

# Bir Derleme Çalışması: İç Ortam Hava Kalitesinin Müzeler ve Tarihi Bina Envanterinde Bulunan Eserlere Etkilerinin Araştırılması, Risk Değerlendirmesi ve Uygun Kontrol Sistemlerinin Önerilmesi

Yrd.Doç.Dr. Ferhat KARACA  
Doç. Dr. Omar ALAGHA  
Yrd.Doç.Dr. Sami GÖREN

## ÖZET

Son 20 yılda dünya çapında yapılan birçok çalışma hava kirliliğinin kültürel ve tarihi yapılara ve malzemelere zarar verdiğini net bir şekilde ortaya koymuştur. Müzeler, galeriler, kütüphaneler ve arşivler hava kalitesi faktörü dikkate alındığında önemli bir risk altındadır. Ülkemizde de tarihi ve kültürel yapının korunmasına yönelik yapılan/yapılacak olan çalışmalara ve uygulamalara hava kalitesinin etkilerinin ve yol açtığı hasarların incelenerek bertaraf edilmesi için yapılacak uygulamaları da dahil etmek artık bir zorunluluktur. Müzeler ve tarihi binalarda muhafaza edilen, depolanan ve sunulan tarihi ve kültürel mirasın iç ortam hava kalitesi parametrelerinden ne ölçüde etkilendiği konulu inceleme ve araştırma çalışmaları henüz ülkemizde çalışılmaya ve uygulanmaya başlanmamış bir konudur. Bu çalışmada kapalı alanlarda (iç ortamlarda) korunan, saklanan veya sergilenen tarihi ve kültürel mirasımızın önemli parçaları olan eserlerin hava kirlenmelerinden nasıl etkilendiklerinin incelenmesi, risk değerlendirmesi ve kontrol yöntemlerinin belirlenmesi çerçevesinde uluslararası ve ulusal ölçekte yapılmış olan çalışma ve uygulamalar incelenerek derlenmiş ve ülkemizde benzer uygulamaların yapılması sürecinde karşılaşılabilecek uygulama zorlukları tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi eserler, hava kirliliği, risk yönetimi, değer yönetimi, pasif örnekleme

## 1. GİRİŞ

Tarihi ve kültürel değeri olan koleksiyonların, depolandığı ve sergilendiği ortamlarda, binalarda ve müzelerde zaman içerisinde zarar gördükleri, hasara, yıpranmaya ve çürümeye maruz kaldıkları bilinmektedir. Bu hasarların temelde en önemli (birincil) nedenleri; buldukları, sergilendikleri ve saklandıkları ortamların sıcaklığı (T, °C), nispi nem değerleri (RH, %), ışık miktarı ve oranları, hava kirliliği, böcekler ve diğer istenmeyen zararlı canlılar ve belki de en önemlisi insanlar olarak sıralanabilir. Yanlış yönetim ve dikkatsizlik bu faktörleri tetikleyen ve meydana gelecek hasarların artmasına veya daha kısa süre içerisinde gerçekleşmesine neden olan ikincil bir faktördür. Bu faktörlerin her birisinin tam anlamıyla kontrol altında tutulması neredeyse imkânsız olmasına rağmen, en azından kontrol edilebilir veya izin verilebilir seviyelere çekilmesi mümkündür.

## Abstract:

In the last two decades, according to many workers, it has been clearly understood that air pollution has obvious damaging effects on cultural and historical places and objects. Indoor air quality of museums, galleries, libraries and archives is considered as important risk factor. In our country, the efforts and practices, which are done/has to be done to protect historical and cultural places are oriented to cure and put aside the effect of air pollution, should obviously take into consideration the damage that it causes. The issue of the investigation and evaluation the effect of indoor air quality parameters on the conservation and protection of museums and heritage buildings, stored and exhibited historical and cultural heritage is growing steadily. In this work; the effects of air pollutants were investigated, a risk assessment method was proposed and suitable control methods were highlighted for the protected, preserved or exhibited historical and cultural heritage in an indoor environment.

## Key Words:

Heritage, air pollution, risk assessment, managing value, passive sampling.

## Makale

Her ne kadar insan kaynaklı etkenler içersinde yer alıyormuş gibi görünse de müzelerde ve sergi salonlarında saklanan ve sergilenen eserleri tehdit eden iç ortam hava kirleticileri doğal yollarla da yayılabilmektedirler. Son 20 yılda yapılan birçok çalışma hava kirliliğinin kültürel ve tarihi yapılara ve eserlere zarar verdiğini net bir şekilde ortaya koymuştur. Müzeler, galeriler, kütüphaneler ve arşivler bu faktör dikkate alındığında önemli bir risk altındadır. Çürüme devamlı ve yavaş bir işlemdir. Devamlı hava kirliliğine maruziyet bu işlemin birçok eser üzerinde hızlanmasına ve şiddetini artırmasına neden olmaktadır.

Eserlerin sunulduğu mekânların coğrafi konumu ve fiziksel özellikleri kirletici maruziyetlerini etkileyen önemli parametreleri belirlemektedir. Mesela denize yakın bir bölgede bulunan bir mekânın açık bir şekilde atmosferik nemle beraber deniz tuzlarının da korozyif etkisine maruz kalabileceği net olarak görülmektedir[1]. Bu tip mekânlarda sadece nem ve sıcaklık parametrelerinin dikkate alınması sunulan ve saklanan eserlerin korunmasında yeterli olmayacaktır.

Gelişmiş ülkeler ve Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler, müzelerde iç ortam hava kalitesinin, hava kirleticileri açısından yönetilmesi ve kontrol edilmesi amacıyla çalışmalar yapmakta ve konuyla ilgili yönergelerle yaptırım uygulamaktadırlar [2,3]. Ülkemizde ise iç ortam hava kirleticilerinin müzelerde ve tarihi mekânlarda sergilenen ve saklanan eserler üzerindeki etkileri henüz çalışılmaya başlanmış bir konu değildir. Bu konuyla ilgili herhangi bir yönerge veya uygulama da bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılmış çalışmalar değerlendirilirken ulusal literatürdeki eksiklik nedeniyle sadece uluslararası literatürde bu konuda yapılmış çalışmaların derlemesi yapılacaktır.

Bu çalışmanın amacı dünya genelinde iç ortam hava kirleticilerinin müzelerde ve tarihi mekânlarda sergilenen ve saklanan eserler üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmaları inceleyerek, önemli kirletici türlerini ve kaynaklarını belirlemek, kontrol stratejilerini derlemek ve ülkemizde bu noktada yapılacak uygulama ve bilimsel çalışmalarda karşılaşılabilecek zorluklara dikkat çekmektir.

## 2. DEĞER VE RİSK YÖNETİMİ

Tarih ve kültürel eserlerin korunmasında ilk olarak dikkat edilmesi gereken husus eserin anlamı veya daha geniş bir ifadeyle değeridir. Burada kast ettiğimiz sadece mali değeri değil objenin tarihi, kültürel, eğitimsel, içeriksel, politik, malzeme, vs. gibi niteliksel ve niceliksel tüm değerleridir. Bu noktadan bakıldığında koleksiyon yönetimine veya eserlerin saklanması ve korunmasına yönelik yönetim uygulamalarına “Değer Yönetimi” yönüyle bakmak gerekmektedir. Tarihi eserlerin değer yönetiminin üç ana bileşende ele alınması bazı araştırmacılar tarafından önerilmiştir [4,5]. Buna göre eserlerin fayda getirecek şekilde kullanılması (mesela halkın ziyaretine açılması gibi), geliştirilmesi (mesela yeni eserler eklenmesi ya da mevcut eserler üzerinde bilimsel çalışmalar yapılarak değer ve içeriksel anlamının artırılması) ve korunması tarihi ve kültürel eserlerin yönetiminde uygulanacak değer yönetimi uygulamasının üç temel aşamasını oluşturmaktadır. Özellikle koruma aşaması bu değerlerin gelecek nesillere ve zaman dilimlerine sağlıklı ve sağlam bir şekilde taşınabilmesi için gerektiğinde her türlü maliyetin sarf ve seferber edilmesi gereken bir aşama olarak göze çarpmaktadır.

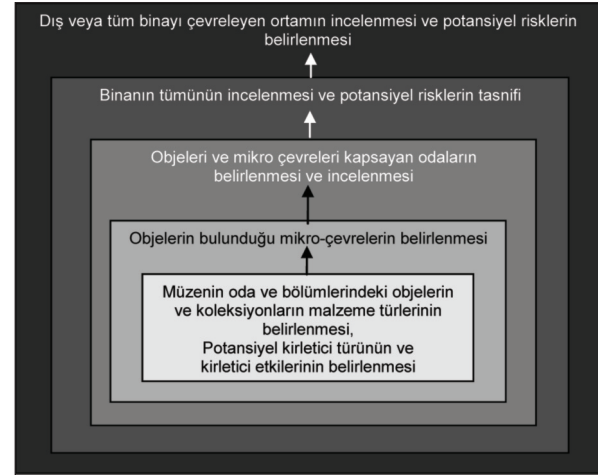
Koruma aşamasının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için eserler üzerinde oluşabilecek risklerin gruplanması gerekir. Çok nadir gerçekleşebilecek felaketler nedeniyle oluşan riskler (yangın gibi) arada sırada gerçekleşme ihtimali olan riskler (mesela; bir el yazması eserin üzerine çay dökülmesi) ve devamlı şekilde hasar etkisi oluşturan riskler (devamlı olarak nem, ışık ve kirleticilere maruziyet gibi) üç temel risk grubudur [4]. Risk yönetimi prensibiyle ele alındığında ortaya çıkacak hasarların aynı derecede yok edici ve zarar verici olması her risk grubunun aynı önem ve ciddiyetle ele alınmasını, engellenmesi veya önlenmesine yönelik tedbir ve uygulamaların yapılmasını gerektirmektedir. Değer ve Risk Yönetimi açısından kirleticilere maruziyet önemli bir risk grubudur ve bu konuda ulusal uygulamalara da bir an önce başlanmalıdır.

Devamlı hasara neden olduğunu söylediğimiz kirleticiler ve iç ortam şartlarına maruziyetin risk yöneti-

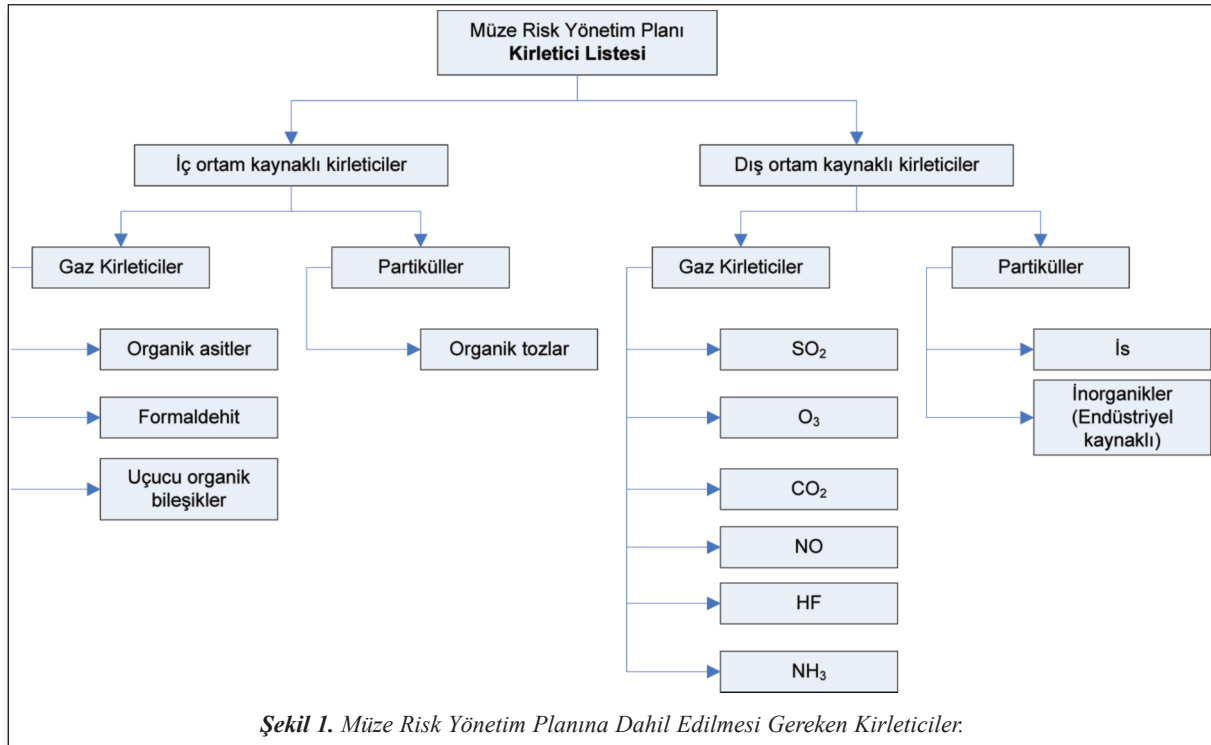
mi yapılarırken veya planlanırken iki aşamalı bir sistemin ayrı ayrı veya paralel olarak kullanılması birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir [6,7]. Bu iki aşamanın bir tanesi laboratuvar ortamında yapılması mümkün olan veya yapılması önerilen hızlandırılmış maruziyet ve deformasyon testlerini, diğeri ise yerinde (in-situ) maruziyet etkilerinin ve kirletici derişimlerinin izlenmesini içermektedir. Bu noktadan bakıldığında her bir müze ortamı için yapılacak çalışmaların son derece değışken sonuçlar vereceğı ve vaka-ya özel sonuçları içereceğı söylenebilir. Dolayısıyla her bir müze için bu tip risk yönetim ve izleme çalışmalarının başlatılması veya uygulanması, ilgili müzenin Değer ve Risk Yönetimi açısından en önemli bileşenlerden birisini oluşturmaktadır [7].

Tarihi objelerin kirletici maruziyeti nedeniyle karşı karşıya kaldıkları risklerin değerlendirilmesi amacıyla ilk çalışmalardan birisini Ashley-Smith (1999) yapmıştır [8]. Bu çalışmada potansiyel riskler belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Kirletici maruziyet dozları ve etkileri de detaylarıyla incelenmiştir. Müze Risk Yönetim Planına dahil edilmesi gereken kirleticilerin listesi bir diyagram üzerinde Şekil 1’de verilmiştir.

Müzeler için kirleticilerin risk yönetimi yapılırken yapılması gereken bir diğeri işlem çevrelerin mikro-çevreden makro-çevreye kadar belirlenmesidir. Mikro-çevreler eserlerin saklandığı kabin ve çekmeceler olarak düşünülebilir, makro-çevre ise binanın iç ve dış ortamlarını entegre olarak ele alan çevredir. Çevre değerlendirmesinde esas alınacak risk yönetim planı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Müze İç Ortam Kirletici Risk Yönetim Planı.



Şekil 1. Müze Risk Yönetim Planına Dahil Edilmesi Gereken Kirleticiler.

**Makale****3. İÇ ORTAM HAVA KİRLLETİCİLERİ VE KAYNAKLARI**

Müze ve tarihi binaların iç ortamlarında eserler üzerinde tahribat yapabilecek kirletici türleri genel başlıklar altında; kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), hidrojen sülfid (H<sub>2</sub>S), formik asit (HCOOH), formaldehit (HCHO), asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH) ve partikül madde (PM) olarak verilebilir. Bu kirleticilere ilave olarak bir dizi özel organik ve inorganik kirleticiler de gerekli görülmesi durumunda, mesela özel emisyon kaynaklarına yakınlık gibi, incelemeye alınmalıdır.

Bilindiği üzere kükürt dioksit, azot oksit ve ozon temel hava kirleticileri içersinde sayılan gaz kirleticilerdir. Son 30 yılda bu kirleticiler üzerinde birçok çalışma yapılmıştır ve kimyasal özellikleri nedeniyle tarihi objeler üzerinde meydana getirdiği etkiler detaylarıyla araştırılmak suretiyle literatüre önemli bilgiler kazandırılmıştır [9-15].

İç ortamlarda bulunan malzemeler üzerinde hasara ve deformasyona neden olan kirleticilerin, malzeme yüzeyleri ile etkileşime geçmesi için en etkin parametre depolanma işlemidir. İç ortamlarda bulunan asidik gazlar özellikle bu mekanizma ile yüzeylerde depolanırlar. Kompleks kimyasal işlemler sonrasında temel asidik gazlar nitrik ve nitroz asitlere (HNO<sub>3</sub>, HONO), sülfat, nitrat veya partiküler madde formlarına dönüşebilirler.

Hava ortamındaki asitlilik çok büyük oranla temel

kirleticiler olarak kabul edilen kükürt ve azot oksitlerden meydana gelmekte ve bu türler endüstriyel faaliyetler, ulaşım ve yanma işlemleri sonrasında atmosfere yayılmakta ve sonrasında dış ortamlardan iç ortamlara taşınmaktadır. Atmosfere kükürt sadece insan kaynaklı değil doğal işlemler sonrasında da atılabilmektedir, günümüzde en önemli doğal kükürt kaynağının denizlerdeki biyolojik işlemler sonrasında atmosfere yayılması yoluyla olduğu bilinmektedir.

Müze, kilise, galeriler, tarihi ve kültürel binalar, vb. yapılarda belirli düzeylerde bu tip kirleticilerin varlığı günümüzde yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Hatta bazı çalışmalarda asidik gaz türlerinin müze ortamlarında dış ortamlardan daha yüksek seviyelere çıktığı rapor edilmiştir [14,16]. Özellikle mermer yüzeylerinde SO<sub>2</sub> gazının kalsit ile girdiği etkileşim sonrasında jips oluşumu gözlemlendiği ve mermerden yapılmış eserlerin bu yolla önemli hasarlara uğradığı iyi bilinmektedir [14]. Çok iyi bilinen bu etkinin yanı sıra iç ortamlarda bulunan SO<sub>2</sub> kirleticisi hemen hemen tüm malzemeler üzerinde belirgin hasar ve bozulmalara neden olabilmektedir.

Yapmış olduğumuz derleme sonucunda incelemiş olduğumuz kirleticilerin müze ve tarihi mekanlardaki eserler ve malzemeler üzerindeki etkileri Tablo 1'de verilmiştir. Konuyla ilgili yazılmış en önemli iki derleme (review) makalesi Brimblecombe [2], Baer ve Banks [17] tarafından yazılmıştır. Her iki makale de müzelerdeki iç ortam hava kalite para-

**Tablo 1. Kirleticilerin Temel Malzemeler Üzerinde Meydana Getirdikleri Zararlı Etkiler [3, 18-24].**

Malzeme	Etki tipi	Etkili kirletici türü
Resimler (yağlı boya, vs türü el yapımı)	Renksizleşme, solma, kirlenme, lekelenme	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, alkali toz parçacıkları
Kağıtlar	Renksizleşme, solma, gevrekleşme	SO <sub>2</sub>
Metaller	Korozyon, kararma	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, HCOOH, CH <sub>3</sub> COOH, HCHO
Fotoğraflar	Kükürtleme, mikro bozulmalar	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S,
Tekstil ürünleri	Dayanım mukavemetinde azalma, lekelenme	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>
Tekstil boyları	Solma, renk değişimleri	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Deri	Zayıflama, yüzeylerin tozlaşması ve yıpranması	SO <sub>2</sub>
Kauçuk, lastik	Çatlak oluşumu	O <sub>3</sub>

metrelerinin objeler üzerindeki etkileri tartışılmış ve incelenmiştir. Okuyucunun kirleticilerin müze ortamlarında bulunan kirleticilere etkileri konusunda detaylı bilgi için bu iki yayına başvurmasını öneririz.

Bilinen temel kirleticilere ilave olarak aldehitler ve organik asitlerde müze ortamlarında izlenmesi önerilen ve eserler üzerinde çürüme ve deformasyona neden olan kirleticilerdir. İç ortamlarda gözlenen aldehit ve organik asitlerin temel kaynakları; kabin ve iç ortamın dekorasyonunun imalatı esnasında kullanılan ağaç ve muhtelif ahşap malzemeler, yapıştırıcı ve tutkal malzemeler, cila ve parlaticılar ve muhtelif boya malzemeleridir. Özellikle ahşap malzemeden yapılmış kabin ve mobilyaların bulunduğu mikro-çevrelerde aldehitler ve organik asitlerin izlenmesi tarihi eser risk yönetiminin çok önemli bir parçası olarak değerlendirilmiştir [25].

Gümüş malzemelerin kirleticilerin maruziyeti altında gösterdiği korozyon davranışı ve korozyon mekanizması Graedel (1992) tarafından incelenmiştir [26]. Hava kirleticileri arasında en korozif etkiye sahip olanlar  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $OCS$ ,  $HCOOH$ ,  $CH_3COOH$ ,  $HCHO$  türleri olarak belirlenmiştir.

Nazaroff ve Cass'ın yayınladıkları bir çalışmada [27], iç ortamlarda bulunan kirleticilerin reaksiyon kinetikleri, derişim değişimleri ve etkileri matematiksel yollarla modelleme suretiyle bu tip kirleticilerin ortamlardaki davranışı açıklanmıştır. Özellikle iç ortamlarda bulunan kirleticilerin davranışının modellenmesi dış ortam modellerine göre daha başarılı sonuçlar vermekte ve daha basit modeller ve eşitlikler kullanmak suretiyle kirletici davranışları açıklanabilmektedir. İç ortam kirleticilerinin modellenmesi günümüzde de ilgi çeken ve üzerinde çalışmalar yapılması teşvik edilen bir konudur.

İç ortamda bulunan kirleticilerden en temel üç tanesi olan  $NO_2$ ,  $O_3$  ve  $SO_2$  derişimlerinin tahmin edilmesi amacıyla geliştirilmiş Avrupa Birliği destekli bir proje olan IMPACT'den de burada bahsetmek yerinde olacaktır<sup>1</sup>. Bu proje kapsamında bir model geliştirilmiş ve dış ortam derişimlerinden yola çıkı-

larak iç ortamlardaki kirletici derişimlerinin tahmin edilebileceği, giderim ve depolanma hızlarının hesaplanabileceği bir araç (IMPACT) geliştirilmiştir. Özellikle iç ortam kirleticilerinin oluşumunun dış ortamdaki derişimlere bağlı olduğu düşünülürse, bu tip modellerin geliştirilmesi yönetici, araştırmacı ve planlamacılar için hem kolaylık hem de uygulama üstünlüğü kazandırabilecek yapıdadır.

Müze ortamlarının iç ortam hava kalitesinin izlenerek değerlendirmesi son yıllarda daha da güncellik kazanmış bir konudur. Özellikle Avrupa ülkelerinde ve gelişmiş diğer ülkelerde her zaman güncelliğini koruyan ve ilgiyle çalışılmakta olan bir konudur. Yakın zamanda benzer konularda yapılmış birçok yenilikçi yaklaşım ve çalışma kapsamında bir dizi müzede iç ortam kalitesi izlenerek bilimsel makaleler yayımlanmıştır [7, 28-31, 34].

#### 4. DEPOLANMA VE GİDERİM

Önceki bölümlerde depolanmanın iç ortamda bulunan kirletici türlerinin giderim mekanizmalarında en önemli rolü oynadığından bahsedilmişti. Tüm kirleticiler buldukları ortamlardaki temas ettikleri tüm yüzeylerde kimyasal tepkimeler veya fiziksel birikme sonrasında depolanmak suretiyle giderilme eğilimindedirler. Mesela; azot oksitlerin yüzeylerde depolanması veya giderimi nitrik ve nitroz asit oluşumu şeklinde gerçekleşir. Bu iki türün oluşması için en önemli etken ortamda su bulunması yani nem oranının artmasıdır. Burada yüzeylerde oluşan veya depolanan nitrik asitin yüzeyin asit-baz yapısına bağlı olarak atmosfere yayılma eğiliminde olduğu, öte yandan nitroz asidin ise yüzeylerde emilerek depolanma veya yapışma eğiliminde olduğu unutulmamalıdır.

Gaz türü kirleticilerin özellikle nitrik ve nitroz asit oluşumuna neden olan azot oksitlerin müze ortamlarında bulunan tarihi esere ve nesnelere üzerindeki depolanma ve giderimleri Katsanos vd. [14] tarafından incelenmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre; yüzeylerde oluşan veya emilen nitroz asit tamamen emildiği yüzeyde kaldığı, nitrik asidin ise %98'e varan oranlarda iç ortama geri yayıldığı bulunmuş-

<sup>1</sup> Detaylı bilgi için bakınız: <http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage/impact/>



## Makale

tur. Bu nedenle iç ortamlardaki HONO derişim değişimleri dış ortamlara göre çok yüksek oranlara ulaşabilmektedir. Aynı çalışmada çeşitli malzeme türleri için NO<sub>2</sub> giderim ve depolanma oranları da hesaplanmıştır. Ortamda bulunan NO<sub>2</sub>'nin pyrex-cam malzemede giderim hızı 0,4 µg/saat iken bu değer naylon malzeme için 3,8 µg/saat değerine çıkmaktadır.

Grntoft ve Raychaudhure (2004) yapmış oldukları bir çalışmada çeşitli nem değerleri altında üç temel kirleticinin (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub>) farklı yüzeylerdeki depolanma miktarlarını incelemişler ve literatürde daha önce yapılan çalışmalardaki verileri de derleyerek depolanma hızlarını hesaplamışlardır [15]. Bu çalışmada derlenen bilgilere göre en yüksek depolanma hızları NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub> gazları için sırasıyla; yn halı (0,0919 cm/s), pamuk kumaş (0,109 cm/s), sert tahtalı ağaç (0,048 cm/s), en düşük depolanma hızları ise alüminyum (0,000698 cm/s, 0,0006 cm/s ve 0,002 cm/s) yüzeylerde gerçekleşmiştir. Bulgulara göre ortamdaki nispi nem değeri arttıkça kirletici depolanma/giderim hızları her bir kirletici için tüm malzemeler için artış göstermektedir.

Gibson ve ark. [25] yaptıkları bir çalışmada müze ortamlarında saklanan eserlerin kabinetlerinin içerisinde asetik asit ve formik asit derişimlerini pasif rneklemeye yöntemiyle izlemiştir. Asetik asidin formik asitten çok daha yüksek değerlerde deriştiği gözlenmiştir. Bu durum beklenmeyen bir durum olarak değerlendirilmiş ve nedenleri formik asidin kabinetler içerisinde bulunan kireçtaşı ve kurşun yüzeylerde depolanması ile ilgilendirilmiştir. Bu tip organik kirleticilerin eserler üzerindeki zararlı etkileri düşünüldüğünde ahşap değil metal kabinlerin kullanılması kontrol yöntemi olarak önerilmiştir. Aynı alışmada İrlanda Kraliyet Müzesinde yapılan bir başka incelemede ise oldukça yüksek asetik asit ve formaldehit gözlenmiştir. Bu müzede ise aktif karbon bileşenli bezlerle kabinetler kaplanmış ve bu suretle organik gaz kontrolü sağlanmıştır.

### 5. ÖRNEKLEME

Müzelerde kirleticilerin izlenmesi için önerilebilecek en etkin yöntem küçük boyutlu ve estetik açıdan sorun oluşturmayacak, müze ruhuna uygun rneklemeye

alternatiflerinin veya rnekleyicilerin kullanılmasıdır. Bu durumda en etkin rneklemeye yöntemleri pasif örnekleyiciler veya benzer mantıkla uygulanan izleme kuponları gibi alternatiflerdir.

Müze iç ortam hava kalitesine yönelik parametrelerin incelenmesinde veya örneklenmesinde yaygın olarak kullanılması önerilen yöntem pasif rneklemeye yöntemidir. Çalışma parametreleri olarak belirttiğimiz kirleticilerin PM hariç hepsi pasif rneklemeye yoluyla i ortamlarda başarıyla örneklenmektedir. Bu kirleticilerin pasif ve aktif rneklemeye yoluyla incelenmesi konusunda literatürde yeterli ve çok sayıda kaynak bulunmaktadır [19, 25, 32, 33].

La Gennusa ve ark. [34] yaptıkları bir çalışmada İtalya'da bulunan bir müzede kirleticiler ve müze iç ortam şartlarının eserler üzerindeki korozif etkileri araştırmak için kirletici türlerine karşı hassas olan reaktif kuponlar kullanarak bir çalışma yapmışlar ve bu tip sistemlerin müzelerde kullanılmasını önermişlerdir. Bu araştırmacılar çok küçük boyutlarda ve yaklaşık 1 mm kalınlıkta mermer ve bakır alüminyum karışımı iki ayrı kuponu bu amaçla kullanarak uzun süreli (1 yıl) maruziyet sonrasında kuponlar üzerinde meydana gelen hasarları incelemek sureti ile bu çalışmada bilimsel bulgular elde etmişlerdir.

### 7. UYGULAMAYA YÖNELİK PROBLEMLER

Uygulamadaki en önemli sorunlardan birisi eski ve tarihi binaların (lkemizde bu tip yapılar genelde müze olarak kullanılmaktadır) kendilerinin de bir tarihi ve kültürel eser olmasından kaynaklanan yapısal ve mekanik problemlerdir. Mesela bu tip binalarda mekanik havalandırma sistemleri (klima vb.) gibi modern uygulamaların kurulması veya uygulanması çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Bu tip sistemler modern müzelerde iklimlendirme ve kirlilik kontrolünde kullanılabilecek en iyi uygulama alternatifini oluşturmasına rağmen tarihi nitelik arz eden binalarda (mesela Dolmabahçe Sarayı, Topkapı Sarayı, gibi) birçok teknik, yasal ve estetik nedenlerle uygulanamazlar.

İç ortam kirlilik kontrolünün mekanik sistemlerle yapılmasına yönelik bir uygulamanın yapılması

benimsenirse, bu tip sistemlerin müze ruhuyla uyumsuz, gürültülü, kesintisiz enerjiye ihtiyaç duyan, bakım izleme ve kontrol gerektiren sistemler oldukları unutulmamalıdır. Bu durum bu tip uygulamaların çoğu zaman yapılabirirliğini ortadan kaldırmaktadır.

Diğer önemli bir problem ise Değer Risk Yönetimi uygulamasının başlatıldığı bir müze içerisinde kirleticilerin izlenmesi için kurulacak veya kullanılacak izleme sistemlerinin hem yer işgal etmesi hem de enerji ihtiyacı, gürültü, estetik gibi fiziksel problemler oluşturmasından dolayı kullanılabilirliklerinin çoğu zaman imkânsız olmasıdır. Mesela iç ortam da toz örnekleme için klasik gravimetrik örnekleyiciler müzelerde kullanılmaları oldukça zor ünitelerdir.

Ülkemizde maalesef henüz uygulanmakta olan veya önerilmiş, müze ortamlarının iç ortam şartları ve kirletici parametrelerini bir arada ele alarak değerlendiren bir "Risk Durum İndeksi" bulunmamaktadır. Bu indeks her bir müze, saray, galeri vb. tarihi ve kültürel eserlerin muhafaza edildiği ve sergilendiği alan ve binalar için ayrı planlanarak uygulamaya konulması gereken yönetim sisteminin bir parçası niteliğindedir.

Bu derleme çalışması kapsamında iç ortam hava kalitesinin müzeler ve tarihi bina envanterinde bulunan eserlere etkilerinin araştırılması, risk değerlendirmesi ve uygun kontrol sistemlerinin önerilmesi için uluslar arası literatürde yapılmış olan çalışmalar değerlendirilmiş ve ülkemizin bulunduğu durum açık olarak ortaya konulmuştur. Bu konuda gerekli araştırma ve yatırımlar yapılarak tarihi ve kültürel mirasımızın sağlıklı bir şekilde gelecek nesillere ve yüzyıllara aktarılabilmesi sağlanabilir. Bu yönde çalışmalara acilen başlanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- [1] STEIGER, M., "Salts and Crusts", Editör: P. BRIMBLECOMBE, The effects of air pollution on the built environment, Imperiar Collage Press, 2003.
- [2] BAER, N.S. ve BANKS, P.N., "Indoor air pollution: Effects on cultural and historical materials", The International Journal of Museum Management

and Curatorship, 4, 9, 20-25, 1985.

- [3] LARSEN, R., "Deterioration and Conservation of Vegetable Tanned Leather (Protection and conservation of European cultural heritage research report)", European Commission, Research Report No 6, 1996.
- [4] BROKERHOF, A.W., "The detoration processes of organic objects in museums, historic house and archive environment", EU MASTER Final workshop, UCL, London, 1-7, 2006.
- [5] WALLER, R.R., "Cultural property risk analysis model: development and aplication to pretentive conservation at the Canadian Museum of nature", Acta uiversitatis Gothoburgensis, Goteborg, Sweden, 2003.
- [6] REDDY, M.K., SUNEELA, M., SUMATI, M., REDDY, R.C., "Indoor air quality at Salarjung Museum, Hyderabad, India", Environmental Monitoring and Assesment, 105: 359-367, 2005.
- [7] CAMUFFO, D., GRIEKEN, R.V., BUSSE, H.J., STURARO, G., VE DİĞ, "Environmental monitoring in four European museums", Atmospheric Environment, 1: 127-140, 2001.
- [8] ASHLEY-SMITH, J., "Risk assessment for object conservation", 1st ed. Butterworth- Heinemann, Oxford. Guidelines on efficient pollution control in heritage buildings 24440 3, 1999.
- [9] PAYRİSSAT, M. Ve BEİLKE, S., "Laboratory measurements of the uptake of sulphur dioxide by different European soils", Atmospheric Environment, 9, 211-217, 1975.
- [10] JUDEIKIS, H.S. ve STEWART, T.B., "Laboratory measurement of sulphur dioxide deposition velocities on selected building materials and soils", Atmospheric Environment, 10, 769-776, 1976.
- [11] SPEDDING, D.J. ve ROWLANDS, R.P., "Sorption of sulphur dioxide by indoor surfaces - I. Wallpapers", Journal of Applied Chemistry, 20, 143-146, 1970.
- [12] WALSH, M., BLACK, A., MORGAN, A. ve CRENSHAW, G. H., "Sorption of SO<sub>2</sub> by typical indoor surfaces including wool carpets, wallpaper and paints", Atmospheric Environment, 11, 1107-1111, 1977.
- [13] BAER, N.S., BANKS, P. N., "Indoor air pollution: Effects on cultural and historic materials", Museum Management and Curatorship, 4, 1, 9-20, 1985.
- [14] KATSANOS, N. A., DE SANTIS, F., CORDOBA, A., ROUBANI-KALANTZOPOULOU, F., PASELLA D., "Corrosive effects from the depo-

## Makale

- sition of gaseous pollutants on surfaces of cultural and artistic value inside museums”, *Journal of Hazardous Materials*, 64, 1, 21-36, 1999.
- [15] GRØNTOF, T., ve RAYCHAUDHURI, M. R., “Compilation of tables of surface deposition velocities for O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> to a range of indoor surfaces”, *Atmospheric Environment*, 38, 4, 533-544, 2004.
- [16] DE SANTIS, F., DÍ PALO, V., ALLEGRINI, I., “Determination of some atmospheric pollutants inside a museum: relationship with the concentration outside”, *The Science of The Total Environment*, 127, 3, 211-223, 1992.
- [17] BRIMBLECOMBE, P., “The composition of museum atmospheres” *Atmospheric Environment*, 24B, 1 1-8, 1990.
- [18] COLLS, J., “Air Pollution - An Introduction”, 1st ed. E&FN Spon, London, 1997.
- [19] GRZYWACZ, C.M., ve TENNENT, N.H., “Pollution monitoring in storage and display cabinets: carbonyl pollution in relation to artefact deterioration”, Editör: ROY, A. ve SMITH, P. “Preventive Conservation Practice, Theory and Research, Guidelines on efficient pollution control in heritage buildings”, IIC, London, 164-170, 1994.
- [20] WESCHLER, C.J., SHIELDS, H.C. ve NAIK, D.V., “Indoor ozone exposures”, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 39, 1562-1568, 1989.
- [21] JUDEIKIS, H.S. ve STEWART, T.B., “Laboratory measurement of sulphur dioxide deposition velocities on selected building materials and soils”, *Atmospheric Environment*, 10, 769-776, 1976.
- [22] RYHL-SVENDSEN, M., “Corrosivity measurements of indoor museum environments using lead coupons as dosimeters”, *Journal of Cultural Heritage*, 9, 285-293, 2008.
- [23] METAXA, E., AGELAKOPOULOU, T., BASSIOTIS, I., KARAGIANNI, Ch., ROUBANIKALANTZOPOULOU F., “Gas chromatographic study of degradation phenomena concerning building and cultural heritage materials”, *J. Hazard. Mater.* 2008. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.08.114
- [24] WATTS, S.F., “Hydrogen sulphide levels in museums: what do they mean?”, Editör: Brokerhof, A.W. ve Gibson, L.T., *Indoor Air Pollution: Detection and Prevention*, 1999. Çevirimiçi: [http://hjem.get2net.dk/ryhl/iap1999/1999\\_contents.htm](http://hjem.get2net.dk/ryhl/iap1999/1999_contents.htm).
- [25] GIBSON, L.T., COOKSEY, B.G., LITTLEJOHN, D., TENNENT, N.H., “A diffusion tube sampler for the determination of acetic acid and formic acid vapours in museum cabinets”, *Analytica Chimica Acta*, 341, 11-19, 1997.
- [26] GRAEDEL, T.E., “Corrosion mechanisms for silver exposed to the atmosphere”, *Journal of the Electrochemical Society* 139 (7): 1963-1970, 1992.
- [27] NAZAROFF, W.W., CASS, G.R., “Mathematical modelling of chemically reactive pollutants in indoor air”, *Environmental Science and Technology*, 20 (9), 924-934, 1986.
- [28] KONTOZOVA-DEUTSCH, V., KRATA, A., DEUTSCH, F., BENCS, L.; GRIEKEN R.W., “Efficient separation of acetate and formate by ion chromatography: Application to air samples in a cultural heritage environment, *Talanta*”, 75: 2, 418-423, 2008.
- [29] WOROBIEC, A., SAMEK, L.; KARASZKIEWICZ, P., KONTOZOVA-DEUTSCH, V., ANNA STEFANIÁK, E., MEEL, K.V., KRATA, A., BENCS, L., GRIEKEN, R.V., “A seasonal study of atmospheric conditions influenced by the intensive tourist flow in the Royal Museum of Wawel Castle in Cracow, Poland”, *Microchemical Journal*, In Press, Corrected Proof, 2008.
- [30] SCHIEWECK, A., DELIUS, W., SIWINSKI, N., VOGTENRATH, W., GENNING, C., SALTHAMMER, T., “Occurrence of organic and inorganic biocides in the museum environment”, *Atmospheric Environment*, 41 : 15, 3266-3275, 2007.
- [31] SCHIEWECK, B., LOHRENGEL, N., SIWINSKI, C., GENNING, T., “Organic and inorganic pollutants in storage rooms of the Lower Saxony State Museum Hanover, Germany”, *Atmospheric Environment*, 39 : 33, 6098-6108, 2005.
- [32] SHOOTER, D., “Nitrogen dioxide and its determination in the atmosphere”, *Journal of Chemical Education*, 70 (5), A133-A140, 1993.
- [33] SHOOTER, D, WATTS, S.F., HAYES, A.J., “A passive sampler for hydrogen sulphide”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 38, 11-23, 1995.
- [34] LA GENNUSA, M., RIZZO, G., SCACCIANOCE, G., NICOLETTI, F., “Control of indoor environments in heritage buildings: experimental measurements in an old Italian museum and proposal of a methodology”, *Journal of Cultural Heritage*, 6:147-155, 2005.