

# GÜNEŞ KAYNAKLI FARKLI ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİN KIYASLANMASI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Kâmil B. VARINCA\*, Gamze VARANK\*

\* Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü 34349 Yıldız / Beşiktaş / İstanbul  
(212) 259 70 70 / 2278 [kvarinca@yildiz.edu.tr](mailto:kvarinca@yildiz.edu.tr), [gvarank@yildiz.edu.tr](mailto:gvarank@yildiz.edu.tr)

## ÖZET

Günümüz modern bilgi toplumunun; teknoloji, sanayi, ulaşım, iletişim gibi hayatının vazgeçilmez parçaları haline gelmiş her faaliyeti için ihtiyaç duyduğu enerji, bugün artık en kıymetli ve önemli bir kaynak haline gelmiştir. Ancak günümüz klasik yöntemleriyle enerji üretim, iletim ve tüketimi, insanoğlunun yegâne yaşam alanı olan Dünya için onarılması imkânsız tahribatlara da sebep olabilmektedir.

Enerji ihtiyacının sürekli artması, buna karşın mevcut kaynakların kısıtlı ve tükenebilir olması insanoğlunu alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme yoluna itmektedir. Bunun yanında, Dünyanın yaşanabilirlik ortamının korunması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla yapılan ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemeler ile enerji üretim, iletim ve tüketiminden kaynaklanan çevresel etki ve sorunlar da enerji üretim sistemleri ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin de dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu sebeple bugün artık, büyük miktarda ve küresel ölçekte çevre kirliliğine sebep olan klasik fosil yakıt kaynaklı enerji üretim sistemleri yerine hem çevresel etkileri daha az hem de devamlılığı ve yenilenebilirliği sağlayan enerji kaynaklarını bulmak ve geliştirmek zorundayız.

Bu makalede, yenilenebilir enerji kaynakları arasında hem sahip olduğu mevcut potansiyel hem de üretim teknolojileri bakımından farklı ve önemli bir yeri olan güneş kaynaklı enerji üretim sistemleri ve bu sistemlerin muhtemel çevresel etkileri incelenmiş, muhtemel olumsuz etkilerin minimize edilmesi veya ortadan kaldırılmasına yönelik bazı değerlendirme ve önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, çevresel etkiler

## GİRİŞ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisini değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü yaratmaktadır. Fosil yakıtların da, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi çevre açısından temiz bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olmaktadır.

Yeryüzüne her sene düşen güneş ışınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin yaklaşık 160 katı kadardır. Ayrıca yeryüzünde fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazladır. Bu bakımdan güneş enerjisinin bulunması sorun değildir. Asıl sorun bunun insan faaliyetlerine uygun kullanılabilir bir enerji türüne dönüştürülebilmesindedir [1, 2].

Değişik teknolojilerin kullanılması ile güneş ışınımı enerjisi faydalı ve kullanılabilir enerjilere doğrudan dönüştürülebilir. Mesela bunların güneş toplayıcıları (kolektör) ile toplanması sonucunda sıcak su elde edilebilir. Binalar o şekilde tasarlanarak plan ve projeleri yapılabilir ki, doğrudan olmasa bile boş hacimlerin sıcak tutulması yoluna gidilebilir. Güneş pilleri (fotovoltaik) denilen cihazlar vasıtası ile güneş ışınımını doğrudan doğruya elektrik enerjisi haline dönüştürülebilir.

Güneş ışınımı diğer enerji türleri vasıtası ile de doğrudan olmasa bile faydalı enerji haline dönüştürülebilir. Güneş ışınımı enerjisi atmosferdeki hava olaylarının meydana gelmesine sebep olur. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımının büyük bir kısmı serbest su yüzeyleri (akarsular, göller, deniz ve okyanuslar) tarafından yutularak ısı olarak depolanır.

1960 yılında başlatılan “Apollo” aya iniş programı güneş enerjisi araştırmalarını hızlandırmıştır. Her yerde bol bulunan silisyumun güneşin etkisi ile elektronlar ürettiğinin saptanması üzerine güneş enerjisinden yararlanılarak uzay roketlerinin elektrik ihtiyacı karşılanabilmiş ve bu buluş güneş enerjisinin elektrige çevrilmesi alanında yeni bir çığır açmıştır. [3]

Güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır.

Belki de yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişin başını çekecektir. Çünkü güneş ışınımı dünyanın her yerinde bulunmaktadır. İlk güneş pilleri 1950 yılında yapılmış ve bunlar vasıtası ile doğrudan güneş ışınının elektrik üretimine dönüştürülmesi mümkün olmuştur. Güneş pilleri bugün için hesap makinelerinde, uzak iletişim merkezlerinde, ışıklandırmada ve bazı ülkelerde de su pompalarının çalıştırılmasında kullanılmaktadır.

Fosil yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan karbondioksit yayılımı (emisyonu) sonucunda, atmosferdeki karbon dioksit miktarı, son yüzyıl içinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde, bu miktarın, bugüne oranla 1,4 kat daha artma olasılığı vardır. Atmosferdeki karbon dioksitin neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °C yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1 °C yükselmesi, dünya iklim kuşaklarında görünür değişimlere, 3 °C düzeyine varacak artışlar ise, kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir. O halde, bu durumda enerji kullanımından vazgeçilemeyeceğine göre, güneş gibi doğal ve alternatif olabilecek kaynaklara yönelmesi gerekecektir [1].

## 1. GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş 1,4 milyon km çapıyla dünyanın 110 katı büyüklüğünde yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı bir yıldızdır. Yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 °K olup iç bölgelerindeki sıcaklığın  $8 \times 10^6$  °K ile  $40 \times 10^6$  °K arasında değiştiği tahmin edilmektedir [1, 2, 3].

Doğal ve sürekli bir füzyon reaktörü olan güneşin enerji kaynağı 4 Hidrojen atomunun 1 Helyum atomuna dönüşmesinde gizlidir. 4 hidrojen atomu 4,032 birim ağırlıkta, hâlbuki 1 Helyum atomu 4,003 birim ağırlıktadır. Bu olay sonucu 0,029 birim ağırlık Einstein'ın madde-enerji bağıntısı sonucu enerjiye dönüşmektedir. Yani güneşte her saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve kaybolan 4 milyon ton kütle karşılığı  $3,86 \times 10^{26}$  J enerji açığa çıkmakta ve bu enerji ışınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Toplam enerji rezervi  $1,785 \times 10^{47}$  J olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden Dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kW düzeyindedir [1, 3, 4].

Güneş enerjisi uzaya ve gezegenlere elektromanyetik ışınım (radyasyon) biçiminde yayılır. Dalga boyu 0,2-3 µm arasında olan bu akım, kısa dalgalı bir ışınımdır. Güneş, ışını %45'i görsel bölgede ve kalanı da morötesi ve kızılötesi bölgelerinde yayar. Radyo dalgaları, X ışınları ve kozmik ışınlar Güneş'in toplam ışınım enerjisinin sadece milyonda bir kısmını oluşturur [5]. Güneş ışınımının frekans dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Frekans sınıflaması [1, 2]**

Frekans	Işınım tip	Dalga boyu (µm)	Enerji (%)
Yüksek	Mor ötesi	0,2-0,4	9
Görülür	Işık	0,4-0,7	41
Düşük	Kızıl ötesi	0,7-3,0	50

Isı Enerjisinin yayılımı üç şekilde olmaktadır. Bunlar [2];

Temas ile (kondüksiyon): Katı cisimlerde görülen bu çeşit enerji taşınımında moleküllerin teması ile enerji akışı sağlanır. Bu dağılımın hızı cismin iki tarafındaki sıcaklık farkı ile o cismin iletkenlik katsayısına (kondüktivitesine) bağlıdır. Genel olarak metallerin ısı iletkenlik katsayıları yüksektir. Temasla ısı taşınımında kütle taşınımı söz konusu değildir.

Taşınım ile (konveksiyon): Sıvı ve gazlarda görülen bu enerji taşınımında önce ısı akışkanın moleküllerine temas ile geçer, oradan da akışkanın taşındığı ortamlara taşınır. Bu yolla taşınan ısının miktarı, bir taraftan sıvı ve yüzey arasındaki sıcaklık farkına diğer taraftan akışkanın hızı ile başka özelliklerine de bağlıdır.

Işınım ile (radyasyon): Bu aynen güneşten bize yayılarak ulaşan ışınımına benzer. Her cisim değişik sıcaklıklarda değişik dalga boylarında ışınım yayar. Bir cismin verilen bir sıcaklıkta yayabileceği en büyük ışınım miktarı o sıcaklıktaki bir kara cismin yayabileceği ışınım miktarına eşittir. Taşınan ışınımın miktarı ışınım yapan cismin sıcaklığına, diğer taraftan iletileceği mesafeye bağlıdır.

### Güneş Enerjisinin Dünyaya Gelişi

Dünya, güneş etrafında eliptik bir yörünge hareketi yaptığı için Güneşe uzaklığı bir yıl boyunca 147 milyon km ile 152 milyon km arasında değişir. Güneş ışınları bu mesafeyi 8 dakikada almaktadır. Dünya-Güneş uzaklığı değiştiği için dünya atmosferinin dışında güneş ışınlarına dik her  $cm^2$ 'ye güneşten bir dakikada gelen enerji miktarı 1,94 kalori ile 2,06 kalori arasında değişir. Yıllık ortalama değer 2 kaloriye çok yakındır. Atmosfer tabakasının dış yüzeyine güneş ışınımına dik olacak biçimde düşünülen 1 metre karelik bir alana bir saniyede gelen güneş ışınımı miktarına "Güneş Sabiti" denir. Yapılan değişik çalışmalar sonunda bunun  $1,36 \text{ kW/m}^2$  olduğu anlaşılmıştır [2]. Bu durumda, atmosfer etkilerini dikkate almazsak, tüm Dünya yüzeyine günde yaklaşık

$4 \times 10^{21}$  kalorilik güneş enerjisi gelmesi beklenir. Bu enerji, yaklaşık  $2 \times 10^{14}$  kW'lık bir enerjidir [4, 5]. Bu enerjiyi tüm Dünya yüzeyine yayarsak, Dünya üzerinde birim alana atmosfer olmaması halinde bir günde gelecek ortalama güneş enerjisi bulunur ki bu değer  $\text{cm}^2$  başına günde 720 kaloridir [5].

Dünya atmosferine gelen güneş ışınlarının bulut örtüsüne bağlı olarak bir kısmı saçılmakta bir kısmı soğurulmakta, bir kısmı uzaya yansıtılmakta ve ancak geri kalan bir kısmı Dünya yüzeyine ulaşabilmektedir. Dünya yüzeyine ulaşan güneş enerjisinin atmosfer dışındaki değeri ortalama %51'dir. Bunun ortalama %5'i uzaya yansır. Kalan güneş enerjisinin bir kısmı yüzeyin ısınmasında, bitkilerin fotosentez işleminde kullanılırken kalan büyük bir kısmı daha uzun dalga boylarında tekrar uzaya yayılır. Yani yeryüzü güneş ışınımını soğurarak ısınır ve daha uzun dalga boylarında (kızılötesi bölgede) ışınım yayar [5].

Güneş enerjisi doğal kullanımının yanı sıra, doğrudan kontrollü olarak da kullanılabilir. Güneş enerjisinin doğrudan kontrollü kullanımının yerel çözüm olabilmesi, tükenmez ve temiz bir kaynak olmasından kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisinin ısısal ve ışıksal nitelik taşıması, iletim ve dağıtım sorununun olmaması üstünlük sağlar. Güneş enerjisinin kontrollü kullanım amacıyla toplanmasının bir maliyeti vardır. Ancak, fosil yakıtların oluşturdukları çevresel zararların maliyeti dikkate alındığında güneş enerjisinin toplanması ve kullanılması daha çekici görünmektedir [1].

### **Güneş Enerjisinden İstifade**

Genel olarak güneş enerjisi direkt veya indirekt iki şekilde değerlendirilebilir. Doğada biriken güneş enerjisinin değerlendirilmesini sağlayabilecek indirekt metotlar da vardır. Örneğin bitkilerdeki güneş enerjisinden, atmosferde ve yer üstü sularında biriken enerjiden ve nihayet atmosferdeki basınç farklarından meydana gelen hava akımlarından (rüzgâr) yararlanılması indirekt yöntemlerdir [3].

Güneş ışınımından yararlanmanın ilk usulleri arasında cam levhalardan yararlanma yoluna gidilmiştir. Çünkü tıpkı sıcak havada bırakılan arabanın içi nasıl ısınıyorsa camdan içeriye giren kısa dalgalı güneş ışınimleri uzun dalga halinde iç kısımlarda yansdıktan sonra camın dışına çıkamaz. Cam levhalardan yapılmış siyah renkli bir yapı tesis edilerek güneş ışınımından yararlanılabilir hale gelir. Bu tür yapılara güneş toplayıcıları adı verilir. Daha yüksek ısıların elde edilebilmesi için yansıtıcı aynalardan da yararlanılır. Böylece güneş ışınımından yararlanmak için değişik usullere başvurulur. Bunlar arasında en basit olanı güneş ısıtıcısıdır. Bu genel olarak binaların çatılarında ayrı bir birim olarak güneş enerjisinin toplanması esasına dayanır. Bunlar kolayca imal edilir ve verdikleri ısı miktarı da  $100^\circ\text{C}$ 'nin altındadır. Daha ziyade ev içi sıcak su temini ve yüzme havuzları için kullanılır [2].

Güneş enerjisinden yararlanmanın diğer bir usulü güneş ısıtıcı makineleridir. Ashında güneş ısıtıcılarının geliştirilmiş halidir. Bunlar vasıtası ile daha yüksek ısılara ulaşılarak su, buhar haline dönüştürüldükten sonra, buradan da elektrik enerjisi elde edilmesi yoluna gidilir. Çok değişik türleri vardır.

### **Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları**

Güneş enerjisi günümüzde konut ve iş yerlerinin ısıtılması-soğutulması, yemek pişirme, sıcak su temin edilmesi ve yüzme havuzu ısıtılmasında; tarımsal teknolojide sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulmasında; sanayide, güneş ocakları, fırınları, pişiricileri, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarında; ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılmaktadır [4, 6, 7, 8].

Güneş enerjisini parabolik aynalarla odaklayarak, çok yüksek sıcaklıklara çıkılabilmektedir. İlk güneş fırını 1950'lerde Fransa'da yapılmıştır. Bu tür fırınlarda sıcaklık  $3500^\circ\text{C}$ 'ye kadar çıkabilmektedir [4, 6, 7].

Güneş enerjisinden uzay uçuşlarında ve uydularda da yararlanılmaktadır. Roketin ya da uydunun kanatlarına yerleştirilen güneş pilleri (fotovoltaik hücreler) güneş enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine çevirmektedir [7].

Geçmişe bakılacak olursa güneş enerjisinin çok öncelerden de kullanıldığı görülmektedir. Daha 1879'da Mouchot, güneş ocağı ile çalışan bir baskı makinesi yapmış, 1883'de Ericsson, buhar makinesi için bir güneş kolektörü geliştirilmiştir. Bugün halen Mısır'da 1976 yılında kurulan ve 100 BG enerji sağlayan bir sulama tesisi güneş enerjisi ile çalışmaktadır. İsrail 1954'den bu yana güneş toplayıcılarından ısı ve elektrik enerjisi üretme yolunda çalışmalar yapmaktadır. 1950'lerden başlayarak hızla gelişen uzay çalışmaları nedeniyle güneş teknolojisinden daha çok fotovoltaik enerji türünde yararlanılması, termik enerji dönüşümlerinin bir kenara bırakılmasına yol açmış, daha sonraları 1964'lerde İtalya'da ve 1975'lerde ABD'de tekrar, güneşten ısı enerjisi kazanılması yönünde çalışmalara geçilmiştir [9].

Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir. Doğrudan dönüşümün günümüzde en yaygın teknolojisi Fotovoltaik Dönüşüm veya Türkçe adıyla Güneş Pili olup, gelecek için ümit veren diğer bir teknoloji ise ısıdan dönüşümle doğrudan mekanik enerji elde edilen Stirling Motorudur. Yine aynı gruba giren termoelektrik ve termioyonik dönüştürücüler henüz ticari kullanım düzeyine erişememişlerdir [10].

Dolaylı dönüşüm, Güneş Termik Santrallerinde güneş ışınımından yararlanılarak üretilen buhar ile buhar-güç çevrimi, ya da güneş enerjisiyle elde edilen hidrojen ve bunun kullanıldığı yakıt pili [10].

## Güneş Enerjisinin Faydaları

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirlenmeye atıkların bulunmaması, yerel olarak uygulanabilmesi, dışa bağımlı olmaması, karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapıldığı bir konu olmuştur.

Güneş daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi geniş bir coğrafi dağılıma sahip bir enerji kaynağıdır. Coğrafi olarak 36-42 kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içindedir.

Yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması, temiz bir enerji kaynağı olması, vb gibi nedenlerle dünya genelinde fotovoltaik elektrik enerjisi kullanımı sürekli artmaktadır. Avrupa Topluluğu 2010 yılında fotovoltaik elektriğin elektrik üretimi içindeki payının %0,1 olmasını hedeflemiştir [10].

## Güneş Enerjisindeki Olumsuzluklar

Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır. Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur. Güneş ışınımından yararlanılan birçok tesisatın ilk yatırım masrafları fazladır ve henüz tam da ekonomik değildir. Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması gölgelenmemesi de gerekmektedir [8, 11].

## 2. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

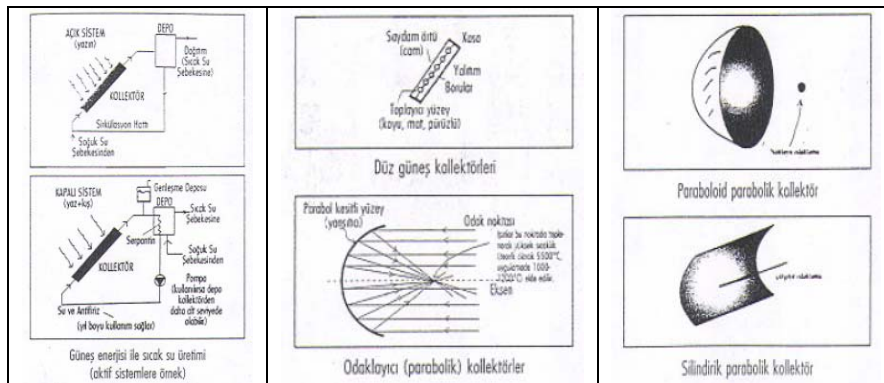
Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için, öncelikle toplanması gerekir. Bu toplama işlemi, ısı (güneş ısı kolektörlerle) ve elektriksel (fotovoltaiklerle) olmak üzere iki değişik yolla ve dolaylı biçimde yapılmaktadır. Basitlik ve ucuzluk gibi nedenlerle ısı toplama yöntemi yeğlenir. Isı güneş kolektörlerinin, düz yüzeyli ve yoğunlaştırmasız, odaklayıcı ve yoğunlaştırılmalı ve güneş havuzları diye üç tipi vardır. Güneş enerjisini elektriksel olarak toplayan fotovoltaikler, ışık enerjisinin fotonlarını fotoelektriksel olarak elektrik enerjisine dönüştürmektedirler.

En yaygın olarak düz yüzeyli ısı güneş kolektörleri kullanılır. Doğrudan gelen güneş ışınlarını da değerlendirirler. Klasik düz yüzeyli kolektörlerin çalışma sıcaklığı 100 °C'nin altındadır. Güneşi izlemesi gerekmeyen, güneşe yöneltilerek ve güneş ışınlarının üzerine dik çarpabileceği bir eğim verilerek yerleştirilen bu kolektörlerin, mevsimlik olarak ayarlanmaları gerekir. Güneşli su ısıtıcılarda kullanılan kolektörler bu tiptir. Böyle bir kolektör soğurucu plaka, sırt ısı izolasyonu, üst saydam (cam veya plastik) örtü ve dış kasadan oluşmaktadır [1].

Güneş ışınları soğurucu plaka tarafından tutularak su veya hava gibi bir akışkana transfer edilir. Isıtılacak akışkanın cinsine göre soğurucu plakada boru veya özel kanallar bulunur. Isıl geçirgenliği yüksek olması gereken soğurucular, plakalı ısı değiştiricileri (eşanjörler) gibidir. Soğurucunun güneş gören yüzeyinin mat siyaha boyanması ya da daha etkin işlev görebilmesi için ışın seçici bir tabaka ile kaplanması gerekir [1, 7].

Düşük ısı güneş ısıtıcılarının ana malzemesi arasında ilk sırada cam gelir. Cam kısa dalgalı güneş ışınımına karşı saydam, geçirgen, ama uzun dalgalı güneş ışınımına karşı geçirgen değildir. Bu özelliği onun güneş toplayıcıları imalatında vazgeçilmez bir malzeme olmasını sağlar. Bu sebeple güneş toplayıcılarında kullanılacak camların imalatında kısa dalgaları kolayca geçirmesi için içindeki kurşun miktarı azaltılır [2].

Şekil 1'de güneş enerjisinden sıcak su elde edilmesi ve toplayıcı tipleri şematize edilmiştir.



Şekil 1. Güneş enerjisinden sıcak su eldesi ve toplayıcı tipleri [8]

Yüksek sıcaklık uygulamalarında odaklı ve yoğunlaştırılmalı güneş kolektörleri kullanılır. İç bükey aynaya benzeyen bu kolektörler, değişik parabolik biçimlerde yapılırlar ve yalnızca doğrudan gelen güneş ışınlarını değerlendirirler. 100-200 °C sıcaklıklı uygulamalarda, mevsimlik ayarlanma isteyen, güneşi izlemesiz, uzunlamasına silindirik odaklı kolektörler kullanılır. Bu tür kolektörlerin 200 °C'yi aşan uygulamalarda kullanılanlarının, gün boyu güneşi izleyecek biçimde hareketli olmaları gerekir. Çanak tipi odaklı kolektörler ise, her sıcaklık kademesinde güneşi izlemek zorundadır. Çanak tipi kolektörlerle 3000 °C'yi aşan sıcaklıklar elde edilmektedir [1].

Güneş yüzeyli kolektörler denilen güneş havuzları, 100 °C altındaki sıcaklıklarda büyük miktarlarda ısı toplanmasında kullanılır. Bu havuzlarda birbirleri ile karışmayan üç tabaka yer alır. Havuzun tabanında çok tuzlu, orta kesiminde tuzlu ve üstünde tatlı su bulunur. Havuz tabanı ısı soğuracak yapıdadır. Bu ısı, bir ısı değiştirici ile çekilerek kullanılır. 150 kW güçlü ve 0,74 ha alanlı böyle bir güneş havuzu, İsrail-Borek'de termik elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır [1, 8, 9].

Güneş enerjisinin depolanması, bir değişim ya da çevrimle elde edilen ikincil enerjinin depolanması biçiminde gerçekleşmektedir. Depolama işlemleri ısıl, mekaniksel, kimyasal, elektriksel yöntemlerle yapılır. Isıl depolamada, özgül ısı kapasitesi yüksek ve kolay bulunur ucuz materyaller kullanılır. Su, yağ, çakıl taşı yatakları bunlar arasındadır. Isıl depolama için gizli ısı kapasiteli, parafin gibi faz değişim materyallerinden de yararlanır. Mekaniksel depolamada, güneşle çalıştırılan bir pompa ya da kompresör tarafından basılan yüksek basınçlı akışkan, uygun bir ortamda toplanır. Kimyasal depolamada, hidrat tuzlarından yararlanır. Elektriksel depolama bataryalarla yapılır. Bu amaçla kurşun asitli akümülatörler, nikel kadmiyum tipi kuru bataryalar ve sodyum sülfür bataryaları kullanılır [1, 8].

Güneş enerjisinin en çok tanınmış uygulaması olan güneşli su ısıtıcılar (ya da güneş şofbenleri), klasik düz yüzeyli kolektörlü, pompalı sirkülasyonlu veya termosifon sistemli, ısı değiştiricili veya değiştiricisiz depolu olmaktadır. Tarımsal kurutucularda düz yüzeyli kolektörler kullanılır. Güneş imbikleri de denilen, deniz suyundan ya da acı suların tatlı su ve tuz minerali üreten güneşli damıtma üniteleri, yine düz yüzeyli kolektörlü düşük sıcaklık uygulamalarıdır [1].

Güneşli kaynatıcılar ve yemek pişiriciler, güneşli sterilizörler ise genelde odaklı kolektörler olup, güneş ışınlarının yoğunlaştırılmasıyla elde edilen yüksek sıcaklıklı ısıyı kullanırlar. Bu kolektörler çoğu kez çanak biçimindedir. Ancak, pişiricilerin düz yansıtıcı plakalarla donatılmış ısı kutusu tipleri de vardır [1].

Güneşli su pompaları, güneş pilinden elde edilen elektrik enerjisiyle, güneşli sıcak hava motorlarıyla (Stirling motorları) ya da özel buharlı güç çevrimine dayalı güneş kuvvet makineleriyle çalıştırılmaktadır. Stirling motorlu tesislerde çanak tipi odaklı kolektörler kullanılırken, buharlı güç çevrimine dayalı olanlarda klasik düz yüzeyli, vakum borulu, ısı borulu ve uzunlamasına silindirik odaklı kolektörler kullanılabilir. Güneşli soğutuculara gelince, bunlar buhar/jet tipi soğutucular, soğurmalı tip soğutucular ve sıkıştırılmalı soğutucular biçimindedir. Soğutucuların çalıştırılması için ısıl kolektörler ya da PV paneller kullanılır[1].

Güneş termik elektrik santralleri; heliostat (yansıtıcı düz ayna) tarlalı ve merkezi güç kuleli, uzunlamasına silindirik odaklı kolektör tarlalı ve dağınık çanak kolektör tarlalı tipler de olmaktadır. Toplanan ısı enerjisi ile sıvı akışkan buharlaştırılmakta, klasik termik santrallere benzer biçimde buhar türbini ve jeneratör ikilisinden elektrik üretilmektedir. Bu buhar su buharı olabildiği gibi kolektör devresinde yağ kullanan ve ısıyı düşük sıcaklıkta buharlaşan özel bir akışkana değiştiriciyle aktaran ve özel akışkan buharı ile çalışan türbinler de vardır. Sistemde bir ısı deposu yer almaktadır [1, 9].

Termal güneş güç santrallerinde mevcut teknoloji, tek eksenle güneşi izleyen doğrusal yoğunlaştırıcı (parabolik yansıtıcı oluk) ve çift eksenle izleyici noktasal (paraboloid çanak) yoğunlaştırıcı ile bir akışkanın buharlaştırılarak mekanik enerji üretilmesine dayanmaktadır [10].

Güneş enerjisi sistemleri aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılabilir. Aktif sistemler, kolektör (toplayıcı), ısı eşanjörü, taşıyıcı akışkan (su, hava), akış şebekesi (boru veya kanal sistemi), depo, sirkülatör (pompa, fan) ve akış düzenleyici ve kontrol elemanlarından oluşur. Pasif sistemler ise güneş enerjisinden direkt kazanç yöntemiyle yararlanma veya güneş enerjisinin yapı elemanlarında depolanarak ihtiyaç duyulduğunda kullanılması olarak tanımlanabilir [8].

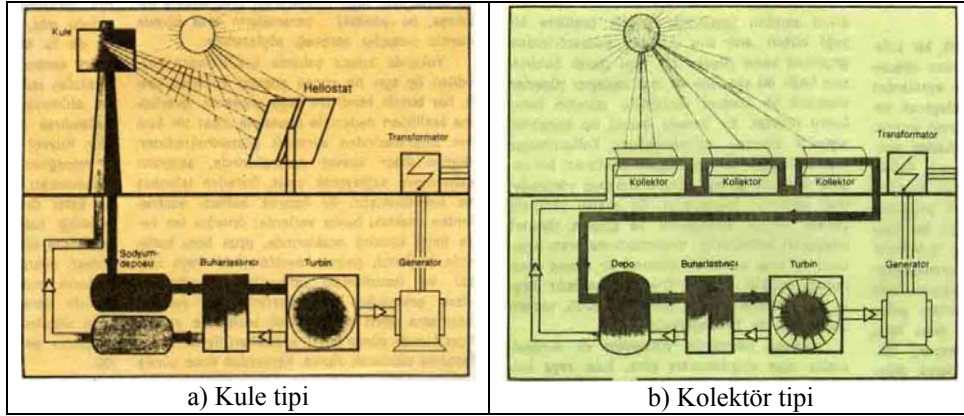
Çevrede (atmosferde veya yer üstü sularında) biriken güneş enerjisinin değerlendirilmesi için teknik yöntemler vardır. Bu amaçla "ısı pompaları" geliştirilmiştir. Isı pompası buzdolabının tersine bir prensibe dayanan ve çevrede birikmiş ısıdan yararlanarak ısıtma veya kullanım için sıcak su veya buhar elde edilmesini sağlar [3].

Fotovoltaik bir hücre üzerine ışık ışınları düştüğü zaman fotonlar atom dizilerinden elektron söker. Elektron delikleri yukarıya doğru hareket eder ve pozitif yüklü (elektronu eksik) bir tabaka oluşturur. Elektronlar ise aşağıya doğru hareket eder ve negatif yüklü (elektronu fazla) bir tabaka oluşturur. Bu iki tabaka birbirine bağlandığında bir akım meydana gelir ki bu düzeneğe fotovoltaik güneş pili adı verilmektedir. Fotovoltaik güneş pilleri, şebeke bağımsız veya uzak yerlerde rahatlıkla kullanılır. Bugüne kadar bunun birçok uygulaması mevcuttur. Otoyollardaki acil çağrı merkezlerinde, telefon kulübelerinde, deniz fenerlerinde, deniz araçlarında,

otomobillerde, çöllerde ve arazide, kısacası elektriğe ihtiyaç duyulan her yerde fotovoltaik güneş pilleri başarıyla uygulanmaktadır [12].

Fotovoltaik üreteçler watt mertebesinde (küçük haberleşme sistemleri veya diğer sistemler) kW mertebesine (kırsal bölgelerde katodik koruma, sinyalizasyon, haberleşme sistemleri, pompalama ve sulama tesisleri, evler, çiftlikler gibi şebekeden bağımsız tüketiciler ile şebekeye bağlı evler, tesisler) ve MW mertebesine (fotovoltaik elektrik santralleri) uzanmaktadır. Son yıllarda şebekeye bağlı fotovoltaik uygulamalarda büyük bir artış gözlemlenmektedir. Bu uygulamalar genellikle binaların çatılarına yerleştirilen 1-50 kW gücündeki sistemler şeklinde olmaktadır. Bu ve benzeri fotovoltaik sistemlerin gerektirdiği tüm teknolojiler (elektronik) ticari uygulamalar için yeterli düzeye erişmişlerdir [10].

Şekil 2’de değişik tip güneş enerji santralleri gösterilmiştir.



Şekil 2. Güneş enerji santralleri [13]

### 3. ÇEVRESEL ETKİLER

Güneş enerji teknolojileri konvansiyonel enerji kaynakları ile kıyaslandıklarında çevresel avantajlara sahiptir. Bu avantajlar; hava emisyonlarının yokluğu, işletme sırasında atık ürün yokluğu, düşük sera gazları emisyonları (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), zehirli gaz emisyonlarının olmaması, bozulmuş toprak iyileştirilmesi, elektrik şebekesi iletim hatlarının azalması, su kaynaklarının kalitesinin artırılmasıdır [14].

Sosyo-ekonomik görüş açısından bakıldığında güneş enerji teknolojilerinin kullanımının yararları; bölgesel enerji bağımsızlığı artışı, önemli iş olanakları sağlanması, enerji tedariki, temini, çeşitliliği ve güvenilirliği, enerji piyasası düzenlenmesine destek sağlanması, gelişen ülkelerde kırsal elektrikleştirme ivmesi olarak sıralanabilir [14].

Güneş enerjisinin kullanım biçimine göre çevre etki ve sorunları değişik olmaktadır. Görüntü kirliliği oluşturabilmekte, çevrim verimlerinin düşüklüğü nedeniyle büyük alan gerektirmektedirler. Güneş santrallerinin şebekeye uzaklığı önemlidir. Bir kaç km’den sonra uygulamalar zorlaşır. Santralin emre amadeliği güneşli günler ile sınırlıdır [10].

#### GÜNEŞ KAYNAKLI ISITMA SİSTEMLERİNDEN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL ETKİLER

Her ne kadar ilk kurulumda çok miktar malzemeye ihtiyaç duyular da işletme esnasında önemsiz derecede malzeme kullanımı söz konusudur. Bu sistemde çevresel etki yalnızca soğutma sisteminden kaynaklanır. Soğutma sistemindeki bir kaçak yangına sebep olabilir. Aynı şekilde bir gaz kaçağı da halk sağlığı ve güvenliği için istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Ancak büyük ölçekli güneş ısı sistemleri geleneksel yakıtların kullanımını önemli ölçüde azaltır ki bunun sonucunda da bu yakıtlardan kaynaklanacak çevresel etkiler de azaltılmış olur [14].

#### Alan Kullanımı

Düşük-orta sıcaklıklı sistemler için, alan kullanımı seçilen sistemin karakteristik özelliğidir. Örneğin konutlar için sıcak su veya iç ortam iklimlendirmesinde sistem varolan çatının üzerine eklenebildiğinden ek bir alana ihtiyaç duyulmaz. Daha büyük uygulamalarda alan ihtiyacı doğabilir. Başlıca ek alan ısının depolanması için gereklidir [14].

Yüksek sıcaklıklı sistemler için, işletme ısısını sağlayacak toplayıcıların ihtiyaç duyduğu alan kullanımı oldukça büyük bir sorundur. Büyük ölçekli sistemlerde alan kullanımından dolayı habitat kaybı ve ekosistemin değişmesi söz konusu olabilir. Bu durumda önemli ekolojik alanlardan sakınmak gerekir [14].

Güneş santralleri, barajlı hidroelektrik santrallerinden daha az yer kapsamaktadır. Gerek PV ve gerekse termik tip güneş santrallerinin kapsadıkları alan, 0,025 km<sup>2</sup>/MW düzeyinin altındadır. Barajlı hidroelektrik santraller için bu alan 1 km<sup>2</sup>/MW düzeyine kolayca ulaşabilmekte, hatta bunun üzerine çıkmaktadır. Luz güneş termik



santralinin özgül alanı 0,021 km<sup>2</sup>/MW iken Solar One güneş termik santralinin 0,007 km<sup>2</sup>/MW olmuştur. Bu alan PV santraller için 0,013 ile 0,009 km<sup>2</sup>/MW arasında değişmektedir [1].

#### **Rutin ve Kazasal Kirlilik Boşaltımı**

Güneş ısı sisteminde işletme esnasında soğutucu sıvının her 2-3 yılda bir değişmesi gerekebilir. Bu tür boşaltmalarda dikkatli olmak gerekir. Bazı durumlarda soğutucu su kaynaklıdır. Fakat tüm dolaylı sistemler muhtemelen anti-friz veya pas önleyici içerir. Isı taşıyıcı sıvılar aynı zamanda gilikal, nitratlar, nitritler, kromatlar, sülfidler ve sülfatlar içerir. Daha yüksek sıcaklık uygulamalarda aromatik alkoller, yağlar, CFC'lar gibi daha kompleks yapılar kullanılır. Büyük ölçekli güneş enerji sistemlerinde bu maddelerin giderilmesinde iyi bir kontrol gereklidir [14].

Normal kullanım haricinde kazasal olarak ısı taşıyıcı sıvı kaçağından dolayı su kirliliği riski mevcuttur. Soğutucu kaybı olduğunda güneş dönüştürücü aşırı ısınabilir. Sonuçta bu sıcaklıkta yangın riski mevcuttur. Aynı zamanda panel malzemesinden gaz çıkışından kaynaklanan ek problemler ve ısı taşıyıcı akışkanın gaz halinde yayılması veya takip eden yanma olaylarından dolayı çevresel riskler de vardır [14].

#### **Görsel Etkiler**

Yakın geçmişe kadar güneş enerji sisteminin parçaları binanın malzemesi arasında gizlenmeye çalışılırdı. Ancak şimdilerde mimarlar estetik bir bina geliştirmek için güneş enerji sisteminin parçalarından istifade edebileceklerini keşfettiler ve müşterilerine bu konuda tavsiyelerde bulunabiliyorlar. Bugün güneş sisteminin parçaları çekici ve görsel bir mimari parça olarak kullanılabilir [14].

Güneş panellerinin estetik etkisi, düz panellerin genelde var olan çatıya çok yakın ve aynı eğimde yapılmalarının ve biraz da parlıtya sebep olmalarına rağmen bir zevk meselesidir. Modern güneş enerji sistemleri estetik olarak hoş bir biçimde yapıyla kolayca bütünleşen toplayıcı üretimine izin vermektedir [14].

Teorik olarak bina dışında güneş ısı sistemlerinin yerleşimi yangın ve çatıya su sızıntısı riskini artırır. Bu kolaylıkla önlenemez, çünkü her panel için çatıda yalnızca dört delik açılmaktadır [14].

#### **FOTOVOLTAİK GÜÇ ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL ETKİLER**

Fotovoltaikler kullanımları esnasında sessiz veya kimyasal kirlilik oluşturmamaları yüzünden çevresel etkiler bakımından genelde iyi olarak görülmektedir. Kentsel alanda kullanım için en uygun yenilenebilir enerji teknolojisidir. Aynı zamanda direk ve tellerden kaçınılan doğal alan ve ulusal parklarda kullanım için de çekici bir seçenektir [14].

#### **Alan Kullanımı**

Doğal ekosistemlerde alan kullanımının etkisi alanın topografyası, doğal güzellik veya hassas ekosisteme uzaklık ile alanın biyoçeşitliliği gibi özel faktörlere bağlıdır. Etkiler ve alan üzerindeki değişikliklerle inşaat aşaması esnasında yer hareketleri ve taşınma hareketleri gibi inşaat faaliyetlerinden dolayı karşılaşmak muhtemeldir [14].

#### **Rutin ve Kazasal Kirlilik Boşaltımı**

PV sistemlerinin normal işletme zamanlarında ne gaz veya sıvı kirletici ne de radyoaktif madde yayımları vardır. İçerisinde az miktarda zehirleyici madde bulunan PV uygulamalarında bu kimyasalların az miktarının bile çevreye yayılması sonucu zayıf da olsa bir yangın riski vardır [14].

Büyük ölçekli santral tesislerinde bu zararlı malzemenin yayılımı anormal tesis işletilmesinin sonucu olarak ortaya çıkabilir ve bu küçük de olsa iş ve halk sağlığı açısından bir risk oluşturur. Bu sebeple acil durumlar için hazırlıklı olmak ve bir yangın ya da ısıl patlama durumunda müdahale edecek teçhizatın olması gereklidir. Bu tür durumlarda toprak ya da yeraltı suyu kirlenmesi söz konusu olabilir [14].

#### **Görsel Etkiler**

Görsel etkiler çoğunlukla PV sisteminin yapım tipi ve çevresine bağlıdır. PV sistem uygulaması eğer doğal güzelliklerin veya bu tür alanların yanına veya yakınına uygulandığında görsel etkiler yüksek düzeyde olacaktır. Modüllerin binaların cephelerine bütünleştirildiği durumda modern binalara tarihi veya kültürel değere sahip binalarla kıyaslandıklarında pozitif yönde bir estetik etkide bulunabilirler [14].

Görsel etkilerin minimize edilmesi için optimal mimari çözümler bulunmalıdır. Ticari binalar için bir dış kaplama olarak PV'nin kullanımı hem işverenler için hem de işi yapanlar için teknolojik imkânların mimari olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Büyük ölçekli uygulamalarda yerleşime dikkat edilmelidir. PV modüllerinde uygun renk kullanılarak görsellik sağlanabilir [14].

#### **Doğal Kaynakların Kullanımı**

PV'den güç üretimi oldukça enerji yoğun ve fazla malzemeye ihtiyaç duyar. Az miktarda kaynağı az olan maddelerden ve sınırlı miktarda da zehirleyici etkisi olan maddelerden kullanılır (Cd gibi) [14].

Doğal kaynakların kullanımının azaltılması için teknolojik ilerlemeler dikkatle izlenmeli, malzemedan en yüksek verim almanın yolları aranmalı, güvenli malzemeler seçilmeli veya malzeme değişimine gidilmeli, modüller geri dönüştürülebilir veya geri kazanılabilir özellikte yapılmalıdır [14].

Sistemin çevresel performansı sistem üretiminin enerji verimine özellikle de elektrik üretimine bağlıdır. Taşımadan kaynaklanan emisyonlar üretimden kaynaklanan emisyonlara nazaran önemsizdirler. Taşımadan kaynaklanan emisyonlar üretimden kaynaklanan emisyonların %0,1-1 mertebelerindedir. Poly- ve mono-kristal modül kullanımı halinde hesaplanan emisyonlar şöyledir; 2,757-3,845 kg CO<sub>2</sub>/kWp, 5,049-5,524 kg SO<sub>2</sub>/kWp ve 4,507-5,273 NO<sub>x</sub>/kWp [14].

Kent çevresinde, modern PV sistemleri, ihtiyaç duyulan elektriği direkt olarak sağlar. Aynı zamanda bina cephelerinde ayna olarak da kullanılabilir [14].

#### **Gürültü Kirliliği**

PV sistemleri kullanılırken değil de inşa aşamasında gürültüye sebep olurlar. İşletme aşamasında rahatsız edecek derecede bir gürültü söz konusu değildir [14].

#### **Atık Yönetimi**

Ağır metal içeriklerinden dolayı bataryaların bertarafı kontrol edilmelidir. Ömrünü tamamlamamış malzemenin değiştirilmesi esnasında türlerine göre ayrılarak, türe göre bir bertaraf seçeneği düşünülmelidir [14].

Tablo 2’de güneş enerji teknolojilerinin çevresel ve sosyal göstergeleri, Tablo3’de güneş enerji sistemlerinin muhtemel çevresel etkilerinin derecelendirilmesi ve Tablo 4’de güneş enerji teknolojilerinin potansiyel negatif çevresel etkileri verilmiştir.

**Tablo 2. Güneş enerji teknolojilerinin çevresel ve sosyal göstergeleri [14]**

Gösterge	Merkezi güneş ısıl	Dağınmık güneş ısıl	Merkezi fotovoltaiik güç üretimi	Dağınmık fotovoltaiik güç üretimi	Güneş ısıl elektrik
CO <sub>2</sub> emisyon birikimi	1,4 kg/kWh veya 840 kg/m <sup>2</sup>	1,4 kg/kWh veya 840 kg/m <sup>2</sup>	0,6-1,0 kg/kWh	0,6-1,0 kg/kWh	
Üretimde istihdam	4000 iş/yıl	4000 iş/yıl	2-300 iş/yıl	2-300 iş/yıl	İşletmede 1 sürekli iş/MW + İnşa için 12-18 ay süresince 10-15 iş/MW
Toplam istihdam	12000 iş/yıl	12000 iş/yıl	4-5000 iş/yıl	4-5000 iş/yıl	1000 sürekli iş/1000 MW

**Tablo 3. Güneş enerji sistemlerinin muhtemel çevresel etkilerinin derecelendirilmesi [14]**

Çevresel Problem	Merkezi Güneş Isıl	Dağınmık Güneş Isıl	Merkezi Fotovoltaiik Güç Üretimi	Dağınmık Fotovoltaiik Güç Üretimi	Güneş Isıl Elektrik
Görsel Etki	++	+	++	+	+++
Rutin ve Tesadüfi Kimyasal Atıklar	+	++	+++	+++	++
Yer Kullanımı	++	+	++	+	+++
İş Güvenliği ve Hijyen	++	++	++	++	+++
Ekosistemler Üzerinde Etki	+		+		++
Su Kaynakları Üzerine Etki	++	+	+	+	+++

**Tablo 4. Güneş enerji teknolojilerinin potansiyel negatif çevresel etkileri [14]**

ETKİLER	İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ-TEKNOLOJİLERİ
Güneş Isıl Isıtma	Yönetmelik ve standartlara uyum
Yapıların Estetikleri Üzerine Görsel Etkiler	* İyileştirilmiş inşa ve kurulum uygulaması * Solar sistemlerin yapılara geliştirilmiş integrasyonu * Solar panellerin tarihsel yapı veya koruma alanlarına yerleşiminin engellenmesi
Rutin ve tesadüfi kimyasal atıklar	* Kullanılan kimyasalların geri kazanımı * İyileştirilmiş uygulamalar ve uygun bertaraf
Yer kullanımı	Düzenli yerleşim ve dizayn



<b>Fotovoltaik Güç Üretimi</b>	
Yer kullanım: Merkezi sistemler için geniş yere ihtiyaç vardır.	İzole ve boş alanlarda kullanım
Ekilebilir alanların azalması	* Ekolojik ve arkeolojik olarak hassas alanlardan kaçınmak * Geniş ticari alanlarda integrasyon * Hastane ve anacade yakınlarında ses izolasyonu kullanmak
Görsel estetikler	* Sistemlerin dikkatli dizaynı * Mimari öğeler şeklinde binalara integrasyon * Panellerin bina cephelerinde modern mimariye uygun olarak kullanımı
Ekosistemler üzerine etkiler	Doğal güzellik içeren arkeolojik yerlerden ve hassas ekosistemlerden kaçınmak
Toksik ve yanıcı madde kullanımı	Potansiyel toksik ve tehlikeli maddelerin atıklarından kaçınmak ve mevcut güvenlik kurallarına uymak
Üretim, kullanım ve bertaraf sonrası gelen hafif sağlık riskleri	İyileştirilmiş işletme ve çalışma uygulamaları (İnşa sırasında koruyucu eldiven, güneş gözlüğü kullanımı)
<b>Güneş Isıl Elektrik</b>	
İnşa aktiviteleri	* İyi çalışma şartları * Yer restorasyonu * Hassas ekosistem ve doğal güzellik alanlarından kaçınmak
Görsel etkiler	Düzenli yerleşim
Yer Kullanımı	Düzenli yerleşim
Ekosistem, flora ve fauna üzerine etkiler (Özellikle kuşlar)	Düzenli yerleşim
Su kaynakları üzerine etkiler(Soğutma sistemleri için su kullanımı ve termal atık, kimyasalların tesadüfi atıklarından ileri gelen su kirliliği)	* Uygun kısıtlar * Gelişmiş teknoloji * Sıcak suyun en yakın endüstride üretim buharında kullanımı * İyileştirilmiş işletme uygulamaları, mevcut güvenlik düzenlemelerine uyum, işçi eğitimi

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Her enerji üretim ve taşınım metotları çevreyi etkilemektedir. Geleneksel enerji üretiminin, hava, iklim, su, toprak ve vahşi hayata zarar verdiği, buna ilaveten zararlı radyasyon oranını yükselttiği açıktır. Yenilenebilir teknolojiler, büyük ölçekte birçok ciddi çevresel ve sosyal problemlere güvenli çözüm önerisini fosil ve nükleer yakıtlarla sunmaktadır.

Güneş Enerji Teknolojileri konvansiyonel enerji kaynakları ile kıyaslandıklarında çok büyük çevresel faydalara sahiptir. En büyük avantajı hava emisyonları ve atık ürünlerin yokluğudur. Başka bir deyişle güneş enerjisi mükemmel denebilecek derecede temiz ve güvenilir bir enerji kaynağıdır.

Sonuç olarak Güneş Enerji Teknolojileri kullanımı; enerji tedarikinde çeşitlilik ve güvenilirliği kazandırması, önemli iş olanakları sağlaması, enerji piyasasında yeniden yapılanmayı desteklemesi, ithal yakıt bağımlılığını azaltması, uzak ve izole yerlerde yaşayan kırsal toplulukların elektrikleştirilmesine ivme kazandırması gibi önemli sosyo-ekonomik faydalara sahiptir.

Diğer yandan şu bir gerçektir ki; Güneş Enerji Teknolojisi kurulumu da dâhil olmak üzere hiçbir insan yapımı proje tamamen çevreye etkisiz olamaz. Potansiyel etkiler projenin boyutuna, doğasına ve yer özelliğine bağlıdır. Ancak olumsuz etkiler çok küçük boyuttadır ve mevcut en iyi azaltma teknolojileri ile minimize edilebilir.

Güneş Enerji Teknolojileri potansiyel çevresel etkilerini yok etmek veya minimize etmek için kullanılan teknik ve teknolojiler; hava emisyonları ve koku kontrol ekipmanlarını, optimal dizayn kurulum ve inşaat yeri için dizayn aletlerini, en iyi uygulama rehberlerini, gelişmiş ekipman parçalarını ve tamamen yeni bir dizaynı kapsar.

Büyük çaplı güneş enerji sistemleri kurulurken dikkat edilmesi gereken hususların başında alan kullanımı gelmektedir. Sistemin kurulacağı alanın doğal bitki örtüsü ve yaşam alanına zarar vermeden alanla bütünleşik bir yerleşim çok önemlidir. Ayrıca sistemde kullanılan zehirli maddelerin kontrol altında tutulmaları, bir kaza anında derhal müdahale edebilecek ekip ve ekipmanın varlığı da şarttır. Zehirli maddeler kullanıldıktan sonra da bertaraf edilirken mevcut zehirli maddeleri bertaraf metotlarına göre kanun ve standartlara uygun olarak bertaraf edilmeleri gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1]. ÜLTANIR, M.Ö., “21. Yüzyılım Eşiğinde Güneş Enerjisi”, Bilim ve Teknik, Sayı: 340, S: 50-55, Mart 1996.
- [2]. ŞEN Zekâi, “Temiz Enerji ve Kaynakları”, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2002.
- [3]. BÜKTAŞ, B., “Güneş Enerjisi İnsanlığın Hizmetinde”, Bilim ve Teknik, Sayı: 142, S: 20-23, Eylül 1979.
- [4]. DİZER, M., “Kaybolan Güneş Enerjisi ve İstifade Yolları”, Bilim ve Teknik, Sayı: 7, S: 3-5, Mayıs 1968.
- [5]. DEMİRCAN, O., “Güneş’in Büyük Enerjisi”, Bilim ve Teknik, Sayı: 275, S: 22-23, Ekim 1990.
- [6]. TAHİROĞLU, A.T., “Güneş Enerjisinden Yararlanma Çalışmaları”, (çeviri), Bilim ve Teknik, Sayı: 33, S: 29-30, Ağustos 1970.
- [7]. AYGÜN, E., “Güneş Enerjisi Nedir? Nasıl Faydalanılır?”, Bilim ve Teknik, Sayı: 257, S: 22-23, Nisan 1989.
- [8]. BİLİR Şefik, “Alternatif Enerji Sistemleri”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 56-58, 2004.
- [9]. GRASSE, W., “Güneş Enerji Santralleri Deneme Safhasında”, Bilim ve Teknik, Sayı: 191, S: 30-33, Ekim 1983.
- [10]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, DPT: 2569 – ÖİK: 585, Ankara, 2001.
- [11]. GLASS, D., “Güneş Işığını Enerjiye Çeviren Hücreler”, Bilim ve Teknik, Sayı: 171, S: 8-10, Şubat 1982.
- [12]. KORUR, E., “Güneş Enerjisi Hayatımıza Giriyor”, (çeviri), Bilim ve Teknik, Sayı: 268, S: 8-12, Mart 1990.
- [13]. GERWIN, R., “Güneş Enerjisi Santralleri”, Bilim ve Teknik, Sayı: 184, S: 9-11, Mart 1983.
- [14]. TSOUTSOS, T., vd., “Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies”, Energy Policy, 33, 289-296, 2005.