için geçerli olmuştur. Kayseri, İzmir ve Şanlıurfa gibi iller için bu bölgeler arası farklılıklar, yatırım planlamasında önemli bir rol oynamıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Kayseri’de güneş enerjisi yatırımlarının artırılması, bölgenin sahip olduğu yüksek potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu bağlamda, mevcut SGK prim desteği, gelir vergisi stopajı desteği gibi teşvik unsurlarının kapsamının genişletilmesi, SGK işveren primi desteğinin yedi yıldan daha uzun sürelerle uygulanması ve vergi indirim oranlarının %30’un üzerine çıkarılması gibi ilave düzenlemeler, Kayseri’de santral yatırımlarının artmasına önemli ölçüde katkı sağlayabilir.

Kayseri’ye yapılacak yeni güneş enerjisi yatırımları, ilin mevcut potansiyelini tam kapasiteyle kullanmasına imkân tanıyacak ve Şanlıurfa gibi diğer yüksek potansiyele sahip bölgelerle arasındaki kapasite farkını hızla kapatabilecektir. Türkiye’nin enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması, çevresel sürdürülebilirliğin güçlendirilmesi ve enerji arzında dışa bağımlılığın azaltılması bakımından stratejik bir gerekliliktir. Bu doğrultuda, Kayseri gibi uygun iklim ve arazi koşullarına sahip illerde yapılacak santral yatırımları hem ulusal enerji arz güvenliğine hem de bölgesel kalkınmaya doğrudan katkı sunacaktır.

Yapılan analizler, Kayseri’nin güneş enerjisi santrali yatırımları için uygun bir bölge olduğunu ve mevcut teşviklerin fizibiliteyi olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Teşvik düzenlemelerinin güçlendirilmesi; yalnızca yenilenebilir enerji üretim kapasitesini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda yerel istihdam yaratacak, bölgesel gelir düzeyini yükseltecek ve enerji maliyetlerinin düşürülmesine katkıda bulunacaktır. Böylelikle, Kayseri ve Şanlıurfa gibi iller, Türkiye’nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmasında kritik bir rol üstlenmeye devam edecektir.

Kayseri ilinin rüzgar enerjisi potansiyeline yönelik yapılan analizler de bölgenin yenilenebilir enerji yatırımlarında çeşitlilik sağlama açısından önemli fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Yapılan değerlendirmeler, bölgedeki rüzgar hızlarının belirli alanlarda ekonomik yatırımlar için uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Güneş enerjisi yatırımlarının yanı sıra rüzgar enerjisi santrali yatırımlarının da teşvik edilmesi, bölgenin toplam yenilenebilir enerji üretim kapasitesini artırarak enerji arz güvenliğine ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, Kayseri’de yapılacak enerji yatırımlarına ilişkin stratejik planlama süreçlerine veri ve öngörü sağlayarak, karar alıcıların yatırım önceliklerini belirlemesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Kaynakça

- [1] Oğuz, M., Akkurt, Ş., 2017. Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 362-374.
- [2] Sindhu, S., Nehra, V., Luthra, S., 2017. Solar energy deployment for sustainable future of India: Hybrid SWOC-AHP analysis, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 1138-1151.
- [3] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024. <https://enerji.gov.tr> (Erişim: 10.10.2024).
- [4] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2024. www.eie.gov.tr (Erişim: 11.10.2024).
- [5] Tanış, T., 2019. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi: Karapınar ilçesi SWOT analizi.
- [6] Hayli, S., 2001. Rüzgâr enerjisinin önemi Dünya’da ve Türkiye’deki durumu, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1), 1-26.
- [7] Şenel, M.C., Erdem, K.O., 2015. Dünyada ve Türkiye’de rüzgar enerjisi durumu-Genel değerlendirme, Mühendis ve Makina, 56(663), 46-56.
- [8] Enerji Atlası, 2024. www.enerjiatlası.com (Erişim: 11.10.2024).
- [9] Dündar, U.U., 2016. Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulumu İçin Risk Değerlendirme Rehberi. Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [10] Çanka Kılıç, F., 2015. Güneş enerjisi, Türkiye’deki son durumu ve üretim teknolojileri, Mühendis ve Makina, 56(671), 28-40.
- [11] Đalić, I., Stević, Ž., Ateljevic, J., Turskis, Z., Zavadskas, E., Mardani, A. 2021. A novel integrated MCDM-SWOT-TOWS model for the strategic decision analysis in transportation company, Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering, 19(3), 401-422.
- [12] Baudino, C., Giuggioli, N.R., Briano, R., Massaglia, S., Peano, C. 2017. Integrated methodologies (SWOT, TOWS, LCA) for improving production chains and environmental sustainability of kiwifruit and baby kiwi in Italy, Sustainability, 9(9), 1621.
- [13] Şahin, Ö.U., Şahin, M., 2018. Türkiye’de sağlık turizminin potansiyeli ve geleceği: SWOT analizi, Journal of Awareness, 3(5), 287-300.
- [14] Kaya, T., Kahraman, C., 2010. Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul, Energy, 35(6), 2517-2527.
- [15] Stojcetovic, B., Nikolic, D., Bogdanovic, D. 2019. SWOT-AHP method application to determine current energy situation and define strategies for energy security improvement, Thermal Science, 23(2 Part B), 861-872.
- [16] Emrouznejad, A., Marra, M. 2017. The state of the art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis, International Journal of Production Research, 55(22), 6653-6675.
- [17] Delihanlar, E., Yaylacı, E.K., Dalcı, A., 2019. Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli, Mevcut Durumu, Teşvikleri, Kurulum Maliyeti Analizi-Karabük İli Örneği, Electronic Letters on Science and Engineering, 15(1), 12-20.
- [18] Darko, A., Chan, A., Effah, E., Owusu, E., Pärn, E., Edwards, D. 2018. Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction, International Journal of Construction Management, 19(5), 436-452.
- [19] Podvezko, V., 2009. Application of AHP technique, Journal of Business Economics and Management, 2, 181-189.
- [20] Heo, E., Kim, J., Boo, K., 2010. Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(8), 2214-2220.

- [21] Giamalaki, M., Tsoutsos, T., 2019. Sustainable siting of solar power installations in Mediterranean using a GIS/AHP approach, *Renewable Energy*, 141, 64-75.
- [22] Abdul, D., Wenqi, J., Tanveer, A., 2022. Prioritization of renewable energy source for electricity generation through AHP-VIKOR integrated methodology, *Renewable Energy*, 184, 1018-1032.
- [23] Ahmad, S., Tahar, R.M., 2014. Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia, *Renewable Energy*, 63, 458-466.
- [24] Raza, M. A., Yousif, M., Hassan, M., Numan, M., Abbas K., Syed A., 2023. Site suitability for solar and wind energy in developing countries using combination of GIS-AHP; a case study of Pakistan, *Renewable Energy*, 206, 180-191.
- [25] Wang, Y., Xu, L., Solangi, Y.A., 2020. Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach, *Sustainable Cities and Society*, 52, 101861.
- [26] Trappey, A.J.C., Chen, P.P.J., Trappey, C.V., Ma, L., 2014. Evaluating renewable energy policies using hybrid clustering and analytic hierarchy process modeling, *Proceedings of the IEEE 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, IEEE.
- [27] Noorollahi, Y., Ghenaatpisheh Senani, A., Fadaei, A., Simaee, M., Moltames, R., 2022. A framework for GIS-based site selection and technical potential evaluation of PV solar farm using Fuzzy-Boolean logic and AHP multi-criteria decision-making approach, *Renewable Energy*, 186, 89-104.
- [28] Tasri, A., Susilawati, A., 2014. Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 34-44.
- [29] Ossadnik, W., Lange, O., 1999. AHP-based evaluation of AHP-Software, *European Journal of Operational Research*, 118(3), 578-588.
- [30] ORAN (Orta Anadolu Kalkınma Ajansı), Kayseri Yatırım Rehberi.
- [31] Ares Danışmanlık, 2024. www.aresdanismanlik.net (Erişim: 14.12.2024).