

# YAPI ELEMANI OLARAK FV KULLANIMI VE AYDINLATMA; İLKÖĞRETİM YAPISI ÖRNEĞİ

Kasım ÇELİK<sup>1</sup>

Rengin ÜNVER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: kcelik@cu.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: renginunver@gmail.com

## ÖZET

Günümüzde sürdürülebilir mimarlığının ilgilendiği alanların içinde enerji harcamalarının azaltılması, alternatif enerji kaynaklarının araştırılması, enerji kullanımı sonucunda oluşan atıkların geri dönüşümü, enerjide yeni teknolojilerin geliştirilmesi gibi konular bulunmaktadır. Aydınlatma için harcanan enerji miktarı göz önüne alındığında yapılar için sürdürülebilir aydınlatma kavramının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Aydınlatma konusunda enerjinin daha etkin olarak kullanılması, teknolojinin getirdiği yeniliklerin uygulanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve bunların yanında kullanıcıların görsel performansını sağlayacak gereksinimlerden ödün verilmemesi gerekmektedir. Bu çalışmada “eğitim yapıları” gibi gün boyu kullanılan, görsel konforun üst düzeyde olması zorunlu olan mekanlarda amacına uygun aydınlatma düzenleri aracılığıyla enerji tüketiminin azaltılması ve fotovoltaik sistemlerle dersliklerin yapay aydınlatma için gerekli enerji ihtiyacının karşılanması konularına değinilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Eğitim yapıları, Aydınlatma, FV sistemler, Sürdürülebilir mimari.

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış ve teknolojik gelişmelerle birlikte dünya enerji tüketiminin her yıl artması, yeni kaynaklar ve çözüm yolları aranmasına neden olmaktadır. Enerji tüketimini kontrol altında tutmak, yüksek enerji maliyetlerini azaltmak, artan nüfusla beraber ortaya çıkan sera gazı (CO<sub>2</sub>) emisyonlarının azalmasını ve günümüz kaynaklarının gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak amacıyla “Sürdürülebilir Mimarlık” kapsamında mimarlara da büyük sorumluluk düşmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansının 2014 yılı verilerine göre aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi, küresel elektrik tüketiminin yaklaşık % 20'sini temsil etmektedir [1]. Konutlarda harcanan enerjinin yaklaşık %12'si, konut dışı kullanımlarda ise %25-%40'ını “Aydınlatma” için tüketilen enerji miktarı oluşturmaktadır. Bu nedenle yapıların yapay aydınlatma yükünün azaltılarak enerjisi etkin bir biçimde kullanan aydınlatma sistemlerinin tasarlanması ve

yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı güncel bir konu haline gelmiştir. Bina aydınlatma sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, aydınlatma elemanı ölçeğinden başlayarak, yapı elemanı, bina ve yerleşim ölçeklerinde alınacak kararlarla mümkün olmaktadır.

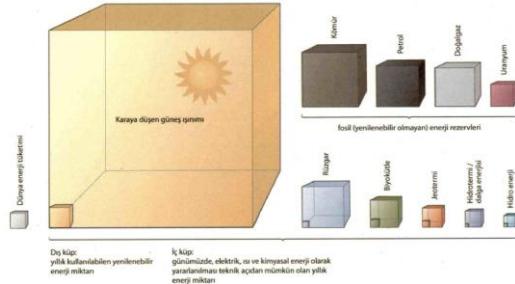
Sürdürülebilir mimarlığın giderek önem kazandığı günümüzde, gelecekte yapıların enerjilerini kendileri üretmeleri ve doğaya en az zararı vererek gelecek nesillere kaynakların aktarılması amaçlanmaktadır. Yapıların mimarisi ile bütünleşebilecek biçimde tasarlanacak çatı ve cepheleere yerleştirilen güneş enerjisi sistemleri (solar termal, fotovoltaik) aracılığıyla yenilenebilir enerji elde edilerek bu enerji aydınlatma için kullanılabilir.

Bu çalışmada önce güneş enerjisi ve fotovoltaik sistemlere değinilmiş ardından bir ilköğretim yapısında yapı elemanı olarak fotovoltaik (FV) sistem kullanımına yönelik öneriler yapılarak Güneş'ten elde edilecek enerjinin yapay aydınlatmada kullanılması bağlamında enerji tasarruf potansiyelleri ortaya konulmuştur.

## 2. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ

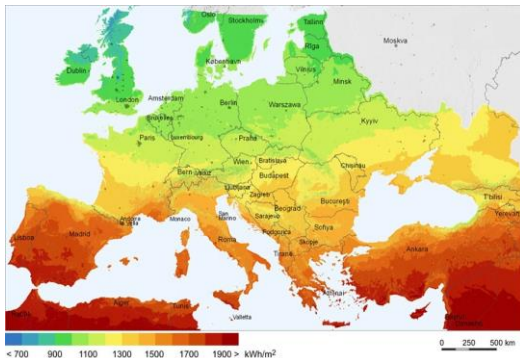
Sürdürülebilirlik kavramının temelinde yatan “gelecek nesillere yaşayabilecekleri bir dünya” bırakabilmek için fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılıktan kurtulmak kaçınılmaz bir gerçektir. Fosil yakıtların çevreye verdiği olumsuz etkiler ve tükenebilirlikleri göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artmaktadır.

Dünyada kullanım potansiyeli en fazla olan yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Yeryüzüne düşen güneş ışığının enerji miktarı, dünya enerji ihtiyacının yaklaşık 10 bin katıdır. Dünyanın tüm enerji ihtiyacını karşılamak için güneş ışığı enerjisinin sadece %0,01'inin değerlendirilmesi yeterlidir (Şekil 1.) [2].



Şekil 1. Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri ve mevcut enerji rezervleri [2]

Ülkemiz Güneş kuşağı adı verilen 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında yer almakta ve güneş enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa ülkelerinden daha zengindir. (Şekil 2).



Şekil 2. Avrupa Güneşlenme haritası [3]

Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2.640 saattir. Bölgelere göre bu değer 3.016 saat ile 1.966 saat arasında değişmektedir. Türkiye'de güneş ışınım şiddetinin yıllık ortalaması 3,7 kWh/m<sup>2</sup>.gün ile 1,5 kWh/m<sup>2</sup>.gün arasında değişir. Bölgelerin yıllık ortalaması ise 4,0 kWh/m<sup>2</sup>.gün ile 2,9 kWh/m<sup>2</sup>.gün sınırları arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi 975 x 10<sup>12</sup> kWh kadardır. Bir başka anlatımla, güneş Türkiye için 376 TW (1 TW=10<sup>6</sup> MW) güç kaynağı demektir. Bu değer kurulu elektrik santrallerimizin 7.880 katına eşdeğerdir [4].

Ülkemizin güneşlenme potansiyeli yüksek olmasına karşılık ağırlıklı olarak kullanım sıcak su üretimi ile sınırlıdır. Güneş enerjisi uygulamaları; sıcak su üretiminin yanında bitkisel ürünlerin soğutulması ve kurutulması, pişirilmesi, deniz suyunun damıtılması, elektrik üretimi, hacim ısıtılması ve soğutulması, sulama suyunun pompalanması, endüstriyel işlem ısısı üretme, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimlerin gerçekleştirilmesi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi ile elektrik üretmek dünyada oldukça yaygın olan bir sistemdir. Almanya, Amerika, İtalya, Çin gibi ülkeler güneş enerjisine yıllardır yatırım yapmaktadır. Güneş enerjisi ile elektrik üretmek Türkiye'de yeni bir teknoloji denilebilir. İlk yıllarında yavaş gelişen sektör GES (Güneş Enerji Santrali) hakkındaki yasa ve yönetmeliklerin çıkmasıyla özellikle 2012 yılı itibari ile oldukça hızlanmıştır. Ülkemizin cari açığının büyük bir çoğunluğu enerji harcamaları olduğu göz önüne alınırsa kendi enerjimizi üretmemiz hem daha ucuz elektrik kullanmamızı sağlar hem de ülke ekonomisini güçlendirir [3].

## 3. MİMARİDE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA

Dünyadaki fosil yakıtların azalması, dünya nüfusundaki artış ve teknolojik gelişmelerle

birlikte enerji ihtiyacının sürekli artması her yıl enerji açığı miktarını artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları bu açığı gidermenin en temiz ve en güvenilir yolu olduğu kabul edilmektedir.

Yenilenebilir kaynaklar içinde enerji potansiyeli en fazla olan Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmıştır. Güneş enerji sistemleri alanındaki teknolojik gelişmeler, yatırım maliyetlerinin düşmesi ve devlet tarafından verilen teşvikler güneş enerjisine olan ilgiyi giderek artırmaktadır.

Günümüzde tüketilen enerjinin çoğunun binalar tarafından tüketildiği göz önüne alındığında tasarımcıların binaları tüketen değil üreten yapılar olarak tasarlaması kaçınılmaz bir durumdur. Enerjiyi mümkün olduğunca koruyan, enerjiyi verimli kullanan ve çevresine en az zararı veren yapılar üretmek tasarımcıların birincil hedefi olmalıdır.

Güneş enerjisi, güçlü potansiyeli, her yere ulaşabilmesi ve yapılarda değişik amaçlar için kullanılabilmesi nedeniyle mimaride de en çok tercih edilen kaynaklardan biri konumundadır.

Mimaride güneş enerjisinden etken (aktif) ve edilgen (pasif) olmak üzere iki şekilde yararlanılabilir.

*Edilgen sistemler*, yapının tasarım özelliklerinden faydalanılarak güneş enerjisinin yapıya alınması ve ısı elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır [5]. Güneş pencereleri, kış bahçeleri, trombe duvar, çatı havuzları gibi uygulamalar edilgen sistemlere örnek olarak verilebilir (Şekil 3).



Şekil 3. Edilgen sistemler [6, 7]

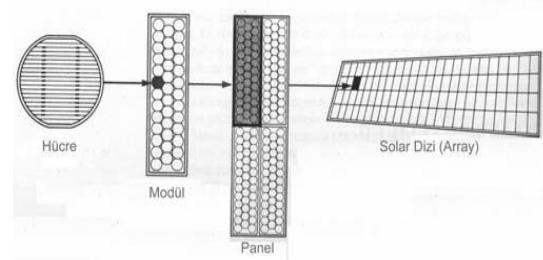
*Etken sistemler*, güneş enerjisinden amaca göre üretilmiş toplaçlar aracılığıyla yutulan güneş ışınımını, istenen biçimdeki enerjiye dönüştürüp bunun yapıda kullanımına olanak veren mekanik ve/ya elektronik elemanların bütününden oluşan sistemler olarak tanımlanabilir [5]. Etken sistemlere örnek olarak güneş enerjili ısıtma sistemleri (toplaçlar) elektrik enerjisi üreten sistemler (fotovoltaik sistemler) ve ısı ve elektriği aynı anda üretebilen güneş enerji sistemleri verilebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Etken sistemler [8, 9]

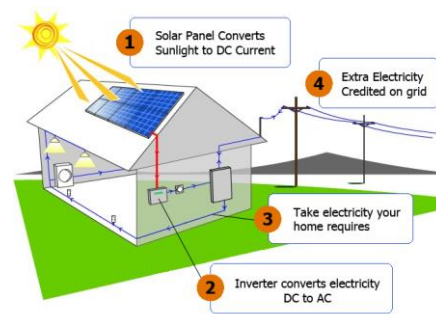
#### 4. FOTOVOLTAİK (FV) SİSTEMLER

Fotovoltaik kelimesi, yunanca ışık anlamına gelen “photo” ve gerilimin birimi olan “volt” kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Binalarda ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere pek çok donanımın ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamını veya bir kısmını güneşten/güneşten karşılayabilme kapasitesini anlatmak için kullanılmakta olup, ışıktan elektrik üreten fotovoltaik hücrelerin pratik uygulaması ile ilgili araştırma ve teknolojilerde kullanılan genel bir terimdir. Burada sözü edilen ışık, doğal ya da yapay yollarla elde edilmiş olabilir. Güneş ve gök ışığının birleşiminden oluşan “gün ışığı” fotovoltaik hücreler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüşür [10]. Fotovoltaik hücreler üzerlerine gelen ışığı elektrik akımına dönüştürebilen yarı-iletken malzemelerden oluşan düzeneklerdir (Şekil 5). Bunlar, güneş pilleri, güneş panelleri vb. çeşitli adlarla adlandırılmakta ve değişik özelliklerde üretilebilmektedir.



Şekil 5. Fotovoltaik hücre, modül, panel ve solar dizisi [11]

İşıktan elektrik üreten tüm birim ve alt sistemlerin bütünü fotovoltaik sistem olarak adlandırılır. Fotovoltaik sistemler, enerji ihtiyacının özelliklerine, ekonomik koşullara ve bağlanılan elektrik şebekesi koşullarına göre birçok farklı biçimde oluşabilir. Bu sistemler, yapılanması ne olursa olsun maliyet, ömür, verim, geri ödeme, çevre konuları, güvenilirlik vb. açılardan optimum bir etkinlik sağlamalıdır. Fotovoltaik sistemler temelde, fotovoltaik hücreler ve bunlardan üretilen doğru akımı (Direct Current, DC) alternatif akıma (Alternative Current, AC) dönüştüren elemanlar (inverter) olmak üzere iki bölümden meydana gelir (Şekil 6). Kullanım amaçlarına göre, üretilen elektriğin miktarını ölçen sayaç, üretilen elektriği depolayabilen akü, elektrik panosu, şarj regülatörü, vb. elemanlar sisteme ilave edilebilir.



Şekil 6. Fotovoltaik sistemlerin çalışma prensibi [12]

Fotovoltaik sistemler kullanım şekillerine göre, şebekeden bağımsız (off-grid), şebekeye bağlı (on-grid), ve hibrit sistemler olmak üzere sınıflandırılabilir.

Şebekeden bağımsız sistemler doğrudan elektrik şebekesine ulaşım mümkün olmadığı yerlerde tercih edilmektedir. Bu

sistemlerde elde edilen enerji aküler yardımıyla depolanarak ihtiyaç halinde kullanılır.

Şebekeye bağlı sistemler ise son yıllarda en yaygın olan fotovoltaik sistem uygulamasıdır. Bu sistemde elde edilen elektrik enerjisinin fazlası şebekeye satılır. Hibrit sistemler ise güneş enerjisi dışında ikinci tip enerji kaynağının da bulunduğu sistemdir. İkinci tip enerji kaynağı rüzgar türbini, dizel motor veya elektrik şebekesi olabilir [13].

## 5. BİNAYLA BÜTÜNLEŞİK FOTOVOLTAİK (FV) SİSTEMLER

Günümüzde, enerjinin büyük bir bölümü binalar tarafından kullanılması nedeni ile Fotovoltaik sistemlerin uygulandığı binalar giderek daha da önem kazanmıştır. FV sistemleri en verimli şekilde kullanabilmek için tasarım kriterlerine dikkat etmek, binada en yüksek verimi sağlayacak şekilde konumlandırmak ve mimari ile bütünleştirmek gereklidir. Bu olgu, bina tasarımcısı olan mimarlara büyük görev düşmesine yol açmaktadır.

Fotovoltaik sistemler yapılardan bağımsız olarak ya da binayla bütünleşik olarak kullanılabilirler. Genellikle kullanım yeri olarak bina cephe ve çatıları tercih edilmektedir. Böylece fotovoltaik sistemler sadece enerji üretme sistemi değil yapının bir parçası olarak da kullanılmaktadır.

FV sistemlerin mimari ile ilişkilendirilmesi, mevcut bir binaya sonradan ilave etme/ekleme (Building Added PV, BAPV) ya da tasarım aşamasında bina ile bütünleştirme (Building Integrated PV, BIPV) olmak üzere iki ayrı biçimde gerçekleştirilebilir (Şekil 7-8) [10].



Şekil 7. Binaya sonradan ilave FV sistem [14]



Şekil 8. Binayla bütünleşik FV sistem [15]

Her yapının, yüzeylerine (yapı kabuğuna) yerleştirilen FV sistemler aracılığı ile enerji elde edebileceği belli bir güneş enerji potansiyeli vardır. FV sistemler sayesinde binaların en fazla enerji tüketim kalemlerinden biri olan yapay aydınlatma için kaynak yaratmak mümkündür. Böylece fosil yakıtlara bağlı kalmadan yenilenebilir enerji kaynaklarıyla sürdürülebilir bir aydınlatma tasarımı yapmak söz konusu olmaktadır.

## 6. YÖNTEM ve KABULLER

Bu çalışmada eğitim yapılarının aydınlatma sistemlerinin, enerji verimli olarak tasarlanması adına “yapay aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerjinin” fotovoltaik paneller aracılığı ile elde edilmesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında FV paneller sadece elektrik üretme sistemi olarak değil binanın bir parçası olarak düşünülmüş ve bu bağlamda öneriler getirilmiştir.

Çalışma kapsamında uygulanan yöntemin adımları aşağıda sıralanmıştır

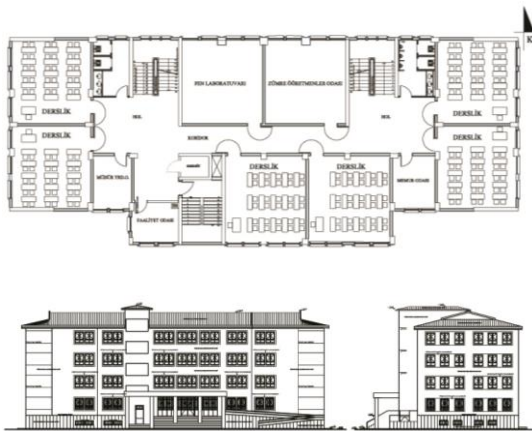
- İlköğretim binası dersliklerinin Eylül-Haziran ayları arasındaki bir eğitim yılı

boyunca yapay aydınlatma için harcadığı enerji miktarının Dialux aydınlatma programı yardımıyla hesaplanması.

- İlköğretim binasına yerleştirilecek fotovoltaik paneller için verim ve tasarım açısından uygun alanların belirlenmesi.
- Kullanılan FV panellerin enerji performanslarının PVsyst programı yardımıyla hesaplanması.
- Güneş enerjisinden elde edilen enerji kazancının aydınlatma enerjisi tüketimini karşılaması açısından değerlendirmeler yapılması.

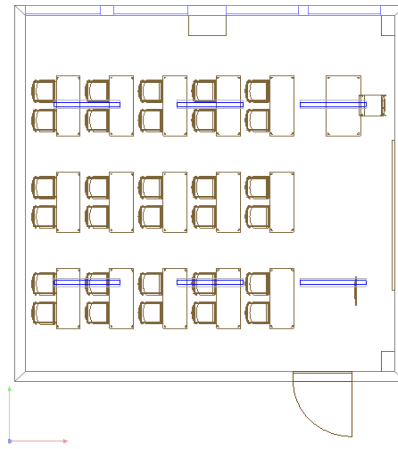
Çalışmada 6-9 yaş grubu öğrencilere hizmet veren Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan bir “tip ilköğretim binası” ele alınmıştır. Dört katlı yapıda, giriş katında 2, diğer katlarda 6’şar adet olmak üzere toplam 20 adet derslik bulunmaktadır. İlköğretim okulu binası dersliklerin yanı sıra laboratuvarlar, öğretmenler odası, idari mekanlar ve ıslak hacimler gibi farklı işleve sahip hacimlerden oluşmaktadır. Söz konusu eğitim yapısının 600 öğrenciyi hizmet vermesi planlanmaktadır. Yapıya ait kat planı, kesit ve görünüşler Şekil 9’de verilmiştir

Binanın İstanbul’da uygulanacağı ve doğu-batı aksında konumlanacağı varsayılmıştır. Yapı dışında herhangi bir dış engel bulunmamaktadır.



Şekil 9. İlköğretim binası plan, kesit ve görünüşleri

Dersliklerde mevcut proje için öngörülen şekilde, 2 sıra halinde, toplam 6 adet 2x36 W flüoresan aygıt kullanılmıştır (Şekil 10). Aydınlatma aygıtlarının kontrolü manuel olarak sağlanmaktadır.



Şekil 10. Aydınlatma konum planı

Ülkemizin bulunduğu coğrafi konum nedeniyle FV paneller için en iyi yön güneydir. Bu nedenle FV paneller ilköğretim binasının güney cephesine ve güneye bakan çatı yüzüne konumlandırılmıştır.

Bu amaçla binanın,

- Güney cephesine düşey olarak 0,9m x 1,50m ölçülerinde 86 m<sup>2</sup> cephe kaplaması,
- Güney tarafa bakan çatı yüzeyine çatıyla aynı eğimde olan 10° açıyla 0,9m x 1,50m ölçülerinde yaklaşık 156 m<sup>2</sup> çatı kaplaması,
- Güney cephesinde bulunan pencereler için 0,4m x 1,3m boyutlarında yatayla 30° açı yapan yaklaşık 34 m<sup>2</sup> güneş kırın

olmak üzere polikristalin FV panellerden oluşan üç ayrı kullanım senaryosu önerilmiştir (Şekil 11). Yerleştirilen FV

panellerin eğitim dönemi içinde yer alan Eylül-Kasım ayları arasındaki enerji üretim potansiyeli PVsyst programı aracılığıyla hesaplanmış, daha sonra yapay aydınlatma için harcanan enerji açısından değerlendirmeler yapılmıştır.



Çatı kaplaması olarak önerilen FV paneller



Cephe kaplaması olarak önerilen FV paneller



Güneş kırın olarak önerilen FV paneller

Şekil 11. FV panellerin binaya yerleştirme örnekleri

## 7. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Yapılan bu çalışmada bir ilköğretim yapısında fotovoltaiik sistemlerin yapı elemanı olarak kullanılması önerilmiş ve Güneş'ten elde edilecek olan elektrik enerjisinin yapay aydınlatmada kullanılmasıyla enerji tasarruf potansiyellerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

İlköğretim binasının sadece dersliklerinin, eğitim döneminde (Eylül-Haziran) 08.00-17.00 saatleri arasında yapay aydınlatma

için harcadığı enerji miktarı 7610 kWh olarak hesaplanmıştır. Aynı dönem için ise;

- Çatının güneye bakan yüzünde yer alan 10° açılı 156 m<sup>2</sup>lik polikristalin FV çatı panellerinden 11857 kWh,
- Güney cephede düşey olarak yer alan 86 m<sup>2</sup>lik polikristalin FV cephe kaplama panellerinden 5270 kWh,
- Güney cephede yer alan yatayla 30° açı yapan 34 m<sup>2</sup>lik polikristalin FV güneş kırın panellerden ise 2769 kWh

elektrik enerjisi üretme potansiyeli olduğu PVsyst programı yardımıyla hesaplanmıştır.

Yapı kabuğunda güneye yönlendirilerek çeşitli açılar ve boyutlarda yerleştirilen 3 ayrı FV sistem önerisinden çatıya bütünleşik olarak önerilen sistemin, dersliklerin yapay aydınlatma enerji ihtiyacının tamamını karşıladığı görülmüştür. Cephe için önerilen sistem dersliklerin yapay aydınlatma için enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %70'ini karşılarken, güneş kırın olarak önerilen sistemse yaklaşık olarak %36'sını karşıladığı görülmüştür.

Sonuç olarak enerjinin büyük bir kısmının yapılar tarafından harcadığı günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ve kendi enerjisini üreten yapıların önemi giderek artmaktadır.

Eğitim yapıları gibi ülkemizde kamu yapıları içinde büyük bir orana sahip olan bina türlerinde FV sistemler gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması diğer yapılar için de örnek teşkil edecektir. Ayrıca eğitim yapılarında uygulanacak FV sistemler gelecek nesiller açısından yenilenebilir enerjinin öneminin kavranması ve uygulamalı olarak bu sistemleri tanımaları açısından yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. <http://www.iea.org/topics/electricity>
2. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (2012). “Fotovoltaik Sistemler”, Çataklı Enerji Yayıncılık, ISBN: 978-605-62968-0-2, İstanbul.
3. <http://www.solarvizyon.com/gunes.html>
4. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2009). “Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi”, EKC Form Ofset, ISBN: 978-605-89548-2-3, Ankara.
5. ŞAHİN, B., (2011). “Güneş Enerjili Düz Toplaçların (PV) Yapı Ögesi Olarak Mimaride Kullanım Olanakları- Bir Örnek Oluşturma ve Değerlendirme”, YTÜ FBE Yüksek lisans tezi, İstanbul.
6. <http://www.sfgate.com/homeandgarden/article/Old-idea-warm-wall-3222133.php>
7. <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/trombe-wall-and-attached-sunspace>
8. [http://www.tessolarwater.com/index\\_en.html?zeuspv-t.html&2](http://www.tessolarwater.com/index_en.html?zeuspv-t.html&2)
9. [https://en.wikipedia.org/wiki/Building-integrated\\_photovoltaics](https://en.wikipedia.org/wiki/Building-integrated_photovoltaics)
10. ÜNVER, E., (2013). “Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemlerin Mimaride Kullanımı”, Ekoyapı Dergisi, Sayı 13, ss.75-80, İstanbul.
11. ÇELEBİ, G. (2002). “Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3):17-33, Ankara.
12. <http://www.renewableenergyelectric.com/what-is-solar/>
13. BEDELOĞLU, A., DEMİR, A. & BOZKURT, Y. (2010). “Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller” Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 43-58.
14. <http://newscenter.lbl.gov/2011/09/15/tracking-the-sun-iv/>
15. <http://www.onyx solar.com/projects/onyx solar-bipv-projects.html>
16. DIALux 4.12.0.1, <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>
17. PVsyst, <http://www.pvsyst.com/en/software/download>