

Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Malzemenin Yüksek Sıcaklıkta Hasar ve Gaz Emisyonuna Göre Analizi

Dr. Serkan Yatağan¹
Dr. Seda Erdem²

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Günümüzde çatı ve cephe malzemesi olarak polimerlerin kullanımı oldukça yaygın hale gelmiş olup polimer malzemeler pek çok geleneksel malzemenin yerini almış durumdadır. Özellikle üstün fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin yanısıra estetik açıdan sağladığı avantajlar sebebiyle, polimer ve polimer esaslı malzemelerin çatı ve cephe malzemesi olarak kullanımı tercih edilmektedir. Buna karşın, polimer malzeme yangın karşısında ve yüksek sıcaklık değerlerinde oluşan gaz emisyonları nedeniyle, kapalı mekanlarda hava kalitesini etkileyerek sağlığa zarar verici olmaktadır. Özellikle gelişen ısıtma ve aydınlatma sistemleri mekanların sıcaklıklarını yükseltirken, polimer ve polimer esaslı malzemelerde gaz emisyonu oluşmasına sebep olmaktadır. Yangın sırasında zehirli gaz çıkışı olarak veya yüksek sıcaklıkta rahatsız edici bir koku olarak mekanların konfor koşullarını etkilerken, insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda oluşan gaz emisyonlarının miktarı ve türü, polimer cinsine göre farklılık göstermektedir. Bunun yanında bu tür malzemelerde farklı malzemelerin kullanılması ve polimerin oranının azalması gaz emisyon değerinin azalmasını sağlamamaktadır. Çalışmada öncelikle polimer ve polimer esaslı malzemelerin, yangın ve yüksek sıcaklık derecelerindeki gaz emisyon değerlerinin, standartlarla nasıl ölçüldüğü analiz edilmiştir. Ayrıca, yangın ve sıcaklık yükselmelerinin oluşturduğu gaz çıkışının malzeme özelliklerine, malzeme bileşenlerine ve mekana etkileri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Yangın, Polimer, Gaz Emisyonu, Hasar.

¹ Öğr. Gör. Dr. Serkan Yatağan, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Kampüsü, 34437, Taksim/İstanbul, Tel: (02122)931300-2385 , Faks: 0(212) 251 48 95 , yatananm@itu.edu.tr.

² Dr. Seda Erdem, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Kampüsü, 34437, Taksim/İstanbul, Tel: (02122)931300-2247, Faks: 0(212) 251 48 95, erdemsed@itu.edu.tr.

1. GİRİŞ

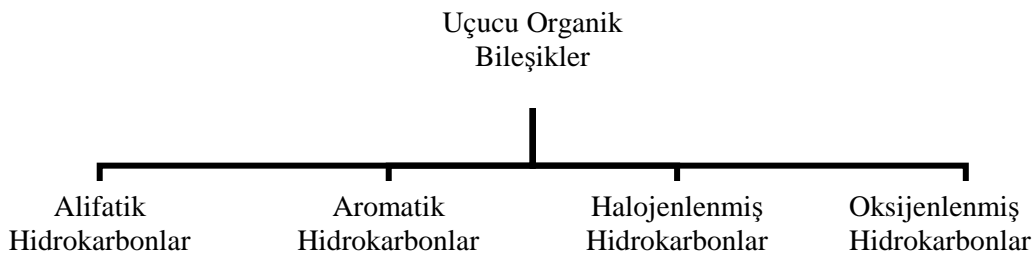
Gelişen inşaat ve yapı teknolojileri ile birlikte polimerler de yapının her sisteminde kullanılmaya başlanmıştır. Organik hammaddelerden oluşan polimerler işlenip, şekillendirme işlemleri sonrasında ekolojik malzeme olmaktan uzaklaşmaktadır. Polimerler karbon esaslı malzemelerden olmaları nedeniyle, düşük sıcaklıklarda, çeşitli kimyasalları gaz halinde etrafa yayarlar. Polimerlerin iç mekânda kullanılması durumunda etrafa yayılan kokular konforsuzluğa neden olmaktadır. Yayılan koku ve gaz emisyonu uçucu organik bileşen olarak tanımlanmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin birçoğu, insan sağlığını olumsuz etkilemekte, rahatsız edici kokular yaymaktadır. Polimerlerin çatı kaplaması olarak kullanılması durumunda ise emisyon değerlerinin yüksek olması durumunda, baca ve şaft boşluklarıyla binanın tümüne koku ve gaz emisyonu yayılacaktır. Bununla birlikte, polimer yapı malzemeleri yangın durumunda da koku ve gaz emisyonu yapmakta, oluşan koku ve gaz emisyonu insan sağlığını etkilemekte ve dış ortama yayılan gazlar hava kirliliğine neden olduğu için ekolojik dengeyi bozmaktadır.

Bu çalışmada, çatıda ve yapıda kullanılan polimer malzemelerin düşük sıcaklık ve yangın durumunda emisyon değerleri incelenerek, standartlarda istenen değerlerin nasıl olacağı belirtilecektir. Bu emisyon değerlerinin ölçüm yöntemleri hakkında bilgi verilerek, bu bilgiler ışığında bir değerlendirme yapılacaktır.

2. POLİMER YAPI MALZEMELERİNİN EMİSYONU

Oda sıcaklığında buharlaşabilen polimer malzemeler, karbon ve hidrojenen oluşan uçucu organik bileşik (UOB) diye tanımlanan kimyasalları emisyon ederler. Uçucu organik bileşikler, polar ve non-polar olarak iki grupta incelenirler. Karbon ve hidrojenen başka polar uçucu organik bileşikler oksijen, sülfür ve azot içermekte, non-polar uçucu organik bileşikler ise sadece karbon ve hidrojen içeren hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Non-polar uçucu organik bileşikleri, ppbv (hacimsel olarak milyarda bir kısım) seviyesinde ölçmek mümkün olmasına rağmen polar uçucu organik bileşikler kimyasal olarak reaktif olduklarından metal ve diğer yüzeylerle etkileşebilmektedirler. Suda çözünürlükleri yüksek olduğu için polar uçucu organik bileşik numunesi almak ve bu numuneleri düşük konsantrasyonlarda analiz etmek güçtür [1].

Uçucu organik bileşikler, kimyasal yapılarına göre de dört gruba ayrılır. Şekil 1’te uçucu organik bileşiklerin sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil 1. Uçucu organik bileşiklerin kimyasal sınıflandırması [1]

Uçucu organik bileşiklerin emisyon kaynakları, genellikle insan faaliyetleriyle oluşan ve bina içinde etkili olan antropojenik kaynaklar ve biyolojik etkenlerden meydana gelen doğal kaynaklardır. Çeşitli kaynaklardan yayılan uçucu organik bileşiklerin, emisyon kaynakları, bina içinde kullanılan yapı malzemeleri iken bina dışındaki kaynakları ise genelde üretim, yükleme, taşıma ve boşaltma işlemleridir. [1].

“Antropojenik kaynaklar ise, üretilen polimer malzemelerde bulunan uçucu organik bileşiklerin çeşitli bina servis fonksiyonlarına göre düşük sıcaklıklarda buharlaşarak atmosfere önemli miktarlarda yayılmasıdır. Yapılan araştırmalarda uçucu organik bileşiklerin birçoğuna bina içinde de çok fazla miktarda rastlanmaktadır. Bina içinde rastlanan uçucu organik bileşiklerin türü, çeşidi ve miktarı binadan binaya değişim göstermektedir. EPA'nın Amerika Birleşik Devletleri'nin farklı bölgelerindeki evlerde yaptırmış olduğu araştırmalarda bina içinde üç yüzden fazla uçucu organik bileşiğe rastlanmıştır. Bu uçucu organik bileşiklerin bir kısmının kökeni bina dışı olduğu fakat çoğunluğunun kaynağının bina için yürütülen faaliyetler ve kullanılan malzemeler olduğu kaydedilmiştir.” [1].

Bina içinde en fazla görülen uçucu organik bileşikler; formaldehit, benzen, karbontetraklorür, trikloroetilen, tetrakloroetilen, kloroform, diklorobenzen [1,2 ile 1,4 arası], etil benzen, toluen ve ksilendir [1]. Tablo 1'de uçucu organik bileşiklerin kaynakları verilmektedir.

Tablo 1. Bina içindeki uçucu organik bileşikler ve bina içinde oluşum kaynakları [1].

Uçucu organik bileşiklerin bina içindeki kaynakları

Yapıştırılmış tahta, yapıştırıcılar, sunta, laminat parke, boyalar, plastikler, halıfleks, kumaşla kaplanmış sandalye ve koltuklar, CaSO₄ laminat, tutkallar, tavan kaplama ve paneller, lateks içermeyen macunlar, asitle muamele edilmiş ahşap kaplamalar, ahşap paneller, plastik/melamin paneller, polyester fiberler, vinil kaplı duvar kâğıtları, sentetik polimerler, poliüretanlar, çözücüler, stiren içeren maddeler...vb.

Bina içinde polimerlerin yaygın kullanımları sebebiyle, uçucu organik bileşik emisyonu, suların ve kapalı mekânların havasının kirlenmesine sebep olmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin pek çoğu zehirli, bazıları ise kanserojenik, mutajenik ve teratojeniktir [1].

Uçucu organik bileşiklerin emisyonu, tasarımcılar için önem arz etmesi nedeniyle uçucu organik bileşiklerin emisyonu, bütün dünyada yönetmeliklerce kontrol edilmektedir. Polimer malzemeler yapıda, konstrüksiyonda, dekorasyonda, boya, yapıştırıcı, katkı malzemesi, cephe ve çatı kaplaması olarak kullanılmaktadır [2,3]. Bu malzemeler, uçucu organik bileşikler çıkararak, ortam konforunu olumsuz etkilemektedir. İç mekânda oluşan uçucu organik bileşik konsantrasyonu, dış mekânda oluşandan daha fazladır. İç mekânda oluşan toplam uçucu organik bileşik miktarı, dış mekânda oluşandan 10 kat daha fazladır. Örneğin bitüm kopolimer esaslı sıvı kaplamalar, uçucu organik bileşik olarak naftalin, aseptin ve bifenil çıkarmaktadır [4]. Ayrıca niteliği iyileştirilmiş ahşap malzemelerde, yapay taşlarda ve taş ile harç için kullanılan onarım katkılarında bulunan polimer malzemeler, farklı uçucu organik bileşik çıkarmaktadır.

Sıcaklık, uçucu organik bileşik emisyon değerlerini etkileyen en önemli çevresel parametrelerden biridir. Sıcaklığa ek olarak hava hızı ve nem de etkilidir [5]. Yapılan çalışmalarda, emisyon değerlerinin farklı sıcaklıklarda değişkenlik gösterdiği ve uçucu organik bileşik miktarlarının sıcaklığa bağlı olarak değiştiği sonucuna varılmıştır [6,7,8].

Yönetmelikler, standartlar ve yeşil bina endüstrisi çevreye an az zarar veren ve daha az karbon emisyonu yapan binaların yapımını önermektedir. En son yayınlanan yönetmeliklerde, uçucu organik bileşik miktarının belirlenmesi amacıyla çeşitli deneylerin yapılmasını gerekli kılınmıştır. Uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının, önerilen sınıflandırma değerleri, Tablo 2’de verilmiştir [9]. Standartlarda belirtilen uçucu organik bileşen miktarı olarak maksimum $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmektedir.

Tablo 2. Uçucu Organik Bileşik Miktarına Göre Sınıflandırılması [9]

<i>Uçucu organik bileşik konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Önerilen sınıflandırma</i>
< 0,25	Düşük
0,25 - 0,5	Ortalama
0,5 - 1	Hafif yüksek
1 - 3	Çok yüksek
>3	Fazla yüksek

2.1 Çatıda Kullanılan Polimer Malzemelerin Emisyon Değerleri

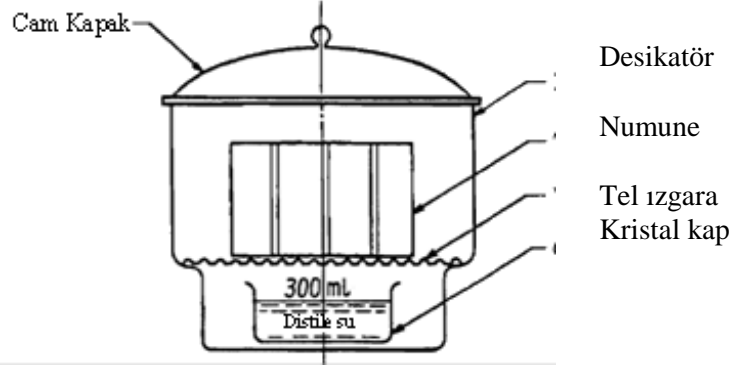
Binada kullanılan polimer malzemelerin gaz emisyonunun etkileri değişkenlik göstermektedir. Gaz emisyonları düşük sıcaklıklarda, yaşam konforunu azaltırken, yangın gibi yüksek sıcaklıklarda insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu zararları azaltmak amacıyla uçucu organik bileşikler hakkında ülkemizdeki ilk çalışma, 1986’da yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’dir. Bu yönetmelikle birlikte havaya ve ortama salınan ve insan sağlığını olumsuz etkileyen organik gaz ve buhar emisyonlarına sınırlama getirilmesi istenmiştir. Örneğin çatı kaplama malzemesi olarak çok fazla kullanılan polikarbonatlar, özellikle alifatik hidrokarbon ve polisiklik aromatik hidrokarbon emisyon etmektedir. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar çevre kirliliğine neden olmaktadır [10].

Polimer çatı kaplama malzemelerinin yaydıkları uçucu organik bileşiklerin miktarlarını azaltmak için, kullanılacak polimer çatı malzemesinin kimyasal bileşimi ve karakteristik özellikleri bilinmelidir. Buna ek olarak, polimer çatı malzemelerinin kullanıldığı mekânlarda havalandırma koşulları sağlanmalı ve ortam sıcaklığının $17 - 28^\circ\text{C}$ aralığında kalmasına dikkat edilmelidir. Yapım sürecinden önce polimer malzemelerin açık havada belirli bir süre bekletilmesi tavsiye edilmekte ve emisyon edilen uçucu organik bileşen miktarının $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’den az olması gerekmektedir. [11,14].

2.2 Polimer Malzemelerin Emisyon Değerlerinin Ölçüm Yöntemleri

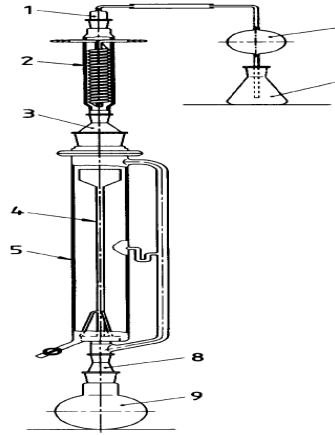
Polimer ve tüm malzemelerin emisyon ölçüm yöntemleri farklı ülke standartlarına göre değişkenlik göstermektedir. Günümüzde en çok kullanılan yöntemler küçük ve büyük ölçekli kabinlerde yapılan emisyon ölçümleridir.

Japon standardına (JIS A 1460) göre yapılan emisyon ölçümlerinde 10 ± 1 litrelik cam desikatörler kullanılmaktadır [12]. Önce cam desikatörün içine distile veya deiyonize su koyulur. Numuneler, suyun üzerinde tel ızgaraya konarak cam desikatöre yerleştirilir ve 24 saat bekletildikten sonra numuneler alınarak distile suyun bulunduğu kap desikatörden çıkartılır. Çıkartılan distile su, kromotropik asit metoduyla incelenip, ne kadar uçucu organik bileşiği emdiği bulunur (Şekil 2).



Şekil 2. Desikatörle emisyon ölçüm deneyi [10]

Alman standardına (DIN EN 120) göre uçucu organik bileşiklerin miktarı perforatör ölçüm metoduyla yapılmakta ve Avrupa'nın birçok ülkesinde kullanılmaktadır. Bu ölçüm yöntemi için özel perforatör aparatı gerekmektedir. Belirli ağırlıkta numune ve tolyen, cam bir piknometre içine yerleştirilir. Bu cam piknometre perforatör ile bağlanır (Şekil 3). Perforatör içine 1 litrelik distile su konur. Daha sonra numunenin bulunduğu piknometre ısıtılarak tolyenin buharlaşması sağlanır. İki saat boyunca tolyen, distile su içinden buharlaşarak hareket eder. Distile su, buharlaşan tolye içindeki uçucu organik bileşikleri absorbe eder. İki saat sonunda distile su, UV spektrofotometre ile ölçülerek içerdiği uçucu organik bileşik miktarı belirlenmektedir [13].



Şekil 3. Perforatör ile cam piknometre düzeneği [13]

ASTM D 5116 standardına göre yapılan deney kabinlerinde ise temiz hava akım sistemi bulunmaktadır. Uçucu organik bileşik miktarının tayini küçük ve büyük emisyon kabinlerinde yapılmaktadır. Şekil 4'te örnekleri gösterilen küçük kabinler 20 litrelik iken, büyük kabinler yaklaşık olarak 30 m³'tür. Deneye başlamadan önce numunelerin boyutları ve ağırlıkları ölçülür. Küçük kabin ölçümlerinde, numuneler sabit nem altında oda sıcaklığı ve 50°C'de ayrı ayrı 4 gün boyunca emisyon kabinlerinde tutulmaktadır. Farklı sıcaklıklarda tutulan numuneler her sıcaklık için 24, 48 ve 96 saatte bir ağırlıkları ölçülerek buharlaşan uçucu organik bileşiklerin miktarı belirlenir. Büyük ölçekli kabinlerde yapılan ölçümler ise küçük ölçekli kabinlerdeki ölçümlere benzer olarak yapılmaktadır. Büyük kabinlerde, küçük kabinlerden farklı olarak emisyon çıkış değerleri ile sıcaklık ve rutubet değişimleri dışarıdan monitörlerle kontrol edilmekte ve ölçülmektedir. Ayrıca uçucu organik bileşiği toplayan kısımlar bazı büyük ölçekli kabinlerde bulunmaktadır. Hava akım hızı, buharlaşma için

ortalama 2,5 m/sn. olarak kabul edilmektedir. Yapılan ölçüm değerlerine göre emisyon faktörleri ve oranları, standartta belirtilen formüllerle hesaplanır [14,15].

3. POLİMER MALZEMELERİN YANGIN KARŞISINDA EMİSYON DEĞERLERİ

Polimerler, organik malzemeler olmaları nedeniyle yanıcıdır. Polimer malzemeler ısıtıldığında, polimer zincirlerinin kopması için gereken enerji oluşur ve çeşitli gaz molekülleri emisyon edilir. Eğer bu gazlar yanıcı ise, malzeme yanmaya başlar, yanıcı değilse duman halinde salınırlar. Polimer malzemelerin yangın sırasında yaptıkları emisyon değerleri, polimerin içindeki kimyasal bileşenlerin miktarına bağlıdır. Örneğin, nitrojen bileşiği içeren polimerler, yangın karşısında nitrojen oksit ve karbon dioksit, sülfür içeren polimerler ise sülfürik asit ve karbon dioksit gibi gazlar emisyon etmektedirler. Emisyon değerlerinin miktarı, yangın koşullarına göre değişiklik göstermektedirler. Yangın süresi uzadıkça, bu gazlar toksik maddeye dönüşmekte, insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedirler [16].



Şekil 4. Büyük ölçekli emisyon ölçüm kabini (solda) ve küçük ölçekli emisyon ölçüm kabini (sağda)

Polimerler yanınca yaptıkları gaz emisyonuna ve oluşturduğu kokuya göre değişkenlik gösterirler. Bazı polimerlerin erime sıcaklıkları, yanma durumları ve verdikleri kokular Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Polimerlerin yanma özelliği ve verdiği koku [17]

Plastik Türü	Erime nok. ^o C	Yanma durumu	Verdiği koku
ABS	—	sarı alevli, isli, yanma ve damlama	karakteristik
Akrilik	190	tepesi sarı, mavi alevli yavaş yanma	meyve kokusu
Asetal	175	mavi alevli, issiz yavaş yanma	formaldehit
Poliamid 6	207	tepesi sarı, mavi alevli yavaş yanma,eriyip akma	yanık yün
Poliamid 66	254	tepesi sarı, mavi alevli yavaş yanma,eriyip akma	yanık yün
Polikarbonat	220	sarı alevle yanma, yakıcı alev çekilince sönmeye	fenol
Polyester	250	isli, sarı alevle yanma, damlama	karakteristik
Polietilen	105	tepesi sarı, mavi alevle yavaş yanma	mum, parafin
Polipropilen	168	tepesi sarı, mavi alevle yavaş yanma	tatlı ve dizel duman
Polistiren	190	çok isli, mavi alevle yanma	çuha çiçeği
Polivinil klorid	127	kenarları yeşil, sarı renkli	tuz asiti
Politetra fluoretilen	—	bozularak deforme olur	—

Polimerlerin yanma sırasında yaptıkları emisyon değerlerinin ölçümü için elektrokimyasal hücre metodu, UV (Mor ötesi) ve IR (kızıl ötesi) ölçüm prensipleri kullanılır.

“Elektrokimyasal hücre metodunda duyarlı bir elektrotta seçilmiş bir gaz bileşenin elektrokimyasal reaksiyonuyla ortaya çıkan elektriksel akımın ölçülmektedir. Kızılötesi (NDIR) yöntemle ölçümde, belli bir kızılötesi frekans bandında absorpsiyon özelliği olan bir gaz bileşeni konsantrasyonunun tayini için ölçüm gazı uygun frekans bandında (olabildiğince monokromatik) bir kızılötesi radyasyon ortamından belirli bir hızla geçirilir. Emme miktarı referans değerleriyle değerlendirilir. Mor ötesi (NDUV) yöntemde aynı sistem kullanılır, yalnız kızılötesi yerine morötesi frekans bölgesinde çalışılır. Bu yöntemlere ek olarak bazı gazların para manyetik özelliğinden yararlanarak ölçüm yapılmaktadır.” [18].

Çatı malzemesi olarak kullanılan polikarbonatlar UNI EN 13501-1 Avrupa standardına göre yangın sırasında sınırlı miktarda gaz emisyonu yapmakla birlikte yapısında fazla bozulma görülmemektedir. Polikarbonat malzemeler 450°C’den yüksek sıcaklıklarda, karbon monoksit ve fenol gibi zehirli gazlar emisyon ederek deformasyona uğramaktadırlar. Poliüretan çatı malzemeleri ise 250°C’de metilen difenil izosiyanat (MDI), metilen dianilen (MDA), CO ve HCN emisyon ederek bozulmaya başlar. Bu gazlar, insan sağlığı için zararlıdır. Çatı kaplama malzemesi olarak kullanılan PVC’nin, 150°C’de yapısında bozulmalar olmakta, 450°C’de ise tutuşmaya başlamaktadır. Yandığı zaman duman ve karbon monoksit, karbon dioksit, hidroklorür, dioksin ve furan gazları emisyon etmektedir. PVC’nin yaydığı bu gazlar, diğer polimer malzemelerin emisyon ettiği gazlardan daha az zararlıdır [19].

Son yıllarda ülkemizde yapılan binalarda, çatı aralarının yaşam alanı olarak daha yaygın kullanılmalarıyla birlikte, polimer malzemeler ekonomik olmaları ve ısı, su yalıtımını yeterli düzeyde sağlamaları nedeniyle çoğunlukla tercih edilmektedir. Bununla birlikte polimer malzemelerin yangın karşısındaki davranışı önem kazanmakta ve polimer malzemenin B_{ROOF} sınıfı malzemelerden ve zor alevlenici olması beklenmektedir. Ayrıca, çatı konstrüksiyonlarında polimer kullanıldığında, taşıyıcı sistemi oluşturan yapı malzemelerinin yanmaz malzemelerden seçilmesi gerekmektedir [20].

4. DEĞERLENDİRME

Ülkemizde yapı sektöründe, çatı konstrüksiyonunda ve yalıtımında polimer malzemeler çok fazla tercih edilmektedir. Uygun maliyet, kolay elde edilebilirlik, kolay uygulama gibi avantajlara sahip olan polimer malzemelerin dezavantajı farklı sıcaklık değerlerinde yaptıkları gaz emisyonlarıdır. Özellikle polimer çatı malzemelerinin güneş ışığı altında yapısı bozulurken, yüksek miktarda gaz emisyonu yapmaktadır. Bu durum hem çevreyi hem de bina içi hava ortamını ve konforunu olumsuz etkilemektedir. Yangın sırasında ise kimyasal yapısı bozulan polimerler, insan sağlığına zarar verecek miktarda gaz emisyonları da yapmaktadır. Avrupa Birliği uyum sürecinde oluşturulan yönetmeliklere göre bu gaz emisyonlarının belirli değerlerde olmalıdır. Yapım ve kullanım sürecinde da bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yönetmeliklerde belirtilen değerlere ve kurallara uyulması durumunda, polimer çatı kaplama malzemelerinin kullanımı hem ekolojik hem de konfor koşulları açısından herhangi bir sorun oluşturmayacaktır ve kullanımı devam edecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz, D., (2006) “Bazı Uçucu Organik Bileşiklerin Absorpsiyonla Giderilmesi” 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- [2] Schmidt-Etkins, D., (1994) “Ceilings: Walls and IAQ: Health Impacts. Prevention and Mitigation. Indoor Air Quality, Update”, Cutter Information Corp., Arlington, U.S.A.
- [3] Schmidt-Etkins, D., (1994) “Floor Coverings and IAQ: Health Impacts, Prevention and Mitigation. Indoor Air Quality Update”, Cutter Information Corp. Arhngton. U.S.A.
- [4] Brown, V.M., Cockram, A.H., Grump, D.R. ve Gardiner, D., (1990) “Investigations of the volatile organic compound content of indoor air in homes with an odorous damp proof membrane Indoor Air 90”. *Proceedings of 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, p.575-580. Toronto.
- [5] Wolkoff, P., (1998) “Impact of air velocity, temperature, humidity and air on long-term VOC emissions from building products”. *Atmospheric Environment*, 32 (14–15), 2659–2668.
- [6] Bremer, J., White, E. Ve Schneider, D., 1993. Measurement and characterization of emissions From PVC materials for indoor use. *Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, vol. 2, Heisinki, pp. 419–424.
- [7] Cox, S.S., Little, J.C. ve Hodgson, A.T., (2005) “Effect of glass transition temperature on volatile emissions from polymer materials” *Proceedings of Indoor Air II* (1), 1845–1849.
- [8] Yang, X., (1999) “Study of building materials emissions and indoor air quality”. Massachusetts Institute of Technology. Ph.D. thesis, U.S.A.
- [9] Hutter, H., Moshammer, H., Wallner, P., Tappler, P. ve Kundi, M. (2005) “Volatile Organic Compounds: Guidelines From The Austrian Working Group on Indoor Air”. *Proceedings: Indoor Air 2005*.
- [10] Ancelet, T., Davy P.K., Trompetter, W.J., Markwitz, A. ve Weatherburn, D.C. (2013) “Carbonaceous Aerosols in a Wood Burning Community in Rural New Zealand”, *Atmospheric Pollution Research*, Vol.4, pp.245-249.
- [11] Güllü, G. (2013) “İç Ortam Hava Kirliliği: Uçucu Organik Bileşikler”.
- [12] JIS A 1460. (2001) “Building boards Determination of formaldehyde emission –Desicator method” (English Version).
- [13] DIN EN 120. (1992) “Determination of formaldehyde content Extraction method (known as perforator method)” (English Version).
- [14] ASTM D 5116. (2010) Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions from Indoor Materials/Products.
- [15] Hodgson, A.T., Wooley, J.D., ve Daisey, J.M. (2012) “Emissions of Volatile Organic Compounds from New Carpets Measured in a Large-Scale Environmental Chamber”, *Journal of Air Waste Manage. Assoc.* 43, p.316-324.
- [16] Junod, T.L. (1976) “Gaseous Emissions and Toxic Hazards Associated with Plastics in Fire Situation- A literature review, Nasa Technical Note.
- [17] Erdem, S. (2008) “Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Levhaların Karşılaştırmalı Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Karadavut, D. (2012) “Emisyon Ölçüm Kuralları Ve Emisyon Ölçüm Programı”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Eğitim Semineri, Antalya.
- [19] http://envarinex.com/web_assets/docs/products/PVCandFire.pdf
- [20] Tataroğlu, F. (2011) “Çatılarda Yangın Güvenliği ve Malzeme Seçimi”, *Mimarlıkta Malzeme*, 20 (6) p.30-34.