

Mekânsal Planlama Alan Kullanım Kararlarında Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi Kriterleri

¹Atıla GÜL* ²Afşar KARAKOÇ ²Seriyye REHİMBEYLİ

¹Prof. Dr. Süleyman Demirel Üniv. Mim.Fak., Peyzaj Mimarlığı Böl. 32200, Isparta, TÜRKİYE, atilagul@sdu.edu.tr

²Lisansüstü Öğrencileri, Süleyman Demirel Üniv. F.B.E.Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 32200, Isparta, TÜRKİYE, E-mail: karakocafsar@gmail.com

Özet

Türkiye'nin coğrafik konumu ve iklim özellikleri nedeniyle güneş enerjisi açısından önemli potansiyele sahiptir. Bu nedenle ülkenin özellikle enerji alanında uluslararası sistemin etkisi ve baskısından ziyade, kendi öz varlıklarına dayalı, yenilenebilir, yenilikçi, ekolojik, çeşitlikçi, adil ve demokratik yaşamla uyumlu bir enerji planlamasına ve politikasına ihtiyaç vardır. Bu bağlamda plansız ve gelişigüzel yaygınlaşan Güneş Enerjisi Santralleri (Fotovoltaik) (GES) tesisi için mekansal planlamalarla ilişkilendirilmesi, bilimsel ve teknik boyutta ideal yer seçiminin belirlenmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu çalışmada GES için ideal mekansal yer seçiminin belirlenmesi amacıyla farklı uzmanların (n:50) görüşü alınarak Isparta yöresi koşullarında puanlama tekniği ile temel/alt kriterlere ait göstergelerin en uygun değerleri belirlenmiştir. Belirlenen temel kriterler önemlilik sırasına göre; Bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, arazi kullanım durumu, şebeke bağlantısına olan uzaklığı, yerel iklim durumu, topoğrafik yapısı, mülkiyet durumu, korunan alanlara uzaklık, ulaşım ağlarına uzaklık, jeolojik yapısı, enerji tüketim bölgelerine uzaklığı olmak üzere belirlenmiştir. Sonuçta önerilen en uygun değerler dikkate alınarak bir yöredeki GES için mekansal planlamalarda yapılacak uygunluk veya eşik analizi yöntemi ile en uygun alanların belirlenmesi gerçekleştirilebilir. Böylece yapılacak GES için çevresel zararların minimize edilmesi, özellikle yatırımların sürdürülebilir, etkin ve rasyonel olması mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelime; Mekansal planlama, uygunluk analizi, yenilenebilir enerji, güneş enerjisi santrali, yer seçimi kriterleri

Location Selection Criteria of Solar Power Plants for Land Use Decisions in Spatial Planning

Abstract

Because of Turkey's geographical position and climate characteristics, it has significant potential in terms of solar energy. For this reason, there is a need for an energy planning and policy for the energy sector of the country that is highly dependent on renewable, innovative, ecological, egalitarian, just and democratic life, based on its influence and pressure on its own assets. In this context, it has become compulsory to associate with the spatial plans for the unplanned and randomly widespread installation of Solar Energy Power Plants (Photovoltaic) (GES), and to determine the ideal location selection at the scientific and technical dimension. In this study, in order to determine the ideal spatial location selection for GES, the best values of the scoring technique and the indicators of the basic / sub criteria were determined in Isparta region conditions by taking the opinions of different experts (n: 50). The determined basic criteria are according to the order of importance; The area has been determined to be solar energy potential, land use status, distance to network connection, local climate condition, topographic structure, ownership status, distance to protected areas, distance to transportation networks, geological structure, energy consumption. Taking into consideration the most suitable values as a result, it will be possible to determine the most suitable areas for the GES in one province by suitability or threshold analysis method to be performed in spatial planning. Thus, for GES to be carried out, it will be possible to minimize environmental damages, to make energy investments sustainable, efficient and rational.

Key words: Spatial planning, suitability analysis, renewable energy, solar energy plant, location selection criteria

1. Giriş

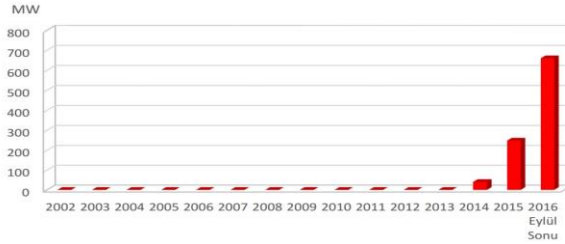
Dünyada nüfus artışı, kentsel gelişim ve sanayileşmeye paralel olarak birincil enerji tüketimi de giderek artmaktadır. Nüfus ve gelir artışı, enerji tüketiminin artmasına neden olan temel etkenlerin başında gelmektedir. Yapılan projeksiyonlar, 2030 yılında dünya nüfusunun 8,3 milyara yükseleceğini göstermektedir. Bu durum, 1,3 milyar insana daha enerji arzı sağlanması

*Corresponding author: Address:.. Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 32200, Isparta, TÜRKİYE E-mail: atilagul@sdu.edu.tr Phone: +902462118224 Fax: +902462118231

gerektiğini ortaya koymaktadır [1]. Ekonomik büyümede önemli rolü olan enerji, kalkınma programlarının vazgeçilmez unsurudur. Enerji politikaları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, sürdürülebilir kalkınma planlarının tümleşik bir parçasıdır. Dünya pazarında ülkemizin rekabet gücünü artırmak üzere ekonomiyi büyütecek ve yaşam standartlarını yükseltecek yeterli, sürekli ve temiz enerjinin temini, güvenilir ve sürdürülebilir enerji politikaları ile mümkündür [2]. Enerji üretimi ve tüketimi, tüm ülkeyi ilgilendiren gelişme sorunuyla doğrudan ilgili olması nedeniyle kalkınma ve mekansal planlarının doğrudan konusudur. Fakat enerjinin planlanması konusu ne tek başına bir projeler bütünü olarak ne de bir yatırımlar toplamı olarak görülmelidir. Enerji sorunu; ülkenin eğitim, sağlık, teknoloji, insani ve çevresel gelişme başta olmak üzere uygarlık süreci içindeki yerinin tayinine hangi bakış açısıyla yaklaşılacağına bağlı olarak planlanmalıdır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının gün geçtikçe pahalılaşması, ülkemizi enerji politikası açısından dışa bağımlı hale getirmesi, bu kaynakların kullanımlarında CO₂, SO₂, NO_x salınımları da hem ekolojiye zarar vermesi hem de Kyoto Protokolü' ne göre daha fazla karbon ücretinin ödenmesi sonucu beraberinde getirmektedir. Tüm bu olumsuzlukları yaşamamak için, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkemizdeki bu potansiyelin kullanılmasının gerekliliği yaygın bir şekilde kabul edilmektedir [3]. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş enerjisi üretim sistemleri; daha düşük düzeyde kirlletici atık içermesi, yerel olarak uygulanabilmesi, işletme kolaylığı ve dışa bağımlı olmaması, özellikle bol ve bedava olması, sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda fosil yakıtlardan kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması için kullanılan yaygın ve çevre dostu bir alternatif enerji kaynağını oluşturmaktadır. Ülkemiz de dâhil olmak üzere, uluslararası kuruluşlar ve çeşitli ülkeler, enerji politikalarında güneş enerjisinin tamamen temiz bir enerji kaynağı olduğundan hareketle bu teknolojilere yüksek teşvik uygulamaları yapmaktadır [3]. Bununla birlikte bazı uluslararası kuruluşlar ve çeşitli ülkelerin enerji politikalarında güneş enerjisinin tamamen temiz bir enerji kaynağı olduğu ve herhangi bir çevresel bozulmaya sebep olmadığını ve tamamen temiz enerji üretildiği vurgulanmaktadır [4]. Güneş enerjisinden sürdürülebilir ve verimli olarak yararlanmanın en önemli şartlarından birisi güneş enerji santrallerinin (GES) kuruluş yerleri veya yer seçiminin belirlenmesidir. GES yerlerinin belirlenmesinde; bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, topoğrafik yapısı, yerel iklim durumu, jeolojik yapısı, arazi kullanım durumu, şebeke bağlantısı, enerji tüketim bölgelerine yakınlığı, ulaşım ağlarına olan yakınlığı, korunan alanlara olan uzaklığı, arazinin mülkiyet durumu olmak üzere temel kriterler dikkate alınması gerekmektedir. Günümüzde mekânsal planlama çalışmalarında alan kullanım kararlarına yönelik ilgili temel/alt sektörlerin talepleri artmakta ve çeşitlenmektedir. Bu bağlamda mekânsal planlamalarda alan kullanım kararlarında enerji sektörü önemli bir yer tutmaktadır. Enerji tüketiminin her geçen gün arttığı ülkemizde sahip olduğumuz doğal yenilenebilir kaynakları kullanarak enerji üretmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, dalga ve akıntı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında hem elektrik enerjisi üretimi hem de ısı üretimi açısından önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilmesi için finansman imkânlarının geliştirilmesi, mevzuatın güncellenmesi, iletim altyapısının güçlendirilmesi, yatırımcı farkındalığının artırılması ve mekânsal planlama ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada GES'in mekânsal planlama ile ilişkisi ortaya konulmuş ve alan kullanım kararları kapsamında yer seçim kriterlerin ve göstergelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik bütüncül bir yaklaşım getirilmiştir.

1.1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Güneş Enerjisi Santralleri (GES)

Yenilenebilir enerji; “doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki kısa süreçte aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanabilir. Geleneksel enerji kaynakları (kömür, petrol, doğal gaz, uranyum vb.) dışında kalan, tükenmeyen kendini yenileyebilen enerjidir. Fosil ve nükleer kaynaklara göre çevreye olumsuz etkileri oldukça azdır [5].Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan ya da enerjinin başka bir türüne dönüştürülerek kullanılabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, yerli kaynaklar olduğu için ülkelerin enerjide dışa bağımlılığının azalmasını da sağlamaktadır. Endüstriyel ve ticari tüketiciler enerji harcamalarını azaltırken enerji kaynaklarının sürekliliğini sağlamak için hızla yenilenebilir enerji sistemlerine yönelmeye başlamışlardır. Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynaklarına baktığımızda ise güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji ve biokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynak potansiyelleri olduğu görülmektedir. Fakat Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılayabilecek potansiyele sahip olmasına rağmen bu kaynakları verimli bir şekilde değerlendirememekte ve potansiyelini tam olarak kullanamamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının artırılması çalışmaları kapsamında güneş enerjisinden de azami seviyede yararlanılması planlanmaktadır. GES önlisans başvuru sonuçları kapsamında bugün itibarıyla EPDK tarafından 27 adet güneş enerjisi santraline önlisans, 2 adet güneş enerjisi santraline lisans verilmiştir. Ayrıca, 660,2 MW toplam kurulu güce sahip 861 lisanssız güneş santrali işletmesi bulunmaktadır [6]. Ülkemizde ise 2005 yılında Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren 5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” bu kapsamda değerlendirilmektedir.



Şekil 1.1 Yıllar itibariyle güneş enerjisi kurulu güç değişimi [5]

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir [3]: **Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP):** Güneş enerjisinden ısı elde edilen bu sistemlerde, ısı doğrudan kullanılabilir gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. **Güneş Hücreleri:** Fotovoltaik güneş elektrikli sistemleri de denilen yarıiletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrikle çevirirler. Fotovoltaik kelimesi, Yunanca ışık anlamına gelen photos ile volt kelimesinin birleşiminden oluşmaktadır. Volt kelimesi elektronların hareketini ifade eder ve pili icat eden İtalyan fizikçi Alessandro Volta’ya izafeten verilmiştir. Dolayısıyla photovoltaic terimi ışıktan elektrik üretimi anlamına gelmektedir [3]. Kurulu güç ve arazi kullanımına ilişkin çok çeşitli veriler olsa da ortalama verimdeki ısı güneş enerji santralleri 1.000 MWs kurulu güç için ortalama 1.000 ila 1.500 hektarlık bir alana ihtiyaç duymaktadır [12]. Benzer şartlarda, ortalama verimdeki fotovoltaik güneş enerji santralleri ise 1.000 MWs kurulu güç için 2.500 hektarlık bir alana ihtiyaç duymaktadır. Fotovoltaik enerji santralinin kapladığı alan aynı miktarda üretim yapan bir kömür santrali alanının 10 katından fazladır [10].



Şekil 1.2 Güneş enerjisi santralleri (fotovoltaik)



Şekil 1.3 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye 'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde ise en fazla güneş enerjisi alan bölgenin 1.460 KWh/m²-yıl ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi olduğu, onu 1.390 KWh/m²-yıl ile Akdeniz Bölgesi'nin izlediği görülmektedir(Şekil 1.3.). Güneş kuşağı içinde bulunan ve bu nedenle güneş enerjisi kazancı açısından zengin olan Türkiye, bu potansiyelini henüz tam olarak kullanamasa da coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeden daha avantajlı bir konumda bulunmaktadır.

1.2. Mekansal Planlama ve GES ile İlişkisi

Türkiye'de enerji politikasını biçimlendiren önemli resmi belgelerden birisi çevre düzeni planlarıdır [7]. Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği'nin "Tanımlar" başlıklı 4. Maddesine göre, "Çevre Düzeni Planı: Varsa mekânsal strateji planlarının hedef ve strateji kararlarına uygun olarak orman, akarsu, göl ve tarım arazileri gibi temel coğrafi verilerin gösterildiği, kentsel ve kırsal yerleşim, gelişme alanları, sanayi, tarım, turizm, ulaşım, enerji gibi sektörlerle ilişkin genel arazi kullanım kararlarını belirleyen, yerleşme ve sektörler arasında ilişkiler ile koruma-kullanma dengesini sağlayan 1/50.000 veya 1/100.000 ölçekteki haritalar üzerinde ölçeğine uygun gösterim kullanılarak bölge, havza veya il düzeyinde hazırlanabilen, plan notları ve raporuyla bir bütün olarak yapılan plan," olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de mekânsal planlar, kapsadıkları alan ve amaçlarına göre planlama kademeleri, üst kademeden alt kademeye doğru sırasıyla; Mekânsal Strateji Planı, Çevre Düzeni Planı (ÇDP), Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planından oluşur. Türkiye'de, mekânsal stratejileri belirleyen, sektörlerle ilişkin mekânsal politika ve stratejiler arasında ilişkiyi kuran, kalkınma politikaları ve bölgesel gelişme stratejilerini mekânsal düzeyde ilişkilendiren mekânsal strateji planları henüz yapılmamıştır. Bu nedenle de enerji yatırımlarıyla ilgili, Kalkınma Planları ve Çevre Düzeni Planları doğrudan ilişkilidir [7]. ÇDP, enerji yatırımlarına yön verilmesi açısından önemlidir. Kalkınma ve çevre düzeni planları ulusal, bölgesel, küresel ölçekte meydana gelen siyasal ve ekonomik gelişmelerle biçimlenmektedir. Enerji ve planlama ilişkisinin üç temel aktöründen bahsetmek mümkündür. Bu aktörler, merkezi idare, yatırımcı ve yurttaşlardır. Devletin merkezi yönetim teşkilatları açısından, enerji politikasının planlanması, enerji arzını ve üretim maliyetlerini ön plana alan bir bakış açısıyla şekillenmiştir. Enerji sektörüne yatırım yapan sermaye ise enerji arzını sürekli kılacak bir enerji piyasasının işleyişine odaklanmakta, daha fazla enerjiyi daha ucuza üretmeyi ve daha fazla karla satmayı, buna yönelik hukuki süreçleri kolaylaştırmayı denetim mekanizmalarını esnetmeyi, enerji üretimine yönelik teşvik sistemlerini geliştirmeyi esas almaktadır.

2. Materyal Ve Yöntem

Güneş Enerjisi Santralleri (Fotovoltaik) (GES) için ideal mekansal yer seçiminin belirlenmesi amacıyla farklı uzmanların görüşü alınarak Isparta yöresi koşullarında temel/alt kriterler ve göstergeler belirlenmiştir. Bu amaçla Isparta yöresi çalışma alanı olarak öngörülmüş ve doğal ve kültürel kaynak eşik değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla konu ile ilgili ve farklı disiplinlerden oluşan 50 uzman grubuna (10 Peyzaj Mimarı, 10 Şehir Plancısı, 10 Makine Mühendisi, 10 Güneş Enerjisi Şirket Yöneticileri ve 10 Teknik Uzman, Enerji sis. mühendisliği) puanlama tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Puanlama tekniği iki aşamada gerçekleşmiştir. 1.Aşama: GES mekansal yer seçimi için temel kriterler ve önemlilik düzeyi değerinin belirlenmesi için Uzman Gruba, Doğal değerler (bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, yerel iklim durumu, topoğrafik yapısı, jeolojik yapısı, korunan alanlara uzaklık) ve kültürel değerler (arazi kullanım durumu, şebeke bağlantısına olan uzaklığı, enerji tüketim bölgelerine uzaklığı, ulaşım ağlarına uzaklık, mülkiyet durumu) olmak üzere on temel kritere kendi aralarındaki önemlilik düzeyini belirlemek üzere 1 (en düşük puan) den 10 (En yüksek puan) puan arasında sıralama yapılması istenmiş ve yapılan değerlendirme sonucu her bir temel kriterin toplam puanın uzman sayısına bölünüp toplamdaki yüzde değeri hesaplanarak ağırlık değeri belirlenmiştir. 2. Aşamada ise temel kriterlerin içinde yer alabilecek alt kriterler sorulmuş ve gruplandırılmıştır. Her bir alt kriterin gösterge grupları oluşturularak 1 puan, 3 puan ve 5 puan verilmek suretiyle en uygun puana sahip göstergeler belirlenmiş ve mekansal yer seçim için en uygun eşikler (sınırlar) ortaya konulmuştur.

3. Bulgular

GES'nin ideal mekansal yer seçimi için Uzmanlara yapılan anket puanlama sonucunda 10 temel kriter belirlenmiş ve bu kriterlere verilen önemlilik düzeyi değerleri belirlenmiştir (Tablo 3.1.). Bu bağlamda en önemlilik değerine sahip temel kriterler sırasıyla Güneş Enerjisi Potansiyeli, Arazi Kullanım Durumu, Şebeke Bağlantılarına Uzaklık, İklim durumu, Topoğrafya vb şeklinde sıralanmıştır. GES in verimliliğini etkileyen temel koşullardan biri bölgenin güneş enerji potansiyelidir. Bölgenin güneş ışınım düzeyi üretilen enerji miktarı ile doğru orantılı olup önemlilik düzeyinde ilk sırayı almıştır.

Tablo 3.1 Anket sonucuna göre temel kriterler ve önemlilik değerleri (Isparta)

Temel Kriterler	Önemlilik Değerler
Güneş Enerjisi Potansiyeli	0,16
Arazi Kullanım Durumu	0,13
Şebeke Bağlantılarına Uzaklık	0,12
İklim durumu	0,12
Topoğrafya	0,11
Mülkiyet Durumu	0,09
Korunan Alanlara Uzaklık	0,07
Ulaşım Ağlarına Olan Uzaklık	0,07
Jeoloji	0,06
Enerji Tüketim Bölgelerine Uzaklık	0,06
Toplam	1,00

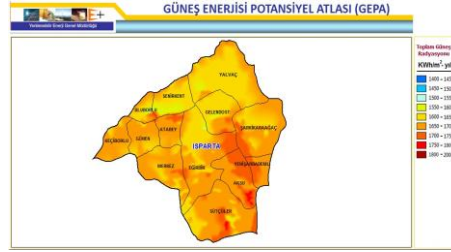
Belirlenen temel kriterler içinde değerlendirilebilecek alt kriterler Tablo 3.2 de verilmiştir. Bu alt kriterler için belirlenen göstergeler Isparta yöresi koşulları dikkate alınarak belirlenmiştir. Göstergeler için uzmanların vermiş oldukları uygun puanlaması ortalaması alınarak uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Buna göre en uygun değer aralıkları belirlenmiştir.

Tablo 3.2 Anket sonucuna göre alt kriterler, göstergeler ve ortalama değerleri (Isparta)

Temel Kriterler	Alt Kriterler	Göstergeler	Ort.Değerler	Uygunluk Durumu
GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	Toplam Güneş Radyasyonu	<1500 kWh/m ² -yıl	1,69	Uygun Değil
		1500-1700 kWh/m ² -yıl	3,07	Uygun

		1700< kWh/m ² -yıl	4,23	Çok Uygun
TOPOĞRAFYA	Eğim (%)	< 12	2,61	Uygun Değil
		13-24	3,15	Uygun
		25 ve üzeri	3,53	Çok Uygun
	BAKI (Kuzeyle Yaptığı Vektörel Açısı)	0-135°	2,84	Uygun
		136°-225°	4,00	Çok Uygun
		226°-360°	2,15	Uygun Değil
İKLİM	Kar Kalış Süresi (Rakım Grubuna göre)	1800m ve üzeri	1,15	Uygun Değil
		1065m - 1800m	3,61	Çok Uygun
		< 1065 m	3,61	Çok Uygun
	Hakim Rüzgar Yönü	G.D. - K.B.	2,53	Uygun Değil
		G.B. - K.D.	3,07	Uygun
		G. - B	3,23	Çok Uygun
JEOLJİ	Fay Hattı	0 - 25 km	1,30	Uygun Değil
		26 - 50 km	2,92	Uygun
		50 - 75 km	4,46	Çok Uygun
	Deprem Bölgesi	1.derece	1,46	Uygun Değil
		2.derece	2,76	Uygun
		3.derece	4,23	Çok Uygun
ARAZİ KULLANIM DURUMU	Toprak Derinliği	Ova (30 cm fazla)	1,92	Uygun Değil
		Dağlık (30 cm az)	4,07	Çok Uygun
	Arazi Yetenek Sınıfı	I - III.sınıf	1,38	Uygun Değil
		IV - VI.sınıf	2,92	Uygun
		VII - VIII.sınıf	4,30	Çok Uygun
ŞEBEKE BAĞLANTISI	Enerji Nakil Hattına Uzaklık	0km - 2km	4,30	Çok Uygun
		2km - 4 km	3,15	Uygun
		4 km - 5 km	2,00	Uygun Değil
	Trafo Merkezine Uzaklık	< 3 km	4,38	Çok Uygun
		3 km - 6 km	3,15	Uygun
		6 km - 10 km	1,30	Uygun Değil
ENERJİ TÜKETİM BÖLGELERİNE UZAKLIK	Yerleşim Mücavir Alan Sınırlarına Olan Uzaklık	0- 10 km	1,76	Uygun Değil
		11 - 20 km	3,30	Uygun
		21 - 30 km	4,07	Çok Uygun
ULAŞIM	Karayoluna Uzaklık	0 - 10 km	3,15	Uygun
		11 - 20 km	3,15	Uygun
		21 - 30 km	3,46	Çok Uygun
	Demiryoluna Uzaklık	0 - 34 km	2,15	Uygun
		35 - 70 km	3,30	Çok Uygun
		70km ve üzeri	3,30	Çok Uygun
KORUNAN ALANLARA OLAN MESAFE	Akarsu,Göl,Nehir Vb Kıyı Çizgisi	0 - 300 m	1,84	Uygun Değil
		301 m - 500m	2,92	Uygun
		501 m - 800m	3,92	Çok Uygun
	Milli Parklar, Doğa Koruma Vb	0 - 1 km	1,30	Uygun Değil
		1 km - 3 km	2,69	Uygun
		3 km ve üzeri	6,34	Çok Uygun
	Kuş Göç Yolları	0 - 15 km	1,46	Uygun Değil
		16 km - 30 km	3,07	Uygun
		30 km ve üzeri	4,23	Çok Uygun
MÜLKİYET	Arazi Mülkiyet Durumu	Hazine Ve Vakıf	3,15	Uygun
		Orman Arazisi	1,61	Uygun Değil
		Özel Arazi	3,92	Çok Uygun

Isparta ili güneş radyasyonu potansiyeli oldukça yüksek bir ildir. Isparta yöresi için yapılan çalışmada güneş radyasyonunun maksimum seviyede olduğu Şekil 2.1. deki harita dikkate alınarak oluşturulan gösterge değerleri içinde 1700< kWh/m²-yıl güneş radyasyonu olan yerler en uygun olarak belirlenmiştir [13].



Şekil 2.1 Isparta' nın Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Arazi topoğrafyasını etkileyen eğim grubu içinde % 25 ve üzeri ve kuzeyle yapılan vektörel açı (136°-225 arası) dikkate alınarak bakıların en uygun olduğu tercih edilmiştir. İklim kriteri incelendiğinde, paneller üzerinde kar kalış süresine bağlı olarak enerji üretiminin azalacağı için oluşturulan rakım grubu içinde 1800 m'den küçük alanlar en uygun olduğu belirlenmiştir. Fotovoltaik güneş panelleri sıcaklıkla birlikte verim kaybına uğramaktadır. Hakim rüzgar ise sistemin ısınmasını engellediği ve verimini belirlediği için önemli bir alt kriter olarak değerlendirilmiş, güney ve batı bakılar en uygun çıkmıştır. Jeolojik açıdan sismik faaliyetlerin yıkıcı etkiler yaratmaması için fay hattına olan mesafeler dikkate alınmış ve fay hattından 50 km den uzak alanlar ve 3. Derece deprem bölgesi olan alanlar en uygun alanlar çıkmıştır. Kurulumu planlanan güneş enerjisi santrallerinin arazi seçiminde özellikle bitkisel ve hayvansal üretim için önemlilik arz eden arazi yetenek sınıfları dikkate alınarak VII- VIII. sınıf araziler ve toprak derinliği açısından özellikle 30 cmden az derinliğe sahip yüzeyler en uygun olduğu öngörülmüştür. Şebeke bağlantısı açısından enerji nakil hattına ve trafo merkezlerine yakınlık özellikle GES alanlarının maliyetinin azaltılması ve daha ekonomik olması açısından önemli olduğu göz önünde bulundurularak enerji nakil hattına 0-2 km mesafe ve trafo merkezine ise 3km den az olan alanlar en uygun çıkmıştır. Enerji tüketimine yakın bölgeler temizlik, bakım-onarım faaliyetlerinin tamamlanması açısından avantajlı olduğu düşünülmüş ancak yerleşime yakın bölgelerde oluşabilecek faaliyetlerin, panel verimini düşürebileceği ve görsel kirliliğe yol açacağı göz önünde bulundurularak 21 km den daha fazla mesafedeki alanlar tercih edilmiştir. Karayolları ve demiryollarına yakınlık büyük tesisler için lojistik maliyetini ve tesis faaliyeti sırasında gerekli olacak ihtiyaçların karşılanması açısından genel olarak karayoluna 21 km den fazla demiryoluna ise 35 km den fazla olan yerler GES için tercih edilmiştir. Fotovoltaik Güneş enerjisi santrallerinde soğutma suyu kullanılmamaktadır. Su kullanımı, panel bakımı ve temizliği sırasında gerekmektedir. Bunun için sondaj kuyuları vb ile gerekli olan su ihtiyacı karşılanması söz konusu olabilecektir. Ancak kurulumu planlanan tesisler için mevcut su kaynaklarından sıcaklığın etkisi ile oluşabilecek buharlaşma, paneller üzerinde gölgeleme yapma ve verimi düşürme riski bulunmaktadır. Oluşturulan tesislerde panellerin ısınmasıyla belirli bir sıcaklık değişimi ile çevrede mikroklimatik bir etki yaratması sonucu milli parklar, doğa koruma vb korunan alanlarda flora ve faunanın olumsuz etkilenmesi riski söz konusu olabileceği gibi kuş göç yollarında da kuşların yansımaya rota değişikliğine uğrama riskinden dolayı bu alanlara belirli mesafede olması gerekmektedir. Bu nedenle Göl, nehir vb geniş yüzeyli su yüzeylerinde 501 m den fazla, yasal koruma statüsüne sahip alanlardan 3 km den fazla ve kuş göç yollarına 30 km den fazla mesafede olan yerler, GES için en uygun yerler olarak öngörülmüştür. GES için mülkiyet durumu yatırım ve sürekliliği açısından önemli olup özellikle özel mülkiyet alanları ve hazine/vakıf arazileri en uygun alanlar olarak tercih edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

GES tesisi için mekansal bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Mekanların farklı sektörler açısından en uygun alanların ve plan kararlarının belirlenmesi için doğal ve kültürel kaynak değerlerinin

analizi, bütüncül ve sürdürülebilir değerlendirilmesine bağlıdır. Günümüzde plansız ve yoğun olarak gerçekleştirilen GES yer seçimi uygulamaları ne yazıkki mekânsal planlamada bütünle ve çevre ile ilişkilendirilmeden, sadece ekonomik yatırım ve enerji verimliliği gerekçeleriyle yapılmakta, hatta yasal düzenlemeler ve teşviklerle desteklenmektedir. Bununla birlikte güneş enerji üretim teknolojisi ve maliyetinin ucuzlaması, kısa vadede kar getirisinin yüksek olması gibi nedenler özellikle özel mülkiyetli tarım ve mera alanlarının bu amaçla yatırımcılara kiralanmasına yol açmaktadır. Bu durum, verimli I.-II.ve III. sınıf tarım arazilerinin ve mera alanlarının kaybına yol açmaktadır. GES nin büyük alanlarda kurulum yapılması sonucunda mevcut arazi kullanım durumunu değiştirmek suretiyle doğrudan çevresel olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Arazi kullanımındaki bu değişim doğrudan ve dolaylı olarak diğer etkileride (doğal vejetasyonun tahrip edilmesi, toprak sıkışması, topoğrafik yapının değişmesi, toprak ve suyun kirlenmesi, görsel kirlilik, erozyon, yaban hayatı, iklimin değişmesi, manyetik alan oluşturmaları vb) de etkilemesi açısından büyük önem taşımaktadır [4,10,11].

Saner (2015)'e göre günümüzde yenilenebilir GES nin nihai yer seçim kriterlerini etkileyen üç temel kriterin (faaliyetlerin çevresel etkileri, faaliyetlerin verimliliği ve yasal düzenlemeler) olduğunu güneş enerjisi geliştirme süreçlerinde izlenen politikalar temel olarak verimliliği ön plana aldığı ve çevresel etkilerin ise nispeten göz ardı edildiğini ifade etmektedir [4]. Bununla birlikte güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinin çevresel açıdan tamamen temiz bir enerji kaynağı olduğuna dair söylemlerin uygulamalarla uyuşmadığı, arazi kullanım etkisi, ekosistem ve biyolojik çeşitliliğe etkisi ve görsel etkisinin yüksek düzeyde olduğu ve karbon ayak izi ve sera gazı etkisinin orta düzeyde olduğu ifade edilmektedir [4].

Ülkemizdeki mekânsal planlamalarda Güneş Enerjisi Santralleri (GES) ile ilgili yaşanan mevcut sorunlar şu şekilde özetlenebilir;

- Enerji sektörü ile ilgili arazi kullanım kararları mevzuat çerçevesinde Çevre Düzeni Planlarında (ÇDP) ele alınması söz konusu olması gerekirken bu planlarda genel olarak yenilenebilir enerjiye ilişkin enerji kullanımı, enerji ihtiyacı, enerji talepleri ve enerji potansiyeline ilişkin herhangi bir analiz ve öngörüler yer almamaktadır. Bu nedenle ÇDP'ında enerji sektörünün detaylı bir şekilde ele alınmaması önemli bir eksikliktir.
- Mekansal Planlamaların genel yaklaşımı parçacı ve yatırım odaklı bir kalkınmacı paradigma içerisinde şekillenmektedir. Bu nedenle üst ve alt ölçekte alınan kararlar sadece kalkınma eksenini perspektifinde dikkate alındığından dolayı koruma-kullanma dengesi göz ardı edilmekte, sürdürülebilirlik ve çevre koruma kararları eyleme dönüştürülememektedir.
- Doğal varlıklar veya kaynaklar kalkınma için sınırsız bir şekilde kullanılması ve sömürülmesi gereken temel bir kaynak olduğu algısı yaygındır. Bu algı ülkesel boyutta toprak, hava, su ve enerji arasında somut ve bütüncül bir ilişkinin kurulmasını zorlaştırmaktadır.
- Planlarda genel eğilim, var olanların kabul edilmesi yönünde olup yeni yapılacak olan enerji tesisleri kararları ise alt ölçekli planlara bırakılmaktadır. Buna göre ihtiyaç olması halinde ilgili kurum ve kuruluşlardan gerekli görüş ve izinler alınıp imar planları hazırlanarak ve ÇED süreci işletilerek enerji üretimi tesislerin yapılabilmesi sağlanmaktadır. Mekansal Planlamalarda kentsel boyutuyla enerji yatırımları arasında da hiçbir ilişki kurulamamaktadır. Kentsel plan kararlarının gelişmesiyle enerji yatırımları arasında bir etkileşim dili planlarda bulunmamaktadır. Plan paftalarında ve lejantında enerji üretimine ilişkin ortak bir gösterim yer almamakta ve enerji sektörüne yönelik ortak dil ve kavramlar kullanılmamaktadır. Mevcut çevre düzeni planlarında mekânsal planlama, sektörel gelişme eğilimleri, sosyal-iktisadi kalkınma kararları arasında kurulmaya çalışılan bağların koruma-kullanma ve sürdürülebilirlik

açısından ilişkilendirilmemektedir. Planlarda genel olarak sadece yenilenebilir enerji övgü ile bahsedilmekte ve plan kararlarına stratejik bir öneri olarak yansıtılmaktadır.

- Yenilenebilir enerji yatırımlarının o bölgenin ekosistem özellikleri ile etkileşimi, uygunluğu ve yeterliliğine yönelik analizler yapılmamaktadır. Yenilenebilir enerji üretimi için bilimsel ve teknik boyutta yer seçim kriterleri dikkate alınmamakta ve en ideal yer seçimi için analizler yapılmamaktadır.

Resmî ilan süreci tamamlanan GES 'nin yer seçimi verimlilik kriterleri bakımından değerlendirildiğinde yer seçim kararının başarılı olduğu ancak çevresel etkiler açısından değerlendirildiğinde önemli sakıncaların olduğu belirtilmektedir. Özellikle bu alanların mer'a vasfındaki alanlar veya 1, 2, 3 sınıf araziler üzerinde yer aldığı ve tarımsal ve hayvancılık faaliyetlerine olumsuz etkilerin olabileceği ifade edilmiştir [4]. Bu nedenle GES'nin çevresel boyutlarının değerlendirilmesi ve çevresel etkilerini en aza indireyecek şekilde bilimsel ve teknik boyutta çok kriterli analiz sürecinden geçirilerek yer seçim kararlarının üretilmesi ve uygulamaya sokulması büyük önem taşımaktadır. Sonuçta, mekânsal planlamalarda GES'nin tesisi için belirlenen kriterler ve göstergeler yardımı ile o yöre için belirlenecek en ideal yer seçim kararları ile en akılcı yaklaşım sağlanmış olacaktır.

4. Öneriler

Türkiye'nin ekonomik kalkınma hedefi özellikle enerji, maden ve inşaat sektörleri üzerinden büyümeyi esas alan bir perspektife sahiptir. Ancak bu perspektif açısından bakıldığında ilgili sektörler ve diğer sektörler arasında özellikle çevre ile ilişkilendirilerek bütüncül ve sürdürülebilir bir gelişme modeli ortaya konulmuş değildir. Ülkemizde enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, dış ticaret açığının kapatılması, yerel kaynaklara ağırlık verilmesi gibi enerji ve ekonomi politikalarında yenilenebilir enerji ve özellikle güneş enerjisi giderek önem kazanmaktadır. Ülkemizde son yıllarda ortaya konulan enerji politikaları ve bu kapsamda hazırlanan yasal düzenlemeler ve uygulamalar ile enerji üretimine ilişkin yatırımların çevreye yönelik olumsuz etkilerine rağmen olabildiğince desteklendiği açıkça görülmektedir. Ülkemiz için özellikle enerji alanında uluslararası sistemin etkisi ve baskısından ziyade, kendi öz varlıklarına dayalı, yenilenebilir, yenilikçi, ekolojik, eşitlikçi, adil ve demokratik yaşamla uyumlu bir enerji planlaması ve politikasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji ve özellikle güneş enerjisi potansiyelinin etkin olarak değerlendirilmesi için çevresel etkilerin minimize edilmesi ve çevresi ile bütüncül ve uyumlu olacak şekilde yapılması gerekmektedir. Türkiye'nin geleceğini planlamasında; su varlıklarını, gıda egemenliğini, temiz havayı, biyolojik çeşitliliğini koruyarak gelişmeyi sağlayabilecek ekolojik mekansal planlama kararlarının uygulanması ile mümkün olabilecektir. GES, büyük alanlar öngörülmesi nedeniyle özellikle Çevre Düzeni Planları veya İmar Planlarında mutlaka ilişkilendirilmeli, koruma ve kullanma dengesi gözetilerek bilimsel ve teknik boyutta ideal yer seçimi için uygunluk analizler yapılmalı ve plan kararları alınmalıdır. Bununla birlikte bu planlarda ideal seçilen yerlerde nasıl bir enerji üretileceği, üretilecek enerjinin ekolojik, sosyal ve ekonomik maliyetlerinin diğer sektörleri nasıl etkileyeceği, istihdam yapısında yaratacağı değişimler ve çevresel etkilerin neler olacağına yönelik değerlendirmeler yapılmalı ve kararlar öngörülmelidir. Bu çalışmada GES için belirlenen yer seçim kriterleri ve göstergeler her yörenin koşullarına göre revize edilebilmesi mümkündür. Bu kriter ve göstergelerle yapılacak uygunluk veya eşik analizlerle en ideal GES yerlerinin belirlenmesi sonucu çevresel zararların minimize edilmesi, ekonomik yatırımların sürdürülebilir, etkin ve rasyonel olması mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

- [1] Anonim, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı 2014 Bütçe sunumu Ankara 2013. P.5
- [2] Kahraman D. Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretiminin Teknik - Ekonomik Analizi ve Yöresel Uygulaması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. 2010.
- [3] Güçlüer D. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi; Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı 2010. p.11-46.
- [4] Saner, HS. Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi Ve Çevresel Etkileri: Karapınar Ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi (Kent Ve Çevre Bilimleri) Ana Bilim Dalı Ankara, 2015 p: 202.
- [5] Erkinay PU. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinin Türkiye’de Binalarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Adana. 2012.
- [6] Anonim, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı 2017 Bütçe sunumu Ankara 2016. P.25-26.
- [7] Kuşuncu H, Özlüer F. Türkiye Çevre Düzeni Planlamasında Enerji Politikaları, Ekoloji Kollektifi Derneği, Ankara. 2016.
- [8] Anonim, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, Resmi Gazete, Tarih: 14.6.2014, Sayı: 29030
- [9] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Isparta Valiliği Çevre Şehircilik İl müdürlüğü, Isparta İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, 2015. p.2.
- [10] Turney D, Fthenakis V. Environmental Impacts From The Installation And Operation Of Large-Scale Solar Power Plants, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. 15, s.3261– 270.
- [11] Solar Energy Development Programmatic EIS, Solar Energy Development Environmental Considerations, <http://solareis.anl.gov/guide/environment>, Son Erişim: 16.05.2014.
- [12] Tsoutsos T, Frantzeskaki N, Gekas V. Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies, **Energy Policy**, 2005.33, s.289–296.
- [13] URL 1 <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim Tarihi: 01.05.2017)