

CEPHELERDE KULLANILAN FOTOVOLTAİK PANELLERİN YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

Muammer Yaman¹

Konu Başlık No: 3. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Son dönemlerde yaşanan enerji krizleri sonucunda, binalarda enerjinin korunumu kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneşin, binalarda enerji üretiminde kullanılması fotovoltaik paneller aracılığı ile olmaktadır. Fotovoltaik panellerin bina cephelerinde kullanımı gittikçe yaygınlaşmıştır. Cephelerde fotovoltaik panellerin kullanılmasında yangın güvenlik önlemleri önemli bir kriterdir. Bu çalışmada; cephelerde kullanılacak olan fotovoltaik panellerin binaya yangın yükü getirmesi ve bu hususta alınabilecek yangın güvenlik önlemleri üzerinde durulmuştur. Ülkemizde bina cephelerinde kullanılacak olan fotovoltaik panellerin yangın güvenliği kapsamında; yönetmelik, tasarım ve malzeme açısından değerlendirilmesi yapılmış ve fotovoltaik panellerin ülkemizde kullanımına dair öneriler getirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Cephelerde Yangın Güvenliği, Malzeme ve Yangın, Yangın Yayılımı, Yangın, Fotovoltaik Paneller

ABSTRACT

As a result of energy crisis; within the scope of conservation of energy in buildings, renewable energy sources is greatly needed. The sun, which is one of the sources of renewable energy, is used through the use of photovoltaic panels for energy production in buildings. The use of photovoltaic panels on building facades has become increasingly common. Fire safety precautions in the use of photovoltaic panels is an important criterion. In this study; it is mentioned that photovoltaic panels to be used in buildings facades bring fire load to the buildings and fire safety precautions that can be taken on this regard are emphasized. In our country, photovoltaic panels to be used on building facades have been evaluated in terms of regulation, design and material within the scope of fire safety and proposals have been made for the use of photovoltaic panels.

KEY WORDS

Fire Safety on Facades, Material and Fire, Spread of Fire, Fire, Photovoltaic Panels.

¹ Araştırma Görevlisi, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara. (mimar.myaman@gmail.com)

1. GİRİŞ

Son dönemlerde, insanların ihtiyaçları doğrultusunda enerji kullanımını hızlı bir şekilde artmıştır. Enerjiye duyulan ihtiyaçla birlikte, mevcut kaynakların tükenmesi gündeme gelmiş ve insanlar yeni kaynak arayışında bulunmuşlardır. Özellikle temiz ve tükenmeyecek olan enerjinin kullanımı ön planda tutulmuş ve doğal kaynaklara ilgi artmıştır. İnsanın yaşam sürecinin çoğunlukla binalarda geçmesi yönünden, binalarda kullanılan enerjinin üretilmesi ve sürekliliğinin sağlanması önemli olmuştur. Binalarda enerjinin kullanımı konfor gereksinimlerine göre şekillenmektedir. Binalar çerçevesinde enerjinin üretilmesine yönelik bilinen yöntemlerden biri fotovoltaik panellerin kullanımı ile olmaktadır. Fotovoltaik paneller güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir. Günümüzde binaların yapı kabuğunda sıklıkla tercih edilmektedir.

Fotovoltaik panellerin enerji üretmesinde, en kritik durum paneller ve güneş ilişkisidir. Güneş ile temas halinde olması gerekli olan panel elemanların son dönemlerde cephede de çok sık kullanıldığını görmekteyiz. Cephede; doğrudan cephe elemanı olarak kullanılması, cephede bir kaplama elemanı olarak kullanılması veya cephede gölgelendirme elemanı olarak kullanılması gibi durumlarda karşımıza çıkmaktadır. Bu farklı kullanımların olması tasarımdan veya fiziksel konfor koşulları gereği ortaya çıkmaktadır. Fotovoltaik panel türlerinin kullanımlarında elektriğin olması, olası bir yangın anında büyük risk oluşturmaktadır. Yangının ortaya çıkmasına sebep olabileceği gibi yangının hızlı bir şekilde yayılmasına da sebep olabilmektedir. Bu çalışmada; cephelerde kullanılan fotovoltaik paneller incelenmiş ve örneklerle desteklenerek açıklanmıştır. Aynı zamanda cephelerde kullanılan fotovoltaik panellerde alınması gereken yangın güvenlik önlemleri üzerinde durulmuş, yönetmelik, malzeme ve tasarım açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. CEPHELERDE FOTOVOLTAİK PANEL KULLANIMININ İNCELENMESİ

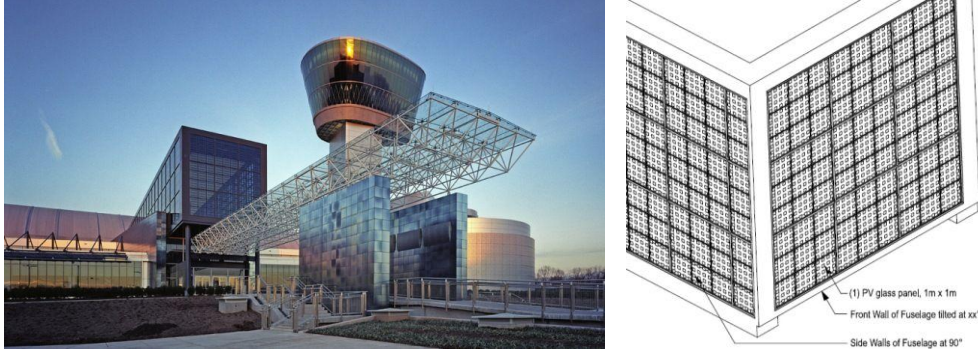
Bina ölçeğinde fotovoltaik panellerin kullanılması genel olarak bina üst kabuklarıydı. Güneş ile temasın en çok sağlandığı yüzeyler olarak üst kabuklar, bu amaçla doğru bir yaklaşımdı. Günümüzde çatı türlerinin değişmesi, çatıda yeterli alanın bulunmaması ve çatının insan kullanımına açılması gibi sebeplerden dolayı, panellerin cephelerde kullanımı yaygınlaştı. Fotovoltaik panellerin cephelerde kullanımında da çatı kullanımına benzer olarak güneş ile ilişkisi önemsenmelidir. Ağaçlar, diğer binalar, yapısal olmayan kent mobilyaları gibi gölgelenmesine sebep olabilecek elemanlar ve güneş açısı dikkate alınmalıdır. Çatı ve cephelerde kullanımının karşılaştırılması yapıldığında ise, iklimsel veriler ve enlem ilişkisi büyük parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Kış mevsiminde çatıdaki panelin karla kaplı olması söz konusu olduğundan daha az enerji üretmesi kaçınılmazdır. Mevsimden mevsime göre de değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda; çatı ve cephede konumlandırılmış fotovoltaik panelin verim karşılaştırılması yapılırken, bölgesel alanda çalışmanın yapılması ve sonuçlarının sadece o bölgede geçerliliğinin sağlanması gerekmektedir [1].

Fotovoltaik panellerin kullanılmasında en temel etken enerji üretimi olarak bilinmektedir. Enerji üretiminin yanı sıra fotovoltaik paneller diğer konfor koşullarını da desteklemektedir. Özellikle cephelerde kullanılmasında bu yönlerden de binaya kazanç sağlamaktadır. Binalarda kullanım türüne bağlı olarak; gürültü önleme, ısı yalıtımı, elektromanyetik koruma, estetik özellik oluşturması, güvenliğin sağlanması, su ve nem korunması, güneşten korunma gibi özellikleri de sağlamaktadır.

Fotovoltaik panellerin binalarda kullanılmasında iki farklı sistem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi binaya adapte edilen, uyarlanabilen, sistemlerdir (Building Adopted / Applied Photovoltaics, BAPV). Bu sistemler, binaya sadece statik yükünü aktararak, enerji üretme amaçlı kullanılırlar. Genellikle çatıya takılarak kullanımı yaygındır. Bina yaşam döngüsüne baktığımızda bu sistemlerin istenilen zamanda takılması ve sökülmesi gerçekleşebilir. Tasarımdan bağımsız olarak, proje yapım sürecinden sonra da eklenebilir. İkincisi ise proje başlangıç aşamasında tasarımda karar verilerek uygulanan, binaya entegre sistemlerdir (Building Integrated Photovoltaics, BIPV). Bu sistemlerin kullanılmasında

bina ile ilişkisi, tasarım aşamasında düşünülmelidir. Binanın bileşenlerinden çatılarda, cephelerde, balkon yüzlerinde ve parapetlerde kullanımı bulunmaktadır (Fotoğraf 1.) BIPV sistemler binalarda çok fazla kullanım alanı ve alternatif sunmaktadır. Ulaşım yapılarında da kullanımı oldukça yaygındır. Otopark ve durak üst örtülerinde, küçük barınak alanlarında kullanımı göze çarpmaktadır [2].

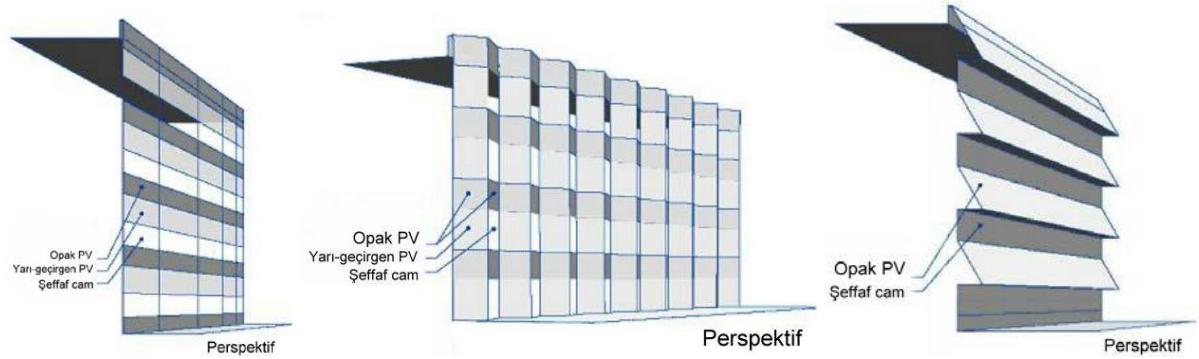
Fotoğraf 1. Binaya entegre sistem örneği ve detayı, National Air Space and Museum, Washington [3]



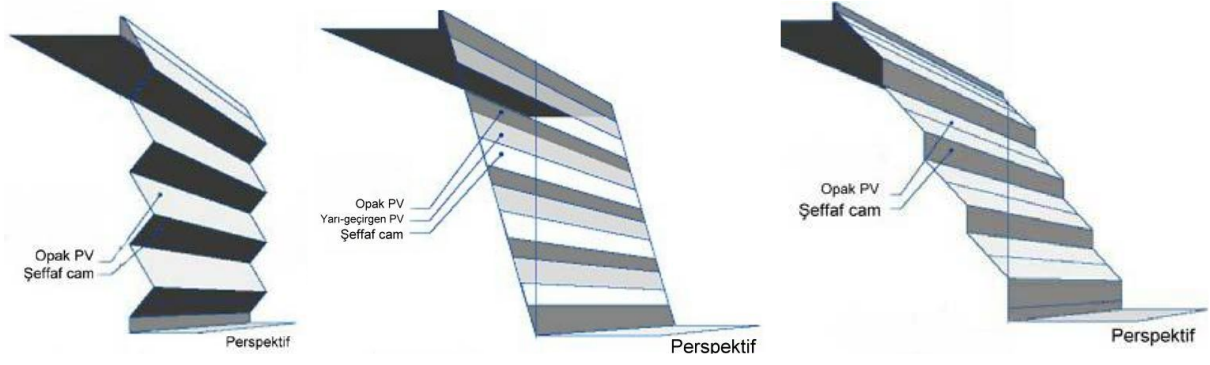
Binaya entegre sistemlerin cephelerde uygulanmasında üç farklı sistem bulunmaktadır. Bu sistemlerden birincisi, dış duvar sistemini fotovoltaik panellerle oluşturan sistemlerdir. İkincisi, dış duvar sisteminin son katmanına gelerek bir kaplama malzemesi gibi oluşan sistemlerdir. Üçüncüsü ise cephelerde ikinci bir ek eleman olarak genellikle gölgeleme amaçlı kullanılması ile oluşan sistemlerdir. Güneş kırıcı paneller, saçaklar, balkon parapetleri bu gruba girmektedir.

2.1. Cephe Dış Duvar Sistemi Olarak Fotovoltaik Paneller

Binalarda dış duvar sistemi olarak fotovoltaik panellerin kullanılması günümüzde pek çok yapı türünde oldukça yaygındır. Giydirme cam cephe sistemi olarak binaya entegrasyonu sağlanabildiği gibi binanın bazı saydam bölümlerinde de kullanılmaktadır. Fotovoltaik paneller, modüler metal ızgaralara takılarak buradan da binanın strüktürel sistemine yük aktararak taşınırlar. Ayrıca panel fotovoltaik elemanlar doğrudan bina taşıyıcı sistemine takılıp, taşıtırılabilir. Panellerin cephelerde bu şekilde kullanılmasında çeşitli varyasyonlar oluşmuştur. Düzlemsel giydirme cephe sistemleri, düşeyde kırıklı giydirme cephe sistemleri, yatayda kırıklı giydirme cephe sistemleri, akordiyon giydirme cephe sistemleri, eğimli düzlemsel giydirme cephe sistemleri, eğimli kırıklı giydirme cephe sistemleri ve taşıyıcılı cam cephe sistemleri (panel) olarak varyasyonları bulunmaktadır (Şekil 1-2). Kullanılan sistem olarak varyasyonlarının yanı sıra kullanılan malzemeler, katmanlaşma, eğimler ve ölçüler oranında da büyük çeşitlilikler ortaya çıkmaktadır [4].



Şekil 1. Dış duvar sistemleri olarak fotovoltaik panel çeşitlerinin kurgulanması; düzlemsel giydirme cepheler (a), düşeyde kırıklı giydirme cepheler (b), yatayda kırıklı giydirme cepheler (c) [5]



Şekil 2. Dış duvar sistemleri olarak fotovoltaik panel çeşitlerinin kurgulanması; akordiyon giydirme cepheler (a), eğimli düzlemsel giydirme cepheler (b), eğimli kırıklı giydirme cepheler (c) [5]

Bina cephelerinde fotovoltaik panellerin dış duvar elemanı olarak kullanılmasında geçirimsizlik-geçirimsizlik oranları önemli olmaktadır. Bu durumun temel belirleyicisi bina fonksiyonudur (ticari, konut, ofis, eğitim vb.). Mekân içi istenilen aydınlanma oranı (ışık etkisi) ve ısı oranı, zararlı ışınların emilmesi durumu, ışık ve gölgelenme seviyeleri, mahremiyet algısı bu konuda temel belirleyicilerdir. Bu bağlamda, panel üretim sektöründe saydamlık oranlarına göre malzemelerde değişkenlik ortaya çıkmaktadır. Geçirgen, yarı geçirgen ve geçirgen olmayan panel üretimleri bulunmaktadır [6].

Belçika'nın Aalst kentinde bulunan The OLV Hospital binasında özel bir uygulama yapılmıştır. BIPV sistemlerinin uygulanması ile cephede iki katmanlı cam elemanlarla enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Sistem olarak eğimli düzlemsel cephe sistemi (45 derece) seçilmiş ve 500 metrekarelik alanda yıllık 31,122 kWh enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Seçilen alüminyum çerçeveli sistemlerde 120 x 240 cm ebatlarında fotovoltaik paneller kullanılmıştır [7] (Fotoğraf 2).

Fotoğraf 2. The OLV Hospital binasının güney cephesinde fotovoltaik panel kullanımı [7]



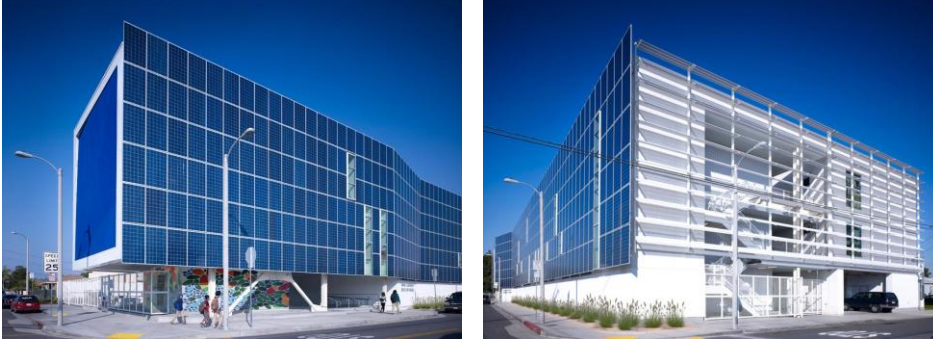
2.2. Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Fotovoltaik Paneller

Bina cephe sistemlerinde duvar önü giydirme cepheler çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Duvar önü giydirme cepheler, duvarın dış yüzeyinde çeşitli yalıtım malzemeleri kullanarak ve hava boşluğu bırakarak son bitiş malzemesi olarak yer almaktadır. Fotovoltaik panellerin de bu tipte kullanımları oldukça yaygındır. Işık geçirgenliği düşünülmeden, sağır bir yüzeyde kullanılabilmesi tasarım açısından kolaylık sunmaktadır. Belirli aydınlatma ve havalandırma koşulları için cephe genelinde şeffaflıkların açılması gerekli olmaktadır. Panellerin alüminyum çerçevelerinin belirli noktalardan binanın strüktürel sistemine taşılması sonucu yük aktarımı gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerin kararı tasarım aşamasında olmakla birlikte binaya sonradan da uyarlanabilmektedir. Fakat alınacak verim düşüldüğünde bina ile ilişkisi sorgulanmalı ve proje tasarım aşamasında kararların alınması daha doğru bir yaklaşım olmaktadır. Sistemin dezavantajı olarak binaların en değerli cephelerinin (ışık ve

ısı performansı açısından) güneş ile temas halinde olan cepheler olması bakımından, bu cephelerin sağır elemanlarla kapatılması proje tasarım fikir ölçeğinde değerlendirilmelidir. Çift katman olarak düşünülen cephelerin iki katmanında da cam kullanılması bu hususta önerilmektedir. Fiziksel çevrenin uygun konfor parametrelerinde olmasına dikkat edilmelidir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Inglewood şehrinde bulunan Green Dot Animo Leadership High School binasının güney cephesinde, kaplama malzemesi olarak fotovoltaik paneller kullanılmıştır. Cepheye belirli şeffaflıklar dışında cephe bitiş malzemesi olarak tamamen fotovoltaik panel kullanılmıştır. Cephe yakınında güneş ışınlarını engelleyecek herhangi bir donatı yoktur. 650 adet fotovoltaik panel kullanılmıştır [8] (Fotoğraf 3).

Fotoğraf 3. Green Dot Animo Leadership High School binasında kullanılan panel sistemi [8]



2.3. Cephe Ek Eleman Olarak Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik paneller cepheye ek bir konstrüksiyon kurularak, ara eleman olarak kullanılabilir. Güneş kırıcı paneller (yatay ve dikey), saçaklar, balkon parapetleri, pencere panjurları gibi elemanların fotovoltaik panellerle desteklenmesi bu duruma örnek verilebilmektedir [9]. Özellikle bu ek elemanların günün belirli saatlerinde hareketli olması panel enerji üretim performansını artırmaktadır. Aktif veya pasif bir düzenek ile sistemin çalıştırılması uygun enerji üretim koşullarını sağlayacaktır.

Amerika Birleşik Devletleri tarafından düzenlenen Güneş Dekatlonu yarışmasında öğrenciler tarafından inşa edilen uygulama, bu alanda dikkat çekmektedir. 2007 yılında yarışmada derece alan 2015 Yılı Prototip Evi-Almanya Yapımı projesi kullandığı sistem bakımından yenilikçi ve sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmektedir. Projede dış cephe kaplaması olarak kullanılan kayın latalar, güneş kırıcı olmanın ötesinde bağlı olduğu otomasyon sistemi sayesinde içinde sakladığı fotovoltaik hücrelerin gün boyu açı değiştirerek binaya enerji üretmesini sağlamaktadır. Fotovoltaik panjurlar doğu, batı ve güney cephelerinde bulunmaktadır [10] (Fotoğraf 4).

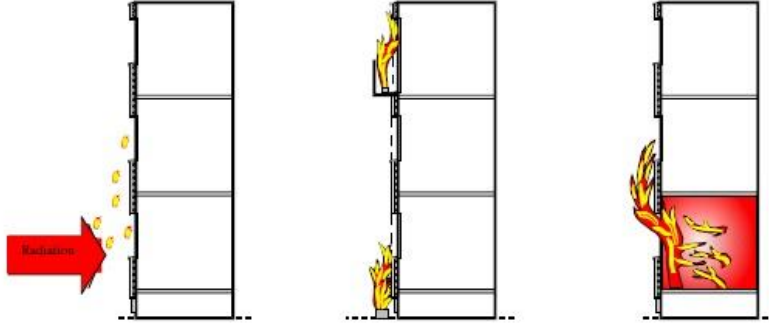
Fotoğraf 4. Cephe panjur sisteminin fotovoltaik panellerle desteklenmesi [10]



3. FOTOVOLTAİK PANELLİ CEPHELER VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Günümüzde kullanılan teknoloji ile birlikte yapım sistemleri ve yapı malzemeleri büyük oranda ilerleme kaydetmiştir. Farklı malzemelerin ortaya çıkması, uygun konfor parametrelerine ulaşılması hususunda değerlendirilmelidir. Yangın güvenliği bakımından malzemelerin incelenmesi bu parametreler arasındadır. Malzemelerin yangın anındaki davranışı, yanıcılık sınıfı, zehirli gaz çıkarma özelliği, damlama özelliği bilinmelidir. Yangının yayılmasının hızlı bir şekilde gerçekleştiği düşünüldüğünde kullanıcının can güvenliğinin sağlanması esastır.

Yangının ortaya çıkmasında ve yayılmasında cepheler kritik birer yapı elemanlarıdır. Dış ortamdan kaynaklı bir yangının binaya ulaşmasında (iletim, taşıma, ışıma yolu ile), bina içindeki yangının diğer katlara yayılmasında cepheler risk taşımaktadır (Şekil 3). Aynı zamanda cephelerde yatay ve düşey bir önlem alınmadığında yangının cephe boyunca ilerlemesi dikkat edilmesi gereken bir durumdur [11]. Binalarda ortaya çıkan yangınlara cepheden müdahale edileceği düşünüldüğünde cephenin belirli bir süre yangına karşı dayanımı sağlanmalıdır. İtfaiye ekiplerinin ve çevredeki insanların can güvenliğine dikkat edilmelidir. Cepheden kopan, düşen parçaların yeni bir yangına sebep olmaması, çevreye zarar vermemesi gerekmektedir.

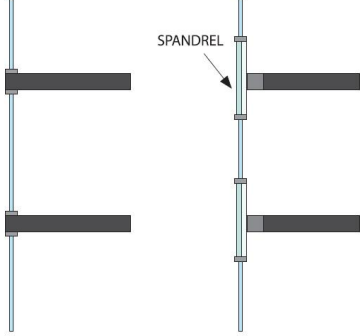


Şekil 3. Cephelerde yangının ortaya çıkması ve yayılma sebepleri [12]

Cephelerde fotovoltaik panellerin kullanılmasına, belirli yangın güvenlik önlemlerinin alınma durumuna bağlı olarak izin verilmelidir. Fotovoltaik panellerde yangın iki farklı türde meydana gelmektedir. Birincisi yangının panellerden kaynaklı olarak ortaya çıkmasıdır. Yüksek voltaj, kısa devre, güçlü akım vb. buna sebep olmaktadır. İkincisi ise dış ortam kaynaklı olarak panellere ulaşan yangınlardır. Yangının iki türlü ortaya çıkmasında da alevler hızlı bir şekilde cephede yayılacaktır. Aynı zamanda olası bir cephe yangınında fotovoltaik paneller yanarken, zehirli gaz açığa çıkmaktadır. Dumanın iç mekânlara sirayet etmesi insan sağlığı açısından ve özellikle can güvenliği açısından tehlikeli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Elektrik kullanımı ve üretimi düşünüldüğünde ise yangının ortaya çıkması kolaylaşmaktadır. Yangının elektrik kaynaklı olması ve jeneratör motoruna, akülere ulaşması büyük risk taşımaktadır. Tüm bu kritik durumlar neticesinde, fotovoltaik panellerin yanıcılık sınıfı bilinmelidir. Zehirli gaz çıkarma özelliği ve yangın anında damlama özelliği araştırılmalı, tasarım aşamasında belirli kararlar neticesinde kullanılmalıdır [13].

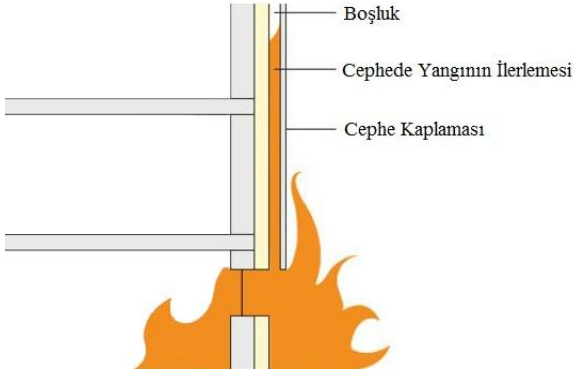
Cephede dış duvar sistemi olarak kullanılan fotovoltaik panellerin yangın anındaki davranışları kritik olmaktadır. Bu sistemler yangın güvenliği açısından hem iç mekân hem de dış mekân ile ilişki kurması bakımından büyük risk taşımaktadır. Olası bir yangında, aşırı ısıya maruz kalan cephe konstrüksiyon elemanlarının mukavemetini kaybetmesi ve erimesi sonucu paneller düşecektir. Yanıcı panel elemanların da yangın anında tutuşması ve duman açığa çıkarması yangın güvenliği bakımından özellikle iç mekânda sorun oluşturmaktadır. Aynı zamanda cephenin düşey sürekliliğinde kesintiler tasarlamak, yangının ve dumanın yayılmasında bir engel oluşturmak gerekmektedir. Fotovoltaik paneller cephede döşeme aralarında kullanılabildiği gibi cephede döşemeye asılarak da kullanılabilir. Bu durumda cephe ve paneller arasında spandrel bölümü denilen alanlar oluşmaktadır. Spandrel alanların uygun detay çözümleri ile tamamlanması; yangın alevi ve dumanının

katlar arası geçişine engel olması gerekmektedir (Şekil 4). Fotovoltaik panel yangınlarında diğer tüm yangınlarda olduğu gibi elektriğin devre dışı kalması gerekmektedir. Aksi halde yangın daha çok büyüyecek ve yayılması kolaylaşmış olacaktır.



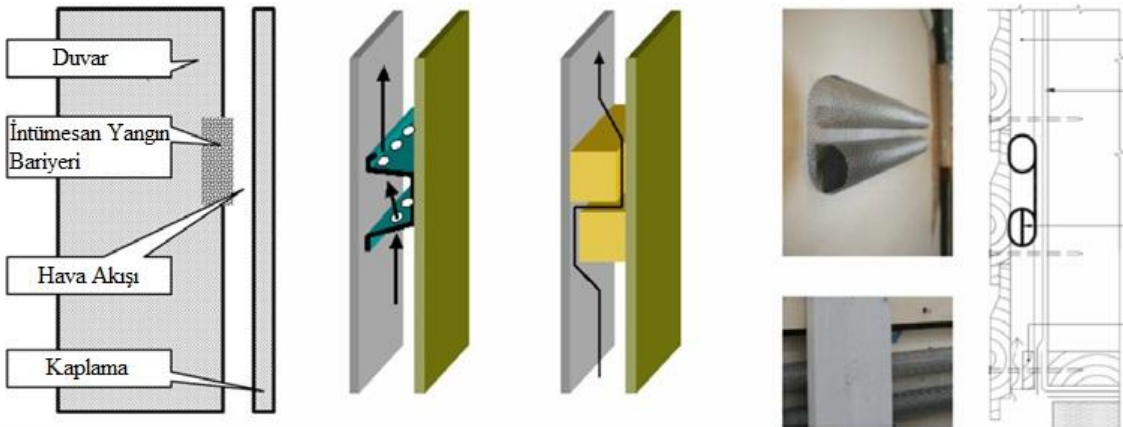
Şekil 4. Cam panellerin döşemeler arası taşınması ve cepheye asılarak taşınması [14]

Cephede kaplama malzemesi olarak kullanılan fotovoltaik panellerde yangın güvenliği açısından dikkat edilmesi gereken durum ise hava boşluğunun bulunmasıdır. Yangın anında hava boşluğu, baca etkisi (stack effect) olarak çalışmaktadır. Yangın ve dumanın üst katlara taşınmasında hızlandırıcı etkisi bulunmaktadır (Şekil 4). İç mekânda ortaya çıkan yangının boşluklara dolması; cephe açıklıklarına ve cephede bırakılan boşluk oranlarına göre farklılık göstermektedir [15].



Şekil 4. Cephede kaplama malzemesi olarak kullanılan fotovoltaik panellerde yangın yayılımı [16]

Yangının panel arkasından ilerlemesini önlemek için, yatay olarak belirli önlemlerin alınması gerekmektedir. Yatayda kullanılan yangın bariyerleri ve hava boşluğu içinde tasarlanan özel elemanlar aracılığı ile yangın ve dumanın üst katlara yayılması engellenmektedir [15]. Hava boşluğu arkasında bulunan katman malzemelerinin yanıcılık değerine, cephede bulunan açıklık oranlarına dikkat edilmelidir. Cephe geometrisinin de bu bağlamda ele alınması gerekmektedir. Yangının ve dumanın cepheden uzaklaşması, cephe geometrisinin doğru şekilde tasarlanması ile kolaylaşmaktadır.



Şekil 5. Havalandırılmalı cephelerde yatay yangın bariyerleri tasarımı [17]

Cephede ek eleman olarak kullanılan panellerin yangın anında alevi ve dumanı cepheden uzaklaştırabilecek şekilde konumlanması gerekmektedir. Özellikle güneş kırıcı elemanların yangını cepheden uzaklaştıracak şekilde kurgulanması, açılarının tayin edilmesi önemlidir. Yangını ve dumanı dış ortama atabilecek şekilde konumlandırılmalıdır. Cephelerde ek elemanların taşıtılmasına konstrüksiyon amaçlı kullanılan alüminyum profillerinde yangın anında belirli bir süre dayanımını korunması gerekmektedir. Aksi takdirde yangından kaçan insanları ve itfaiye çalışanlarını yaralayabilir ve hatta can kaybına sebep olabilmektedir.

Fotovoltaik panelli cephe sistemlerinde pasif önlemlerin uygun şekilde çözümlenmesi alev ve dumanın verebileceği zararı azaltması ile sonuçlanmaktadır. Pasif önlemlerin güçlenmesine yönelik bina içinde bir takım aktif önlemlerin de alınması gerekmektedir. Aktif önlemler ise yangın anında devreye girerek daha çok algılama, uyarı ve söndürme odaklı sistemlerdir. Pasif sistemleri destekleyerek insanların tahliyesini kolaylaştırmaktadır. Aktif yangın güvenlik önlemleri yangına başlangıç aşamasında müdahale ederek yangının büyümesini ve yayılmasını engellemektedir [18]. Aynı zamanda fotovoltaik panel bulunan cephelerde aktif söndürme sistemlerinin bulunması, soğutma çalışmaları bakımından önemli bir yangın güvenlik önleimidir. Yangın yayılmasının engellenmesi ve kontrol altına alınması bakımından önemli bir güvenlik parametresidir.

Ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) kapsamında, bina cephelerinde birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bina yüksekliği 28.50 m'den fazla olan binaların dış cephelerinde zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemeden, diğer binalarda ise en az zor alevlenici (en az C-s3,d2) malzemeden olması gerekir. Alevlerin bir kattan diğer kata geçişlerini engellemek için, iki katın pencere gibi korumasız boşluklarında, 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe malzemesi ile dolu yüzey oluşturulması esastır veya aktif söndürme sistemlerinin belirli özelliklerde kullanılması gerekmektedir. Fotovoltaik panellerin dış duvar sistemi olarak kullanılmasında ve bina kaplama malzemesi olarak kullanılmasında bu kurallara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yanıcılık değerleri dikkate alınmalı ve tasarımlarda uygun bina yüksekliklerinde kullanılmalıdır. BYKHY kapsamında giydirme cephe sistemlerinde cephe elemanları ve alevlerin geçebileceği boşlukları bulunmayan döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara atılmasının engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımını sağlayacak şekilde yalıtılmalıdır. Derzleri açık ve havalandırılmalı giydirme cephe sistemlerinde cephe ve yalıtım malzemeleri en az zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemelerden olmalıdır [19]. Fotovoltaik panellerin kullanılmasında da ulusal yönetmelik verilerine dikkat etmek gerekmektedir. Fotovoltaik panelli cephe kullanımının gelecekte artacağı düşüncesiyle, yönetmeliklerin revize edilmesi ve sonuçlarının kötü olmaması için yangın güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Fotoğraf 5. Fotovoltaik panellerin yanması ve yapı kabuğuna etkisi [20]



Ülkemizde fotovoltaik panel kullanımının yaygınlaşması son dönemlerde ivme kazanmıştır. Uygulama alanında fotovoltaik panellerin binalardan bağımsız olarak kullanılmasına çok sık rastlamaktayız. Binalarda kullanımında ise çatılar daha çok ön plana çıkarak kullanım alanı sunmaktadır. Cephelerde kullanımı ise çok fazla ilerleme kaydedememiştir. Gelişmekte olan

teknolojilerle birlikte cephe kullanımları da artacak ve ülkemizde kullanım örnekleri çoğalacaktır. Binalarda enerji kullanımı, ısıtma-soğutma ve aydınlatma yükleri düşünüldüğünde, gelecek dönemlerde uygulamalarına daha çok rastlayabilmek mümkün olacaktır. Fotovoltaik panellerin mevcut binaların cephelerine entegre edilmesi konusunda da belirli performans değerlerinin sağlanması gerekmektedir. Yapılacak olan yatırımın ömrü ve çalışabilirliği önemli olmaktadır.

4. SONUÇ

Geçmişten günümüze enerjinin kullanımı ve tüketimi incelendiğinde; hızla tükenen kaynakların olması ve küresel ısınmanın yaşanması sonucu yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Enerjinin üretilmesi hususunda dünya genelinde özellikle gelişmiş ülkelerde büyük yatırımlar yapılmakta ve teşvik edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneşten enerji üretilmesi de çok sık başvurulan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Binalarda ve binalardan bağımsız olarak kullanılabilen fotovoltaik sistemler aracılığı ile enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda binaların cephelerinde kullanılan fotovoltaik panellerle enerji üretimi sağlanmaktadır. Bina cephelerinde kullanılacak olan fotovoltaik panellere ilişkin performans kriterlerinin bulunması ve tasarım sürecinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Yatırım maliyeti, cephenin güneşlenme süreci, yönlenme gibi parametreler belirleyici olmakla birlikte güvenlik parametrelerinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Cephelerde fotovoltaik panellerin kullanılmasında yangın faktörüne dikkat edilmelidir. Fotovoltaik panellerde elektrik akımının olması yangın anında büyük bir risk oluşturmaktadır. Bu durumda, üreticilerin panelleri ve bileşenlerini yangına karşı dayanıklı üretmesi gerekmektedir. Üretim ve uygulama alanında kullanılan yönetmelik ve standartlar oluşturulmalı, kullanıcılar bu kurallara uymalıdır. Panellerin testlerinin yapılması ve sertifikalandırılması esas olup, ülkemiz çerçevesinde ele alınmalı, yetersiz kalınan durumlarda gelişmiş ülke mevzuatları incelenmelidir.

Fotovoltaik panelli cephelerde yangının ortaya çıkış ve yangının yayılma sebeplerine dikkat edilmelidir. Cephelerde kullanım şekilleri ve panel bağlantı yöntemlerine göre farklı çözüm önerileri geliştirilmelidir. Cepheye yakın mesafede yanıcı malzemelerin bulundurulmaması gerekir. Panel kablo düzeneklerinin dış ortam ile bağlantısı kesilmeli ve uygun şekilde yalıtılmalıdır. Panel bakımlarının yapılması, enerji üretim değerlendirmelerinin periyodik olarak yapılması gerekmektedir. Cephelerde fotovoltaik panel kullanılması durumunda cephe katman malzemelerinin yanmaz malzemelerden seçilmesi gerekmektedir. Cephelerde yangın ve dumanın yayılmasına izin vermeyen yatay yangın bariyerleri kullanmak gerekmektedir. Fotovoltaik panel kullanılan cephelerin her biri için uygun yangın güvenlik önlemlerinin alınması, insan can ve mal güvenliğinin sağlanması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Grana, P., Haroldson, C. 2017. Dış Cephe Duvarlarına Monte Edilen Güneş Panelleri Yükselen Bir Trend Mi, Çok Küçük Bir Uygulama Alanı Mı? *Yeni Enerji*, Sayı: 60, s. 54-59, İstanbul.
- [2] Sunrise & Strengthening the EU PV Sector by Cooperation with Important Stakeholders. 2010. Building Integrated Photovoltaics A New Design Opportunity For Architects, Project.
- [3] Eiffert, P., Kiss, G.J. 2000. Building Integrated Photovoltaic Design For Commercial And Institutional Structures, A Sourcebook For Architects. *NREL*, s. 11-18, New York.
- [4] Sayın, S., Koç, İ. 2011. Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 26, Sayı: 3, s. 9-106, Konya.
- [5] Kiss Cathart Anders Architects, 1993. Building-Integrated Photovoltaics, *NREL*, s. 12-25, Colorado.
- [6] Yaman, M. Sarıcioğlu, P. 2017. Yapı Malzemesi Olarak Camın Performans Kriterlerinin İrdelenmesi. 2nd International Academic Research Congress, *Bildiriler Kitabı*, s. 889-896, Antalya.
- [7] İnternet: www.neat.network, Son Erişim Tarihi: 08.03.2018.
- [8] İnternet: www.designboom.com/architecture/brooks-scarpa-greendot-animo-leadershipschool, Son Erişim Tarihi: 08.03.2018.
- [9] Göksu, A.U., Zorer Gedik, G. 2017. PV Sistemlerin Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanımının Ofis Binası Örneğinde Değerlendirilmesi. *Çatı ve Cephe*, Sayı: 68 s. 58-62, İstanbul.
- [10] Guzowski, M. 2017. Sıfır Enerji Mimarlığına Doğru Yeni Güneş Enerjili Tasarım. *Yem Yayın*, Birinci Baskı, s. 146-161, İstanbul.
- [11] Altındaş, S. 2014. Cephelerde Yangın Oluşumu ve Yayılımı. *7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.
- [12] Kothhoff, I. 2012. Grundlagen für die Zulassung und die Normung des Brandverhaltens von Fassadenbekleidungen (Fundamentals for the Approval and Standardisation of the Fire Performance of Facade Cladding), Tagungsband der Braunschweiger Brandschutztag, 26. *Fachtagung Brandschutz bei Sonderbauten*, Leipzig.
- [13] Mazziotti, L., Cancelliere, P., Poduano, G., Setti, P., Sassi, S. 2016. Fire Risk Related to The Use of PV Systems in Building Façades. *2nd International Seminar for Fire Safety of Facades*, Lund
- [14] O'connor, D.J. 2008. Building Façade or Fire Safety Facade, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat Journal*, Sayı: 2, s. 30-39.
- [15] Chow, C.L. 2013. Full-Scale Burning Tests on Double-Skin Façade Fires. *Fire and Materials*, Sayı: 37, s. 17-34.
- [16] İnternet: <http://chimney.decorhouses.us/chimney-stack-effect-calculation/>, Son Erişim Tarihi: 08.03.2018
- [17] Östman B., ve diğerleri. 2010. Fire Safety in Timber Buildings. Technical Guideline for Europe. *SP Technical Research Institute of Sweden*, Report 2010:19.
- [18] Demirel, F. 2017. Binalarda Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri Yayınlanmamış Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- [19] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2015. Bakanlar Kurulu, Ankara.
- [20] Fiorentini, L., Marmo, L., Danzi, E., Puccia, V. 2016. Fire Risk Assessment of Photovoltaic Plants. A Case Study Moving from two Large Fires: from Accident Investigation and Forensic Engineering to Fire Risk Assessment for Reconstruction and Permitting Purposes, *Chemical Engineering Transactions*, Sayı: 48, İtalya.