



GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLARININ YER SEÇİMİ

İrfan Şenlik
EMO MİSEM Daimi Komisyon Üyesi
irfan.senlik@emo.org.tr

Bir ülkenin kalkınması sadece ürettiği enerji miktarı ve sanayileşmesi ile gerçekleşemez. İnsanlarının evsizleştiği ve yoksullaştığı, kültür ve doğa zenginliklerinin yok olduğu bir ülkede üretilen elektrik enerjisi tek başına bir kalkınma ölçütü olmayacaktır. Kalkınma ve gelişme bir bütün olarak ülkenin coğrafi yapısı, topraklarında yaşayan bütün canlıları, kültürü; kentsel ve toplumsal yapısını içinde bulunduran bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmalıdır. Bu nedenle her tür yatırım planlamasının, toplumların zenginliklerini koruma ve geliştirme gerçeğini göz ardı etmeden yapılması gerekmektedir.

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte enerji kullanımının artması, mevcut fosil yakıt rezervlerinin gün geçtikçe azalmasına, küresel ısınmaya ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Fosil enerji kaynaklarındaki azalma ve ortaya çıkan çevresel sorunlar, çalışmalarını yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen ve diğer enerji kaynaklarına göre olumsuz etkileri daha az olan enerjidir. Buna göre yenilenebilir enerji doğanın normal akışı içinde meydana gelmeli ve doğada olumsuz etki yaratmamalıdır.

Enerji kaynakları içinde güneş enerjisi üretim sistemleri, kaynağının bol ve bedava olmasının yanında sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için çevre dostu olarak nitelendirilmektedir. Ülkemizin de dahil olduğu, uluslararası kuruluşlar ve ülkeler, enerji politikalarında güneş enerjisinin temiz bir enerji kaynağı olduğundan dolayı güneş enerjisi teknolojilerine teşvik uygulamaktadır.

Bütün bunların yanında diğer elektrik enerjisi santrallerinde olduğu gibi güneş enerjisi santrallerinin de yer seçiminin, kurulum ve üretim maliyetlerinin, arazi kullanım etkisinin ve olası çevresel etkilerinin değerlendirilmesi gerekir. Santral yer seçiminde öncelikli olarak verimlilik, yasal düzenlemeler ve çevresel etkiler belirleyici olmaktadır.

Güneş Enerjisi Dönüşüm Sistemleri

Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik

sistemler ve güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen sıcak buhardan elektrik enerjisi elde eden ısı güneş enerjisi dönüşüm sistemleri olmak üzere başlıca iki sistem kullanılmaktadır.

Fotovoltaik sistemlerle elektrik enerjisi üretiminde, fotovoltaik hücreler (güneş hücresi) olarak adlandırılan yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Bu sistemlerde güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak yüzde 5 ile yüzde 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüşebilir. Gücü artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. İstenilen çıkış gücü modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç Watt'tan MegaWatt'lara kadar oluşturulabilir.

Fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, eviriciler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar. Bu sistemler, şebekeden bağımsız çalışan sistemler ve şebekeye bağlı çalışan sistemler olarak iki grupta değerlendirilebilir.

Şebekeden bağımsız çalışan sistemler genellikle elektrik şebekesinden uzak bölgelerdeki enerji gereksinimleri için kullanılmaktadır. Bu sistemle ihtiyaç kadar enerji üretilir ve ek bir ünite olan akülerde enerji depolaması yapılır. Üretilen elektrik enerjisinin alternatif akım olması istenirse, sisteme bir evirici de eklemek gerekir. Bunun yanında, fotovoltaik modüllerin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayacak maksimum güç noktası izleyici de kullanılabilir.

Şebekeye bağlı çalışan sistemlerde ise üretilen enerji doğrudan şebekeye verilmektedir. Bu sistemde çalışan yüksek güçteki enerji santralleri, genel elektrik şebekesi için enerji üretimi yapmaktadır. Ayrıca yerel olarak veya binalarda kullanılan küçük güçlü üretim sistemlerinde, kullanım fazlası enerji çift yönlü sayaçlarla şebekeye verilebilmektedir. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen doğru akımın (DC), evirici ile alternatif akıma (AC) çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

Fotovoltaik hücreler pek çok farklı maddeden yararlanılarak üretilebilir. Günümüzde kullanılan malzemelerle ilgili teknoloji her geçen gün gelişmektedir. Fotovoltaik hücrelerin yapımında kullanılan malzemeler; sistemin yapısı, gücü ve ömrü için farklı maliyet ve verim seçenekleri sunmaktadır. En çok kullanılan malzemeler; kristal silisyum, galyum arsenit, amorf silisyum, kadmiyum tellürid ve bakır indiyum diseleniddir.

Silisyum bazlı düzlemsel fotovoltaik malzemeden oluşan güneş enerjisi dönüşüm sistemlerinde kullanılan malzemelerin hücre alanı büyük, verimi düşüktür. Bu nedenle ince film veya yoğunlaştırıcı fotovoltaik teknolojiler kullanarak silisyum ya da diğer yarıiletken malzemelerin kullanımını azaltmak olasıdır. Optik yoğunlaştırıcılar, güneş ışınlarını çok küçük bir alan kaplayan hücrenin üzerine odaklayarak, yüksek verim ve az malzeme ile güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür.

Bunun yanında son yıllarda silisyum güneş hücrelerinin yerini alabilecek verimleri aynı ama üretim teknolojileri daha kolay ve ucuz olan güneş hücreleri üzerinde de çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Bunlar; çok kristalli titanyum dioksit hücreler, polimer yapılı plastik hücreler ve güneş spektrumunun çeşitli dalga boylarına uyum sağlayacak şekilde üretilebilen enerji bant aralığına sahip kuantum güneş hücreleri gibi yeni teknolojilerdir.

Isıl güneş dönüşüm sistemleri, temel olarak güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran aygıtlardır. Isıl sistemlerin çalışma ilkesinde yoğunlaştırıcı sistemler ile güneş ışınları belirli bir bölgeye toplanır. Burada elde edilen sıcaklık ile buhar türbini gibi bir sistem yardımı ile enerji dönüşümü yapılır ve elektrik enerjisi üretilir. Bu yolla elektrik enerjisi üretimi; doğrusal yoğunlaştırıcılar veya merkezi güneş kuleleri ve parabolik çanak kolektörler ya da noktasal yoğunlaştırıcı kolektörler teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilir. Güneş ışınları yardımıyla gün içerisinde elde edilen ısı enerjisi; tuz, seramik, beton gibi sıvı veya katı materyallerde depolanabilir. Böylelikle gece de üretime devam edilerek elektrik enerjisi elde edilebilir.

Yatırım ve Üretim Maliyet Değerlendirilmesi

Güneş enerjisi santrallerinden elektrik üretim maliyetleri, kullanılan sisteme ve kullanıldığı bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde maliyeti etkileyen en önemli unsur ilk yatırım maliyetidir. Petrol, doğalgaz, linyit ve kömür gibi enerji kaynakları ile üretim yapan santrallerin aksine güneş kaynaklı üretimde sürekli bir yakıt gideri bulunmamaktadır. Ancak güneş kaynaklı sistemlerde kullanılan malzeme ve donanımlar diğer santrallerin oldukça üzerinde olduğundan üretilen enerji birim fiyatını doğrudan etkilemektedir.

Güneş kaynaklı elektrik üretiminde kullanılan fotovoltaik ve ısı sistemlerin çalışma ilkeleri tamamen farklı olup kullandıkları malzeme, donanım ve verim farklılıklar göstermektedir. Bu açıdan güneş enerjisi dönüşüm sisteminde yatırım ve işletme maliyetlerinin kurulacak sisteme göre ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir.

Güneş enerjisi santrallerinin ilk kurulum maliyetleri fosil kaynaklı santraller ve diğer yenilenebilir kaynaklı üretim yapan santraller ile karşılaştırıldığında yüksek olduğu görülmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun (EPDK) kaynak bazındaki toplam birim yatırım tutarlarına göre güneş santrallerinin kW başına ilk kurulum maliyetleri doğalgaz ve petrol santrallerinin maliyetlerinin 3 katı, kömür santralının 2 katı, hidroelektrik santralının 1.5 katı ve rüzgar santralının 1.2 katıdır.

İlk kurulum maliyetleriyle beraber elektrik üretim maliyetini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Üretimi fosil kaynaklara dayanan santrallerde yakıt ve karbondioksit emisyonlarına ilişkin maliyetler önemli bir yer tutmaktadır. Bunun yanında tüm santrallerde işletme ve amortisman masrafları elektrik üretim birim maliyetlerini etkilemektedir. Bütün bu faktörler dikkate alındığında güneş enerjisinden ticari anlamda elektrik üretim maliyetleri, diğer santrallara göre oldukça yüksektir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından ve özellikle güneş enerjisinden elektrik üretim maliyetlerinin yüksek olması, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere bu teknolojilere destek verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen elektrik için orta ve uzun vadeli alım garantisi ve desteklenmiş fiyat politikaları uygulanmaktadır.

Ülkemizde 2005 yılında Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 5346 Sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" bu kapsamda değerlendirilmektedir. Kanunun temel amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

Söz konusu kanun kapsamında güneş enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişiler; ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini dağıtım sistemine vermeleri halinde 0.133 USD/kWh birim fiyatlardan 10 yıl süre ile alım garantisinden yararlanabilmektedirler. Ayrıca alım garantisine ait bu sürenin uzatılmasına ilişkin yetki limitsiz olarak Bakanlar Kurulu'na verilmiştir.

Gelişen teknolojiler ile çeşitli ülkelere güneş enerjisinden elektrik üretim birim maliyetleri 0.15 USD/kWh altına düşmüş olmakla birlikte ülkemizde birim maliyetler hala yüksektir. Gelecek süreçte güneş potansiyeli yüksek ülkelere birim maliyetin 0.10 USD/kWh'ın altına ineceği öngörülmektedir.

Yer Seçimi Değerlendirmeleri

Güneş enerji santrallerinin yer seçim kriterleri, santrallerin kurulum aşamasından işletme aşamasına kadar olan süreçleri ve elektrik üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Yer seçimi verimlilik, yasal düzenlemeler ve çevresel etki değerlendirme kriterlerine göre belirlenmektedir. Gelişim sürecinde genel olarak verimlilik ön plana çıkmakta çevresel etkiler nispeten göz ardı edilmektedir. Bunun yanında yasa ve yönetmeliklerin kısıtlayıcı ve teşvik edici yönden incelemesi bu süreçte önemlidir.

a) Santralin Verimlilik Ölçütü

Uygun yer seçimi konusunda kesin kurallar olmamakla birlikte geçmişte ve günümüzde elde edilen deneyimler birtakım kriterlerin oluşmasını sağlamıştır. Bu kapsamda bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, yerel iklim durumu, arazi yapısı, arazinin kullanım durumu, şebeke bağlantısı, enerji tüketim bölgelerine yakınlığı, erişilebilirliği, su kaynakları, jeolojik yapısı, mülkiyet durumu ve arazi fiyatları gibi temel kriterler bulunmaktadır.

Güneş enerji santrallerinin verimliliğini etkileyen temel koşullardan biri bölgenin güneş enerji potansiyelidir. Bölgenin güneş ışınım düzeyi üretilen enerji miktarı ile doğru oran-

tıdır. Sistemin verimliliği açısından bölgedeki güneş ışınım değerinin günlük en az 4.5 kWh/m² olması gerekmektedir.

Ülkemiz güneş ışınımı açısından oldukça uygun bir coğrafi konumda yer almaktadır. Bu potansiyel güneş enerjisi sektöründe dünyanın önde gelen ülkelerinden daha yüksek boyuttadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) verilerine göre ülkemizde toplam güneş ışınım şiddeti yıllık 1.311 kWh/m², yıllık toplam güneşlenme süresi 2 bin 640 saattir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası incelendiğinde (GEPA) ise günlük ışınım değerlerinin en az 3.29 kWh/m², en fazla 5.48 kWh/m² olduğu görülecektir.

Güneş enerji santrallerinin verimliliğini etkileyen bir diğer faktör yerel iklim koşullarıdır. Santral kurulacak alanlardaki yerel iklim koşullarının aşırı hava olaylarına (aşırı yağış, rüzgar, kar vb.) neden olması risk oluşturmakta ve kurulacak tesisin zarar görmesine neden olabilmektedir. Santral kurulmadan önce bölgedeki hakim rüzgâr yönlerinin ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Güneş enerji santrallerinin verimliliğini etkileyen temel koşullardan bir diğeri ise arazi yapısıdır. Genellikle santrallerin yer seçiminde düz ve güney yönlü alanlar tercih edilmektedir. Arazi yapısı dalgalı olan bölgeler gölgenmeyi arttırmakla beraber kurulum işlemlerini zorlaştırmakta ve maliyetleri arttırmaktadır.

Arazi yapısında eğim durumu da santrallerin verimliliği açısından önem taşımaktadır. Yer seçiminde en ekonomik eğim değerinin yüzde 1 ile yüzde 3 aralığı olduğu; yüzde 3 üstü eğimli arazilerin verimli olmadığı kabul edilmektedir. Ancak alternatif alan bulunamaması durumunda yüzde 5 eğime kadar yer seçimi yapılabilir. Diğer taraftan eğimi olmayan tamamen düz araziler de su birikmesi ve tahliye problemleri nedeniyle tercih edilmemektedir.

Güneş enerji santrallerinin yer seçimde verimliliği etkileyen en önemli faktörlerden biri de kurulum yapılacak alanın arazi kullanım durumudur. Yer seçim yapılacak alandaki doğal bitki örtüsü gölgelemeyi arttırmakta ve verimliliği düşürmektedir. Bu bakımdan ağaç örtüsünün bulunduğu alanlar ile doğal bitki örtüsünün engel oluşturabileceği makilik, çalılık, sazlık gibi alanlar yer seçiminde öncelikli olarak tercih edilmemekte, ayrıca bu alanların temizlenmesi ek maliyetlere neden olmaktadır.

Güneş enerji santrallerinin verimliliği açısından yer seçiminde şebeke bağlantısı da önemli bir faktördür. Yatırım yapılacak santral alanları ile iletim hatlarının yakınlık durumu, şebeke bağlantısı açısından ideal yer seçimi olarak değerlendirilmektedir. Bağlantı noktasına uzaklıkla ilgili çok çeşitli kabuller olmakla birlikte yatırımın yer aldığı bölge yasal mevzuata bağlı olarak değişmektedir. Büyük ölçekli santrallerin ulusal şebeke ağına 10 km'den daha uzak mesafede olması tercih edilmektedir. Daha küçük ve orta ölçekli üretim tesislerinde ise ulusal şebeke ağına olan 5 ile 10 km arasındaki mesafeler, yatırımın ekonomik verimliliği açısından yine tercih edilmemektedir. Bunun yanında bağlantı yapılacak şebekenin kapasite durumu da önem taşıyan bir diğer konudur.

Yer seçimde belirleyici olan bir diğer kriter ise santralin enerji tüketim bölgelerine olan mesafesidir. Üretilen enerjinin uzak tüketim bölgelere iletilmesi enerji kaybına neden olmakta ve iletimdeki kayıp oranı verimliliği düşürmektedir. Bu bakımdan büyük ölçekli güneş enerji santrallerinin yer seçimi için kentsel ve kırsal yerleşme alanları ile sanayi ve çalışma alanlarına çok uzak konumların tercih edilmemesi gerekmektedir. Bu arada erişim için ana ulaşım arterlerine

yakın olmak avantajlı sayılmakla birlikte, ana ulaşım arterlerinden erişimin sağlandığı tali yolların olup olmadığı ve bu yolların fiziki durumları da önemlidir.

Isıl güneş enerji santralleri soğutma suyuna ihtiyaç duymaktadır. Aynı zamanda fotovoltaiik panellerin verimliliğinde periyodik olarak yapılan temizleme işlemleri önemlidir. Bu bakımdan uygun yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına yakınlık projenin ekonomik verimliliğini doğrudan etkilemektedir.

Santral alanının zemin yapısı, yeraltı su seviyesi, toprak direnci ve zemin mukavemetine ilişkin koşullar yer seçiminde önemli kriterler olarak değerlendirilmektedir. Yine faaliyetin aktif fay hatlarına uzak olması da başka bir yer seçim kriteridir.

Güneş enerji santrali kurulacak alanın mülkiyet yapısı ve arazi fiyatları da kurulum maliyetinde önemli faktörler olarak değerlendirilmektedir.

b) Yasal Düzenlemeler

Güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde yapılmış olan yasal düzenlemelerin ve uygulama yönetmeliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle çeşitli kurumların yetkisi altında bulunan alanlara ilişkin yasal düzenlemelerin ayrı ayrı değerlendirilmesinde yarar bulunmaktadır. Güneş enerji santrallerinin yer seçimini etkileyen yasal düzenlemeler:

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun: Düzenlemenin temel amacı yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılmasıdır ve Kanun'un çeşitli bölümlerinde güneş de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının yer seçimine ilişkin koşullarda teşvik edici hükümler bulunmaktadır.

4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu: Ülkemizde güneş kaynaklı enerjiden kitlesel boyutta elektrik üretimi için bir model olarak seçilen enerji ihtisas endüstri bölgelerine (EİEB) ilişkin yasal düzenlemedir.

2872 Sayılı Çevre Kanunu: Kanun'un ilgili maddelerinde çevrenin korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve giderilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının ve temiz teknolojilerin teşvik edilmesine ilişkin hükümler yer almaktadır. Güneş enerji santrallerinin yer seçimini ilgilendiren konular Çevre Kanunu kapsamındaki yönetmeliklerde düzenlenmiştir.

6831 Sayılı Orman Kanunu: Orman alanlarında güneş enerji santrallerine ilişkin yatırımlar kısıtlanmakla birlikte kamu yararı olduğu durumlarda bu yatırımlar için orman alanlarının süreli olarak kullanımının önünü açmaktadır.

2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu: Çevre açısından önemli alanlar olan milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtları ve tabiatı koruma alanlarına ilişkin yasal düzenlemeleri içermektedir. Bu Kanun da güneş enerji santrallerinin yer seçiminde kısıtlayıcı bir yasal düzenleme niteliğindedir.

4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunu: Sürdürülebilir av ve yaban hayatı yönetimi için av ve yaban hayvanlarının doğal yaşam ortamları ile birlikte korunmaları ve geliştirilmeleri amaçlanmaktadır.

4342 Sayılı Mera Kanunu: Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki mera alanlarının özel mülkiyete geçirilmeyeceği, amacı dışında kullanılmayacağı ve sınırlarının daraltılamayacağına ilişkin hükümler bulunmaktadır. Ancak bu Kanun'da güneş enerji santrallerinin mera arazileri üzerinde kurulmasına ilişkin geniş kapsamlı istisnalar da yer almaktadır.

5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu:

Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı bölümünde mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri ile sulu tarım arazilerinin tarımsal üretim amacı dışında kullanılamayacağı hükmü bulunmaktadır. Kanun'da bakanlıklarca kamu yararı kararı alınmış plan ve yatırımlar istisnası getirilmiştir.

3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu: Uygulama alanlarında bulunan tarım arazilerinin, zorunlu sebepler olmadıkça tarım dışı amaçlarla kullanılamayacağı belirtilmesine rağmen, Kanun'un uygulama yönetmeliğinde zorunlu hallerle ilgili istisnalar genişletilerek, güneş enerji santrallerinin Kanun kapsamındaki alanlarda yer seçmesinin önü açılmıştır.

3573 Sayılı Zeytinciliğin Islahı ve Yabanilerin Aşılattırılması Hakkında Kanunu: Zeytinlik alanların tahsis amacı dışında kullanılamayacağı, sınırlarının daraltılamayacağı, zeytinlik sahaları içinde ve en az 3 km yakınında zeytinyağı fabrikası hariç zeytinliklerin gelişmesine mani olacak tesis yapılamayacağı ve işletilemeyeceğine ilişkin açık hükümler bulunmaktadır. Ancak Kanun'un uygulama yönetmeliğinde yapılan değişiklikle Kanun artık güneş enerji santralleri için doğrudan kısıtlayıcı bir yasal düzenleme niteliğinde değildir.

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu: Doğal sit alanlarındaki koruma ve kullanma koşulları kapsamındaki Kanun güneş enerji santrallerinin yapılmasını ve işletilmesini kısıtlamaktadır.

3621 Sayılı Kıyı Kanunu: Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerini kapsamaktadır. Kanun kapsamda kıyı şeridinde ve kıyı kenar çizgisinden 100 m. derinlikteki sahil şeridinde güneş enerji santrallerinin yapılmasına ve işletilmesine izin verilmemektedir.

2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu: Kanun uyarınca 1. ve 2. derece kara, hava ve deniz askeri yasak bölgeler ile askeri güvenlik bölgelerinde güneş enerji santrallerinin kurulmasına ve işletilmesine izin verilmemektedir.

2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu: Seyahat ve meydan güvenliğini tehlikeye düşürecek nitelikte ve yükseklikte bina, yapı, inşaat yapılması, ağaç ve direk dikilmesi, tesis kurulması yasaklanmıştır.

Bu yasal düzenlemeler dışında güneş enerji santrallerinin yer seçimini dolaylı olarak 2634 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu ve 3194 Sayılı İmar Kanunu ile 644 Sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname de etkilemektedir. İlgili kanunlar kapsamında Kültür ve Turizm Bakanlığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkili kılınmıştır.

c) Çevresel Etkiler

Doğada kaynağı ne olursa olsun üretilen enerjinin çevreye çeşitli etkileri bulunduğu dikkate alarak güneş enerji santrallerinin kurulum, üretim ve işletme süreçlerindeki etkilerini değerlendirmek önemlidir. Güneş enerji santrallerinin yer seçim koşullarının belirlenmesinde, çevreye olan etkileri dikkate alındığında bu etkiler santral verimliliğini belirleyen kriterler ile gelişmektedir.

Güneş enerji santrallerinde üretilen birim enerji miktarı diğer enerji santralleri ile karşılaştırıldığında güneş enerji santralleri için oldukça büyük alan gerektirmektedir. Enerji üretim tesislerinin santral alanları dikkate alındığında,

güneş enerji santralleri; baraj tipi hidroelektrik santraller hariç diğer tüm enerji üretim tesislerinden çok daha fazla alan kaplamaktadır.

Güneş enerji santralleri, beton temeller üzerine çelik kolonlarla ve çelik ya da alüminyum destekler üzerine monte edilirler. Bu yapının kurulabilmesi için arazi örtüsündeki ağaç, maki, çalı, sazlık gibi bitki örtüsünün temizlenmesi gerekmektedir. Santral alanında gölgelenmenin ve olası bir yangının engellenmesi için temizleme işlemi periyodik olarak tekrarlanmaktadır.

Hazine arazisi olduğu için çoğunlukla tercih edilen mera alanlarında yapılan kurulum işlemleri de o arazide otlatma faaliyetlerinin devam etmesini engellemektedir. Aynı şekilde orman vasfında olan veya fiili olarak üstünde sık orman örtüsü olmayan arazilerde yapılan temizlik işlemleri bu arazilere büyük zarar vermektedir.

Güneş enerji santrali kurulacak alanlardaki toprakta yapılan sıkıştırma ve tesviye işlemleri arazi yapısını değiştirmekte ve toprağın doğallığını tamamen etkilemektedir. Arazi yapısındaki bu değişim doğal drenaj kanallarının bozulmasına neden olarak erozyona ve su baskınlarına da neden olabilmektedir.

Günümüzde güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinin giderek ucuzlaması, verilen teşvikler ve uygun alan arayışları, tarımsal amaçlı arazilerin yatırımcılara devredilmesine neden olmaktadır. Tarımsal amaçlı kullanılan veya tarımsal amaçlı üretime uygun olan arazilerde kurulan güneş enerji santralleri bu alanların kullanım sınıflarını düşürmektedir. Özellikle eğimi düşük sulanabilir tarım arazileri üzerinde kurulan santral alanlarında yapılan temizleme ve sıkıştırma işlemleri, arazi yapısını bozmakta ve arazi üzerindeki toprağın doğal yapısını değiştirmektedir.

Isıl güneş enerjisi santralleri fosil yakıtlı santraller da olduğu gibi soğutma suyu kullanmaktadırlar. Büyük ölçekli ısı güneş enerji santrallerinde bölgedeki su kaynaklarından su çekilmesi ve soğutma sularının kaynaklara geri verilmesi, su kaynaklarında kirlilik yarattığı gibi sudaki termal dengenin de bozulmasına neden olmaktadır. Bölgedeki su canlıları ve su kaynaklarıyla ilişkili olan doğal yaşam bu döngüden olumsuz etkilenmektedir.

Güneş enerji santrallerinin ekosistem ve biyolojik çeşitliğe temel etkisi, kapladıkları geniş alanla ilişkilidir. Büyük alanlar kaplayan bu santraller, çevrelerinde yoğun bir ışık yansımaları yaratmakta ve ısıl dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Güneş enerji santrallerinin yakınında yapılan



ölçümlerde yoğun yansıma ve ısı dengelinin değişiminden olumsuz etkilenen kuşların, böceklerin öldüğü ve kuşların göç hareketlerini de olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

İşletme koşullarında ve kaza sonucu kimyasal madde salınımından kaynaklanan etkiler değerlendirildiğinde güneş enerji santrallerinin afet riski olan alanlarda, çevresel açıdan hassas bölgelerde ve insan yerleşimleri çevresinde yer seçmemesi önem taşımaktadır.

Özellikle nitelikli peyzaj varlığının olduğu alanlar ile kentsel ve kırsal yerleşme alanlarının çevresinde yer alan santraller görsel kirliliğe neden olduğundan, bu alanlarda yer seçimi yapılmasından kaçınılmalıdır. Koruma altına alınmış arkeolojik, kentsel ve tarihi sit alanları ile bu alanların etki alanında veya yakınında güneş enerji santrallerinin yer seçiminden kaçınılması gerekmektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Günümüzde toplumların rekabet gücünü artırması, ekonomilerini büyütmesi, yaşam kalitesini yükseltmesi, teknolojik gelişmişlik düzeyleri ile doğrudan ilişkilidir. Teknolojik gelişmeler yeterli, sürekli ve temiz enerji ile sağlanabilir. Fosil enerji kaynaklarının giderek azalması ve oluşturdukları çevresel etkiler, enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi hızlandırmıştır. Bu enerji kaynakları içinde güneş enerjisi üretim sistemleri, kaynağı bol, bedava, sürekli ve yenilenebilir olduğu için çevre dostu olarak nitelendirilmektedir. Ülkeler ve uluslararası kuruluşlar, güneş enerjisinin temiz bir enerji kaynağı olması nedeniyle bu teknolojilere yüksek teşvik uygulamaları yapmaktadır.

Bunun yanında kaynağı ne olursa olsun üretilen enerjinin çevreye değişik etkileri bulunmaktadır. Bu kapsamda güneş enerji üretim sistemlerinin neden olduğu çevresel etkiler değerlendirildiğinde; güneş enerji santrallerinin yüksek düzeyde arazi kullanım etkisinin olduğu, karbon ayak izi ve sera gazı etkisinin orta düzeyde, hava kirliliği etkisinin çok düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Santrallerin su kaynaklarına etkisinin ısı güneş sistemlerinde yüksek düzeyde, fotovoltaik güneş sistemlerinde çok düşük düzeyde, yerel olarak ekosistem, biyolojik çeşitlilik ve görsel etkisinin yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.

Tüm bu değerlendirmeler sonucu güneş kaynaklı enerji üretim tesislerinin de kurulumdan üretime, işletmeden geri dönüşüme kadar olan süreçlerde çevreye olumsuz etkilerinin olabileceği görülmektedir. Bu bakımdan fosil yakıtlı enerji santrallerinde olduğu gibi güneş enerji santrallerinin çevresel boyutlarının değerlendirilmesi ve çevresel etkilerini en aza indireyecek uygulamalar ve yer seçim kararlarının üretilmesi büyük önem taşımaktadır.



Güneş enerji santrallerinin yer seçimi yaklaşımları ve verimlilik, yasal düzenlemeler ve çevresel etki kapsamında değerlendirildiğinde yer seçimi yapılabilecek alanlar; izin verilen alanlar, koşullu olarak izin verilen alanlar, izin verilmeyen alanlar olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda yapılan değerlendirmelerde güneş enerji santrallerinin yer seçiminde çevresel etkilerin ön plana çıktığı söylenebilir.

Çevresel açıdan; doğal sit alanları, orman alanları, sulak alanlar, su toplama havzaları, çayırılık alanlar, verimli meralar, sazlık ve bataklık alanlar, milli parklar, yaban hayatı koruma ve geliştirme bölgeleri, özel çevre koruma bölgeleri, tabiatı koruma alanları, flora ve fauna açısından önemli biyolojik çeşitliliğe sahip alanlar yer almaktadır. Bu alanlara ek olarak kıyı ve sahil bölgeleri ile kuru göl yatakları, nehir yatakları, tuzlalar ve deltalar biyolojik çeşitlilik ve ekosistem açısından hassas bölgeler kategorisinde yer almaktadırlar. Bu bölgeler üzerinde güneş enerji santrali kurmak bir yana bu hassas bölgelerin etki alanı içinde veya yakınında yer seçimi yapılmasından kaçınılması büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

1. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr>
2. Texas State Energy Conservation Office, "Introduction to Photovoltaic Systems", Renewable Energy Seco Fact Sheet, No.11, <http://www.partsonsale.com/introductionphotovoltaics>
3. KARATAŞ, S., "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Rüzgar ve Güneş Enerjilerinin Yeri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, 2009
4. AYDIN, N.Y., "GIS-Based Site Selection Approach for Wind and Solar Energy Systems: A Case Study From Western Turkey", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009, Ankara
5. MILLER, A., LUMBY, B., "Utility Scale Solar Power Plants; A Guide for Developers and Investors", International Finance Corporation-World Bank, New Delhi, 2012
6. HANG, Q., JUN, Z., XIAO, Y., JUNKUI, C., "Prospect of concentrating solar power in China-the sustainable future", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, s. 2505-2514, 2008
7. SANER, S. H., "Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, 2015, Ankara
8. ABD Çevre Koruma Ajansı, "Solar Power Analysis and Design Specifications", SRA International, <http://www.epa.gov/brownfields/>
9. BELFIORE, F., TAYLOR T., MOISAN B., ZAPPIA M., CINARELLI E., "Risks and Opportunities in the Operation of Large Solar Plants", Solar POWER-GEN, s.1-8, 2013
10. BABAN, S.M.J., PARRY, T., "Developing and Applying a GIS-Assisted Approach to Locating Wind Farms in the UK", Renewable Energy, 24, s.59-71, 2001
11. TURNEY D., FTHENAKIS V., "Environmental Impacts from the Installation and Operation of Large-Scale Solar Power Plants", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, s.3261- 3270, 2011
12. Solar Energy Development Programmatic EIS, "Solar Energy Development Environmental Considerations", <http://solareis.anl.gov/guide/environment>
13. WAGNER, W.D, MCKERNAN, R.L., FLANAGAN, P.A., MCKERNAN, R.L., SCHRELBER, R.W., "Wildlife Interactions at Solar One Facility", Report for Research and Development Southern California Edison Company, s.1-31, 1984