T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI
MÜZECİLİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜZELERDE İKLİM DENETİMİNDE ESASLAR VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

MUSA ÜNSAL
15714001

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi MEHMET FEVZİ UĞURYOL

İSTANBUL
2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI
MÜZECİLİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜZELERDE İKLİM DENETİMİNDE ESASLAR VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

MUSA ÜNSAL
15714001

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi MEHMET FEVZİ UĞURYOL

İSTANBUL
2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI
MÜZECİLİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜZELERDE İKLİM DENETİMİNDE ESASLAR VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

MUSA ÜNSAL
15714001

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:
Tezin Savunulduğu Tarih: 12.02.2021
Tez Oy Birliği ile Başarılı Bulunmuştur.

Unvan Ad Soyad		**İmza**
Tez Danışmanı	**: Dr. Öğr. Üyesi MEHMET FEVZİ UĞURYOL**	
Jüri Üyeleri	**: Doç. Dr. Kadriye TEZCAN AKMEHMET**	
	Doç. Dr. Gülder EMRE	

İSTANBUL
ŞUBAT 2021

ÖZ

MÜZELERDE İKLİM DENETİMİNDE ESASLAR VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR
Musa ÜNSAL
Şubat, 2021

Müzelerde iklim denetimi, iklimsel parametrelerin zarar verici etkilerine karşı koleksiyonların güvenle korunması amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda etkileri kontrol edilmek istenen temel parametreler sıcaklık ve bağıl nemdir. Belirli malzeme sınıfları benzer sıcaklık ve bağıl nem seviyelerini talep etse de, koleksiyonları oluşturan organik, inorganik ve karma yapılı çok çeşitli müze nesneleri birbirinden oldukça farklı iklimsel koşulları gerektirmektedir. Tüm koleksiyonları bütünüyle ve yüksek nitelikte korumanın maliyeti ve zorluğu, alternatif yaklaşımların ortaya çıkışını hızlandırmıştır. Bugün önde gelen müzeler; pasif ve aktif iklim denetim yöntemlerini birlikte kullanma, aynı zamanda koleksiyonlarını tolere edebilecekleri en geniş aralıktaki iklim koşullarında koruma yoluyla enerji tüketimlerini azaltma eğilimindedir.

Çalışmanın amacı, iklim denetiminin farklı nesne türleri üzerindeki etkisini, tarihsel gelişimini, günümüzde başvurulan uygulamalarını ve alternatif yaklaşımlarını incelemektir. Literatür taraması yöntemi ile gerçekleştirilen araştırma sonucunda müzelerde iklim denetiminin; geçmiş tecrübeleri kılavuz alan, bilimsel çalışmalarla desteklenen, çevresel farkındalığın şekillendirmeye başladığı, farklı disiplinlerden uzmanların birlikte çalışmasını gerektiren bir sürece evrildiği ortaya koyulmuştur. Ayrıca her müzenin kendi özgün koşullarına uygun olarak iklimlendirilmesi gerektiği değerlendirilmiştir. Bununla birlikte uluslararası nitelik gösteren San Francisco Modern Sanat Müzesi, Sistine Şapeli (Vatikan Müzeleri) ve Milano Modern Sanat Galerisi gibi örneklerin tercih ettikleri iklim denetim yöntemleri değerlendirilmiştir. Türkiye'den ise İstanbul Arkeoloji Müzeleri, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstanbul Resim ve Heykel Müzesi, Pera Müzesi ve Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi yetkilileri ile sözlü görüşmeler gerçekleştirilmiş ve söz konusu müzelerde kullanılan iklim denetimi yaklaşımları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Önleyici Koruma, Hava Koşullandırma, İklimlendirme, Sıcaklık, Bağıl Nem.

ABSTRACT

PRINCIPLES AND CURRENT APPROACHES ON CLIMATE CONTROL IN MUSEUMS
Musa ÜNSAL
February, 2021

Climate control in museums is necessary for the safety of the collections against the damaging effects of climatic parameters. In this context, the main parameters that need to be controlled are temperature and relative humidity. Although certain classes of materials demand similar temperature and relative humidity conditions, a wide variety of museum objects that composing the organic, inorganic and composite collections have required quite different climatic targets. The cost and difficulty of preserving all collections entirely and also within a high quality level have accelerated the emergence of alternative approaches. The leading museums today aim to reduce energy consumption by using the wider range of climatic intervals that their collections can tolerate and also combining passive and active climate control methods to preserve their collections.

The purpose of the study is examining the effect of climate control on different object types, evaluating its historical development and alternative approaches. As a result of the research carried out with a literature review method, it has been revealed that climate control in museums has evolved into a process that requires experts from different disciplines working together, taking into consideration the past experiences and the support of new scientific studies as well as environmental awareness. Besides, it is evaluated that each museum should be climatized according to its unique conditions. In addition, the climate control methods preferred by the international museum examples such as San Francisco Museum of Modern Art, Sistine Chapel (Vatican Museums) and Galleria d'Arte Moderna Milano were analysed. Oral interviews performed with the specialists from some museums in Turkey including; İstanbul Archeology Museums, Mimar Sinan Fine Arts University İstanbul Painting and Sculpture Museum, Pera Museum and Sabancı University Sakıp Sabancı Museum. Climate control perspectives used in these museums have been evaluated.

KeyWords: Preventive Conservation, Air Conditioning, Climatization, Temperature, Relative Humidity.

ÖN SÖZ

Tüm insanlığa ait olan ve yeri doldurulmaz kültür varlıklarının gelecek nesillere aktarılması görevi, en uygun şekilde korunmalarını gerektirmektedir. Söz konusu müze koleksiyonları olduğunda bu görev; denetimli iç mekân koşullarının oluşturulmasını, bozulmaya yol açabilecek etmenlere yönelik önlemler alınmasını ve doğrudan koruma ve onarım uygulamalarının gerçekleştirilmesini içermektedir. Kültür varlıklarının korunması için gerçekleştirilen doğrudan müdahaleler onların özgün niteliklerinde ve görünümlerinde değişime yol açma ihtimalini barındırmakta, müdahale gerektirmeyen önleyici koruma yöntemleri ise özgünlüğü değiştirmeden uzun vadede etkili koruma imkânı sunmaktadır. Zira çoğu durumda mevcut bir bozulma sürecinin yavaşlatılması, müze koleksiyonları için oluşturulmuş uygun çevresel koşullar ile mümkündür. İklim denetimi, söz konusu uygun çevrelerin oluşturulması için sıcaklık ve bağıl nem değişkenlerini; koleksiyonlar, müze binası, personel ve ziyaretçiler için makul sınırlar arasında tutmaya çalışan, farklı disiplinlerden paydaşların müdahil olduğu uygulamaları tanımlamaktadır.

Önleyici koruma ve iklim denetimi kapsamında gelişen literatür, dinamik ve çok yönlü bir tartışma zemini oluşturmaktadır. Bu zemin üzerinde konuya yönelik bilgi birikimimi artırmak ve Türkçe bir başvuru kaynağı oluşturmak hedefiyle hazırladığım bu tez çalışması, disiplinlerarası bir yaklaşımı içermektedir. İklim denetiminin farklı koleksiyon türleri üzerindeki etkisini, tarihsel gelişimini, günümüzde başvurulan uygulamalarını ve alternatif yaklaşımlarını değerlendirmektedir.

Bu bağlamda tez savunma sürecimde jüri üyeliği yaparak çalışmama katkıda bulunan Doç. Dr. Kadriye Tezcan Akmehmet'e, Doç. Dr. Gülder Emre'ye, görev aldıkları müzelerde iklim denetim yöntemlerini değerlendirmem konusunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Rahmi Asal'a (İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürü), Prof. Ömer Yiğit Aral'a (MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Müdürü), Sayın Emir Son'a (İstanbul Arkeoloji Müzeleri Arkeoloğu), yoğun çalışma koşullarına rağmen ilgili izinleri pandemi sürecinde elektronik posta yoluyla tarafıma ileten Sayın Begüm Akkoyunlu Ersöz'e (Pera Müzesi Süreli Sergiler Yöneticisi) ve Sayın Nurçin Kural Özgörüş'e (Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi Konservasyon Laboratuvarı Yöneticisi), Sayın Eftal Kiraz'a (İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdür Vekili), Sayın Buket Kafadar Son'a (İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Konservatör-Restoratörü), çalışma süresince danışmanlığımı üstlenen, yönlendirme ve önerileri ile güç veren Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fevzi Uğuryol'a ve manevi refakati için ablam Aysun Ünsal'a teşekkürü bir borç bilirim.

İstanbul; Şubat 2021 Musa ÜNSAL

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
ÖN SÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xii**
RESİMLER LİSTESİ ..... **xiiv**
KISALTMALAR ..... **xvi**
SİMGELER ..... **xviii**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Sorun 2
1.2. Amaç 3
1.3. Kapsam ve Sınırlılıklar 4
1.4. Yöntem 5
1.5. Koruma Kavramları 6
2. MÜZELERDE KOLEKSİYONLARIN BOZULMASINA YOL AÇAN ETMENLER **11**
2.1. Sıcaklık ve Bağıl Nem 12
2.2. Kirleticiler 13
2.3. Işık 17
2.4. Biyolojik Etkinlik 19
2.5. Su Baskını ve Sel 22
2.6. Yangın 23
2.7. Hırsızlık ve Vandalizm 26
2.8. Fiziksel Kuvvetler 27

3. İÇ MEKÂN İKLİM KOŞULLARININ KOLEKSİYONLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 30
3.1. Deri 32
3.2. Tekstil 36
3.3. Metal 40
3.4. Plastik 46
3.5. Gözenekli ve Gevrek Malzemeler 50
3.6. Cam 53
3.7. Ahşap 55
3.8. Tuval Resmi 58
3.9. Elektronik Medya 63
3.10. Fotoğraf 68
3.11. Kâğıt 72
4. MÜZELERDE İKLİM DENETİMİNİN TARİHÇESİ 76
4.1. Erken Uygulamalar 77
4.2. Müzelerde Öncül İklim Denetimi Çabaları 79
4.3. I. Dünya Savaşı ve Sonrası 82
4.4. II. Dünya Savaşı 85
4.5. İklim Denetim Referanslarının Gelişimi 87
4.6. 1978 ve Sonrası 89
5. MÜZELERDE İKLİM DENETİM SÜRECİ 94
5.1. Denetlenen İklim Parametreleri 94
5.1.1. Nemle İlgili Kavramlar 94
5.1.1.1. Mutlak Nem (Özgül Nem), Doygunluk ve Bağıl Nem 95
5.1.1.2. Çiğ Noktası Sıcaklığı ve Yoğuşma 96
5.1.1.3. Denge Nem İçeriği 97
5.1.2. Nem Kaynakları 98
5.1.3. Nemin Taşınması 99

5.1.4. Isı ve Sıcaklık 100
5.1.5. Isı Kaynakları 101
5.1.6. Isının Taşınması 103
5.1.7. Hava Akışı 104
5.2. İklim Denetiminde Kullanılan Ölçüm Aletleri 107
5.2.1. Higrometreler 107
5.2.1.1. Ayna Soğutmalı Higrometreler 108
5.2.1.2. Gravimetrik Higrometreler 109
5.2.1.3. Mekanik Higrometreler 111
5.2.1.4. Psikrometreler 112
5.2.1.5. Kapasitans Temelli Higrometreler 114
5.2.1.6. Elektriksel Direnç Temelli Higrometreler 115
5.2.2. Termometreler 116
5.2.2.1. Alkol ve Cıva Termometreleri 116
5.2.2.2. Siyah Küre Termometreleri (Black Globe Thermometer) 117
5.2.2.3. Siyah Cisim Şeritleri (Black Body Strips) 117
5.2.2.4. Temas Sensörlü Termometreler 118
5.2.2.5. Kızılötesi Termometreler (Uzaklık Sıcaklık Sensörleri) 118
5.2.2.6. Yarı temaslı termometreler 119
5.2.3. Veri Kaydediciler 120
5.2.4. Anemometreler 121
5.3. İklim Denetim Yöntem ve Yaklaşımları 122
5.3.1. Pasif İklim Denetimi 124
5.3.1.1. Yapının Sıcaklık ve Nem Performansı 126
5.3.1.2. Yalıtım 128
5.3.1.3. Pasif Mikro İklimlendirme 130
5.3.1.4. Tamponlama Malzemelerinin Kullanımı 131
5.3.1.5. Depolama Çözümleri 137
5.3.2. Aktif İklim Denetimi 139
5.3.2.1. Sınırlı İklim Denetimi 140
5.3.2.2. Higrostatik Isıtma 143

5.3.2.3. Aktif Mikro İklimlendirme 144
5.3.2.4. Kapsamlı İklim Denetimi 148
5.4. İklim Denetiminde Belirleyici Hususlar ve Karar Süreci 151
5.4.1. Müze Mimarisi ve İklim Denetimi 152
5.4.2. Tarihi Binaların Müze Olarak İşlevlendirilmeleri 155
5.4.3. Kolekisyon Öncelikleri 158
5.4.4. Beşeri Gereksinimler 159
5.4.5. Ölçme ve İzleme 163
5.4.6. İklim Denetimi Referansları 168
5.4.7. Koruma Ölçütleri (Preservation Metrics) 171
5.4.7.1. Koruma Endeksi ve Zaman Ağırlıklı Koruma Endeksi 172
5.4.7.2. Bağıl Kalıcılık 173
5.4.7.3. Küf Risk Faktörü 174
5.4.7.4. Nem İçeriği ve Boyutsal Değişim Ölçütleri 174
5.4.8. Sürdürülebilirlik 174
5.4.9. Verim ve Tasarruf 177
5.4.10. İklim Değişikliği 188
5.4.11. Karbon Ayak İzi 192
5.4.12. Yeşil Müze 194
6. MÜZELERDE İKLİM DENETİM UYGULAMALARINA ÖRNEKLER.. 196
6.1. Dünyadan Örnekler 196
6.1.1. San Francisco Modern Sanat Müzesi 196
6.1.2. Sistine Şapeli 200
6.1.3. Milano Modern Sanat Galerisi 203
6.2. Türkiye'den Örnekler 207
6.2.1. İstanbul Arkeoloji Müzeleri 209
6.2.2. MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi, Resim Deposu 211
6.2.3. Pera Müzesi 213

6.2.4. Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi 216

7. SONUÇ 218

KAYNAKÇA 227

EKLER 251

Ek 1. Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Araştırma İzin Talebi 251

Ek 2. Sözlü Görüşme Protokolü 252

Ek 3. İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü Araştırma Yönlendirmesi 254

Ek 4. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Araştırma İzni 257

ÖZ GEÇMİŞ 260

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Kirletici Gaz ve Partiküllerin Nesne Sınıflarına Etkileri 14

Tablo 2: Metal türlerinde gerçekleşen korozyon türleri ve korozyonu destekleyen sebepler 43

Tablo 3: Müzelerde Kullanılabilecek Higrometre Türleri ve Temel Özellikleri 108

Tablo 4: İklim Denetim Türleri 124

Tablo 5: Müzelerde İklim Denetimi Referansları 170

Tablo 6: ASHRAE İklim Denetim Sınıfları 180

Tablo 7: Sistine Şapel'in mevsimsel çevre koşulları 201

Tablo 8: İstanbul ili için 1929 – 2019 yılları arasında aylık ortalama bağıl nem seviyeleri (%) 208

Tablo 9: İstanbul ili için 1929 – 2019 yılları arasında aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C) 208

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Metal yüzeyde korozyon oluşumu 42

Şekil 2: Plastiklerin sıcaklığa bağlı oksidatif bozulma seyri 47

Şekil 3: Ahşabın anizotropik büzülme ve genişleme aksları 56

Şekil 4: X-Işını Radyografisi ile görüntülenen resim katmanları 59

Şekil 5: Psikrometrik Çizelge 97

Şekil 6: Binalarda hava akış yolları: (a) Rüzgâr (b) Baca Etkisi (c) Havalandırma Sistemleri 106

Şekil 7: Kapasitans temelli higrometrenin sensör bileşenleri 114

Şekil 8: Elektriksel direnç temelli higrometrenin sensör bileşenleri 115

Şekil 9: Yarı temaslı termometrenin yapısı 119

Şekil 10: Kutu içinde kutu yaklaşımı 125

Şekil 11: (a) Geometrik ısıl köprüler, (b) Yapısal ısıl köprüler, (c) Sistematik ısıl köprüler, (d) Konvektif ısıl köprüler 128

Şekil 12: Denge nem içeriği-Bağıl nem performans eğrileri 132

Şekil 13: Silika jellerin tamponlama performansları 134

Şekil 14: Farklı sergi vitrinlerine dağıtım yapan mikro iklim üreteci 147

Şekil 15: Tipik bir iklimlendirme santralinin şematik gösterimi 149

Şekil 16: ASHRAE Konfor Sıcaklığı Grafiği 160

Şekil 17: Isıl konfora yönelik Fanger Modeli 162

Şekil 18: Sıcaklık ve bağıl nem diyagramı 166

Şekil 19: Psikrometrik Grafik 167

Şekil 20: Bir iç mekândaki ısıl farkların simülasyonu 168

Şekil 21: Isoperm eğrisi 173

Şekil 22: ASHRAE AA ve ASHRAE A sınıflarının referans durumuyla karşılaştırmalı enerji tüketimi 181

Şekil 23: Isıtma, soğutma, nemlendirme, nem giderme ve fan için metrekare başına yıllık enerji tüketimi 182

Şekil 24: Farklı iklim senaryolarında yıllık enerji talebi 183

Şekil 25: Mevcut iklim denetim yöntemine alternatif senaryoların verimlilik değerlendirmeleri 184

Şekil 26: Corps de Logis'de bulunan havalandırma sistemi 186

Şekil 27: SFMOMA'da mevsimsel bağıl nem hedefleri 198

Şekil 28: SFMOMA'nın eski ve yeni binasının elektrik tüketim oranları..... 199

Şekil 29: SFMOMA'nın eski ve yeni binasının doğal gaz tüketim oranları 200

Şekil 30: Sistine Şapeli güney cephesine yerleştirilen iklimlendirme santrali 202

Şekil 31: Milano Modern Sanat Galerisi'nde örnek odalarda yıllık bağıl nem değişimi 206

Şekil 32: Milano Modern Sanat Galerisi'nde örnek odalarda yıllık sıcaklık değişimi 206

Şekil 33: Resim deposunda bulunan iklim denetim ünitelerinin yerleşim planı 212

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Polyester mandallarla sabitlenen parşömen 36

Resim 2: Askeri bir üniformada aktif küf gelişimi..... 40

Resim 3: Polivinilklorürden üretilmiş oyuncak bir müze nesnesi yüzeyindeki katkı maddesi göçü..... 48

Resim 4: Seramik bir nesnede yüzeye tuz göçü (solda) ve tuzlar uzaklaştırıldıktan sonra yüzeyde görülen hasar (sağda) 52

Resim 5: Yüksek bağıl nem seviyelerinde kararsız soda-kireç camında gözlemlenen sisli görünüm..... 54

Resim 6: Tuval resminde düşük sıcaklık etkisine bağlı gerçekleşen çatlama 62

Resim 7: Selüloz asetat plak üzerinde gerçekleşen pul şeklinde dökülme..... 65

Resim 8: Yansıtıcı metal katmanda bağıl neme bağlı gerçekleşen oksitlenme sorunu 67

Resim 9: Bir el yazması kitapta görülen biyolojik hasar..... 74

Resim 10: Cetvel kırığı..... 75

Resim 11: Savaş başında Manod mağaralarına taşınan National Gallery koleksiyonu 87

Resim 12: a) İç mekândan dış duvarlara sızan yoğunlaşmış nem, b) İç mekân duvarlarında nem yoğunlaşması..... 100

Resim 13: Ayna soğutmalı higrometre..... 109

Resim 14: Adams Higrometresi 110

Resim 15: Gravimetrik Higrometre..... 110

Resim 16: Higrotermograf..... 112

Resim 17: Çevirmeli Psikrometre 113

Resim 18: Siyah küre termometresi 117

Resim 19: Veri kaydedici 121

Resim 20: Aktif nem denetimli vitrin örneği 145

Resim 21: Hava girişinin bir oda içerisindeki ısıl değişime olan etkisini gösteren simülasyon örneği 165

Resim 22: San Francisco Modern Sanat Müzesi 197

Resim 23: a) Şapel içinde hava dağıtımı b) Pencere altına yerleştirilen menfez 203

Resim 24: Milano Modern Sanat Galerisi 203

Resim 25: Meissner tipi kazanlar 204

Resim 26: Ana bina sergi salonlarında bulunan klima üniteleri..... 210

Resim 27: a) Resim deposunda bulunan iklim denetim ünitesi, b) havalandırma kanalları..... 213

Resim 28: Taşınabilir nem giderici 215

Resim 29: Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi 216

Resim 30: Koşullandırılmış havanın sergi salonlarına servis edildiği hava kanalları 217

KISALTMALAR

ASHRAE :American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği)

CAC :Canadian Association for Conservation of Cultural Property (Kanada Kültürel Miras Koruma Birliği)

CAPC :Canadian Association of Professional Conservators (Kanada Profesyonel Konservatörler Birliği)

diğ. :Diğerleri

ECCO :European Confederation of Conservator- Restorers' Organisations (Konservatör- Restoratör Örgütleri Avrupa Konfederasyonu)

HVAC :Heating Ventilating Air Conditioning (Isıtma Soğutma Hava Koşullandırma)

ICCROM :International Centre for the Study of The Preservation and Restoration of Cultural Property (Kültür Varlıklarının Korunması ve Onarımı Çalışmaları Uluslarası Merkezi)

ICOM :International Council of Museums (Uluslararası Müzeler Konseyi)

ICOM-CC :International Council of Museums- Committee for Conservation (Uluslararası Müzeler Konseyi- Koruma Komitesi)

ICOMOS :International Council on Monuments and Sites (Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi)

IIC :International Institute for Conservation (Uluslararası Koruma Enstitüsü)

IPM :Integrated Pest Management (Bütüncül Haşere Yönetimi)

KTVKK :Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu

KVMGM :Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü

NEDDC :Northeast Document Conservation Center (Kuzeydoğu Belge Koruma Merkezi)

s.y. :Sayfa yok

UNESCO :United Nations Organisation for Education, Science and Culture (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü)

VOC :Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşik)

WHO :World Health Organisation (Dünya Sağlık Örgütü)

vb. :Ve bunun gibi, ve benzeri, ve benzerleri

SİMGELER

C	:Santigrat
g/m³	:Gram bölü metreküp
F	:Fahrenhayt
Fpm	:Feet per minute (Dakikadaki feet sayısı)
K	:Kelvin
kg/m³	:Kilogram bölü metreküp
kj/kg	:Kilojul bölü kilogram
kWh	:Kilovatsaat
kWft²	:Kilovat feetkare
MBtu/ft²	:Million British thermal unit/feet square (Feetkare başına milyon cinsinden İngiliz ısıl birimi)
µg/m3	:Mikrogram bölü metreküp
mm	:Milimetre
m/s	:Metre bölü saniye
mWh	:Megavatsaat
µS	:Mikrosiemens
nm	:Nanometre
Pa	:Paskal
PM	:Particulate Matter (Partikül Madde)
ppb	:Parts per billion (Milyarda bir parçacık)
ppm	:Parts per million (Milyonda bir parçacık)
W/m²	:Vat bölü metrekare

1. GİRİŞ

"Müzelerde Önleyici Koruma" birçok alt başlığı ve karmaşık uygulamaları olan, farklı meslek gruplarının üzerine eğildiği çok yönlü bir disiplindir. Önleyici koruma çalışmaları temelde, koleksiyonların depolanması ve sergilenmesinde genel anlamda bir yalıtımı ve bozulmalara yol açan tüm çevresel koşulların ıslahını hedeflemektedir. Çevre koşullarının yorucu/zarar verici etkilerine daha az maruz kalmaları adına eserler yalıtımlı müze yapıları, korunaklı sergi ve depo mekânları ve nihayetinde tasarlanmış muhafaza kutuları içinde korunmalıdır. Yalıtımın yanı sıra çevresel koşulların ıslahı kapsamında gerçekleştirilen faaliyetlerin başında gelen iklim denetimi ise önleyici koruma için vazgeçilmezdir.

İklim denetimi; sıcaklığın ve bağıl nemin optimize edilmesi için yapılan çalışma ve uygulamaları içermektedir. Yalıtım sonrası istenilen değerlerin sağlanabilmesi ve bu değerlerin denetim altında tutulabilmesi adına, çeşitli araç ve yöntemler kullanılmaktadır. Yöntem ve malzemelerin seçiminde ise çeşitli parametreler etkendir. Üzerinde çalışılan koleksiyonun ve ziyaretçilerin konfor gereksinimleri, müze yapısının fiziki imkânları, enerji tüketimi-performans değerlendirmeleri ile müzenin bulunduğu coğrafyanın iklim koşulları, kurulum ve işletme maliyetleri ve bağlayıcı uluslararası standartlar gibi çok sayıda etmen, iklim denetiminin niteliğini belirlemektedir. Bu bağlamda belirli öncelikleri ve kıstasları olan müze iklimlendirme projeleri çoğu zaman farklı disiplinlerden paydaşlar gerektirmektedir. Sistemlerin henüz kurulum öncesinde tüm taraflarca değerlendirilmesi ve projelendirilmesi başarımı doğrudan yönlendirmektedir. Ancak maddi yetersizlikler, paydaşların ortak dili konuşmaması, tarafların ihtiyaçların tümüne yönelik bilgiye haiz olmamaları ve tarihi binaların müze olarak yeniden işlevlendirilmesinden kaynaklı uygulama kısıtları gibi sorunlar nedeniyle tarihi ya da yeni inşa edilmiş pek çok müze yapısında uygun iklimlendirme sistemi tasarlanamamakta ve tasavvur edilen iklim denetimi etkin olarak gerçekleşememektedir.

1.1. Sorun

Nesneler; nem ve sıcaklığa bağlı olarak mekanik, kimyasal ve biyolojik bozulmalara uğramaktadır. Çevre koşullarının denetlenmesi, bulundukları ortamla her an ilişki içinde olan organik, inorganik veya karma (kompozit) bileşenli müze nesnelerindeki bozulmanın yavaşlaması sonucunu doğurmaktadır. Bu kapsamda yapılan gözlem, akademik çalışma ve bilimsel deneyler alandaki bilgi eksikliğini gidermeye yöneliktir. Ne var ki, her bir çalışma, belirli bir iklim bölgesi, malzeme grubu ve özel uygulamaya odaklandığından, var olan tüm müze ve müze nesneleri için standart bir uygulamanın genelleştirilmesi olanaklı değildir. Her bir koleksiyonun yaşı, malzemesi ve korunma durumu farklı olduğu için çoğunlukla projeler genel kabuller üzerinden sayısallaştırılmaktadır. Bu doğrultuda başvurulan kaynaklar, genellikle iklim denetim tarihindeki öncül uygulamaların yankılarından ibarettir. Konservatörlerin ve koruma bilimcilerin öngördükleri farazi referanslar, her bir projenin kapsamlı bir analize dayanmamasından kaynaklı olarak, tartışılmaksızın doğrudan kabul gören standartlara dönüşmüştür. Zaman içinde takip eden akademik çalışmalar ile bugünün bilgi birikimi oluşmuş ve bu birikim mevcut katı kabullerin tartışılması sürecini başlatmıştır.

Literatürde müzelerde iklim denetimine yönelik sınırlı sayıdaki Türkçe kaynak da bahsi geçen referansları esas almış ve mevcut veriyi takip etmiştir. Daha ziyade malzeme ve müze örnekleri üzerinden yapılan uygulama değerlendirmeleri, konunun kavramsal perspektifine katkı sağlayamamıştır. Güncel konservasyon uygulamalarının elli yıl öncesinin referanslarıyla kıyaslanmasını içeren bu çalışmalar; koleksiyonların ihtiyaçlarını ve projenin imkânlarını değerlendirmeden, genel kabul görmüş değerlerin esas alınmasını önermektedir. Yabancı dildeki kaynaklarda ise, ilgili literatürün kayda değer bir kısmını, iklim denetim maliyeti, çevresel duyarlılık ve koleksiyonların korunması hedeflerini makul çözümlerle başarmaya çalışan güncel manevralar oluşturmaktadır (Lucchi, 2018, 185-191). Özellikle 1970'li yılların sonundan itibaren yaygınlık kazanan iklim denetim referansları, 1990'ların ortalarında yüksek sesli karşı çıkışlara hedef olmuş ve bu tartışma iklimi çok yönlü ve duyarlı bir gelişimi temellendirmiştir (Luciani, 2013, 80). Bugün, katı standartlara dönüşmüş ve ulaşılması oldukça zorlu bu önermelere bağlı kalmaktansa; temel ihtiyaçların gözetildiği, düşük bütçeli ve çevre dostu uygulamaların da yeterli korumayı sağlayabileceği öne sürülmektedir (Erhardt ve diğ., 2007, 15; Michalski, 2007b, 7). Ancak ülkemizde konuyla ilgili herhangi bir revizyon tartışılmamaktadır. Henüz kapsamlı araştırmalar

sonucu spesifik iklim denetim uygulamalarının denenmediği günümüz koşullarında temel sorun, bilgi üretimi için zemin oluşturabilecek bir arka planın olmamasıdır. Türkiye'de, Dünyadaki gelişmeler ile yaklaşık frekansın sağlanmaması, iklim denetiminin öneminin ve potansiyel faydalarının üzerinde yeterince durulmaması, yeni ve özgün bilginin oluşmasını engellemektedir.

Bu çalışmanın odaklandığı bir başka sorun ise literetürdeki çevreci, ekonomik ve esnek iklim denetim alternatiflerin ülkemizdeki eksikliğidir. Mevcut çalışma ve uygulamalar genellikle korunması istenilen nesnenin malzemesinin odak alındığı, bunun dışındaki tüm parametrelerin göz ardı edildiği veya daha az önemsendiği bir iskelet üzerinden kurgulanmıştır. İklim denetimine yönelik kronolojik bir süreç değerlendirmesinin yapılmamış olması, referans alınan sayısal değerlerin arka planlarına yönelik araştırma eksikliği ve gelecekte oluşturulması muhtemel bir hareket alanına dair bir Türkçe başvuru kaynağının bulunmaması, çalışmanın çıkış noktaları olan diğer sorunlardır. Zira söz konusu alanda Türkçe kaynak eksikliğinin giderilmesi, farklı disiplinlerden uzmanların bakış açılarını irdeleyen, verimli ve çevreci iklim denetim yollarının tesis edilmesini destekleme potansiyeline sahiptir.

1.2. Amaç

Çalışmanın amacı, müzelerde iklim denetiminin esaslarını ve güncel yaklaşımlarını değerlendirmektir. Bununla birlikte bir müzenin iklim denetim sisteminin tercih edilmesi sırasında dikkate alınması gereken etmenlerin bütüncül olarak irdelenmesi ile konuya yönelik Türkçe literatüre katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın hedefleri ise;

1. Müzelerde koleksiyonların bozulmasına yol açan etmenlerin tespiti,
2. İç mekân iklim koşullarının koleksiyonlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi,
3. Müzelerde iklim denetiminin tarihçesinin incelenmesi,
4. Müzelerde iklim denetim sürecinin ne şekilde ilerlemesi gerektiğinin tayinidir.

Yukarıda açıklanan sorunlardan hareketle; çalışmada öncelikle müze koleksiyonları için tehdit oluşturan etmenlerin incelenmesi hedeflenmiştir. Böylece önleyici koruma yaklaşımının mücadele etmeye çalıştığı alt unsurlar tartışılmıştır. İklimsel koşulların temel değişkenleri olan sıcaklık ve bağıl nemin diğer bozulma etmenleri ile olan

sinerjik ilişkisi ele alınmıştır. Çalışmanın 2. hedefi müze koleksiyonlarını oluşturan nesnelerin belirli başlıklar altında sınıflandırılması ve iklimsel koşullara verdikleri tepkinin değerlendirilmesidir. Bu doğrultuda nesnelerin; organik, inorganik ve karma yapıda sınıflandırılması düşünülmüşse de söz konusu tasnifin bazı nesne türlerinin özgün tepkilerini açıklamada yetersiz kalabileceğine hükmedilmiştir. Nesneler; deri, tekstil, metal, plastik, gözenekli ve gevrek malzemeler (taş, seramik, harç), cam, ahşap, tuval resmi, elektronik medya, fotoğraf ve kâğıt gibi başlıklar altında sınıflandırılmıştır. 3. hedef, kapsamlı bir kronolojik değerlendirme ile kullanılan sayısal ifadelerin temellerinin irdelenmesidir. Böylece geçmişin tecrübelerinin günümüz uygulamalarına etkisi takip edilmiştir. Önleyici korumaya yönelik sıkı iklim denetiminin sürdürülmesi, önemli miktarda enerji kullanımını gerektirmektedir. Uzun vadede bu kadar kapsamlı denetimin yüksek maliyetli olduğu, çoğu durumda elde edilmesi zor bir hedefe odaklandığı (kurulu donanımın verimine, binanın yapısına ve iklimin çeşitliliğine bağlı olarak) ve sürdürülebilir olmadığına dair genel bir algı söz konusudur (Alcantara, 2002, 30). Dahası, yükselen çevreci hassasiyetlerle birlikte iklim denetiminde kullanılan sistemlerin karbon ayak izi ve zararlı gaz salım oranları tartışılmaktadır. Çalışma kapsamında ulaşılmak istenen 4. hedef; buradan alınan ilhamla müzelerde tesis edilecek iklim denetim yönteminin seçiminde dikkat edilen etmenlerin ve iklim denetiminin süreç planlanmasının açıklanması olmuştur.

1.3. Kapsam ve Sınırlılıklar

Çalışmada müze iç mekânlarındaki sergi ve depo alanlarında pasif ve aktif iklim denetimlerine ve vitrin gibi mahfazalarda gerçekleştirilen mikro iklim denetimine yer verilmiştir. Söz konusu alanların tanımlı kapalı hacimlere sahip olması, iklimsel değişkenlerin ölçümünde, enerji ve nemin taşınma yolunun tanımlanmasında, iklim denetim sisteminin performansının değerlendirmesinde elverişli bir nitelik sunmaktadır. Açık hava müzeleri, müze bahçeleri, yarı açık sergi alanları gibi yalıtımsız alanlarda iklim denetimi, çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

Çalışmanın giriş kısmında araştırmanın üzerine eğildiği sorun, amaç, kapsam ve sınırlılıklar ile yöntem belirtilmekte, koruma kavramlarının tanımlarına yer verilmektedir. İkinci bölümde önleyici korumanın alt başlıklarından olan, bozulmaya yol açan etmenler değerlendirilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümü, iç mekân iklim koşullarının farklı nesne türlerini ne şekilde etkilediğini tartışmaktadır. İklim denetiminin tarihçesini ele alan dördüncü bölümü, müzelerde iklim denetim sürecinin kapsamlı bir şekilde incelendiği beşinci bölüm takip etmektedir. Çalışma seçilen müzeler üzerinden iklim denetimi yaklaşımlarının örneklendiği altıncı bölümün ardından, bütünsel bir değerlendirme ve alanda gerçekleştirilecek uygulama ve araştırmalara yönelik önerilerin olduğu yedinci bölüm ile son bulmaktadır.

Müzelerin iklim denetimleri üzerinden örneklendirilmesi sürecinde, belirlenmiş olan müzelerden konuya yönelik bilgi alınması, sözlü görüşmelerin gerçekleştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nden araştırma izni talep edilmiştir. Alınan izne binaen MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi'nden uzmanlarla yüzyüze, Pera Müzesi'nden uzmanlarla çevrimiçi olarak sözlü görüşmeler gerçekleştirilmiştir. İstanbul Arkeoloji Müzeleri'ne iletilen araştırma talebi, Müze Müdürlüğü'nce İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü ile İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü'ne yönlendirilmiştir (Ek 3). İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü uzmanlarından yazılı bilgiler edinilmiştir. Covid 19 pandemisi nedeniyle yüzyüze görüşmenin, iş yoğunluğu nedeniyle de çevrimiçi görüşmenin uygun olmadığı Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi uzmanlarından sözlü görüşmeye yönelik hazırlanmış sorulara (Ek 2) yazılı cevaplar temin edilmiştir. Deniz Müzesi'ne (İstanbul) yapılan başvuru, Ankara Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na iletilmiş ancak tez çalışmasının teslim edileceği tarih öncesinde herhangi bir yanıt alınamamıştır. Covid 19 pandemisi ve söz konusu izin süreci çalışmanının sınırlılıklarını oluşturmuştur.

1.4. Yöntem

Çalışmada literatür taraması, doküman incelemesi, sözlü görüşme ve örnek analizi yöntemleri kullanılmıştır. Belirtilen amaç ve kapsamın gerçekleştirilmesi için, konuyla ilgili birincil kaynaklar ve uluslararası standartlar referans alınmıştır. Bu anlamda müzeler ve iklim denetimini dâhil eden Avrupa Standartları, İngiliz Standartları ve Amerikan Standartları'na başvurulmuştur. Kapsamlı bir literatür çalışması yapılmış, Yıldız Teknik Üniversitesi'nin ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nin elektronik kaynakları ile veri tabanlarından yararlanılmıştır. Edinilen veriler ile bir bilgi havuzu

oluşturulmuş ve tanımlanan hedefler üzerinden söz konusu veriler sistemli olarak irdelenmiştir. Bununla birlikte idari yapıları, içinde bulundukları müze binaları ve kullandıkları iklim denetim sistemleri ile birbirinden ayrışan bazı uluslararası ve ulusal çapta müzeler, iklim denetimi özelinde örneklendirilmiştir. Örneklerin seçiminde, çalışma kapsamında tartışılan tarihi nitelikte bir binanın müze olarak işlevlendirilmesini temsil eden bir yapıya, yeni ve modern bir binada konuşlandırılmış bir müzeye, kapsamlı ve sınırlı iklim denetim yollarını ya da pasif iklim denetimini tercih eden müzelere yer verilmesi kaygısı güdülmüştür. Bunun için söz konusu müzelerden konuya yönelik bilgiye haiz personel ile sözlü görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

1.5. Koruma Kavramları

Ülkemizde önleyici koruma ile ilgili küresel olarak kullanılan teknik terimlerin Türkçe karşılıkları oluşturulmamıştır. Bu nedenle çalışma kapsamında zaman zaman İngilizce teknik terimlerin kullanılması gerekli olmuştur. Doğru ifade ve anlam bütünlüğü için kabul görmüş kurumların tanımlarından yararlanılmış ve ilgili çalıştay, sempozyum ve toplantı çıktılarına başvurulmuştur.

Toplumun belirli estetik, sanatsal, tarihi, bilimsel, sosyal, çevresel, manevi veya belgesel değer atfettiği nesneler, binalar ve ortamlar, "Kültürel Miras" olarak tanımlanmaktadır (ECCO, 2002, 1). Kültürel Miras'ın somut türü olan kültür varlıkları ise;

> "Tarih öncesi ve tarihi devirlere ait bilim, kültür, din ve güzel sanatlarla ilgili bulunan veya tarih öncesi ve tarihi devirlerde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan, yer üstünde, yer altında veya su altındaki, bütün taşınır ve taşınmaz varlıklar"

olarak tanımlanmıştır (Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 1983, 1). 2003 yılında UNESCO'ya üye devletler tarafından imzalanan "Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi" ile birlikte, somut olmayan değerler de kültürel miras kavramı içine dâhil edilmiştir (UNESCO, 2003, 1-15).

Taşınabilir kültür varlıklarına ev sahipliği yapan mekânların başında müzeler gelmektedir. Uluslararası Müzeler Konseyi (ICOM) müzeyi;

> "Kâr amacı gütmeyen, kalıcı, topluma ve toplumun gelişimine hizmet eden, halka açık, "somut" ve "somut olmayan" insanlık mirasını ve çevresini eğitim, çalışma ve eğlenme hedefi için edinen, koruyan, araştıran, ileten ve sergileyen kurum" (ICOM, 2007).

olarak nitelendirmektedir. Yukarıda, kapsamı ve işlevi tanımlanan müzeler, bugün çok çeşitli mekânlarda hizmet vermektedir. Genel anlamda müzeler, tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi ya da yeni mekânların temelden tasarlanması yolları ile toplumun hizmetine kazandırılmaktadır. Yöntem her ne olursa olsun temel amaçlardan biri, müzede sergilenmek üzere değer atfedilen eser, nesne ve malzemelerin korunmasına yönelik bir hacim ihtiyacının giderilmesidir. Bu anlamda müzeleri izole edilmiş depo alanlarından ayıran nitelikler, müzelerin belgeleme, araştırma, eğitim ve iletişim gibi diğer işlevleridir.

Müzeler; belirli bir estetik, enformatik, kronolojik perspektif ile ya da benzeri bir küratöryal yaklaşım çerçevesinde bir araya getirilen müze nesneleri için birer uygulama alanıdır. Uygulamaların içerikleri, müzelerin tanımlanan işlevlerinden referansla şekillenmektedir. Bu işlevlerden biri de, sahip oldukları koleksiyonları gelecek nesillere aktarmak üzere, güncel teknolojik gelişme ve uygulamalardan yararlanarak gerçekleştirdikleri koruma eylemidir.

Uluslararası terminolojide, müze ortamı özelinde korumayı işaret eden "Conservation", "Protection", "Prevention", "Preservation", "Safeguarding" kelimeleri, dilimizde yalnızca "koruma", "muhafaza etme" olarak karşılık bulmuştur. Koruma kelimesinin derleyici etkisine nazaran, ayrışan uygulamaları belirgin olarak tanımlayabilecek yeni kelimelerin türetilmesi ihtiyaçtır. İlgili alanda çalışan profesyonellerin ifadelerini kolaylaştıracak yeni kelimeler, tanımladıkları özerk alanların sınırlarını da keskinleştirecektir.

Eylül 2008'de Yeni Delhi'de düzenlenen 15. Trienal Konferansında, Uluslararası Müzeler Konseyi- Koruma Komitesi (ICOM-CC), iletişimi kolaylaştırmak için koruma terminolojisine ilişkin yeni bir karar almıştır. Bu karara göre, somut kültürel mirasın korunmasına yönelik olarak, Koruma (Conservation), Önleyici Koruma (Preventive Conservation), Etkin Koruma (Remedial Conservation) ve Restorasyon terimlerini tanımlamıştır. Koruma, mevcut kültürel mirasın korunmasını desteklemeye yönelik, şimdiki ve gelecek nesillerin erişimini sağlamak adına gerçekleştirilen tüm önlemler ve eylemler olarak açıklanmıştır (ICOM-CC, 2008, 1).

"Conservation" kelimesi latince "conservationem" sözcüğünden temel almaktadır. "Com-" pekiştirme anlamında bir ön ek olarak "servare" köküne eklenmiştir. "Servare" gözetmek, bakmak, sürdürmek anlamlarında kullanılmıştır (Online

Etymology Dictionary, [15.03.2019]). O halde zaman içerisinde değişime uğrayan "conservation" kelimesinin başlangıç anlamı "yoğun gözetim ve bunu sürdürme" olarak tanımlanabilir. Koruma anlamına gelen diğer sözcüklerden ayrışan yönü -pekiştirilmiş ya da güçlü bir anlamda gözetmeyi sürdürme- tanımlamasıdır. Bununla birlikte, Kanada Kültürel Mirası Korunma Birliği (CAC) ve Kanada Profesyonel Konservatör ve Restoratörler Birliği (CAPC), yayımladıkları "Etik Kodlar ve Uygulamalar İçin Yönlendirmeler" isimli bildiride, konservasyonu, kültür varlığının güvenle korunmasını amaçlayan tüm eylemler olarak tanımlamış ve eklemiştir;

> "…objenin fiziksel ve kimyasal yapısında somutlaşmış, kültürel açıdan önemli niteliklerini, mümkün olan en az müdahaleyle, araştırma, kaydetme, muhafaza etme ve eski haline getirme amaçlarıyla gerçekleştirilmelidir (CAC, 2000, 13)."

Buradan referansla, konservasyon kelimesi benzer anlamdaki diğer kelimeleri de kapsayan bir şemsiye olarak değerlendirilebilir. Yukarıda belirtilen çerçevede tanımlanan konservasyon kelimesinin, ülkemizde koruma olarak yaygın kullanımı söz konusudur. Önleyici koruma ise "gelecekteki bozulma veya kayıpların önlenmesi ve en aza indirgenmesini amaçlayan tüm tedbir ve eylemlerdir" olarak açıklanmıştır. Bu önlem ve eylemler, dolaylı olduğundan, öğelerin malzemelerine ve yapılarına müdahil olmaksızın ve görünümlerini değiştirmeden gerçekleştirilirler. Önleyici korumanın kapsamı; kayıt, depolama, taşıma, paketleme, güvenlik, çevresel koşulların ve bozulma etmenlerinin denetimi (ışık, nem, kirlilik ve haşere denetimi vb.), acil durum planlaması, personel eğitimi, kamuoyunun bilinçlendirilmesi olarak değerlendirilebilir (ICOM-CC, 2008, 1).

"Protection", "Preservation", "Prevention" terimleri ise görece daha da yakın anlamlardadır. Bu kelimelerin benzeşen yönleri dolayısıyla birbirleri yerine kullanılmaları, hedeflenen anlamlardan kaymalara yol açmıştır. Kelimelerin kökenleri değerlendirildiğinde tanımladıkları ifade daha kolay kavranabilecektir. "Pro-, Pre-" ön ekleri "öncül" anlamına gelmektedir. "Tegere" fiili, kalkan olmak/ korunak sağlamak olarak tanımlanmıştır. "Protection" kelimesinin karşılığı, "bir bozulmaya veya değişime karşı, öncesinde korunak sağlama" olarak değerlendirilebilir. "Servare" yukarıda da belirtildiği gibi gözetmek anlamına gelen bir fiil olarak kullanılmıştır. "Preservation" kelimesi için "güvenle muhafaza etmek" daha doğru bir önerme olacaktır. "Venire" fiil kökü, "gelmek" anlamındadır. "Prevention" kelimesinde ise tehlike ya da bozulmanın muhtemelen gerçekleşeceğine ve buna yönelik tedbir alınmasına bir işaret söz konusudur (Online Etymology Dictionary, [15.03.2019]).

Preservation anlamındaki koruma etkinliği, çevrenin ve kullanım koşullarının yönetimini irdeler ve kültür varlığını mümkün olduğunca istikrarlı bir fiziksel durumda korumak için çeşitli tedaviler içerebilir. Bazı arşiv malzemeleri gibi içeriği için özel olarak değer verilen malzemelerin yeniden biçimlendirilmesini de gerektirebilir (CAC, 2000, 13).

Bu aşamada örnekle açıklamak ince ayrımları daha anlaşılır kılacaktır. Örneğin, tarihi ve estetik bağlamda değer atfedilen bir heykelin, korunmasına yönelik tüm uygulama ihtimallerini ele aldığımızda koruma çabasıyla yapılan her işlem konservasyonun çatısı altında olacaktır. Kurşungeçirmez bir cam mahfazanın içerisinde sergilenmesi, vandal saldırılara yönelik bir kalkan görevi sunacağından, böyle bir koruma çabası "protection" olarak tanımlanabilir. "Preservation"da ise eserin belge niteliğini, yani kendisine değer atfını sağlayan özgün özelliklerini korumak birincil görevdir. Bu sebeple heykelin bir replikasının oluşturulması ve orijinal olanın daha güvenli koşullarda saklanmak üzere teşhirden kaldırılması, "preservation" olarak değerlendirilebilecek bir koruma çabasıdır. "Prevention"da ise tedbir alma eylemine vurgu yapılmaktadır. Bozulmayı önleyebilecek her türlü pasif müdahale, örneğin; çevre iklim koşullarının ıslahı, dilimizde de "Önleyici Koruma" olarak karşılık bulmuş olan "Preventive Conservation"ı tanımlamaktadır. Uluslarası literatürde sık karşılaşılan "safeguarding" ibaresinde vurgu -koruma işlevini gerçekleştiren veya koruma işlevinin gerçekleştirildiği yer- üzerindedir. Örneğin müzelerin koruma işlevi bir "safeguarding" eylemi olarak tanımlanabilir.

Sağaltıcı/İyileştirici/Tedavi Edici Koruma (Remedial Conservation); mevcut zarar verici süreçleri durdurmayı veya bir öğe ya da bir grup maddenin yapısını güçlendirmeyi amaçlayan doğrudan uygulanan tüm eylemler olarak tanımlanmıştır. Bu eylemler, nesnelerin kırılgan olması veya nispeten kısa bir sürede yok olma ihtimalinin bulunması gibi etkin koruma müdahalelerini gerektiren durumlarda gerçekleştirilir. Tekstillerin ve kâğıtların asitliğinin giderilmesi, seramiklerin tuzdan arındırılması, ıslak arkeolojik malzemelerin kontrollü olarak kurutulması, duvar resimlerinin sağlamlaştırılması, mozaiklerden otsu bitkilerin uzaklaştırılması gibi uygulamalar etkin koruma işlemlerine örnek olarak verilebilir (ICOM-CC, 2008, 1).

Restorasyon ise bir eserin anlaşılmasını ve kullanılmasını kolaylaştırmayı amaçlayan, doğrudan uygulanan tüm eylemler olarak açıklanmıştır. Bu eylemler, yalnızca geçmişte uygulanan değişiklikler veya oluşmaya başlamış bozulmalar nedeniyle,

nesne önemini veya işlevini kaybettiğinde gerçekleştirilir. Orijinal malzeme ve yapım tekniğine saygı duyulması hedeflenerek gerçekleştirilen bu tür işlemlerde çoğu zaman nesnenin mevcut halde kaybolmuş olan belli bir dönemindeki renk, doku veya biçimine kavuşturulması sağlanır. Böylelikle nesnenin görünümü de değiştirilmiş olur. Restorasyon uygulaması örnekleri, bir tabloya rötuş yapmak, kırık bir heykeli yeniden bütün hale getirmek, örgüsü dağılmış bir sepeti yeniden şekillendirmek, cam bir kabın üzerindeki kayıpları doldurmaktır. Koruma önlemleri ve eylemleri bazen birden fazla amaca hizmet edebilir. Örneğin, resimlerde bozulmuş verniğin temizliği ve yenilenmesi hem restorasyon hem de etkin koruma/konservasyon işlemleri olarak sınıflandırılabilir (ICOM-CC, 2008, 1).

2. MÜZELERDE KOLEKSİYONLARIN BOZULMASINA YOL AÇAN ETMENLER

Sanat eserleri ve kültür varlıkları; taşıdıkları estetik değerlerden enformatik verilere, ilham verici doğalarından tarihi niteliklerine kadar pek çok sebepten ötürü gelecek nesillere aktarılmak istenmektedir. Bu amaç doğrultusunda, kültür varlıklarından sorumlu kişi ve kurumlar; koleksiyonları, tarihi binaları, anıtları ve sitleri korumak için mevcut kaynakları en iyi şekilde kullanmaya çalışmalıdır.

Kültür varlıklarına yönelik tehlike türleri koleksiyonları, ani ve yıkıcı olaylardan (depremler, su taşkınları, yangınlar ve silahlı çatışmalar gibi), kademeli ve birikme yoluyla gerçekleşen süreçlere (kimyasal, fiziksel veya biyolojik bozulmalar gibi) kadar geniş bir yelpazede etkileyebilmektedir. Örneğin, bir müze yangınında ya da deprem durumunda, bina ve içerdiği koleksiyonda çok büyük çaplı değer kaybı yaşanabileceği gibi hem bina, hem de koleksiyonun tümden yitirilmesi ihtimali de söz konusudur. Böyle durumlarda bozulmaya yol açan afetlerle mücadelede, sakin dönemde bir acil durum yönetim planının oluşturulması, görevlendirilecek personelin ve olası senaryoların tanımlanması ve tatbikatların belirli aralıklarla gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir (Ertürk, 2019, 15; National Park Service, 2002, s.y.). Benzer durumlar için bir koruma programı geliştirilmeli ve tedavi önceliği bulunan nesneler tespit edilmelidir. Ayrıca, koleksiyondaki tüm nesnelerin ve mücadelede kullanılacak malzemelerin bulundukları konumların bilgileri, güncel ve ulaşılabilir olarak hazır bulundurulmalıdır. Dahası personel ile yerel acil durum hizmetleri arasında doğrudan iletişim tesis edilmelidir (Tremain, 2018b, s.y.).

Koleksiyonda birikime yoluyla ve kademeli olarak gerçekleşen bozulmalar ise; geleneksel tekstillerde gün ışığına maruz kalan renklerin solması, ahşap panellerde iklimsel dalgalanmalardan kaynaklı biçim değişimi ve kâğıt eserlerin asitliğinin artması gibi süreçleri içermektedir. Bazı durumlarda ise risk, kültür varlığına etkiyecek herhangi bir maddi zararla değil, taşıdığı bilginin kaybı ile ilişkilidir. Bu nedenle müze koleksiyonunun doğru şekilde belgelenmemesi ya da envanter belgelerinin

kaybolması da koleksiyonlarda değer kaybına yol açabilmektedir (ICCROM, 2016, 46).

Koleksiyonların korunması, nesnelerin bulundukları çevreye nasıl tepki verdiklerinin ve tümden bozulma potansiyellerinin anlaşılması ile mümkündür. Bu bağlamda çevresel etkilerin nasıl denetleneceğini bilmek hedefe ulaşmada önemli bir adımdır. Deprem, sel ve yangın gibi afetlerin çoğunun koleksiyona verdikleri hasar hızlıca fark edilebilecek türdendir. Bu tür tehditlerin mümkün olduğunca kontrol edilmesi veya ortadan kaldırılması gerektiği açıktır. Ancak, ışığa maruz kalma ve bağıl nem ile sıcaklık açısından uygun olmayan çevresel koşullarda bulunma gibi nedenlerle oluşan hasar, genellikle çok daha yavaş geliştiği ve daha zor fark edilebilir boyutlarda olduğu için göz ardı edilebilmektedir. Böylece küçük ölçekli tedbirler ile üstesinden gelinebilecek tehlikeler, ciddi sorunların oluşumuna yol açmaktadır (Erhardt ve diğ., 2007, 11). Çalışma kapsamında müze koleksiyonlarında bozulmaya yol açan etmenler; "Sıcaklık ve Bağıl Nem", "Kirleticiler", "Işık", "Biyolojik etkinlik", "Su taşkını ve Sel", "Yangın", "Hırsızlık ve Vandalizm" ve "Fiziksel kuvvetler" olarak sınıflandırılmıştır.

2.1. Sıcaklık ve Bağıl Nem

Sıcaklık ve bağıl nem; müzeler için yangın, hırsızlık ve biyolojik etkinlik gibi doğrudan birer bozulma etmeni olarak değerlendirilmemektedir. Zira sıcaklıktan veya bağıl nemden kaçınmak gerekli ve mümkün değildir. Ancak bu değişkenlerin aşırı uç seviyeleri koleksiyonları oluşturan nesnelerin ve müze binalarının zarar görmesine yol açmaktadır. Bu sebeple müzelerde sıcaklık ve bağıl nemden değil, bu değişkenlerin aşırı yüksek ve düşük seviyeleri ile kısa süreli zaman aralıklarındaki dalgalanma eğilimlerinden kaçınılması hedeflenmektedir.

Genel olarak sıcaklık ve bağıl nemi çevresel koşulları karakterize eden iki temel değişken olarak değerlendirmek mümkündür. Dinamik olarak herhangi birinde gerçekleşen bir değişim, diğerini de etkilemektedir. Örneğin herhangi bir bilinçli denetim çabası olmadığında sıcaklığın yükselmesi, bağıl nemin düşmesine yol açarken, yüksek bağıl nem seviyeleri sıcaklığın daha şiddetli hissedilmesine sebep olmakta ve konforu olumsuz etkilemektedir. Bu değişimler koleksiyonlar için uygun olmayan seviyelerde gerçekleştiğinde ise nesneler; mekanik, kimyasal ve biyolojik olarak bozulmaktadır.

Çalışmanın çatısını oluşturan sıcaklık ve bağıl nem değişkenlerinin, koleksiyonlara etkileri 3. Bölümde, tanımları, ölçüm yolları ve denetim süreçleri ise 5. bölümde detaylı olarak ele alınmaktadır.

2.2. Kirleticiler

Kimyasal olarak kararsız ya da yarı-kararlı elementler, periyodik cetvelin çok büyük bir kısmını oluşturur. Daha kararlı bileşikler oluşturmak üzere tepkimeye girmeleri, atomların doğada saf halde bulunma oranlarının düşüklüğünü göstermektedir. Müze koleksiyonlarındaki nesnelerin çoğu ise kararsız yapıda bileşenler içermektedir. Bu yüzden, kendilerini çevreleyen atmosfer ile etkileşerek, bozulma olarak niteleyebileceğimiz içsel tepkileri ve üretim sürecinde var olmayan ikincil ürünleri meydana getirebilmektedirler.

İç mekânların iklimsel koşulları ve kirletici gaz konsantrasyonları, kültür varlıklarının farklı bileşenlerinin bozulma süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Tablo 1, çeşitli nesne sınıflarının bozulma yollarını, bozulmaya sebep olan birincil kirleticileri ve bozulma sürecini hızlandıran çevresel etmenleri göstermektedir.

Müzelerdeki her türlü koruma değerlendirmesinde iç mekân ve dış ortam koşullarının karşılıklı ilişkilerini incelemek önemlidir (Andretta ve diğ., 2017, 161- 177). Hem kentsel hem de kırsal alanlarda binaları hava süzme tertibatı olup olmaması üzerinden karşılaştıran vaka çalışmaları; kirleticilerin binalara temel olarak serbest hava hareketi ile sızdığını göstermektedir. Bazı durumlarda pasif denetim önlemleri, dış mekândaki kirletici gazlar ve partiküller ile mücadele için yeterli olmaktadır. Ancak özellikle yüksek kirlilik seviyesine sahip kentsel alanlarda, aktif hava süzme sistemlerinin kullanımı önerilmektedir (Rhyl-Svedsen, 2006, 27).

Hava; azot (yaklaşık %78) ve oksijen (yaklaşık %21) gazlarının yoğunlukta olduğu ve yaklaşık %1 oranında Argon ve çok az miktarda diğer gazları içeren bir karışımdır. Ancak oranı çok düşük olan bu gazlar koleksiyonları ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Ozon, hidrojen sülfür, kükürt dioksit, azot dioksit ve çeşitli "uçucu organik bileşikler" (klorlu bileşikler, aldehitler, karboksilli asitler vb.), %1'lik oran içinde bulunan zararlı gaz kirleticiler olarak değerlendirilmektedir. Müze ortamında uçucu organik bileşikler açığa çıkaran malzemeler arasında koleksiyonlara en büyük hasarı verenler, onlarla yakın ilişkide olan uygunsuz sergileme, depolama mobilya ve malzemeleridir

(Uğuryol, 2012b, 115-133). Müze iç mekânlarında bulunabilen ve koleksiyonlara zarar veren başlıca dış kaynaklı gaz kirleticiler ise kükürt oksitler ve azot oksitlerdir.

Tablo 1: Kirletici Gaz ve Partiküllerin Nesne Sınıflarına Etkileri

Nesne	**Bozulma**	**Birincil Kirletici**	**Bozulmayı hızlandıran çevresel etmen**
Seramik	Yüzey hasarı	Asidik gazlar	Nem
Deri	Mukavemet kaybı, yüzeyde tozuma	Kükürt oksitler	Mekanik zorlama
Metal	Korozyon/kararma	Kükürt oksitler ve diğer asidik gazlar	Nem, oksijen, çözülebilir tuzlar
Resim	Yüzey katmanlarında aşınma, renkte bozulma	Kükürt oksitler, hidrojen sülfür, ozon, katı partiküller	Nem, gün ışığı, mikroorganizmalar
Kâğıt	Kırılganlık	Kükürt oksitler	Nem, mekanik zorlama
Taş	Yüzey erozyonu, renkte bozulma	Kükürt oksitler, azot oksitler, katı partiküller	Nem, sıcaklık dalgalanmaları, çözülebilir tuzlar, titreşim, mikroorganizmalar, karbondioksit
Tekstil	Liflerde zayıflama, gevrekleşme, lekelenme	Kükürt oksitler, azot oksitler, katı partiküller	Nem, güneş ışığı, mekanik zorlama
Tekstil boyaları ve pigmentler	Solma, renkte bozulma	Azot oksitler, ozon	Gün ışığı

National Park Service. 2016. **The Museum Handbook: Part I: Museum Collections.** Washington: 59.

Bir karboksilli asit olan asetik asit, teşhir veya depolama için uygun olmayan malzemeden yapılmış mobilyalar kullanıldığında, iç mekânlarda üretilebilen zayıf bir asittir. Özellikle kurşun elementi içeren eser ve nesnelerde, oksitlenmeye bağlı olarak hasar oluşturur. Asetik aside oranla daha kuvvetli bir kirletici olan sülfürik asit ise kükürt dioksitin bir ürünüdür (Tetreault, 2003, s.y.). Sülfürik asit güçlü bir asittir ve uçucu olmadığı için yüzeylerde birikme eğilimindedir (Uğuryol, 2012b, 116). Hızlıca tutunma potansiyelinden dolayı dış yüzeylerdeki (örneğin bina cepheleri ve dış mekânda sergilenen heykeller) konsantrasyonları iç yüzeylerden genellikle fazladır. İç mekânlardaki konsantrasyonları; hava akışına, kullanılan filtre türüne ve filtre

konumuna bağlı olarak değişebilir (Thomson, 1986, 138). Bir diğer kükürtlü bileşik olan hidrojen sülfür ise resimlerde bulunabilen kurşun gibi metallerle etkileşerek renk koyulaşmasına yol açar (Tetreault, 2003, s.y.).

Araçlarda yanma artığı olarak açığa çıkan ve endüstriyel faaliyetler sırasında üretilen azot dioksit gazı, nitrik asit oluşumuna yol açar. Yün ve pamuk gibi organik yapılar azot dioksite duyarlıdır. Aşındırıcı etkiye sebep olan nitrik asit, uçucu olması sebebiyle yüzeylerde birikmese de sülfürik asit kadar kuvvetli bir asittir (Uğuryol, 2012b, 117). Hem nitrik asit, hem azot dioksit; pigmentlerde renk solmasına, kâğıtların asitlik değerinin artmasına ve bitkisel olarak tabaklanmış derinin bozulmasına neden olmaktadır. Nitrik asit ayrıca, metallerin aşınmasına, selüozun hidrolizine, kalkerli taşlar ve duvar resimlerinde ayrışmaya yol açmaktadır. Dahası, diğer kirletici gazlarla sinerjik etkileri mevcut bozulmaları hızlandırmaktadır (Thomson, 1986, 152).

Kirletici gaz ve partiküllerin tanımlanması ve uluslararası biçimde ifade edilmesi, mücadele yönteminin seçimi ve uygun filtre tercihinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Bazı partiküller durgun havada çökebilecek kadar ağırken, binaların en kuytu kısımlarına yerleşebilecek olan ve koleksiyonlara birincil derecede zarar veren partiküller genellikle daha hafif olanlardır. Toz gibi partiküller, eşdeğer bir aerodinamik davranışa ve birim yoğunluğa sahip bir küre çapı (aerodinamik çap) üzerinden tanımlanır. Örneğin, PM2,5 (PM: Particulate Matter); aerodinamik çapı 2,5 mikrometreye eşit ve daha az olan partikülleri ifade eder. Sülfat, nitrat bileşikleri, organik karbonlar bu grup altında sınıflandırılabilir. Yanma artıkları, mikrobiyolojik zararlılar ve deri kalıntıları gibi maddeler ise görece daha büyük partiküller olup PM10 ve üzeri boyutsal sınıfta tanımlanırlar. İnce partiküller yüzeylerde birikerek lekelenmeye yol açabilirler (Tetreault, 2003, s.y.).

Havada bulunan kirletici gazların konsantrasyonları, ppm (parts per million) ve ppb (parts per billion) cinsinden oransal olarak ya da birim hacimdeki kirletici kütlesi (mikrogram/metreküp, $\mu g/m^3$) esas alınarak ifade edilmektedir. Molekül ağırlığı veya parçacık boyutu üzerinden yapılan tanımlamalarda ise mikrogram (1/1000 miligram) ya da mikron (1/1000 milimetre) ölçütleri kullanılmaktadır. Burada mikron yarıçapı değil, çapı tanımlamaktadır ve genellikle 15-20 mikrondan büyük parçacıklar, kaynaklarının yakınında veya pencere pervazları gibi hava akışının devam ettiği duraklarda çökecek ağırlıktadır (Thomson, 1986, 130-133). O halde parçacık aerodinamiği, boyut ve ağırlıkla doğrudan bağlantılıdır.

Boyutu ne olursa olsun, kirletici gaz ve partiküllerin koleksiyonla teması mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Etkili koruma planlamaları ile hem pahalı, hem de zaman alan uygulamaların önüne geçilebilmektedir. Bu noktada kirleticilerin bulunma yoğunluğu ve malzemelerin bozulmaya başladığı konsantrasyon önemlidir. Risk yönetimi terminolojisinde, olumsuz etkinin gözlemlenebilir olduğu en düşük değer "Lowest Observed Adverse Effect Dose" (LOADED), bozulmanın gerçekleşeceği sınır değerini ifade etmektedir (Tetreault, 2003, s.y.). Bu değerin gözetildiği iklim denetim uygulamaları, başarılı işletimlere olanak sağlamaktadır.

Denetim uygulamaları, havadaki bir veya daha fazla kirletici maddeyi, belirli bir seviyeye düşürmeyi amaçlayan ve böylece nesnelerin maruz kaldıkları bozulma oranlarını sınırlayan, koordine edilmiş önlemlerdir. Koleksiyonları kirleticilerden korumak için en iyi önlemler; kirletici kaynaklardan mümkün olduğunca kaçınmak ve kirleticilerin iç mekânlara girişini sınırlandırmaktır. Yeni inşa edilecek müzelerde, bu gibi sorunların oluşmasının önüne geçmek için, konum belirlenirken; çevre kirliliği yayan endüstriler ile baskın rüzgârların hâkim olduğu konumlardan kaçınılması önerilmektedir (Tetreault, 2003, s.y.). Ayrıca bina kabuğunu oluşturan malzemenin doğru seçimi de denetim mekanizmalarını kolaylaştırmaktadır. Toishi (1967) yaptığı çalışmalar sonucu; yeni nesil binalarda kullanılan beton ve çimento içeriklerinin 0,01 mikron seviyesinde ultra ince partikülleri açığa çıkardığını ve bu partiküllerin sıradan hava filtreleri kullanılarak süzülemediğini belirtmektedir. Ayrıca söz konusu partiküllerin yağlıboya, ipek ve bazı pigmentleri bozabilecek karakterde olduğunu savunmaktadır. Çözüm olarak ise duvarlara ince partiküllerin salımını sınırlandıran vernik ve boya uygulamalarını önermektedir (aktaran Thomson, 1986, 133).

Müzelerde ve kültür varlığı niteliğindeki binalarda insanların belirli bir alanda uzun süre kalmaları çok sık karşılaşılan bir durum olmadığından, iç mekândaki karbondioksit (CO_2) yoğunluğu nadiren sorun teşkil etmektedir. Ancak iç mekân mikro iklimini karakterize etmek için kullanılan CO_2 konsantrasyonunun ölçümü, hava kalitesi için bir belirteç olarak değerlendirilmektedir. Zira kapalı bir birim hacimde ziyaretçilerin girişinden birkaç dakika sonra CO_2 miktarı, 300-500 ppm bazal değerinden 800-1500 ppm'ye yükselebilmektedir. Ziyaretçiler ayrıldığında, havalandırma gerçekleştirilmese dahi CO_2 konsantrasyonu zamanla azalmaktadır. Bununla birlikte CO_2 konsantrasyonunun değiştiği hız; hava kaçağı ve hava

hareketinin miktarını göstermekte ve alandaki kirleticilerin seyreltilme kapasitesini işaret etmektedir (Pretelli, Fabbri, 2018, 38).

Farklı boyutlardaki partiküller ile kirletici gazlar insan sağlığını da tehdit etmektedir. Böyle maddelerin bulunduğu ve biriktiği iç mekânlarda fazla zaman geçiren bireyler için hava kalitesinin iyileştirilmesi, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) çalışma konularından biridir. Bu bağlamda, "WHO 2008 İç Hava Kalitesi için Program ve Kılavuzlar" isimli bildiri ile bazı uluslararası standartlar belirlenmiş ve küflerin, alerjenlerin, karbonmonoksit gazının, uçucu organik bileşiklerin, asbest tozunun ve ozon gibi bileşenlerin, iç mekân hava kalitesini düşürdüğü sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, düşen iç mekân hava kalitesini ve konforunu yükseltmek için en çok kullanılan yöntemin uygun havalandırma olduğu değerlendirilmiştir (Pretelli, Fabbri, 2018, 36-38). Havalandırma ile kirletici konsantrasyonlarının azaltılması koleksiyonların korunması açısından da müspet olmakla birlikte, gelişigüzel havalandırmanın iklim denetimine olumsuz etki edebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

2.3. Işık

Elektromanyetik tayf (spektrum); elektromanyetik dalgaların, dalga boylarına göre düzenlenmiş grafik gösterimi olarak tanımlanmaktadır. Tayfın belirli aralıkları için; gama ışını, X-ışını, morötesi ışınım, görünür ışık, kızılötesi ışınım, mikrodalga ve radyo frekansı gibi özel isimler kullanılmaktadır (Zwinkels, 2015, 1-4). Işık ise; elektromanyetik tayf içinde bulunan ve gözün algılayabildiği radyasyon bandını ifade etmektedir. Koleksiyonların sergilenebilmesi için ışığa ihtiyaç duyulmaktadır ancak ışık koleksiyonların hasar görmesine yol açan pek çok kimyasal tepkimeyi hızlandırmaktadır. Bu sebeple denetlenmesi gerekmektedir. Koleksiyonların maruz kaldığı morötesi ve kızılötesi ışınımlar ise, görme eylemi için gerekli olmayan ve yalnızca koleksiyonların zarar görmesine sebep olan tayf aralıklarını ifade etmektedir. Dolayısıyla, morötesi ve kızılötesi ışınımın doğal ya da yapay ışık kaynakları yoluyla koleksiyonlara ulaşması engellenmeye çalışılmaktadır (Michalski, 2018, s.y.; Sirel, 1999, 113-122).

Aydınlatma, belirli bir ihtiyaca cevap olarak gerçekleştirilen ışık denetim tekniğidir. Teknik planlanırken, yalnızca ışık kaynaklarının nitelikleri değil, aynı zamanda aydınlatılan nesnelerin özellikleri de (tarihsel, sosyolojik, sanatsal vb.) dikkate

alınmaktadır. Bu doğrultuda müzelerde aydınlatma; uzman desteği alınması gereken bir tasarım ve uygulama alanıdır. Zira müzelerin faaliyetleri çok ve çeşitli olduğundan, her müzenin hatta her koleksiyon ve nesnenin sergilenmesinde ışık gereksinimleri farklı olmaktadır (Ezrati, 2014, 1-2). Sergi alanlarındaki eserlerin görünürlüğünün istenen şekilde sağlanması ve eserlerin ışıktan kaynaklı zarar görme risklerinin azaltılması, tasarımı şekillendiren iki temel unsurdur (Michalski, 2018, s.y.). Bugün birçok müzede değişken ve denetimsiz aydınlatma düzenlemeleri kullanılıyor olsa da, hem koruma bilincini destekleyen, hem de ziyaretçi taleplerini karşılayan tasarımlar yaygınlık kazanmaya başlamıştır.

Işık, müze nesnelerinde onarılmaz hasara neden olan bir bozulma etmenidir. Işıktan kaynaklı hasar sadece malzemenin türüne değil, aynı zamanda ışığın tayfsal niteliğine de bağlıdır zira ışık bir enerji biçimidir. Morötesi ışınımlar ve görünür ışık, organik malzemelerin kimyasal tepkimeleri için gerekli enerji miktarını karşılayabilecek niteliktedir (Thomson, 1986, 15). Bu enerji, eserlerde solma, kararma, sararma, gevrekleşme, sertleşme ve diğer pek çok kimyasal ve fiziksel değişikliği meydana getirmektedir. Kızılötesi ışınımlar ise yalnızca açığa çıkardıkları ısı enerjisi ile bozulma süreçlerine katılmaktadır.

Işık kaynakları, ısı üretenler ve üretmeyenler olarak iki temel sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan ısı üretenler; pratik olarak tungsten veya benzeri bir maddenin elektrik enerjisi kullanarak ısıtılmasıyla ışıması prensibini temel almaktadır. Isı üretmeyenler ise; deşarj, lüminesan ve elektro-lüminesan gibi alt türlerden oluşmaktadır. Deşarj tipte olanlar; flüoresan lambalar, cıva, sodyum ve metal halit lambalarıdır. Giderek daha yaygın kullanılan LED'ler (ışık yayan diyotlar) ise elektro-lüminesan tipte ışık kaynaklarıdır (Yöndem, 2019, 48). Ledler, yarı iletken malzemeden elektronların hareketi yoluyla ışık üretmektedir. Müzelerde enerji verimliliği konusundaki avantajlarının yanı sıra, morötesi ve kızılötesi ışınımları da asgari düzeyde üretmektedir (Koçyan, 2013, 112). Ancak gerçek renk oluşturmada sorunlu ve oluşturulan rengi koruma konusunda kararsız olmaları sebebiyle müzelerde kullanımları halen aktif bir tartışma konusudur (National Park Service, 2016, 56). Bununla birlikte gelişen teknoloji, gelecekte LED'lerin müzelerde daha yaygın olarak kullanılma olasılığını artırmaktadır (Koçyan, 2013, 111).

2.4. Biyolojik Etkinlik

Kültür varlıklarında hasara sebep olan biyolojik zararlıların başlıcaları mikroorganizmalar, böcekler ve kemirgenlerdir. Organik nesneler, mantar ve bakterilere karşı oldukça hassastır. Her bir mikroorganizma türü çok çeşitli bozulmalara sebep olsa da, hasar çoğu durumda birikme yoluyla gerçekleşmektedir. Mikroorganizma kolonilerinin gelişimi; bağıl nem, sıcaklık, besin mevcudiyeti ve pH gibi etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Mantarlar ve bakteriler; malzemelerin gelişim gösterdikleri bölgelerinde parçalanma, lekelenme, mukavemet kaybı gibi sonuçlara yol açmalarının yanı sıra parçaladıkları özdeklerin böcekler tarafından besin olarak tüketilmelerine de sebep olmaktadır (Strang, Kigawa, 2018, s.y.). Bununla birlikte, bakteri ve mantarlar yüksek konsantrasyonlarda bulundukları zaman veya kronik maruz kalma durumlarında (örneğin sağlıksız müze depoları ve arşivlerde), insanlar için alerjik semptomlar ve ciddi solunum yolu rahatsızlıkları meydana getirmektedir (Strang, Kigawa, 2018, s.y.).

Böcekler ve diğer eklembacaklılar ise; küçük boyutları, hızlı hareket kabiliyetleri, duyusal yetenekleri ve hızlı çoğalmaları nedeniyle, kendilerini cezbeden organik koleksiyonlar için birer tehdit oluşturmaktadır. Yiyecek ve barınma gereksinimlerini koleksiyonlardan sağlayabilen böcekler ve diğer eklembacaklıların sıcak ve nemli ortamlarda etkinliği artmakta; söz konusu etkinlik leke oluşumundan, organik malzemelerin tamamen sindirilmesine kadar uzanan geniş çapta hasara sebep olabilmektedir (Strang, Kigawa, 2018, sy).

2004 yılı itibarıyla, Montreal Protokolü kapsamında "Ozon tabakasına zarar veren maddeler" listesinde olan metil bromürün böceklerle mücadelede kullanımı yasaklanmıştır (Sonoda, Hidaka, 2013, 88). Ancak müzelerde kimyasal olmayan yöntemlerin kullanımına yönelik ilgi ve araştırmaların artışına rağmen, özellikle doğa tarihi müzelerinde, hala büyük oranda böcek öldürücü kimyasallar kullanılmaktadır. Bu durum genel anlamda, alışılagelmiş çözümlerin devam ettirilmesi ve müzelerin konuya yönelik deneyim eksikliklerinden kaynaklanmaktadır (Linnie, 1997, 414).

Müzelerde sıklıkla kullanılan kimyasal ajanlar; paradiklorobenzen, kristal formda naftalin ve PVC üzerine etken madde emdirilmiş bantlardan olan Vapona™ gibi ticari ürünlerdir. Böyle malzemeler, caydırıcı etki ve uzun süreli koruma için tercih edilmektedir. Naftalin ve diklorobenzen kabinlerin köşelerine ve düşük hacimli

mahfaza kutularına serpiştirilerek, Vapona™ gibi bant biçiminde ürünler ise sergi ve depo alanlarına asılarak kullanılmaktadır. Linnie 1994'te yaptığı araştırmada, müzelerde potansiyel böcek istilasına karşın kullanılacak kimyasalların seçiminde göz önünde bulundurulması gereken başlıca kriterleri;

- Müze personel ve ziyaretçileri için sağlığa etkileri,
- Belirli kimyasalların zararlılar üzerindeki etkileri,
- Uygulama kolaylığı ve maliyet,
- Kimyasal maddenin kalıntı ömrü olarak belirlemiştir.

Kimyasal öldürücülerin (pestisit) müze malzemesi üzerindeki potansiyel riskleri ve müze ortamında kullanılan kimyasallar için maruz kalma eşikleri (threshold limits) çeşitli araştırmacılar tarafından tartışılmaktadır. Toksiklik ve kalıntı ömürlerinin azaltılmasında temel faktörler; kullanılan kimyasal maddenin uçucu özellikleri, ortam sıcaklığı, uygulandıkları alandaki her bir bölmenin yapısı, kondisyonu ve havalandırma sıklığıdır (Linnie, 1997, 414-424).

Böceklerle mücadelede önemli faktörlerden biri, varlığı tespit edilmiş böceğin türünün belirlenmesidir. Bu bağlamda böcekleri cezbeden sentetik feromonlardan[1] yararlanılmaktadır. Geleneksel olarak bu tür uygulamalarda, depolar ve sergi alanları içindeki stratejik yerlere konuşlandırılmış yapışkan tuzaklar kullanılmaktadır. Feromon içeren bu tuzaklar belirli bir haşere türünü hedef alma ve yakalama oranlarını artırma konusunda etkilidir. Bununla birlikte sık karşılaşılan bir problem, pek çok feromon bileşiminin, türlerin yalnızca erkek bireylerini çekme kabiliyetinden kaynaklanmaktadır (Ackery, Pinniger, 1999, 67-71). Bir dizi konuma yerleştirilmiş ve düzenli olarak incelenen tuzaklar, haşere oluşumunun zamansal ve mekânsal bir resmini yavaş yavaş ortaya çıkarmaktadır.

Böcek larvalarını öldürmenin en etkili yolarından biri dondurmadır. Ancak özellikle ahşap kınkanatlıları gibi bazı biyolojik zararlıların, donma noktasının altındaki sıcaklıklarda hayatta kalabildikleri ve larvalarının da soğuğa hızlı şekilde uyum gösterebildiği bilinmektedir. Bu yüzden -20°C'lik dondurucu seviyeye hızlı bir şekilde erişilmesi önemlidir (Patrascu ve diğ., 2018, 155). -20°C, -30°C gibi düşük sıcaklıkta haşere yok etme yöntemi müzelerde 1980'lerin ortalarından beri tercih edilmektedir.

[1] Feromon: Böceklerin hayatlarını devam ettirebilmeleri için, aynı türe ait bireyleri arasında gerekli iletişimi tesis etmelerini sağlayan kimyasal salgılardır (Coşkuncu, 2004, 92).

İlerleyen süreçte anoksik yöntemlerin gelişimi ile birlikte bütüncül haşere yönetim planları[2] (IPM) çeşitlense de uygulama kolaylığı, toksik etkisi olmaması, fiyat-performans endeksi ve etkili çözüm avantajları ile dondurma işlemi halen kullanılmaktadır. Ahşap, tekstil ve kâğıtları içeren araştırmalar, gerekli önlemler alındığında, haşere kontrolü için tekrarlanan donma döngülerinin yapısal bir hasara yol açmadığını göstermektedir (Carrlee, 2003, 157).

Biyolojik zararlıları yok etmek için kimyasal olmayan yöntemler aranırken, değerlendirilen seçeneklerden bir diğeri mikrodalga ile ısıtmadır. Bu yöntem, böceklerin farklı yaşam evrelerinde (yumurta, larva ve yetişkin) sıcaklıkla birlikte solunum gibi biyolojik etkinliklerini hızlandırmayı ve sonucunda ölümcül seviyede yüksek su kaybına yol açmayı temel almaktadır. Isıtma süresi, haşerenin ölümü için gerekli ısı miktarına ve tatbik edilen nesnenin nem içeriğine bağlıdır. En kullanışlı yöntem, enfekte malzemeyi 50°C'nin üzerine kadar ısıtmaktır. Ancak ısıtma süresince yağlıboya gibi hassas eserlerde bağıl nem kaynaklı sorunlarının oluşumunun engellenmesi için önlemler alınmalıdır. Tedavi, özellikle taşınabilirlik ve kolay kullanım avantajları ile tercih edilmektedir. Bununla birlikte biyolojik zararlılarla mücadelede etkisiz gaz kullanımları da oldukça yaygındır. Böyle yöntemler; karbondioksit, azot ve argon kullanarak oksijen seviyesini düşürme prensibiyle çalışmaktadır ve nesnelerin hava geçirmez mahfazalar içerisine alınmasını gerektirmektedir. Oksijen miktarının %0,2 seviyesinin altına düşmesi, böceklerin vücutlarında glikoz üretiminin sekteye uğramasına ve kilo kaybı sonucu ölümlerine sebep olmaktadır. Ölüm oranı, sıcaklık değerine, bağıl nem seviyesine, müdahale süresine ve böcek türüne bağlıdır (Patrascu ve diğ., 2018, 155-162).

Kemirgenler sınıfında yer alan sıçanlar ve fareler ise; müzeler de dâhil pek çok yapı için bir risk faktörüdür. Kolayca tırmanma, yüzme, yuva yapma, kemirme ve hızlı üreme kabiliyetinde olan bu memeli zararlılar, insan yiyecekleri ve çöpleriyle beslendikleri için, sıklıkla binaların bu tür maddeleri bulunduran bölümlerinde çoğalırlar. Tüm kemirgenlerin etkinliği gıda mevcudiyeti ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Bu sebeple mücadele yöntemleri, genellikle gıdaya ve suya erişimlerini önlemeye yöneliktir (Strang, Kigawa, 2018, s.y.).

[2] Bütüncül Haşere Yönetimi (IPM): Müzeler, kütüphaneler, arşivler ve tarihi binalardaki, haşere istilasının önlenmesine ve pestisit uygulamalarının azaltılmasına odaklanan önleyici koruma yöntemidir (Querner, 2015, 596).

2.5. Su Baskını ve Sel

Müze koleksiyonlarının bozulma süreçlerinde suyun önemli bir yeri bulunmaktadır. Su, hem gaz halinde koleksiyonlara etkimekte, hem de sıvı halde temas etmesi sonucunda kalıcı hasarlara yol açabilmektedir. Kısa süreli temaslar bile ciddi bozulmaları tetikleyebilmektedir. Diğer bozulma türlerinin etkisiyle birleştiğinde su hasarı daha da yıkıcı olmaktadır. Örneğin, havadaki kirletici gazlarla etkileştiği için asitliği artan kâğıtlar daha fazla nem tutma eğilimindedir ve mekanik dayanımları su temasından sonra çok daha hızlı şekilde azalmaktadır.

Su, kitapta ve kitabın deri kısımlarında yumuşamaya, mürekkep ve boyalarda akmaya ve kururken sertleşmeye yol açmaktadır. Suyla temas, metallerde hızlı korozyon gelişimi, pişmiş toprak gibi gözenekli inorganik malzemelerde yüzeyde lekelenme ve tuz hareketleri ile sonuçlanır. Su varlığında özellikle arkeolojik camlarda terleme (weeping, sweating) gibi özel bozulmalar gerçekleşirken, ahşap nesnelerde biçim değişimi, lekelenme, ayrılma, dönme, şişme, vernik katmanlarında beyazlaşma gibi sorunlar oluşur. Fotoğrafik nesnelerde ise; kâğıdın yumuşaması, lekelenme, jelatin katmanında şişme gibi hasarlar meydana gelir (Tremain, 2018b, s.y).

Su hasarına sebep olan faktörler; fırtına, sağanak yağış, sel, tsunami, kasırga gibi atmosfer olayları olabileceği gibi; akarsu, baraj ve diğer büyük su kütlelerindeki yükselmeler de olabilir. Ayrıca; kanalizasyon arızası, inşaat faaliyetleri sırasında ya da soğuktan parçalanan boru hatları, çatıdan sızıntı, iklimlendirme sistemlerindeki kaçak, sulu yangın söndürme sistemlerinin kullanımı veya kazara devreye girmesi, lavabo, drenaj, tuvalet arızaları da su baskınına sebep olan mekanik etmenlerdir. Müzelerde gerçekleşen su hasarının çoğu kaza ve ihmallerin sonucudur. Göz ardı edilen ufak sızıntılar, depo alanlarının genellikle bodrum katlarda bulunması, zeminde istiflenmiş koleksiyonlar gibi ihmaller ve yanlış uygulamalar koleksiyonların zarar görmesine sebep olmaktadır. Örneğin pek çok müze ve kütüphane, arşivlerindeki kâğıt koleksiyonlarını kimyasal bozulmayı önleyebilmek adına asitsiz mahfazalarda tutmaya dikkat etse de; yalnızca çok az sayıda kurum, su baskını tehlikesine karşın su geçirmez mahfazalar kullanmaktadır (Tremain, 2018b, s.y).

Su baskını tehlikesinden kaçınma binanın konumunun belirlenmesi ile başlamaktadır. Yeni bir yapı inşa edilecekse, su kütlelerine yakın (akarsu taşkın alanı vb.) konum seçilmemelidir. Bunun yanı sıra mevcut binada yapılacak etkili değişikliklerle, su

hasarının büyük oranda önüne geçilebilmektedir. Öncelikli olarak, dış su kaynaklarının iç mekâna sızması önlenmeli ve bina kabuğunun sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Dahası, bina tasarımına özellikle iç mekânda süs havuzları ve fıskiyeler gibi su kaynakları eklenmemelidir. Kar ve buz biriktirme eğilimleri nedeniyle risk bölgelerinde düz çatı ve kötü drenajdan kaçınılmalıdır. Tepe penceresi, cam kubbe gibi büyük cam yüzeylere sahip müzelerde, şiddetli yağışa mukavim ve bölgede hâkim olan rüzgârlara karşı sızdırmaz nitelikte malzemeler tercih edilmelidir (Tremain, 2018b, s.y). Acil müdahale sürecinde, koleksiyonu küf oluşumundan korumak için, azami miktarda suyu, mümkün olduğunca hızlı şekilde tahliye edecek altyapı ve personel sürekli olarak sağlanmalıdır (National Park Service, 2002, 1). 1966 yılında İtalya'nın Floransa kentinde meydana gelen sel felaketi, su hasarıyla mücadele alanında etkin çalışılması gerektiği sonucunu doğurmuştur. Bilim insanları ve araştırmacılar için sel, yalnızca büyük ölçekli afet müdahalesinde bir vaka çalışması olarak değil, aynı zamanda koruma alanında bir dönüm noktası olarak değerlendirilmiştir. Bu olaydan sonra iyi entegre edilmiş koruma programlarının geliştirilmesi büyük ölçüde hız kazanmıştır (Devine, 2015, 16).

2.6. Yangın

Yangın her türlü kurum, işletme ve mesken için büyük bir tehlikedir. Diğer bazı bozulma türlerinden farklı olarak, binanın ve koleksiyonun tümden kaybına sebep olabileceği gibi, yaralanma ve hatta ölümle sonuçlanabilir. Pek çok müzede, can güvenliği için temel gereklilikler yerine getirilse de, kültür varlıklarını korumak adına alınan önlemler ve gerçekleştirilen uygulamalar yetersiz kalabilmektedir.

Yangın, üç mutlak bileşenden oluşan kimyasal bir tepkimedir. Bu bileşenler; bir yakıt kaynağı, oksijen ve bir ateşleme (ısı ya da kıvılcım gibi) faktörüdür. Bunlardan herhangi birinin arzının engellenmesi yangının sönmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca, yangının gelişimi de üç aşamadan oluşmaktadır. Parlama öncesi olarak nitelendirilen aşamada, yangın çok sınırlı bir alanla tanımlıdır ve taşınabilir bir söndürücü ile kolaylıkla söndürülebilir niteliktedir. Isı üretimi gerçekleşene ya da alev görünür hale gelene kadar tespit etmek oldukça zordur. Müdahale edilemezse, parlama aşaması gelişir. Bu aşamada ısı, yanabilir malzemeleri tutuşturabilecek kadar yüksektir. Yalnızca dakikalar süren bu evreyi, gelişmiş yangın aşaması takip etmektedir. Bu durumda yüksek sıcaklığın ve alevlerin etkisiyle, yanabilir olan hemen her şey

yanmakta ve tüm yakıt kaynağı tükendiğinde yangın kendiliğinden sönmektedir. Bu yüzden yangını mümkün olan en erken aşamada tespit etmek, yangının hasarını büyük oranda azaltmaktadır (Stewart, 2018, s.y.).

Yangın hasarının başlıca etkenleri ısı ve alevdir. Bunun yanı sıra, duman veya kurumun koleksiyonlar üzerindeki etkisi de erken müdahale edilmediğinde, geri döndürülmezdir. "Duman"; ince partiküller ve sıcak gazlar içeren bir yanma ürünüdür. "Kurum" ise organik bileşiklerin yanmadan kalan artıkları ile yanma sonucu oluşan sıvı ve katı bileşenleri temsil etmektedir. Bir yangında açığa çıkan kurum içeriği, yanan malzemenin türüne bağlı olarak; yüzlerce farklı bileşikten oluşabilir. Ancak bütün kurum çeşitleri, karbon içeriği dolayısıyla öngörülebilir bazı özelliklere sahiptir. Örneğin hemen hepsi, bir yüzeyin en ince yarıklarına nüfuz edebilecek ve de elektrostatik çekim ile yüzeylere tutunabilecek yapıdadır. Aynı zamanda, ısı ile erimiş ya da tahrip olmuş yüzeylere gömülerek, malzemelerde kalıcı hasara yol açabilmektedir (Spafford-Ricci, Graham, 2000, 52).

Kâğıt, tekstil, ahşap gibi organik malzemeler, özellikle kuru olduklarında, oldukça yanıcıdır. Bununla birlikte, genel olarak bir nesne ne kadar ince ise, o kadar hızlı tutuşabilir niteliktedir. Bir tek kâğıt yaprağı hızlıca tutuşurken, sıkıca yanyana dizilmiş kitaplarda yangın hasarı, sadece yangının temas ettiği yüzeylerde gerçekleşir ve böyle bir durumda bile kitaplar büyük oranda korunabilir. Taş, cam, metal, seramik gibi inorganik malzemelerden üretilmiş nesneler ise yanıcı değildir. Ancak erime, çözülme, renk değişimi, kırılganlaşma, çatlama gibi yollarla bozulurlar.

Müzelerde yangınla mücadele etmenin ilk basamağı, yangın oluşum riskinin azaltılmasıdır. Çoğu müze, yangını beslemek için bol miktarda yanabilir malzemeye sahiptir. Bu maddeler için "yangın yükü" tabiri kullanılabilir. Özellikle yanıcı nesnelerle dolu antika koleksiyon odaları, arşivler, depolar ve ahşap konstrüksüyonlu müze yapıları yüksek yangın yükü içerir. Selüloz nitrat filmleri, alkolde depolanan doğa tarihi koleksiyonları, cephane ve madencilik gibi özel koleksiyon içerikleri ile kimyasal maddelerin depolandığı odalar da yüksek risk teşkil etmektedir (Stewart, 2018, s.y.). Yangın yükünün fazla olması yangının gerçekleşmesi için koşul olmasa da yangının büyümesine ve kontrolünün zorlaşmasına yol açmaktadır. Yangın yükünün mümkün olduğunca düşürülmesi ise, mücadeleyi de daha etkin kılmaktadır. Bu bağlamda müzenin inşa, kullanım ve koruma süreçlerinde, yangın tehlikesi mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Yangının yayılmasını önlemek veya sınırlandırmak, hasarı azaltmanın anahtar yoludur ve can güvenliği sağlamada önemli bir faktördür. Bir diğer endişe ise, yangının oluştuğu alandan binadaki diğer alanlara yayılmasıdır. Bu durumun önüne geçmek için hacimleri makul bölmelere ayırmak uygulanabilir bir yöntemdir. Örneğin çatı boşluklarına bölmeler yapmak, çatıya ulaşan herhangi bir yangının yıkıcı etkiyle yatay olarak yayılma potansiyelini düşürmektedir. Buna ek olarak, yangın perdeleri gibi çözümler de sıklıkla önerilmektedir. Yanmaz malzemeden üretilmiş perdeler yangın alanını sınırlandırmaktadır. Diğer önemli bir faktör de, yangının yayılmasını önlemek için kullanılan boşluk bariyerleridir. Bu sayede yangın birbirinden boşluklarla ayrılmış alanlar arasında hapsedilebilmektedir (Kincaid, 2018, 8). Yukarıda sayılan yollarla, sınırlandırılmış alanda oksijenin tükenmesi yangının sönmesini desteklemektedir.

Çoğu tarihi bina, yangına yönelik uluslararası standartların belirlenmesinden önce tasarlandığından, yangın merdivenlerinin eklenmesi genellikle olağanüstü müdahaleler gerektirmektedir. Bir tarihi bina ele alınırken, yangın merdivenlerinin gerekli olup olmadığının ve bu gibi alanların yokluğunu telafi etmek adına hangi alternatif yolların kullanılabileceğinin belirlenmesi elzemdir (Torero, 2019, 7).

Müzeler ve kütüphanelerde yangın söndürme aracı olarak; su, çeşitli gazlar (soğutucu gazlar ve etkisiz/inert[3] gazlar), kuru kimyasallar ve köpük gibi bir dizi seçenek kullanılmaktadır. Bu seçeneklerin yangınla mücadele konusundaki etkinlikleri araştırılmış ve kapsamlı olarak anlaşılmıştır, ancak koleksiyon malzemeleri üzerindeki etkilerini tartışan çalışma sayısı oldukça yetersizdir. Farklı tipte taşınabilir yangın söndürücülerin sınandığı mevcut çalışmalar, test edilen tüm koleksiyon malzemeleri üzerinde herhangi bir etkiye sebep olmayan tek bir söndürücünün dahi bulunmadığını göstermektedir (Benfer, Williams, 2018, 310). Çoğu durumda su hala en yaygın kullanılan yangın söndürücüdür ve yangın hortumlarıyla, yağmurlama sistemleriyle, su sisi[4] yöntemleriyle ve bazı taşınabilir yangın söndürücülerle uygulanmaktadır. Bol, etkili ve ucuz olan su, aynı zamanda yangın kaynağını soğutma kabiliyetine sahiptir (Stewart, 2018, s.y.). Ancak suyun yol açacağı hasar riski, tercih edilmesini sınırlandırmaktadır. Otomatik yangın söndürme sistemleri ise, taşınabilir yangın söndürücülere oranla daha geniş alanlara hızlı müdahale imkânı sağlamaktadır.

[3] Inert: Kimyasal tepkimeye girmeyen, diğer maddelerle etkileşmeyen veya canlı organizmalar için zararlı olmayan (madde) (İlaç ve Eczacılık Terimleri Çalışma Grubu, 2014).
[4] Su Sisi: Standart yağmurlama sistemlerine göre, daha yüksek basınçlı suyun, daha küçük çaplı orifislerden geçirilmesiyle elde edilen küçük çaplı damlacıklar (Kılıç, 2016, 8-9).

Yağmurlama boru devreleri, su sisi düzenekleri ve gazla bastırma sistemleri en yaygın kullanılan otomatik söndürme sistemleridir. Diğerlerine oranla daha eski olan yağmurlama sistemleri; suyun belirli bir sıcaklıkta tahliye edilmesi prensibi ile tasarlanmış ve bir su kaynağına bağlı boru şebekelerini içeren yöntemlerdir. Böyle sistemlerin sebep olduğu hasar riski, hortum kullanılarak yüksek basınçla su püskürten söndürme seçeneklerine göre daha düşük olsa da nesnelerin ıslanmaları sonucu hızla bozulmalarına yol açabilmektedir (Stewart, 2018, s.y.).

2.7. Hırsızlık ve Vandalizm

Hırsızlık, el koyma, sahte üretim, vandalizm, yasa dışı kazı, arkeolojik nesnelerin ve eski eserlerin satışı gibi eylemler sanat suçları olarak nitelendirilmektedir (Durney, Proulx, 2011, 115). Hırsızlıkların çoğu, maddi kazanç sağlamak isteyen soyguncular, zihinsel rahatsızlıkları bulunan kişiler veya müzeye ve eserlerine karşı kin besleyen bireyler tarafından gerçekleştirilmektedir (Tremain, 2018a, s.y). Vandalizm ise; çeşitli sebeplerden ötürü sanat eserlerinin kasıtlı olarak tahrip edilmesini veya imha edilmesini tanımlamaktadır. Vandal saldırılar hemen her durumda eserde hasara sebep olmalarının yanı sıra pek çok niyet ve yaklaşımla güdülenebilmektedir (Brisman, 2011, 15-28).

Sanat suçlarının çok büyük bir oranı müze ortamında gerçekleşmemektedir. Örneğin 2003'ten 2008'e kadar gerçekleşen özel koleksiyon hırsızlıkları, Art Loss Register'a[5] işlenmiş toplam hırsızlıkların %36'sını, Interpol'e kayıtlı hırsızlıkların %34'ünü oluşturmuştur. Aynı dönemde müzelerde gerçekleştirilen hırsızlıkların Art Lost Register'daki oranı %3 iken, Interpol'deki oranı %2'dir (Durney, Proulx, 2011, 121). Bununla birlikte müzeler, sanat galerileri, kütüphaneler, arşivler ve ibadet yerleri her yıl çok sayıda hırsızlık ve vandalizm tehlikesine maruz kalmaktadır. Bu olayların bazıları planlı ve sistemli olarak gerçekleştirilirken, birçoğu da iyi kontrollerin yapılmadığı, etkili bir güvenlik programının bulunmadığı durumlarda gerçekleştirilen anlık teşebbüslerin sonucudur (Tremain, 2018a, s.y.). Bu yüzden, kültür varlıklarının korunmasında, kültür kurumlarının risk yönetim programlarının önemli ve gerekli bir parçası da güvenlik önlemleridir. Müze envanterine kayıtlı eserlerin tanımlanması, karşılaşılabilecek risklerin ve olası tehditlerin değerlendirilmesi ile çözüm yollarının

[5] Art Loss Register: Uluslararası Sanat Araştırmaları Vakfı'nın (IFAR) kaybolan ve çalınan sanat eserleri, antikalar ve koleksiyon nesneleri ile ilgili bilgileri topladığı elektronik veritabanı.

önerilmesi, kapsamlı güvenlik önlemlerinin temelleridir. Aslında tüm müze envanterinin aynı oranda ve yüksek güvenlik önlemleri çerçevesinde muhafaza edilmesi ideal olarak daha doğrudur. Ancak zaman, personel ve kaynak yetersizlikleri; koleksiyonların haiz oldukları değerleri ölçüsünde farklı güvenlik uygulamalarıyla korunmalarını gerektirmiştir. Çoğu durumda yüksek sanatsal veya maddi değere sahip eserlerin korumada öncelikli olduğu ve daha katı tedbirlerle saklanmaları gerektiği yaklaşımı yerleşmiştir. Ancak yapılan araştırmalar, korunmasız olarak açık sergide bulunan özellikle küçük boyutlu eserlerin çalınma ihtimallerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Dahası koleksiyonun iyi tanınması, hırsızların eğilimlerinin anlaşılması konusunda da oldukça faydalı olabilmektedir. Örneğin değerli bir sanat eseri grubunun tek eksik parçasının müzede olması, o parçayı hırsızlar için açık bir hedef haline getirmektedir (Tremain, 2018a, s.y.).

Müzelerde hırsızlık ve vandalizme yönelik kontrol stratejilerinin temel amacı, caydırıcılık ve teşebbüsün sonuca ulaştırılamadan engellenmesidir. İyi fiziksel bariyerlere sahip, aktif dedektörleri olan, herhangi bir sinyale hızlı cevap verebilen, donanımlı personele sahip ve yerel güvenlik birimleriyle bağlantılı müzeler için kontrol stratejileri, bu ve benzeri tehlikeleri bertaraf etmede etkilidir.

2.8. Fiziksel Kuvvetler

Müze nesneleri, maruz kaldıkları fiziksel kuvvetlerin etkisiyle zarar görebilmektedir. Fiziksel kuvvetlerden kaynaklanan hasarlar; gözle ayırt edilemeyen mikro çatlaklardan, koleksiyonun içinde bulunduğu müze binalarının yıkılması gibi büyük ölçekli sonuçlara kadar geniş bir aralıkta gerçekleşmektedir. Bu kuvvetler, yanlış kullanım ve destekleme hatalarına bağlı olarak açığa çıkabileceği gibi deprem ve savaş gibi yıkıcı etkilerden de kaynaklanabilmektedir.

Fiziksel kuvvetler nesnelere doğrudan ya da dolaylı olarak etkimektedir. Bir nesneye doğrudan uygulanan kuvvet; sıkışma, delinme, ezilme, çatlama, çizilme veya aşınmaya neden olmaktadır. Bununla birlikte, yanlış imal edilmiş destekler, yastıklama malzemesinin uzun süre boyunca yüklenmesi veya kısa süreli aşırı yüklenmesi de nesnelerin dolaylı yoldan fiziksel zarar görmesine sebep olmaktadır. Zira nesneler, sahip oldukları bazı belirgin özellikler dolayısıyla fiziksel kuvvete karşı hassastır. Örneğin kütle, nesnenin duyarlılığında önemli bir parametredir. Bir nesnenin kütlesi arttıkça, belirli bir hızlanma seviyesi için ona etki eden kuvvet de artmaktadır.

Zayıf malzemeden yapılmış bir nesnenin şok hassasiyeti de artan kütle ile artma eğilimindedir. Örneğin; hem taşıma sırasında açığa çıkan kuvvetlere, hem de şoka karşı oldukça hassas olan pişmemiş kilden imal edilmiş nesneler, ağır şekilde hasarlanmaya meyillidir. Ayrıca, fiziksel kuvvetin daha fazla hasara sebep olabileceği zayıf geometriler içeren nesne formu kayda değer bir risk sebebidir. Sabitleme, depolama ve taşıma sırasında meydana gelen kırılma, ezilme ve benzeri deformasyonların çoğu, nesnenin hareketli parçalarının sabit parçalara çarpmasıyla gerçekleşmektedir. Bu sebeple karmaşık geometrilere sahip nesnelerin bakımlarına ve taşınmalarına fazladan özen gösterilmektedir (Marcon, 2017, s.y.).

Nesnelerin dikkatli kullanımı, bir küratörün veya konservatörün nesnelerin hasar riskini en aza indirmek için geliştirebileceği temel önlem olarak değerlendirilmektedir. Müzelerin sergileme, depolama ve eğitim işlevlerini etkili bir şekilde yerine getirmesi için nesnelerin taşınması gerekebilmektedir. Kaldırılacak yüklerin ağır olması durumunda, müze konservatöründen destek alınması önerilmektedir. Son yıllarda, polipropilen plastik kasalar, baloncuklu sargı (Bubble-Wrap) ve polietilen köpük gibi malzemeler nesnelerin korunması, yastıklanması ve desteklenmesinde tercih edilmekte ve taşıma işlemleri sırasında kullanılmaktadır (Caple, 2016, 26).

Müze koleksiyonlarında bulunan eserlerin fiziksel olarak hasar görmelerine sebep olan etkenlerden biri de depremdir. Deprem bölgelerinde yer alan müzelerde eserler, sarsıntıya bağlı gerçekleşebilen savrulmaların önüne geçmek için, binanın yapısal elemanlarına ve sağlam nitelikteki yapısal olmayan elemanlarına sabitlenmelidir. Buradaki temel hedef, eserin savrulmak yerine yapı ile birlikte hareketinin sağlanmasıdır. Eseri oluşturan malzemenin cinsine, boyutsal özelliklerine, ağırlık merkezi ve sismik dengesine, kırılganlığına ve oturacağı ya da taşınacağı zeminin özelliklerine göre uygun sabitleme gereçlerinin kullanılması önerilmektedir. Dahası sıkışık bir düzende sergilenen veya depolanan nesnelerin asgari ölçekte korunmaları için polietilen köpük gibi yastıklama malzemelerin kullanımı teşvik edilmektedir. Bununla birlikte fiziksel kuvvetin aktarılmaması için eserlerin sergilenirken ve depolanırken birbirlerinden ayrılmaları tavsiye edilmektedir (Ertürk, 2012, 157-168).

IIC, Temmuz 2009'da Tokyo'da -Kültürel Mirasa Yönelik Sismik Faaliyet Tehdidi (Depremler)- konulu bir seminere ev sahipliği yapmıştır. Sismik aktivite sırasında fiziksel hasar riskine karşı alınabilecek önlemler tartışılmış, bunun yanı sıra sismik etkinlik haritaları ve müze eserlerine ilişkin riskler değerlendirilmiştir. Japonya ve

Amerika gibi ülkeler sismik faaliyet bölgelerindeki müzelerinde bazı yüksek değerli nesneleri korumak için izolatörler yerleştirirken, bugün çoğu müze açık müze raflarının önüne devrilmeyi önleyecek setler kurmak gibi düşük maliyetli temel koruma önlemlerini bile yerine getirememektedir (Caple, 2016, 28).

Müze koleksiyonlarının fiziksel kuvvetlere bağlı olarak hasar görmelerinin önüne geçmek için deprem tehlikesinin yüksek olduğu bölgelerde aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Binalar depreme dayanıklı olarak inşa edilmeli ya da güçlendirilmelidir,
- Yapısal olmayan tüm riskler göz önünde bulundurulmalı ve nesneler gerektiği şekilde emniyete alınmalıdır,
- Büyük nesneler için kaidelerin, askıların ve montajların tasarımında sabitliğin sağlanması gereklidir,
- Tüm nesneler için sağlam raflar üretilmelidir,
- Gerektiğinde nesnelerin derhal tahliye edilmesi için hareketli donanım (el arabaları vb.) sağlanmalıdır,
- Müze ziyaretçisi ile sergilenen nesneler arasında erişim önlemleri alınmalıdır,
- Hassas koleksiyon nesneleri için özel olarak tasarlanmış (yüksek kütleli) mahfazalar veya titreşim izolatörleri kullanılmalıdır (Marcon, 2017, s.y.).

3. İÇ MEKÂN İKLİM KOŞULLARININ KOLEKSİYONLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Müze koleksiyonları genellikle organik, inorganik ve karma yapılı (kompozit) nesnelerden oluşmaktadır. İşlenmiş ahşap, kâğıt, tekstil, deri, boynuz, kemik, fildişi, ağaç kabukları, balmumu ve reçine gibi farklı malzeme türlerini içeren organik nesneler, bitkisel veya hayvansal kökenlidir. Organik malzemelerden yapılmış tüm nesneler; karbon elementi içerme, sıcaklık ve bağıl nem dalgalanmalarına hassasiyet, biyolojik zararlılar için besin kaynağı olma ve ışığa duyarlılık gibi temel ortak özelliklere sahiptir. Ancak bu ortak özelliklerin yanı sıra malzemeler, üretim ve işlenme yöntemlerine bağlı olarak çeşitli özgün yapılar açığa çıkarmaktadır. Organik malzemelerin niteliklerinin güçlendirilmesi veya labaratuvar koşullarında yeni formülasyonlarla üretilmesiyle elde edilen malzemeler, yapay organik (sentetik) malzemeleri tanımlamaktadır. Bu alt grup; termoplastikleri, termosetleri ve kauçuk olarak da isimlendirilebilen elastomerleri içermektedir. İnorganik nesneler ise, jeolojik kökenli malzemelerin işlenmesi sonucu elde edilmektedir. Metal, seramik, cam, taş, mineral ve bazı pigmentler inorganik müze malzemesi örnekleridir. Böyle malzemelerden üretilmiş nesneler, aşırı yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalmış olma, ışığa duyarsızlık (bazı cam türleri, pigmentler vb. hariç) ve normal sıcaklıklarda yanıcı olmama gibi ortak özelliklere sahiptir. İki veya daha fazla farklı bileşenden oluşan nesneler ise karma (kompozit) olarak nitelendirilmektedir (Al-Saad, 2013, s.y.). Örneğin kitap; kâğıt, mürekkep, deri, iplik ve tutkal gibi çeşitli malzemelerden oluşan karma yapıda bir nesnedir. Karma nesneler iki veya daha fazla organik bileşen içerebilecekleri gibi, hem organik hem inorganik bileşenlerden ya da farklı inorganik bileşenlerden de oluşabilmektedir. Bu sebeple içeriklerine bağlı olarak organik ve inorganik malzemelerin özgün hassasiyetlerine aynı anda sahip olabilmektedirler. Çevresel koşulların etkisiyle her bir bileşenin birbirinden ayrı tepki vermesi, malzemede iç gerilmelere ve çeşitli kimyasal bozulmalara yol açabilmektedir.

Koleksiyonlar için iklimsel değişimlerin izin verilebilir aralıklarını belirleyebilmek amacıyla iki temel yaklaşım geliştirilmiştir. İlki; bağıl nem ve sıcaklık

dalgalanmalarına maruz kalan kültür varlıklarının tepkilerinin analizi, ikincisi ise nesnenin tecrübe ettiği iklim geçmişinin değerlendirilmesidir (Bratasz, 2013, 11). Özellikle doğal organik malzemelerden üretilmiş nesnelerin bağıl nemdeki değişimlere verdikleri tepkinin son seksen yıl boyunca deneysel olarak izlenmesi, korunmaları için "optimum" nem seviyelerinin belirlenmesini beraberinde getirmiştir. Optimum seviye belirlenirken dikkat edilen hususlar; nemin organik eserlerin kırılganlaşmasına neden olacak seviyeye düşmemesi ve küf gelişimini destekleyecek oranda yükselmemesi olmuştur (Brown, Rose, 1997, 12-24). Boyalı ahşap yüzeylerin genel olarak sıkı bir iklim denetimi gerektirdiği kabul edildiğinden, araştırmaların çoğu, bu nesne sınıfının çevre koşullarındaki değişimlere tepkisini anlamaya odaklanmıştır. Elde edilen sonuçlar, müzelerde izin verilen çevresel koşullarla ilgili yönergeleri doğrudan etkilemiştir. Ahşap dışındaki malzeme türlerinin korunması da nesnelerin yapısal olarak sıcaklık ve bağıl neme ortak tepkilerinin sınıflandırılması ile mümkündür (Bratasz, 2013, 11). Örneğin renkli fotoğrafların korunmasında öncelik sıcaklığın denetimi iken, arkeolojik pişmiş toprak koleksiyonlarının korunmasında temel kaygı bağıl nemin sabit tutulmasına yöneliktir. Bu sebeple birbirinden farklı çevresel koşulları talep eden karma nesnelerde, her iki bileşenin de alabileceği hasarın en aza indirildiği makul iklimsel çevreler tercih edilmektedir. Karma yapıda nesneler içeren koleksiyonlar için önerilen seviyeler, çoğu zaman %30 ile %70 bağıl nem aralığındadır. Ancak resimler ve antika mobilyalar gibi katmanlı nesneler ile parşömen gibi aşırı hassas koleksiyonlar, %50 ile 60 bağıl nem seviyesi gibi daha dar aralıkları içeren, durağan iklimsel koşulları talep etmektedir (Brown, Rose, 1997, 12- 24).

Cisimler yaratıldıkları andan itibaren bozulmaya başlamaktadır. Bu durum evrende düzensizliğin artmasına yönelik termodinamik yasalar ile sabittir. Söz konusu bozulma süreci, çevresel değişkenlerle tetiklenen kimyasal, fiziksel ve biyolojik değişimleri içermektedir. Kimyasal bozulma, bir cismin kimyasal bileşiminin değişimini içeren herhangi bir süreci tanımlamaktadır. Atomik ve moleküler düzeyde gerçekleşen bu değişimler genellikle başka bir kimyasal maddeyle (su, kirletici gaz ve partiküller, haşere artığı vs.) veya ışımayla (ışık ve ışınım) tetiklenmektedir. Metalin oksitlenmesi (paslanma), kâğıt belgelerin asidik malzemelerle temas eden yüzeylerinde sararma, boya ve pigmentlerin solması, reçinelerin koyulaşması, çapraz bağlanma (ilave kimyasal bağların oluşması) ve selüloz nitrat filminin asit hidrolizi müze nesnelerinde gerçekleşen başlıca kimyasal bozulmalardır (National Park Service, 2016, 16-18).

Fiziksel bozulmalar ise, bir nesnenin fiziksel yapısında gerçekleşen ve kimyasal bileşiminde bir değişime yol açmayan süreçleri tanımlamaktadır. Sıcaklık ve bağıl nem dalgalanmaları ile gerçekleşebildiği gibi nesnelerin mekanik kuvvetlerle etkileşiminden de kaynaklanabilmektedir. Örneğin yüksek sıcaklığa maruz kalmış plastiklerin ve reçinelerin yumuşaması, bağıl nem dalgalanmalarıyla ahşap yüzeylerde oluşan çatlama veya dönme, darbeye bağlı parçalanma, aşınma sorunları, esnek malzemeye baskı yapan daha sert bir nesnenin etkisiyle meydana gelen ezilme veya biçim değişikliği, kâğıtta ve tekstilde yırtılma fiziksel bozulmaya örneklerdir. Nesnelerde fiziksel ve kimyasal bozulmalar çoğu zaman birbiriyle ilişkilidir. Örneğin, ışıkla etkileşimin tekstilde neden olduğu kimyasal değişimler aynı zamanda kumaşı zayıflatmakta, böylece yırtılma gibi fiziksel hasarların meydana gelme ihtimalini artırmaktadır (National Park Service, 2016, 16-18).

Bir diğer bozulma yolu olan biyolojik bozulma ise; müzelerde uygun bağıl nem ve sıcaklık seviyelerinin veya gıda mevcudiyetinin, biyolojik zararlıların etkinliklerini desteklemesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin iklimlendirme sistemindeki bir arıza veya yalıtılmamış dış duvarlardan ve pencerelerden içeriye nem geçişi özellikle küflenmeye elverişli bir nesne için uygun olmayan iç mekân koşullarına yol açmaktadır. Bu koşullar altında küf gelişimi hızlanmakta ve hasar geri dönüşü mümkün olmayan seviyelere ulaşabilmektedir. Tekstil, kâğıt, ahşap, deri, boynuz ve tüy gibi organik nesneler böyle sorunlara özellikle hassastır. Müzelerde gerçekleşen biyolojik bozulma örneklerinin bazıları; organik malzemelerde küf oluşumu ile meydana gelen renk değişimi ve mukavemet kaybı, inorganik nesnelerde mantar asitleri ile oluşan aşınma ve organik herhangi bir nesne türünde kemirgenlerin veya böceklerin etkinliğinden kaynaklanan yapısal hasarlardır (National Park Service, 2016, 16-18).

3.1. Deri

Müze koleksiyonlarında bulunan deri nesneler; higroskopik özellikleri nedeniyle bağıl nem ve sıcaklık gibi çevresel etmenlerden oldukça hızlı etkilenirler. Özellikle parşömen, iklim denetimi planlama sürecinde en yoğun hassasiyet gösterilmesi gereken malzeme türleri arasındadır (Dignard, Mason, 2018, s.y.). İklim denetiminin deri nesneler üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi için, derinin temin edildiği canlı türü, deri dokunun içyapısı ve tabi olduğu işleme yöntemleri bilinmelidir.

Deri; jöle benzeri bir yapı içinde birbirine geçen uzun ve kalın lif demetlerinden oluşmaktadır. Bu liflerin temel yapı birimi kolajen adı verilen özel bir proteindir (Thomson, 2006, 1-3). Kolajenin mevcut yapısı ve sonradan gerçekleştirilen işlemler sonucu kazandığı nitelik; derinin esneklik, düşük kütle yoğunluğu, iyi ısı yalıtımı, aşınmaya ve yırtılmaya mukavemet gibi karakteristik özelliklerini belirlemektedir. Asit hidrolizi, oksitlenme ve biyolojik bozulma gibi etmenler kolajenin mikro yapısına etkimekte, aminoasit ve peptit bağları gibi yapısal bileşenlerinde bozulmaya yol açmaktadır (Florian, 2006, 36-54).

Hayvan post ve derilerinin işlenmesinde, yüzme ve kıllardan arındırma aşamalarını takip eden belirli mekanik ve kimyasal adımlar izlenir. Tarih boyunca neredeyse tüm deri imalat süreçleri tabaklama işlemini içermiştir. Tabaklama; dayanıklılığını artırmak üzere deri proteinine özel bileşenlerin kimyasal yolla bağlanması olarak tanımlanabilir. Bu işlem sonucu deriye bağlanan katkı maddeleri, derinin bozulma süreçlerini de karakterize etmektedir. Örneğin ham deri asit hidrolizine dayanıklı olmasına rağmen, herhangi bir tabaklama bileşeni içermediği için neme karşı hassastır. Bununla birlikte demir kullanılarak tabaklanmış deriler, literatürde "siyah çürüme" olarak adlandırılan özel bir yolla bozulur. Bozulma, demir elementinin nem varlığında oksitlenmesiyle gerçekleşir. Yine bitkisel olarak tabaklanmış deriler suya ve aşınmaya mukavimdir ancak 4'ün altındaki pH değerlerinde tozuma şeklinde kendini gösteren "kızıl çürüme" riski ile karşı karşıyadır (Dignard, Mason, 2018, s.y.).

Deri nesnelerde meydana gelen hasar yolları, geri kalan tüm malzeme türlerinde olduğu gibi mekanik, kimyasal ve biyolojiktir. Burada bağlayıcı olan, sıcaklık ve bağıl nemin çoğu zaman birbirleriyle ilişkili ve bozulma süreçlerinin tamamına müdahil olmalarıdır. Sıcaklık değişimleri deriyi doğrudan etkilemekle birlikte derinin nem içeriğini, kimyasal bozulmanın hızını ve nesnenin biyolojik istilaya karşı duyarlılığını da belirler. Zira deri ve deriden üretilmiş nesneler ısıya duyarlıdır. Deri dokusunda, "büzülme sıcaklığı" olarak adlandırılan bir ısınma eşiği veya ısıl büzülme noktası değeri vardır. Yeni işlenmiş deriler ve postlar için bu değer sıklıkla 60°C ile 75°C arasındadır ancak kısa periyotlarda gerçekleşen sıcaklık dalgalanmaları bu eşik değerin altındaki sıcaklıklarda derinin büzülmesine sebep olabilir (Raphael, 1996, 9). Büzülme, kolajen yapısının tipik bir özelliğidir (Heines, 2006, 4). Bu durum, uzun vadede devam eden orta dereceli sıcaklık dalgalanmaları sonucu, derinin havadan su buharını soğurma yeteneğini kaybetmesinden kaynaklanır. Birçok dalgalanmadan

sonra deri sert ve kırılgan hale gelir. Mekanik yorgunluk aynı zamanda, buharlaşma veya yoğuşma döngüleri nedeniyle, derinin iç sıcaklığında daha hızlı bir değişimi de tetikler. Böylece yüksek oranda bozulmuş, lifli ve gözenekli deriler, sıcaklık farkının da etkisiyle, bozulmamış olanlardan daha kolay bir şekilde nem kaybeder veya kazanır. Bu da kolajenin zincir yapılarının alt birimlerine ayrılmasına yol açar. Ayrıca tabaklama malzemesindeki kayıplar, lif yapısının geçirgenliğindeki artış ve higroskopik kimyasalların varlığı da hasarın boyutlarını artırır (Florian, 2006, 36-54). Dahası yüksek sıcaklıklar, sadece kimyasal bozulma süreçlerini hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda kararsız yağların ve yağ asitlerinin yüzeye göçmesini tetikleyerek, sinerjik hasar türlerinin oluşumuna yol açar (Raphael, 1996, 9).

Deri nesneler bulundukları çevreler ile nem dengesi içinde olma eğilimindedir. Dolayısıyla bağıl nem değişimlerine bağlı olarak hava ile nem alışverişi ve bu sebeple boyut değiştirme halindedirler. Derinin yapı taşı olan kolajen proteini kolloidal yapıda olduğundan suda iyonlaşmaz, şişer. Buna rağmen yapının içerdiği su miktarı arttıkça, hidronyum iyonlarının konsantrasyonu da bir miktar artar. Hidronyum iyonları, polimerik yapı içindeki bağları kırarak, yapısal bütünlüğün kaybına yol açabilir. Sonuçta bu, proteinin jelatinimsi koloidal çözeltiye dönüşmesine neden olur. Özellikle artan ısı ve yüksek asitlik ile birlikte yüksek bağıl nem varlığı, derinin jelatinleşmesinin temel sebeplerindendir. Yüksek bağıl nem ayrıca mikrobiyolojik bozulmanın da artmasına yol açmaktadır (Raphael, 1996, 3-7).

Düşük bağıl nem ise, derinin nem kaybetmesine yani dehidrasyona sebep olur. Özellikle %22'nin altındaki bağıl nem koşulları, derinin kalıcı olarak deformasyonuna, esneklik kaybına ve kırılganlaşmasına yol açar. Dahası su içinde çözünen çeşitli deri bileşenleri dehidrasyonla birlikte yüzeye göç ederek, mukavemet kaybına ve yüzeyde lekelenmeye neden olur. Deriler bağıl nem değişimlerine verdikleri tepkilere göre yüksek, orta ve düşük hassasiyette sınıflandırılabilir (Raphael, 1996, 10). En yüksek hassasiyete sahip sınıf, yüzeyinde bilgi veya süsleme bulunan parşömenlerdir. Parşömenler uygun olmayan saklama koşullarında taşıdıkları boyayı kolaylıkla kaybederler (Woods, 2006, 200-209). Yüksek hassasiyetteki (bozulmuş ve düşük büzülme sıcaklığına[6] sahip) deriler için soğuk depolama çözümleri önerilmektedir. Orta hassasiyetteki deri nesneler sınıfı ise deri kaplamalar ve sıkıca ciltlenmiş kitapları içermektedir. Genel olarak iyi korunmuş, iklim denetimi altındaki kürkler ve deriler

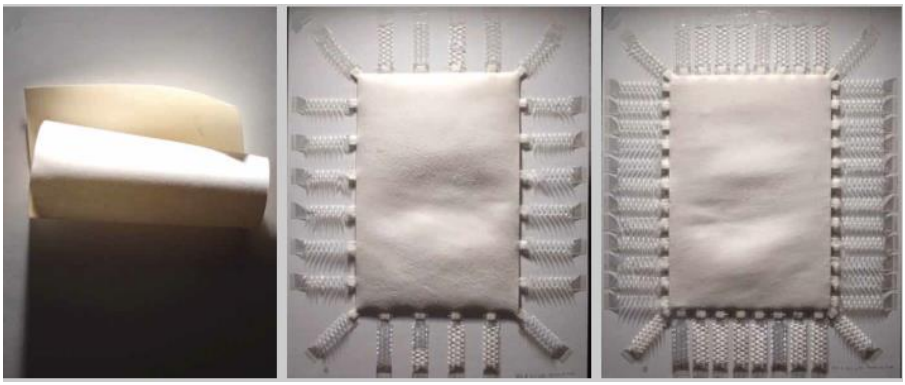
[6] Üzerine çıkıldığında derinin geri dönüşü olmayan şekilde büzüldüğü sıcaklık seviyesi.

ise düşük hassasiyete sahip nesne örnekleridir. Kürk, tüy, kıl, kirpi dikenleri, boynuz ve kaplumbağa kabuğu gibi diğer keratinli hayvansal malzemeler kimyasal bozulmaya karşı çok duyarlı değildir. Suya, çözücülere, asitlere, alkalilere ve enzimlere karşı dirençleri ile bilinirler. Bağıl nemdeki değişimlere bağlı olarak kürkler ve keratinli hayvansal nesneler de, tıpkı deri gibi nem emerek ya da kaybederek büzülme ve şişme eğilimindedir (Dignard, 2018, Mason, s.y.).

Müze koleksiyonlarda yer alan deri içerikli nesneler çoğunlukla karma yapıdadır (örneğin ciltlerinde deri kullanılan el yazmaları). Bunlar için iklimlendirme öncelikleri belirlenirken, yapıya katılan en hassas malzemenin ihtiyaçları gözetilerek makul koşullar oluşturulmaktadır. Deri koleksiyonların önleyici koruma ihtiyaçları pratikte diğer organik malzemelerden çok farklı değildir. Ancak hızlı tepki vermeleri sebebiyle koruma uygulamalarında ek özen gerektirirler. Bu bağlamda bağıl nem ve sıcaklık hedeflerinin tutturulması ve ölçümler ile sürekli takibi etkili bir koruma programının temelidir. Deri nesneler dar bir aralıkta dalgalanan bağıl nemi tolere edebilseler de ani ve aşırı dalgalanmalar sonucu geri dönülmez şekilde bozulabilirler (Angus ve diğ., 2006, 113-120). İstisnai örnekler ve özel uygulamalar dışında, deri koleksiyonların sergileme ve depolanmalarında önerilen bağıl nem değeri %40 ile %60 aralığındadır. İdeal olarak ayarlanan bağıl nem değerinin günlük ±%5, yıllık ±%8 dalgalanma sınırlarını, sıcaklığın ise 20°C'yi aşmaması önerilmektedir (Raphael, 1996, 13).

Deri nesneler, uygun depolama ve sergileme koşulları tesis edildiğinde oldukça kararlıdır. Yukarıda bahsedilen iklim hedeflerine ek olarak, çeşitli tedbirler çevrenin zarar verici etkisini sınırlandırabilmektedir. Örneğin Resim 1'de parşömenlerin bağıl nem dalgalanmalarından hasar görmemesi için maşa biçimli esnek polyester mandallarla sabitlenmesine yönelik başarılı bir uygulama gösterilmektedir (Duqueyroi ve diğ., 2015, 18-28). Daha durağan çevresel koşullar için nesneler polietilen torbalar ve oluklu plastik kutular kullanılarak ya da kapalı dolap tasarımları ile yalıtılabilmektedir (Dignard, Mason, 2018, s.y.). Hedeflenen bağıl nem değerine yaklaşmak için ise gerektiğinde koşullandırılmış silika jel kullanımına başvurulmaktadır (Raphael, 1996, 10). Bunun dışında özellikle deri ile birlikte tekstil ve kâğıt gibi bileşenler de içeren karma nesneler, doğaları gereği asidik olan derinin hasar potansiyeline karşı korunmak üzere, asitsiz paketleme çözümleri ile saklanmalıdır (Angus ve diğ., 2006, 113-120). Sentetik kumaştan ya da ipek astara sahip kürkler için de özel tedbirler gerekebilmektedir (Kite, 2006, 141-170). Bu ve

benzeri kapsamlı koruma çabaları, deri nesnelerin doğal bozulma süreçlerini yavaşlatarak, gelecek kuşaklara aktarılmalarını kolaylaştırmaktadır.



Resim 1: Polyester mandallarla sabitlenen parşömen

Duqueyroi, Nadege, Laurianne Robinet, Coralie Barbe. 2015. Expandable Polyester Hinges for Parchment Mounting Performance in Fluctuating Environmental Conditions. **Journal of Paper Conservation**. c. 16. s. 1: 22

3.2. Tekstil

Müzelerde bulunan tekstil koleksiyonları, çok çeşitli işlev ve formlarda nesneler içermektedir. Bu çeşitlilik tekstili oluşturan lifin türünden, dokuma tekniğinden ya da dekoratif öğelerin (boya, cila, süsleme vb.) kullanımından kaynaklanmaktadır. Tekstil nesneler bayraklardan, kostümlere, mobilya kaplamalarından daha pek çok büyük boyutlu ürünlere kadar geniş bir yelpazede imal edilmektedir. Sıcaklık ve bağıl nemdeki değişimler, üretim yollarındaki ve biçimlerindeki bu farklılıklara bağlı olarak bozulmalarına sebep olmaktadır.

Tekstilleri oluşturan iplikler, bir araya getirilmiş uzun, ince, çubuk benzeri lif yapılarından oluşmaktadır. Lifler, doğal ve sentetik olmak üzere iki türde sınıflandırılır. Doğal lifler bitkisel ya da hayvansal kaynaklıdır. Bitki liflerinde ana bileşen, doğal bir polimer olan selüloz olduğundan, bunlar selülozik lifler olarak da bilinir. En yaygın kullanılmış selülozik lifler pamuk ve ketendir. Bir pamuk lifinin temel işlevi nemi biriktirmek ve çekirdeğe ulaştırmak olduğu için, pamuk dokusu doğası gereği nem emicidir. Dolayısıyla bağıl nem ile doğrudan etkileşim halindedir. Pamuk lifleri, işlendikten ve ipliğe dönüştürüldükten sonra da orijinal özelliklerinin çoğunu korur. Bu yüzden bozulmaları; tek bir pamuk lifinin karakteristik bozulma mekanizmasından büyük farklılıklar göstermemektedir (Dancause ve diğ., 2018, s.y.). Keten ise yaygın şekilde kullanılmış sak (gövde) lifi türüdür (Wolf, 2002b, 4). Düşük

bir esnekliğe sahip olmaları keten liflerini, katlama aksları üzerinde mekanik bozulmaya yatkın kılmaktadır. Özellikle kuru çevresel koşullarda, liflerdeki nem kaybının da etkisiyle böyle bozulmalar sıklıkla gerçekleşmektedir (Dancause ve diğ., 2018, s.y.).

Tekstil koleksiyonlarında yer alan hayvansal lifler zincir benzeri protein moleküllerinden oluşur. Liflerin temel özellikleri bu proteinlerin dizilimine bağlıdır (Wolf, 2002b, 3). Böyle liflerden olan yünün yapı taşı keratin, iyi yalıtım ve çok iyi nem emilimi sağlayan bir proteindir. Kıvrılmış moleküler yapısı nedeniyle de oldukça elastiktir. İpek ise ipek böceği larvası tarafından üretilen ve hızlıca katılaşan viskoz bir sıvının sonucudur. Neticede elde edilen lif oldukça sağlam ve nem emici niteliktedir. Ancak ipek lifi, yünden farklı olarak elastik değildir (Dancause ve diğ., 2018, s.y.). Bunların dışında diğer bir lif sınıfı olan sentetik lifler, kimyasal sentezden yapılmış herhangi bir elyaf türünü tanımlamaktadır. 20. yüzyıl koleksiyonlarında en sık karşılaşılan sentetik lifler naylon, polyester, akrilik ve poliüretandır. Bunlar doğal liflere kıyasla küf ve böcek etkinliğine dayanıklıdır ve düşük nem emiciliğine sahiptir fakat nispeten dayanıklı olan akrilikler haricindekiler ışığa, ısıya ve kimyasallara maruz kaldığında kolaylıkla bozulmaktadır (Paulocik ve diğ., 2002, 1-4).

Görünür ışığa ve morötesi ışınımlara maruz kalmak tekstil liflerinin bozulmasına yol açmakla birlikte, sıcaklık ve bağıl nemdeki değişimlerin hasar potansiyelini de şiddetlendirmektedir. Bu bakımdan ışınım şiddetine/yeğinliğine ve maruz kalma süresine bağlı olarak hasarın boyutları değişmektedir. Bununla birlikte ışık kaynaklı hasara en mukavim doğal tekstil lifi türünün keten, en hassas lif türünün ise ipek olduğu değerlendirilmektedir. Sentetik lifler arasında ise en mukavim tür akrilikler, en hassas olanlar ise elastomerlerdir (Dancause ve diğ., 2018, s.y.).

Tekstilleri karma (kompozit) yapan ve yapısal bozulmalarına yol açan etmenlerden biri, içerdikleri metal lifleri ve taşıdıkları diğer metal öğelerdir. Metalik iplikler bir kumaşın yapısına dokunabilir veya süslemek için yüzeyinde kullanılabilir (Wolf, 2002b, 3). Böyle eklentilerin yüksek bağıl neme duyarlı olmaları, özellikle demir ve bakır bileşiklerini içermeleri durumunda korozyonu büyük ölçüde hızlandırır. Metal kancalar, halkalar, fermuarlar, süsleme için kullanılan pullar özellikle de çözünebilir tuzlarla kirlendiklerinde bozulmaya uğrarlar (CCI, 2013, s.y.).

19. yüzyılın ikinci yarısında sentetik boyaların ticari olarak yaygınlaşmasına kadar renkli tekstil boyası üretiminde yalnızca bitkiler, bazı kabuklu deniz ürünleri, böcekler, toprak kökenli pigmentler gibi doğal kaynaklar kullanılmıştır. Elyaf, iplik, kumaş veya bitmiş ürünlere genellikle bir boya banyosuna batırılma yoluyla uygulanan boyalar, çoğu zaman renkte kalıcılık için mordan[7] kullanımını gerektirmiştir. Bu türden işlemler de tekstilin çevresel koşullara duyarlılığını etkilemiştir. Zira demir içerikli mordanların tekstil lifinde zamanla güç kaybına yol açacak şekilde asitlenme eğiliminde olduğu ve ışık mevcudiyetinde söz konusu hasarın şiddetlendiği gözlemlenmiştir (Dancause ve diğ., 2018, s.y.).

Üretilen tekstil nesnelerin yalnızca pek azı bozulmaya uzun süre mukavemet gösterecek şekilde tasarlanmıştır. Estetik ve çoklu üretim gibi kaygılar, kumaş türünün işleme özelliklerini belirlemiştir (Royal Society of Chemistry, 2013, 1-3). Böylece niteliklerini değiştirmek için liflere, ipliklere veya kumaşlara çeşitli mekanik ve kimyasal işlemler gerçekleştirilmiştir. Örneğin; ipeğin çeşitli metallerle ağırlaştırılmasında süreç kimyasal bir işlemi içeriyorken, yünün mukavemetinin artırılması mekanik müdahaleleri gerektirmiştir. İpeklerin bozulma süreçleriyle ilgili çalışmalar, yüksek bağıl nem ve sıcaklığın bu tür işlem görmüş ve görmemiş ipeklerin bozulmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir (Hacke, 2014, 5).

Geniş elyaf yüzey alanı, tekstillerin ışık, sıcaklık, nem, toz ve kirletici maddeler gibi çevresel bozulma etmenleri ile etkileşme ihtimalini artırmaktadır. Doğası gereği tekstiller esnek yapıdadır ve genellikle üzerinde bulundukları desteğin şeklini alan niteliktedir. Dahası çoğu tekstil emici ve gözenekli yapıda olduğundan kolayca kirlenebilmektedir (Dancause ve diğ., 2018, s.y.). Böyle hassasiyetler tekstilleri, müze koleksiyonlarında korunmaya en muhtaç malzemelerden biri haline getirmiştir. Denetimli bağıl nem ve sıcaklık gereksinimleri, ışıktan kolaylıkla etkilenmeleri ve kire, küfe, böceklere duyarlılıkları, kapsamlı koruma uygulamalarının dikkatle takip edilmesine yol açmıştır (Wolf, 2002b, 9).

Çoğu müze, koleksiyonlarındaki tekstilleri korumak için; 18°C gibi ılımlı sıcaklık ve yaklaşık %55'lik bağıl nem seviyelerini içeren iklim hedeflerine ulaşmaya çalışmaktadır (Royal Society of Chemistry, 2013, 1-3). Bununla birlikte özellikle 5°C ve daha düşük sıcaklık seviyeleri, tekstillerin korunması için pek çok avantaj

[7] Mordan: Bazı boyar maddelerin liflere bağlanmasını sağlayan metal tuzları.

sunmaktadır. Örneğin bu sıcaklık eşiğinde kimyasal bozulma oranı azalmakta, böcek istilası da büyük ölçüde engellenmektedir. Böcek istilasına karşı -30°C gibi çok düşük sıcaklıkların uygulandığı koruma yöntemleri de mevcuttur. Ancak buradaki en önemli nokta, sıcaklık düştükçe bağıl nemin tamponlanması gereğidir. Özellikle boyalı tekstiller gibi bağıl nem değişimine farklı tepki verebilecek bileşenler içeren nesneler dondurulmamalıdır (Dancause ve diğ., 2018, s.y.). Yüksek sıcaklıklar ise tüm malzemelerde olduğu gibi, tekstillerin de kimyasal bozulma oranını artırmaktadır. Özellikle kimyasal olarak kararsız tekstiller için, sıcaklıktaki her 5°C'lik artışın, nesnenin güvenle saklanma süresini yarı yarıya düşürdüğü kabul edilmektedir (CCI, 2013, s.y.).

Higroskopik malzemeler olan tekstiller belirli seviyede bağıl nem dalgalanmalarını tolere edebilirken aşırı değişimlerden olumsuz etkilenmektedir. Yüksek bağıl nem değerlerinde lifler su buharını emerek şişmekte, düşük bağıl nem seviyelerindeyse ise büzülmektedir. Değişim esas olarak lif çapında meydana gelmektedir. Ancak dokunmuş bir tekstilin liflerinin her birinin ayrı ayrı genişlemesi, özellikle çözgü iplikleri doğrultusunda tümden bir kısalmaya sebep olmaktadır. Dolayısıyla çoğu organik nesnede uzamaya sebep olan nemli ortamda şişme, dokumalarda tam tersi bir sonuç vermektedir. Çerçeveli nakışlar, mobilya döşemeleri gibi gergin olarak sabitlenmiş veya herhangi bir yüzeye yapıştırılmış tekstil örnekleri özellikle gevrekleşmiş ve yaşlanmış olduklarında, bağıl nem değişimine mukavemet gösterememektedir (CCI, 2013, s.y.).

Tekstil ürünleri küflenmeye karşı hassastır zira küf lekelenmeye, lif yapısında zayıflamaya veya liflerin tamamen tahrip olmasına yol açabilmektedir. Üzerinde büyüdükleri substratı[8] sindirerek beslendiklerinden küfler; pamuk, keten gibi selülozik lifler için önemli bir risk etmenidir. Ancak yün ve ipek gibi hayvansal lifler de küften kaynaklı hasar görmektedir. %65 ile %100 arasındaki bağıl nem seviyeleri, yüksek sıcaklıklar ve zayıf hava dolaşımı küf oluşumunu büyük oranda hızlandırmaktadır (CCI, 2013, s.y.). Resim 2'de gösterildiği üzere; beyaz veya renkli kadifemsi bir şekilde görünür olabilen küf gelişimi, çoğu zaman ortama karakteristik bir kokunun yayılmasına da sebep olur. Böyle durumlarda dondurma, iklim denetimine destek bir uygulama olarak aktif büyüyen küfü durdurmanın hızlı bir yoludur. Dondurmadan

[8] Substrat: Enzimle gerçekleşen bir tepkimede enzimin etkilediği bileşik (İlaç ve Eczacılık Terimleri Çalışma Grubu, 2014).

önce, nesnenin şeffaf bir polietilen torba veya polietilen filmle sarılarak yalıtılması gerekmektedir. Bununla birlikte, dondurma işlemi küfün vejetatif[9] büyümesini durdurmasına rağmen, küf sporlarının düşük sıcaklıklarda canlı kalmasını önleyememektedir (CCI, 2013, s.y.). Bu sebeple müzelerde kâğıt, tekstil gibi organik koleksiyonların denetimli iklim koşullarında sergilenmeleri, küf hasarını ve buna bağlı gerek duyulacak aktif koruma ve onarım müdahalelerini önlemek ya da geciktirmek bakımından elzemdir.



Resim 2:Askeri bir üniformada aktif küf gelişimi

Jordan, Cara. [04.07.2019]. The Mystery of the Moldy Jersey. http://www.museumtextiles.com/blog/category/mold.

3.3. Metal

Metaller, gezegende bulunan elementlerin en büyük bölümünü oluşturur. Isıyı ve elektriği iyi iletme, dövülerek şekillendirilebilme gibi ortak özellikleri sebebiyle cam, taş ve seramik gibi diğer inorganik malzemelerden ayrılırlar. Bu durum sahip oldukları metalik bağın benzersiz yapısından kaynaklanmaktadır. Zira iyonik ve kovalet bağlardan farklı olarak metalik bağ, her yöne eşit kuvvette bir çekim imkânı sunmaktadır. Bu sebeple dışarıdan bir kuvvet uygulandığında atomlar birbirleri üzerinde serbestçe kaymaktadır (Torraca, 2009, 12).

Metaller, eriyecekleri sıcaklıklara kadar ısıtıldıklarında başka metaller ile birleştirilerek alaşımları oluştururlar. Müze koleksiyonlarında karşılaşılan başlıca

[9]Vejetatif: Gelişme, beslenme gibi yaşamsal faaliyetleri devam eden (Bahadır ve diğ., 2019, s.y.).

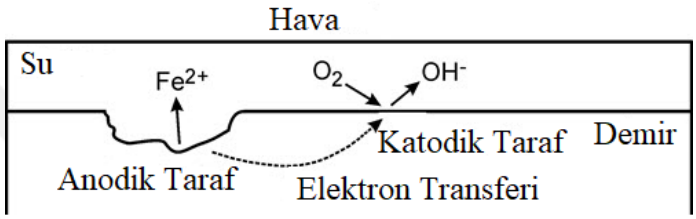
metaller alüminyum, bakır, altın, demir, kurşun, nikel, gümüş, kalay ve çinko olmasına rağmen, nesnelerin yalnızca çok küçük bir oranı bu sayılan elementleri saf halde içermektedir. Metal koleksiyonların büyük bölümünü; sertlik, kolay işlenebilirlik, ucuz maliyet gibi sebeplerle üretilen alaşımlar ve kaplama metaller oluşturmaktadır (Barclay ve diğ., 2018, s.y.).

Saf metallerde atomların hepsi aynı büyüklüktedir. Bununla birlikte alaşımlar, iki veya daha fazla metal elementi içerdiklerinden, farklı büyüklükte atomlara sahiptir. Benzer atom büyüklüğüne sahip çinko ve bakır atomları bir araya geldiklerinde görece yumuşak bir alaşım olan pirinci oluşturmaktadır. Ancak atom büyüklükleri oldukça farklı olan bakır ve kalayın oluşturduğu bronz nispeten daha serttir. O halde, atomların karşılaştırmalı boyutları, alaşımın süneklik ölçütünü belirlemektedir (Barclay ve diğ., 2018, s.y.). İklim koşullarının metalik müze koleksiyonlarına etkisinin anlaşılabilmesi, her biri farklı tepkiler veren metal ve alaşım türlerinin ayırt edilmesi ile mümkündür. Örneğin altın ve platin termodinamik olarak oldukça kararlı iken, geri kalan tüm metaller bozulmaya karşı değişen ölçülerde hassastır (Turner-Walker, 2008, s.y.).

Metallerin çevreleri ile elektrokimyasal tepkimeler yoluyla etkileşmeleri süreci, korozyona uğrama olarak tanımlanmaktadır. Korozyon, nesneyi oluşturan metalin yapısal özelliklerine, işlenme yöntemine ve sergilendiği ya da depolandığı çevrenin niteliklerine bağlı olarak birçok şekilde gerçekleşebilmektedir (Barclay ve diğ., 2018, s.y.). Bu sebeple çevrenin metal nesneler üzerindeki etkisinin incelenmesi, korozyonun önlenmesi ve herhangi bir koruma müdahalesine duyulacak ihtiyacın azaltılmasında önemli bir aşamadır (Burke, 2002, 5-6).

Hem sıvı su hem de yüksek bağıl nem, neredeyse tüm metal nesneler için ciddi bir tehlikedir. Zira yüksek bağıl nem seviyelerinde sıcaklığa bağlı olarak yoğuşmanın gerçekleştiği ilk alanlardan biri soğuk metal yüzeylerdir (Barclay ve diğ., 2018, s.y.). İnce bir su katmanıyla kaplı bir demir parçası üzerindeki korozyon süreci Şekil 1'de gösterilmektedir. Burada bir metal iyonu yüzeyden ayrılıp çevresindeki suya dâhil olduğunda serbest negatif yük, metal bünyesinde elektron denizi olarak düşünülebilecek atomik kafes içinde tutulur. Bu nedenle, pozitif yüklü metal iyonu çözelti içine girmesine rağmen, negatif yük metal bünyesinde kalır. Böylece metal ile hemen etrafını saran çözünmüş iyonlar arasında önemli bir elektrik potansiyeli oluşur, yani metal negatif olarak yüklenirken çözelti pozitif olarak yüklenir. Pozitif iyonlar, negatif olarak yüklenmiş metal yüzey tarafından elektrostatik yollarla çekildiğinden,

çözelti geneline yayılamaz. Bu şekilde, yüzeyden çıkan metal iyonlarının tekrar atomik kafes içine girmesi sonucu dinamik bir denge durumu oluşur. Meydana gelen tabakanın kalınlığı tipik olarak nanometre mertebesindedir (Turner-Walker, 2008, s.y.). Kararlı yüzeyler; metal üzerinde eşit bir korozyon filmi şeklinde oluştuğunda yeni kimyasal tepkimelere karşı bir bariyer işlevi görerek, metalin daha fazla bozulmasının önüne geçmektedir. Bu katman zaman içinde sabit kalmasa da yalnızca çok küçük oranda kalınlaşma eğilimindedir. Ancak arkeolojik buluntularda genellikle diğer metal nesnelere oranla daha kalın ve düzensizdir. Müzelerdeki metal nesnelerin çoğu, %45-50'lik ılımlı bağıl nem seviyelerinde sabit kararlı yüzeylere sahiptir (Barclay ve diğ., 2018, s.y.).



Şekil 1: Metal yüzeyde korozyon oluşumu

Barclay, Robert L., Carole Dignard, Lyndsie Selwy. 2018. **Caring for Metal Objects.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Şekilde 1'de gösterilen iyon alışverişinin; çözünür tuzlar, kirletici gazlar ve şiddetlenen çevresel koşullar sonucunda orantısız bir şekilde artması, anodik tarafta aşınmaya, katodik tarafta ise korozyon ürünlerinin birikmesine sebep olur. "Aktif korozyon" terimi genellikle bir metal yüzeydeki taze ve ilerleyen korozyonu ifade etmek için kullanılır. Bu durumda yüzeyde çatlama ve dökülmeler gözlenebilir. Oluşan fiziksel hasar veya malzeme kayıpları, yüzeyin altındaki metal katmanının korozyona uğramasından kaynaklanabilir. Böylece üstteki katman (eski korozyon ürünleri, boya veya kaplama gibi tabakalar) alt seviyede meydana gelen genişleme sonucunda çatlar ve pul şeklinde dökülür. Benzer bir hasar, tuz varlığında ve yüksek nem seviyelerinde gerçekleşir. Zira tuzların rutubetli ortamda nem emerek çözünmeleri ve kuru havada kristal hale geçmeleri sonucunda hacimlerinin değişmesi de yüzey tabakalarının ayrılmasına ve kayıplara neden olur. Ayrıca rutubetli ortamda çözünen tuzlar (örneğin arkeolojik metallerin bünyesinde bulunan) elektrolit oluşturarak korozyonu artırır. Tablo 2'de gösterilen ve çoğunlukla yüksek bağıl nem seviyelerinin etkisiyle gerçekleşen aktif korozyon ve kararlı yüzey; farklı metaller ve

alaşımlar üzerinde karakteristik bir görünüme sahip olmaktadır (Barclay ve diğ., 2018, s.y.).

Tablo 2: Metal türlerinde gerçekleşen korozyon türleri ve korozyonu destekleyen sebepler

Metal	Aktif Korozyon	Kararlı Yüzey	Korozyonu Destekleyen Sebepler
Demir ve Çelik	Turuncu-kahverengi lekeler, ıslak veya parlak görünüm, oyuklaşan ve pul pul dökülen yüzey	Mavi-siyah ve kızıl kahve renkli görünüm	Yüksek bağıl nem, yüzeyde ıslaklık
Kurşun	Küçük alanlarda ya da tüm yüzeyde beyaz toz şeklinde dökülmeler	Pürüzsüz gri görünüm	Ahşaptan veya kartondan yayılan uçucu organik asitler
Bakır ve Bakır Alaşımları	Tüm yüzeyde meydana gelen renkli küçük noktalar, yüzey geneline yayılmış ve mavi, yeşil, beyaz renkli tozumalar	Mavi, yeşil, kırmızı, kahverengi veya siyah gibi çeşitli renklerde alacalı görünüm. Pürüzsüz veya çok hafif yapışkan yüzeyler	Yüksek bağıl nem, yüzeyde ıslaklık, hava kirliliği, uygun olmayan temizlik, tuzlar
Gümüş ve Gümüş Alaşımları	Kalınlaştıkça kahverengi / siyaha dönen mat görünümlü gri renkli korozyon katmanı	Düz beyaz metalik görünüm, Mavi / mor renkli kararlı yüzey	Yüksek bağıl nem, kükürt bileşikleri, parmak izi, uçucu organik bileşikler
Nikel	Kırmızımsı kahverengi korozyon	Pürüzsüz gri görünüm	Yüksek bağıl nem ve kükürt bileşikleri
Kalay ve Kalay Alaşımları	Açık veya koyu griden siyaha renk değişimi, açık gri veya beyaz bir korozyon ürünü oluşturan kabartılar	Pürüzsüz gri görünüm	Yüksek bağıl nem, atmosferik kirleticiler, düşük sıcaklıklar

Burke, Martin. 2002. Appendix O: Curatorial Care of Metal Objects. **Museum Handbook** Washington: National Park Service.

Bazı metaller korozyona diğerlerinden daha yatkındır. Bu durum "galvanik seri" olarak tanımlanmış bir sıralama ile gösterilmektedir. Korozyona en dirençli olan metal türünden, en yatkın olanına göre sıralama (asil (soy) metallerden daha az asil metallere doğru) şu şekildedir:

Altın> Platin > Paslanmaz Çelik (304 pasif) > Gümüş > Nikel > Kalay > Kurşun > Bakır > Pirinç >Paslanmaz Çelik (304 aktif) > Dökme Demir > Alüminyum alaşımları > Çinko (Barclay ve diğ., 2018, s.y.).

Özellikle %30'luk veya daha düşük bağıl nem seviyelerini içeren kuru ortamlar metaller için idealdir. Bağıl nem seviyesi yükseldikçe korozyon ihtimali artmaktadır. Örneğin %65'in üzerindeki bağıl nem koşullarında çoğu metal yüzeyinde sıvı suyun davranışına yakın şekilde bozulma gerçekleşmektedir ve bu eşik değerin üzerinde korozyon önemli oranda hızlanmaktadır. %40 ile 50 aralığındaki bağıl nem seviyeleri ise yüzeyde pasif bir korozyon katmanının bulunması durumunda acil bir çözüm

gerektirmemektedir. Organik ve metal bileşenleri olan karma yapılı nesneler için önerilen aralık da bu orta değerler çevresindedir. Bununla birlikte kirleticilerin sebep olduğu korozyon ihtimali metaller için bağıl nemle doğru orantılı olarak artmaktadır. Rimmer ve arkadaşları (2013, s.y.), gümüş üzerine yaptığı çalışmalarda belirli bir kirletici seviyesinde, bağıl nemi %75 ten %15'e düşürmenin gümüş kararmasını üç kat azalttığını gözlemlemiştir. Bunun sebebi, nemin aşınmış metallerdeki iyonları çözmesi ve elektrolit oluşumunu kolaylaştırmasıdır. Sodyum klorür gibi higroskopik tuzların korozyona sebep olması için bağıl nemin düşük seviyeleri bile yeterli olabilmektedir. 20°C'de sodyum klorür ihtiva eden çözeltiye maruz kalmış demir örneği için depolama gözlemleri şöyle tanımlanmıştır:

- %12 bağıl nem seviyesinde korozyon yok,
- %15 - 20 seviyelerinde yavaş ilerleyen korozyon mevcut,
- %21'in üzerindeki seviyelerde hızlı bir korozyon oluşumu söz konusu,
- %25'in üzerindeki seviyelerde korozyon önemli ölçüde artma eğiliminde,
- %30 bağıl nem seviyesinde %25'in birkaç katı kadar hızlanmaktadır (Watkinson, 2010, 3308- 3338).

Yapılan çalışmalar kararlı olmayan arkeolojik demirin %30, arkeolojik bakırın %42 bağıl nem seviyesinin altında tutulması gerektiğini göstermiştir (Lankester, Thickett, 2013, 337-349).

Özellikle çağdaş nesne koleksiyonlarında bulunan çoğu metal kaplanmış yapıdadır. Böyle nesneler genellikle ana metalin üzerine elektrik akımı kullanılarak (elektrokaplama) başka bir metalin ince bir katman halinde uygulanması ile üretilir. Örneğin bakır ve bakır-nikel alaşımları sıklıkla gümüş ile kaplanmaktadır. Kaplama metallerde aktif korozyon, ana metal ve kaplama metalin yapısına bağlı olarak çeşitli şekillerde ortaya çıkmaktadır. Kaplama yüzeyi bir şekilde delindiğinde kaplanmış cisimler üzerinde çukurlaşma meydana gelir ve korozyon ürünleri alttaki metalin üst yüzeyinde tabakalanır. Kaplanmış metaller üzerindeki tüm aktif korozyona, hacimsel bir genişleme eşlik ettiğinden yüzeyde pullanma, tozuma ve katman halinde dökülme sorunları ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte doğrudan temasta olan iki metalin (örneğin bir alaşımın, kaplanmış metalin veya lehimlenmiş metal bileşenlerin) nemli bir ortama maruz kalması durumunda, galvanik serideki daha az asil metal, asil metal ile temas ettiği yerde hızlıca korozyona uğramaktadır. Örneğin, bakır parçalarının

birleştirilmesi için alüminyum perçin kullanılması durumunda ve havada elektrolit oluşumunu destekleyecek yeterlikte nem bulunması halinde alüminyum, tam olarak bakır ile temas ettiği noktada paslanacaktır. Bir başka örnek, kalay ile kaplanmış demirdir. Kaplama iyi durumda ise nesne kararlıdır ancak çizik veya çentiklerin bulunması halinde altta bulunan demirin korozyonu hava ile teması artacağı için (ve kalay daha asil olduğu için) hızlanacaktır (Barclay ve diğ., 2018, s.y.). Emayeler ise metal yüzeyine seramiklerdeki sır kullanımını andıran şekilde silis uygulanması ile elde edilmektedir. Metal cam (sır) ara yüzünde meydana gelen korozyonun görsel olarak değerlendirilmeleri zordur.

Metal nesnelerin çevrenin zarar verici etkilerinden korunmaları için gerçekleştirilen etkin koruma çabalarının bir kısmı, metal yüzeyin dış ortamdan yalıtılmasını içermektedir. Böylece atmosferde bulunun nemin, metaller ile teması önlendiğinden korozyon ihtimali azalmaktadır. Bu anlamda uygulanması ve çıkarılması kolay ve nispeten güvenli sayılabilecek doğal veya sentetik mumlar kullanılabilmektedir. Ancak toz toplamaları, bazı küf ve mantar türleri için besin kaynağı olmaları ve sıcaklık etkisi ile beyazlaşma eğilimleri sentetik mumların dezavantajlarıdır. Aynı hedefle uygulanan laklar ise kaplanmış nesnenin metal görüntüsünü kaybederek plastik bir görünüme sahip olmasına yol açmaktadır (Burke, 2002, 10-11).

Müzelerde iklim denetimi yapılan alanlarda metal nesnelerin açık depolanması bir seçenektir. Ancak bu, depo olarak kullanılan alanın tümden koşullandırılması gerekliliğinden ötürü oldukça maliyetli bir çözümdür. Bununla birlikte metallerin en iyi şekilde korunabileceği bağıl nem seviyeleri özellikle organik nesnelerin bulunduğu alanlar için tehlikeli koşulları içermektedir. Bu sebeple tarihi metaller ve kararlı arkeolojik nesneler, daha çok özel olarak yapılmış polietilen ambalajlar içinde ve asit içermeyen karton kutularda depolanmaktadır. Ancak bağıl nemin %35'in altında tutulması gereken arkeolojik bakır alaşımlarının saklanması için ve özellikle %15'in üzerindeki bağıl nem seviyelerinde kararsız olan arkeolojik demir nesneler için mevcut havanın hacminin önemli ölçüde azaltıldığı, silika jel/hava oranının artırıldığı muhafaza kutuları tercih edilmektedir. Madeni paralar gibi küçük nesneler kendinden contalı polietilen torbalarda ayrı ayrı saklanabilmekte ve daha sonra koşullandırılmış silika jel ile birlikte hava geçirmez şekilde polietilen saklama kutularında istiflenebilmektedir (Turner-Walker, 2008, s.y.). Bununla birlikte silika jelin ne zaman değiştirileceğini belirlemek, söz konusu metallerin korozyon oluşturan bağıl nem eşik

değerini bilmeye ve kutunun iç hacminin bu değeri aşıp-aşmadığını tespit etmeye dayanmaktadır (Watkinson, 2010, 3308-3338). Ageless™ gibi oksijen soğurucuların piyasaya sürülmesi, küçük hacimlerde oksijensiz koşulların üretilmesini mümkün kılmıştır. Böylece korozyon için gerekli olan oksijenin tutulduğu ve nem girişinin engellendiği yüksek nitelikteki koruma uygulamaları gerçekleştirilebilmiştir (Turner-Walker, 2008, s.y.).

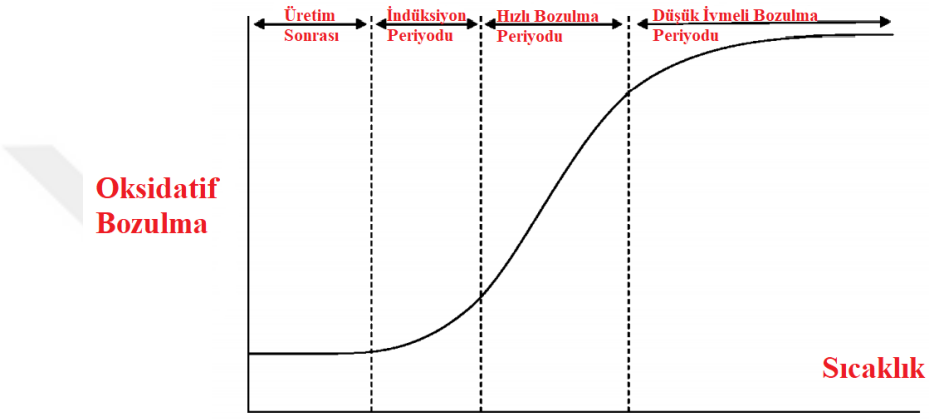
3.4. Plastik

Günümüzde plastik kavramı, her biri kendine özgü kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip geniş bir yapay organik malzeme sınıfını temsil etmektedir (Fricker, 2016, 24). Plastikler, kimyasal yapıları farklı iki ana bileşenden oluşur. Bunlardan ilki plastiğe adını veren temel polimerdir. Plastik bu bileşen dolayısıyla polietilen, polisitren, polivinil klorür, fenol-formaldehit gibi isimlerle tanımlanır. İkinci bileşen ise temel polimerin içeriğini, uygun son kullanım özellikleri verecek şekilde değiştiren katkı maddeleridir. Selüloz gibi doğal maddelerin, petrol ve diğer fosil yakıtlardan sağlanan bol karbon atomlu maddelerle birleştirilmesiyle "sentetik polimerler" elde edilmektedir. Sentetik polimerler, genellikle doğada bulunanlardan çok daha uzun molekül zincirlerinden oluşur. Polimerleri güçlü, hafif veya esnek kılan bu zincirlerin uzunluğu ve diziliş biçimleridir (Fenn, Williams, 2018, s.y.).

20. yüzyılın başından beri günlük yaşamda, sanatsal ya da tarihi-kültürel alanda, ucuzlukları, işleme kolaylıkları ve çok yönlülükleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan plastikler; aynı polimer tipinden üretilseler dahi farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Bu durum, moleküler boyutun (örneğin molekül ağırlığı, polimerizasyon şekli) ve molekül şeklinin (örneğin doğrusal, dallanmış, çapraz bağlanmış) çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır (Bianco ve diğ., 2016, 2862-2866). Özellikleri; plastikleştiriciler, renklendiriciler, morötesi ışınım emiciler, ısı stabilizatörleri, antioksidanlar, mineraller ve organik dolgu maddeleri gibi mevcut katkılara bağlı olarak değişmektedir (Fenn, Williams, 2018, s.y.).

Plastikler müze koleksiyonlarında bulunan geleneksel malzemelere kıyasla kısa ömürlüdür ve edinimlerinden 5-35 yıl sonra gözle görünür bozulma belirtileri sergilemektedir (Shashoua, 2016, 208). Bazıları çok yavaş bir şekilde bozulsa da, pek çok plastik türü için elli yıldan daha az bir kullanım ömrü tanımlanmaktadır (Quye, Williamson, 1999, 136-137). Genel olarak, çoğu polimerin bozulma seyri az miktarda

değişikliğin gözlendiği veya hiçbir değişimin gözlenmediği "indüksiyon periyodu" ile başlamaktadır. Şekil 2'de gösterildiği üzere takip eden aşama ise hızlı bozulmanın gerçekleştiği evreyi kapsamaktadır. Polimerin durağanlığı, bu indüksiyon periyodunu ürünün beklenen hizmet ömrüne uzatan antioksidanlar ve diğer stabilizatörlerin kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Ancak müzelerin genellikle bu hizmet ömründen sonra nesneleri edindikleri unutulmamalıdır. Bu sebeple çoğu plastik müze nesnesinin hızlı bozulma evresinde olduğu ön kabulüyle değerlendirilmesi gerekmektedir (Fricker, 2016, 58).



Şekil 2: Plastiklerin sıcaklığa bağlı oksidatif bozulma seyri

Feller, Robert L. 1978. Stages in the Deterioration of Organic Materials. Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value. **American Chemical Society: Advances in Chemistry**. s. 164: 314.

Plastikler; ışık, mor ötesi ışınım, sıcaklık, nem, oksijen ve kirletici maddeler gibi bozulma kaynaklarına maruz kaldıklarında kimyasal değişikliğe uğramaktadır. Bu olduğunda, nesneden açığa çıkan bozunma/ayrışma[10] ürünleri görünümün değişmesine yol açmaktadır. Plastik yüzeylerdeki birikintilerin görünümü, genellikle plastikleştiricilerin yüzeye göç etmelerinden veya bazen dolgu maddelerinden kaynaklanmaktadır. Resim 3'te polivinilklorür içerikli bir oyuncak bebeğin sol kolunun yüzeyinde biriken katkı maddesi göçü örneklendirilmektedir. Bozunma ürünleri katı, sıvı veya gaz halinde bulunabilmektedir. Gaz halde olduklarında, zarar verici bileşiklerin salımından dolayı karakteristik kokulara sahiptirler (Balcar ve diğ., 2012, 302). Bu salımlar onları açığa çıkaran ve bozulmakta olan plastiklere zarar

[10] Ayrışma: Moleküllerin, çeşitli etkenler nedeniyle geçici olarak daha yalın atom ya da moleküllere bölünmesi (Somer, Yaşar, 2009).

verdikleri gibi, koleksiyonda bulunan diğer nesnelerde de yaşlanmayı hızlandırabilmektedir (Molina, 2017, 278-285). Etkileşim, nesnelerin doğrudan temasıyla ya da bozulmakta olan nesneden açığa çıkan gazın diğer nesnelerce emilmesi yoluyla gerçekleşmektedir. Örneğin selüloz nitrattan açığa çıkan azot oksitler çoğu plastiğin bozulma sürecine katılmaktadır. Bozulmaları sırasında açığa çıkardıkları zararlı bileşikler sebebiyle başka plastik malzemelerin bozulmasına da sebep olan türden plastikler "kötü huylu" ya da "malign" olarak isimlendirilmektedir (Fenn, Williams, 2018, s.y.). Kötü huylu plastiklerin başlıcaları selüloz nitrat, selüloz asetat, poliüretan, doğal kauçuk ve polivinilklorürdür (PVC). Bu tür plastik nesneler, asidik yan ürünleri sebebiyle özellikle kapalı koşullarda oldukça kapsamlı hasarlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, olası sorunları vurgulamak için mümkünse bu malzemeleri tanımlamak koruma sürecini desteklemektedir. Her biri kendine has kırılganlık derecesine sahip bir çok farklı "kötü huylu" plastik bulunduğundan, tür tanımlama işlemi, analitik tekniklerin kullanılmasını gerektirmektedir. Ancak her nesneden örnek alınması ve analizi, genellikle çoğu müze ve galeri kapsamında mümkün olamamaktadır. Bu sebeple tam olarak tanımlanamamış plastiklerin başka nesnelerle birlikte kapalı hacimlerde muhafaza edilmesi koleksiyonlar için risk teşkil etmektedir (Fricker, 2016, 66).



Resim 3: Polivinilklorürden üretilmiş oyuncak bir müze nesnesi yüzeyindeki katkı maddesi göçü

Fenn, Julia, Scott Williams. 2018. **Caring For Plastics And Rubbers.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Sıcaklığın, plastikler üzerindeki etkisi, ahşap ve deri gibi doğal organik malzemelerle benzerdir. Bozulma oranı yaklaşık olarak her 5ºC'lik sıcaklık artışı için iki katına çıkmaktadır. Sıcaklığın düşürülmesi, bozulma tepkimeleri için etkili bir denetim stratejisidir ve selüloz nitrat ve selüloz asetat içerikli fotoğraflar gibi hassas koleksiyon türlerinin depolanması için önerilen uygulamadır (Bigelow, 2004, 4).

Literatür ve deneylere dayanarak, plastiklerin dondurucu sıcaklıklarda saklanmasının kimyasal bozulma oranını önemli ölçüde azalttığı söylenebilmektedir. Bununla birlikte sıcaklık değişimleri, yüksek ısıl genleşme katsayıları nedeniyle mekanik gerilmelere neden olmaktadır. Ek olarak, plastikler hızlı soğutmada, yüzeyleri ile iç kısımları arasında büyük bir sıcaklık farkının oluşmasına neden olabilecek çok düşük ısıl yayılma özelliğine sahiptir. Üretim sırasında oluşmuş hataların ve hava kabarcıklarının varlığı, ısıl dengenin sağlanmasındaki gecikmeye katkıda bulunur. Bu durumun boyutsal değişimlerden kaynaklanan mikrofissür[11] oluşumuna yol açması muhtemeldir. Ayrıca, plastik malzemelerin soğutulduğunda gevrekliği arttığından, düşük sıcaklıklarda bükme ve eğme hareketlerinden kaçınılmalıdır. Bu özellikle, düşük sıcaklıklarda elastik formdan camsı fazlara geçiş yapan polipropilen, polietilen ve plastikleştirilmiş polivinilklorür formülasyonları için önemlidir (Shashoua, 2004, 94).

Müze koleksiyonlarındaki plastik malzemeler için en uygun depolama ortamının -20°C ile +10°C arasında olduğu öne sürülmüştür. Uygulamada ise yalnızca az sayıda müze, plastik koleksiyonları için soğuk hava depoları tesis etmiştir. Bu nedenle, plastik nesnelerin iklimsel değişkenlerden koruması konusundaki etkinliğe yönelik mevcut deneyim sınırlıdır (Shashoua, 2004, 91).

İklimsel koşulların bir diğer önemli etmeni olan bağıl nem, plastiklerin büyük bir kısmı üzerinde sıcaklığa oranla küçük bir etkiye sahiptir. Plastiklerin su emme oranları sıvı suya daldırıldıklarında dahi %0 ile %10 arasındadır. Ortam bağıl nemi yoluyla su emme oranı ise daha da düşüktür. Zira %50 bağıl nem seviyesindeki denge nem içeriği çoğu plastik için %5'in altındadır. Bağıl nem arttıkça denge nem içeriği artmakta ve plastik şişerek daha esnek hale gelmektedir. Böylece mukavemetini kaybetmekte ve hidroliz gibi kimyasal tepkime ihtimallerinin artmasıyla daha hızlı bozulmaktadır. Genel bir nem emme ölçüsü, plastik suya batırıldıktan sonra 24 saat boyunca

[11] Mikrofissür: Küçük boyutlu çatlak.

ağırlığında gerçekleşen değişimi temel almaktadır. Plastikler için "birim şişme katsayısı" olarak tanımlanan bu değer 200'den azken, fildişi için 205, yağlı boya için 248 ve ahşap için 400 ila 700 gibi yüksek seviyelerdedir. Bu plastiğin şişmeye karşı doğal biyolojik malzemelerden daha az hassas olduğunu göstermektedir. Ancak yüksek bağıl nem; çözünür protein, nişasta veya şeker gibi uygun besinler mevcutsa küflenmeyi teşvik etmektedir. Sentetik polimerler besin maddesi değildir, bu nedenle yüzeyde yağ gibi besleyici kirler olmadıkça veya plastik, ahşap dolgu maddesi veya dietilsebakat gibi plastikleştirici besin maddeleri içermedikçe, küf gelişimi için orta derecede hassasiyet arz etmektedir. Çoğu plastik orta hassasiyetten de daha az küflenme riskine sahiptir. Küf hasarı genellikle, koyu renkli lekelenme ile sınırlıdır ve muhtemelen hifaların[12] ince yüzey tabakasını hafifçe oyarak nüfuz etmesiyle gerçekleşmektedir. Diğer tüm malzeme sınıflarında olduğu gibi bağıl nemin %65'lik seviyenin altında tutulmasıyla küf gelişimi sınırlandırılabilmektedir. Plastikler bağıl nem azaldıkça su kaybederek kırılmaya daha yatkın hale gelmektedir. Kırılgan nesnelerde tatbik edildiği üzere, aşırı düşük bağıl nem seviyelerinde ilave destek kullanımı ve ek özen gösterilmesi hasar riskini düşürmektedir. Bağıl nemi azaltarak bozulma reaksiyonlarının gerçekleşme oranlarını düşürmenin yararları, uygun kullanım ve destek ile kontrol edilebilen kırılganlığın artması riskinden daha önemlidir (Fenn, Williams, 2018, s.y.).

3.5. Gözenekli ve Gevrek Malzemeler

Taş, tuğla, seramik ve harçlar gözenekli ve gevrek malzemeler olarak nitelendirilmektedir. Genel olarak, koleksiyonlarda bulunan diğer birçok malzemeden daha sert olmalarına rağmen böyle malzemelerden üretilmiş nesneler çevresel etmenlerin etkisiyle hasar görebilmektedir. Özellikle kötü sergi ve depolama koşullarında bozulma etmenlerinden etkilendiklerinden korunmaları, bağıl nemdeki aşırılıkların yatıştırılması ile doğrudan ilişkilidir. Çözünebilir tuzlar ihtiva eden türleri değişken bağıl nem aralıklarında veya çok yüksek olan bağıl nem seviyelerinde, çözünme ve kristallenme döngülerine bağlı olarak yüzeye tuz göçü yoluyla çatlama, parçalanma ve dökülmelere eğilimlidir (Johnson, 2002, 9). Kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat içeren taş ve harçlarda hava kirliliği kaynaklı sülfatlaşma sorunu

[12] Hifa (Hif): Mantar kolonilerini oluşturan, genellikle ince uzun ve saydam mikroskobik iplikçiklerin adı (Bahadır ve diğ., 2019, s.y.).

gözlemlenmektedir. Dahası yüksek bağıl nem seviyelerinde söz konusu bozulmalar şiddetlenebilmektedir. Müzelere taşınmış olan arkeolojik duvar resimleri ve mozaikler gibi harç ve taş bileşenler içeren nesnelerde de benzer bozulmalar meydana gelmektedir (Torraca, 2009, 27).

Seramikler, ihtiyaçları karşılamak üzere fonksiyonel olarak bir araya getirilmiş, çeşitli işlemlerle şekillendirilmiş ve ısı ile dönüştürülmüş doğal malzemelerden oluşan kırılgan nesnelerdir. Seramik nesnelerin yapısını oluşturan temel bileşen kildir. Kil, belirli kayaçların zaman içinde çevresel koşulların etkisiyle ayrışması sonucu meydana gelir. Küçük levha benzeri kil kristalleri su ile karıştırıldığında plastik nitelik kazanır. Elde edilen ve şekillendirilen hamur yüksek bir sıcaklıkta ısıtıldığında, kristal yapıda değişim gerçekleşir ve sert aynı zamanda kırılgan bir malzemeye dönüşür (Johnson, 2000, 2). Her kil tipi sertleşeceği bir optimum pişme sıcaklığına sahiptir (Logan, Grant, 2018, s.y.). Kilin pişme sıcaklığını düşürmek için kompozisyonlarına soda, mika, potasyum, magnezyum veya kireç gibi ergiticiler eklenir (Johnson, 2000, 2). Seramik ne kadar yüksek sıcaklıkta pişirilirse çevreye karşı sızdırmazlığı da o oranda yükselmektedir. Zira seramiğin kırılganlığı, gözenekliliği ve yüzey dokusu pişirme sıcaklığının bir fonksiyonudur. Düşük sıcaklıkta pişirilen nesneler sıcaklık ve bağıl nem gibi çevresel koşullara daha duyarlıdır (Logan, Grant, 2018, s.y.).

Seramik nesneleri süslemek veya su geçirmez hale getirmek için yüzeyle kaynaşık ince cam tabakalar oluşturulur. “Sır” olarak tanımlanan bu tabakalar üzerinde pişirme sırasında herhangi bir çatlamaya mahal vermemek adına, kil ile benzer ısıl genleşme ve büzülme özellikleri gösteren katkı malzemeleri tercih edilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda pişirilen seramikler genellikle sert ve camsı bir yüzey katmanına sahiptir. Daha düşük sıcaklıklarda ya da dengesiz bir biçimde pişirilen seramiklerde ise, sır katmanı seramik yapıya daha zayıf bir şekilde bağlanmıştır. O halde bir seramiğin pişirilme sıcaklığı kil gövdesinin olduğu kadar sır katmanının da kararlılığını ve olumsuz çevre koşullarına tolerans gösterme yeteneğini belirlemektedir (Newton, Logan, 2007, s.y.).

Kırılma vb. mekanik hasar görmenin yanı sıra, seramiklerin bozulma süreçlerine katılan en önemli etmen iklimsel koşullardır. Özellikle arkeolojik seramikler, yüzeyde veya seramik gövdesinde kristalleşebilen, yapısal ve estetik bozulmalara yol açan "çözülebilir tuzlar" içermeleri sebebiyle, sıcaklık ve bağıl nem değişimlerinden önemli oranda etkilenmektedir (Johnson, 2000, 11). Eğer seramik bir nesne tuzlu topraktan

çıkarılmış, deniz suyuna temas etmiş veya tuz içeren maddeleri saklamak için kullanılmışsa, gövdesinde bulunan gözenekler suda çözünebilir tuzlar ihtiva ediyor olabilir. Çözünebilir tuzlar bağıl nem değişimleri ile ya da seramik yüzeyinde yoğuşan su ile birlikte çözünme ve kristalleşme döngüleri geçirebilir. Bu durum Resim 4'te görüldüğü gibi yüzeyde pul pul dökülmeye neden olabilir. İklim denetimi bu tür hasarların önlenmesine yardımcı olmaktadır (Newton, Logan, 2007, s.y.).



Resim 4: Seramik bir nesnede yüzeye tuz göçü (solda) ve tuzlar uzaklaştırıldıktan sonra yüzeyde görülen hasar (sağda)

Logan, Judith, Tara Grant. 2018. **Caring for Ceramic and Glass Objects.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Seramikler; ahşap, kâğıt ve fildişi gibi malzemelere oranla nem ve sıcaklıkta meydana gelen dalgalanmalara karşı daha az hassastır (Newton, Logan, 2007, s.y.). Bununla birlikte %65'in üzerinde bağıl nem seviyelerinde, az miktarda da olsa yağ ve yiyecek artığı gibi organik kirler içeren seramik yüzeylerde küf gelişimi gözlemlenebilir (Logan, Grant, 2018, s.y.). Yüksek bağıl nem aynı zamanda seramiklerin onarımlarında kullanılan suya duyarlı yapıştırıcılarda da olumsuz sonuçlara yol açabilir. Özellikle %75'lik bağıl nem düzeyinin üzerinde birleşim yerlerinde ayrılma ve kopmalar gözlemlenebilir. Sıcaklık ise bağıl neme oranla seramik nesnelerde daha az etkiye sebep olan bir değişkendir. Arkeolojik seramiklerin ani sıcaklık değişikliklerine maruz kalması tavsiye edilmemektedir zira bu durum çatlakların oluşmasına ya da mevcut çatlakların genişlemesine yol açabilmektedir. Ancak böyle bir bozulmanın müze iç mekânlarındaki çevresel koşullarda gerçekleşme ihtimali oldukça düşüktür (Deck, 2016b, 1-7).

3.6. Cam

Son 4000 yıldır süs eşyası, yapı malzemesi ve diğer pek çok amaçla kullanılan cam, kuvars (silis) ve ergitici/eritken olarak da bilinen alkali oksit bileşenlerinden oluşmaktadır. Kuvars genellikle kumdan veya ezilmiş çakmaktaşından elde edilmektedir. Potasyum ve sodyum oksitlerden oluşan ergiticiler ise, kuvars ile etkileşime girerek, bileşimin erime sıcaklığını düşürmektedir. Demir, bakır, kobalt, manganez, krom ve nikel gibi diğer oksitler ise renklendirici olarak yapıya eklenmektedir. Eritildiğinde, bu malzeme karışımı çeşitli formlar verilmek üzere işlenebilmektedir. Metaller sıvıdan katı hale geçişte soğuma aşamasında kristalimsi bir kafes oluşturur. Ancak erimiş cam, bu yapının oluşabileceği süreden çok daha hızlı bir şekilde soğur. Böylece yapı, rastgele bir molekül ağında donar. Karışımda bulunan malzemelere bağlı olarak da şeffaf, yarı saydam veya opak bir nitelik kazanır. Seramiklere uygulanan sırlar ve metal bir desteğe uygulanan emayeler farklı bileşenleri olan ve camdan daha düşük sıcaklıklarda fırınlanan cam tabakalarıdır (Johnson, 2000, 6-8).

Cam nesnelerde meydana gelen çoğu hasar mekaniktir zira cam kolay kırılır yapıdadır (Johnson, 2000, 11). Bununla birlikte müze koleksiyonlarındaki camların çoğu kimyasal olarak kararlıdır ve %40–50 nem aralığında ve dalgalanmayan bağıl nem seviyelerinde güvenle saklanabilmektedir (Koob, 2006, 133). Ancak camın yapıca kararsız olması durumunda bozulmayı yavaşlatmak için atmosferik ortamın sıkı bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Örneğin %4'ten daha az kireç içeren cam, neme karşı son derece hassas ve kararsız yapıdadır. Bu sebeple yüksek bağıl nem ortamında bulunmaları risklidir. Soda-kireç camında ise, camdaki fazla sodyum, güçlü bir baz olan sodyum hidroksit oluşturmak üzere doğrudan havadaki nemi emer ve bu da camdaki kuvarsın serbest kalmasına neden olur. Kuvarsın uzaklaştırılması, tepkime için daha fazla serbest sodyum açığa çıkardığı için döngüsel bir süreç meydana gelir. Resim 5'te görüldüğü gibi cam sisli bir görünüme sahip olur. Daha yüksek bağıl nem seviyelerinde ve 10'un üzerindeki pH koşullarında cam yüzeyinde damlacıklar gözlemlenir. Bu duruma "terleme" (weeping, sweating) denir (Logan, Grant, 2018, s.y.).



Resim 5: Yüksek bağıl nem seviyelerinde kararsız soda-kireç camında gözlemlenen sisli görünüm

Logan, Judith, Tara Grant. 2018. **Caring for Ceramic and Glass Objects.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Cam eserlerin depolanmasında çevresel koşulların sınırları belirlenirken hassas yapıdaki camların gereksinimleri gözetilmektedir. Örneğin %42 bağıl nem seviyesinde sodyum tuzu hidrasyona uğrar bu nedenle, ciddi şekilde bozulmuş camların daha da kötüleşmesini önlemek için bağıl nemin %42'den düşük seviyelerde tutulması önerilir. Bununla birlikte, %30'un altındaki bağıl nem seviyelerinde ciddi şekilde bozulmuş camlar daha da kurur ve ince bir çatlak ağı ile kaplanarak opaklaşır. Bu da "Crizzling" adı verilen hasarın gözlemlenmesine sebep olur (Logan, Grant, 2018, s.y.). Cam nesnelerde karşılaşılan bir diğer bozulma ise "sedeflenme" olarak da bilinen "yanardönerlik" (iridescence) olayıdır. Özellikle asidik veya alkali koşullara uzun süre maruz kalmış arkeolojik camlarda kalıcı olabilen bu hasar, gökkuşağına benzer alacalı bir görünümün yanı sıra ince kabuk şeklinde dökülmeler ile karakterize edilmektedir (Deck, 2016b, 1-7).

Kararlı olmayan camın bozulma süreci neredeyse tüm cam yüzeyini etkiler. Camın yapısı değiştirilemeyeceğinden uygulanabilecek tek koruma yöntemi, sabit ve denetimli iklimsel koşulların oluşturulmasıdır. Güvenli bağıl nem aralığı camın kimyasal bileşimine (örneğin sodyum oksit, potasyum oksit oranı vb.) ve bozulma aşamasına bağlı olarak düzenlenir (Kunicki-Goldfinger, 2002, 301-304). Ancak, bozulmakta olan camın gerçekte kararlı olacağı bağıl nem seviyesini belirlemek oldukça zordur (Erhard, Mecklenburg, 1994, 32-38). Süreç yavaşlatılmasına rağmen, nadiren durdurabilir. Bu nedenle, bozulma belirtileri ortaya çıkmadan önce bozulmuş

cam nesneleri tanımlamak oldukça önemlidir. Cam nesnelerin sergilenmesi ve depolanmasında aşırı sıcaklıklardan ve özellikle ani sıcaklık değişimlerinden kaçınılmalıdır. Bu sebeple cam koleksiyonların güneş ışınlarına doğrudan maruz kalmaması ya da aydınlatma aksamlarının yakınında bulundurulmamaları önerilmektedir (Newton, Logan, 2007, s.y.).

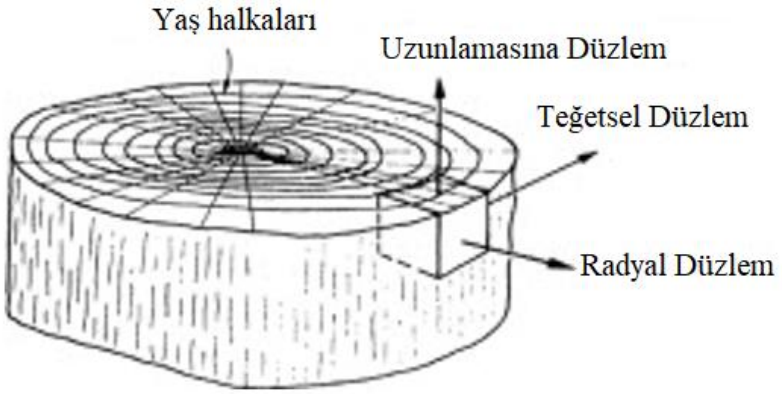
3.7. Ahşap

Müze koleksiyonları, ahşaptan üretilmiş tarihi, dekoratif veya sanatsal önemi olan mobilyalar, el aletleri, boyalı paneller, panel resimleri ve heykeller gibi çok çeşitli nesneleri içermenin yanı sıra; resim çerçeveleri, müzik aletleri, tüfekler, dikiş makineleri, fotoğraf makineleri ve kameralar gibi ahşap bileşeni olan pek çok karma nesneyi de bünyelerinde bulundurmaktadır. Ahşabın yapısının bilinmesi, iklim koşulları etkisinde gerçekleşen hasarın anlaşılması için önemlidir.

Hayvan dokusundaki hücrelerin aksine, bitki hücreleri kendilerine yapısal olarak destek sağlayan sert bir hücre duvarına sahiptir. Hücre duvarının ana bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve pektindir. Uzun zincirli bir karbonhidrat polimeri olan selüloz, ahşaba mukavemet sağlamaktadır. Hemiselüloz ise selülozu çevreleyen ancak kimyasal olarak bağlanmayan ara katmanı oluşturmaktadır. Son olarak pektin, selülozu koruyan ve yapıya esneklik sağlayan jel benzeri bir matris meydana getirmektedir. Karada yetişen bitkiler ayrıca yapıya sağlamlık ve sertlik sağlayan lignin içermektedir. Ağacın en dış dokusu, çoğunlukla dış kabuğu suya ve mikrobik etkilere karşı daha dirençli kılan ve "mantar hücreleri" denilen ölü dokulardan oluşmaktadır. Bu yapı yağlı ve mumsu bir madde olan süberin içermektedir (Mason, 2018, s.y.).

Ağaç yapısındaki su ve selüloz arasında çok güçlü bir moleküler çekim bulunmaktadır. Zira taze kesilmiş odunlarda, hem damar oyuklarında hem de hücre duvarlarında su bulunur. Ağaç kurudukça damarlardaki su buharlaşır. Ancak hücre duvarlarında su kaldığı sürece lifler doyma seviyesinde kalır ve büzülmez. Doygunluktaki nem içeriği yaklaşık %25'tir. Bu noktanın altına düştüğünde veya üstüne çıktığında, ahşap ortamdaki bağıl nem değişimlerine tepki vermektedir. Örneğin açık havada kurutulmuş odun %10 - %12 denge nem içeriğine sahipken, fırınlanmış odundaki nem içeriği yaklaşık %7 civarındadır. Bu durumda fırında kurutulmuş odun veya bundan üretilmiş nesnelerin, yüksek bağıl neme sahip bir ortama yerleştirildiğinde su buharını

emeceği açıktır. Nem emilip serbest bırakıldığında, hücre duvarları genişlemekte ve büzülmektedir. Bununla birlikte, hücre uzunluğu, neredeyse değişmeden kalmaktadır. Bu nedenle, ahşaptaki boyutsal değişim bütün düzlemlerde aynı oranda gerçekleşmemektedir (Murdock, 2002, 2). Anizotropi olarak adlandırılan bu durum, ahşabın suyu emmesi ve salıvermesi yoluyla üç farklı düzlemde (teğetsel, radyal ve uzunlamasına/boyuna) gerçekleşen büzülme ve genişlemeyi tanımlamaktadır. Zira ahşap kurudukça, teğet düzlem boyunca büzülme oranı ortalama %8 iken, radyal doğrultuda büzülme %4 civarında, uzunlamasına büzülme oranı ise sadece %0,2-0,4 arasındadır (Wagner Meters, [05. 01.2020]). Şekil 3'te bir ahşap örneğinin anizotropik büzülme ve genişleme aksları gösterilmektedir.



Şekil 3: Ahşabın anizotropik büzülme ve genişleme aksları

Karakoç, Alp, Pekka Tukiainen, Jouni Freund, Mark Hughes. 2013. Experiments on the Effective Compliance in the Radial-Tangential Plane of Norway Spruce. **Composite Structures.** s. 102: 287.

Boyutsal değişimin miktarı türden türe değişebilmekte ve bu durum bazı ahşap türlerinin mobilya ve eşya yapımında daha fazla tercih edilmesine sebep olmaktadır. Tik, maun ve sekoya daha istikrarlı ağaçlardır. Ceviz ve kiraz gibi mobilya üreticileri tarafından sık kullanılan ağaçlar ise bağıl nem değişimlerine ortalama tepkiler veren türlerdir (Murdock, 2002, 4).

Müze koleksiyonlarında yer alan ahşap nesneler çoğunlukla pigment içeren ya da şeffaf yapıda bir üst katmana sahiptir. Bu katmanlar, renk ve dokuyu ortaya çıkarmak üzere estetik amaçlarla uygulanabildiği gibi, hafif mekanik hasarlara karşı direnç sağlayan ve su buharının nüfuzunu sınırlandıran koruma hedefleri ile de yüzeylere tatbik edilmektedir. Müzelerde en sık karşılaşılan ahşap nesne üstü katmanlar; reçineler, boyalar, mumlar ve varaklardır. Sayılan tüm katman türleri çevresel

koşullardan değişen oranlarda etkilenmektedir. Bir çözücü içerisinde dağıtılmış ya da çözdürülmüş olarak vernikleme amacıyla kullanılan reçineler, karakteristik özellikleri sebebiyle farklı süreçlerle bozulmaktadır. Örneğin yüksek sıcaklıklara bağlı olarak yumuşama risklerinin yanı sıra ışığın etkisiyle zaman içinde sararma tehlikeleri mevcuttur.

Boyalar, bir dispersiyon/dağıltı ortamında (dispersion medium) süspansiyon (asıltı) halinde pigmentlerden veya boyar maddelerden (dye) oluşur. Çoğu nispeten kararlı olsa da özellikle suda çözünen türlerinin hassasiyetleri yüksektir. Mumlar ise diğer yüzey katmanlarına göre daha yumuşak ve daha plastik olmakla birlikte çoğu organik çözücüde kolayca çözünme eğilimindedir. Varak, mobilyada dekoratif bir vurgu ya da tüm yüzey üzerinde bir kaplama olarak kullanılmaktadır. Özellikle çerçevelerde sık tercih edilen bir uygulama olarak varak; gesso[13] katmanından, kil içerikli bir yastık katmanından (bolo) ve gümüş veya altın yapraklardan oluşmaktadır. Gesso katmanı, genellikle alt katman olan ahşabın genişlemesinden ve büzülmesinden dolayı kırılgan bir yapı gösterebilmektedir. Zira bağıl nem değişimlerindeki aşırılıklar ahşap ile üzerindeki katmanlar arasında gerilmelere ve tolerans sınırını aşmış iklim koşullarında katmanların birbirinden ayrılmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte varakta kullanılan gümüş ve düşük ayarlardaki altın, çevresel koşullar ile hızla oksitlenme eğilimindedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 60).

Birkaç bileşenden oluşan ana gövde, metal bağlantı elemanları, yapıştırıcılar içeren ahşap mobilyalar ile bir veya daha fazla ahşap türünün çeşitli yöntemlerle birleştirilmesi ya da oyulması ile üretilen ahşap heykellerin üzerlerindeki ince dekoratif katmanlar genellikle nem kaynaklı hasara karşı hassastır. Bununla birlikte, ahşabın dış tabakası ile birkaç cm içerideki katmanın bağıl nemdeki değişimlere tepkileri 10 saat ile 15 gün gibi birbirinden oldukça farklı süreleri kapsayabilmektedir. Böyle durumlarda iç kısım ile yüzey arasındaki nem içeriği farklılıkları, malzemede gerilmelere neden olmaktadır (Bratasz, 2013, 11-17). Ayrıca ahşabın kuru ortamlarda büzülmesi, yapısal çatlakların oluşmasına, dekoratif katmanların ve iç dolguların küçülmesine ve bağlantı noktalarındaki yapıştırıcıların gevrekleşmesine yol açmaktadır (Deck, 2016a, 1-6). Dahası her bir katman türünün çevresel koşullara

[13] Gesso: Ahşap yüzey üzerindeki porları doldurarak, varak uygulaması öncesinde hemzemin bir katman oluşturan alçı ve yapıştırıcı karışımı (Shelton, 1994, 222).

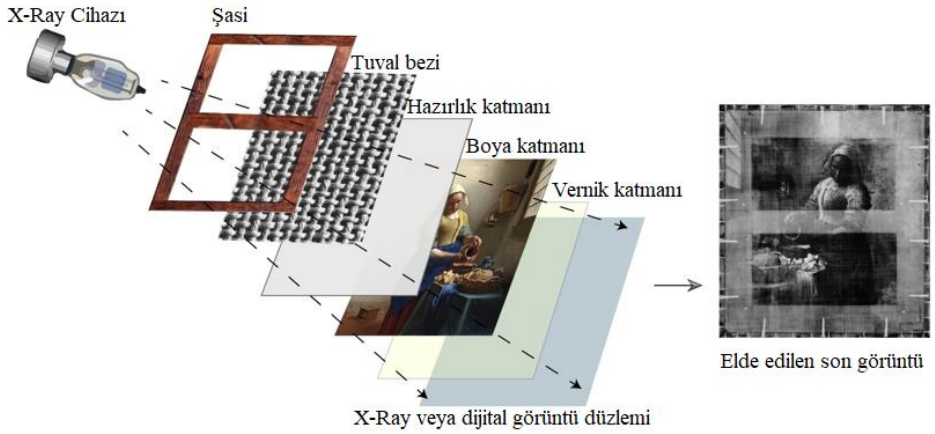
tepkileri ayrı ayrı incelenebilse de karma nesnelerdeki davranışları hakkındaki araştırmalar oldukça yetersizdir. Bu yüzden ahşap bileşenli karma nesneler, karma olmayan ahşap nesnelere kıyasla daha sıkı kuralların izlendiği saklama koşullarını gerektirmektedir (Luxford, Thickett, 2013, 257-269). Müzelerde ahşap nesnelerin korunması için tesis edilen bağıl nemin alt limiti %40 seviyesindedir. Bu seviye altındaki koşullar nesnenin giderek nem kaybetmesine ve kırılgan hale gelmesine yol açmaktadır. Üst sınır ise biyolojik bozulma için eşik değeri sayılabilecek olan %65 bağıl nem seviyeleridir (Mason, 2018, s.y.).

Ahşap nesnelerin korunma hedefleri belirlenirken sıcaklık öncelikle bağıl nemi etkilediği için önem atfedilen bir değişkendir. Zira sıcaklık seviyelerindeki dalgalanmalar bağıl nem değişimi kaynaklı hasarları tetiklemektedir. Bununla birlikte yüksek sıcaklıklarda mantar ve böcek etkinliği ile oksitlenme ihtimali artmaktadır. Yine de sıcaklıktaki şiddetli olmayan değişimler, uygun bağıl nem seviyeleri korunduğunda ahşap nesneler için düşük bir endişe kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Murdock, 2002, 8).

3.8. Tuval Resmi

Tuval resimleri hareketli veya sabit bir şasiye[14], genellikle keten, pamuk, kenevir, ipek veya sentetik kumaşların gerilmesiyle oluşturulmaktadır. Şekil 4'te gösterildiği üzere geleneksel bir resmin alt katmanları X-Işını Radyografi tekniği kullanılarak görüntülenebilmektedir. Bu ve pek çok örnekte mevcut katmanlar sırasıyla; şasi, tuval bezi, hazırlık katmanı, boya katmanı ve vernik katmanıdır (Johnson, Bennett, 2000, 2). Her bir katman, sıcaklık ve bağıl nem gibi çevresel koşullara farklı tepki verdiğinden, resimlerin en iyi koşullarda korunmaları bulundukları çevrenin iklimsel denetimi ile mümkün olmaktadır.

[14] Şasi: Tutkal, çivi veya vida ile birleştirilen, ahşap bir çerçeve formundaki yardımcı tuval desteği.



Şekil 4: X-Işını Radyografisi ile görüntülenen resim katmanları

RKD Netherlands Institute for Art History. [12.11.2019]. Counting Vermeer. http://countingvermeer.rkdmonographs.nl/chapter-2-the-use-of-x-radiographs-in-the-study-of-paintings/making-and-interpreting-x-radiographs.

Tuval resminin iklimsel parametrelerden ne şekilde etkilendiğinin anlaşılması, resmi oluşturan katmanların tanınması ile mümkündür. Tüm organik tuval bezleri (keten, kenevir, jüt, pamuk) nem dalgalanmaları sebebiyle boyutsal değişimler geçirmektedir. Zira böyle malzemeler değişen bağıl nem koşullarına cevap olarak havadaki nemi emmekte veya bünyelerinde tuttukları nemi salmaktadır. Bu, kumaşta yüksek nem seviyelerinde sıkılaşmaya ve düşük nem seviyelerinde kademeli olarak gevşemeye neden olmaktadır. Tuval bezi gibi organik malzemeler ayrıca zamanla oksitlenmektedir. Oksitlenmenin bir sonucu olarak yapı asidik hale gelmekte ve bu, daha çok eski resimlerde, tuvalin sararması ve gevrekleşmesi ile sonuçlanmaktadır. Bağıl nemdeki dalgalanmalara hızlı tepkiler vermeyen ve asit kaynaklı bozulmaya meyilli olmayan akrilik veya polyester gibi sentetik kumaşlar da tuval olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak bağıl nem hareketleriyle biçimsel değişime uğrayan doğal lifler yine bağıl neme bağlı olarak eski biçimine dönme eğilimindeyken, sentetik kumaşlar higroskopik olmadıklarından gerçekleşen ilk boyutsal başkalaşımda geri döndürülmez bir hasar ile karşı karşıya kalmaktadır (Hartin, Baker, 2018, s.y.).

Şasi üzerine gerilen tuval bezinin resimsel hazırlığı için gerçekleştirilen ilk işlem; bir yapıştırıcı kullanılarak bezdeki liflerin kaplanması ve yüzeyin yağ (kuruyan yağlar) etkisine karşı dirençli hale getirilmesidir. Zira yağ tuval liflerine nüfuz ettiğinde asidik karakteri sebebiyle, çevresel koşullara bağlı gerçekleşen bozulmaların hızlanmasına

neden olmaktadır. Astarlama olarak adlandırılan bu işlem geleneksel olarak tutkal, vernik, nişasta veya jelatin kullanımını içermektedir. Takip eden aşama ise boya uygulanmadan önce zemin hazırlamaktır (Hartin, Baker, 2018, s.y.). Bu hazırlık katmanı; opak bir görünüm sağlamanın yanı sıra doku oluşturulmasına ve boyama yüzeyinin dengelenmesine de yardımcı olmaktadır. Yüzyıllar boyunca en çok kullanılan seçenek ise, genellikle tavşan deri ve kıkırdağından elde edilen bir tutkal ile dolgu malzemesi olarak kullanılan Bologna alçısının karıştırılması sonucu oluşturulan "gesso" dur. Günümüzde bu işlem için daha çok sentetik boyalar tercih edilmektedir (Johnson, Bennett, 2000, 4). Diğer hayvansal tutkalların üstübeç ile karıştırılmasıyla elde edilen zemin katmanları da aynı amaçla sıkça kullanılmıştır.

Hazırlığı tamamlanmış yüzeyin boya katmanı ise ince öğütülmüş pigmentler veya boyar maddeler ile bağlayıcı karışımını içermektedir. Pigmentler inorganik ve organik kökenli olabilmektedir. Boya uygulamalarında pigmentleri bağlamak üzere kullanılan bileşenler; kuruyan yağlar, yumurta sarısı, sentetik reçineler ve balmumudur (Johnson, Bennett, 2000, 4). Bununla birlikte tuval bezi kullanılan örneklerde, boya katmanında en çok tercih edilen boya türü yağlı boyadır. Yağlı boya; keten tohumu (bezir yağı), haşhaş veya cevizden üretilen kuruyan yağlarda dağıtılmış pigmentlerden oluşur. Keten tohumu sayılan yağlı boya türleri arasında en yüksek linolenik asit yüzdesine sahip olduğundan en hızlı kuruyan türdür. Bu da en dayanıklı boya filmini oluşturmasını açıklamaktadır. Öte yandan haşhaş ve aspir yağları linolenik ve linoleik yağ asitlerinin yüzdesini düşürmekte ve kurumayı yavaşlatmaktadır. Bu yağlardan yapılan boyalar, keten tohumu yağından üretilenlere göre daha az polimerleşmekte, dolayısıyla daha az dayanıklı boya katmanlarının oluşmasına yol açmaktadır. Zira yağlı boyanın kuruması buharlaşma yerine polimerleşme ile gerçekleşmektedir. Kuruma pigmentin doğasına, yağ tipine, katkı maddelerinin varlığına ve boya tabakasının kalınlığına bağlı olarak birkaç hafta ile birkaç ay arasında meydana gelmektedir. Dahası kuruma süreci, pigmentlerde bulunan bazı metallerden de etkilenmektedir. Örneğin, kahverengi boya içeriklerinde bulunan manganez, yağ üzerinde kurutucu bir etkiye sahiptir ve hızlandırılmış oksitlenmeye neden olarak kurumayı desteklemektedir. Oysa hakiki Vandyke kahvesi gibi fenol içeren pigmentler antioksidan görevi görmekte ve boyanın yavaş kurumasına sebep olmaktadır. Bu yüzden Vandyke kahvesi genellikle söz konusu etkiyi azaltmak için daha hızlı kuruyan renklerle karıştırılmaktadır. Ayrıca üreticiler tarafından belirli

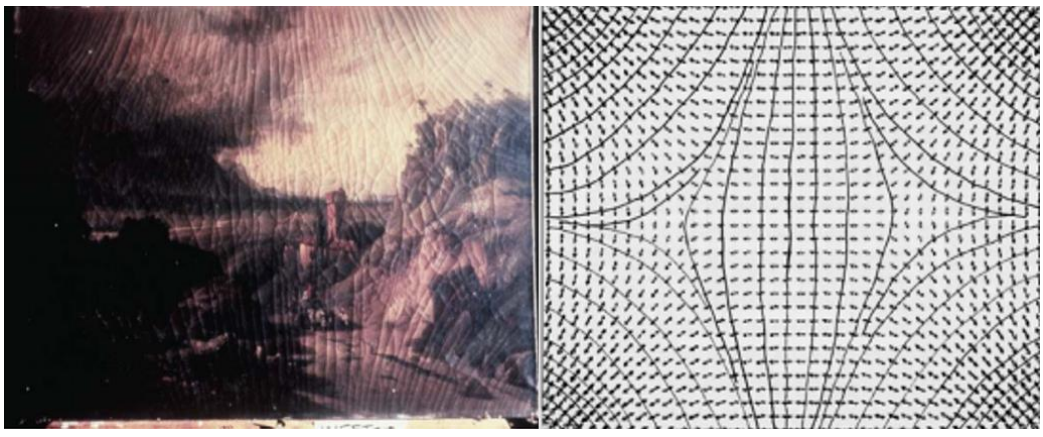
pigmentlerin kuruma süresini kısaltmak için eklenen katkıların varlığı, boyaların dayanıklılığını da etkileyebilmektedir (Hartin, Baker, 2018, s.y.).

Son katman olan vernik ise, kurumuş bir resmin üzerine uygulanan ve renkleri doyuran saydam ve koruyucu bir filmdir. Geleneksel olarak, yağ veya çözücü içinde çözünen/dağılan doğal reçinelerden elde edilmektedir. Sentetik vernikler ve akrilik reçineler modern vernik türleridir. Tuval resminde vernik üzerinde gerçekleşmiş bozulmaların bir kısmı "patina" olarak kabul edilip korunmaya çalışılsa da, mevcut bozulmanın ilerlemesi mümkün mertebe durdurulmak istenmektedir.

Benzersiz görsel özelliklerinin yanı sıra, reçineler, kuruyan yağlar, bağlayıcılar gibi katkı maddeleri, tıpkı tuval bezi ve hazırlık katmanları gibi karakteristik yaşlanma ve bozulma özelliklerine sahiptir. Zamanla katmanlarda meydana gelen değişimler, görsel ve yapısal bozulmalara dönüşmektedir. Örneğin; %85 ile %100 gibi yüksek bağıl nem seviyeleri, sıkı bir örgüye sahip tuval bezlerinin çekerek, küçülmesine yol açmakla birlikte, tuval bezine uygulanmış yapıştırıcıda da yumuşamaya ve boyut değişimine sebep olmaktadır. Böyle koşullarda resim yüzeyindeki hazırlık ve boya katmanlarının, kabararak tuval bezinden katman şeklinde döküldükleri gözlemlenmektedir. %65'in üzerindeki bağıl nem seviyeleri, biyolojik bozulmanın gerçekleşmesi için elverişli koşulların oluşumuna da yol açmaktadır. Özellikle hava dolaşımının düşük olduğu yerlerde, yüksek bağıl nem seviyelerinde aktif küf hızlı şekilde gelişmektedir. Bağıl nem %50'nin altına düştüğünde ise, hazırlık ve boya tabakaları daha kırılgan hale gelmekte ve yapıda iç gerilmeler oluşmaktadır. Daha da kuru koşullar (%35 ve altındaki bağıl nem seviyeleri), boya katmanında çatlakların oluşumuna yol açmaktadır. Her bir katman daha kırılgan bir hale dönüştüğünden, mevcut çatlaklar mekanik gerilmelere daha az dayanabilmektedir. Aşırı yüksek ve aşırı düşük nem seviyelerinin yanı sıra bağıl nemdeki dalgalanmalar da katmanlar arası gerilmeleri destekleyerek, çatlak ve dökülmelere sebep olmaktadır. Özellikle kısa sürede gerçekleşen %10 ve üzeri bağıl nem dalgalanmaları sebebiyle, tuval resimleri kalıcı olarak hasar görebilmektedir (Hartin, Baker, 2018, s.y.).

Bilgisayar modelleri, genel olarak düşük sıcaklığa maruz kalmanın resimlerde şiddetli çatlamaya neden olduğunu göstermektedir. Bağıl nemdeki dalgalanmalardan kaynaklı hasarla karşılaştırıldığında düşük sıcaklıklar çok daha kapsamlı bozulmaların gözlenmesine yol açmaktadır (Mecklenburg, Tumosa, 1991, 173- 216). Örneğin, geleneksel bir tuval resmi sayısal veya deneysel olarak modellendiğinde, bağıl

nemdeki değişimlerin çoğu zaman yalnızca resmin köşelerinde çatlamalara neden olduğu görülmektedir. Bununla birlikte boyalar üzerinde yapılan araştırmalar, bağıl nemin aksine düşük sıcaklık hasarının tüm boya türlerini kapsadığını göstermiştir (Resim 6). Kullanılan pigmentlere bakılmaksızın yağlı boya, alkid (alkit) ve akrilik gibi farklı boya türlerinin tamamının çok düşük sıcaklık seviyelerinde, geniş alanlarda gelişigüzel şekilde çatladığı tespit edilmiştir. Genel olarak, sergi ve depolama alanları için sıcaklığın insan konforuna yönelik olarak belirlenmesi, ilgili alanlardaki tuval resimlerinin bahsedilen aşırı düşük sıcaklıklara maruz kalmasını önlemektedir. Ancak aşırı soğuk bir mevsimde iklimlendirme sistemindeki bir arıza ya da nesnenin başka bir yere taşınması durumunda maruz kalabileceği çok düşük sıcaklıklar, boya katmanının zarar görmesini mümkün kılmaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 58). Özellikle yağlı boya ve akrilikler düşük camsı geçiş sıcaklıklarından/camlaşma sıcaklıklarından dolayı, sıfırın altındaki sıcaklıklardan güçlü şekilde etkilenmektedir (Mecklenburg, 2007b, 1-29; Holl, 2013, 302). Bu, boya tabakasının gevrekleşmesine ve pul şeklinde dökülmelere yol açabilmektedir. Yüksek sıcaklıklar ise kimyasal bozulma sürecini hızlandırarak, tuval bezinin zayıflamasına ve gevrekleşmesine neden olmaktadır. Ayrıca yine yüksek sıcaklıklarda balmumu içeren boya türevleri ile vernikte kullanılan bazı reçinelerde yumuşama sorunları gözlemlenebilmektedir. Buna rağmen geleneksel yağlı boya tuval resimlerinin boya katmanlarının, güçlü güneş ışığına veya çok sıcak aydınlatma kaynaklarına uzun süreli maruz kalmaları dışında, oda sıcaklıklarından kapsamlı hasar geliştirecek oranda etkilenmeleri, küçük bir risk olarak kabul edilmektedir (Hartin, Baker, 2018, s.y.).



Resim 6: Tuval resminde düşük sıcaklık etkisine bağlı gerçekleşen çatlama

Mecklenburg, Marion. 2007b. Determining the Acceptable Ranges of Relative Humidity and Temperature ine Museums and Galleries.

https://www.si.edu/mci/downloads/reports/Mecklenburg-Part2-Temp.pdf

Sıcaklık ve bağıl nemdeki değişimler, eski resimleri yeni resimlerden daha fazla etkilemektedir. Zira resimler yaşlandıkça katmanlarının esnekliği azalmakta ve dalgalanan bağıl nem ve sıcaklıktan mekanik olarak daha hızlı şekilde etkilenmektedir. Bu sebeple özellikle hassas tuval resimlerinin korunması için önerilen sıcaklık değerleri 18ºC ile 24ºC arasındadır. Bununla birlikte önerilen bağıl nem aralıkları ise %40 ile %55 seviyeleri arasındadır (Johnson, Bennett, 2000, 5-6).

3.9. Elektronik Medya

Müze, kütüphane ve arşivlerin önemli koleksiyonlarından olan elektronik medyaları korumanın amacı içeriklerine erişilebilirliği sağlamaktır. Zira müzelerde yer alan dijital koleksiyonların sahip oldukları içerikler, uygun bir fiziksel form olmadan hayatta kalamayacaktır. Bu sebeple dijital süreklilik üzerindeki en önemli tehditler erişim araçlarının yitirilmesiyle ilişkilidir. Erişim için kullanılan teknolojik cihazlar genellikle bilgisayar işlemcileri, disk sürücüleri ve özel işletim sistemleridir (Heslop, Davis, 2002, 34- 36).

Zaman içinde pek çok işletim yöntemi terk edilerek yeni ve yetkin alternatifler geliştirilmiştir. Bu da orijinal nesnenin mantıksal kodunun değiştirilmesi ve aynı mantıksal kodun farklı teknolojilerle okunur olması ihtiyaçlarını doğurmuştur (Heslop, Davis, 2002, 34- 36). Biçimler veya depolama ortamları eskimeyle karşı karşıya kaldığında, orijinal içerik daha yeni, erişilebilir platformlara taşınmış ve kaçınılmaz sonuç, tek bir nesnenin birden fazla sürümünün oluşturulması olmuştur. Mevcut tartışmalar erişilemez olan orijinal sürümün mü, en yeni ve erişilebilir sürümün mü, yoksa tüm sürümlerin mi etik olarak "orijinal" sanat eseri/kültür varlığı sayıldığına odaklansa da, koruma uzmanları tüm sürümlere değer atfetmekte ve uygun koşullar çerçevesinde mümkün mertebe korunmaları yönünde çalışmaktadır (Smithsonian Institution, 2010, 10).

Ses, video ve veri kayıt ortamı gibi elektronik medyalar;

- Oluklu ses ortamı (müzik silindirleri ve plaklar);
- Manyetik ses, video ve veri ortamı (manyetik bantlar ve diskler);
- Optik ses, video ve veri diskleri (CD'ler, DVD'ler, Blu-Ray'ler)

- Flash veri ortamları (Flash kartlar, USB’ler, SSD'ler) olmak üzere dört farklı sınıfta değerlendirilmektedir. Her tip oldukça farklı süreçlerle üretilmekte ve kendilerine özgü bozulmalara uğramaktadır (Iraci, 2020, s.y.).

Oluklu ses ortamları her tür müzik silindirini ve plakları içermektedir. 1800’lerin sonlarında üretilmiş mum silindirler, erken dönem oluklu medyalar olarak ses dalgalarının yumuşak muma bir iğne kullanılarak oyulması ile elde edilmiştir. İşlem sonucu oluşan kayıt daha sonra mekanik olarak çalınmıştır (seslendirilmiştir). 1900’lerin hemen başında, bir seri üretim süreci geliştirilerek oluklar daha sert mum ile kalıplanmıştır. Çoğaltılmış plaklar ise, bir karton veya alçı gövde üzerine muamele edilen selüloz nitrattan üretilmiştir. Müzik silindirleri ve plaklar gibi ses kayıt ortamlarını içeren koleksiyonlarda iklim denetimi özelinde üzerinde durulan temel kaygı, sıcaklığın ve bağıl nemin yükselmesidir. Zira balmumu silindirlerde yüksek ortam sıcaklıkları oluklarda form değişimine ve silindirin bozulmasına, vulkanit (vulcanite) disklerde (sert kauçuk) kırılganlığa, asetat disklerde katmanlar halinde dökülmelere yol açmaktadır. Ayrıca, gomalak içeren özel disk türlerinde ısıya bağlı olarak büzülme gerçekleşmektedir. Dahası eski fonograf kayıtları gibi selüloz nitrat kaplı alüminyum diskler de kimyasal olarak kararsız olmaları sebebiyle yüksek sıcaklıklarda hızlı bir şekilde bozulma eğilimindedir. Oluklu ses ortamlarında meydana gelen nem kaynaklı sorunlar ise mekanik, kimyasal ve biyolojik bozulmalara sebep olmaktadır. Örneğin yüksek bağıl nem seviyeleri özellikle balmumu müzik silindirlerinde küf gelişimini desteklemekte ve asetat disklerde lak kaplamanın büzülmesi sonucu katmanlar halinde dökülmeye yol açmaktadır. Bu duruma bir örnek Resim 7’de gösterilmektedir. Örnekte yüksek sıcaklık ve yüksek bağıl nem seviyelerinde bozulan cila yapısına bağlı olarak plastikleştirici kaybı gerçekleşmiş ve bu durum pul şeklinde dökülmelere yol açmıştır (Iraci, 2020, s.y.).



Resim 7: Selüloz asetat plak üzerinde gerçekleşen pul şeklinde dökülme

Iraci, Joe. 2020. **Caring for Audio, Video and Data Recording Media.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Manyetik bantlar (kasetler); asetat veya polyester gibi esnek bir yüzey üzerine ince bir ferromanyetik parçacık katmanının tutturulması ile üretilmiştir. Bir manyetik bandın doğru şekilde oynatılması, reprodüktör kafası olarak bilinen elektromanyetik toplayıcının, bant üzerinde mevcut olan parça düzenini okuyabildiği bir makine gerektirir (Behl, 2015, 23). Parça düzenini belirleyen iki farklı manyetik bant yapısı bulunmaktadır. Bunlardan ilki metal parçacıklar içeren yapılardır. Metal parçacıklı bantlar, genellikle polyester üretandan yapılmış bir bağlayıcı ile kaplanmış bir alt tabakadan oluşmaktadır. Bağlayıcı, kaydedilen sinyali bant tabanına depolayan manyetik parçacıkları tutmaktadır. İkinci tür ise ince bir manyetik film ile kaplanmış taban katmanına sahip olan metal-buharlı bantlardır. Bu bantlar, manyetik tabakanın korunması için ilave tabakalara sahiptir. Manyetik diskler ise; disket (floppydisc) veya sabit disk (hard disc) formlarında bulunmaktadır. Disketler, esnek plastik tabanın her iki yanında bağlayıcı ve manyetik parçacıklar olması dışında yapıca manyetik bantlara benzemektedir. Sabit diskler ise ince birer manyetik filmden oluşmaları sebebiyle metal-buharlı bantlara benzemekle birlikte genellikle alüminyumdan yapılmış sert bir tabla ile koruma altına alınmaktadır (Iraci, 2020, s.y.).

Bağlayıcı hidrolizi veya sıkça bilindiği gibi "yapışan döküntü sendromu" (sticky shed syndrome) birçok manyetik bantta önemli bir sorundur. Bu sorun, manyetik parçacıkları bant tabanı üzerinde tutan polyester üretan bağlayıcı ile nem arasındaki etkileşimin bir sonucudur. Bozulma yüksek bağıl nem ve sıcaklık seviyelerinde artmaktadır. Böyle koşullarda bulunan manyetik bantlarda, bağlayıcı polimerin

parçalanması sonucu manyetik malzemenin bant tabanından dökülmesi sorunu gözlemlenmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda artan kimyasal tepkime oranları, bant tabanında hidrolize yol açmaktadır. Bu daha çok selüloz asetat esaslı eski kasetler için özel bir husustur. Hidrolizle, bant form değiştirerek, kırılgan hale gelmektedir. Dahası plastikleştiricilerin ve diğer bileşenlerin yüzeye göç etmesi ihtimali söz konusudur (Iraci, 2020, s.y.). Bununla birlikte manyetik bantlarda görülen bir diğer bozulma türü mekanik bozulmadır. Örneğin yüksek bağıl nem seviyelerinde uzun süre saklanırlarsa, sarılı olan bandın üst üste gelen kısımlarının birbirine yapışması sorunu ortaya çıkabilir. Bu durumda güç kullanarak gerçekleştirilen ayırma girişimleri ise genellikle bağlayıcı katmanın bant tabanından sıyrılmasına neden olmaktadır (Iraci, 2020, s.y.).

Sıcaklıktaki dalgalanmalar ise bant sargısının gerginliğinde değişimlere neden olmaktadır. Bir bant depoya yerleştirildiğinde, depolama sırasında form değişimini önlemek için sabit ve hatta gergin şekilde sarılmaktadır. Başlangıçta sarıldığı sıcaklığın üzerindeki ortam koşullarında bant sargısındaki gerilim artmakta ve gerilmeye bağlı olarak biçim değişimi gözlemlenmektedir. Tavsiye edilenden daha yüksek depolama sıcaklıkları manyetik bantlarda ayrıca mevcut yağ bileşenlerinin buharlaşmasına neden olmaktadır. Bu durum, kayda değer sinyal bozulması ve fiziksel hasar ile sonuçlanmaktadır. Düşük sıcaklıklarda ise bant sargısının gerginliğini azalmakta, bu da bant üzerinde kırışma/kırılma sorunlarına yol açmaktadır (Iraci, 2020, s.y.).

Optik ses, video ve veri diskleri; dijital olarak ifade edilen verinin bir CD'nin (compact disc) üst polikarbonat tabakasında mikroskobik girintiler veya yükseltiler şeklinde kodlanması ile elde edilmektedir. Bir optik prob lazeri, çukurlar ile yükseltiler arasındaki yansıma gecikmesini okur ve çalma sistemi kodlanmış dijital sesi üretir. Bu sebeple optik diskler, lazer ışığıyla oynatılan veya okunan bir ortam sınıfını ifade eder (Behl, 2015, 28-29). Teknolojideki gelişmeler ışığında optik diskler; salt okunur, kaydedilebilir ve silinebilir olmak üzere farklı kategorilerde üretilir (Iraci, 2020, s.y.). Optik disk çeşitlerinden CD ve DVD'ler arasındaki temel fark medyada depolanabilecek veri hacmi ile ilgilidir. Zira en düşük kapasiteli DVD yaklaşık yedi kat daha fazla veri depolayabildiğinden, küçük hasarlardan kaynaklanan veri kaybı potansiyeli bir DVD'de CD'den çok daha fazladır (France, 2015, 12-17).

Bir CD-ROM (compact disc-read only memory/salt okunur kompakt disk) temel bileşenleri sırasıyla bir polikarbonat altlık, bir yansıtıcı metal katman ve bir lak/vernik

kaplamadır. Polikarbonat katmanda diske mikroskobik kalıplanan veriler, lazeri yansıtmak için metal tabakayı gerektirmektedir. Vernik tabakası ise metal tabakayı korumak için uygulanır. Salt okunur CD ve DVD'ler yansıtıcı metal katmanın altında ftalosiyanin, siyanin ve azo gibi organik boyalara sahiptir ancak bu boyalar yüksek sıcaklık ve bağıl nem seviyelerinde bozulma eğilimindedir. Özellikle azo ve siyanin, ftalosiyanine nazaran çok daha hızlı bozulmaktadır (France, 2015, 12-17). Dahası optik disklerde altlık haricindeki katmanlar oldukça incedir. Bu sebeple bağıl nemdeki büyük değişimler ve kısa zaman aralıklarında gerçekleşen şiddetli dalgalanmalar, tabakaların hızla etkilenmesine ve dökülmesine neden olmaktadır. Ayrıca yüksek bağıl nem seviyeleri, yansıtıcı metal katmanın oksitlenmesine yol açarak, Resim 8'de görülen ve "Lazer Çürümesi" olarak adlandırılan bozulmaları meydana getirmektedir (Iraci, 2020, s.y.).



Resim 8: Yansıtıcı metal katmanda bağıl neme bağlı gerçekleşen oksitlenme sorunu

University of Illinois. [08.08.2019]. Preservation Self-Assessment Program. https://psap.library.illinois.edu/collection-id-guide/opticalmedia.

Flaş (flash) veri ortamları ise elektriksel olarak silinebilen ve yeniden programlanabilen bir bellek yongasından oluşmaktadır. Bellek yongası, dijital bilgileri depolayan milyonlarca küçük bellek hücresine sahiptir. Flaş veri ortamları için verilerin okunması düşük bir elektrik akımı gerektirirken, verilerin yazılması veya silinmesi için daha yüksek elektriksel akım gerekmektedir. Böyle veri ortamları; USB

(universal serial bus/evrensel seri veriyolu) ve SSD (solid state drive/katı hal sürücüler) gibi çeşitli biçimlerde üretilebilmektedir. Flaş veri ortamları diğer tüm kayıt ortamları ile benzer şekilde, kimyasal tepkimelerin gerçekleşme ihtimalinin arttığı yüksek sıcaklık ve yüksek bağıl nem koşullarında bozulmaktadır. Ayrıca kısa sürede şiddetli şekilde dalgalanan iklimsel koşullar sebebiyle de bozulma süreçleri hızlanmaktadır (Iraci, 2020, s.y.).

Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI IT9.13, 1996); en az 10 yıl süreyle saklanmak istenen kurumsal elektronik medya koleksiyonları için 18-21°C ve %45-50 bağıl nem seviyelerini önermektedir. Daha uzun süreli depolama için ise 7-10°C ve %30-40 bağıl nem koşullarını tavsiye etmektedir. Bununla birlikte manyetik bantların korunabileceği sıcaklık alt sınırı 8°C olarak tecrübe edilmiştir. CD'ler için ise -10°C'ye kadar düşük sıcaklıklar güvenli olarak değerlendirilmektedir (Library of Congress, [22.07.2019]).

Sabit ve denetimli çevresel koşullar kadar önemli bir diğer konu elektronik koleksiyonların depolanma yöntemleridir. Bu bağlamda nesnelerin kapatılabilir polietilen torbalarda saklanması, dalgalanan bağıl nemin etkilerinin yalıtılması konusunda ucuz ve kolay bir yöntemdir. Ancak asetat esaslı elektronik medyaların kapalı mahfazalarda saklanmasının, ürettikleri zararlı gazların otokatalitik[15] bozulmaya yol açması nedeniyle tehlike oluşturacağı göz önünde bulundurulmalıdır (Iraci, 2020, s.y.).

3.10. Fotoğraf

Müze fotoğraf koleksiyonları genel olarak fotoğraf baskılarını, negatifleri ve slaytları içermektedir. Fotoğraf farklı katmanlara sahip karma yapılı (kompozit) malzemelerden oluştuğundan, bunların yapılarındaki bileşen farklılıklarının algılanması ve içsel zayıflıklarının bilinmesi, doğru koruma yöntemlerinin geliştirilmesini de kolaylaştırmaktadır.

Geleneksel bir fotoğraf; görüntünün aktarıldığı destek (taşıyıcı) yüzeyi, görüntü oluşumunu sağlayan özel katman ve bağlayıcı olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Sıcaklık ve bağıl nemdeki aşırı uç seviyeler ve sık dalgalanmalar, ışığa

[15] Otakataliz: Tepkime ürünlerinden birinin katalizör olarak tepkimeyi hızlandırması olayı (Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü, [04.03.2019]).

duyarlı özel katmanda ve bağlayıcıda boyutsal değişimlere yol açabilmektedir. Bu durum katmanlar arasında boyutsal değişime ve ayrılmalara sebep olmaktadır (Tsouka, 2002, 21). Dahası sıcaklık ve bağıl nem dalgalanmaları fotoğraf koleksiyonlarında kimyasal tepkime oranlarını etkilemekte ve biyolojik saldırıların gerçekleşme ihtimalini artırmaktadır. Bu sebeple bir fotoğraf koleksiyonunun uzun süreli korunması, koleksiyonun içinde bulunduğu iklim koşullarıyla büyük ölçüde ilişkilidir (Glud, Johnsen, 2002, 74-77).

Fotoğrafı oluşturan katmanlardan ilki, görüntünün üzerinde oluşturulduğu destek yüzeyleridir. Görüntü; gümüş kaplanmış bakır levhalar üzerinde oluşturulduğunda "daugerotype", keten yağı ve pigmentlerle muamele edilmiş demir levhalar üzerinde oluşturulduğunda "tintype" olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca camın kullanıldığı sınırlı sayıda örnekler de mevcuttur (Hill, 2018, s.y.). Bununla birlikte en sık tercih edilmiş destek malzemesi kâğıt olmuştur. Fotoğraf tekniğinin gelişim evresinin başlangıcında genellikle yüksek kalitede tekstil lifinden ya da kimyasal olarak saflaştırılmış odun hamurundan üretilen kâğıtlar kullanılmıştır (Norris, 1996, 4).

Fotoğraflarda görüntü oluşumunu sağlayan katman, ışığı emen ve saçan malzemelerden oluşmaktadır. Bunlar daha çok, metalik veya filamanlı gümüş, metalik platin, pigmentler ve organik boyalardır. Tüm gümüş görüntüler şiddetli oksitlenmeye meyillidir ve sonuç olarak karakteristik değişimlere uğramaktadır. Oksitlenme çoğu durumda yüksek bağıl nem seviyesi ile ilişkilidir. Gümüş dışında son görüntü malzemesi olarak platin de kullanılmıştır. Bir soy metal olan platin, oksitlenmeye duyarlı değildir. Bu nedenle, platin görüntülerde kararma veya solma gözlenmez. Ancak platin, selülozun bozulması sürecini katalize eder ve sonucunda kâğıt desteğinde gevrekleşme ve renk kaybına sebep olur. Metal türlerine ek olarak karbon, bikromat ve siyanotip gibi baskı işlemlerinde görüntü oluşturmaları için kömür siyahı, Burnt Sienna ve Prusya mavisi gibi pigmentler de kullanılmıştır. Günümüzde ise çoğu çağdaş negatif ve pozitiflerde sentetik boyalar tercih edilmektedir. Sentetik boyalar, hem karanlıkta hem de ışığa maruz kaldıklarında solma eğilimleri gibi düşük kararlılıktaki niteliklerine rağmen geniş bir kullanım grafiği elde etmiştir (Norris, 1996, 3).

Renkli fotoğraflarda organik boyar maddelerin kaybı veya renk bozulması, kimyasal yapılarında geri dönüşü olmayan değişimlerden kaynaklanmaktadır. Işığa, yüksek neme veya yüksek sıcaklık koşullarına maruz kaldığında organik boyalar kolayca

oksitlenmekte ve çoğunlukla renksiz boya fraksiyonlarına dönüşmektedir (Norris, 1996, 3). Bu yüzden baskılar, boyalardan hangisinin daha kararlı olduğuna bağlı olarak magenta, mavi veya sarı renkte solmaktadır. Mürekkep püskürtme ve lazer baskı gibi birçok modern dijital çıktı ortamı, boya esaslı mürekkeplerin kararsızlığı nedeniyle ciddi renk kaybı riskini barındırmaktadır (Hill, 2018, s.y.).

Fotoğraf malzemesindeki bağlayıcı katmanı ise son görüntü malzemesinin askıya alındığı ve korunduğu şeffaf tabakadır. Bağlayıcılar yüzey düzgünlüğü, parlaklık, yoğunluk ve renk doygunluğu gibi özellikler sağlamanın yanında baskı malzemelerinin genel kararlılığının belirlenmesinde de önemlidir. Fotoğrafçılık tarihi boyunca en yaygın kullanılan bağlayıcılar Albumen, Collodion (selüloz nitrat) ve fotoğrafik jelatindir. Albumen bağlayıcı, değişken çevresel koşullara maruz kaldığında genişler ve daralır. Bu nedenle baskıları, karakteristik olarak ciddi şekilde çatlamış ve ayrılmış bağlayıcı tabakalarına sahiptir. Dahası uzun süre ışığa ve yüksek bağıl neme tabi olduğunda sararma eğilimindedir. Jelatin ise nispeten durağan olmasına ve albumen gibi sararma sorunu olmamasına rağmen sıcaklık ve bağıl nem seviyelerindeki değişimlere karşı çok hassastır (Norris, 1996, 3-4). Zira jelatinin camsı geçiş sıcaklığı nem içeriğinden kuvvetli bir şekilde etkilenir. Yüksek bağıl nem jelatinin camsı geçiş sıcaklığını düşürür. Camsı geçiş sıcaklığının aşılması durumunda sert ve kuru jelatin emülsiyonu, hacminin yirmi katına kadar şişerek jel durumuna geri döner. Bu durumda fotoğrafik emülsiyonların birbirlerine ve diğer yüzeylere yapışma riski oluşur. Bununla birlikte jelatin yüksek bağıl nem koşullarında mikrobiyolojik zararlılar için uygun bir konağa, böcekler için çekici bir besin kaynağına dönüşür (Museums and Galleries Commission, 1996, 45-53). Düşük bağıl nem seviyeleri ise, asit hidrolizi gibi birçok bozulma reaksiyonunu yavaşlatarak, jelatin emülsiyonlarının gaz haldeki kirleticilere geçirgenliğini azaltır. Ancak %20–30 bağıl nem seviyesinin altındaki çok kuru koşullar, gevrekliğe ve emülsiyonlarının çatlamasına neden olabilir (Norris, 1996, 17).

Diğer fotoğrafik malzemeler negatiflerdir. Baskı ile aynı görüntünün tekrar tekrar elde edilebilmesini sağlayan negatifler genellikle selüloz nitrat üzerinde oluşturulmuştur. Selüloz nitratın doğal kimyasal kararsızlığı büyük bir endişe kaynağıdır. Zira uygun seviyede nem varlığında ve yüksek sıcaklıklarda, çevresindeki diğer malzemelere zarar verebilecek gazlar yayarak hızla parçalanabilen selüloz nitratın bozulması otokatalitiktir. Yani bozulma ürünlerinin konsantrasyonu arttıkça, bozulma hızı da

artmaktadır. Bozulma seviyesi arttıkça, tutuşma sıcaklığı da düştüğünden, aynı zamanda önemli bir yangın tehlikesi de oluşturmaktadır. Selüloz nitrat malzemeler yanmanın bir yan ürünü olarak oksijen açığa çıkardığı için, ortamda oksijen kalmadığında dahi yangının devam etmesine sebep olarak, söndürme müdahalelerini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple bozulmaya başlamış selüloz nitrat negatiflerin, yedeklenerek soğuk hava depolarında muhafaza edilmeleri önerilmektedir (Hill, 2018, s.y.).

Fotoğraf koleksiyonlarının depo ortamları için bağıl nem seviyelerinde günlük %5'ten daha fazla dalgalanmalardan kaçınılması tavsiye edilmektedir (National Park Service, 1998, 2). IPI (Image Permanence Institute/Görüntü Kalıcılık Enstitüsü) koruma uzmanları tarafından yapılan bilimsel araştırmalar; sıcaklık ve bağıl nemi azaltmanın, film ve boya kararlılığında çarpıcı bir artışa sebep olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte sabit bağıl nem seviyelerinde sıcaklığın düşürülmesinin, sabit sıcaklıkta bağıl nemdeki benzer bir düşüşe kıyasla, kullanım ömrünü daha da kapsamlı bir şekilde artırdığı belirtilmiştir. Bu sebeple fotoğraf koleksiyonlarının yüksek koruma hedefleri ile saklanmaları için soğuk hava depoları ile dondurucular önerilmiştir. "Soğuk hava depoları" genel olarak 12-18°C'lik saklama koşullarını tanımlarken, "dondurucular" -17°C ile -12°C'lik sistemleri içermektedir. Bu sıcaklık değerlerinde bağıl nem için önerilen seviyeler %30-40 aralığındadır. Ancak cam plaka negatifleri, daguerreotype ve tintype fotoğraflar ile özellikle SX-70 gibi "anlık" Polaroid® baskılar için dondurucu sıcaklık değerleri tehlike arz etmektedir (Voellinger, Wagner, 2009a, 1-5). Ayrıca film tabanlı negatiflerin %20-30 bağıl nem düzeyinde tutulması önerilmektedir (National Park Service, 1997b, 1-4).

Fotoğraf koleksiyonlarındaki orijinal nesnelerin soğuk olarak depolanması öncesinde, çoğaltılmaları gerekmektedir. Bu türden bir depolama seçeneğinin avantajlarından faydalanabilmek için söz konusu fotoğraflar ambalajlarından yılda bir kereden fazla çıkarılmamalıdır (National Park Service, 1997b, 1-4). Depolanacak nesneler, başlangıçta izin verilen bağıl nem sınırları içinde oda sıcaklığında minimum hava boşluğu içerecek şekilde kapalı olarak paketlendiklerinde, sıcaklık düşmesine rağmen mevcut nem seviyelerini koruyabilmektedir. Yoğuşma riski de, nesnenin ambalajından çıkarılmadan önce oda sıcaklığına ulaşması için yeterli zaman tanınması koşuluyla ortadan kaldırılmaktadır (Museums and Galleries Commission, 1996, 45-53). Soğuk hava depolarında fotoğrafların korunması adına çift torba kullanımı önerilmektedir. İç

torba için metal ve polipropilen veya metal ve polietilen katmanları olan çok ince ürünler tercih edilmektedir. Nem geçirmezlik için bazı kabul edilebilir bariyer film örnekleri Marvelseal®, Dri-Shield™ ve StaticShield™'dır. Bununla birlikte, Marvelseal® ve Dri-Shield™ metal bir tabaka içermeleri nedeniyle opaktır ve bu da torbanın içinin görülmesini engellemektedir. Bilgisayar donanımları gibi teknolojik ürünleri paketlemek için yaygın olarak kullanılan StaticShield™ muhafazaları ise yarı saydamdır ve etiketlerinin okumasını mümkün kılmaktadır. Dış torba için ise daha kalın polietilenden üretilmiş kilitli seçenekler önerilmektedir. Bu dayanıklı dış katman, torbalar dondurucudan çıkarıldığında yoğuşmaya karşı ekstra koruma sağlamakla birlikte, nesneler taşınırken ve istiflenirken iç torbanın hasar görmesini önlemeye yardımcı olmaktadır (Voellinger, Wagner, 2009b, 1-5).

3.11. Kâğıt

Pek çok alanda kullanılan kâğıt, bilgiyi taşıyan en önemli malzeme olarak kültür varlıklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Müze koleksiyonlarında yer alan başlıca kâğıt nesneler; el yazmaları, fermanlar, mektuplar, gazeteler, pullar ve haritalardır.

Kâğıt; bitkisel liflerin hamur haline getirilip, ince plakalar halinde kurutulmasıyla elde edilen organik bir malzemedir. Üretimde kullanılan bitkisel liflerin ortak özelliği, hücre duvarlarında mikro zincirler halinde bulunan selüloz içeriğidir. Selüloz polimeri, başlangıçta lif ağını mikroskopla görülemeyecek bir seviyede zayıflatan ve sonunda gözle görünür bir bozulma ile tezahür eden kimyasal ve fiziksel hasara eğilimlidir. Bu lifler kâğıt üretim sürecinin erken dönemlerinde bambu, keten, pamuk ve kenevir bitkilerinden elde edilmişse de günümüzde büyük oranda odun hamurundan temin edilmektedir (Guild, 2018, s.y.).

Keten ve pamuk lif kaynaklarının büyük miktardaki talebi karşılayamaması üzerine 19. yüzyılın ortalarından itibaren imalatta odun hamuru tercih edilmiştir. Odun bol miktarda ve kolay elde edilen bir hammadde olarak kâğıt üretimine yönelik ihtiyacı karşılamıştır. Ancak kısa selüloz liflerine sahip olduğundan odun hamurundan üretilmiş kâğıtların daha hızlı bozulduğu görülmüştür. Zira kâğıdın yaşlanması selüloz liflerinin koparak kısalması veya ihtiva ettiği asit miktarının artması ile ilişkilidir. Odun hamuru da %17-33 oranlarında değişen lignin içeriğine sahip olduğundan asidik bir nitelik göstermektedir. Lignin, kimyasal özellikleri selülozdan farklı aromatik bir

polimerdir. Esneklik kabiliyeti olmadığından kâğıdın kırılgan yapıda olmasından sorumludur. Ayrıca zamanla foto-oksitlenmeye uğrayarak sararma gibi renk değişimlerine yol açmaktadır. Bu nedenlerle lignin, kâğıt içerisinde istenmeyen bir madde olarak değerlendirilmektedir. Kâğıt üretiminde kullanılan odun hamurunun lignin içeriğinin azaltılması için SO_2 gazı kullanılmaktadır. Ancak SO_2 gazının asidik özelliği de yüksek bağıl nem seviyelerinde kâğıt için tehlike arz etmektedir (Konuklar, 2011, 1-9).

Kâğıdın ömrü, üretildiği lif türüne ve üretim yöntemine doğrudan bağlıdır. En yüksek kalitede kâğıtlar, uzun lifli ve selüloz bakımından zengin nitelikte olanlardır. Dolgu ve haşıl maddeleri, boyalar ve optik parlatıcılar gibi diğer fonksiyonel katkıların yanı sıra, biyositler, dağıtıcılar ve köpük gidericiler de kâğıt kalitesini ve yaşlanmayı etkilemektedir (Guild, 2018, s.y.). Bu nedenle kâğıdın bozulması; düşük kaliteli kâğıt hamuru kullanımı, ağartıcı artıkları, asitli mürekkepler gibi içsel sebeplerden; sıcaklık, bağıl nem, ışık, hava kirliliği, asit ihtiva eden malzemelerle temas gibi dış sebeplerden veya dikkatsiz kullanım, uygun olmayan depolama, yanlış konservasyon/restorasyon müdahaleleri gibi etmenlerden kaynaklanmaktadır. Bu hasar kaynakları çoğu zaman daha fazla bozulmaya yol açacak şekilde birbirlerinden etkilenmektedir (Wolf, 2002a, 5-6).

İklim koşullarının etkisiyle paralel gerçekleşen kimyasal ve biyolojik bozulma kâğıdın yaşlanmasının temelini oluşturmaktadır (Bratasz, 2013, 11-17). Kimyasal bozulmanın ana sebepleri asit katalizli hidroliz ve oksitlenmedir. Asit katalizli hidroliz bağıl nemdeki artışla doğru orantılı olarak gerçekleşen bir parçalanma hasarıdır. Oksitlenme ise metal kirleticiler, ağartıcı kalıntısı ve ışık ile hızlanmaktadır. Kâğıt ve kâğıdın içeriğinden beslenen biyolojik zararlıların sebep olduğu hasar ise biyolojik bozulmadır. Biyolojik hasarın en yaygın sebeplerinden aktif küf; substratı sindirilebilir birimlere parçalayan asitli bir sıvı üreterek, besinlerini organik maddelerden temin ettiğinden, kâğıt gibi hassas koleksiyonlar için yüksek derecede tehlike arz etmektedir. Canlı bir organizma olarak aktif küf gelişimi, ayrıca geri dönüşü olmayan lekelenmeye neden olabilecek renkli yan ürünler üretilmesinden de sorumludur. Bununla birlikte kâğıdı tüketerek beslenen böcekler, kâğıt ve kitaplarda oyuk ve galerilerin oluşumuna yol açmaktadır. Yüksek bağıl nem seviyelerinde şiddetlenen bu hasara bir örnek Resim 9'da gösterilmektedir. Bağıl nemin düşürülmesinin, küf oluşumunu geciktirmeye ve böcek istilasını engellemeye yardımcı olduğu ve ilave müdahale önlemleri almak için

konservatörlere zaman kazandırdığı bilinmektedir (Guild, 2018, s.y.). Yüksek bağıl nem seviyelerine eşlik eden yüksek sıcaklıklar ise böcek etkinliğinin daha da artmasına sebep olmaktadır.



Resim 9: Bir el yazması kitapta görülen biyolojik hasar

Musa Ünsal Arşivi, (Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı'nın izni ile çekilmiştir.).

Müze, kütüphane ve arşivlerin önemli bir kısmını oluşturan kitaplar oldukça karmaşık yapılarda çeşitli malzemeler (kâğıt, karton, deri, tekstil, iplik, tutkal, haşıl ve ahar) içeren karma nesnelerdir. Bu nedenle, korunmaları için bir bütün olarak ele alınmaları gerekmektedir (Garside, Knight, 2011, 1-9). Bununla birlikte, çevresel değişimlere tek bir kâğıt yaprağı dakikalar içinde tepki verirken kapalı bir kabine yerleştirilen bir kitabın tepki süresinin çok uzun olduğu, kağıt nesnelerin sergilenme ve depolanma süreçlerinde göz önünde bulundurulmalıdır (Bülow ve diğ., 2002, 27- 31). Zira saklanma ve sergileme koşulları, kâğıdın ömrünü uzatan ana etmenler olduğundan, nispeten kolay kontrol edilebilen sıcaklık ve ışığın sınırlandırılması korumayı teşvik etmektedir (Bogaard, Whitmore, 2002, 11-15). Bunun yanı sıra "shrink ambalajlama" olarak bilinen ve ısı uygulanarak plastiğin sıkıca nesneyi kaplamasını tanımlayan paketleme seçenekleri, nem emilimi için bir bariyer görevi görerek, olumsuz koşulların etkisini azaltmaktadır (Garside, Knight, 2011, 1-9).

Kâğıt nesnelerin asit oranının yükselmemesi için düşük sıcaklıklar ve soğuk depolama uygulamaları önerilmektedir. Araştırmalar asidik kâğıdın ömrünün sıcaklık düşürüldüğünde kayda değer şekilde arttığını göstermektedir. Teorik olarak diğer organik müze nesnelerinde olduğu gibi sıcaklıktaki her 5°C'lik düşüş, kâğıt nesnelerin

güvenle korunabileceği süreyi iki katına çıkarmaktadır. Bununla birlikte kâğıdın asidik niteliğini yükselten etmenlerden biri de yüzeyde kullanılan mürekkep türüdür. Örneğin demir mazı[16] mürekkebinin varlığı, mürekkebin paslanması riskinin yanı sıra kâğıdın hasar potansiyelini de artırmaktadır. Zira mazı, oksijen varlığında demir tuzlarıyla reaksiyona giren gallik ve tanik asitleri içermektedir. Özellikle yüksek bağıl nem seviyelerinde hasar mürekkeple sınırlı kalmayarak, kâğıt dokusunu da etkilemektedir. Demir mazı mürekkebi kullanılmış kâğıt üzerinde yapılan çalışmalar, mürekkebin neden olduğu bozulmanın serin ve kuru depo koşullarında azaltılabildiğini göstermektedir (Guild, 2018, s.y.). Resim 10 yazı hattını çerçevelemek üzere dekoratif olarak uygulanan bakırın çevresel koşulların etkisiyle kâğıtta meydana getirdiği doğrusal kırılmayı göstermektedir. "Cetvel kırığı" olarak tanımlanan bu bozulma, bakır elementi içeren jengar pigmentinin nem çekmesi ve yüksek sıcaklığa bağlı olarak asetik asit, su ve bakır (Cu^{+2}) iyonlarına ayrışması ile başlamaktadır. Sonrasında pigmenti içeren boya katmanında koyulaşma, kâğıdın arkasında koyu leke oluşumu ve artan kırılganlaşma sorunları gözlemlenmektedir (Baydar, 2014, 9; Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı, [12.01.2021]).



Resim 10: Cetvel kırığı

Musa Ünsal Arşivi, (Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı'nın izni ile çekilmiştir.).

[16] Demir mazı mürekkebi: Meşe ağaçları üzerinde küçük, sert şişlikler halinde bulunan salgıların demir sülfat, Arap zamkı ve su ile birleştirilmesi yoluyla üretilen geleneksel mürekkep türüdür.

4. MÜZELERDE İKLİM DENETİMİNİN TARİHÇESİ

Kültürel değeri yüksek nesneler, neredeyse insanlık tarihi kadar uzun süredir toplanmakta ve görece daha yakın geçmişten bu yana sergilenmektedir. Bilinçli ya da bilinçsiz olarak korunmuş olsun, dünyanın çeşitli yerlerinden erken tarihli pek çok eser ve nesne bugüne ulaşmıştır. Bu, çoğu zaman toplumların kendilerinden önceki medeniyetlerin kalıntılarına ekonomik, siyasi veya sanatsal değer atfedilmesiyle gerçekleşmiştir. Böylece eski ve değerli nesneler işlevsel ve günlük olarak kullanılmaya devam edilmiş ya da daha korunaklı alanlarda saklanmıştır. Kimi zamansa nesneler bazı özel koşullar altında, bilinçli bir çaba olmaksızın kendiliğinden korunmuştur (Florian, 2006, 36). Örneğin, pek çok arkeolojik nesne zamanla toprak altında kaldığı için başlangıçta yüksek, sonrasında ise giderek daha düşük ivmeyle bozulmaya devam etmiştir. Bu durum belirli bir "hızlı bozulma" sürecinden sonra, nesnenin gömülü bulunduğu çevre ile denge haline ulaşmasının bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Nitekim çevrenin sabit sayılabilecek higrotermal niteliklerinin sebep olabileceği azami hasar gerçekleşmiş ve çevresel koşullar değişmediği için bundan sonra nesnenin bozulması çok büyük oranda yavaşlamıştır (Newton, Cook, 2018, s.y.).

Müzelerde iklim denetiminin ne düzeyde ve ne şekilde yapılacağı geçmişten beri tartışmalı bir konu olmuştur. Özellikle bağıl nem değişimlerine bağlı olarak bünyesindeki nemin artması ya da azalması yoluyla boyut değiştiren (higroskopik) organik malzemeli koleksiyonlar, çelişebilen nem gereksinimlerine sahip karma (organik ve inorganik bileşenleri içeren) malzemeli koleksiyonlar ve birlikte sergilenen, depolanan organik ve inorganik nesneler için müzelerde tesis edilecek uygun iklim koşulları üzerinde uzun süre uzlaşılamamıştır. Konunun tarihsel süreç içerisinde ele alındığı bu bölümde erken uygulamalardan başlayarak 19. yüzyıldaki öncül çabalara, 1. ve 2. Dünya Savaşları sırası ve sonrasındaki gelişmelere, iklim denetim referanslarının gelişimine, 1978 sonrasında yaygınlaşan uygulamalara ve günümüzde kabul gören yaklaşımlara yer verilmiştir.

4.1. Erken Uygulamalar

Neredeyse bütün kültürler değer verdikleri nesne ve eşyaların bozulmalarını sınırlandırmak üzere çevresel önlemler almıştır. Örneğin antik Mısır'da mumyalanan hükümdarın ölümden sonraki yaşamında kullanacağı düşünülen günlük eşyaları, piramit içinde korunaklı alanlarda mumya ile birlikte muhafaza edilmiştir. İnanç güdüsüyle gerçekleştirilen bu eylem, zaman içinde bozulma süreçlerinin gözlemlenmesine imkân sağlamıştır. Antik Roma'da ise nesnelerin ve yapıların bozulma süreçlerine dair gerçekleştirilen gözlemler, yaşam alanlarının düzenlenmesinde kullanılmıştır. Romalı mimarlık tarihçisi Vitruvius, "De Architectura" isimli kitabında meskenler için sağlıklı çevreleri tanımlayarak bataklık alanlarından uzak bölgeleri ve sıcak güney ülkelerinde kuzey ışığı alacak şekilde cephelendirilmiş mimari seçenekleri tavsiye etmiştir. Vitruvius ayrıca resim galerileri ile kütüphanelerde aydınlatma ve nesnelerin korunmasına yönelik mimari çözümler önermiştir (aktaran Staniforth, 2013, 34).

Malzemelerin bozulmadan muhafaza edilmesi hususunda iyi bir geleneksel örnek Japon mimarisinde yiyecek saklamak için tasarlanan "Kura" isimli yapılardır. Ahşap sütunlarla yerden yükseltilmiş bir zemin döşemesine sahip olan bu yapılarda zemin suyunun yükselmesi sınırlandırılırken, aşağıdan yönlendirilmiş hava akışı sayesinde iç mekânın serin tutulması sağlanmıştır. Kuralar daha sonraları değer atfedilen nesnelerin güvenle korunması için de kullanılmıştır. Nara'da bulunan Shosoin Treasure House, İmparator Shomu dönemine ait tekstil, el yazması, müzik aleti, mücevher ve mobilya gibi çok çeşitli tarihi nesnelerin güvenle saklandığı kura yapılarının bugün mevcut olan en eski örneğidir. M.S. 745 yılında inşa edilmiş olan yapı, bu karma koleksiyona yaklaşık 12 yüzyıldır ev sahipliği yapmaktadır (Itoh, 2013, 37-42).

Çevrenin koşullandırılması ile ilgili Kuzey Hindistan'da gerçekleştirilen yerel bir uygulamada, kuru havanın nemlendirilmesi tercih edilmiştir. Yaz mevsimi boyunca aşırı kuru hava koşullarının hâkim olduğu bölgede, "khas" ismi verilen otsu bir bitkinin köklerinden dokunan perdeler, ıslatıldıktan sonra, kapı ve pencere gibi hava akışının olduğu alanlara asılarak kullanılmıştır. Böylece iç mekânın nemlendirilmesi sağlanmıştır. Asırlardır kullanılan bu uygulama, UNESCO tarafından fonlanan ve 1979-1980 yıllarında başlatılan "Kültürel Mirasın Korunmasına Yönelik Yerel Uygulamaların Araştırılması Projesi" kapsamında ele alınmıştır. Agrawal yaptığı

çalışmada, Yeni Delhi'de bulunan Ulusal Müze'de de kullanıldığı bilinen khas perdelerini, düşük bütçeli müzelerde düşük bağıl nem sorununu hafifletmede kullanılmak üzere bir yöntem olarak önermiştir (aktaran Staniforth, 2013, 42-50).

Yukarıda bahsedilen yerel çözümler, günümüzde iç mekân koşullarının optimize edilmesinde kullanılan yöntemlerin öncül örnekleridir. Zira bugün de fazlaca hassas nesnelerin korunması için tıpkı piramitlerdeki yalıtılmış alanlar gibi mahfazalar önerilmekte, biyolojik zararlılardan korunmak için Vitruvius'un tavsiye ettiği gibi rutubete sebebiyet veren alanlarda müze inşa etmekten kaçınılmaktadır. Ayrıca kuralarda kullanılana benzer havalandırma yöntemleri uygulanmakta ve khas perdelerinde olduğu gibi sıvı suyun buharlaştırılması ile çalışan nemlendirici mekanizmalar tercih edilmektedir.

Çevresel koşulların iyileştirilmesinin yanı sıra, doğrudan nesneye uygulanan koruyucu yöntemler de geçmişte pek çok yerde tecrübe edilmiştir. Antik metal heykellerin üretildikleri dönemde sıvı su ve nemin etkisini azaltmak için belirli karışımlarla kaplanarak korozyona karşı dirençli hale getirildikleri bilinmektedir. Bu bağlamda Strong (1973), yaptığı araştırmalarda iklim denetimine yönelik erken uygulamalara dair Pausanias'ın tedbirlerini örnek göstermektedir. M.S. 2. yüzyılda yaşamış bir Yunan gezgini olan Pausanias, Zeus heykelinin fildişi kısımlarına nemin hasar potansiyelini önlemek üzere yağ ile muamele edildiğini belirtmiştir. Ayrıca Athena Parthenon Tapınağı'nda yer alan fildişlerinin ise kasten nemli tutulduğunu ve böylece kurumaya bağlı çatlamanın engellendiğini kaydetmiştir (aktaran Caple, 2012, 9-20). Günümüzde de olası hasarın engellenebilmesi için sıvı su ve neme duyarlı nesnelere benzer işlemler uygulanabilmektedir.

Dünyanın pek çok yerinde yaygın olarak yerel çözümler kullanılıyor olsa da erken dönemlere tarihlendirilen "küresel uygulamalar" da mevcuttur. Böyle uygulamalar genellikle iç ve dış mekânın izole edilmesi yaklaşımı üzerine kurulmuştur. İç mekân iklimlendirilmesinde karşılaşılan uygulamalar konfor ihtiyacının en temel yollarla giderilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Yakın tarihe kadar ısınma ihtiyacı için soba ve şömineler kullanılmış, havalandırma için kapı ve pencere gibi büyük boyutlu açıklıklar tercih edilmiştir. Çoğunlukla prestij kaygısıyla tasarlanan kalın duvarlı tarihi kamu binaları ise aynı zamanda kışın içerideki ısıyı koruma ve yaz aylarında dış kaynaklı ısıl kazancı azaltma hedefleriyle inşa edilmiştir (Brown, Rose, 1997, 12-24). Ancak endüstrinin daha karmaşık ve hassas higrotermal koşulları talep etmesi teknolojik

gelişmeleri hızlandırmıştır. Örneğin yüksek sıcaklık gerektiren ipek ve pamuk imalatı süreci için 18. yüzyılda tekstil fabrikalarında hava ısıtma sistemleri kurulmuştur (Atkinson, 2015, s.y.).

Koleksiyonlarda meydana gelen görünür hasarların müzelerde iç mekân koşullarına dair endişeleri artırması, bilim adamlarının müze organizasyonuna dâhil olmalarını gündeme getirmiştir. Bunun erken örneklerinden biri, İngiliz kimyager Faraday'ın, hava kirliliğinden muzdarip British Museum ve National Gallery koleksiyonları için önerilerde bulunmasıdır. Ancak bir müzede tam zamanlı ve resmi olarak çalışmaya başlayan ilk bilim insanı Friedrich Rathgen'dir. 1888'de Berlin Königlichen Museen koleksiyonlarının bakım ve korunmasından sorumlu kimyager olarak görev alan Rathgen, müzenin Mısır koleksiyonunda bulunan bronz nesnelerin hızlı bozulmaları üzerine çalışmış ve 1898 yılında çalışmalarını "Die Konservierung von Altertumsfunden" ismiyle kitaplaştırmıştır (Luciani, 2013, 24). Zaman içinde tüm Avrupa genelinde iklim denetimi özelinde bilimsel literatür oluşmaya başlamış ve nesillerden beri aktarılan koruma müdahaleleri, 19. yüzyılın sonlarına gelindiğinde akademik dergilerde yer edinmiştir. 20. yüzyılın başlarında eserleri ışıktan, sıcaklıktan, nemden ve kirleticilerden korumaya yönelik ilk kitaplar ortaya çıkmıştır (Caple, 2012, 13).

4.2. Müzelerde Öncül İklim Denetimi Çabaları

Müze ve galerilerdeki öncül iklimlendirme çabaları, yalnızca ısıl konfor değerlerinin önemsendiği, bununla birlikte koleksiyon ve bina ihtiyaçlarının göz ardı edildiği uygulamaları içermiştir. Bu durum; henüz bağıl nem, sıcaklık gibi bozulma faktörlerinin etkilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılamamasından, koleksiyon ve binanın alabileceği hasarın öngörülememesinden ve iklimlendirme mekanizmalarının keşfedilmemiş olmasından kaynaklanmıştır (Luciani, 2013, 42).

İlk müzeler ve koleksiyonerlerin sahip olduğu galeriler genellikle yüksek bağıl neme sahip ve ısıtılmayan alanlardan oluşmuştur. Zaman içinde düşük sıcaklıklara yönelik alınan önlemlerin sonucunda, soba ve şömineler kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu ısıtma seçenekleri iç mekânlarda kirleticilerin (is, kurum ve kükürtlü bileşikler) birikmesine yol açmıştır. İlerleyen dönemlerde zeminden ısıtmalı sistemler kullanılmış ve müzelerde yüksek sıcaklıklar elde edilmiştir. Bu sayede müzeye gelen ziyaretçi sayılarının belirgin oranda arttığı görülmüştür (Ankersmit ve Stappers, 2017, 2).

Dahası merkezi sistemlerin tercih edilmesiyle iç mekânlardaki kirletici konsantrasyonlarının düştüğü gözlemlenmiştir. Daha güvenli ve hijyenik olarak değerlendirilen merkezi ısıtma sistemleri, ısı kaybının azaltılması hedefiyle binaların giderek daha sızdırmaz formlarda tasarlanmasına önayak olmuştur (Brown, Rose, 1997, 12- 24). Ancak ısıtma sistemlerinin aşırı kuru havaya sebep olmaları nemlendirici eklentilerle geliştirilmelerini gerektirmiştir.

19. yüzyılın hemen başında, sanat eserlerinin korunaklı ortamlarda sergilenmesi ve depolanması yaklaşımı için ilk adımlar atılmıştır. 1811 yılında inşa edilen Dulwich Resim Galerisi; mimar Sir John Soane tarafından tasarlanmış ve ısıtılması için sıcak buhar sistemi içeren bir mekanizma ile donatılmıştır. Ancak kısa sürede galerinin ahşap zeminlerinde kuruma sorunu ortaya çıkmıştır. Benzer bir örnek Münih'te 1836 yılında açılan Alte Pinakhotek'te gerçekleşmiştir. Burada da bodrum kattaki kazan dairelerinde ısıtılan hava galerilerde bulunan havalandırma borularına servis edilmiştir. Kısa bir süre sonra, ısıtma sisteminin sanat eserleri üzerindeki zararlı etkileri fark edilmiş ve bu nedenle koleksiyonları korumak üzere, beş yıllık bir kullanımın ardından sistem tamamen kapatılmıştır (Luciani, 2013, 19). Yüksek sıcaklıklara bağlı kurumanın geniş kapsamlı hasara sebep olduğu bir diğer örnek Stockholm'de bulunan Ulusal Müze'dir. Müze, 1860 yılında kuruluşundan hemen iki yıl sonra, sadece zemin katta bulunan kazan sistemi aracılığı ile sıcak suyun tesisat içerisinde dolaştırıldığı bir sistem kullanılarak ısıtılmıştır. Yangın riski ve termodinamik etkiler dolayısıyla çatı katına herhangi bir kazan kurulamadığından, zemin kat ve üst katlar arasında büyük sıcaklık farkları meydana gelmiştir. Dahası, yüksek sıcaklıklar nedeniyle bağıl nem hiç tecrübe edilmemiş seviyelere düşmüş ve sonucunda çok sayıda ahşap eserde kurumaya bağlı hasarlar gözlemlenmiştir (Ankersmit, Stappers, 2017, 2).

Yüksek sıcaklıklara bağlı kuruma sorununa ek olarak çözüm bekleyen bir başka sorun da, ziyaretçi sayılarının artmasıyla birlikte kapalı iç mekânlarda baş gösteren havalandırma eksikliği olmuştur. Sanayileşmenin etkisiyle açığa çıkan yoğun hava kirliliğinin, özellikle müzelerde bulunan koleksiyonlar üzerindeki etkisi kaygı verici seviyelere yükselmiştir. En dramatik etkilerin görüldüğü yerlerin başında gelen Londra'da bulunan National Gallery'nin koleksiyonlarında, kayda değer bozulmalar gerçekleşmiştir. Çevresel faktörlerin etkisini değerlendirmesi için 1850 ve 1853 yıllarında iki komisyon kurulmuş ve elde edilen çıkarımlar raporlanmıştır (Luciani,

2013, 19). Bu durum diğer kamu binalarında olduğu gibi müze ve galerilerdeki bireyler için de havalandırma ihtiyaçlarının belirlenmesini gerektirmiştir. Temiz hava ihtiyacının karşılanması için gerçekleştirilen çözümlerden ilki, 1844 yılında David Boswell Reid tarafından İngiliz Parlamentosu'nda uygulanmıştır. Kurulan sistemde, havanın nemlendirilmesi, kurutulması ve soğutulması sağlanmış ve böylece en eski klima örneklerinden biri tesis edilmiştir. 1853 yılında, Londra'daki National Gallery için, hava kirliliğine karşı bir çözüm olarak benzer bir sistem önerildiyse de yüksek maliyetinden dolayı hayata geçirilememiştir (Atkinson, 2015, 3). Reid'in uygulamasının geliştirilmiş bir türü olarak kabul edilebilecek bir sistem, 1873-1881 yılları arasında British Museum'un ilgili koleksiyonlarına ev sahipliği yapmak üzere inşa edilen Doğa Tarihi Müzesi'nde uygulanmıştır (Luciani, 2013, 20).

Müzeler için belirli iklimsel hedefler oluşturulurken sıcaklık, nem ve hava akışıyla ilgili temel sorunlar başlangıçta ayrı ayrı irdelenmiştir. Sistemler üzerinde bu üç parametre özelinde gerçekleştirilen düzeltmeler, kapsamlı ve bütüncül bir denetim mekanizmasının oluşumuna önayak olmuştur. Örneğin; hava akımı sistemlerince dağıtılacak olan havanın su ile yıkanması fikri, birincil olarak toz ve kirleticileri gidermek üzere geliştirilmiştir (Erhardt ve diğ., 2007, 11). Bu uygulamadan önce mevcut sistemler, besleme havasını arındırmak için büyük çökeltme odalarını kullanmıştır. 20. yüzyılın başından itibaren ise; fosil yakıtlarından açığa çıkan parçacıkları ve kükürtlü gazları besleme havasından arındırmak için su spreyleri kullanılmıştır. Havanın su ile yıkanmasının nemlendirme potansiyeli kolaylıkla öngörülmüştür. Ancak yüksek nem seviyelerinin tecrübe edildiği yaz mevsimlerinde, püskürtülen su sıcaklığının değiştirilmesinin iç mekânlarda bağıl nem seviyelerini düşürebildiği daha sonradan keşfedilmiştir. Bu durum püskürtülen su sıcaklığının, iç mekâna servis edilecek havanın yaş termometre sıcaklığından düşük değerlere ayarlanmasıyla sağlanmıştır. Bu bağlamda, sıcaklık üzerinden bağıl nemi ayarlayan hava yıkayıcıların kullanımı, 1906'da modern klimanın icat edilmesine yol açmıştır. Willis Carrier bu prensibi patentlemiştir. İlerleyen dönemde iklimlendirme için nem denetimi teorisi Avrupa ve ABD'de geniş merak uyandırmıştır. Nemin merkezi denetimindeki ilk uygulamalar, verimli üretim için istikrarlı bağıl nemin önemli olduğu büyük endüstriyel yapılarla sınırlı kalmıştır (Brown, Rose, 1997, 12- 24).

Merkezi bir ısıtma, hava yıkama ve nemlendirme sistemi kurulan ilk müze; Boston Güzel Sanatlar Müzesi olmuştur. Sistem 1908 yılında kurulmuş ve 2 yıl sonrasında

sabit bağıl nem değerleri hedeflenerek işletilmiştir. Resimler ve diğer sanat eserleri için tatbik edilecek en iyi bağıl nem oranının %55 ile %60 aralığında olduğu savunulmuştur. Ancak ilgili hedefleri belirleyen McCabe, bu aralığın seçiminde herhangi bir test veya sonucu işaret etmemiştir. Sıcaklık değerleri içinse genellikle ısıtma sistemlerinin kapasiteleri belirleyici olmuştur. O dönem hedeflenen bağıl nem aralığı, bugün de nesneler için güvenli kabul edilse de sıcaklık değerleri bugün tercih edilenden daha düşük seviyeleri içermiştir (Brown, Rose, 1997, 12- 24).

4.3. I. Dünya Savaşı ve Sonrası

Savaş, Avrupa'da sanat eserlerinin korunmasına yönelik önlemler alınmasını zorunlu kılacak boyutta yıkıcı olmuştur. Yoğun hava saldırıları, hasar görmesi muhtemel nesnelerin daha güvenli mekânlara taşınmasını gerektirmiştir. Bu yeni mekânlarda gerçekleştirilen önleyici korumaya yönelik uygulamalar, özellikle İngiltere'de kayda değer sonuçların elde edilmesine olanak sağlamıştır. Örneğin British Museum ve National Gallery, koleksiyonlarının önemli parçalarını öncelikle müze ve galeri bodrumlarına taşımıştır. 1917 yılında hava saldırılarının şiddeti ve sıklığı arttığı için National Gallery, koleksiyonunun bir bölümünü ısıtma ve havalandırma sistemlerinin eklendiği Aldwych'deki yeni metro istasyonuna taşıma kararı almıştır. British Museum ise koleksiyonunun bir kısmını 1918'in başlarında Holborne Postanesi Tünelleri'ne taşımış ve rutubet riskinin azaltılması için elektrikli radyatörler ve havalandırma sistemi tesis etmiştir. Dahası, sıcaklık ve bağıl nem seviyeleri sistematik olarak izlenmiştir (Caple, 2012, 13).

1919 yılında British Museum, kimyager Alexander Scott'ı 1. Dünya Savaşı sırasında yeraltı tünellerinde tutulan koleksiyonların nemden kaynaklı muhtemel hasarlarının tespitini raporlaması için görevlendirmiştir (Luciani, 2013, 24). 1920 yılı itibarıyla müze içerisinde bir araştırma laboratuvarı kurulmuş (British Museum Research Laboratory) ve sonrasında Harold Plenderleith, Alexandr Scott ile birlikte sanat eserlerin korunması için araştırmalar yapmak üzere laboratuvara atanmıştır (Caple, 2012, 13).

1929 yılına gelindiğinde tüm Avrupa'da sert bir kış yaşanmıştır. National Gallery'de ısıtmaya bağlı oluşan aşırı kuru havaya maruz kalan panel resimlerinde, boya kabarmaları ve dökülmeleri gözlemlenmiştir. Sorunun ahşap panellerin kuru havada düşen nem içeriğine bağlı olarak boyut değiştirmesinden kaynaklandığı

düşünülmüştür. Durumu bilimsel olarak temellendirmek için Orman Ürünleri Araştırma Laboratuvarı ile bir proje başlatılmıştır. 1930'ların başında orijinal panel resimlerinden alınan örnekler üzerinde bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasıyla ani değişim, uzun süreli dalgalanma, kısa süreli dalgalanma ile sabit ve değişken sıcaklık ayarı gibi yöntemlerle tatbik edilmiştir. Sonuçlar, uzun süreli bağıl nem değişiminin çatlamaya ve dökülmeye neden olduğunu, birçok kısa süreli bağıl nem salınımının ise daha az hasara yol açtığını göstermiştir. Ancak elde edilen en net çıkarım, boyanmamış yüzeye uygulanan bir nem bariyerinin hasarı azalttığı yönünde olmuştur. Boya dökülmesinin mekanizması ile ilgili kesin bir sonuca varılamasa da uzun vadeli bağıl nem dalgalanmasıyla ve ahşabın nem içeriğindeki değişimle doğrudan ilişkili olduğuna hükmedilmiştir (Brown, Rose, 1997, 12-24).

İngiltere'de yoğun olarak devam eden araştırmalar, 1930'lardan itibaren Avrupa ve Amerika geneline yayılmış, takip eden yıllarda çok sayıda müze ve kurum kendi araştırma laboratuvarlarını tesis etmiştir. Örneğin 1932'de Paris'te "Louvre Laboratuvarı", 1934'te Brüksel'de Coremans başkanlığında "Laboratoire Central des Musèe de Belgique", 1937'de Münih'te bugün Doerner Enstitüsü olan "Betreuung der Bestände der Bayerischen Staatsgemäldesammlungenthe" kurulmuştur. İtalya'da ise 1932 yılında "Gabinetto di Restauro dei di Pinti" ile 1939 yılında Roma'da Brandi ve Argan başkanlığında "Regio Istituto Centrale del Restauro" kurulmuştur (Luciani, 2013, 25).

1930'larda Avrupa laboratuvarlarında panel resimleri için uygun bağıl nemi belirlemeye yönelik araştırmalar devam etmiştir. Ahşap nesneler, bağıl nem değişimlerine hızlı tepki verdikleri ve hasarları kolaylıkla tespit edilebildiği için, iklim denetiminin etkilerini gözlemlemede en sık başvurulan koleksiyon grubu olmuştur. Çalışılan ahşap örnekleri için yıllık ortalama nem içeriğinin yaklaşık %11 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun %55-60 arasındaki bağıl nem seviyelerine karşılık geldiği düşünülmüştür (Brown, Rose, 1997, 12-24). Amerika'da ise, daha kuru iklimsel çevreler sebebiyle, mevcut bağıl nem hedeflerinin Avrupa'dakilerden daha düşük seviyelerde tutulması gerektiği savunulmuştur. Brewster, ahşabın bağıl nem değişikliklerine boyutsal tepkisinin gecikme süresi üzerine çalışmıştır. Vernik gibi yüzey kaplamaları ile tepkinin gecikebildiğini gözlemlemiş, antika ahşap nesneler için %40 bağıl nem alt sınırını tavsiye etmiştir (Brown, Rose, 1997, 12-24).

Uluslararası Müzeler Ofisi, 1930 Roma ve 1931 Atina konferanslarından sonra üçüncü kez 1934 yılında Madrid'te koruma özelinde toplanmıştır. Konferansın bildirileri "Muséographie" isimli kaynakta yayımlanmış ve önerileri genel kabul görmüştür. Konferans bildirilerinin "Havalandırma" başlıklı dördüncü bölümü iklim denetimine adanmış ve ilgili bölümü, Courtauld Sanat Enstitüsü yayınında "Nemin sanat eserleri üzerindeki etkisi" metnini de yazmış olan, Andrew MacIntyre kaleme almıştır. MacIntyre alandaki araştırmalarını, bir limonluk yapısı (sera) olan Hampton Court Orangery'de küçük bir klima sisteminin kurulumu ile tecrübe ettiğini paylaşmıştır. McIntyre asıl amacını; tuval resimlerinin korunmasında bağıl nemin sıcaklıktan daha etkili bir değişken olduğunu göstermek olarak tanımlamıştır. Ayrıca izin verilen bağıl nem dalgalanma aralığının en fazla %20 olması gerektiğini savunmuştur. Bir hava soğutucu ile donatılmış tam bir klima şemasının çok pahalı olduğunu ve gerekliliği konusunda şüphelerini belirten MacIntyre, nem denetimi için higroskopik malzemelerin tamponlama özelliklerinden yararlanmayı önermiştir (Luciani, 2013, 31).

Laboratuvar çalışmalarının artmasıyla birlikte, Batı Avrupa'da yaygınlaşan iklim referanslarının uygulanmasına ilişkin eleştiriler de oluşmaya başlamıştır. Ahrens (1934), farklı iklimlerin farklı denetim stratejileri gerektirdiğini belirtmiştir. Özellikle İngiltere iklimi üzerinden gerçekleştirilen araştırmaların sonuçlarının başka bir coğrafyadaki herhangi bir müzeye adapte edilme sorunlarını ele almıştır. Konservatör Ernst Buschbeck ise Avrupa'nın batısı dışındaki bölgelerde soğuk kış mevsimlerinde çok kuru koşulların etkili olduğunu ve merkezi ısıtmalarla bu durumun daha da kötüleşebildiğini belirtmiştir. Sergi salonlarına nemli hava getirecek bir sistemin teoride tercih edilebilir olduğunu, ancak anıtsal bir binaya böyle bir sistem kurmanın da kolay olmadığını değerlendirmiştir. Endişelerden bir diğeri, böyle sistemlerde hava kanallarının içinde su yoğuşması nedeniyle ciddi sorunların meydana gelme olasılığı olmuştur (Brown, Rose, 1997, 12-24).

Ahşap dışındaki malzemelere yönelik çalışmalar da iklim denetimi için uygulamaların belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Kopenhag Ulusal Müzesi'nde Rosenberg tarafından yapılan çalışmalar, metallerin korozyonuna neden olan bağıl nem seviyelerini belirlemenin yanı sıra metal ve çözünebilir tuz etkileşimini gözlemlemek üzerine yoğunlaşmıştır. Böylece inorganik malzemelerin korunması için, bağıl nem seviyesinin %65'lik bir üst eşik değerini aşmaması önerilmiştir (Luciani, 2013, 32).

Bu aşamada geçmiş çalışmalar sonucunda edinilen tecrübeler bir araya getirilmiş ve nesnelerin iklimsel koşullardan korunması için normlar şekillenmiştir. Brewster'ın ahşap nesneler için önerdiği %40'lık alt sınır ile Rosenberg'in metal nesneler için önerdiği %65'lik üst sınır, daha çok karma nesnelerden oluşan koleksiyonlar için bağıl nem aralığı olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin aynı zamanda McIntyre'ın %20 olarak işaret ettiği kabul edilebilir bağıl nem değişim aralığına da yakın bir aralık sunduğu düşünülmüştür.

4.4. II. Dünya Savaşı

I. Dünya Savaşı sırasında edinilen tecrübeler ve İspanya İç Savaşı'nın etkileri, Avrupa müzeleri için yaklaşmakta olan yeni savaşa yönelik daha kapsamlı tedbirlerin alınmasını gerektirmiştir. Mouseion tarafından yayımlanan 1937 tarihli bir makalede savaş depolarındaki çevresel koşullar irdelenmiş, İspanya Merkez Bankası'nın yeraltı katlarına taşınan El Greco'ya ait dört tuvalin yalnızca birkaç ay içerisinde küfle kaplanması örnek olarak gösterilmiştir. Bu durum çok nemli ve havalandırılmamış depo koşullarıyla ilişkilendirilmiştir (Renau, 1937, 7-66 dan aktaran Luciani, 2013, 55). Madrid'in giderek daha savunmasız hale gelmesi üzerine, Prado Museum'da bulunan şaheserler de dâhil olmak üzere ulusal koleksiyonların en değerli eserleri Valensiya'daki Serranos Kuleleri'ne taşınmıştır. Böylece duvarların ve tonozların kalınlığı sayesinde yalnızca bomba ve patlamalara karşı korunaklı alanlar düzenlenmemiş, aynı zamanda nemli de olsa istikrarlı bir iç mekân iklimi elde edilmiştir (Renau, 1937,7-66 dan aktaran Luciani, 2013, 55).

Savaş öncesi etkili bir diğer yayın, 1939'da British Museum mütevelli heyeti tarafından düzenlenen el kitabıdır. "Müzeler, Resim Galerileri ve Kütüphanelerde Hava Saldırılarına Yönelik Alınabilecek Önlemler" isimli kaynakta, koleksiyonları yerinde koruma, bina içindeki veya yakınlarındaki bir sığınağa aktarma veya güvenli bölgelerdeki depolara tahliye gibi seçenekler önerilmiştir. Son iki yönteme ilişkin olarak, depo seçiminde nemli alanlardan kaçınılması salık verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunca %68 gibi çok yüksek olmayan bağıl nem seviyelerinde dahi küf gelişiminin gözlenebildiği ve bağıl nemin %70'in üzerine çıkmaması gerektiği belirtilmiş, genel olarak %60'lık bağıl nem ve 60°F'lık (15°C) sıcaklık değerleri tavsiye edilmiştir. Ayrıca bağıl nem seviyelerinin, sıcaklığın yükseltilmesi ve havalandırmanın artırılması ile düşürülebileceği bildirilmiş, yüksek sıcaklık

değerlerinin kitap ciltleri ve parşömen dışındaki nesne gruplarının depolanmasında kabul edilebilir olduğu vurgulanmıştır (Luciani, 2013, 55).

Savaş sırasında, British Museum, National Gallery gibi Londra müze koleksiyonları, başta Galler'deki taş ocaklarında bulunan mağaralar olmak üzere ülkenin pek çok yerindeki güvenli alanlara taşınmıştır. Resim 11, Manod mağaralarına taşınan National Gallery koleksiyonlarını göstermektedir. Mağaralardaki doğal çevre koşulları serin ve sabit olmasına rağmen bağıl nem seviyelerinin neredeyse %100'e yakın olduğu tespit edilmiştir. Böyle yüksek bir bağıl nem seviyesinin kaçınılmaz bir hasara yol açacağı öngörüldüğünden, bağıl nemi düşürmenin bir yolu olarak sıcaklığı yükseltmek hedeflenmiştir. Bağıl nem konusundaki hedef değerler, daha önce ahşap örnekler üzerinde National Gallery'de gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarına göre belirlenmiştir. Teoride planlanana en yakın uygulamaların tesis edildiği bölge, Manod Mağaraları olmuştur. Resimlerin burada depolanması sırasında boya dökülmelerinin durduğu gözlemi, savaştan sonra müze iç mekânlarının çevresel koşullarının düzenlenmesinde belirleyici olmuştur. Başka bir iklimlendirme seçeneğini önermeye yönelik veri olmadığından, müze iç mekânları için farklı koşulların denenmesinin mevcut değerleri kılavuz almaktan daha riskli olduğu kabul edilmiştir. Bununla birlikte, bu özel koşulların veya bu gibi dar aralıkların gerekli olup olmadığı veya bu aralıklar dışındaki koşulların hasarı artırmada ne derecede pay sahibi olduğu araştırılmamıştır. Ancak taş ocağı koşullarının, savaştan önceki müzelerin denetimsiz ve oldukça değişken iç koşullarından çok daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır (Luciani, 2013, 60-70).

1940'larda iklim denetim sistemlerinin müze koleksiyonları için gerekli donanımlar olduğu fikri büyük oranda kabul görmüştür. Ancak hava koşullandırma sistemleri, mühendisleri ve konservatörleri tatmin eden değerler sağlamasına rağmen, yüksek maliyetleri sebebiyle müzelerde yaygınlaşamamıştır (Ankersmit, Stappers, 2017, 4). 1950'lerde ise, seri üretim olan ilk oda klima üniteleri piyasaya sürülmüş ve ABD'de oldukça yaygın bir şekilde talep görmüştür. Bu durum, ABD'de sıcak ve nemli yaz mevsimleri sırasında, iç mekânlardaki konfor beklentilerini yeniden tanımlamıştır. Böylelikle klima uygulamaları yavaş yavaş müze binalarına da dâhil edilmeye başlanmıştır (Brown, Rose, 1997, 12-24).



Resim 11: Savaş başında Manod mağaralarına taşınan National Gallery koleksiyonu

Express Comment. [03. 02. 2020]. World War II: How a Welsh Mine Saved Britan's Art. https://www.express.co.uk/comment/expresscomment/920557/World-War-Two-Welsh-mine-Manod-National-Gallery-national-collection-storage-war.

4.5. İklim Denetim Referanslarının Gelişimi

1955 yılında ICOM tarafından iç mekân ikliminin koleksiyonlar üzerindeki etkilerini gözlemlemek üzere bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, 11 ülkede müzeler, kütüphaneler ve arşivler de dâhil olmak üzere toplam 64 kurum ile irtibata geçilmiş ve iklim denetimine yönelik hareket mekanizmalarını tanımlamaları istenmiştir. Ankete verilen yanıtlar oldukça değişken uygulamaları içeriyor olsa da, kurumların genel olarak %50 ila %70 arasında değişen bağıl nem aralığı ve %60'lık sabit bağıl nem seviyesini hedeflediğini göstermiştir. Bir kez daha gerekçelendirme yapılmaksızın mevcut tecrübeler paylaşılmış ve bu sınırlar dışındaki tüm bağıl nem seviyeleri riskli olarak algılanmıştır (Luciani, 2013, 70). Bu sonuçların etkisiyle müzelerdeki iklim denetiminin standartlaşan değerleri, bilimsel bir araştırma ile desteklenmemelerine rağmen hızla kabul görmüş ve çoğu müzede uygulanmaya başlanmıştır.

Çevrenin koleksiyonlara etkisi üzerine çalışan araştırmacılardan Plenderleith ve Philippot (1960), Manod taş ocaklarındaki depolama yöntemlerini takdir etmiş ve araştırmalarında yerleşmekte olan iklim standartlarına yönelik bilimsel destekler

bulmaya çalışmışlardır. Lakin parşömen üzerine yaptıkları çalışmalar onlara daha dar bir bağıl nem aralığının güvenli olduğunu düşündürmüştür. Bu bağlamda parşömenin gevrekleşmesine yol açan %50'lik bağıl nem seviyesini alt sınır, küf gelişimini gözlemledikleri %60'lık bağıl nem seviyesini ise üst sınır olarak belirlemişlerdir (Plenderleith, Philippot, 1960, 242-289). Böylece organik malzemelerin %50'lik bağıl nem düzeyinin altında gevrekleştiğine dair varsayım yerleşmeye başlamıştır.

1964 yılında Buck, çalışmalarında Avrupa ve Kuzey Amerika arasındaki iklim farklılıklarını değerlendirmiştir. Boston'un kuzeyinde çetin geçen kış mevsimi boyunca iç mekân nemini korumanın, İngiltere'de olduğundan çok daha zor olduğunu savunmuştur. Buck ayrıca kışın yoğuşma gerçekleşme tehlikesini de vurgulayarak organik malzemeler için bağıl nem seviyesinin %50 yerine %45'e sabitlenmesi gerektiğini belirtmiştir (Buck, 1964, 53-60 dan aktaran Brown, Rose, 1997, 12-24). Tecrübe edildiği üzere soğuk iklimlerde kış mevsiminde yüksek bağıl nemi sağlamak zor ve pahalı olmuştur. Dahası yüksek bağıl nemin çatı ve dışa bakan soğuk duvarlarda yoğuşmaya sebep olarak binaya hasar verebileceği öngörülmüştür. Bu sebeple kış mevsiminde Kuzey Amerika ve Kanada'da Avrupa'dan %25 daha düşük bağıl nem seviyeleri tatbik edilmiştir. Yılın belirli dönemlerinde genel olarak kabul gören "ideal" değerlere ulaşmanın imkânsız olduğu ve bu seviyelerin koleksiyonların güvenle saklanması için elzem olmadığı vurgulanmıştır (Erhardt ve diğ., 2007, 12).

İklim referanslarının belirlenmesi ile ilgili erken araştırmaların ve literetürün çoğunluğu organik nesnelere odaklanmıştır zira inorganik nesneler için bağıl nem değerleri daha az tartışmalı olmuştur (Erhardt ve diğ., 2007, 11-19). Bu durumda, organik ve inorganik nesneleri aynı anda barındıran koleksiyonlar ile çözünebilir tuzlar içeren arkeolojik seramikler gibi hassas nesne grupları için, en duyarlı nesneye göre ayarlanan iklim denetim çözümlerinden faydalanılmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra iklim denetim yöntemlerine ek olarak, nesnelerin neme duyarlılığını azaltmak üzere koruyucu kaplama olarak polimerler kullanılmıştır. Polimerler kolay ulaşılabilir ve ucuz olmaları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmiştir. Ancak çevresel etkilerden kaynaklı bozulmalarının görünür olması ile birlikte sık kullanımları çeşitli endişelere yol açmıştır (Caple, 2012, 15).

Hedeflenen sabit bağıl nem referanslarına yönelik tartışmalar devam ederken, uzun mevsimsel dalgalanmaların verdiği zararın daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bazı coğrafyalarda iklim denetimi olmayan binalarda bağıl nemin yazın %70'e kadar

yükseldiği, kışın ise %10-15'e kadar düşebildiği tespit edilmiştir. Bu şekilde seyreden döngülerde hasar potansiyelinin artmaması için dış (coğrafi) iklime, binanın yalıtım verimliliğine ve iklimlendirme donanımının kapasitesine bağlı çözümler hedeflenmiştir. Mevcut bağıl nem seviyelerinin yazın makul bir oranda düşürülmesi, kış mevsimlerinde ise iklimlendirme mekanizmasının izin verdiği ölçülerde yükseltilmesi gerektiği düşünülmüştür (Buck, 1964, 53-60 dan aktaran Brown, Rose, 1997, 12-24). Takip eden koruma literatürü Plenderleith ve Buck'ın farklı perspektiflerinin irdelenmesi ile ilerlemiştir.

4.6. 1978 ve Sonrası

Londra National Gallery bilimsel danışmanı olan Garry Thomson'ın, 1978 yılında "Museum Environment" adlı kitabının ilk baskısını çıkarması ile birlikte iklim denetimi konusunda yeni bir dönem başlamıştır. Müzelerde koruma ve iklim denetimine yönelik olarak çalışan tüm araştırmacılar için döneminin en önemli ve sistemli kaynağı olan kitap, müze koleksiyonlarının maruz kaldığı riskler hakkında farkındalık oluşmasını ve koruma özelinde temel bilginin yayılmasını sağlamıştır. Ancak kitabın en büyük çelişkisi, iklim denetimine yönelik sorunlara çözümler sunuyor olmasına rağmen, kapsamlı bir şekilde anlaşılmayan önerilerin uygulanışı ile birlikte yeni sorunlara zemin hazırlıyor oluşudur. Kitabın 1986 tarihli ikinci baskısı, önerilen değerlerin şematik bir şekilde özetlendiği iki temel denetim sınıfını işaret etmiştir. Ulusal müzeler ve ayrıca tüm önemli yeni müze binaları için yıllık sabit bağıl nem seviyesini %50-55 ve izin verilen bağıl nem dalgalanma aralığını %±5 olarak önermiştir. Sınıf 1 olarak addedilen bu uygulamada, kış mevsiminde 19±1°C ve yaz mevsiminde 24±1°C sıcaklık değerleri tavsiye edilmiştir. Bunun yanı sıra iklimlendirme sistemleri veya yüksek performanslı vitrinler kullanılarak sıkı iklimsel koşulların elde edilebileceği belirtilmiştir. Sınıf 2 ise maliyet sorunlarının aşılamadığı müzelerde büyük tehlikelerden kaçınmak üzere uygulanan iklimsel hedefleri içermiştir. Böyle uygulamalarda bağıl nem aralığının, güvenli sınırlar olarak belirlenen %40-70 seviyelerinde tutulması önerilmiş ve sıcaklığın bağıl nemi düzenlemek üzere değiştirilebileceği belirtilmiştir. Thomson, uygun bağıl nem seviyelerini belirlemede; üst ve alt tehlike limitlerine eşdeğer uzaklığın tespit edilmesi yöntemini kullanmıştır. Bu durumda küf oluşumunu önlemek için %65-70 seviyeleri üst sınırı, gevrekleşmeyi önlemek için ise %40-45 seviyeleri alt sınırı oluşturmuştur. Böylece %55'lik bağıl

nem seviyesi tehlike sınırları arasında tam ortadaki değer olarak belirlenmiştir (Thomson, 1986, 87).

1994 yılında Ottawa'da düzenlenen IIC Konferansı, önleyici koruma teorileri, uygulamaları ve araştırmaları için önemli bir dönüm noktası olarak değerlendirilmiştir. Önleyici koruma için uzun bir süredir devam eden "Thomson tipi" (Sınıf 1) kısıtlayıcı standartların uygulanma zorluklarına dikkat çekilmiştir. Bu süreçte gerçekleştirilen deneysel araştırmalarda, birçok malzemenin işaret edilen bağıl nem seviyelerinden daha yüksek dalgalanmalara dayanabildiği gözlemlenmiştir. Konferans ile birlikte birçok uzman ve araştırmacı, böylesi katı standartların yararlılığını, güvenilirliğini ve verimliliğini farklı açılardan tartışma fırsatı bulmuştur. Örneğin eserlerin müzeler arası ödünç verme süreçlerinde, ölçüm cihazlarının hata paylarından daha düşük aralıkların talep edilebildiği bildirilmiştir (Luciani, 2013, 72). Ayrıca, aletsel ve beşeri hatalara bağlı olarak mevcut yöntemler ile ölçülemeyecek kadar dar tolerans aralıkları sunan katı hedeflerin standart uygulama olarak önerilmesinin gereksiz olduğu savunulmuştur (Uğuryol, 2012a, 97-114). Dahası, tek bir noktada gerçekleştirilen ölçümlerin büyük hacimlerdeki higrotermal farklılıkları temsil edemeyeceği vurgulanmıştır (Luciani, 2013, 80).

Erhardt ve arkadaşları (2007, 11-19), yaptıkları araştırmalar ile bağıl nemi çok sıkı aralıklarda tutmanın genellikle gereksiz olduğu sonucuna varmıştır. Bu durum, çoğu malzemenin %30 ila %60 arasında değişen bağıl nem dalgalanmalarında elastik şekil değişimi kabiliyetleri nedeniyle hasar görmemeleri ile ilişkilendirilmiştir (aktaran Linden ve diğ., 2013, 94). Araştırmacılar ayrıca, farklı malzeme türlerinde gerçekleşen farklı bozulma mekanizmaları üzerine yaptıkları bir karşılaştırma neticesinde, müzeler için "ideal" bir bağıl nem seviyesinin olmadığını savunmuştur. Bununla birlikte müzelerdeki en yaygın normların, muhtemelen en hızlı ve en görünür hasar biçimlerini en aza indirdikleri için, geniş ölçüde kabul edildiğini belirtmiştirler (Luciani, 2013, 80).

Gelişen teknoloji ile birlikte, karma yapıda nesnelerin iklimsel parametrelere olan tepkilerinin sonlu eleman analizi ve bilgisayar modellemesi ile öngörülmesi sağlanmıştır. Bu yöntem ilk kez 1982'de sunulmuş ve daha sonra Smithsonian Müze Koruma Enstitüsü'nde (MCI) Koruma Analiz Laboratuvarı'nda (CAL) çalışan Marion Mecklenburg tarafından daha da geliştirilerek uygulanmıştır. 2003 yılında MCI'da yapılan araştırmalar müzeler için yeni iklimsel kılavuzlarının oluşturulmasına imkân

sağlamıştır. Bu bağlamda, yaklaşık 21±2°C sıcaklık ve %45±8 bağıl nem seviyeleri önerilmiştir (Luciani, 2013, 81). Padfield da bağıl neme yönelik referansların yeterince idrak edilmemesinin, belirli durumlarda yanlış veya gereksiz derecede katı olan uygulamaları teşvik ettiğini savunmuştur. Ayrıca konuya yeterince hakim olmayan müze profesyonellerinin, kabul görmüş değerlere sığınarak inisiyatif almaktan kaçındıklarını belirtmiştir. Daha az riskli olarak değerlendirilen bu eğilimleri yalnızca daha maliyetli ve daha verimsiz olarak nitelendiren Padfield, böylece ucuz, aynı zamanda da güvenli alternatif iklim denetim yöntemlerinin kullanımının önüne geçildiğini vurgulamıştır (Padfield, 2007, 191- 198).

Rebeca Alcantara ise, tropik bölgelerde ve gelişmekte olan ülkelerde, yüksek kurulum ve işletim maliyetleri sebebiyle, katı çevre referanslarının uygulanmasındaki zorlukların altını çizmiştir. Ayrıca, iklim değişikliği ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu, sera gazı salımlarının azaltılması gibi konuların, müze iç mekân iklimlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken parametreler olduğunu kaydetmiştir. Bu kapsamda yürütülen araştırmalar, genellikle yüksek enerji tüketimi ve yüksek maliyet içeren uygulamalara alternatif yaklaşımlar önermeye odaklanmıştır (Alcantara, 2002, 25).

1990'ların sonunda Kanada Koruma Enstitüsü ile iş birliği içinde geliştirilen ve mühendislerin de dâhil olduğu daha teknik bir yaklaşım, "Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği" (ASHRAE) tarafından oluşturulan el kitabında, "Müzeler, Kütüphaneler ve Arşivler" bölümünde sunulmuştur. Karma (organik ve inorganik) koleksiyonlar için oluşturulan bu yönerge, 5 farklı denetim sınıfını içermiştir. Konfor gereksinimi nedeniyle belirtilen sıcaklık ayar noktası 15-25°C arasındadır. Bağıl nem için belirtilen ayar noktası ise %50 ya da koleksiyonların alıştığı tarihsel yıllık ortalama değerdir. Farklı denetim sınıfları için belirlenen bağıl nem ve sıcaklık ayar noktalarının mevsimsel olarak ne ölçüde değişeceği, kısa süreli dalgalanmalar için ise bağıl nem ve sıcaklık ayar noktalarından ne kadar uzaklaşılabileceği tanımlanmıştır (ASHRAE, 2007). Buna göre birinci sınıf olan AA sınıfı, mevsimsel dalgalanmaların olmadığı ve bağıl nem ayar noktasından kısa süreli ±5 sapmanın kabul edilebileceği iklimsel düzenlemeleri tanımlamıştır. Bu denetim sınıfı, sıkı denetimin sürdürülmesiyle asgari risk almayı hedefleyen, hassas koleksiyonlara sahip yüksek bütçeli müzeler için önerilmektedir. Tolerans aralığı daha fazla olan ikinci sınıf (A sınıfı) ise iki seçenek sunmakta olup bağıl nemin daha geniş

bir bantta ya kısa süreli dalgalanmasına ya da mevsimsel olarak değişmesine izin vermektedir. B ve yalnızca büyük çaplı risklerin önlendiği C sınıfları, hassas koleksiyonlar barındırmayan küçük, orta ölçekli müzeler, müze olarak kullanılan tarihi binalar için kullanışlı ve mantıklı bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Hassas koleksiyonlar için risklere sahip olan D sınıfı ise, bağıl nemin %75'lik üst sınırı geçmesinin önlendiği ve yalnızca ileri derecede hasarların bertaraf edildiği çevresel koşulları içermektedir (Uğuryol, 2012a, 106-107).

Malzemelerin çevreleri ile dengelenme oranlarına dair güncel araştırmalar; bir nesnenin merkezindeki sıcaklık dengelemesinin çoğu zaman saatler içinde gerçekleşmesine rağmen, nem dengelemesinin haftalar, hatta daha uzun süreler alabileceğini göstermektedir (Bigourdan ve diğ., 2012, 7). Böylece geliştirilmiş nem dengeleme anlayışı ile koruma ortamları için sürdürülebilir çözümler tasarlama konusunda daha fazla yol kat edilmiştir. Bu bağlamda "Kanıtlanmış Dalgalanma/ Proofed Fluctuation" olarak bilinen benzer bir konsept de Michalski tarafından geliştirilmiştir. Yaklaşım, higroskopik malzemelerin maruz kaldıkları çevresel koşullara yönelik olarak bir tür hafıza geliştirdikleri üzerine kuruludur. Örneğin çok düşük veya yüksek bir sıcaklığa veya uç seviyelerde bağıl neme en az bir kez maruz kaldığı bilinen bir nesnenin, bu sınırlar içerisinde kalan herhangi bir sıcaklıkta veya bağıl nemde mekanik hasara karşı hassas olmayacağı, zira geri döndürülemez bir bozulmanın zaten gerçekleşmiş olduğunu savunmaktadır. Bununla birlikte, nesnenin başkaca etkilerle bozulma ivmesinin artmaması koşulu ile yorgunluk etkisinin de göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir. Bir başka deyişle, uygun şekilde kayıt altına alınmış tarihi iklimsel değerlerin, geleceğin fiziksel hasar riskini azaltan daha geniş aralıklı hedef değerlerinin belirlenmesinde büyük önemi olduğu vurgulanmaktadır (Michalski, 2007c, 1-17).

2010 yılı itibarıyla kültür varlıklarının korunmasında normatif uygulamalar gerçekleştirilebilmesi için Avrupa standartları oluşturulmaya başlanmıştır. Bu kapsamda müzeler, dini yapılar ve koleksiyon barındıran tarihi binalarda iklimlendirme, sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerine yönelik standartlar hazırlanmıştır (BS EN 15759-2, 2018; BS EN 15758, 2010; BS EN 15759-1, 2011; BS EN 15757, 2010). Bunlardan biri olan ve organik higroskopik malzemelerin iklim kaynaklı hasarını sınırlandırmak için bağıl nem ve sıcaklık tarifleri veren BS EN 15757 standardı da higroskopik malzemeler için uygun koruma koşullarının, yukarıda

bahsedildiği gibi nesnenin iklim tarihinin titizlikle incelenmesi ve mevcut bozulmalarının analizi ile mümkün olabileceğini belirtmektedir. Ayrıca standart, sıcaklık ve bağıl nem ihtiyacının karşılanmasında binanın pasif denetim kapasitesinin artırılmasının fayda sağlayacağını ileri sürmektedir. Enerji maliyetlerindeki artışa rağmen, uygun fiyatlı ve verimli çözümler ile tarihi binalarda yüksek koruma standartlarının elde edilebileceğini belirtmektedir. Bu bağlamda standart, tarihsel iklimin en az bir yıl süre ile izlenmesini önermekte ve tarihsel iklimin yalnızca daha güvenli çevresel koşullar vaat edildiğinde değiştirilebileceğini, bunun da kademeli olarak gerçekleşmesi gerektiğini kaydetmektedir (BS EN 15757, 2010).

5. MÜZELERDE İKLİM DENETİM SÜRECİ

İklim denetimi, müze iç mekânlarının koşullandırılması için sıcaklık ve bağıl nem özelinde gerçekleştirilen her türlü uygulamayı içermektedir. Bu bölümde iklim denetiminin temel bileşenleri detaylı olarak ele alınmış, iklim denetiminde kullanılan ölçüm aletleri tanıtılmış, iklim denetim yöntem ve yaklaşımları tartışılmış, iklim denetiminde belirleyici hususlar ve karar verme süreci irdelenmiştir.

5.1. Denetlenen İklim Parametreleri

Sıcaklık, bağıl nem ve hava akışı müzelerde iklimsel koşulları belirleyen temel etmenlerdir. Bu etmenlere yönelik herhangi bir düzenleme, iç mekânı dolduran havanın koşullandırılması yoluyla gerçekleşmektedir. İklim denetim referansları ise, söz konusu değişkenlerin müzelerdeki uygun seviyelerinin küresel çaptaki öneriler çerçevesinde belirlenmesini temel almaktadır. İklim denetimi kapsamında bağıl nem ve sıcaklık denetimi, sadece koleksiyonların korunması için gerekli koşulların sağlanması amacıyla değil, ziyaretçilerin ve müze personelinin ısıl konforunun gözetilmesi için de yapılmaktadır.

5.1.1. Nemle İlgili Kavramlar

Nem; bozulmaya yol açan pek çok kimyasal tepkimede katalizör olması ya da tepken olarak rol alması sebebiyle, çoğu durumda, iklim denetiminde kontrol edilmek istenen en temel bileşendir. Nemin koleksiyonlara etkisinin anlaşılması ve denetlenebilmesi, sıvı suyun ve su buharının kendine has fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi ile mümkündür.

Su molekülü, kovalent bağlarla bir arada tutulan iki adet hidrojen ve bir adet oksijen atomundan oluşur. Oksijen atomu; hidrojene oranla daha yüksek elektronegatifliğe sahip olduğundan, su molekülü doğrusal olmayan bir yapı gösterir. Bu durum elektriksel dipol momente yol açar ve moleküle polar nitelik kazandırır. Polar yapısı, su molekülünün kendisine komşu moleküllerle dört taneye kadar hidrojen bağı oluşturmasına imkân verir. Kolayca bağ yapabilme özelliği ile su molekülü yüksek

çözücü nitelik kazanır (Korotchenkov, 2018, 3-5). Örneğin toprak altından çıkarılmış seramiklerde, seramik bünyesinde yer alan tuzların su ile birleşerek yüzeye göç etmeleri suyun çözücü niteliğinin bir sonucudur.

Su, kendisinin neredeyse iki katı molekül kütlesine sahip olan Hidrojen sülfürün (H_2S) gaz halde olduğu oda sıcaklığında sıvı halde bulunur. Bunun sebebi, su molekülleri arasındaki hidrojen bağlarının suya yüksek erime ve kaynama noktası veriyor oluşudur. Hal değişimleri sırasında su moleküllerinin aralarındaki bağların kırılması veya oluşması için gereken enerji çevreden sağlandığı için molekül çevresiyle ısı alışverişi içindedir. Müze iç mekânlarının iklimlendirilmesinde, suyun hal değişimi ve sıcaklık ilişkisini içeren pek çok uygulama kullanılmaktadır.

Su molekülleri polar yapılarından ötürü yüksek bir yüzey gerilimi oluşturacak şekilde kuvvetlice birbirlerine tutunur. Bu durum kohezyon olarak tanımlanan ve aynı tür moleküllerin birbirine uyguladığı çekimi açıklayan fenomenin bir sonucudur. Yüzey gerilimi, suyun apolar bir yüzeyde ince bir tabaka halinde yayılması yerine, damlalar halinde toplanmasına sebep olur. Ayrıca su molekülleri, elektrik yüklerinin asimetrik dağılışı nedeniyle çoğu yüzey tarafından kolayca emilir. İki farklı polar malzeme arasında gerçekleşen ve adezyon olarak tarif edilen bu çekim sebebiyle su, pek çok malzemenin yapısal bileşenleri ile etkileşerek hasara yol açar (Korotchenkov, 2018, 3-5).

İklim denetiminde suyun yapısal özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklerin sebep olduğu sonuçların anlaşılması kadar nemle ilgili kavramların doğru ifadesi de önemlidir. İngilizcede kullanılan “Moisture” ve “Humidity” kelimelerinin her ikisi de dilimizde “Nem” olarak karşılık bulmuştur. Ancak “Humidity” olarak kullanılan nem, herhangi bir gaz karışımında bulunan gaz haldeki suyu ifade ederken “Moisture” olarak kullanılan nem, herhangi bir karışım içindeki sıvı haldeki suyu tanımlamaktadır. Ayrıca suyun gaz hali için su buharı (water vapor/vapour), yüzeyin hafifçe ıslak olduğunu belirtmek için “yaş” (wet) tabiri ve kapalı bir hacimdeki nemliliği işaret etmek için ise rutubet (dampness) ifadeleri kullanılmaktadır.

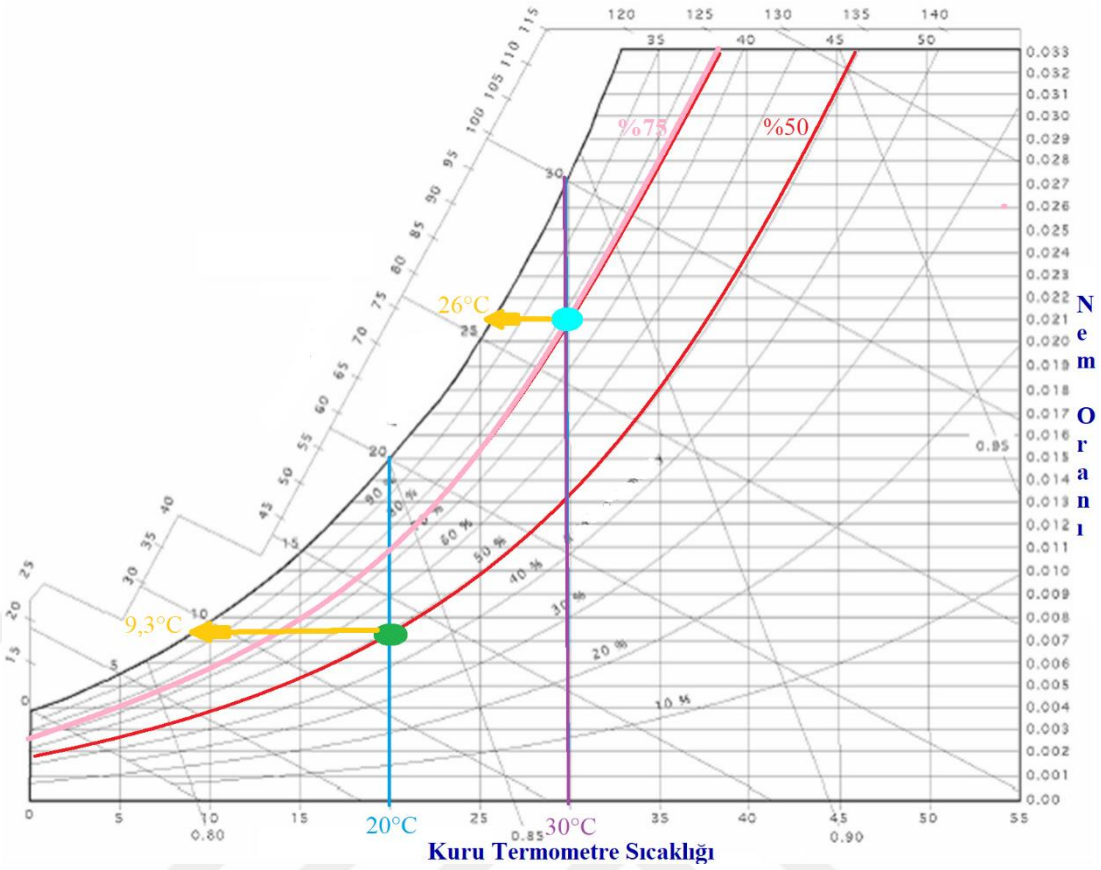
5.1.1.1. Mutlak Nem (Özgül Nem), Doygunluk ve Bağıl Nem

Havadaki nem, “mutlak nem” ya da “özgül nem” ve “bağıl nem” olmak üzere iki yolla ifade edilmektedir. Mutlak nem (veya özgül nem), havanın belirli bir sıcaklıkta ve basınçta içerdiği gerçek su buharı miktarını tanımlar (BS EN ISO 7726, 2001).

Havanın birim hacmindeki su buharı miktarı (kütlesi) olan mutlak nem g/m^3 şeklinde; birim nemli hava içerisindeki su buharın kütlesinin toplam hava kütlesine oranı olan özgül nem g/kg ya da kg/kg olarak ifade edilir. Belirli bir sıcaklıktaki havanın birim hacminde taşıyabileceği azami su buharı miktarına ise "doygunluk/doyma noktası/değeri" denir. Bağıl nem tanımı ise idraki kolaylaştırmaktadır. Bağıl nem, havanın belirli bir sıcaklıkta taşıdığı su buharı miktarının aynı sıcaklıkta taşıyabileceği azami su buharı miktarına, yani aynı sıcaklıktaki doygunluk değerine oranıdır. Bir başka deyişle, havadaki su buharının kısmi basıncının, aynı sıcaklık ve aynı toplam basınçtaki su buharının doyma basıncına oranıdır (ASHRAE Standard 55, 2010).

5.1.1.2. Çiğ Noktası Sıcaklığı ve Yoğuşma

Mutlak nem değişmediğinde bağıl nem sıcaklık azaldıkça yükselme, arttıkça düşme eğilimindedir. Bu durum havanın soğuduğunda nem taşıma kapasitesinin (doygunluk değeri) azalmasından, ısındığında bu kapasitenin artmasından kaynaklanır. Belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği tüm nemi taşıdığı anda havanın doymuş olduğu kabul edilir. Bu eşik değerinden daha düşük sıcaklıklara geçilmesi durumunda havadaki nemin bir kısmı yoğunlaşarak sıvı suya dönüşmeye başlayacaktır. Bu olaya yoğuşma denir. Yoğuşmanın ilk gerçekleştiği sıcaklık ise "çiğ/çiy noktası sıcaklığı" olarak adlandırılır. Çiğ noktası sıcaklığı, müzelerde soğuk yüzeylerde gerçekleşen yoğuşma neticesinde meydana gelen hasarların önlenmesinde ve iç mekân sınır iklim değerleri hesaplanırken dikkate alınmaktadır. Dahası pek çok iklim denetim sistemi tanımlı bir çiğ noktası sıcaklığını referans almaktadır. Sıcaklığın ve mutlak nemin her türlü bileşimine karşılık gelen bir çiğ noktası sıcaklık değeri bulunmaktadır. Psikrometrik çizelgeler (diyagramlar/grafikler) sayesinde sıcaklığı ve mutlak nemi (ya da özgül nemi) bilinen bir hacmin çiğ noktası sıcaklığı tespit edilebilir (Thomson, 1986, 92). Şekil 5'te bir psikrometrik çizelge örneği görülmektedir. Bu tabloda yatay nem oranı (özgül nem) çizgileri ile dikey sıcaklık doğrularının, bağıl nem eğrileri üzerinde keşistiği noktalar ortamın bağıl nem seviyesini vermektedir. Bu noktadan yatayda çizilen doğrunun tablonun en solundaki eğri ile çakıştığı nokta ise çiğ noktası sıcaklığını vermektedir. Yüksek sıcaklık ve yüksek bağıl nem içeriğine sahip hacimlerde çiğ noktası sıcaklığı da yüksektir. Örneğin %50 bağıl nem (kırmızı renkli hat) ve 20°C sıcaklıkta (mavi renkli hat) çiğ noktası sıcaklığı 9,3°C (alttaki sarı ok) iken; %75 bağıl nem (pembe renkli hat) ve 30°C sıcaklıkta (mor renkli hat) çiğ noktası sıcaklığı 26°C'dir (üstteki sarı ok) (Ankersmit, Stappers, 2017, 166).



Şekil 5: Psikrometrik Çizelge

5.1.1.3. Denge Nem İçeriği

Koleksiyonlar ve tarihi yapılar için nem, önemli risk etmenleri arasındadır. Bir hacimdeki bağıl nemde gerçekleşen döngüsel değişiklikler; ahşap, kâğıt ve tuval gibi higroskopik malzemelerin fiziksel hasarına yol açabilir. Bu durum, higroskopik malzemenin denge nem içeriği ile bağlantılıdır. Higroskopik malzemelerin, kendilerini çevreleyen atmosfer ile su buharı alışverişi yapmadıkları durumlar; o malzemeler için "denge hali" olarak tanımlanır. Bu durumdaki malzemenin içerdiği nem miktarı, "denge nem içeriği" olarak ifade edilir (BS EN 16242, 2012). Örneğin ahşabın %55 civarındaki bağıl nemde denge nem içeriği yaklaşık %12 kadardır ve tüm ağırlığının %12'isi kadar su ihtiva ettiğini tanımlar. Bu veri, ilgili ahşabın korunacağı nem aralığını belirlemede kullanılır (BS EN 15757, 2010). Belirlenen uygun bağıl nem aralığında, nesnelerin (özellikle organiklerin) içsel gerilmelerden kaynaklı çatlama ve biçim değişimi gibi hasar riskleri daha düşüktür. Ancak her malzemenin kendine has denge nem içeriğini hesaplamak zorlu bir işlemdir. Bu yüzden nesnelerden ziyade etraflarını saran havanın nem içeriğini ölçmek ve bu seviyeyi belli güvenli sınırlar

arasında sabit tutmaya çalışmak, nemden kaynaklı bozulmaların önlenmesinde daha kolay uygulanabilir ve etkili bir yöntemdir.

5.1.2. Nem Kaynakları

Dışarıdaki en önemli nem kaynağı, iklimsel olayları da düzenleyen havanın nem içeriğidir (mutlak nem). Yağmur suyu, toprakta veya bina kabuğunda depolanmaktadır. Buharlaşma yoluyla havaya karışan yağmur suyu, havanın nem içeriğini doğrudan etkilemektedir. İç mekânlarda ise nemin niceliğini etkileyen iki etmenden biri, iç mekâna dâhil olan havanın taşıdığı nem miktarı; diğeri ise toprakta veya bina kabuğunda hapsolmuş suyun kapilarite yoluyla duvar ve çeşitli yapısal birimlerden iç mekâna emilmesidir. Müze iç mekânları da dâhil herhangi bir alandaki su buharı miktarı yani mutlak nem; dış iklimsel koşullara, doğal havalandırmaya, ısıtma ve nemlendirme sistemlerinin varlığına, ziyaretçi ve personel mevcudiyetine bağlı olarak değişmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 144). Değişen nem seviyeleri bina kabuğunda ve iç mekân yüzeylerinde nemin yoğuşmasına, dolayısıyla malzeme bozulmalarına ve yapısal sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Nemin yoğunlaşması; düşük yüzey sıcaklığı ve havanın taşıdığı yüksek nem oranının bir sonucudur (BS EN 15759-2, 2018). Bu durum, ısıl atalete sahip taş veya tuğladan inşa edilmiş bina kabuklarına, sıcak ve nemli ilkbahar dış ortam havasının temas ettiği durumlarda ortaya çıkabilir. Bina kabuğunun nem içeriğinin uzun süre yüksek olması, küf gelişimi ve soğuk iklimlerde donma hasarı riskini artırmaktadır. Sıvı suyun binaya girişini engellemek için düzenli bakım ve kontrol esastır. Bu bağlamda drenajlar bina kabuğundan mümkün olduğunca uzak tutulmalı, tesisat sorunları ivedilikle çözülmelidir (Ankersmit, Stappers, 2017, 171).

Müze sergi salonlarında özellikle yüksek ziyaretçi oranları, mutlak nemin artmasına yol açmaktadır. Zira ziyaretçiler solunum yoluyla nemli hava açığa çıkarmaktadır (Maekawa, 2007, 104). Müze iç mekânlarında bir diğer nem kaynağı ise, yağmurlu havalarda müze ziyaretçilerinin ıslanmış kıyafetlerinden veya ıslak temizlik işlemleri sırasında zeminden buharlaşan sudur (Uğuryol, 2012a, 98). İklimlendirme sistemleri de iç mekân nemi üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Nemli iklimlerde sabit bir nem içeriği hedefi ile nem giderme işlemi gerçekleştirilir. Nem giderme yani nem miktarının düşürülmesi; etkili havalandırma, sıcaklığın yükseltilmesi ve mekanik yollarla sağlanır. Bunun yanı sıra pek çok uygulamada ticari olarak temin edilebilen

silika jel, aktif alümin (alüminyum oksit), doğal ve sentetik zeolitler, titanyum silikat, lityum klorür ve sentetik polimerler gibi kurutucular kullanılmaktadır (Hui, 2001, 5).

Kuru iklimlerde ise nemlendirme yani nem miktarının artırılması için, bir nem kaynağından kontrollü şekilde iç mekâna su buharı servis edilir. Dış ve iç mekân havasının bir hedef doğrultusunda sistemli olarak değiştirilmesi olarak tanımlanan "akıllı ventilasyon" da nem denetimi için tercih edilen alternatif bir yoldur (BS EN 15757, 2010).

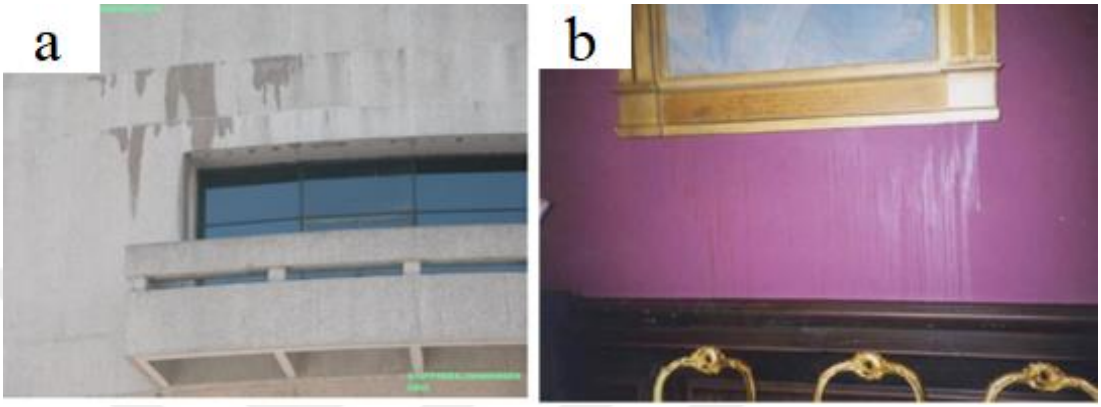
5.1.3. Nemin Taşınması

Müze iç mekânlarında nemin taşınması; difüzyon, konveksiyon (aktarım), kapilarite ve yoğuşma yolları ile gerçekleşmektedir. Difüzyon ile nemin taşınması; farklı çevrelerde su buharının kısmi basınç farklarından kaynaklanmaktadır. Su buharı, su buharı kısmi basıncının yüksek olduğu yerlerden düşük olduğu yerlere doğru hareket etme eğilimindedir. Örnekleyecek olursak; %50 bağıl nem ve 20°C sıcaklıkta bir müze iç mekânı 8,66 g/m³ mutlak neme sahiptir. Bu çevresel koşullarda kuzey yarım küre için kısmi buhar basıncı 1170 Pa'dır. Yine aynı konumda soğuk bir kış gününde dış ortamın %85 bağıl nem -5°C sıcaklıkta mutlak nem içeriği ise 2,91 g/m³ tür. Bu değerler 340 Pa'lık bir kısmi buhar basıncına sebep olmaktadır. Böyle bir günde nem içeriden dışarıya doğru yer değiştirecektir. 30°C ve %70 bağıl nem içeriğine sahip bir yaz gününde ise dış ortamın mutlak nemi 21,3 g/m³, kısmi buhar basıncı 3190 Pa seviyesindedir. Bu durumda ise nem dışarıdan içeriye doğru taşınacaktır (Ankersmit, Stappers, 2017, 174).

Konveksiyon (aktarım) yoluyla nem taşınması ise kuzey yarım küre için nemden kaynaklı zararın en önemli sebebidir (Janssens, Hens, 2003, 15). Soğuk iklim bölgelerinde bina kabuğu kış boyunca düşük sıcaklıklara sahiptir. Bu nedenle ılık ve nemli iç mekân havası, bina kabuğuna nüfuz ederek su buharının yapı dış yüzeyinde yoğunlaşmasına sebep olur. Bu duruma bir örnek Resim 12a'da gösterilmektedir. Resim 12b'de olduğu gibi içeriden yalıtılmış binalarda ise ılık iç mekân havası görece daha soğuk olan duvar iç yüzeylerinde yoğunlaşır.

Nemin taşınmasının bir diğer yolu kapilaritedir. Su, polar yapısı nedeniyle, hidrofilik yüzeylere sahip olan gözenekli yapı malzemeleri tarafından çekilir ve bu çekimden dolayı iç yüzeyi hidrofilik olan kılcal boşluklar veya ince çatlaklar tarafından emilir. Böylelikle su kolayca yükselebilir ve yer çekiminin üstesinden gelebilir (Torraca,

2009, 81). Kapilarite olarak adlandırılan bu olay suyun zeminden yukarıya gözenekli yapı malzemeleri boyunca taşındığı durumlarda karşılaşılan rutubet sorununun temelidir. Malzemelerdeki gözenekler boyutlarına göre, mikro, mezo ve makro olarak sınıflandırılmaktadır. Gözenek ve bağlı olduğu kılcal boşluğun çapı küçüldüğünde daha fazla kapiler emiş gerçekleşir. Kapilariteyle nem aktarımının yol açtığı en önemli sorun rutubettir.



Resim 12: a) İç mekândan dış duvarlara sızan yoğunlaşmış nem, b) İç mekân duvarlarında nem yoğunlaşması

Mecklenburg, Marion. 2007. Micro Climates and Moisture Induced Damage to Paintings. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen. Copenhagen: The National Museum of Denmark: 19-20.

5.1.4. Isı ve Sıcaklık

Isı ve sıcaklık, sıklıkla karıştırılan veya çoğu zaman birbirleri yerine kullanılan terimlerdir. Ancak temelde sıcaklık ısının bir ifade yöntemidir. Zira ısı; madde miktarına bağlı bir enerji türü iken, sıcaklık ısının ölçüm değeridir. Sıcaklık kavramının dâhil edildiği her türlü süreç ısı enerjisinin bir fonksiyonudur.

Sıcaklık değeri; Kelvin, Celcius, Fahrenheit, Reaumur gibi ölçekler kullanılarak tanımlanmakta ve genellikle “T” ya da “t” (temperature) harfi ile ifade edilmektedir. Bir ortamın ya da nesnenin sıcaklığının bilinmesi termodinamik etkilerin anlaşılması için elzemdir. Malzemelerin fiziksel özelliklerinin ısı enerjisinin emilmesi ya da salınması ile değiştiği bilinmektedir. Zira pek çok malzeme yüksek sıcaklıklarda genişleme, düşük sıcaklıklarda büzülme eğilimindedir. Bununla birlikte; kâğıt, tekstil gibi selüloz içerikli nesnelerin bozulmalarına yol açan kimyasal tepkimelerin hızları, yükselen sıcaklıkla birlikte artmaktadır. Ayrıca sıcaklıktaki değişim, organik

maddelerin biyolojik bozulmasına sebep olan mantarların ve böceklerin aktivite oranlarını da etkilemektedir (BS EN 15758, 2010).

Sıcaklığın önemli bir başka fonksiyonu bağıl neme olan etkisidir. Mutlak nem değişmediğinde sıcaklık artışı bağıl nemin düşmesi, sıcaklık düşüşü bağıl nemin yükselmesi sonucunu doğurmaktadır. Bu durumda sıcaklık değişimi, ahşap, kâğıt veya deri gibi higroskopik nesnelerin nem içeriklerinin değişmesine de yol açmaktadır. Dolayısıyla yükselen sıcaklıklarda böyle nesnelerde kuruma, büzülme ve gevrekleşme gibi sorunlar görülmektedir. Ayrıca güneşten, aydınlatma elemanlarından veya ısıtıcılardan gelen doğrudan ısı enerjisi nesnelere ulaştığında, nesnelerin yüzey sıcaklıklarında artış gerçekleşmekte, böylece çevredeki havanın bağıl nemi sabit kalsa bile nesnelerin kuruması ihtimali söz konusu olmaktadır. Sıcaklık seviyelerinin ve sıcaklık dalgalanmalarının denetimi, kültür varlıkları için uygun bir ortamın tesis edilmesine katkı sağlayarak, bozulma risklerini azaltmaktadır. Bu denetim, gelecekte koruma müdahalelerine duyulacak ihtiyacı en aza indiren önemli bir önleyici koruma uygulaması olarak değerlendirilmektedir (BS EN 15758, 2010).

5.1.5. Isı Kaynakları

İç mekân hava sıcaklığı; bina ile dış çevre arasındaki enerji alışverişine, bina dâhilinde farklı sıcaklıklardaki alanlarının mevcudiyetine ve iç mekân ile dış ortam arasında taşınan hava kütlesine bağlı olarak değişmektedir. Başka bir ifadeyle ölçülen sıcaklık değerleri, binanın enerji performansı ile doğrudan bağlantılıdır (Pretelli, Fabbri, 2018, 29). Bunun yanı sıra iç mekânların iklimlendirilmesinde kullanılan ısıtma sistemleri de uygun hava sıcaklıklarının tesis edilmesi için hizmet vermektedir.

En temel ısı kaynağı olarak güneş, çok daha yüksek miktarlarda ısı enerji yaymasına rağmen, enerjisinin yaklaşık 1350 W/m²'si yerküre yüzeyine ulaşabilmektedir. Ulaşan ısı "solar kazanım" olarak tanımlanmakta ve miktarı; dünya döndükçe mevsimsel, günlük ve saatlik konumlara ve coğrafi etmenlere bağlı olarak değişmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 151). Güneş, geniş bir tayfta (spektrumda) elektromanyetik radyasyon üretmektedir ve bunun kayda değer bir kısmının bina iç mekânlarına ısıl etkileri olmaktadır. Ana ısıl etki; 780-2000 nm boylarındaki kızılötesi dalgalardan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte 400-780 nm boylarındaki görünür ışık da ısı enerjisine sahiptir. Ancak mor ötesi ışınlar ısıl bir etkiye sebep olmamakta ve pencere camlarında önemli oranda filtrelenmektedir (Huber, 2007, 198).

İç mekânlardaki termodinamik yapının belirlenmesinde ilk adım, güneş ışığının bina içerisine girmesine izin veren ve doğal bir ortamın oluşumunu sağlayan pencerelerin değerlendirilmesidir. Genel olarak güneş ışığı pencereye vurduğunda, enerjisinin bir kısmı yansımakta, birazı emilmekte ve büyük bir kısmı iletilmektedir. Sayısal olarak örneklemek gerekirse, 4mm'lik normal cam panellerde, güneş kaynaklı ısı enerjisinin yaklaşık %81'i iç mekâna iletilmektedir. Buna Güneş Isısı Kazanım Katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient) ya da "Kazanım Değeri" (g-value) denmektedir. Sıcaklığın kontrolsüz bir şekilde yükselmesine sebep olan güneş ısısı kazanımını düşürmek; pencere camlarının yansımasının artırılması veya ısı geçirgenliğinin azaltılması ile sağlanmaktadır. Bu işlem özel camlar kullanmak ya da sıradan camlara özel filtreler uygulamak yoluyla gerçekleştirilmektedir. Güneş ışınlarının doğrudan temas ettiği bir pencerede transfer edilen ısı yalnızca camın değil, aynı zamanda pencere çerçevesinin ve pervazının da iletim özelliklerine bağlıdır. Pencerelerde gerçekleştirilen ısı iletiminin tamamını ifade etmek için "toplam değer" (U-value) kullanılmaktadır. Bu değer ne kadar yüksekse, pencerenin ısıl performansı da o kadar kötü olarak değerlendirilmektedir. Düşük bir toplam değer ise genellikle yüksek seviye bir ısı yalıtımını işaret etmektedir. Pencereden iletilen ısı ile ortam sıcaklığından daha yüksek sıcaklığa ulaşmış yüzeyler kazandıkları ısıyı odaya geri yayarak, küçük birer radyatör gibi iç mekân sıcaklığını artırmaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 153).

Soğuk iklimlerdeki geleneksel binalar yakın zamanlara kadar şömine veya odun ve kömür sobalarıyla ısıtılmıştır. 1950'lerden itibaren ise her odada merkezi bir ısıtma kaynağından aldıkları enerjiyi yayan ısıtma panelleri kullanılmaya başlanmıştır. Isıtma panelleri kullanarak daha homojen sıcaklık dağılımı ve konforlu bir ortam sağlamak amaçlanmıştır. Ancak paneller olabildiğince küçük tutulduğundan, ısıyı transfer etmek için yüksek yüzey sıcaklıklarına ihtiyaç duyulmuştur. Böylece müzelerde genellikle önerilen 18-25°C aralığındaki sıcaklık hedeflerine ulaşılabilmiştir. Bununla birlikte taşınabilir ısıtma sistemleri ile iç mekân havasının tümden koşullandırıldığı merkezi sistemler de müzelerde sıcaklık ihtiyacının karşılanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Isıl dengeleri gözetilen binaların toplam ısı kazanım ve kayıp oranları; iç ve dış mekân arasındaki sıcaklık farkına, inşaatta kullanılan malzemelerin temel iletkenlik özelliklerine, bina kabuğunun değişik katmanlarının kalınlığına, malzemelerinin ısıl direncine ve binadaki hava kaçağı oranına bağlı olarak değişmektedir. Kalın duvarlar

aynı malzeme kullanılarak örülmüş ince duvarlara oranla daha yüksek ısıl mukavemete yol açmaktadır. Bunun yanı sıra düşük ısıl iletkenlikteki bir yalıtım malzemesinin kullanılması da ısıl mukavemeti etkilemektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 146-147).

5.1.6. Isının Taşınması

Isı ya da enerji genel olarak üç farklı yöntemle aktarılmaktadır. Bunlar "kondüksiyon" (iletim), "radyasyon" (ışınım) ve "konveksiyon" (taşınım) olarak tanımlanmaktadır. Kondüksiyon; sıcaklık farkından dolayı malzeme içinde gerçekleşen enerji transferidir. Bir başka ifadeyle, kondüksiyon ile enerji aktarılması malzemelerin ısıl iletkenliklerinin bir fonksiyonudur. İç mekân iklimi değerlendirildiğinde kondüksiyonun en yoğun şekilde gerçekleştiği yerler, dış duvarların iç ve dış yüzeyleridir. Bu sebeple böyle alanlarda yüksek ısı transferi sonucu yüksek sıcaklık farkları gözlemlenmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 147- 149).

Konveksiyon (taşınım); sıvı ve gaz moleküllerinin kollektif olarak hareket etmesiyle oluşan ısı taşınma yoludur ve bina içinde genellikle hava akışları ile gerçekleşmektedir. Hava akışları, yüzey ve hava arasında enerji transferine yol açtığından taşınan enerji miktarı sıcaklık farkına ve havanın akış hızına bağlıdır (Ankersmit, Stappers, 2017, 147- 149). Isıtma sistemleri çoğunlukla konvektif hava akımı yaklaşımı üzerinden çalışmaktadır.

Radyasyon (ışınım) ise malzemedeki yüklü parçacıkların hareketinden kaynaklanan elektromanyetik dalga halinde ısı aktarım yoludur. Kural olarak, mutlak sıfır (0 K veya -273°C) noktasının üzerindeki her madde ışınım yaymaktadır. Bu durumda ışınımı yayan sıcak cisim ısı kaybederken, bu ışınıma maruz kalan soğuk cisim ısı kazanır. Bu yolla gerçekleşen ısı aktarım miktarı malzemenin yüzey sıcaklığına ve ışıma katsayısına (emissivity) bağlı olup, ışıma genellikle elektromanyetik tayfın daha yüksek dalga boylarına sahip kızılötesi kısmında yoğun şekilde gerçekleşmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 147-149).

Hava sıcaklığının bir boşlukta homojen olarak taşındığı kabul edilmektedir. Bu, mühendisler tarafından binanın enerji performansını ve ısıtma sistemlerinin verimliliğini hesaplamak için kullanılan bir varsayımdır. Gerçekte ve müze binaları özelinde ise hava sıcaklığının bina hacminin üst alanlarında tabakalaşma eğilimi gösterdiği bilinmektedir. Böylece alt ve üst yükseklik seviyelerinde sıcaklık farkları

gözlenmektedir. Bu farklılık, ısıl gradyan (Δθ) olarak adlandırılmakta ve müze nesnelerinin korunmasını etkileyebilmektedir (Pretelli, Fabbri, 2018, 29).

5.1.7. Hava Akışı

Isı enerjisinin veya su buharının bir yerden başka bir yere taşınma yollarından biri hava akışıdır. İç mekân iklimi ve dış ortamla etkileşiminin idrak edilmesi, hava akışının anlaşılması ile mümkün olmaktadır. İklim denetiminde havalandırmanın amacı, kültür varlığı niteliğinde olan müze binalarının ve koleksiyonların en iyi şekilde korunması ve insan konforunun sağlanmasıdır.

İç mekân iklimi; dış ortam ikliminden, bina kabuğunun hava sızdırmazlığından, yalıtım ve higrotermal tamponlama özelliklerinden etkilenmektedir. Uygun olmayan iç mekân iklim koşulları koleksiyonlarda ve onları barındıran binalarda önemli hasara neden olmakta, aynı zamanda binayı kullanan insanların rahatsız olmasına yol açmaktadır. Bu sebeple; sürdürülebilir bir iç ortam yaratmak için gerekli havalandırma yöntemi, uygun çevresel koşulların oluşumunu desteklerken, aynı zamanda ziyaretçiler tarafından üretilen fazla karbondioksit düzeyinin düşürülmesine de yardımcı olmalıdır. İç ortam havasındaki karbondioksit konsantrasyonu kabul edilebilir seviyeye geldiğinde, havalandırma yalnızca iç mekân bağıl nemini kontrol etmek üzere gerçekleştirilmelidir (Ankersmit, Stappers, 2017, 167-168). Başarılı bir havalandırma düzeneği, hava döngüsünü sağlayarak tabakalaşmayı veya durgun hava ceplerinin oluşumunu engelleyebilmelidir. Doğru şekilde yönetilemeyen havalandırma ise, dış ortamda mevcut kirleticilerin kontrolsüz bir şekilde iç mekâna nüfuz etmesine veya iç mekânda üretilen kirleticilerin tahliye edilememesine yol açmaktadır. Hava akışıyla taşınan kirleticilerinin iç mekânda birikmesi; koleksiyonlarda korozyon, renk değişikliği veya tortu oluşumu gibi yüzey bozulmalarını tetikleyebilmektedir (BS EN 15759-2, 2018). Hava kalitesine yönelik uygulamalar, kapalı bir alan içindeki havanın bileşenlerini veya kullanıcıların sağlığını etkileyen niteliklerini incelemektedir. Küf, alerjenler, karbon monoksit, uçucu organik bileşikler, asbest, NO_x bileşikleri, karbon dioksit ve ozon gibi partikül ve gaz türlerinin ölçülmesi ve izlenmesi, iç ortam hava kalitesinin belirlenmesinde önemlidir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik kökenli olabilen iç mekân kirleticileri kronik veya akut patoloji gibi insan sağlığını yakından ilgilendiren sorunların yanı sıra binalar için de ciddi bozulmalara yol açabilmektedir (Pretelli, Fabbri, 2018, 37).

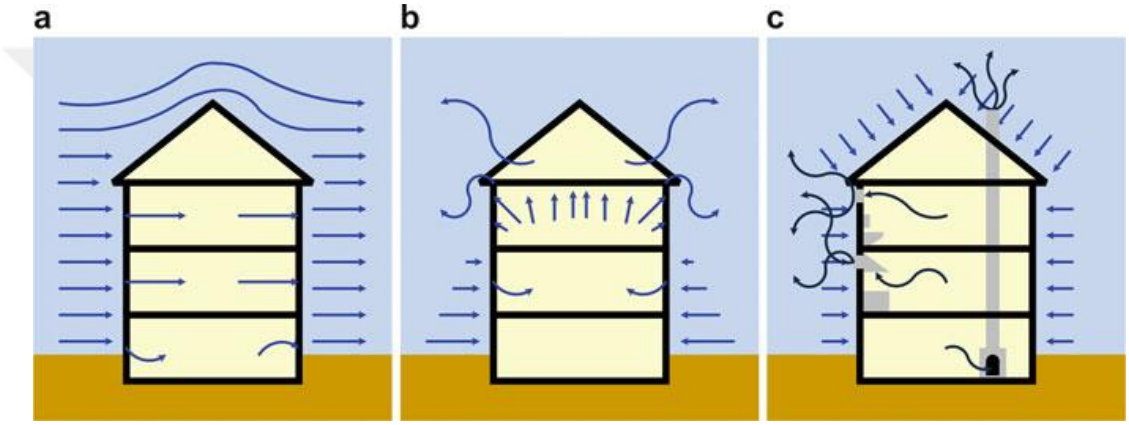
Herhangi bir müze örneğinde; iç mekân ve dış ortam arasında gerçekleşen ya da bir sergi alanı ve merdiven boşluğu arasında oluşan hava akımı; "hava değişim oranı (air exchange rate)" ile ifade edilmektedir. Hava değişim oranı; belirli bir zaman diliminde kapalı bir hacim için, içeri sızan veya dışarı kaçan havanın ve bilinçli havalandırmanın bileşkesini tanımlamaktadır. Hava değişim oranı havanın hızıyla bağıl olarak açıklanmaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 167-168). ASHRAE hava hızını, yönü dikkate alınmadan bir noktadaki havanın hareket hızı olarak tanımlamaktadır (ASHRAE Standard 55, 2010). Ancak müze iç mekânları gibi kapalı hacimlerde ölçüm noktasında akış hızı, vektörel büyüklük olarak ifade edildiğinde anlamlıdır. Mekanik havalandırmalar kullanıldığında ya da doğal yolla havalandırmanın gerçekleştirildiği durumlarda genellikle 0 m/s (durgun hava) ile 1,5-2 m/s arasında hava akışı gerçekleşmektedir. Bununla birlikte kış mevsiminde 0,15 m/s ve yaz mevsiminde 0,25 m/s hava hareketleri; insan vücuduyla çevre arasındaki konvektif alışverişi etkilediği için ısıl konforu destekleyebilmektedir (Pretelli, Fabbri, 2018, 35).

Anemometre ismi verilen özel aletler ile ölçülen hava hızı aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Binanın üst katlarındaki havanın dikey tabakalaşmasına bağlı oluşan sıcaklık ve basınç farkları,
- Soğuk duvarlar, pencereler, ısıtıcılar, lambalar ve çatılar gibi havadan farklı yüzey sıcaklıklarına sahip birimler,
- Binalarda eski pencere ve kapılarda sıklıkla karşılaşılan hava kaçakları,
- Camlar açıkken doğal havalandırma,
- Fanlar, kapsamlı iklimlendirme sistemleri veya diğer mekanik cihazlar gibi teknik düzenlemelerle gerçekleştirilen mekanik havalandırma (Pretelli, Fabbri, 2018, 36).

Binalarda hava değişimi, hava kaçakları (infiltration-exfiltration) ve bilinçli havalandırma (ventilation) yollarıyla gerçekleşmektedir. Binanın farklı alanları arasında gerçekleşen kontrolsüz değişim, hava kaçaklarının olduğu yerlerde meydana gelmektedir. Bir bina ısıtıldığında iç mekân havasının yoğunluğu azalır ve hava katmanı yükselir. Bu durumda binanın çatı bölgesinde yüksek basınçlı alan oluşur ve yukarı seviyelerdeki çatlak ve yarıklardan iç mekân havası dış ortama kaçar (exfiltration). Bununla birlikte zemin seviyesinde düşük basınçlı alan oluşur ve binaya dış ortam havasının nüfuz etmesi kolaylaşır (infiltration). Şekil 6'da görüldüğü gibi

rüzgârın estiği yön ile rüzgâr altı yönü arasındaki basınç farkı, binanın içine doğru bir hava akışı meydana getirir. Bu şekilde gerçekleşen hava değişimi yoluna, baca etkisi (stack effect) denir (Şekil 6b). Bilinçli havalandırma (ventilation) ise; bina içi ve dışı arasında veya iç mekânın farklı alanları arasında gerçekleşen kontrollü hava değişimidir. Bu, pencere ve kapıların açılması gibi doğrudan yöntemlerle gerçekleştirildiğinde doğal havalandırma (Şekil 6a), fan ve karmaşık iklimlendirme cihazları kullanılarak gerçekleştirildiğinde mekanik havalandırma (Şekil 6c) olarak tanımlanır. Her iki durumda da bina içindeki insanlara yeterli miktarda taze hava sağlanır, biriken kirletici gazlar uzaklaştırılır, aşırı nem ve koku tahliye edilir (Ankersmit, Stappers, 2017, 167-168).



Şekil 6: Binalarda hava akış yolları: (a) Rüzgâr (b) Baca Etkisi (c) Havalandırma Sistemleri

Ankersmit, Bart, Marc H. L. Stappers. 2017. **Managing Indoor Climate Risks in Museums.** Amsterdam: Springer International Publishing: 168.

Belirli bir miktardaki hava akışı belirli bir miktardaki ısıl enerjiyi taşımaktadır. Bu miktar sıcaklık farkına, yoğunluğa ve havanın ısı kapasitesine bağlıdır. 20°C'deki havanın yoğunluğu 1,2 kg/m³ ve ısı kapasitesi 1000 kj/kg'dır. Pratik sebeplerle bu değerlerin sabit olduğu kabul edilmektedir. Müzeler gibi sabit bir iç mekân ikliminin gerektiği durumlarda, bilinçli havalandırma ya da hava kaçakları ile kazanılan ya da kaybedilen enerjinin karşılanması beklenmektedir. Bu sebeple yüksek hava akış oranı, yüksek miktarda kaybolan ya da kazanılan enerji olarak yorumlanmaktadır. Bu durum aynı zamanda gerekli olan nemlendirme ve kurutma seviyelerini de etkilemektedir. Dış ortamla yer değiştirecek havanın miktarının, yani hava değişim oranının bilinmesi, pratik olarak ilgili mekân içindeki tüm açıklıkların hava hızlarının ölçülmesi ve bu açıklıkların boyutlarının belirlenmesini gerektirir. Toplam akış oranı, her bir

açıklıktaki özgün akışın toplamıyla hesaplanmaktadır. Özellikle tarihi binalar, bina kabuğunda bulunan çatlak ve yarıkların kaçaklara meyilli olması sebebiyle çoğu zaman sızdırmaz nitelikte değildir. Bununla birlikte; tasarlanacak bir HVAC sistemi, iklimlendirilecek havanın miktarını esas alacağından, binanın hava sızdırmazlığı iyi bir denetimin en temel bileşenlerindendir. Ancak tarihi binalarda hava sızdırmazlığını sağlamak ve HVAC sistemi kurmak için gerçekleştirilen müdahaleler, mimari ve kültürel değer kaybına yol açabilmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 169).

5.2. İklim Denetiminde Kullanılan Ölçüm Aletleri

Sıcaklık, nem, ışık ve kirleticiler gibi çevresel etmenlerin müze koleksiyonlarına verebileceği zararları önlemenin ilk adımı, söz konusu etmenlerin gerçek seviyelerinin ölçümesidir. Somut ve doğru veriler, pratik sıcaklık ve bağıl nem hedeflerinin belirleneceği mevcut iklim denetim sistemlerinin yeterliliklerini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca iç mekân koşulları yetersiz olduğunda, mevcut sorunların ciddiyetini belgelemek ve iklim denetim sistemini ilave donanımlar ve geliştirilmiş uygulamalarla desteklemeye temel oluşturmaktadır. Uygun ölçüm aletleri sadece sergi salonları ve depo alanlarının değil; vitrin, dolap ve paket hacimlerinin iklim durumunun koleksiyonlar için ne ölçüde elverişli olduğunun belirlenmesini de mümkün kılmaktadır. Gerçekleştirilen bu iyileştirme çabalarının etkisini değerlendirmek de yine doğru ölçümleri gerektirmektedir. Kullanılan alet ve cihazların özelliklerini bilmek doğru ölçüm ve izleme bakımından önem arz etmektedir.

5.2.1. Higrometreler

Bağıl nem ölçümü için kullanılan higrometreler, müze iç mekânlarında da sıklıkla tercih edilmektedir. Doğrudan nem seviyesini ölçerek bağıl nemi ifade eden higrometrelerin yanı sıra, belirli atmosfer basıncı altında yaş ve kuru termometre sıcaklığını karşılaştırarak bağıl nemi hesaplayan yöntemler de kullanılmaktadır. Ölçümün doğruluğu için incelenecek alanın ortamı temsil edecek nitelikte olması gerekmektedir. Bu sebeple; ısıtıcılara yakın pozisyonda, havalandırma menfezleri, kapı ve pencere açıklıkları gibi değişken hava akımının olduğu alanlarda gerçekleştirilen ölçümlerin, iç mekânın bağıl nemini temsil eden değeri vermeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır (BS EN 16242, 2012).

BS EN 16242 (2012) standardı kapsamında; diğer higrometreleri kalibre etmek üzere referans cihazı olarak ayna soğutmalı higrometreler (çiğ noktası ölçer), yine diğer higrometrelerin performanslarının yerinde kontrol edilmesi ve/veya noktasal ölçümler için elektronik psikrometreler ve noktasal ölçüm ile istatistiksel analizde kullanılacak veriyi temin etmek üzere kapasitans ve elektriksel direnç temelli elektronik higrometreler önerilmektedir. Müzelerde kullanılabilecek higrometre türleri ve temel özellikleri Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3: Müzelerde Kullanılabilecek Higrometre Türleri ve Temel Özellikleri

Higrometre türü	**Ayna soğutmalı higrometre (çiğ noktası ölçer)**	**Elektronik psikrometre**	**Kapasitans temelli elektronik higrometre**	**Elektriksel direnç temelli elektronik higrometre**	**Saç higrometresi**
Hassasiyet seviyesi	Çok yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Düşük
Ölçüm aralığı	-20°C ile 50°C arası sıcaklıklarda %0-100 bağıl nem seviyesi	10°C ile 50°C arası sıcaklıklarda %5-95 bağıl nem seviyesi	-10°C ile 50°C arası sıcaklıklarda %5-95 bağıl nem seviyesi	-10°C ile 50°C arası sıcaklıklarda %5-95 bağıl nem seviyesi	-10°C ile 50°C arası sıcaklıklarda %35-95 bağıl nem seviyesi
Belirsizlik toleransı	0,5°C	%2	%3	%3	%10
Periyodik denetim ve bakım	6 ay	Kalibrasyon yılda bir, fitilin denetimi günlük veya kullanılacağı zaman	1 yıl	1 yıl	3 ay

European Committee for Standardization. **BS EN 16242. 2012.** Conservation of Cultural Heritage. Procedures and Instruments for Measuring Humidity in the Air and Moisture Exchanges Between Air and Cultural Property. Brussels.

5.2.1.1. Ayna Soğutmalı Higrometreler

Soğutulan bir ayna aracılığı ile yoğuşmanın gerçekleşmeye başladığı sıcaklığın tespit edilmesini temel alan ayna soğutmalı higrometreler çiğ noktası ölçer olarak da isimlendirilmektedir. Resim 13'te bir örneği görülen böyle aletlerde aynanın sıcaklığı, buharlaşma ve yoğunlaşma arasında dinamik bir denge sağlamak üzere elektronik bir geri besleme ile denetlenmekte ve sonucunda çiğ noktası sıcaklık değeri tespit edilmektedir. Bu cihazlar diğer higrometrelere oranla daha doğru ölçüm değerlerinin elde edilmesine imkân sağlamaktadır. Zira ölçüm nem sensörlerine göre daha yüksek doğrulukta sonuç veren sıcaklık sensörlerinin kullanımını içermektedir. Bu sebeple yüksek güvenilirlik nitelikleriyle, laboratuvar testleri ve kalibrasyonları için uygun

olarak değerlendirilmektedir. %0 ile %100 arasındaki tam bağıl nem aralığında kararlı ölçüm sağladıklarından, müze iç mekânlarında kullanılan diğer türlerde higrometrelerin kalibrasyonu için referans bir alet olarak kullanılabilmektedir (BS EN 16242, 2012).



Resim 13: Ayna soğutmalı higrometre

Shinyei Technology. [05. 01. 2021]. Dew Star. https://www.shinyei.co.jp/stc/eng/products/humidity/instruments.html

5.2.1.2. Gravimetrik Higrometreler

Maddenin değişen ağırlığı, tarih boyunca ilgi çeken bir fenomen olmuştur. Bunu açıklamada başvurulan etmenlerden biri çevresel koşulların muhtemel etkisidir. Bir ucuna yün diğer ucuna taş yerleştirilmiş bir terazinin denge durumunun farklı nem seviyelerinde değiştiği ve nemli havada yünün ağırlığının arttığı gözlemi, ilk modern higrometrelerin icat edilmesine zemin hazırlamıştır. Takip eden süreçte terazinin kollarına ilk tasarımdan farklı olarak yün yerine pamuk, taş yerine ise higroskopik niteliği taşa oranla daha az olan balmumu yerleştirilmiştir. Yün ve pamuk gibi higroskopik malzemelerin kullanıldığı bu higrometre tasarımları, temelde makul bir teorik arka plana sahip olsalar da düşük doğrulukta ölçümlere yol açmıştır. Bu grup higrometreler içerisinde diğerlerine nazaran hassasiyeti yüksek olan bir tür ise kâğıt disklerin kullanıldığı Adams higrometresidir. Resim 13'te gösterilen higrometre, bir ipe dizilmiş çok sayıda kâğıt diskini ve denge durumuna göre pozisyonu değişen bir ölçü mekanizmasını içermektedir. Nem sensörlerinin gelişimiyle birlikte sünger, yün ve kâğıt gibi higroskopik malzemelerin kullanımı oldukça azalmıştır (Korotchenkov, 2019, 17-21).



Resim 14: Adams Higrometresi

Museo Galileo. [04.01.2021]. Paper Disc Hygrometer. https://catalogue.museogalileo.it/object/PaperdiskHygrometer.html

Günümüzde laboratuvarlarda çok yüksek hassasiyetle çalışan ve hava içindeki nemi doğrudan ölçen gelişmiş gravimetrik higrometreler kullanılmaktadır. Resim 15'te gösterilen ve teoride oldukça basit bir arka planı olan böyle higrometrelerin pratikte kullanımları çeşitli uygulama zorluklarını içermektedir. Zira karmaşık kurulumları, yüksek denetim becerisine haiz personel gerektirmeleri ve büyük boyutları nedeniyle yerinde ölçüme uygun olmamaları güçlü dezavantajlar oluşturmaktadır. Bu sebeple diğer higrometrelerin laboratuvar koşullarında hassas kalibrasyonu için kullanılmaktadırlar (Korotchenkov, 2019, 17-21).



Resim 15: Gravimetrik Higrometre

National Institute of Standards and Technology. [04.01.2021]. A New Gravimetric Hygrometer for Verification of NIST Humidity Standards. https://www.nist.gov/pml/sensor-science/

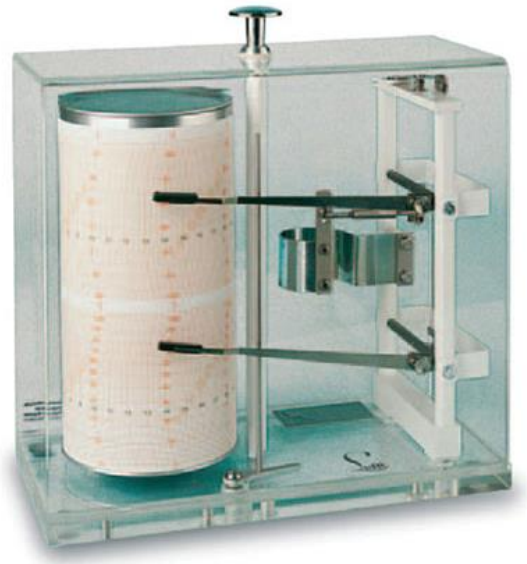
5.2.1.3. Mekanik Higrometreler

Mekanik higrometreler; nem çekme yeteneği fazla olan bir malzemenin boyutlarındaki değişimi mekanik olarak ölçmeyi hedefleyen aletlerdir. Malzemenin, farklı nem içeriklerindeki tepkisini, referans aldığı sınır değerleri arasında konumlandırmakta ve bu konumun karşılık geldiği bağıl nem seviyesini tanımlanmaktadır. En bilinen türü saç higrometreleridir (saçlı higrometre). Saçın yapıtaşı olan keratin, bir bobine sarılı protein zincirlerinden oluşmaktadır. Proteinleri bir arada tutan hidrojen bağları su varlığında geçici olarak kırılmaktadır. Dolayısıyla saç teli su emdiğinde kalınlaşmakta ve uzamaktadır. Saç kullanılarak yapılan mekanik higrometreler, daha sonra tek bir saç teli yerine daha kalın tutamların tercih edilmesiyle geliştirilmiştir. Böylece her bir saç telinin neme karşı verebileceği karakteristik tepkilerin bir ortalaması alınarak daha doğru bir ölçüm hedeflenmiştir. Aynı zamanda mekanik sistem çeşitli makaralar ve iplerle desteklenerek saç telindeki milimetrik uzama, ölçüm mekanizmasına daha vurgulu olarak aktarılmıştır (Korotchenkov, 2019, 23-28). Günümüzde doğal saç yerine aynı amaçla sentetik malzemeler de kullanılmaktadır.

Kullanımı kolay ve oldukça düşük maliyetli olan saç higrometreleri nemin çok düşük olduğu çevre koşullarında ölçüm için uygun değildir. Ayrıca saç; amonyak ve toz gibi kirleticilere karşı hassas olduğu için, ölçüm değerinde yanılmalar sıklıkla karşılaşılan dezavantajlarındandır. Bunun yanı sıra nem seviyesindeki doğrusal artışa saçın tepkisi doğrusal değildir. Belirli nem aralıklarında uzama miktarı ve uzama süresi değişkendir. Yapılan çalışmalar, saça uygulanan çeşitli kimyasal müdahaleler ile tepkinin, görece daha doğrusal hale getirilebileceğini göstermiştir (Korotchenkov, 2019, 23-28).

Havadaki nem içeriğine yönelik ölçüm veren cihazlara ek olarak zaman içerisinde elde ettiği ölçümleri kaydeden sistemler de geliştirilmiştir. Higrograf ya da higrotermograf da denilen bu cihazlar, müzelerde sürekli kullanımda tercih edilen saç higrometrelerinin en sık karşılaşılan türleridir. Küçük bir yay tarafından hafif bir gerginlikte tutulan saç tutamı, yapısındaki boyutsal değişiklikleri bir kalem koluna iletmektedir. Kalem kolunun temas ettiği kâğıt çizelge, metal bir tambur etrafına sarılmıştır. Tambur mekanik bir saat hareketi ile belirlenen sabit bir hızda kendi ekseni etrafına dönmektedir. Dönüş hızı veri kayıt sıklığına göre günde veya haftada bir tam tur olacak şekilde ayarlanmaktadır. Çizelgede, tambur çevresini saran ölçeklendirilmiş bir zaman ekseni ve tambur eksenine paralel olarak ölçeklendirilmiş nem seviyeleri

bulunmaktadır. Resim 16'da gösterildiği gibi tambur dikey konumdadır. Bir termometre ile desteklenen türleri higrotermograf olarak isimlendirilmekte ve eşzamanlı olarak sıcaklık ve bağıl nem değerlerini kaydetmektedir. Günümüzde hem dijital hem de analog higrotermograflar kullanılmaktadır (BS EN 16242, 2012).



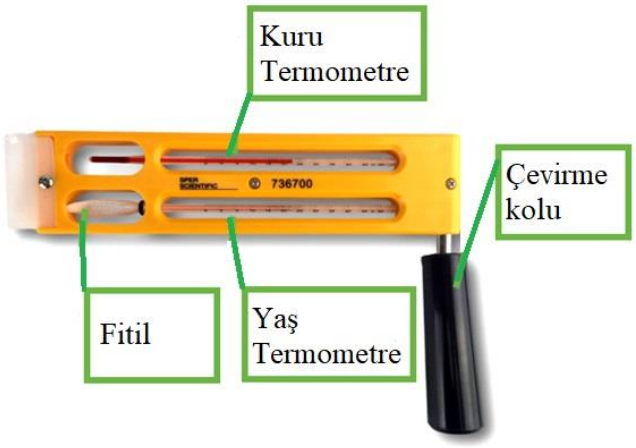
Resim 16: Higrotermograf

Northeast Document Conservation Center. 2007. **The Environment: Monitoring Temperature and Relative Humidity.** Andover: NEDCC.

5.2.1.4. Psikrometreler

Psikrometre temel olarak basitliği ve düşük maliyeti sebebiyle nem ölçümü için sıklıkla tercih edilen bir higrometre türüdür. Nem ölçümü için kullanılan en eski aletlerden biri olarak psikrometreler genellikle özdeş iki termometreden oluşmaktadır. Bu termometrelerden biri sıradan ölçüm tekniği ile çalışırken, diğeri termometre haznesinin etrafına sarılmış olan fitilin su ile ıslatılmasını gerektirmektedir. Fitildeki su buharlaştığı sırada temas halinde olduğu hazneden ısı almakta ve ortamın sıcaklığından, buharlaşan sıvıyla doğru oranlı olarak, daha düşük bir sıcaklığın ölçülmesine yol açmaktadır. Buharlaşma ortamın sıcaklığının yanı sıra, atmosferin doygunluk derecesine, bir başka deyişle bağıl neme bağlıdır. Yaş ve kuru termometrelerin ölçtükleri sıcaklık farkı; ıslak hazne depresyonu olarak tanımlanmakta ve sabit basınç altında psikrometrik hesaplarla ortamın bağıl nem seviyesini belirlemektedir. Psikrometreler; çevirmeli ve pervaneli olmak üzere iki çeşittir. Resim 17'de gösterilen çevirmeli psikrometreler, çevirme kolunun elle

döndürülmesiyle ıslak termometre fitilinin çevresinde hava akışının meydana getirilmesini gerektirmektedir. Pervaneli psikrometreler ise fitilin üzerine belirli bir hızda sabit hava üflemek için pille çalışan bir fan kullanan düzeneklerdir. Pervaneli psikrometreler fitil çevresinden sabit bir hızda hava geçisi sağladıkları için daha güvenilir olarak nitelendirilmektedir (Korotchenkov, 2019, 31-40).



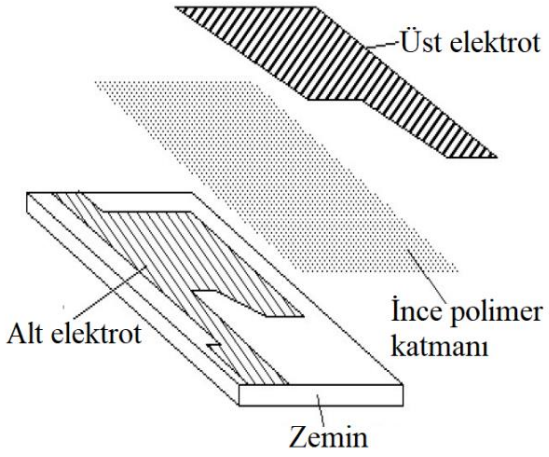
Resim 17: Çevirmeli Psikrometre

Instrument Choise. [06.01.2021]. Environment Meters: Sling Psychrometers. https://www.instrumentchoice.com.au/

Psikrometreler diğer higrometreler ile karşılaştırıldığında sıcaklık ölçümünü temel aldıkları için daha doğru ölçümlerin elde edilmesine imkân sağlamaktadır. Bununla birlikte hava akışının istenen nitelikte sağlanmasına yönelik bazı beşeri veya aletsel aksaklıklar, ayna soğutmalı higrometrelere oranla daha az güvenilir olarak değerlendirilmelerine yol açmaktadır. Diğer higrometre türlerinin yerinde kalibrasyonu için bir referans olarak kullanılabilen psikrometrelerin, rutin ölçümler için kullanılmaları durumunda periyodik olarak denetim ve bakımlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ortam sıcaklığının 0°C'nin altına düşmesi halinde fitili besleyen haznedeki su donacağı için söz konusu şartlarda bu yöntem kullanılamamaktadır. Bununla birlikte, fitilin her zaman temiz tutulmasına ve ıslatılması için distile su kullanımına dikkat edilmelidir (BS EN 16242, 2012). Psikrometrenin düşük maliyeti ve ölçüm doğruluğu göz önüne alındığında, müzelerde anlık ölçüm ve diğer nemölçerlerin kalibrasyonu için uygun bir seçenek olduğu söylenebilir.

5.2.1.5. Kapasitans Temelli Higrometreler

Kapasitans temelli higrometre sensörleri nemi ölçmek için havadaki su buharı miktarına duyarlı bir kapasitör kullanmaktadır. Kapasitör, bir yalıtkan ara yüz (ince bir polimer katmanı) ile birbirinden ayrılmış iki metal plakadan oluşmaktadır. Sistemin depo edebileceği elektrik yükü (kapasite), elektrot olarak tanımlanan bu plakaların alanına ve aralarındaki mesafeye bağlıdır. Böyle higrometrelerin sensörleri, emilen bağıl nem miktarına bağlı olarak, depo edilen elektrik yükündeki değişimi algılamaktadır. Ölçülen değişim, bağıl nem seviyesini gösterir şekilde orantılıdır. İnce film polimer sensörleri genellikle Şekil 7'de gösterildiği gibi dört katmana sahiptir. Alt katman, kapasitör için destek görevi gören bir cam veya silikon zemindir. Zemin üzerinde sırasıyla alt elektrot katmanı, ince polimer katmanı ve üst elektrot katmanı bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken, üst elektrotun gözenekli yapısı dolayısıyla nemin geçişine izin veriyor oluşudur.



Şekil 7: Kapasitans temelli higrometrenin sensör bileşenleri

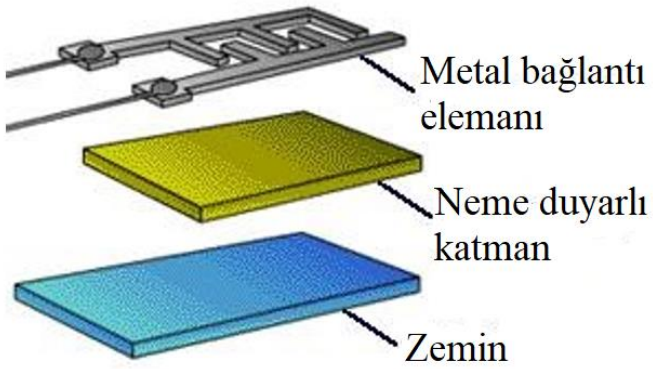
University of Michigan. [04.01.2021]. Humidity Measument. https://encyclopedia.che.engin.umich.edu/

Kapasitans temelli higrometreler, aşırı çevresel koşullar dışında, genellikle kararlı, doğru ve yerinde uzun süreli izleme için uygun olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca küçük sensör boyutu, küçük hacimlerde kullanımına izin vermektedir. Çalışma performansı, %15 ile %95 bağıl nem seviyeleri arasında oldukça yüksektir. Ancak sensörler genellikle ısıl eylemsizliğe neden olan plastik malzemeler ile korunduğu için hızlı sıcaklık veya nem değişimlerinde ölçüm hatalarına yol açabilmektedir.

Higrometreye harici olarak bağlanan sensörler kullanılarak ısıl eylemsizlik sorunu azaltılabilmektedir (BS EN 16242, 2012). Üretim yöntemlerinin kolaylığı, düşük güç kullanımı gibi avantajlarına bağlı olarak araştırmalarda ve endüstride oldukça yoğun olarak kullanılan kapasitans temelli nem sensörleri, piyasada mevcut nem sensörlerinin yaklaşık %75'inden fazlasını içeren bir pazar payına sahiptir (Korotchenkov, 2019, 103).

5.2.1.6. Elektriksel Direnç Temelli Higrometreler

Elektriksel direnç temelli higrometreler, ortamın bağıl nemi ile hızla dengeye ulaşan neme duyarlı bir malzemenin sahip olacağı denge nem içeriğinin, elektriksel dirençte meydana getirdiği değişimi temel almaktadır. Ortamın bağıl nemindeki değişiklikler dirençte farklılıklar oluşturur. Şekil 8'de gösterilen elektriksel direnç temelli higrometre sensörünün bileşenleri sırasıyla yalıtkan nitelikte zemin, genellikle higroskopik tuzlar ve karbon tozu gibi maddelerden elde edilen neme duyarlı katman ve son olarak elektriksel direnç farkının gözlemlendiği metal bağlantı elemanıdır.



Şekil 8: Elektriksel direnç temelli higrometrenin sensör bileşenleri

University of Michigan. [04.01.2021]. Humidity Measument. https://encyclopedia.che.engin.umich.edu/

Kapasitans temelli sensörlerden farklı olarak çok daha güçlü bir sıcaklık bağımlılığı ile karakterize edilen direnç temelli higrometreler, 3°C'den daha fazla ani sıcaklık dalgalanmalarına sahip alanlarda kullanılmak üzere sensör bünyesinde sıcaklık denetimi ve sıcaklık stabilizasyonu gerektirmektedir. Bu önlemin alınması halinde aşırı çevresel koşullar dışında genellikle kararlı, doğru ve yerinde uzun süreli izleme için uygun nitelikli olarak değerlendirilmektedir (BS EN 16242, 2012).

5.2.2. Termometreler

İç mekânlar, genellikle güneş ışığı, ısıtıcılar ve aydınlatma donanımlarından yayılan karmaşık bir enerji dengesi nedeniyle sıcaklık dağılımları göstermektedir. Özellikle duvar yüzeyleri, tavan seviyeleri, kapı ve pencere açıklıkları ve diğer hava akışının yoğun olduğu alanlarda bölgesel ısıl değişimler gözlemlenmektedir. Bu sebeple etkili bir koruma hedefi ve iklimsel koşulların nicel olarak tespiti için sıcaklık ölçümü önerilmektedir. Müzelerde gerçekleştirilebilecek sıcaklık ölçümleri, iç mekân hava sıcaklığının ve hedef noktaların yüzey sıcaklığının belirlenmesini temel almaktadır (BS EN 15758, 2010).

5.2.2.1. Alkol ve Cıva Termometreleri

Malzemeler sabit basınç altında ısıya maruz kaldıklarında atomlarının kinetik enerjisi artar. Atomların birbirlerinden uzaklaşmaya başlaması sonucunda malzemede genleşme durumu gözlenir. Ancak genleşme miktarı her malzeme türü için farklıdır. Alkol ve cıva termometreleri de özgün genleşme katsayılarına bağlı olarak sıcaklıktaki değişimi ifade eden termometrelerdir. Bir hazne içinde yer alan ve ortam sıcaklığına bağlı olarak genleşmesi beklenen sıvının ölçeklendirilmiş kılcal bir kolon üzerinde hareketini temel almaktadır.

Alkol, daha yüksek bir genleşme katsayısına sahip olması nedeniyle suya oranla hacimce daha belirgin bir değişimi işaret edebilmektedir. Ancak bu hassasiyet ölçüm değerinin okunması gereken zaman aralığının kısalmasına sebep olmaktadır. Örneğin yüksek sıcaklıkta bir sıvının sıcaklığı ölçülürken, sıvıya daldırılan alkol termometresi, sıvıdan çıkarıldığı anda ortam sıcaklığını yansıtmaya başlamakta ve yanlış bir ölçüme yol açmaktadır. Bu durumun önüne geçmek üzere alkol yerine kılcal boru içinde daha yavaş hareket eden cıva kullanımı düşünülmüştür. Bununla birlikte sıvının genleşmesini temel alan bu tür termometrelerin ölçüm aralıkları söz konusu sıvının donma ve kaynama noktası ile sabittir. Bu sebeple etil alkol -114,1°C ve 78,37°C arasındaki, cıva ise -38,83°C ve 356,7°C arasındaki sıcaklıkları ölçebilmektedir (Simpson, 2020, s.y.). Bu ölçüm aralıkları müzelerin iç mekân sıcaklıklarının ölçülebilmesi için uygundur.

5.2.2.2. Siyah Küre Termometreleri (Black Globe Thermometer)

Yoğun görünür ışıktan (güneşten veya aydınlatma donanımlarından yayılan) veya kızılötesi ışınımdan (sıcak yüzeylerden veya ısıtıcılardan yayılan) etkilenen ortamları karakterize etmek için kullanılan siyah küre termometreleri, siyaha boyanmış boş bir bakır kürenin merkezine yerleştirilmiş sıcaklık sensörünü içermektedir. Siyah küre termometresi küresel bir şekle sahiptir (Resim 18). Bu sebeple tuval resimleri, ahşap paneller veya duvar halısı gibi farklı geometrilere sahip nesnelerin ölçümleri için uygun olarak nitelendirilmemektedir (BS EN 15758, 2010).



Resim 18: Siyah küre termometresi

REED Instruments. [04.01.2021]. REED 8778 Heat Stress WBGT https://www.reedinstruments.com/product/

5.2.2.3. Siyah Cisim Şeritleri (Black Body Strips)

Bir nesnenin geçici veya kalıcı sergiler için yerinin değiştirilmesi gerektiğinde veya aydınlatma donanımlarının ve ısıtıcıların nesne yüzeyinde sebep olacağı muhtemel ısınmayı ölçmek için kullanılan siyah cisim şeritleri; hava sıcaklığının, görünür ve kızılötesi ışınımın, konvektif hava hareketlerinin potansiyel etkisini ölçmeye odaklanmaktadır. Nesne için planlanan konuma yerleştirilmiş veya nesneye temas etmeden yakın şekilde konumlandırılmış bir siyah cisim şeridi, nesnenin kendisi ile testler yapmadan gerçekleşecek etkiyi simüle etmektedir. Bu simülasyon, çok düşük emisyona sahip olan ve gelen radyasyonun çoğunu yansıtan parlak metaller dışında, kültür varlıkları için uygun olarak nitelendirilmektedir (BS EN 15758, 2010).

5.2.2.4. Temas Sensörlü Termometreler

Yüzey ile sensör arasındaki ısı alışverişini iyileştirmek için genellikle bir yapışkan veya iletken macun kullanılan ya da nesne ile teması artırmak için basınç uygulanarak ölçüm yapılan termometrelerdir. Yapıştırıcı ve macunların nesne yüzeyinde geri dönüşü olmayan bir etkiye sebep olma ihtimali, ölçüm yönteminin nesne için tehlikeli olarak değerlendirilmesine yol açmaktadır. Bu sebeple bir konservatöre danışılmadan temaslı ölçüm yapılmamalıdır. Bununla birlikte parlak metal nesnelerin yüzey sıcaklıklarının ölçülmesinde en etkili yöntem olarak değerlendirilmektedir. Temas ölçümleri teknik olarak yalnızca prob ile iyi temas edebilen pürüzsüz, düz ve homojen yüzeylerde mümkündür. Temas sensörleri genellikle bir prob içine yerleştirilmiş küçük boyutlu sistemlerdir ve yalnızca temas edilen alanın sıcaklığını ölçebilmek için hava sıcaklığı, kızılötesi ışınım ve görünür ışığın harici ısıl etkisinden korunmak üzere yalıtılmış bir tasarıma sahiptir. Bu durum, nesne yüzeyinin yoğun kızılötesi ışınım veya görünür ışığa maruz kalması halinde, probun gölgelediği alanda gerçek değerden daha düşük bir sıcaklığın okunmasına sebep olmaktadır. Özellikle düşük ısıl iletkenliğe sahip nesne yüzeylerinde bu sorun önem arz etmektedir (BS EN 15758, 2010).

5.2.2.5. Kızılötesi Termometreler (Uzaklık Sıcaklık Sensörleri)

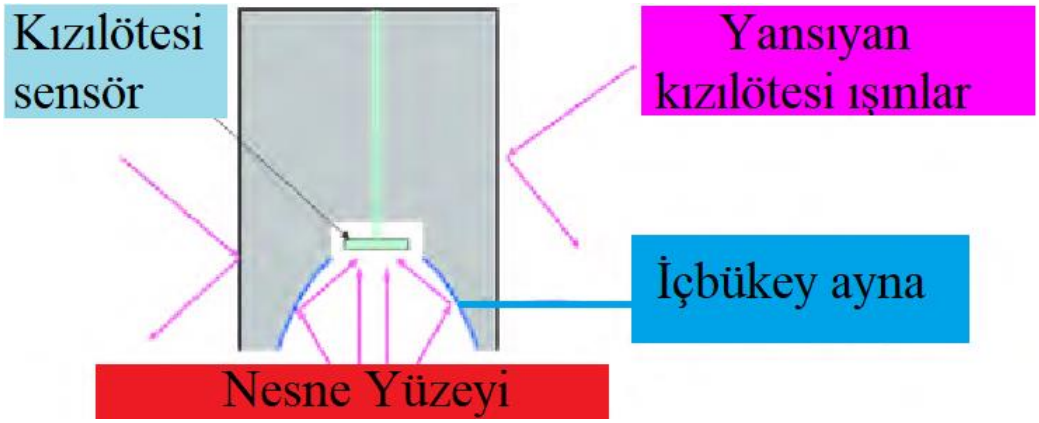
Kızılötesi termometreler, yüzey sıcaklığının temassız olarak uzaktan ölçülmesine izin veren ve böylece ulaşılması zor yüzeyler veya hareketli nesneler için ölçümü mümkün kılan aletlerdir. Yöntem, ölçüm yapılacak nesneden yayılan ısı enerjisinin, dâhili bir mercek aracılığıyla termopilde toplanması ve elektriksel bir sinyal olarak işlenmesini temel almaktadır. Bu noktada ölçümün doğruluğu için ölçülecek yüzeyin yayım kabiliyetinin/salıcılığının (emissivity)[17] bilinmesi gerekmektedir. Zira ölçüm, yüzey sıcaklığının ve yüzeyin yayım kabiliyetinin bağıl bir fonksiyosnudur. Termografik ve dijital olmak üzere iki çeşit kızılötesi ölçüm yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki, sıcaklık değerlerinin renkler üzerinden tanımlandığı bir ölçekte nesnenin görüntüsünün çeşitli renklerle oluşturulması işlemidir. Bu, özellikle sıcaklık dağılımının genel bir görünümünü elde etmek için kullanışlıdır. İkinci yöntem ise,

[17]Yayım Kabiliyeti: Bir yüzeyin ışınımla yaydığı enerjinin, siyah cisim (black body) olarak tanımlanan referansın yaydığı enerji miktarına oranıdır (BS EN 15758, 2010).

hedef sıcaklığın dijital olarak ifade edilmesini içermektedir. Kızılötesi termometreler, bir nesnenin yüzey sıcaklığının gerçek değerini belirli bir anda ölçmek veya dinamik bir rejim altında gerçekleşen süreksizlikleri (nesnenin belirli bir süre zarfında ısınması ve soğuması gibi) izlemek için kullanılmaktadır. Ancak parlak metal gibi yansıtıcı yüzeyleri olan nesneler için kızılötesi yöntemler önerilmemektedir. Bununla birlikte cam ve plastik gibi nesneler de bazı dalga boylarında şeffaf bir görünüm kazanmaları nedeniyle ilgili yöntemler için uygun değildir (BS EN 15758, 2010).

5.2.2.6. Yarı temaslı termometreler

Yarı temaslı termometreler, kızılötesi sensörün üzerine yönlendirildiği hedef yüzey tarafından yayılan kızılötesi ışınıma odaklanan içbükey bir ayna içermektedir. Nesnenin yüzeyine yakın yerleştirilen termometrenin sensörü, aynanın bulunduğu kovan sayesinde çevredeki harici ışıma kaynaklarından korunmaktadır. Bu sebeple aynanın iç yüzeyi, nesne tarafından yayılan toplam kızılötesi ışınımı algılamaktadır. Şekil 9'da temel yapısı görülen yarı temaslı termometreler, kültür varlıklarının yüzey sıcaklığının ölçümü için uygun olarak değerlendirilmektedir. Zira sınırlı bir temas gerçekleştiği için hassas nesnelerin ve eğimli, pürüzlü veya kontamine yüzeylerin sıcaklıklarının ölçümüne imkân tanımaktadır (BS EN 15758, 2010).



Şekil 9: Yarı temaslı termometrenin yapısı

Camuffo, Dario, Vito Fernicola. 2010. How to Measure Temperature and Relative Humidity Instruments and Instrumental Problems. **Basic Environmental Mechanisms Affecting Cultural Heritage.** ed. Dario Camuffo, Vasco Fassina, John Havermans. Florence: Nardini: 31.

5.2.3. Veri Kaydediciler

İç mekân koşullarının izlenmesi, genel bir koruma programının temel unsurudur ve sergileme ile depolama ortamının yönetilmesi için temel oluşturmaktadır. Bir izleme programının geliştirilmesi, müzenin yapısı ve çevresel koşulları hakkında bilgi toplamayı, müzenin misyonu için öncelikli koleksiyonları belirlemeyi ve koleksiyonların ihtiyaçlarını ve zayıflıklarını analiz etmeyi içermektedir. Bilgisayarlı bina yönetim sistemleri (Building Managemet Systems/BMS) genellikle teknik personel tarafından iklim koşullarını izlemek ve HVAC donanımlarını denetlemek üzere kullanılmaktadır. BMS ile entegre edilmiş veya bağımsız olarak sıcaklık ve bağıl nemi ölçen ve kaydeden sistemler veri kaydediciler (datalogger) olarak tanımlanmaktadır (NEDDC, 2007,1-5). Veri kaydediciler, çevresel koşulları izlemek ve kaydetmek için sensörler ve mikroişlemciler ile donatılmış aletleri ve genellikle verileri izlemek, kaydetmek, görüntülemek ve analiz etmek üzere kullanılan özel yazılımları içermektedir. Veri kaydedicilerin kablosuz veya kablolu teknolojileri kullanarak gerçek zamanlı veri sağlayan ağa bağlı türleri de mevcuttur (Arenstein, Alderson, 2011, 1-6).

İklimsel verilerin kaydedilmesi yaklaşımı sebebiyle higrotermograflarla benzer kullanım amaçlarına sahip veri kaydediciler, higrotermograflara nazaran daha az kalibrasyon gerektirmektedir. Ancak böyle sistemler için genellikle yerinde kalibrasyon gerçekleştirilememekte ve kalibre edilmeleri gerektiğinde üretici firmaya gönderilmektedirler (National Park Service, 1999, 17). Kalibrasyon gereklilikleri üreticiye bağlı olarak 6 aydan 3 yıla kadar değişmektedir. Elektronik veri kaydediciler aynı zamanda higrotermograflara oranla daha hızlı yanıt sürelerine sahiptir (Arenstein, Alderson, 2011, 1-6). Bir bilgisayara yüklenmeye hazır şekilde veriyi kendinde tutan ya da doğrudan bir bilgisayara ileten farklı türlerde veri kaydediciler mevcuttur. Resim 19'da görülen ve yazılıma sahip olanları, ölçüm verilerini bir araya getirmekte, özetlemekte ve analize hazır tablolar, çizelgeler veya grafikler halinde sunmaktadır. Ayrıca tanımlanmış sınır değerlerinin aşılması durumunda uyarı verecek şekilde programlanabilmektedirler. Herhangi bir yazılım ile bilgisayara eşzamanlı veri aktarımın olmadığı türlerinde ise geçmişe ait anlık ölçümler kaydedilmekte ve kayıt sürecince iklimsel koşullar nicel olarak tanımlanmaktadır (Museums Australia, 2003, 1-7).



Resim 19: Veri kaydedici

Testo. [22.10.2020]. Testo Saveris 2-H1. https://www.testo.com/tr-TR/testo-saveris-2-h1/p/0572-2034

5.2.4. Anemometreler

Hava akışı; kirletici gaz ve partiküllerin seyreltilmesi, durgun hava ceplerinin önlenmesi ile kimyasal ve biyolojik bozulmanın sınırlandırılması, iç hava kalitesini belirleyen CO_2 konsantrasyonunun düşürülmesi ve iç mekân havasının tabakalaşmasının önüne geçilmesi gibi faydaları sebebiyle müze sergi salonları için oldukça önemlidir. Ancak yüksek hava akışları iç mekân koşullarında higrotermal dalgalanmalara ve iklim denetiminin maliyetinin artmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle hava hızının ölçülmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda kullanılan anemometreler, açık havada ve iç mekânlarda ölçüm yapmak üzere hassaslaşmış özel türleri içermektedir. Hava akış hızını ve basıncı ölçen farklı türlerine rağmen iç mekânlarda; fincan (cup), sıcak telli (hot wire), sıcak küre (hot sphere) ve sonik türde olanları kullanılmaktadır. Sayılan anemometreler arasında en yüksek doğrulukta çalışanlar ise sıcak küre/termistörlü anemometrelerdir. Müze iç mekânları gibi hava akış hızının düşük seviyelerde olduğu örneklerde ise sıcak telli anemometrelerin kullanımı önerilmektedir. Birbirlerine çok yakın yerleştirilmiş birkaç ısıl direnç bileşeninden oluşan böyle cihazlar, elektriksel akım yoğunluğundaki farklılıkların ölçülmesi yoluyla hava hızının belirlenmesini temel almaktadır (Pretelli, Fabbri, 2018, 36).

5.3. İklim Denetim Yöntem ve Yaklaşımları

Herhangi bir müze iç mekânın iklimlendirmesi için öncelikle mevcut ikliminin kapsamlı bir şekilde incelenerek koleksiyonun veya müze binasının risk altında olup olmadığının değerlendirilmesi ve ziyaretçiler ile personelin konfor gereksinimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda atılacak ilk adım; bina, koleksiyon ve ziyaretçiler arasında bir öncelik sıralamasının tanımlanması olmalıdır. Zira koleksiyonlar için en uygun iklim değerleri, müze binası (özellikle tarihi binalar) için risk teşkil edebileceği gibi, insanlar için de rahatsızlık verici nitelikte olabilmektedir. Öte yandan, yalnızca insan konforunu önemseyen iklim denetim yöntemleri ise, koleksiyonun zarar görmesine yol açabilmektedir. Tüm parametreleri karar verme sürecine dâhil etmek ve önceliklere, gereksinimlere ve uygulanabilirliklerine göre tartmak karmaşık bir işlemdir. Dahası finans ve fizibilite gibi etmenler de süreci zorlaştırmaktadır.

Karar alma sürecinin henüz başında, sergi mekânları ve depoların bulunacağı konumlar ile ziyaretçilerin ve personelin bulunacağı alanlarda ne gibi düzenlemelere ihtiyaç olduğu belirlenmelidir. Sergi mekânları ve depolar, koleksiyonların gerektirdiği iklim değerlerini sağlamaya en elverişli konumlarda planlanmaldır. Bunun için koleksiyonu oluşturan benzer duyarlılığa sahip nesneler sınıflandırılmalı, en hassas koleksiyon sınıfından en dirençli sınıfa kadar tüm koleksiyon için tatbik edilecek bağıl nem ve sıcaklık değerleri belirlenmelidir. Böylelikle çeşitli iklim bölgeleri tasarlanarak, her bir bölgenin mevcut ikliminin ulaştırılması istenen seviye tespit edilmelidir.

İç mekân ikliminin değerlendirilmesi, iklimsel çeşitliliği oluşturan değişkenlerin ölçülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu etmenleri sayısal olarak ifade etmek, iklimlendirme sistemini ve binanın yapısında gerçekleştirilecek uyarlamaları tasarlamak için gereklidir. Ayrıca ölçümlerin sonuçları; koleksiyon, bina veya insanlara ilişkin risklerin analizi için de kullanılmaktadır. Örneğin, iklim verilerinin dijital olarak düzenli şekilde işlenmesi, koleksiyon için küf, kimyasal bozulma ve mekanik hasar gibi risk modellerinin elde edilmesini kolaylaştırmaktadır.

Bir müzenin iç mekân iklimi söz konusu olduğunda, kamu binalarındaki diğer tüm sıcaklık ve hava kalitesi temelli düzenlemelere ek olarak, yüksek veya düşük bağıl nem değerlerini yatıştırmak hedeflenmektedir. Ayrıca müzelerde iklim denetim

yöntemlerinin tasarlanması ve uygulanması ile etkili koruma standartlarının sürdürülmesi, çoğu zaman yüksek ekonomik fonlar ve sürekli iş gücü gerektirmektedir. Bu sebeple ekonomik ve verimli işletim odaklı iklimlendirme uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Thomson'ın 1986 yılında öngördüğü üzere müzelerde iklim denetimi, maliyet ve çevresel kaygılar nedeniyle her geçen gün sadeleşme hedefindedir (Thomson, 1986, 265-267). Bu hedef doğrultusunda, koleksiyonun, binanın, personelin ve ziyaretçinin gereksinimlerinin yanı sıra sürdürülebilirlik de öncelikli olarak ele alınmalıdır.

Müzelerde iç mekân iklim denetiminin amaçları; müze binası ve koleksiyonlarının güvenle korunması, müzede görev yapan personel için uygun çalışma koşullarının ve ziyaretçilerin konforunun tesis edilmesidir. İklim denetiminin yöntemi ise, seçilen bir iklim sınıfı için sıcaklık ve bağıl nem seviyelerini izin verilen sınırlar arasında tutma çabasıdır. Bu bağlamda müze iç mekânları; ısıtma, soğutma, nemlendirme, nem alma, havalandırma ve hava temizleme işlemleri ile iklimlendirilmektedir. Söz konusu temel işlemler ayrıca farklı şekillerde birleştirilebilmektedir. Bu doğrultuda müzelerde "pasif" ve "aktif" iklim denetim stratejileri kullanılmaktadır. Aktif iklim denetim stratejileri "sınırlı" ve "kapsamlı" olmak üzere çeşitleniyorsa da bu stratejiler için kesin olarak tanımlayıcı bir ayrım bulunmamaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 227-237). Ancak müzeler sıklıkla bina ve koleksiyonun karmaşık gereksinimlerine uygun iklim koşullarını oluştururken, bu iki seçeneğin farklı kombinasyonlarını göz önünde bulundurmaktadır. Basitten karmaşığa pek çok uygulama seçeneği mevcuttur. Ankersmit (2009, 229); havalandırma, ısı dengesi, nem dengesi, dolaşım ve denetim seçeneklerine bağlı olarak değerlendirdiği 12 farklı iklimlendirme türünü aşağıdaki gibi tablolaştırmıştır (Tablo 4).

İklimlendirmenin birincil yolu uygun nitelikteki kapalı hacmin oluşturulmasıdır. Bu durum daha çok pasif iklimlendirme ile ilişkilendirilmektedir. Bina hacimlerinin bilinçli olarak tasarlanması ve uygun yapı malzemelerinin kullanımı, herhangi bir aktif denetim çabası olmaksızın iklimin zarar verici etkisini sınırlandırmaktadır. Aktif iklim denetim stratejisi ise; bina kabuğundaki pencere ve kapıların geçici olarak açılmasıyla gerçekleştirilen doğal havalandırmadan, kapsamlı iklimlendirme teknolojilerine kadar çok çeşitli uygulamaları içermektedir.

Tablo 4: İklim Denetim Türleri

Tür	Havalandırma		Isı Dengesi		Nem Dengesi		Dolaşım			Denetim		
	Doğal	Mekanik	Isıtma	Soğutma	Nemlendirme	Nem Giderme	Yok	Su	Hava	Termostat	Higrostat	Bina Yönetim Sistemi
1	X						X					
2	X		X					X		X		
3	X		X		X	X		X		X	X	
4	X		X					X			X	
5	X		X		X	X		X			X	
6		X	X					X	X	X		
7		X	X	X				X	X	X		
8		X	X	X				X	X	X		X
9		X	X		X	X		X	X	X	X	X
10		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
11		X	X		X	X		X	X	X	X	X
12		X	X	X	X	X			X	X	X	X

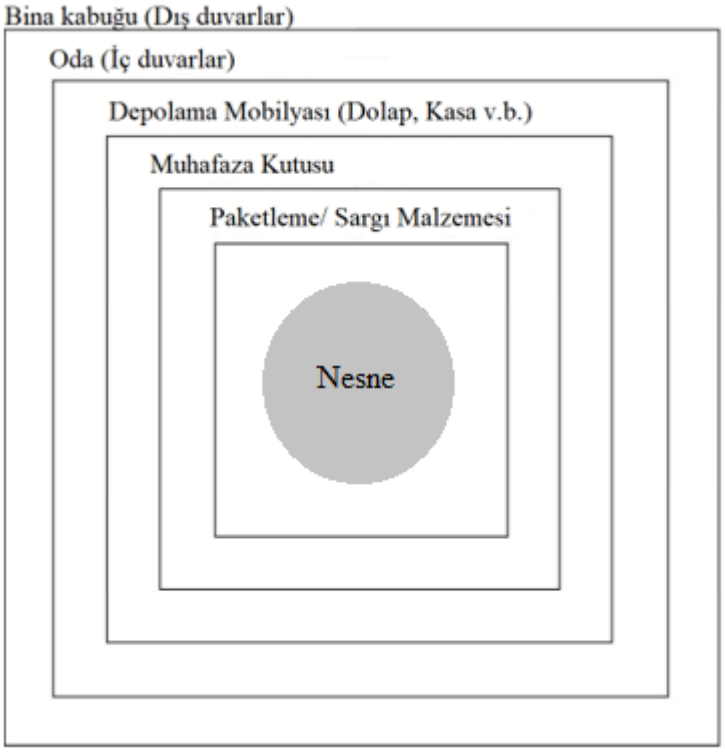
Ankersmit, Bart. 2009. **Klimaatwerk; Richtlijnen Voor Het Museale Binnenklimaat.** Amsterdam: Amsterdam University Press: 229.

5.3.1. Pasif İklim Denetimi

Dini yapılar ve müze olarak işlevlendirilen meskenler gibi birçok tarihi yapı aktif iklim denetimi olmadan yüzyıllardır kullanılmaktadır. Böyle yapılar; iklimlendirme sisteminin getireceği kurulum ve işletim maliyeti, kültürel değer kaybı kaygısı ve yapı fiziğinin el vermemesi gibi sebeplerden kaynaklı olarak aktif iklimlendirme sistemlerinden mahrumdur. Ancak yine de çevrenin zarar verici etkisini sınırlayan pasif uygulamalar içermektedir. Bu uygulamalar tarihi binaların pasif fonksiyonlarının anlaşılmasını ve etkili bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Böyle bir yaklaşım herhangi bir aktif iklim denetim sisteminin etkinliğini de artırmaktadır (Broström ve diğ., 2013, 105).

Pasif iklim denetimi, tarihi ve modern binaların daha çok arşiv ve depo odalarında tercih edilmektedir. Zira hava değişiminin sınırlı olduğu ve beşeri konfor hedeflerinin gözetilmediği böyle alanlar, yalnızca aşırı iklimsel dalgalanmaların pasif yollarla tamponlanabilmesi için uygun nitelik göstermektedir. Bununla birlikte ziyaretçilerin temiz hava gereksinimlerinin ve ısıl konforlarının gözetildiği, aynı zamanda yüksek hava döngüsünün hedeflendiği müze sergi salonları pasif iklim denetimi için elverişli değildir (Padfield ve diğ., 2007, 191-197). Pasif yöntemlerin yeterli olmadığı bu tür

alanlarda çok katmanlı depolama veya sergi hacimlerinin tasarlanması, iklimsel değerlerin bölgesel olarak sabit tutulmasını kolaylaştırmaktadır. Katmanlar ayrıca enerji verimliliğini de teşvik etmektedir. Amaca uygun inşa edilmiş yeni yapılar ise, seçilen bir ayar noktasında sıcaklık ve bağıl nem aralığını sabit tutmak üzere tasarlanmıştır. Havayı ısıtan, soğutan ve nemlendiren mekanik iklim sistemleri ile desteklenebilen ve etkili bir şekilde tamponlanan binalarda takip edilen temel adım; nesnelerin hassasiyetlerine göre sınıflandırılması ve "kutu içerisinde kutu" yaklaşımı ile muhafaza edilmesidir. Bu yaklaşım Şekil 10'da gösterildiği üzere çevrenin zarar verici etkilerinin aşamalı olarak yalıtılmasını içermektedir. Nesneleri, sıkıca kapatılabilen dolaplarda, sergi vitrinlerinde veya muhafaza kutularında saklamak, sıcaklık ve bağıl nem dalgalanmalarını sınırlandırmakta aynı zamanda da ışık hassasiyetine yönelik tedbirlerin alınmasını kolaylaştırmaktadır (National Park Sevice, 2016, 33-35).



Şekil 10: Kutu içinde kutu yaklaşımı

National Park Service. 2012. **Museum Collection Storage.** Washington:7:2

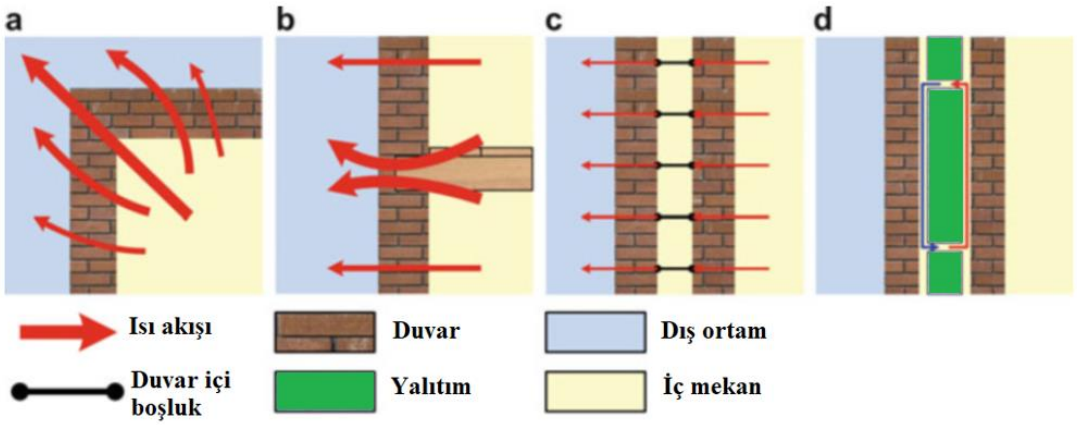
5.3.1.1. Yapının Sıcaklık ve Nem Performansı

Binalarda sıcaklığın ve nemin ıslah edilmesi pasif yöntemlerin temel hedefidir. Bu hedef doğrultusunda ve bağıl nem özelinde bir binanın etkinliği; nem tamponlama kapasitesine bağlı olarak değerlendirilmektedir. Bir binanın nem tamponlama kapasitesi; binanın yapım aşamasında göz önünde bulundurulan higrik kütleye (hygric mass) ve yapı kabuğunun etkin nem nüfuz etme derinliğine (effective moisture penetration depth) bağlıdır. Burada etkin derinlik, gerçekte duvarın tamponlama için kullanılan kalınlığının bir ölçüsü olup su buharı difüzyonuna ve belirli bir periyodik dalgalanmanın uzunluğuna bağlıdır. Higrik kütle ise bağıl nem dalgalanmalarının binanın nem performansı ile yatıştırılmasını derecelendiren bir ölçüttür. Binanın higroskopik kütlesinin çevredeki havadan nem emme veya bünyesindeki nemi tahliye etme yeteneği ne kadar büyükse, higrik kütle o kadar yüksek olur (Ankersmit, Stappers, 2017, 181- 182). Padfield, nem tutma ve salma kabiliyeti yüksek olan yani yüksek higrik kütleye sahip bina örneklerinde, hava değişim oranlarının saatte birden az olması kaydıyla, iç mekânın bağıl neminin kayda değer şekilde sabit tutulabileceğini savunmaktadır (Padfield, 1999, 83-87). Ancak yüksek higrik kütle nemin çok hızlı bir şekilde tutulduğu veya salındığı durumlarda işlevsiz bir tamponlamaya yol açmaktadır. Zira malzemenin tamponlama etkinliği sadece özgün higroskopik kapasitesine değil, aynı zamanda nem aktarımına gösterdiği dirence de bağlıdır. Etkin derinlik ise tamponlamada kullanılan duvarın kalınlığının bir ölçüsüdür. Etkin derinlik, malzemenin su buharı geçirgenliğine ve belirli bir periyodik dalgalanmanın uzunluğuna bağlıdır. İyi bir higrik tamponlama performansı için etkin derinliğin yüksek olması gerekmektedir. Pratikte karşılaşılan etkin derinlik ise çoğu zaman, teorik etkin derinlikten daha küçüktür. Geleneksel olarak kullanılan en iyi ve en yaygın nem tamponlama materyalleri kısa lif demetleri oluşturacak şekilde kesilmiş ahşap ve pişirilmemiş kil tuğlasıdır. Ancak bu malzemelerin de mekanik ve biyolojik hasar görme potansiyelleri gibi dezavantajları bulunmaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 181-182).

Büyük hacimli kâgir binalar genellikle yüksek ısıl kütle veya ısıl eylemsizliğe sahiptir. Bu durum ısı enerjisini depolayabildikleri anlamına gelmektedir. Isıl kütle, bina inşaatında kullanılan malzemenin yoğunluğu ve özgül ısı kapasitesine bağlıdır. Yüksek yoğunluk ve yüksek ısı kapasitesi, yüksek ısıl kütleyi işaret etmektedir ve düşük kış sıcaklıklarını takip eden yaz mevsimi boyunca iç mekânların serin kalmasını

açıklamaktadır. Bu sebeple ısıl kütle fayda sağlayan bir şekilde kullanılabilmektedir. Ancak yüksek ısıl kütleli binalar bile, ısıyı hızlı bir şekilde emen veya salan nitelikte olduklarında iyi bir tamponlama işlevi sunamamaktadır. Zira ısıl atalet, yalnızca yoğunluk ve ısı kapasitesine değil aynı zamanda ısı iletimine de bağlıdır. Bu noktada bir başka önemli tanım yine etkin derinliktir. Burada etkin derinlik; sıcaklığın verimli bir şekilde tamponlanabilmesi için gerekli duvar kalınlığının ölçüsüdür (Ankersmit, Stappers, 2017, 160). O halde ısıl tampon kapasitesi; ısıl kütle ve etkin derinliğin bir fonksiyonu olarak değerlendirilebilmektedir. Örneğin çok ince kalınlıktaki bir malzeme yeterli depolama kapasitesine sahip olmadığı için düşük ısıl tampon kapasitesi sunmaktadır. Bu yüzden pratikteki uygun derinlik, neredeyse her durumda teorik etkin derinlikten daha ince olmakta ve dolayısıyla mevsimsel dalgalanmalar, günlük dalgalanmalara oranla daha az oranda tamponlanmaktadır. Ancak mevsim boyu tamponlama için genel olarak duvar kalınlıkları yetersiz olmasına rağmen, kuzey yarımkürede çoğu kâgir bina hala mevsimsel iç mekân sıcaklık dalgalanmalarını azaltmak ve ısıtma ile soğutma ihtiyacını karşılamak için yeterli ısıl kütleye sahiptir (Ankersmit, Stappers, 2017, 160-162). Tropik bölgelerde ise sıcaklıklar genellikle gündüz ve gece boyunca ısıl konfor için oldukça yüksektir. Bu yüzden böyle coğrafi konumlardaki geleneksel binalar, düşük kütlede ve yüksek havalandırma imkânı ile tasarlanma eğilimindedir (Cairns Regional Council, 2011, 12).

Yüksek ısı transferine izin veren bina bölümleri ısıl köprüler olarak tanımlanmaktadır. Isıl köprüler bölgesel olarak yüksek ısı transferine izin verdiklerinden düşük sıcaklıktadır. Bu fenomen dış duvarlara yalıtım uygulanan kuzey yarım kürede oldukça yaygındır. Binalarda sık karşılaşılan ısıl köprüler Şekil 11'de gösterilmektedir. Binaların iç ve dış köşeleri geometrik ısıl köprülere örnektir ve genellikle yapı genelinden daha soğuk olurlar. Yapısal ısıl köprüler ise, bina kabuğunda yer alan ve enerjinin nüfuz ettiği ahşap kirişler ve beton kolonlar gibi elemanları içermektedir. Belirli bir düzende tekrar eden ve aralarında boşluk bırakılarak örülen duvar bileşenleri ile zemin kirişleri, sistematik ısıl köprüler olarak değerlendirilmektedir. Konvektif ısıl köprüler ise, hava akışı ve hava kaçaklarının gerçekleştiği ısıl kısayolları tanımlamaktadır. İklim denetiminde ısı transfer sürecinde ısıl köprülerin ayrıntılı olarak ele alınması, iklim denetiminin performansının iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Olsen, Radisch, 2002, 12-14).



Şekil 11: (a) Geometrik ısıl köprüler, (b) Yapısal ısıl köprüler, (c) Sistematik ısıl köprüler, (d) Konvektif ısıl köprüler

Ankersmit, Bart, Marc H. L. Stappers. 2017. **Managing Indoor Climate Risks in Museums.** Amsterdam: Springer International Publishing: 158

5.3.1.2. Yalıtım

Hafif konstrüksiyonlu tarihi endüstriyel binalarda imalat için gereken yüksek nem ihtiyacını karşılamak amacıyla iç mekânın nemlendirilmesi hedeflenmiştir. Ancak bu hedefle çiğ noktası sıcaklığının yükseltilmesi, söz konusu yapıların zayıf ısıl yalıtkanlar olan hafif duvarlarının soğuk iç yüzeylerinde yoğuşma sorununa yol açmıştır. Modern binalara yalıtımın eklenmesi bu sorunu aşmak için yapılan tadilatlar ile ortaya çıkmış ve o dönemde bugün olduğu gibi enerji tasarrufu amacı güdülmemiştir (Brown, Rose, 1997, s.y.). Barrett'in (1923), mantar ve çeşitli yün keçelerin yalıtım özelliklerini incelediği çalışması bu alanda gerçekleştirilen öncül araştırmalardandır. Çalışma kapsamında seçilen yapı türünün bu malzemeler kullanılarak yalıtılmış alanlarının yüzey sıcaklıkları ölçülmüş ve yüzeylerin çiğ noktası sıcaklığının yükseltilmesinde yalıtımın etkinliği değerlendirilmiştir. Ayrıca yalıtımın dış yüzeyinde yoğuşmayı önlemek adına doğru kalınlığa ulaşılması ve hava geçirmez niteliğin önemi vurgulanmıştır. Yalıtım yüzeyindeki çatlak veya derzlerden hava akımı gerçekleştiğinde, havanın taşıdığı nemin yüzeyde biriktiği kaydedilmiştir. Bu sebeple hava kaçaklarının olduğu iç mekânda yalıtım katmanının işlevsiz hale geleceği değerlendirilmiş ve verimsiz ısıtmaya yol açacağı savunulmuştur. Bunun önüne geçmek üzere meşe mantarı, hava geçirmez bir yalıtım imkânı sunduğu için amaca en uygun malzeme olarak önerilmiştir. Barrett, ayrıca yapı kabuğunda bulunan derz ve çatlakların uygun macunlar kullanılarak sızdırmaz hale getirilmesini tavsiye etmiştir. Bu sonuç günümüz yalıtım anlayışına çok yakındır zira hava hareketini nem

taşıma mekanizması olarak tanımlar ve hava hareketi ile taşınan suyun yoğuşmasını önlemeyi hedefler (Barrett, 1923, 6-19'dan aktaran Brown, Rose, 1997, s.y.).

Close ise, nem geçişini daha etkili şekilde engellediği için yalıtımın bina dışına uygulanmasını önermiştir. Tüm ticari yalıtım malzemelerinin az çok gözenekli olduğunu değerlendiren Close, yeterli yüzey koruması olmadığında nem yüklü havanın yalıtım içine nüfuz edeceğini savunmuştur. Burada nem hareketi, Barrett tarafından tarif edilen derzlerden ziyade yalıtım malzemesindeki gözeneklerden gerçekleşmektedir. Yapılan incelemelerde, yalıtımın boşluğun soğuk yüzeyinde yoğuşmayı önlediği görülmüştür. Nem birikimini önlemek için yalıtım verimliliğini azaltan yapısal nitelikteki malzemelerden kaçınılması önerilmiştir. Mevcut gözenekli malzemelerin uygun çözeltiler kullanılarak daha yalıtkan hale getirilmesi de bir başka seçenektir. Bu uygulamalar arasında bitümlü emülsiyonlar ve boyalar, çimento sıvaları ve çatı keçeleri bulunmaktadır. Çalışmaları sonucunda Close yalıtım katmanının iç mekân yüzeyinden mümkün olduğunca uzağa monte edilmesini tavsiye etmiştir (Close, 1930, 854'ten aktaran Brown, Rose, 1997, 12-24).

Nem bariyerlerinin yaygın olarak kullanılmasına yol açan bir diğer araştırma; Rowley'nin soğuk kış aylarında yeterli ısıl direnci sağlamak üzere tipik konut binalarının yalıtım ihtiyacını ele aldığı çalışmalardır. Deney, iklim kontrollü ve dışarıdan hava almayan bir odanın birbirinden ayrılmış iki yarısı arasında büyük bir buhar basıncı farkı oluşturulmasıyla hazırlanmıştır. Odanın bir tarafı dış ortam kış mevsimi koşullarını simüle etmek için düşük bir çiğ noktasında tutulmuş, diğer taraf ise ısıtma ve nemlendirme ile yüksek çiğ noktasına ulaştırılmıştır. Deney sırasında difüzyon dışındaki tüm nem taşıma mekanizmaları hariç tutulmuştur. Bulgular; 24 saatte bir test düzeneğinin metrekaresi başına biriken su miktarı cinsinden (g/m^2/gün) sunulmuş ve öngörülerle tamamen tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Asfalt buhar bariyerli duvar örneklerinin, bariyerli olmayanlardan daha az nem birikimine sahip olduğu görülmüştür (International Energy Agency, 1987, 4-15).

Yukarıda sözü edilen ve daha ziyade ABD'de gerçekleştirilen çalışmalardan farklı olarak Kanada'daki uygulamalar hava hareketini temel alan bir eksende ilerlemiştir. Kanada Ulusal Araştırma Konseyi'nden Neal Hutcheon, 1950 yılında Saskatchewan'daki Quonset kulübelerinde nem birikiminin, bir difüzyon modelinin açıklayabileceği miktarları aşan seviyelerde olduğunu ve hava hareketinin ana nem taşıma mekanizması olabileceğini değerlendirmiştir. Bu sebeple ABD nem denetimi

için buhar bariyerleri ile difüzyona odaklanırken, Kanada bina kabuğundaki hava hareketine yoğunlaşmıştır. 1979'a gelindiğinde ise ABD Orman Ürünleri Laboratuvarı hava konveksiyonu ile taşınan nem miktarının, difüzyonla taşınan nem miktarına oranla tipik olarak 100 kat daha fazla olabileceğini belirtmiştir. İlerleyen süreçten günümüze, nem transferi için buhar bariyerlerini içeren ve hava hareketini tüm boyutlarıyla ele alan birleşik çözümler üretilmiştir (Brown, Rose, 1997, s.y.). Tıpkı diğer endüstriyel binalarda olduğu gibi yeni müze binalarının tasarımında da yüksek yalıtım niteliği sunan malzemeler kullanılmış, bağıl nem dalgalanmalarına sebep olacak kontrolsüz hava hareketleri sınırlandırılmıştır.

5.3.1.3. Pasif Mikro İklimlendirme

Tüm iç mekân hacmini en hassas nesnenin korunabileceği dar aralıklı iklimsel koşullara ulaştırmaya çalışmak yerine, hassas nesnenin talep ettiği koşulları bölgesel olarak temin etmek verimli işletimlere imkân vermektedir. Sergilerde mikro iklimlendirme için kapalı hacim ihtiyacı, içindeki havayı pasif olarak koşullandırabilecek şekilde üretilmiş vitrinler ile karşılanabilmektedir. Bu anlamda vitrinler; temel işlevleri olan kültür varlıklarının fiziksel hasar riskini (örneğin hırsızlık, vandalizm) ve maruz kaldığı çevresel parametrelerin etkilerini (bağıl nem, hava sıcaklığı, toz, kirleticiler ve ışık) azaltmanın (BS EN 15999-1, 2014) yanı sıra, hassas nitelikte tek bir nesnenin ya da aynı iklim koşullarını talep eden birden fazla nesnenin birlikte sergilenmelerine olanak sağlamaktır (Brown, Rose, 1997, 12-24).

Pasif olarak koşullandırılmış vitrinler (ya da mikro iklimli saklama kutuları ve paketler) kapalı hacimdeki havayı tamponlayarak nesnelerin maruz kalacakları iklimsel dalgalanmaları hafifletmektedir. Böyle vitrinlerdeki iklim kalitesi, vitrin içindeki tamponlama malzemelerinin kapasitesine, iç mekân sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile vitrin içi hava değişim oranına bağlıdır. Düşük yalıtımlı vitrinlerin içindeki bağıl nem seviyeleri, çevredeki değişimlere kısa sürede tepki vermektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 224). Sızıntının iyi kontrol edildiği vitrinlerde ve yıl boyunca istenen bağıl nem seviyesine yakın olunan bir ortamda ise, pasif mikro iklim denetimi oldukça etkili bir yöntemdir. Fakat nem koşullarının sürekli olarak hedefin dışında olduğu ortamlar; tamponlama malzemesinin daha büyük miktarlarda kullanılması ve sık değiştirilmesi gibi daha sıkı denetimleri gerektirmektedir.

1970'lerde silika jel tamponlama için standart bir çözüm olarak değerlendirilmiş ve vitrinler silika jel yerleştirmek için özel tasarlanmış çekmecelerle birlikte üretilmiştir. Bununla birlikte iyi yalıtılmış bir mahfazanın, pasif bir tamponun verimini önemli ölçüde artırdığı ve dış hava kirleticilerinin nüfuzunu azalttığı tespit edilmiştir. Böylece vitrin imalatçıları daha sıkı şekilde kapatılmış, sızdırmaz vitrinler üretmeleri konusunda teşvik edilmiştir. Metal ve cam kasalardaki sızıntıları önlemek için etkili contalar kullanılmış veya parçalar silikon ile yapıştırılmıştır (Brown, Rose, 1997, 12-24). Ne var ki sızdırmazlık sağlamak üzere kullanılan bu malzemelerden açığa çıkan zararlı buharların yalıtımlı vitrinlerde bulunan koleksiyonlara yan etkilerinin fark edilmesi neticesinde malzeme seçiminde, salım yapmayan ve uzun süre kimyasal kararlılığı olan türler tercih edilmeye başlanmıştır.

Yeterli yalıtım seviyesini sağlayabilen kapalı vitrinler; tipik olarak günde 0,1 hava değişim oranına sahip olacak şekilde üretilmiştir. Sıradan sergi vitrinlerinin ise içerdikleri havayı günde bir tam sefere kadar değiştirebildiği görülmüştür. Bu sebeple vitrin içindeki bağıl nem, iç mekân bağıl nemimin durumuna bağlı olarak yavaşça artmış veya azalmıştır. Hava kaçağı miktarı günde bir hava değişim oranına eşit ise, vitrin içindeki bağıl nemin bir gün içinde iç mekânın bağıl nem seviyesine eşit olacağı değerlendirilmiştir. Ancak vitrin içinde higroskopik malzemenin varlığı, hava kaçağına bağlı bağıl nem dalgalanmasını tamponlamaya yardımcı olmuştur (Camuffo ve diğ., 2000, 65-77). Hava değişim oranının daha da yüksek olduğu ve neredeyse hiçbir yalıtım çözümünün uygulanmadığı vitrinlerin içindeki iklimin, mevcut iç mekân ikliminden çok daha yüksek hasar riski barındırabileceği değerlendirilmiştir (Ankersmit, Stappers, 2017, 224).

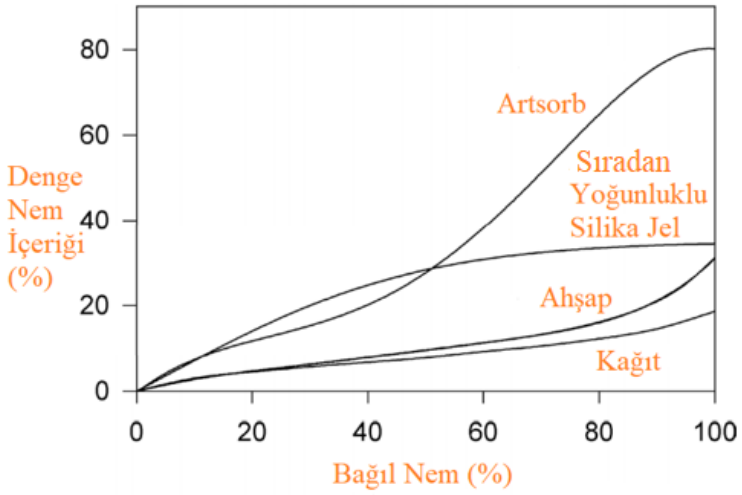
5.3.1.4. Tamponlama Malzemelerinin Kullanımı

Higroskopik nesnelerin kimyasal ve fiziksel durağanlığı açısından bağıl nem, sıcaklığa nazaran öncelikli endişe kaynağıdır. Etkili bir koruma yaklaşımının temeli, bağıl nem seviyelerini ve buna bağlı olarak çevreleriyle etkileşim halindeki nesnelerin denge nem içeriklerini sabit tutmaktır. Bu amaçla, ortamda aşırı bağıl nem mevcut olduğunda havadan bir miktar nem emerek ya da düşük bağıl nem söz konusu olduğunda bünyesinde tuttuğu nemin bir kısmını ortama vererek havayı optimum bağıl neme yaklaştıran hidrofilik[18] malzemeler kullanılmaktadır. Ahşap veya kâğıt gibi

[18] Hidrofilik: Suyu emebilen, su emici.

higroskopik malzemeler bağıl nem değişimini tamponlama yeteneğine sahiptir. Böyle bir etki, önemli miktarlarda kâğıt içermeleri nedeniyle, tarihi binalarda bulunan kütüphanelerde ve arşivlerde yapılan ölçümlerde yaygın olarak gözlemlenmektedir. Oda hacmine göre aşırı miktarda higroskopik malzemenin varlığı, sıcaklık yükseldiğinde dahi kapalı hacim içinde bağıl nemin artışını mümkün kılmaktadır. Zira artan sıcaklıkla birlikte higroskopik nesnelerin ihtiva ettikleri nemi çevreye salmalarıyla nem içerikleri azalmakta ve sonuç olarak, havanın mutlak nemi ve dolayısıyla bağıl nemi artmaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 221).

Tüm higroskopik malzemeler bir miktar tamponlama kapasitesi sunmasına rağmen müzelerde pamuk ve benzeri organik malzemeler yerine silika jel kullanılmaktadır. Bunun birincil nedeni, silika jelin organik maddelere kıyasla çok daha yüksek tamponlama verimliliğidir. Tamponlama verimliliği, bir malzemenin belirli bir bağıl nem aralığında kazanacağı veya kaybedeceği nem miktarının bir fonksiyonudur (Weintraub, 2002, 4). Şekil 12'de 20°C sıcaklıkta kâğıt, ahşap ve iki silika jel türünün tamponlama performansları, denge nem içeriği-bağıl nem izotermlerine bakılarak karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu grafikten anlaşılacağı üzere, kâğıt ve ahşabın denge nem içerikleri (yani nem tutma kapasiteleri) herhangi bir bağıl nem aralığı için silika jel türlerinden daha düşüktür. Silika jelin yüksek tamponlama verimliliğinin ikincil bir nedeni ise, belirli bir miktarda nem tutmak için organik malzemelere kıyasla çok daha az miktarlar gerektirmesidir (Richard, 2007, 238).



Şekil 12: Denge nem içeriği-Bağıl nem performans eğrileri

Richard, Mervin. 2007. The Benefits and disadvantages of Adding Silica Gel to Microclimate Packages for Panel Paintings. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen: Copenhagen: The National Museum of Denmark: 238

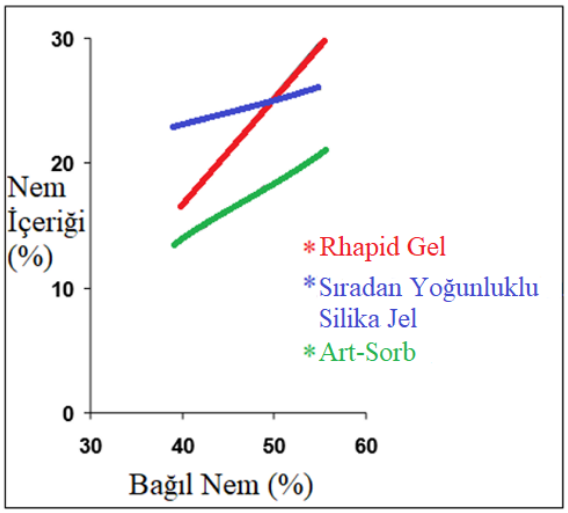
Silika jel tanecikli, camsı ve gözenekli yapıda amorf silisyum dioksittir. Güçlü hidrofilikliği nedeniyle çoğu endüstride nemin giderilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bazı kullanım alanları; atmosferik havanın kurutulması, aktif veya etkisiz (inert) gaz karışımlarının kurutulması, hidrojen sülfürün, yağ buharlarının ve alkollerin adsorpsiyonudur (Do, 1998, 21). Bununla birlikte, koleksiyonlara ve sağlığa zararsız, kimyasal saldırıya dirençli ve kullanışlı olmaları sebebiyle müzeler için de düşük maliyetli bir nem emici alternatifi sunmaktadır. Silika jel, su buharı geçirimi olan malzemelerden üretilmiş keseler (Tyvek gibi dokuma olmayan polietilen tabakalar veya ağartılmamış ve boyasız pamuklu dokumalar) içine yerleştirilerek kullanılabilmektedir. Ayrıca geniş tepsilere yayılarak vitrinlerin içinde pasif mikro iklim denetimi için kullanıldığı uygulamalar da mevcuttur.

Silika jel türleri, üreticilerine veya nem tutma kapasitelerine bağlı olarak çeşitlenmektedir. Bunların başlıcaları; sıradan yoğunluklu silika jel (regular density silica gel), Art-Sorb ve Rhapid Gel'dir. Sıradan yoğunluklu silika jel, en yaygın silika jel tipidir ve düşük bağıl nem aralığında yüksek nem tutma kapasitesi nedeniyle etkili bir kurutucudur. Piyasada renksiz ve nem soğurdukça rengi değişen belirteç katkılı çeşitleri bulunur. Ancak kobalt klorür[19] içeren belirteçli çeşitlerinin kullanımı 2005 yılından bu yana, çevre kirliliğine yol açmaları sebebiyle tavsiye edilmemektedir (Goldberg ve diğ., 2005, 1). Kuruyken turuncu, nem aldıkça yeşil renk alan, çevreye zararsız alüminyum silikat belirteç içeren silika jeller de mevcuttur. Fuji Silysia Chemical şirketinin üretimi olan Art-Sorb ise, daha çok müze uygulamalarında kullanılan ve nem çekici bir başka malzeme olan lityum klorür içermesi sebebiyle çözünür bir tuz bileşenine sahip olan tek silika jel çeşididir (Weintraub, 2002, 15-16). Bu nedenle metal koleksiyonları için Art-Sorb kullanımı önerilmemektedir zira metale tuz bulaşması halinde korozyon oluşumunu söz konusudur (Robinet, [28.04.2019]). Rhapid Gel de yine müze uygulamaları için özel olarak geliştirilmiş ancak sadece yaprak (sheet) formda üretilen silika jel türüdür (Weintraub, 2002, 15-16).

Silika jellerin nem tutma kapasitelerini ifade etmek için M_h değeri kullanılmaktadır. Bu değer; bağıl nemdeki her %1 değişim için 1 kilogram silika jel tarafından kazanılan veya kaybedilen su miktarını gram cinsinden ifade etmektedir. Yu, Klein ve Reindl

[19] Sık kullanılan bir nem belirteci olan kobalt klorür, silika jel kuruyken mavi, artan rutubete göre nem soğurdukça hidrasyona uğrayarak pembe renk alır. Böylelikle malzemenin kurutucu özelliğini yitirdiği anlaşılır. Bu durumda tekrar kurutmak gerekir. Kurutulduğunda dehidrasyon neticesinde rengi tekrar maviye döner.

(2001) yaptıkları çalışmada %40-55 bağıl nem aralığında bu üç silika jel türünün performansını incelemiştir. Buna göre, belirtilen bağıl nem aralığında deneysel olarak saptanan M_h değerleri; sıradan yoğunluklu silika jel için 2,0, Art-Sorb için 4,5 ve Rhapid Gel için 8,7'dir (Şekil 13).



Şekil 13: Silika jellerin tamponlama performansları

Weintraub, Steven. 2002. Demystifying Silica Gel. **Objects Specialty Group Postprints**. s. 9: 169-194.

Bu sonuçlara göre söz konusu bağıl nem aralığında Art-Sorb sıradan yoğunluklu silika jelin iki katından fazla, Rhapid Jel de Art-Sorb'un neredeyse iki katı kadar nem tutmaktadır (Şekil 13). Sıradan yoğunluklu silika jel, %45 bağıl nem seviyesinin altında çok iyi nem tutma (dolayısıyla kurutma) özelliğine sahiptir ancak daha yüksek bağıl nem aralığında performansı düşmektedir. Bu durum %45 bağıl nem seviyesinin altında sıradan yoğunluklu silika jelin çok etkili bir tampon olduğu, ancak %45-50 bağıl nem sınırının üzerinde etkinliğinin giderek azaldığı şeklinde yorumlanmaktadır. Art-Sorb ise %45 bağıl nem seviyesinin altında sıradan yoğunluklu silika jelden daha az ancak %60 bağıl nem seviyesinin üzerinde ise daha fazla tamponlama kapasitesine sahiptir. Tamponlama performansını geliştirmeye başladığı geçiş aralığı olan orta seviye performansı (%40-55 bağıl nem seviyeleri) diğer jeller ile benzerdir. Rhapid Gel, bu orta bağıl nem seviyesinde çok büyük tamponlama kapasitesine sahiptir, çünkü adsorpsiyon ve desorpsiyon kapasitesinin zirvesi bu bağıl nem bölgesinde merkezlenmiştir (Yu ve diğ., 2001, 14-19; Weintraub, 2002, 5).

Nem emilimi, adsorban yüzey ve su molekülleri arasındaki çekim gücüne, sıcaklığa, su buharı konsantrasyonuna ve adsorban yüzey alanına bağlıdır. Ancak su ile benzer

moleküler boyuttaki maddelerin gözeneklerde tutulabilmesi, gözenek boyutunun su buharı emiliminde önemli bir faktör olduğunu göstermektedir (Rouquerol ve diğ., 1998, 18-20).

Tüm silika jellerin nemi emme veya bırakma kabiliyeti açısından sonsuz bir ömrü vardır. Bu nedenle, silika jeller yeniden ıslah edilmeleri koşuluyla süresiz olarak kullanılabilmektedir (Weintraub, 2002, 6). Silika jeli kurutucu olarak kullanabilmek için (örneğin metal nesne paketlerinde) kurutmak ve bu işlemi periyodik olarak tekrarlamak gerekir. Kurutma işlemi, silika jel taneleri birkaç santimi aşmayacak kalınlıkta düz bir tepsiye serilip 105°C sıcaklıkta bir fırında 24 saat bekletilerek kolayca gerçekleştirilebilir (Uğuryol, 2012a, 110). Daha yüksek sıcaklıklarda (200°C'ye kadar) kurutma süresini kısaltmak mümkündür. Üretici tarafından onaylanması halinde kurutma işleminde mikrodalga fırınlar kullanılabilmektedir. Bununla birlikte Art-Sorb'un etkili bir şekilde yeniden kullanılabilmesi için 65°C'yi geçmeyen sıcaklıklarda kurutulması gerekmektedir aksi takdirde bazı boncukların (granüllerin) küçük parçalara ayrılma ihtimali söz konusudur.

Organik malzemeli koleksiyonların sergilendiği vitrinler, mahfazalar ve paketlerde bağıl nem dalgalanmalarını azaltmak amacıyla silika jelin kullanılması için, hedeflenen bağıl nem seviyesine göre koşullandırma işlemi yapılmaktadır. Bunun için kuru halde temin edilen silika jelin nemlendirilmesi gerekebilmektedir. Kullanılan silika jelin yapısı nemlendirilme yolunu belirlemektedir. Doğrudan sıvı suya daldırma işlemi hiçbir silika jel türü için uygun değildir. Su sisi şeklinde püskürtme işlemleri ise Art-Sorb hariç diğer silika jeller için sakıncalıdır. Su buharının yavaş emilmesi en güvenli yöntem olarak tanımlanmaktadır. Silika jelin koşullandırılması için kullanılan sayısal denklem aşağıdaki gibidir. Bu denklem 1 uyarınca müze uygulamalarında kullanılmak üzere istenen bağıl nem içeriğine sahip silika jeller elde edilebilmektedir (Tetrault, Begin, 2018, s.y.).

$$Q = \frac{C_{eq} D V N t}{M_H F} \quad (1)$$

Q: Kullanılacak silika jelin kuru ağırlığı (kg)

C_{eq}: Denge halindeki su buharının yoğunluğu (g/m^3)

(Sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Örneğin 20°C de C_{eq}= 17,3 g/m^3; 21°C'de C_{eq}= 18,3 g/m^3; 22,5°C'de C_{eq}= 20,0 g/m^3)

D: Mahfaza dışındaki havanın bağıl nemi ile mahfaza içinde hedeflenen bağıl nemin farkının ondalık gösterimi

V: Mahfazanın net hacmi (m^3)

N: Hava değişim oranı

t: Hedeflenen nem değerinin sabit tutulması istenen gün sayısı

M_H: Silika jel türünün nem tutma kapasitesi

F: Bağıl nemde sapma sınırları (Örneğin izin verilen aralık %±5 ise F = %10)

Örneğin 20°C sıcaklıkta denge halinde (C_{eq}= 17,3 g/m^3), %50 bağıl nem seviyesine sahip bir ortamda, % 70 bağıl nem seviyesine (D= 0,70-0,50 = 0,20) ±10% toleransla (sapma aralığı F= 10+10= 20) koşullandırılmak istenen ve nem tamponlama kapasitesi M_H = 3 g/kg olan silika jelin, hava değişim oranı günlük 1 (N = 1) olan 1 m^3 (V = 1 m^3) mahfaza içinde, 90 gün (t = 90 gün) süreyle bağıl nemin sabit tutulması için gerekli olan kuru miktarı 5,2 kilogramdır. Denkleme göre yapılan bu hesaplama aşağıda verilmiştir.

Q = (C_{eq} D V N t) / (M_H F) = (17,3 x 0,20 x 1x 1 x 90) / (3 x 20) = 5,2 kg

$$Q = \frac{C_{eq} D V N t}{M_H F} = \frac{C_{eq} D V N t}{M_H F}$$

Müzelerde silika jel dışında kullanılan diğer nem tamponlama malzemeleri moleküler tuzaklardır. Zeolitler veya aktif karbon filtreleri gibi yüksek yüzey alanına sahip mikro gözenekli malzemeleri içeren moleküler elek tuzakları, kimyasal karışımların filtrasyonu ve saflaştırılmasına yönelik olarak üretilmiştir. Zeolitler, polarite ve boyut özelliklerine bağlı olarak seçici moleküler yakalama niteliğine sahip kristalin alüminyum silikat yapılardır (Dyer, 1988, 5). Sabit ve eşit boyutlu porları (gözenekleri) büyük molekülleri tutacak ve küçük moleküllerin geçmesine izin verecek kadar hassas ölçülere sahiptir. Bu, molekül boyutu su için tanımlı porları olan türlerin kurutucu olarak kullanılmasının sebebidir. Sıkışan moleküller, fiziksel

(fizisorpsiyon) ve kimyasal (kemisorpsiyon) bağlar ile boşluklarda tutulmaktadır (Hollinger, 1994, 212-216). Zeolit tuzakların kristalin doğası aynı zamanda gaz haldeki zararlı kimyasal türlerin yakalanması için de uygun yapıyı sağlamaktadır. Böyle malzemelerin aktif karbon üzerindeki avantajı, belirli bir boyuta sahip kimyasal türleri hedefleyecek şekilde tasarlanabilmeleridir (Rempel, 1996, s.y.).

Aktif karbon, "grafit plakaları" olarak tanımlanan gözenekli ve kimyasal olarak durağan (etkisiz/inert) bir karbon allotropudur. Plakaların yapısı üzerinde bulunan boşluklar, sıkışan molekülleri tutmak için Van der Waals kuvvetlerini kullanan adsorpsiyon merkezleridir (Hollinger, 1994, 212-216). Hem aktif karbonun hem de zeolitlerin koleksiyonlara zarar veren kimyasal molekülleri yakalama kabiliyeti, önleyici korumada moleküler tuzakların kullanılmasını gerektirmiştir. Moleküler tuzakların adsorpsiyon nitelikleri de tıpkı silika jelllerde olduğu gibi geri dönüşümlüdür. Uygun ıslah işlemleri sonrası tekrar kullanılmalarına rağmen, çoğu zaman bu işlemler silika jelin koşullandırılmasından daha zorludur. Silika jeller 80°C gibi düşük sıcaklıklarda koşullandırılabilirken, aktif karbonun rejenerasyonu; yaklaşık 200°C ve nemli moleküler tuzakların kurutulmaları ise 550°C gibi yüksek sıcaklıkları talep etmektedir (Dry Technic, [12.04.2019]).

5.3.1.5. Depolama Çözümleri

Koleksiyonlar depoların kendine has çevresel koşullarından etkilenmekte, uygun olmayan sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin gözlendiği durumlarda mekanik, kimyasal ve biyolojik olarak bozulmaktadır. Pek çok müze depolama alanında nesneler, malzeme türünden ziyade tarihsel dönemlerine göre gruplandırılmaktadır (Shashoua, 2014, 13). Bu durum çoğu zaman eserlerin müzeye kabul ediliş dönemlerinin benzer olması ya da küratöryal olarak bir araya getirilmiş nesne gruplarının kolay tasnif edilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak müze nesnelerini oluşturan malzemeler genellikle çok katmanlı ya da karma yapıdadır. Dolayısıyla malzeme türüne yönelik bir depolama çözümü de farklı yapısal bileşenlerden oluşan karma nesneleri korumada yetersiz kalabilmektedir. Zira farklı bileşenler, aynı çevresel koşullara farklı tepkiler vermektedir. Bütüncül bir iklim denetim sistemi, nesnenin tümüyle bozulmasının önüne geçmek için çevresel koşulların yatıştırılmasını amaçlamaktadır. Hassas nesne grupları için ise, özel önlemler alınarak, gereksinim duydukları çevresel koşullar oluşturulmaktadır.

Depolama ortamında mahfazalar; koleksiyonun fiziksel organizasyonunu kolaylaştırmanın yanı sıra nesneler için kimyasal ve fiziksel olarak durağan bir ortam sağlamaktadır. Nesnelerle doğrudan ve uzun süreli temas halinde olduklarından belirli yeterlikleri sağlamaları gerekmektedir (National Park Service, 2002, s.y.). Kültür varlıklarının depolanması, taşınması ve teşhiri için kullanılan mahfazalar sadece aşındırıcı olmayan ve kirletmeyen malzemelerden seçilmelidir. Günümüzde çeşitli malzemelerin koleksiyonlara olumsuz etkilerini değerlendirmek üzere kullanılan hızlandırılmış korozyon testleri (örneğin Oddy Test [Oddy, 1975, 235-237]), mikrokimyasal testler ve ISO 16000 prosedürlerinden faydalanan BEMMA gibi ticari protokoller, konservatörlerin karar verme süreçlerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, GC-MS (gaz kromatografisi kütle spektrometresi) ile yapılan estrümental analizler kapsamlı, hızlı ve nicel sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Samide ve diğ., 2018, 2).

Ahşap malzemeler nem tamponlama niteliklerine rağmen, çevre ile sürekli olarak etkileşime girmeleri sebebiyle müze mobilyası olarak kullanıma uygun değildir. Zira hava sıcaklığı, bağıl nem, morötesi ışınımlar, mikrodalga, farklı pH değerleri, kimyasal maddeler, mantarlar, bakteriler ve böcekler ahşabın bozulmasına yol açmaktadır. Bozulma kimi zaman oksitlenmeyle, kimi zaman indirgen ve serbest radikallerle tepkime sonucu gerçekleşmektedir (Bucur, 2016, 737-791). Bunun yanı sıra, ahşaptan açığa çıkan toplam uçucu organik bileşik miktarı ile bu bileşiklerin özellikleri de dikkate alınmalıdır. Oikawa ve arkadaşları (2015), hinokitiol ve asetik asit açısından zengin batı kırmızı sedir ve ladin ağaçlarından üretilmiş müze malzemeleri üzerine yaptıkları çalışmada; bu malzemelerin, belirledikleri yedi boyarmadde ile bir grup bakır ve gümüş nesne üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Nem kontrolündeki üstünlüklerine rağmen bu tür malzemelerin kullanılmasının sakıncalı olduğunu sonucuna varmıştır (Oikawa ve diğ., 2015, 363-369).

Uçucu organik bileşenleri içeren ahşapların kullanımının tek seçenek olduğu durumlarda, yüzeylerine koruyucu bir katmanın, sergileme ya da depolamadan günler öncesinde uygulanması tavsiye edilmektedir. Bu işlem ile sağlanan yalıtım neticesinde ahşabın gözenekleri kapanarak tamponlama özelliği ve uçucu organik bileşik salım nitelikleri ortadan kaldırılmaktadır.

5.3.2. Aktif İklim Denetimi

19. yüzyılın ortalarında; ısıtma, aydınlatma ve diğer ihtiyaçlar için kömür ve kömürden elde edilen hava gazının yakılmasının neden olduğu kirliliğin Londra kütüphanelerindeki deri ciltlere ve National Gallery'deki resimlere zarar verdiğinin anlaşılması; iç mekânlarda hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik olarak havalandırmanın artırılmasını teşvik etmiştir (Shiner, 2007, 267; Hackney, 2007, 229). Binaların havalandırılmalarına dair çalışmalar devam etse de nem seviyelerinin denetimi için büyük ölçekli mekanik çözümler ancak 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Daha küçük ölçekli aktif mikro iklim çözümlerinin tasarlanması ise daha yakın bir geçmişte mümkün olmuştur.

Doğal havalandırma bazı müzeler için tek başına bir seçenek olmasına rağmen ısıl konfor hedefleri ya da koleksiyon gereksinimlerinin karşılanması amacıyla bir iklimlendirme mekanizmasının dâhil edildiği yöntemler de sıkça kullanmaktadır. Böyle durumlarda ısıtıcı olarak genellikle termostatlı radyatörler ya da konvektörler tercih edilmektedir. Taşınabilir nemlendiricilerin ve nem alıcıların eklendiği, temiz hava temininin sağlandığı, uygun sıcaklığın ve nem dengesinin gözetildiği daha kapsamlı iklim denetim stratejileri de mevcuttur. Dahası tek bir kanaldan tüm iç mekânın sıcaklık, bağıl nem ve temiz hava ihtiyacının karşılandığı HVAC sistemleri de özellikle büyük çaplı müze yapılarında kullanılmaktadır. Ancak iç mekânda hedeflenen iklimsel koşullar hassaslaştıkça, iklimlendirme sistemlerinin büyüklüğü, karmaşıklığı ve maliyeti de artmaktadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 227-228). Belirli bir iklim denetim sınıfına ulaşma veya bunu sürdürme başarısı kullanılan iklim denetim yöntemine doğrudan bağlı olmakla birlikte, bina kabuğunun yeterlilikleri ile de orantılıdır.

Bir binada yapısal ve teknik düzenlemelerin gerçekleştirilmesi ve bir iklim denetim yönteminin uygulanması, koleksiyonlarla ilgili iklimsel riskleri tümüyle ortadan kaldırmamaktadır. Zira pek çok yöntem kısa süreli dalgalanmaları yatıştırma konusunda oldukça elverişli iken, mevsimsel değişimlerin tamamen önlenmesinde yetersizdir. Bununla birlikte HVAC sistemlerinin yedek iklim denetim mekanizmaları ile desteklenmediği durumlarda ve tesisatta mekanik veya elektronik bir arıza oluştuğunda, iç mekân iklimi dış hava koşullarına bağlı olarak ani ve aşırı değişimler gösterebilmektedir. Bu da koleksiyonlar ve müze binaları için daha büyük risklerin oluşumuna yol açmaktadır (D'Hont ve diğ., 2018, 8). Bu yüzden müzelerde

kullanılacak iklim denetim yönteminin seçimi kadar, kurulum ve işletim süreçleri de hassasiyetle ele alınmalıdır.

5.3.2.1. Sınırlı İklim Denetimi

Müzelerde sınırlı iklim denetim stratejileri, taşınabilir düzenlemeler kullanarak iç mekân koşullarını geliştirmeye çalışan uygulamaları kapsamaktadır. HVAC sistemlerini barındırmayan müze binaları veya barındırması koruma açısından sakıncalı olan müze işlevi verilmiş tarihi yapılarda; taşınabilir nemlendiricilerin, nem gidericilerin, ısıtıcıların ve klimaların kullanılması önerilmektedir. Bu yaklaşım, yeni bir HVAC sistemi kurmaktan daha düşük maliyetli ve yapıya asgari müdahale gerektirmesi ya da hiç gerektirmemesinden ötürü özellikle tarihi binalar için daha zararsızdır. Taşınabilir donanımlar ayrıca bir binada farklı iklim bölgeleri oluşturmak için de kullanılabilmektedir (National Park Sevice, 2016, 35).

Taşınabilir nemlendiriciler, nem ihtiyacının karşılanmasında yaygın olarak kullanılan düşük maliyetli ve kurulum kolaylığına sahip seçeneklerdir. Böyle sistemlerde su temini, taşma korumalı bir su borusu devresi ile veya tipik olarak bir dâhili rezervuarın manuel olarak doldurulması yoluyla sağlanmaktadır. Taşınabilir nemlendiriciler; adyabatik nemlendiriciler ve izotermal nemlendiriciler olmak üzere iki sınıfta değerlendirilmektedir. Adyabatik nemlendiriciler; iç mekân ile aynı sıcaklıkta bulundurulan bir su haznesi kullanılarak, yerleştirildiği ortamda ısıl değişime sebep olacak şekilde nem sağlayan kurulumlardır. Zira sıvı suyun buharlaşması çevreden ısı transferi gerektirdiğinden sıcaklıkta düşüşe sebep olmaktadır. Adyabatik nemlendiriciler; evaporatif ve ultrasonik olmak üzere iki alt birime ayrılmaktadır. Evaporatif nemlendiricilerde ılık havanın ıslatılmış bir filtreden geçirilerek nemlendirilmesi söz konusudur. Ultrasonik yöntemde ise su moleküllerinin belirli bir frekansta titreştirilmesi yoluyla ortama nem sağlanmaktadır. Bu yöntemde, su molekülleri arasındaki fiziksel bağların kırılması sonucu gerçekleşen faz değişimi (sıvı fazdan gaz faza geçiş) ile mikron mertebesinde çapa sahip damlacıklardan oluşan su sisinin servis edilmesi amaçlanmaktadır. İhtiyaç duyulan nem miktarını sağlarken ortam sıcaklığında herhangi bir değişime sebep olmayan sistemler ise izotermal nemlendiriciler olarak tanımlanmaktadır. Her sistemin avantajları ve dezavantajları vardır. Örneğin izotermal nemlendiricilerin işletimleri, daha fazla enerji tüketimine yol açmaları sebebiyle ultrasonik veya evaporatif nemlendiricilerden daha maliyetlidir.

Yaklaşık 8 µS iletkenliğe sahip demineralize su gerektiren ultrasonik sistemler ise, bir dizi yarı geçirgen filtre barındırdıklarından, arızalandıklarında diğer seçeneklerden daha yüksek bakım maliyetlerine yol açmaktadır.

Taşınabilir nemlendiriciler kendi içlerinde bulunan veya nemlendirilen ortamın herhangi bir yerine monte edilmiş higrostatlar[20] tarafından kontrol edilmektedir. Verimli bir nemlendirme için higrostatların düzenli olarak kalibre edilmesi ayrıca filtrelerin periyodik olarak temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 232).

Nemli iklim bölgeleri bağıl nemin yıl boyunca ortalamanın üzerinde olduğu yerlerdir. Böyle çevrelerde bulunan müzelerde iklim denetiminin gerçekleştirilmesi, iç mekânlarda bağıl nem seviyesinin düşürülmesi ile mümkün olmaktadır. Sabit sıcaklıkta bağıl nemi azaltmak üzere kapsamlı iklim denetim stratejilerinin kullanılmadığı müzelerde taşınabilir nem alma (nem giderme/hava kurutma) üniteleri tercih edilmektedir. Böyle üniteler; yoğunlaştırma ve kurutma prensipleri üzerinden tanımlı iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Yoğunlaştırıcı tipte nem alıcılar; havadaki mevcut fazla nemin küçük bir fan ile soğutulmuş bir bobin üzerinde yoğunlaştırıldığı sistemlerdir. Bobinin sıcaklığının, havanın çiğ noktası sıcaklığından düşük tutulması, havanın temas ettiği alanlarda su buharında faz değişimine (yoğuşmaya) yol açmaktadır. Söz konusu üniteler; genellikle %45'lik bağıl nem seviyesinin üstündeki nemli ve sıcak koşullarda en iyi performansı göstermektedir. Ancak nemli fakat daha serin iç mekân iklimlerinde verimleri düşmektedir. Yoğunlaştırılmış nem (sıvı su), otomatik olarak bir hortum ile tahliye edilmekte veya ünitenin tabanında bir hazne içinde biriktirilip manuel olarak boşaltılmaktadır. Kurutucu tipte nem alıcılar ise içerdikleri özel nem emici bileşenlere hava akışının yönlendirildiği üniteleri tanımlamaktadır. Nem emilim kapasitesi aşılmış kurutucu maddeler tipik olarak ısıtılarak tekrar tekrar kullanılabilmektedir. Günümüzde yoğunlaştırıcı ve kurutucu tipleri birleştiren melez üniteler de mevcuttur (Ankersmit, Stappers, 2017, 233).

Nem alıcıları bağıl nemdeki hafif dalgalanmaları önlemek üzere sürekli kullanmak ya da nem seviyesindeki ani ve aşırı değişimleri yatıştırmak için kısa süreli çalıştırmak mümkündür. Ancak mevcut havanın neden nemli olduğunun anlaşılması ve nemin kaynağının tespit edilmesi böyle ünitelerin etkili performans ile işletilmeleri için

[20] Higrostat (Humidistat): Ayarlanan bağıl nem bandının altında veya üstünde sistemi devre dışı bırakan ya da çalıştıran cihaz.

önemlidir. Bununla birlikte taşınabilir nem alıcılar ve nemlendiricilerin kullanılması halinde iyi hava dolaşımı sağlandığından emin olunmalıdır. Hatta dolaşımın fan kullanımları ile desteklenmesi gerekebilmektedir. Ünitelerin kapasitelerinin tayin edilmesi; alanın büyüklüğünün, hava değişim oranın, binanın içi ile dışı arasındaki iklimsel farkların ve alanı kullanan kişi sayısının doğru şekilde değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmektedir (National Park Service, 2016, 36). Bununla birlikte, kullanılacak nemlendirme veya nem alma cihazlarının higrostat kontrollü olması şarttır. Aksi halde havanın kontrolsüzce nemlendirilmesi veya kurutulması, bağıl nemi güvenli sınırlar dışına çıkartarak koleksiyonlar için risk oluşturabilmektedir. Mekânların yalıtımlı olması, bu cihazların daha az enerji tüketerek verimli çalışmasına olanak vermektedir (Uğuryol, 2012a, 97-114).

Sıcak iklimlerde ısıl konforun sağlanabilmesi için iç mekânların aktif olarak soğutulması gerekebilmektedir. Soğutma; tipik olarak özel bir soğutucu bileşenin, bir döngü içerisinde birbirini takip eden periyotlarda buharlaştırılması ve yoğunlaştırılmasını temel almaktadır. Böylece buharlaşma aşamasında çevreden ısı alınmakta ve yoğunlaşma aşamasında çevreye ısı verilmektedir. Bu bağlamda "Split klima" olarak adlandırılan duvar tipi klimalar birbirinden ayrılmış iki üniteden oluşmaktadır. Buharlaşmanın yani sıvı soğutucunun gaz faza geçtiği süreç, iç mekân duvarına monte edilmiş ünitede gerçekleşmekte ve bu yolla iç mekâna soğuk hava temin edilmektedir. Yoğunlaşmanın gerçekleştiği ve sıcak havanın tahliye edildiği ünite ise dış mekânda konumlandırılmaktadır. Split klimalar ayrıca soğutucunun döngü içerisinde hareket etmesini sağlayan bir kompresör bileşenini içermektedir. Duvar tipi dışında "taşınabilir" ve "salon tipi klimalar" da mevcuttur. Temel olarak aynı prensipte çalışmalarına rağmen, taşınabilir klimalar hava tahliyesini kontrol eden bir boru devresiyle dış mekâna bağlanmaktadır. Salon tipi klimalar ise soğutulacak hacmin daha büyük olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Daha da büyük hacimlerin iklimlendirilmesinde ise HVAC sistemleri kullanılmaktadır.

Doğal havalandırma yoluyla düşük enerji sarfiyatlı soğutma uygulamaları müze yapıları için önerilmemektedir. Zira dış ortam havası neredeyse her zaman istenen iç mekân koşullarından farklı bir sıcaklık ve bağıl neme sahiptir. Ayrıca havalandırma sırasındaki serbestlik iç mekânlarda dış kaynaklı toz ve gaz kirliliğine neden olabilmektedir. Özellikle nadide koleksiyonlara ait hassas nesnelerin bulunduğu alanlarda doğal havalandırma tek seçenekse, gaz ve partikül haldeki kirleticileri

kontrol etmek için ek önlemler alınmalıdır (Rhyl-Svedsen, Clausen, 2009, 36). Sanayi bölgelerinde dikkate alınması gereken gaz haldeki dış kaynaklı temel zararlı bileşikler, Bölüm 2.2'de belirtildiği gibi, özellikle kükürt dioksit ve azot oksitlerdir. Bu ve diğer kirletici gazlar aktif karbon moleküler filtreler ile uzaklaştırılabilmektedir. Bununla birlikte kullanılacak adsorban malzemenin seçimi filtrelenmesi hedeflenen gaza bağlıdır. Gaz filtreleme hem temin, hem de bakım açısından oldukça maliyetlidir. Dolayısıyla daha çok depolama alanları ve arşivler gibi sınırlı havalandırma ihtiyacı olan ve beşeri hareketliliğin kısıtlı olduğu alanlarda tercih edilmektedir (Di Pietro ve diğ., 2016, 245). Havayı partiküllerden arındırmak için ise yüksek verimle partikülleri süzebilen HEPA filtreler kullanılmaktadır.

5.3.2.2. Higrostatik Isıtma

İklim referanslarının oluşmaya başladığı erken uygulamalardan bu yana sıcaklığa yönelik yaklaşımlar, bağıl neme ilişkin tasavvurlardan daha az tartışmalı olmuştur. Bu durum, müze ziyaretçilerinin konfor gereksinimlerinin karşılanabilmesi için sıcaklık hedeflerinin net olarak tanımlanmasının ve koleksiyonları oluşturan malzemelerin çoğunun en azından mekanik bozulma bakımından sıcaklık değişimine bağıl nem değişiminden daha az hassas olmasının sonucudur. Bu nedenle ısıl konforun birincil öncelik olmadığı durumlarda, termostatik ısıtıcıların yerine higrostatik ısıtıcıların kullanılması önerilmiştir (Schellen, Neuhaus, 2010, 21).

Higrostatik ısıtıcılar; sıcaklığı ayarlayarak, bağıl nemi kontrol eden ya da sabit bir aralıkta tutan ısıtıcılar olarak tanımlanmaktadır. Higrostatik ısıtma prensibi çoğu zaman nesnelerin korunması için faydalı bir teknik olduğundan "Korumaya Yönelik Isıtma" (Conservation Heating) olarak da isimlendirilmektedir. Korumaya yönelik ısıtmanın en basit uygulanışı, radyatör gibi bir elektrikli ısıtıcıya bir higrostatın bağlanmasıdır. Bu özel yaklaşım sınırlı bir uygulama alanına sahiptir zira genellikle ısıl konfor seviyesinden belirgin olarak farklı sıcaklıklara yol açmaktadır. Örneğin yaz mevsiminde yüksek bağıl nem içeriğini düşürmek için zaten sıcak olan iç mekânların ısıtılması ya da kış mevsiminde düşük olan bağıl nemi artırmak için ısıtma ünitelerinin kapatılması gibi uygulamaları içermektedir. Dolayısıyla bu tür çevresel denetim sistemlerinin kullanımı yalnızca nadiren erişilen ve hassas nesneler barındırmayan alanlarda tercih edilmektedir. Çeşitli mevsimlerde kapalı olan veya sınırlı kullanıma

sahip müzeler ve tarihi binalar için ise verimli bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Blades, Rice, 2010, 13-19).

Higrostatik ısıtma yöntemi ilk olarak Kanada'da önerilmiştir ve bugün National Trust'a[21] bağlı müze yapılarında kullanılan ana bağıl nem denetim yoludur. Yapı içinde donma hasarının oluşmaması için kış aylarında iç mekân sıcaklığının 5°C'nin altına inmemesine özen gösterilmektedir. Bununla birlikte yaz aylarında ısıtma açıktır, ancak enerji tasarrufu sebebiyle azami sıcaklık değeri 22°C'ye ayarlanmaktadır. Çoğu zaman, bağıl nemin düşürülmesi için gereken 5°C'lik sıcaklık artışını solar kazanım karşılamaktadır. Hem sıcak hem de nemli günlerde ise kısa süreli olarak bağımsız klima ünitelerinin kullanımı söz konusudur. Böylece sıcaklığı ve bağıl nemi aynı anda azaltmak mümkün olabilmektedir. Higrostatik ısıtma uygulamaları; merkezi bir bilgisayarın odalardaki sıcaklık ve nem sensörlerine, su dolaşımlı ısıtma sistemlerindeki vanalara ve elektrikli ısıtıcılara komut verebilecek şekilde programlandığı kurulumları içermektedir. Ayrıca acil durumları bildirmek üzere alarm devrelerinin dâhil edildiği bu uygulamalar, çevresel koşullardaki aşırılıkları yatıştırmalarına rağmen dalgalanmalara engel olamamaktadır (Staniforth, 2007a, 8-10).

Bu sistemlerin başarımı dış iklime ve konfor sınırlamalarına bağlı olarak değişebileceğinden hassas koleksiyonlar için istenen değerleri sürekli sağlamaları güçtür. Örneğin kâgir binaların depo olarak yararlanılan serin ve rutubetli bodrum katlarında başarıyla kullanılabilirler fakat çok sıcak ve çok rutubetli iklimler için nem alıcı ve klima gibi cihazlarla takviye edilmeleri gerekmektedir (Uğuryol, 2012a, 108). Uygunlukları yıllık iklim izlemesi, verimlilikleri ise binanın farklı odalarına kurulabilen termostat ve higrostat kontrollü basit deney düzenekleri ile önceden sınanabilmektedir (detaylı bilgi ve örnek uygulamalar için bakınız Staniforth, Hayes, Bullock, 1994, 123-128; Maekawa, Toledo, 2001a, 1-17; Maekawa, Toledo, 2001b, 1-7; Neuhaus, Schellen, 2007, s.y.).

5.3.2.3. Aktif Mikro İklimlendirme

Aktif olarak koşullandırılan vitrinler, sıcaklık ve bağıl nem konusundaki ihtiyaçları karşılamak üzere mekanik cihazların kullanımını gerektirmektedir. Erken döneme

[21] NationalTrust: Tam adı National Trust for Places of Historic Interest or Natural Beauty olan; İngiltere, Galler ve Kuzey İrlanda'da kültürel mirasın korunmasına yönelik çalışan bir yardım ve üyelik organizasyonudur.

tarihlenen bir aktif mikro iklim mahfazası kullanımı 1938'de Boston Güzel Sanatlar Müzesi'nde gerçekleşmiştir. Bir Mısır büstünün ortam koşullarından daha kuru seviyeleri gerektirmesi sebebiyle, Bill Young tarafından mekanik nem kontrollü ve iyi yalıtımlı bir vitrin tasarlanmıştır. Resim 20'de gösterilen vitrin, pasif tampon olarak kullanılan kalsiyum klorüre, hava akışını yönlendirmek üzere motorlu bir mekanizmayı içermiştir. Hava, manuel olarak kontrol edilen bir elektrikli pompa tarafından çekilerek bir kalsiyum klorür yatağından geçirilmiş ve büstün bulunduğu vitrinin camekânlı üst kısmına servis edilmeden önce neminin çoğundan arındırılmıştır. Nem alma cihazının tamamı camekânlı kısmın altındaki kaideye gizlenerek estetik kaygılar karşılanmıştır (Brown, Rose, 1997, 12-24).



Resim 20: Aktif nem denetimli vitrin örneği

Shiner, Jerry. 2007. Trends in Microclimate Control of Museum Display Cases. **Contributions To The Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen: Copenhagen: The National Museum of Denmark: 269

Mikro iklimlendirmede verimi artırmak için kullanılan yüksek sızdırmaz nitelikteki vitrinlerde tespit edilen olağandışı kokular üzerine gerçekleştirilen testler, vitrin imalatında kullanılan malzemeler tarafından üretilen kirleticilerin en az dışarıdan sızanlar kadar tehlikeli olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Seksenlerin ortalarında New York Metropolitan Müzesi, filtrelenmiş havayı vitrinlere servis etmeden önce basit kirlilik denetim üniteleri kullanmıştır (Shiner, 2007, 270). Aktif mikro iklim denetim makinelerinin evrimi, çeşitli pompa destekli ünitelerin kullanımı ile hızlanmıştır. Örneğin British Museum, tek bir nesneyi uygun koşullarda koruyabilmek için kombine

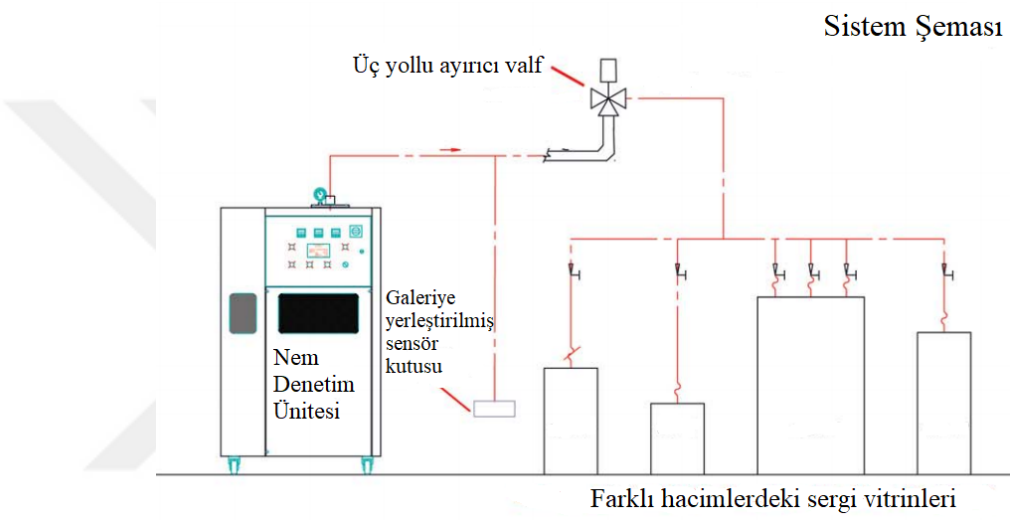
bir nemlendirici ve nem gidericiyi vitrinlerine başarıyla eklemiştir. Mikro ortamın mekanik kontrolü, iç mekânın bağıl nemine bakılmaksızın, vitrin içinde optimum koşulların elde edilmesine imkan tanımış ve HVAC maliyetlerinde potansiyel tasarruf için de etkili uygulamaları doğurmuştur. Zira çoğu HVAC sistemi için işletme maliyetinin en büyük kısmının nem kontrolünden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Shiner, 2007, 272).

1978'de Kanada'da bulunan Royal Ontario Müzesi'nin koruma departmanının, mikro iklim kontrolü için bağımsız mekanik çözümlerin sağlanmasına yönelik talebi üzerine, 1984 yılında Mikro İklim Üretecinin (Micro-Climate Generator) ilk modelleri üretilmiştir. Soğutma sağlamak için kompresörler yerine elektronik soğutma hücrelerini kullanan bu üniteler, HVAC sistemlerine ve hatta konut modellerine kıyasla çok daha küçük boyutlarda tasarlanmıştır. Mikro İklim Üreteci, istenilen hedef nem seviyesinde sabit bir hava akışını vitrine servis ederek, mevcut havanın sürekli olarak değiştirilmesi yaklaşımını temel almıştır. Servis havası, genellikle mahfazanın sızıntı oranından daha büyük bir hızda verilmiştir. Böylece mahfaza içinde tek bir hedef sıcaklıkta nem seviyesinin aşırı yükselme veya ani artış olmadan sabitlenmesi mümkün olmuştur (Shiner, 2007, 272).

Kanada Koruma Enstitüsü'nden (CCI) Stephan Michalski, 1982'de koşullandırılmış havanın tek yönlü pozitif basınç akışıyla servis edildiği "Ottawa Machine" adı verilen cihazı oluşturan planlar yayımlamıştır. Diğer birçok ünitede olduğu gibi "Ottawa Machine" de uygun nem seviyelerini oluşturmak için kurutma ve nemlendirme modları arasında geçiş yapan bir sistemi kullanmıştır. Ancak havayı soğuk bir yüzeyde yoğunlaştırarak kurutmak yerine, yeni bir silika jel konfigürasyonu içeren ticari bir kurutucu çarkı kullanmıştır. Tamponlu denetleme sistemi, on yıldan uzun bir süre sonra CCI tarafından sunulan geliştirilmiş bir tasarımla tekrar üretilmiştir (Michalski, 1982, 28-31).

1994 yılında Microclimate Technologies, Sabit Hacim Üreteci (Constant Volume Generator, CVG) olarak adlandırılan çevre denetim ünitesi serisinin ilkini piyasaya sürmüştür. Bu ünitelerde, ayrı nemlendirici ve nem alma modüllerini birleştiren sistemlerin aksine, sabit bir nem çıkışı sağlamak için aynı yaklaşımı hedefleyen minyatür ünitelere sahip tek bir mekanizma kullanılmıştır. Üniteler güçlü püskürtücüler içerdiğinden galerilerden uzak alanlara yerleştirilebilmiştir. Bu pozitif basınçlı hava dağıtım sistemleri birçok vitrini günde dörtten fazla hava değişim

oranlarında besleyebilmiştir. Microclimate Technologies'in CVG birimi, çok sayıda ticari kurumdan gelen sürekli geri bildirimlere dayanarak hızla gelişmiştir. Şekil 14'te şematik olarak gösterilen yeni nesil MCG 30 ünitesi, hava dağıtım sisteminde pek çok noktada tespit yapan ve gerektiğinde valfleri kapatan bütünleşik düzenekler ile donatılmıştır. Daha iyi filtreleme, iyileştirilmiş sensör sistemleri gibi yeniliklere sahip güncel versiyonlar etkili ve güvenilir üniteleri içermiştir. Mikro iklim jeneratörlerinin kullanımı yıllar içinde vitrin içi iklimsel denetim için etkili bir yöntem olarak değerlendirilmiştir. Ancak özellikle soğutma işlemi sırasındaki işletim maliyetleri gibi sebeplerle çok azı ticari olarak yaygınlık kazanmıştır (Shiner, 2007, 274).



Şekil 14: Farklı sergi vitrinlerine dağıtım yapan mikro iklim üreteci

Museum Climate Control. [24.10.2019]. Constant Volume Humidity Generator. Model- MCG 30. http://www.lukko.com.tr/docs/MCG30.pdf

Müzelerde mevcut mikro iklim denetim yöntemlerine alternatif bir yaklaşım, düşük oksijen içeriğine sahip uygulamalar olmuştur. 1980'lerin başında korumaya yönelik çalışan bilim insanları, gıda endüstrisi için geliştirilen oksijen emiciler ve etkisiz (inert) gaz sistemlerini depolama ortamlarından oksijeni uzaklaştırmak üzere kullanmayı önermiştir (Selwitz, Maekawa, 1998, s.y.). Özellikle böceklerin sağlığa, çevreye ve koleksiyonlara zararlı kimyasallar kullanılmadan öldürülmesi gibi belirgin kullanım avantajlarının yanı sıra oksijene duyarlı malzemelerin depolanması için de elverişli yöntemler olarak değerlendirilmiştir. Müze nesnelerinin oksijensiz ortamlarda sergilenmesi ve depolanması hala karmaşık ve nadiren başvurulan bir yöntemdir. Bununla birlikte oksijensiz ortamlarda sürdürülen araştırmaların olumlu

çıktıları, kaydedilen teknik gelişmeler ve azot jeneratörleri için azalan maliyetler yüksek profilli projeler için daha yaygın şekilde kullanımı vaat etmektedir (Shiner, 2007, 274). Böyle sistemlerde etkisiz gazlarla oluşturulan oksijensiz ortamlarda hava (dolayısıyla nem) tümüyle uzaklaştırıldığından, organik malzemelerin kuruyarak gevrekleşmesini önlemek için hacim içine uygun bağıl nemi sağlayacak miktarda nem aktarımı yapılmaktadır.

5.3.2.4. Kapsamlı İklim Denetimi

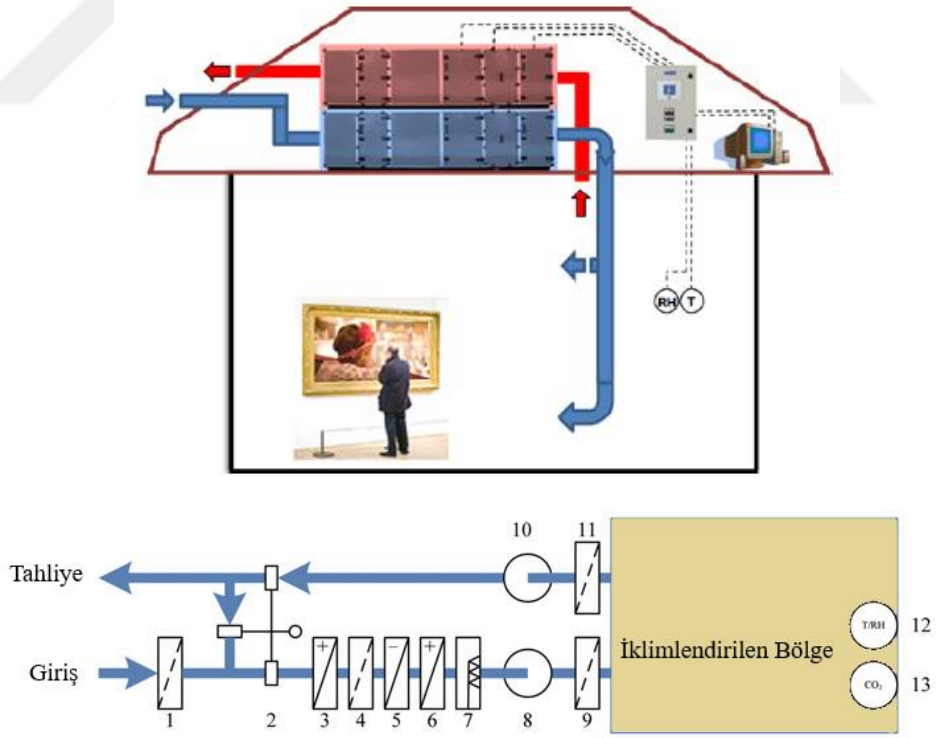
Sıkı çevresel düzenlemeleri hedefleyen müzelerde kapsamlı iklim denetim sistemleri kullanılmaktadır. Böyle sistemler pasif yöntemlerin ve taşınabilir iklimlendirme sistemlerinin yeterli seviyede koruma sağlayamadığı büyük ölçekli müzelerde tercih edilmektedir (Staniforth, 2007a, 5). HVAC sistemleri olarak bilinen bu kapsamlı denetim sistemleri, önceki bölümlerde bahsedilen taşınabilir iklimlendirme cihazları ile benzer prensipte çalışmakla birlikte, merkezi bir birimde toplanan üniteleri içermektedir. Bu üniteler yine nem alma, nemlendirme, ısıtma, soğutma ve temiz hava ihtiyacını karşılamak üzere kullanılıyorsa da taşınabilir donanımdan farklı olarak birbirleriyle doğrudan bütünleşiktir (National Park Service, 2016, 37-38).

Çiğ noktası sıcaklığının ve hava miktarının yönetilmesini temel alan HVAC sistemleri, kapalı bir alana giren ve çıkan sürekli bir hava döngüsü sağlamaktadır. Döngü içindeki havanın özellikleri, mekânlarda istenen iklim koşullarını sağlamak üzere değiştirilmektedir. Havalandırma ve iç hava dolaşım oranı çoğu durumda dış hava koşullarına ve alandaki kişi sayısına bağlı olarak ayarlanabilmektedir. Aşırı uç dış ortam koşullarında havalandırmayı en aza indirmek ve mevcut iç havayı dolaştırmak verimli bir işletim yoludur. Bununla birlikte dış ortam sıcaklığının yaklaşık 15-18°C arasında olduğu koşullarda, servis havasının dolaşım oranını düşürmek ve doğal havalandırmayı artırmak ise temiz hava ihtiyacının karşılanması için etkili bir seçenektir. Bu seçenek soğutma ünitesi yerine dış ortam havasının soğutma etkisinden yararlandığından aynı zamanda enerji tasarrufunu da desteklemektedir. Ancak filtre edilmezse kirletici bileşenlerin denetimsiz şekilde iç mekâna nüfuz etmesine neden olmaktadır (National Park Service, 2016, 37-38).

Yapıya sonradan eklenen HVAC sistemleri çoğu zaman orijinal mimaride kapsamlı değişimler gerektirmektedir. Bugün müze olarak kullanılan pek çok tarihi yapı iklimlendirme teknolojisinin gelişiminden önce inşa edilmiştir. İklimlendirme

hedefiyle hava kanallarının açılması ve büyük kurulum alanlarının tesis edilmesi, tarihi yapılarda kültürel değer kaybına yol açmaktadır. Buna ek olarak, müzeler ve tarihi yapılarda kullanılan iklim izleme cihazlarının, estetik kaygılar gözetilmeden yapılan konumlandırma sebebiyle dikkat çekici şekilde görünür olması tavsiye edilmemektedir (Staniforth, 2007a, 5).

Bir müzedeki iç mekân iklimini; ASHRAE'nin önerdiği AA, A veya B iklim sınıflarına göre kontrol etmek için, bağıl nem ve sıcaklığın hassas olarak belirlenebilmesi ve havalandırmanın ve filtrelemenin uygun ölçütlerle yapılması gerekmektedir. Bu, kapsamlı iklim denetimlerinin daha da hassas şekilde işletildiği koşulları içermektedir. Tam iklim denetimi olarak nitelendirilebilecek bu yaklaşımın birincil gereği, iç mekân ikliminin dış ortam ikliminden tümüyle yalıtılmasıdır. İkincil gerek ise iklimsel dalgalanmanın sebep olacağı bozulmanın önlenebilmesi için HVAC sistemlerinin yüksek hassasiyette ve aralıksız olarak çalıştırılmasıdır. Tipik bir iklimlendirme santralinin yapısının şematik bir gösterimi Şekil 15'te verilmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 236-238).



Şekil 15: Tipik bir iklimlendirme santralinin şematik gösterimi

Ankersmit, Bart, Marc H. L. Stappers. 2017. **Managing Indoor Climate Risks in Museums.** Amsterdam: Springer International Publishing: 236.

Şekil 15'te iç mekâna çekilen hava büyük parçacıklardan arındırılmak üzere 1 numaralı filtreden geçirilir. Gösterilen şemada 2 numaralı bölümde tahliye ve giriş havası belirli oranlarda karıştırılarak 3 numaralı ön ısıtıcıya yönlendirilir. Isıtılan hava karışımı 4 numaralı bölümde kimyasal filtreler kullanılarak uçucu bileşiklerden arındırılır. Besleme havasının sıcaklığını düşürmek ya da nemini azaltmak için 5 numaralı bölümde soğutma işlemi gerçekleştirilir. 6 numaralı bölümde hava karışımı yeniden ısıtılır ve 7 numaralı bölümde uygun bağıl nem seviyesi ayarlanır. 8 ve 10 numaralı fanlar vasıtasıyla hava iklimlendirilecek bölgeye yönlendirilir ve tahliye edilir. Bu aşamalar esnasında küçük boyutlu kirletici partiküllerin süzülebilmesi için 9 ve 11 numaralı filtreler kullanılır. Kimyasal olarak aktif 4 ve ince dereceli filtre 9 ile ince parçacıklar ve uçucu kirletici bileşikler filtrelenir. 12 numaralı bölümde sıcaklık ve bağıl nem seviyeleri okunur ve iklimlendirme bölgesindeki koşullar değerlendirilir. 13 numaralı bölümde ise beşeri konfor ve enerji tasarrufu için iç mekân karbondioksit seviyesi ölçülür (Ankersmit, Stappers, 2017, 236-238).

Çok sayıda ziyaretçinin beklendiği alanlarda hava döngüsü bir CO_2 sensöründen alınan sinyale bağlı ayarlanmaktadır. Zira beşeri konfor için iç mekân havasının tazeliği ortamdaki mevcut CO_2 oranına bağlı olarak tespit edilmektedir. Önceden ayarlanmış CO_2 konsantrasyonu eşiği aşıldığında, servis havasına otomatik olarak daha büyük miktarlarda temiz hava verilmektedir. Başka bir havalandırma prensibi yer değiştirme havalandırmasıdır. Bu stratejide, zemine nispeten düşük sıcaklıkta koşullandırılmış hava servis edilmektedir. Böylece serin hava zemine yayılarak iç mekânı kaplayan hava ile ısı alışverişinde bulunmaktadır. Isındıkça yükselen hava yukarı doğru bir konvektif akış (akışkan sütunu/sorgucu) oluşturmaktadır. Bu durum ısıl gradyana sebep olmakla birlikte, bağıl nemde de benzer şekilde bölgesel dalgalanmalara yol açmaktadır. Bu noktada besleme havası difüzörünün (yayındırıcı) seçimi ve konumlandırılması önem arz etmektedir. Zeminde biriken kirlerin odaya verilen hava ile yükselmesini önlemek için zemin seviyesinde hava beslemesinden ve doğrudan koleksiyon üzerine yönlendirilmiş hava hareketlerinden kaçınılmalıdır. Müzelerde değişken hava hacmine sahip (variable air volume) (VAV) sistemler yerine sabit hacimde hava sağlayan (constant air volume) (CAV) sistemler tercih edilmektedir. Zira VAV sistemleri, bağıl nemin düzenlenmesindeki yetersizlikleri, bakım hassasiyetleri ve istenen iklim koşullarını karşılamada çok geniş tolerans aralıkları nedeniyle müzelerde neredeyse hiç kullanılmamaktadır (ASHRAE, 2011).

HVAC sistemlerinin nemlendirme tesisatları, Lejyonella[22] bakterisinin ve diğer mikroorganizmaların büyümesini önlemek üzere durgun suyun biriktirilmesinden kaçınılacak şekilde tasarlanmalıdır. Bununla birlikte böyle sistemlerde verimli işletimler için havanın çeşitli kademelerde filtrelenmesi gerekmektedir. İklimlendirme tesisatının dâhili olarak kirlenmesini önlemek üzere çoğu durumda ön filtreleme gerekmektedir. İnce dereceli filtrelerin ömrünü ve işlevselliğini arttıran kaba dereceli filtreler (G4) tipik olarak 3-10 μm'ye kadar parçacıkları süzmektedir. Bu sınıftaki parçacıkların en az % 50'sini süzmek için, en azından F7 (EU7) tipi filtre kullanılması tavsiye edilmektedir. F9 (EU9) sınıfındaki ince dereceli filtreler ise 0,3 μm den daha küçük parçacıkların filtrelenmesinde kullanılmaktadır. Daha da hassas uygulamalarda aktif karbon ve diğer gaz filtreleri birer seçenek olmasına rağmen, böyle filtreler tercihen halka açık olmayan ya da sınırlı olarak açılan yalıtımlı hacimlerin arındırılması için uygundur (Ankersmit, Stappers, 2017, 238-242).

5.4. İklim Denetiminde Belirleyici Hususlar ve Karar Süreci

Önleyici korumanın hedefi, bozulma etmenlerinin etkisini engellemek veya en aza indirmektir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen uygulamalar, masraflı ve zaman alan etkin (sağaltıcı) koruma ve restorasyon gereksinimlerini azaltabildiği gibi, nesnelerin geri dönüşü olmayan şekilde zarar görmesinin de önüne geçmektedir. Koleksiyondaki tüm nesnelere, özellikle de çok az sergilenen ya da değer ölçütlerinin alt basamaklarında bulunanlara, tek tek ve eşit oranda muamele edilmesi her durumda mümkün olamamaktadır. İklim denetimiyle, her bir nesne için bağımsız önlemler almanın aksine, bir bütün olarak koleksiyon için uygun koşullar sağlanabilmektedir.

Hedeflenen iklim denetiminin başarımı ve sürdürülebilirliği; koleksiyon ihtiyaçlarını, yapı fiziğini ve insan konforunu değerlendiren paydaşların bulunduğu bir grup etkinliğiyle mümkündür. Bu süreçte; mimarlar, mühendisler, konservatörler, küratörler, muhasebeciler, sponsorlar, yükleniciler ve idareciler gibi farklı mesleklere ve kurumlara mensup profesyoneller görev almalıdır. Her paydaşın kendisi için neyin önemli olduğunu ve dayanağını açıklaması ve seçeneklerin geliştirilebileceği sınırların belirlenmesi, etkili bir süreç yönetiminin anahtarıdır.

[22] Lejyonella bakterisi: Nemli ve sulu ortamda yaşayıp çoğalan ve ciddi bir zatürre hastalığına yol açan bakteri türü (İklimlendirme, Soğutma, Klima İmalataçıları Derneği, 29.05.2020]).

“Optimum iklim denetimi”; koleksiyonların korunması, sürdürülebilir uygulamalar ve enerji maliyetleri arasındaki en iyi denge olarak tanımlanmaktadır. Bu metodolojinin takip edilmesi, mevcut binaların etkili şekilde kullanılmasının yanı sıra, yeni binaların tasarımında da faydalı sonuçlara yol açabilmektedir. Çevresel koşullar için uygun standartlar ve kılavuzlar hakkındaki güncel tartışma, işletme maliyetlerini ve sera gazı üretimini azaltma ihtiyacı üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu yüzden optimum iklim denetimi sadece standartları ve kabul görmüş uygulamaları değil; koleksiyon gereksinimleri, yerel iklim koşulları, kullanımda olan binanın mimari önemi, mekanik sistemlerin etkisi ya da eksikliği gibi pek çok etmeni de kapsamaktadır. Çalışmalar her müze için standart bir iklim denetim reçetesi ya da operasyonu olamayacağını, ancak iyileştirmeye yönelik değişimlerin tüm müzelerde tatbik edilebileceğini göstermektedir (Linden ve diğ., 2013, 93-105).

İklim denetim yöntemine karar verme sürecinin titizlikle yönetilmesi, gözden kaçırılmış bir detayın sebep olabileceği sorunları önlemektedir. Özellikle hassas koleksiyonlar, aşırı dış ortam koşulları, bakımsız veya randımansız mekanik sistemler ve sorunlu bina kabukları gibi etmenler hesaba katılmadığında, iklim denetimine yönelik değişimler faydadan daha çok zarara neden olmaktadır (Linden ve diğ., 2013, 93- 95). Bu yüzden, koruma planı ile koleksiyona erişim arasında veya koruma planı ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ikilem, bir risk yönetim programı ile çözülebilmektedir. Kültür varlıkları için risk yönetimi, farklı disiplinler ve sektörler arasındaki iş birliğini teşvik etmektedir. Ayrıca, risklerin karar vericilere şeffaf ve etkili bir şekilde iletilmesini de desteklemektedir. Basit anlamda bir risk yönetimi; “hedefler üzerindeki olası olumsuz etkileri anlamak ve üstesinden gelmek için gerçekleştirilen her türlü eylem” olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, risklerin belirlenmesi, analizi ve önceliklendirilmesi, müzelerde iklim denetim yönteminin belirlenmesinde de temel bir uygulamadır (ICCROM, 2016, 26).

5.4.1. Müze Mimarisi ve İklim Denetimi

Belirli bir müze binasında koleksiyonlar için elverişli iklimi sağlamanın ve sürdürebilmenin anahtarı, müze planlanırken binadaki farklı iklim bölgelerini tanımlamak ve koleksiyonların bulunacağı sergi ve depo mekânlarını belirlerken bu bölgeleri dikkate almaktır. Söz konusu tanımlama süreci iklim izlemesi ile mümkündür. Bir müzedeki tüm iklim bölgeleri için hem koleksiyonu, hem binayı, hem

de ziyaretçi ve personeli aynı anda ve eşit oranda gözetmeyi gerektiren örnekler oldukça nadirdir. Örneğin müze ofislerinin iklimlendirilmesinde temel hedef beşeri konfor seviyesinin başarımıdır. Bu sebeple söz konusu alanlarda sıcaklık denetimi, bağıl nem denetiminden daha öncelikli olarak ele alınmaktadır. Uygun sıcaklık sağlanana dek ısıtma ya da soğutma gerçekleştirilmekte, bağıl neme yönelik olarak ise havalandırma dışında çoğunlukla herhangi bir önlem alınmamaktadır. Buna bağlı olarak ofis ve restoran gibi alanlarda bağıl nem denetimsizdir ancak sıcaklık, çalışan ve ziyaretçiler için tatminkârdır.

Depo alanları ise, temelde koleksiyon gereksinimlerine göre düzenlenmektedir. Beşeri konfor ikincil önem arz ettiği için yalnızca sıcaklığın değil aynı zamanda bağıl nemin denetimine de önem verilmektedir. Böyle alanlarda kuru dış ortam havası nemlendirilerek iç mekâna dâhil edilmekte veya belirli bir iç mekân bağıl nemini korumak üzere nemli dış ortam havası uygun seviyeye kadar kurutulmaktadır. Depolarda beşeri konfora ihtiyaç olup olmadığını veya ne düzeyde ihtiyaç olduğunu değerlendirmek için personelin ne sıklıkta soğuk veya serin depo alanlarına girdiği ve buralarda ne kadar süre kaldığı incelenmelidir. En büyük zorluk ise hem hassas nesneler içeren koleksiyonların iklimsel ihtiyaçlarının, hem de ziyaretçi konforunun önemli olduğu sergi alanlarının iklim denetimidir (Ankersmit, Stappers, 2017, 182).

Sıcaklığın konfor seviyelerinde tutulduğu soğuk iklimlerde iç mekânlar genellikle düşük bağıl nem seviyelerine sahiptir. Bu sebeple organik nesnelerin etkili bir biçimde korunması için genellikle ilave nemlendirme gerekmektedir. Ancak nem seviyesinin değiştirilmesi bina fiziğinde kayda değer sonuçlara yol açabilmektedir. Örneğin ılık ve nemli iç mekân havası, dış ortama temas eden duvar, çatı ve pencere gibi soğuk yapı elemanlarıyla buluştuğunda yoğuşma olmakta; yoğuşma ise ahşap elemanların çürümesini, iç yüzeylerde küf oluşumunu ve metal bileşenlerin korozyonunu tetiklemektedir (Brown, Rose, 1997, 12-24). Ayrıca taş, tuğla, harç gibi gözenekli yapı malzemelerinden oluşan duvarlardan geçen nem, kristalleştiklerinde yüzeylerde bozulmaya yol açan çözünebilir tuzların katmanlar arasında hareket etmesini de teşvik etmektedir. Yoğuşan suyun sebep olduğu bir diğer hasar, sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen donma-çözülme döngülerinin yol açtığı mekanik bozulmalardır. Bu sebeple müze binaları için en iyi çevresel denetim yöntemleri, yerel iklimi dikkate alan ve iç mekân ile dış ortam değerlerinin güvenli sınırlar dâhilinde birbirlerine yakın tutulduğu düzenlemeleri içermektedir (Staniforth, 2007a, 5).

İç mekân koşullarının tespiti için tüm bina dışarıdan içeriye doğru incelenmelidir. Zira müzede sergilenen nesnelerin nem ve sıcaklıktan etkilenmesi çok sayıda iç ve dış etmene ve kaynağa bağlıdır. Tümüyle iklim denetimi sağlayan sistemler, iç mekânın iklimlendirilmesinde önemli rol oynuyor olsa da, iç mekânı dış ortamdan ayran ilk engel bina kabuğudur. Bina kabuğu, koleksiyonu dış sıcaklık ve bağıl nem dalgalanmalarından, ışık yoğunluğundan ve kirletici gaz ve partiküllerden korumaktadır. Çatı, duvarlar, zemin ve yapının dış çevre ile temas eden diğer kısımları, koleksiyon ile dış ortam arasında bir tampon görevi görmektedir. Bina kabuğunun fiziksel niteliklerinin değerlendirilmesi, iklim denetiminin önemli unsurlarından biridir. Bu anlamda kullanılan malzemelerin gözenekliliği, kabuğun sıvı su, su buharı ve hava geçirgenliği, yüksek sıcaklığa ve soğuğa dirençli olup olmadığı, ısıyı ve suyu tamponlama kapasitesi göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte çatlaklar ve boşluklar bina kabuğunun etkinliğini değiştirdiğinden detaylı olarak ele alınmalıdır. Ayrıca yalıtım malzemelerinin kullanımı, pencerelerdeki ısı kayıp ve kazanımları gibi hususlar mekanik iklim denetim sistemlerinin verimliliğini etkilemektedir. Yalıtım seviyesi yüksek müze binalarında, düşük enerji tüketimi ile yüksek düzeyde iklim denetiminin gerçekleştirilmesi olanaklıdır. Bu kapsamda aşağıdaki soruların cevaplanması bina kabuğuna bağlı sorunları tespit ve giderme sürecini kolaylaştırmakta ve müze binasının karşılaşabileceği risklerin önceden değerlendirilebilmesi için de kullanılmaktadır.

- Dışarıdan binaya nasıl ve ne oranda hava girişi gerçekleşiyor?
- İç mekâna dâhil olan havanın higrotermal koşulları değişiyor mu?
- Bina, koleksiyon, izleyici ve çalışanların, nem dengesine doğrudan ve kayda değer oranda etkisi bulunuyor mu? (Ankersmith, Stappers, 2017, 142).

Müze mimarisi ve iklim denetim sistemleri arasındaki ilişkiyi değerlendiren bakış açıları oldukça çeşitlidir. Camuffo (2007b, 50-58), kabuğu cam ve metal bileşenli yeni nesil müzelerde tasarımın, koleksiyonları koruma hedefinin önüne geçebildiğini belirtmekte ve çoğu durumda yapıyı çekici kılan bu unsurların iç mekân koşullarının temini konusunda olumsuz sonuçlar doğurduğunu öne sürmektedir. Bununla birlikte tarihi yapıların mevcut pek çok soruna rağmen kalın duvarları sayesinde yüksek atalet sağladıklarını ve doğal yoldan ılımlı bir mikro iklim imkânı sunduklarını kaydetmektedir. Camuffo ayrıca müzenin tasarımında koruma işlevinin belirleyici olması gerektiğini savunmaktadır (Camuffo, 2007b, 56-57). Bunun aksine Padfield

(2007, 57), müzelerin öncelikli amacının iklimlendirme olmadığını değerlendirmektedir. Oreszczyn ise mimarların talep doğrultusunda içinde pencere dahi olmayan, çok hassas iç mekân koşullarını sağlayabilen koruyucu kutular tasarlayabileceklerini ancak böyle yapıların iklim bakımından kullanışlı olmalarına rağmen ilgi çekici ve estetik olmadıklarını değerlendirmekte, tasarımın bu iki uç yaklaşım arasında bir dengeyi temel alması gerektiğini belirtmektedir (Oreszczyn, 2007a, 57-58).

Conrad, bina kabuğunu sıkı bir şekilde yalıtarak iç mekânlarda tümden geçirimsizlik sağlamanın mekanik sistemlere kayıtsız bağımlılık yaratacağını ve herhangi bir arıza durumunda kötü sonuçlarla yol açabileceğini değerlendirmektedir (Conrad, 2007, 59-62). Henry ise mekanik yöntemlerle sıkı iç mekân koşullarını sağlayabilen yalıtımlı binalar üzerine çekincelerini çevresel bir bakış açısıyla dile getirmektedir. Pek çok coğrafyada koleksiyon taleplerine oldukça elverişli dış ortam koşullarının mevcut olduğunu ancak binayı mekanik sistemlerin performans kaygıları nedeniyle sıkı sıkıya yalıtmanın; serbest soğutma, havalandırma ve ısı kazanımı gibi çevreci ve verimli alternatifleri doğrudan saf dışı bıraktığını değerlendirmektedir (Henry, 2007a, 55-56). Dahası tasarımda en büyük zorluğun, binaların geleneksel olarak nasıl iklimlendirildiğine dair bilgi eksikliğinden kaynaklandığını savunmaktadır. Henry bu noktada bir yetki ve sorumluluk açığı olduğunu, mimarların tipik olarak yapı fiziği ve malzemesine veya stil sorunlarına odaklandığını, tarihi iklimlendirme seçenekleri ile güncel çözümleri karşılıklı değerlendiren araştırmaların göz ardı edildiğini belirtmektedir (Henry, 2007a, 55-56).

5.4.2. Tarihi Binaların Müze Olarak İşlevlendirilmeleri

Modern yapı teknolojisinden farklı teknikler ve malzemeler kullanılarak inşa edilen tarihi binalar, verilen yeni işlevlere bağlı olarak kullanıcılarının konforlarının temini için elverişsiz nitelik sunabilmektedir (Pfluger, 2013, 24-28). Bu nedenle, yeni iklimlendirme sistemleri ile donatılarak ya da mevcut iklim denetim yöntemlerinin geliştirilmesi yoluyla toplumun hizmetine kazandırılmaktadırlar (Park, 1991, 1).

Kullanılmayan tarihi binaların hızla yıprandığı bilinmektedir. Bu nedenle orijinal işlevi ile korunmaları mümkün olmayan kültür varlığı niteliğindeki yapıların, topluma yararlı bir amaçla sürekli kullanımı desteklenmektedir. Konuya yönelik öncül teşviklerden biri Venedik Tüzüğü'dür.

> "Anıtların korunması, toplum yararına bir amaç için kullanılmak suretiyle kolaylaştırılır. Bu nedenle böyle bir kullanım arzu edilir, ancak yapının planı ya da bezemeleri değiştirilmemelidir. Yalnızca bu sınırlar dâhilinde, yeni işlevin gerektirdiği değişiklikler tasarlanabilir ve buna izin verilebilir." (ICOMOS, 1964).

Yeniden kullanıma dair herhangi bir müdahale; korunması gereken kültürel değerler, müdahale hedefleri, sürdürülebilirlik stratejisi ve risk değerlendirmesi hakkında net açıklamalar içeren bir tür yönetim planı gerektirir. Yönetim planının başlangıcında, belirlenen yapının önceki amacını koruyup koruyamayacağı veya bu işlevin değiştirilip değiştirilemeyeceği konusunda karar verilmelidir. Takip eden aşamada belirli bir müze veya koleksiyon türü için gerekli olan çevresel değerlerin tespit edilmesine ihtiyaç duyulur. Bunun ışığında, yapı ve malzeme analizleri gibi ileri araştırmalar ile süreç desteklenir (Luxor, Folic, 2017, s.y.).

Tarihi binaların müze olarak işlevlendirilmesinde iklim denetimi açısından dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Böyle bir durumda koleksiyonların ihtiyaç duyduğu çevresel koşulların tam anlamıyla sağlanması tarihi binalara uygun olmayabilir. Zira inorganik ve organik koleksiyonlar gibi, ahşap ve kâgir binalarda kullanılan yapı malzemelerinin ısı ve nemle ilişkili özellikleri de birbirinden farklıdır. Örneğin, kâgir müze binaları soğuk kış aylarında ısıtıldığında, iç mekân havası organik koleksiyonlar için gereğinden fazla kuru olabilir. Bu doğrultuda gerçekleştirilebilecek havayı nemlendirme işlemi ise maliyetli olmasının yanı sıra çatı ve dışa bakan soğuk duvarlarda yoğuşmaya sebep olarak binanın zarar görmesi riskini barındırır. Metaller için çok kuru bir iklim sağlanması ise tarihi ahşap yapılar ve tarihi yapıların tavan süslemesi, mobilya gibi organik bileşenleri için sakıncalı olabilir (Uğuryol, 2012a, 101-102). Bu nedenle, tarihi yapı ile koleksiyonun birbiriyle çelişebilen koruma gereksinimleri, tarihi binaların müze olarak yeniden işlevlendirilmesi öncesinde mutlaka dikkate alınmalıdır. Söz konusu gereksinimler; koleksiyonun kültürel değerinin binanın kültürel değeri ile mukayese edilmesi, iklimlendirme tercihlerinin bu değerlendirme doğrultusunda şekillenmesi ve uygun iklim denetim yöntemlerinin tesis edilmesi bakımlarından önem arz etmektedir.

Tarihi binalar genellikle konfor sağlayacak ve kullanılma sürelerini uzatacak iklimsel koşulları, çeşitli pasif denetim mekanizmalarıyla gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Mimari özelliklere zarar vermeyen, onlarla çelişmeyen, uyumlu iklimlendirme sistemlerinin, yapının tarihsel, tasarımsal ve yapısal bütünlüğünü ne ölçüde etkileyeceğini sorgulamak gerekmektedir. Bu doğrultuda seçilecek özgün iklimlendirme sistemi, tarihi binanın ve koleksiyonların korunmasını sağlayacak,

yapıya mümkün olduğunca az müdahale gerektirecek şekilde tasarlanmalıdır (Uğuryol, 2012a, 101-102).

Yapı fiziğinin yeterince elverişli olmadığı tarihi binalarda katı bir iç mekân iklimi hedeflendiğinde, çevresel koşulların ıslah edilmesi için büyük miktarlarda hava taşıyan ve aynı oranda enerji tüketen iklim denetim sistemleri kullanılmaktadır. Böyle sistemlerin yüksek işletme bedellerinin yanı sıra sık karşılaşılan dezavantajlarından biri, iç mekânın farklı alanlarında sıcaklık ve bağıl nemde yüksek dalgalanmalara sebep olmalarıdır. Yapı fiziğinin elverişli olduğu durumlarda ise sadece aşırı koşulların yatıştırılması hedefiyle çalıştırılan küçük taşınabilir donanımları içeren uygulamalar tercih edilmektedir. Bu sebeple kullanılan yöntemden bağımsız olarak bina kabuğunun niteliği, iç mekân iklim denetimi için oldukça önemli bir etmendir (Ankersmit, Stappers, 2017, 211). Bina kabuğunun çevresel iklim değişkenlerine karşı yalıtkan hale getirilmesi enerji tüketimi açısından önerilen bir uygulamadır. Bu durum, yağmur oluklarının ve çatının periyodik bakımlarının gerçekleştirilmesi, hava kaçağına yol açan açıklıkların kapatılması, yalıtım malzemelerinin kullanılması ve binayı oluşturan yapı malzemelerinin niteliklerinin geliştirilmesi ile desteklenmektedir. Bununla birlikte, yapılacak değişikliklerle tarihi binaların özgün niteliklerine zarar verilmesi ihtimali söz konusudur. Muhtemel hasarın nasıl en aza indirilebileceğine ve bu değişikliklerin ilgili alanlarda ne oranda görünür olacağına dair pratik yönergeler ve öneriler mevcuttur (Park, 1999, 82-89). Bunun yapılabilmesi için bina iskeleti ve ihtiyaçları ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Kültür varlığı niteliğindeki yapıların iklim denetimi üzerinden değerlendirilmeleri, 1996–2005 yılları arasında bilimsel araştırmalarla desteklenmiştir. Örneğin iklimsel koşulların pasif uygulamalarla ıslah edilmesi için orijinal mimari özellikleri ve yapı malzemelerini analiz eden Avrupa Birliği destekli JOULE III (1995–1999) ve SAVE II (1996–2000) araştırmaları ile Akdeniz ülkelerindeki arkeoloji müzelerinin tasarım seçenekleri irdelenmiştir (Lucchi, 2018, 184). 2013 yılında İspanya'da Ars Civilis ve Fundación Casas Históricas y Singulares organizasyonları, bu kapsamda tecrübelerin paylaşılması ve yeniliklerin teşviki adına, tarihi binalarda gerçekleştirilecek uyarlamalarla ilgili olarak ortak danışmanlık, araştırma, eğitim ve bilgi yayma faaliyetleri üzerine bir iş birliği başlatmıştır. Sonrasında Avrupa genelinde iklim denetimi özelinde gerçekleştirilecek uygulamalar için BS EN 16883: 2015 standardı yayımlanarak "Tarihi binaların enerji performansının iyileştirilmesi için rehberler"

önerilmiştir. Konuya ilişkin bir diğer çalışma grubu, Tarihi Binalarda Enerji Verimliliği ve Konfor Konferansı'nda (EECHB 2016) Brüksel'de bir araya gelmiştir (De Bouw ve diğ., 2016, s.y.). Tüm bu çabalar tarihi binaların daha verimli kullanılmaları için alternatif yolların değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

5.4.3. Kolekisyon Öncelikleri

Nesnelerin iklimsel koşullar altında doğal yaşlanmaları yavaş ama kaçınılmaz bir süreçtir. Bozulma oranı, çoğu zaman farklı malzemelerin bileşimine, kimyasal kararlılığına ve çevresel koşulların etkisine bağlıdır. Zira iklimsel değişkenler denetim altında tutulduğunda bozulma olağan sürecinden çok daha yavaş gerçekleşmektedir. Bu sebeple müze koleksiyonları belirli referanslarla tanımlanmış iç mekân koşullarında muhafaza edilmektedir. Fakat koleksiyonları oluşturan farklı nesnelerin bağıl nem ve sıcaklık değişimlerine farklı yollarla tepki vermeleri, birlikte sergilenme ve depolanmaları önünde bir risk oluşturmaktadır. Bu bağlamda önleyici koruma çalışmaları kapsamında üzerinde durulması gereken konulardan biri, koleksiyonların korunabileceği çevresel koşulların temin edilmesidir (Bülow ve diğ., 2002, 27- 31).

Önleyici koruma uygulamalarını etkin bir şekilde gerçekleştirmek ve nesnelerin bulundukları çevreleri uygun olarak düzenlemek, malzemelerinin niteliklerinin tespiti ve hassasiyetlerinin gözetilmesi ile mümkündür. Nesneler, temel yapısal bileşenlerinin (malzemelerinin) yanı sıra yapım sürecinde işlenerek oluşturulan biçimleri sebebiyle de hasara meyilli olabilmektedir (Koleksiyonların sıcaklık ve bağıl nem değişimlerine verdikleri öznel tepkiler Bölüm 3'te detaylıca ele alınmıştır.).

Her ne kadar ahşap gibi temel malzeme türlerine yönelik kapsamlı araştırmalar uzun bir süredir gerçekleştiriliyorsa da, pek çok yeni malzeme sınıfının ve çok bileşenli karma müze nesnesinin çevresel koşullardan ne şekilde etkilendiğine dair çalışmalar yetersizdir. 20. yüzyılın başlarından itibaren kademeli olarak yaygınlaşan iklim referansları, müzelerde sağlanacak iç mekân koşullarının tanımlanmasını gerektirmiştir. Bu hedef doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmalar, giderek daha katı denetim yollarının hedeflenmesine yol açmıştır. Müze iç mekânları konuya yönelik genel kabullerin tatbik edildiği birer deney alanı gibi düzenlenmiş ve koleksiyonların bozulma durumları tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen gözlemler ile iklimsel dalgalanmanın önlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda iklim denetiminde malzeme özelinde gerçekleştirilen araştırmaların kapsayıcılığı da

tartışmalı olmuştur. Pek çok konservatör çalışılan örnekler üzerinden elde edilen sonuçların, aynı malzemeden üretilmiş tüm koleksiyonlar için bir temsil değerinin olamayacağını çünkü her bir nesnenin benzersiz olduğunu savunmakta ve sıkı denetimler dışındaki tüm uygulamaların risk barındırdığını düşünmektedir (Kozlowski, 2007a, 40-41). Keza Michalski de katı iklimsel koşulları esnetmeyi öneren her türlü yaklaşımın riski çok arttıracağına yönelik yaygın bir kanı olduğunu vurgulamaktadır. Ancak sık karşılaşılan bu tutumu, daha fazla risk içerdiği düşünülen her türlü koşulu reddetmek olarak ele almaktadır. 1940'lardan itibaren gündeme gelen ve zaman içinde yeterince sınanmaksızın profesyoneller tarafından kaynak gösterilen veya tavsiye edilen "sihirli sayıların" müzecilik alanında kabul gördüğünü fakat faydacı çözümler bulmanın yolunun kesinlikle bilimsel araştırmaların artmasından geçtiğini belirtmektedir. Michalski ayrıca korumayı göz ardı etmeden enerji tasarrufunu öne çıkaran uygulamaları desteklemektedir (Michalski, 2007a, 30).

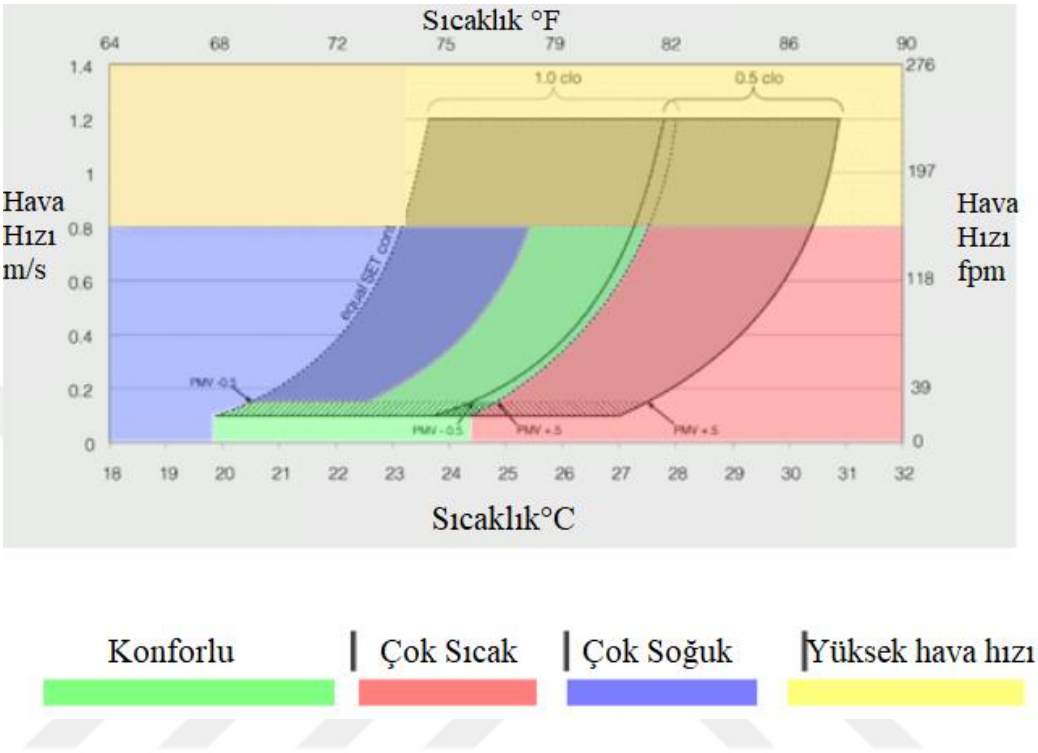
Güncel çalışmalar, daha geniş iklim aralıklarının bozulmanın önlenmesinde yeterli olduğunu savunsa da hassas nesne grupları için hala sabit iklim seviyeleri önerilmektedir. Bu bağlamda müzeler, koleksiyonlarının temel gereksinimlerini karşılayabilecek nitelikte tümden koşullandırılmış iç mekânları ya da hassas nesneleri için mikro iklimlendirme sistemlerini tercih etmektedir.

5.4.4. Beşeri Gereksinimler

Müzelerde iklim denetim yöntemlerine karar verme sürecinde dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de beşeri gereksinimlerdir. İnsan, bulunduğu çevre ile etkileşim halinde olan sosyal bir varlık olarak, alıştığı iklimsel değerlerin ötesindeki koşullara tepki vermektedir. Bu bağlamda çevreyi oluşturan higrotermal bileşenlerden sıcaklık, neme oranla beşeri konforu daha çok etkilemektedir.

Isıl konfor, sıcaklıkla ilgili öznel değerlendirmelere bağlı olarak, bir alanı işgal eden bireylerin rahat ettikleri durumları tanımlar. Isıl fizyoloji terimleri sözlüğü ise ısıl konforu; ısıl çevreye karşı kayıtsızlık durumu olarak ifade etmektedir (IUPS Thermal Commission, 2001, 246). Sıcaklıkla ilgili tatmin, sağlığı ve üretkenliği etkilediği için önemlidir. Bu sebeple müze iç mekânları için erişilmek istenen sıcaklık değerleri belirlenirken; koleksiyonun korunacağı güvenli aralıkların yanı sıra, ziyaretçi ve çalışanların beklentileri de gözetilmektedir. Koleksiyonları oluşturan pek çok malzemenin korunması genellikle daha düşük sıcaklıklar gerektiriyor olmasına

rağmen, müze sergi salonları beşeri konfor için optimum sınırlara yakın değerlerde tutulmaktadır. Bu değerler; 19-26°C arasındadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 129). ASHRAE ise insanlar için ısıl konforun sağlandığı sıcaklık aralıklarını Şekil 16'da gösterildiği gibi kabaca 20-27°C olarak belirtmektedir (ASHRAE Standard 55, 2010).



Şekil 16: ASHRAE Konfor Sıcaklığı Grafiği

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. **ASHRAE/ANSI Standard 55-2010.** Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. 2010. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Impact of Indoor Air Temperature and Humidity in an Office on Perceived Air Quality, SBS Symptoms and Performance.

Isıl konfor; hava sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem ve ortalama ışınım sıcaklığı (mean radiant temperature) gibi çevresel faktörlerle birlikte, giysi yalıtımı ve etkinlik seviyesi (metabolik oran) gibi bireysel etmenlere de bağlıdır. Hava sıcaklığı, bireyi çevreleyen havanın ortalama sıcaklık değerini ifade etmektedir. Sıcaklık farkı ne kadar yüksekse, bireyin cildi tarafından soğurulan ya da salınan ısı miktarı o kadar fazla olur. Bu sebeple vücut sıcaklığından çok düşük ve yüksek olan sıcaklık değerleri rahatsız edici olarak nitelendirilmektedir. İnsan termoregülatör sistemi soğuk durumları sıcak durumlardan daha etkili bir şekilde tolere ettiğinden ziyaretçiler, genellikle sıcaklığın yükselmesine, düşmesinden daha fazla hassasiyet göstermektedir. Zira yüksek sıcaklıklarda ısı dengesinin korunması için ter salgılanarak cilt sıcaklığı düşürülmektedir (EN ISO 7730, 2006). Bu sebeple özellikle yüksek bağıl nemin

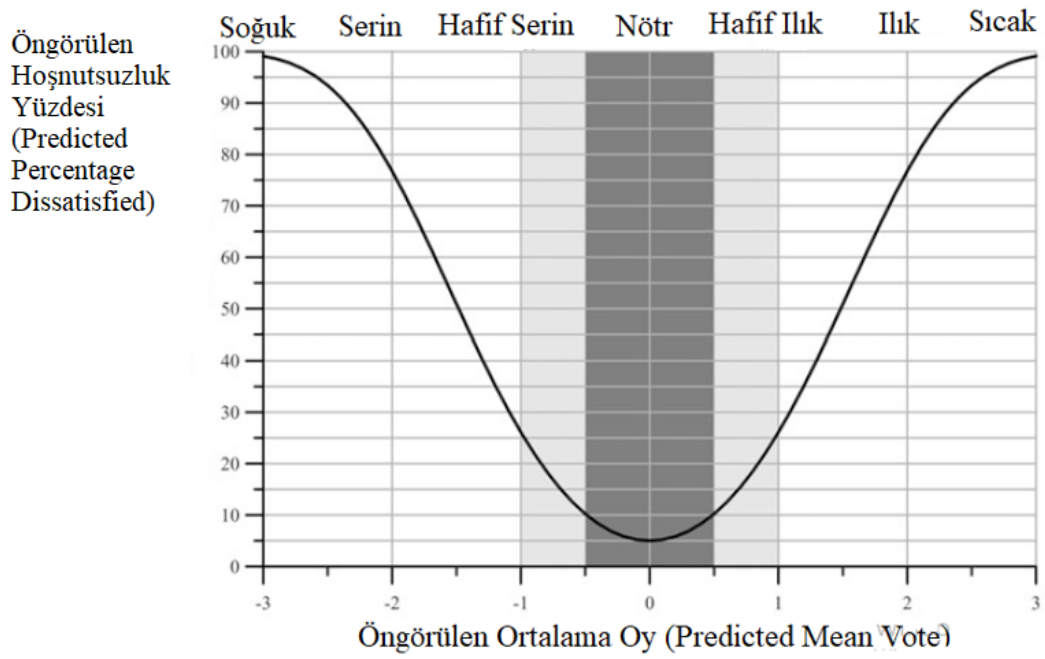
varlığında, düşük havalandırmalı ve sıcak alanlar konforsuz olarak değerlendirilmektedir (Pretelli, Fabbri, 2018, 41-44).

Havanın akış hızı ise belirli bir miktar havanın tanımlı alanlarda yer değiştirmesinin zaman bağlamındaki fonksiyonudur. Hava akış hızı ısı transferini etkilemektedir. Yüksek hava hızı ısı transferini hızlandırdığından yüzeyde soğuma etkisine sebep olmaktadır. Bu yüzden yüksek hızda havalandırılan bir hacimde yer alan bireyler, mevcut sıcaklıktan daha düşük sıcaklık değerlerini algılamaktadır. Düşük bağıl nem seviyeleri de ısı transfer oranını artırmaktadır. Ancak bu etki %30-70 bağıl nem aralığında ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Isıl konforu etkileyen çevresel faktörlerden sonuncusu ortalama ışınım sıcaklığıdır. Bu kavram, insanla çevre arasında ışınım yoluyla oluşan ısı transferini belirlemek üzere, çevre yüzeylerin sıcaklıklarının birleşik etkisini belirten bir sıcaklıktır. Işınımın geliş açısı, kişi ile yüzeyler arasındaki mesafe gibi kişinin mekândaki konumuna, duruş biçimine ve malzemelerin ısı aktarım yeteneğine bağlı olarak çevredeki tüm yüzeylerin sıcaklığının bir kişinin ısıl konforu üzerindeki etkisini ifade etmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 130, 291).

Isıl konforu etkileyen bireysel etmenler giysi yalıtımı ve etkinlik seviyesini içermektedir. Kalın giysiler ısı enerjisinin geçişini sınırlandırdıkları için yalıtım imkânı sunmakta ve ısı kaybını engelleyerek mevcut sıcaklıktan yüksek sıcaklık değerlerinin hissedilmesine sebep olmaktadır. Etkinlik türü ve seviyesi ise metabolik oranı ve dolayısıyla üretilen ısı miktarını etkilemektedir. Örneğin düşük etkinlik, düşük metabolik oran (Metabolic Equivalent of Task (MET) Value) ile ifade edilmektedir. Bununla birlikte etkinlik arttıkça metabolik oran yükselmektedir. Bazı genel metabolik oranlar (MET değerleri); uyku halinde 0,7, sessiz ve oturur pozisyonda 1,0, hafif aktivite halinde 1,2-1,4, yürüme, makine kullanımı gibi hareketin olduğu veya ağırlık taşınan durumlarda 2,0 şeklindedir. Bir müzede tipik olarak ziyaretçilerin sahip olduğu metabolik oran 1,2-1,7 aralığındadır (Ankersmit, Stappers, 2017, 131).

Isıl konforun belirlenmesine yönelik olarak Fanger (1970, 240), belirli sayıda katılımcıdan oluşan bir grup için deneysel bir model geliştirmiştir. Bu model öznel cevaplardan elde edilen verileri anlamlı bir yüzde ile ifade etme yaklaşımını temel almaktadır. Modele göre kişilerin daha soğuk veya daha sıcak bir ortamı tercih etmediği koşul "nötr" olarak tanımlanmıştır. Modelin değişkenleri, çok soğuktan çok

sıcağa kadar yedi kademeli konfor ölçeğinde sıralanmıştır. Sıfır, çoğu insanın ısıl durumdan memnun olduğu anlamına gelmiş, negatif ölçek çok soğuk olmasından dolayı duyulan rahatsızlığı ve pozitif ölçek ise çok sıcak olmasından kaynaklı memnuniyetsizliği tanımlamıştır. Şekil 17'de görselleştirilen bu model, ısıl ortam nedeniyle tatmin olmayan insanların yüzdesini tahmin eden Öngörülen Ortalama Oy (Predicted Mean Vote-PMV) ve Öngörülen Hoşnutsuzluk Yüzdesi (Predicted Percentage Dissatisfied-PPD) grafiğini içermektedir. PPD; PMV, karbondioksit oranı, aydınlık düzeyi gibi diğer göstergelerle ilişkili istatistiksel bir endekstir (ASHRAE Standard 55, 2010). Buna göre nötr durumda dahi memnuniyetsizliğini bildiren %5 oranında katılımcının varlığı, gruptaki tüm bireyleri ısıl olarak rahat hissettirmenin mümkün olmadığını göstermektedir.



Şekil 17: Isıl konfora yönelik Fanger Modeli

Fanger, Povl Ole. 1970. **Thermal Comfort: Analysis and Applications to Environmental Engineering**. Copenhagen: Danish Technical Press: 244.

Genellikle dış ortam sıcaklıklarının düşük olduğu mevsimlerde insanlar daha kalın giysiler giyerek dış çevreden izole olma eğilimindedir. Ancak yaz aylarında çok sıcak olan ve iklimlendirilmemiş tarihi binalar ziyaretçiler için rahatsız edici koşulları içermektedir. PMV modeli, bir binanın tasarım sürecinde istikrarlı ortam koşulları altında ısıl konfor düzeyini belirlemek için en yaygın kullanılan modeldir. Bu yöntem temel olarak iç mekân sıcaklığının mevsim değişimlerine rağmen sabit kalması

gerektiğini belirtir. Yıl boyunca sabit bir değere ayarlanmış bir sıcaklığı hedefler. Böylece insanların müze ziyaretleri öncesinde karşılaşacakları sıcaklıklara yönelik önlem almalarını kolaylaştırır. PMV modeli, sabit iklim koşullarına sahip binalar için tasarlanmıştır dolayısıyla yeterince istikrarlı olmayan ortamlar için geçerli olmayabilir. Model genellikle mevcut bir durumdaki rahatsızlığı değerlendirmek için kullanılıyor olsa da, statik modelin dinamik gerçek yaşam durumlarını değerlendirmek için tatmin edici bir şekilde kullanıp kullanamayacağı net değildir. Örneğin müze galerilerinde ziyaretçilerin uzun bir süre kalmadıkları bilinmektedir. İnsan vücudunun bir ortama alışmak için en az 30 dakikaya ihtiyacı olduğu göz önüne alındığında, belirli galerilerde bir miktar ısıl rahatsızlık kabul edilebilir (Ankersmit, Stappers, 2017, 133-134). Ziyaretçilerin çevre koşullarının rahatsız edici olduğunu fark etmesine rağmen bunun koleksiyonun korunması için gerekli olduğunu idrak etmeleri, kişisel konforları hakkında daha az beklenti oluşturmaları ve daha az rahatsız hissetmelerine yol açabilir. Müze personeli ise çok daha uzun süreleri ilgili ortamlarda geçireceğinden, yerel ısıtma, ilave kıyafetler ve düzenli hareket gibi önlemlerle konfor seviyelerini arttırabilir (Ankersmit, Stappers, 2017, 133-134). Bu doğrultuda ASHRAE; RP-884 projesi kapsamında ısıl konforu değerlendirmek için yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Uyarlanabilir Sıcaklık Kılavuzu (Adaptive Temperature Guideline) olarak adlandırılan yaklaşım; fizyolojik geribildirimi (iklimlendirme) ve psikolojik geribildirimi (alışkanlık ve beklenti) dikkate almaktadır. Fanger'ın laboratuvar şartlarına ve kararlı durum deneylerine dayanan PMV modelinin aksine saha deneylerine dayanmaktadır. Müzelerde uygulanabilecek bu yaklaşım, iç mekânların koşullandırılmasında verimli bir alternatif imkânı sunmaktadır (Pretelli, Fabbri, 2018, 42).

5.4.5. Ölçme ve İzleme

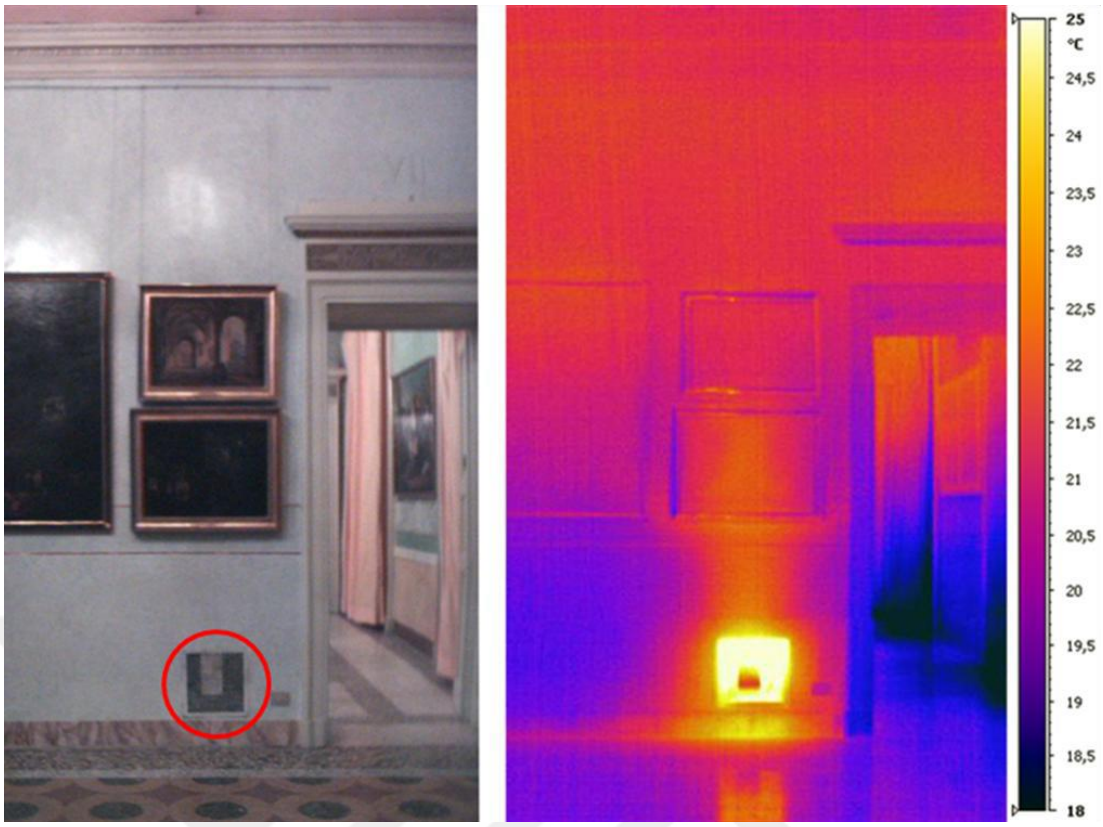
Müzelerde iklim denetim uygulamaları kapsamında muhtemel risklerin belirlenmesi için bazı temel ölçümler gerçekleştirilmektedir. Bu ölçümler; termodinamik ve psikrometrik yasalar çerçevesinde bina içindeki hava hacminde gerçekleşen enerji ve nem alışverişleri ile ısıl konforun değerlendirilmesine olanak sağlayan fizyolojik değişkenlere yöneliktir.

Ölçme; bilginin belirli bir mod ve teknik kullanılarak tek seferlik edinimi iken, izleme; uzun bir süre boyunca gerçekleştirilen ölçümlerin değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. Ölçüm ve izlemelerin mümkün olan en yüksek doğrulukla

gerçekleştirilmesi, tüm uygulama basamakları için önem arz etmektedir. Müze iç mekânlarında gerçekleştirilen ölçümlerde problar, sensörler, veri kaydediciler gibi teknik alet ve düzenekler kullanmaktadır. İzleme ise, incelenen hacmin bir veya daha fazla uzamsal noktadaki değişkenlerini, ölçümde kullanılan aletler vasıtasıyla toplayan grafik, yazılım ve simülasyon gibi sistemleri içermektedir. Bir iç mekân izleme planı için aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Ölçüm periyodu ve ölçüm süresi,
- Ölçüm yapılacak tanımlı bölge sayısı,
- Ölçüm cihazlarının doğruluğu,
- Ölçüm cihazların maliyet ve işletim bedelleri,
- Verinin uzaktan (çevrim içi) ya da yerinde denetlenip toplanması (Pretelli, Fabbri, 2018, 45).

Müzelerde ve diğer yapılarda birden fazla iklim bölgesi (bodrum kat, üst katlar ve çatı katı gibi) bulunabildiği gibi sergi, depo ve çalışma alanları dâhil herhangi bir hacim de birden fazla yerel iklimsel özelliklere sahip olabilmektedir. Örneğin aynı kapalı hacimde güney ya da kuzeye bakan dış duvarlara, hava akışının daha fazla olduğu havalandırma menfezlerine, kapılara ve pencerelere yakın bölgelerde bağıl nem ve sıcaklıkta farklar oluşmaktadır. Bu durum, hasar potansiyelinin arttığı sınır değerlerinin aşılmaması kaydıyla normaldir. Bununla birlikte günümüzde çevresel dalgalanmaların koleksiyonlara verebileceği hasarı öngörebilmek için, tanımlı hacim içindeki higrotermal alışverişin görselleştirildiği simülasyonlar, kızıl ötesi termografiler ve üç boyutlu dijitalleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Resim 21'de Milano'da bulunan Villa Reale yapısısının (Milano Modern Sanat Galerisi olarak hizmet veriyor) bir odasında, hava girişinin resimler üzerindeki ısıl etkilerini analiz etmek ve yüzey sıcaklıklarını tanımlamak için kullanılan bir simülasyon gösterilmektedir (Thickett ve diğ., 2013, 325-337).



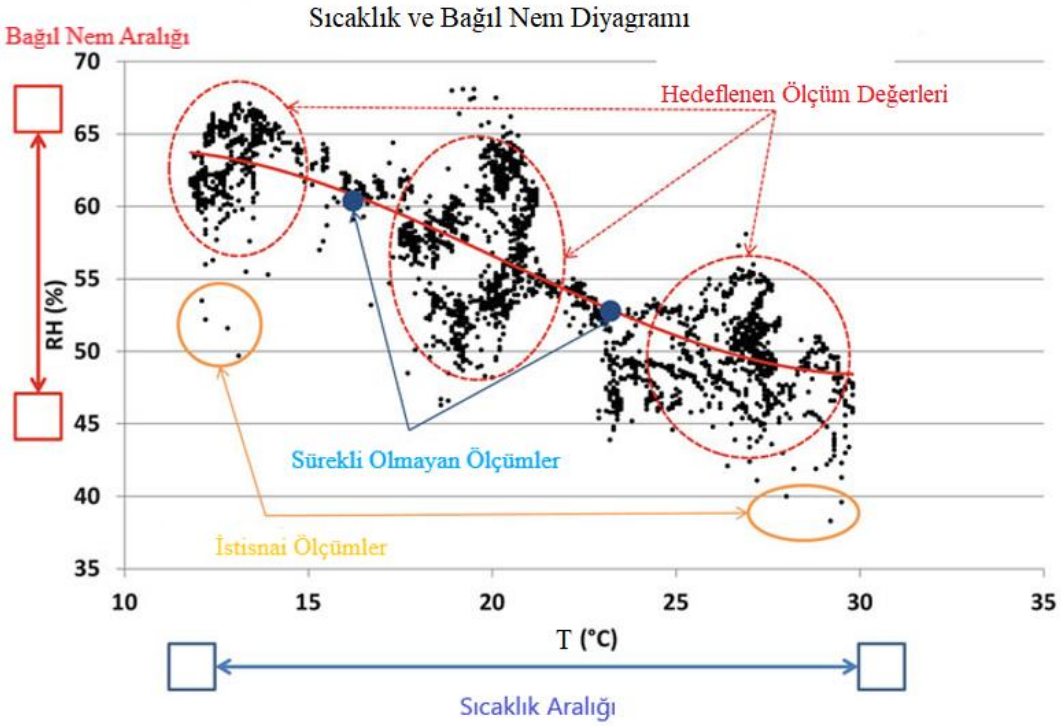
Resim 21: Hava girişinin bir oda içerisindeki ısıl değişime olan etkisini gösteren simülasyon örneği

Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani: 115.

Müzelerde etkili bir iklim denetimi tesis etmek üzere isabetli kararlar alabilmek için öncelikle mevcut iklimi etraflıca inceleyebilmek gerekir. Bunun için sıcaklık ve bağıl nem en az bir yıl boyunca izlenmelidir. Ölçümlerin binanın farklı bölümlerini hatta açık havayı da kapsaması önerilir (Uğuryol, 2012a, 103). İzlemenin, verileri düzenli olarak kendi belleğine kaydeden ya da kablosuz olarak merkezi bir bilgisayara aktaran veri kaydediciler ile gerçekleştirilmesi fayda sunmaktadır. Tahribatsız olarak kullanılabilmelerinden ötürü bu tür cihazlar, tarihi binalarda tercih edilmek üzere önerilmiştir (Staniforth, 1997, 5-6).

Merkezi bir birimde toplanan ölçüm verilerinin yorumlanması farklı teknikleri içermektedir. Bunların en yaygınları; ölçümlerin sıralandığı tablolar, tanımlı bir zaman diliminde tek bir değişkenin görselleştirildiği grafikler (örneğin sıcaklık-zaman grafikleri), iki iklimsel değişkenin zaman fonksiyonu dâhilinde işlendiği diyagramlar (sıcaklık-bağıl nem diyagramları), belirli bir hacim için değişkenleri görselleştiren

haritalar ve değişkenlerin simule edildiği üç boyutlu gösterimlerdir. Sebebi bilinen sıra dışı değişim bilgilerinin (istisnai durumların) grafiğin/diyagramın üzerine yazılı olarak kaydedilmesi, verileri yorumlamada karışıklığı önlemektedir. Verilerin tablolara aktarımı günlük değerlendirmeler için yeterliyse de, uzun dönemler söz konusu olduğunda grafik gösterimi daha kullanışlıdır. Zira vitrin içi, salon veya dış ortam sıcaklık ve bağıl nem durumu aynı grafikte gösterilebilir. Grafikte yorumlanan bağıl nem aralığının, ölçümlerde kullanılan aletin doğruluğundan (± simgesi ile gösterilen aralık) makul oranda geniş seçilmesi gerekir (Uğuryol, 2012a, 103)[23]. Şekil 18'de örnek bir bağıl nem-sıcaklık diyagramı gösterilmiştir. Diyagram, bir mekânın karakteristik mikro iklimlendirmesini tanımlamaktadır. İç mekân ölçüm değerlerinin noktasal gösterimi kümeleşmiş olarak verilmektedir. Yoğun bir nokta bulutu, dalgalanmalara daha az maruz kalan, daha sabit bir iklimi işaret etmektedir. Bu yolla, değişkenler arasındaki bağıntı hakkında değerlendirme yapmak ve bulutun ana gövdesinden sapan noktaların gösterdiği anormallikleri gözlemlemek mümkündür (Pretelli, Fabbri, 2018, 56).

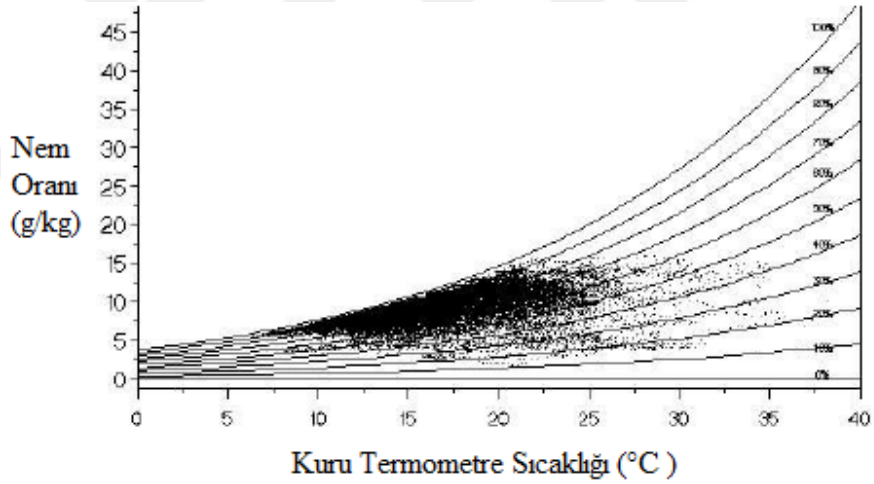


Şekil 18: Sıcaklık ve bağıl nem diyagramı

Pretelli, Marco, Kristian Fabbri. 2018. **Historic Indoor Microclimate of the Heritage Buildings**. Springer International Publishing: 56.

[23]Örneğin %±5 doğrulukta bağıl nem ölçen bir aletten edinilen verilerle çizilen bir grafikte %65-75 RH aralığını yorumlamak sağlıklı olmayacaktır.

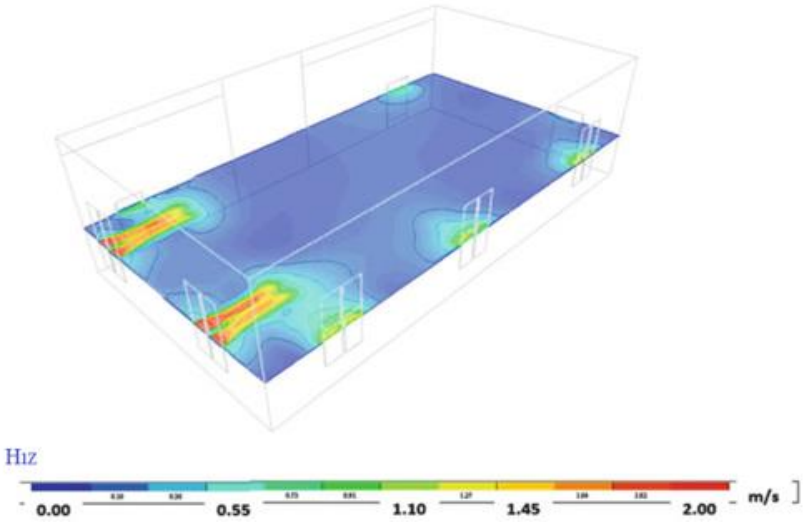
Psikrometri ise iç mekânlarda konfor ve işlevselliğe yönelik uygulamaları dikkate alarak 10°C ila 40°C arasındaki sıcaklıklarda, atmosfer basıncında havanın termodinamik davranışını (fiziksel boyutlar, enerji ve kütle değişimleri) inceleyen disiplindir. Psikrometrik çizelgeler, x ekseninde kuru hazneli bir termometre ölçümünü, y ekseninde ise bir kilogram kuru havanın su buharı içeriğini (mutlak nem) gösteren araçlardır (Şekil 19). Sıcaklık, mutlak nem değerleri ve bağıl nem eğrilerinin birlikte bulunduğu bu diyagrama aylık, yıllık ölçümlerin noktasal olarak işlenmesiyle oluşan kümeleşmeler, bulundukları bölgelere ve meydana getirdikleri desenlere göre yıllık iklim durumunu bir bakışta yansıtırlar. Ayrıca grafik üzerinde hedeflenen iklimsel değerlere karşılık gelen bölge işaretlenerek gösterilebilir. Değerlerin bu şekilde gösterimi, binadaki konforun iyileştirilmesi ve teknik sistemlerin tasarımı ile işleyişinin ilgili bir alanda optimum seviyeleri garanti edip etmediğinin tespit edilmesi için yararlı olabilmektedir.



Şekil 19: Psikrometrik Grafik

Maekawa, Shin, Franciza Toledo. 2001b. Sustainable Climate Control for Historic Buildings in Hot and Humid Regions. **PLEA 2001: The 18. Conference on Passive and Low Energy Architecture, 07-09 November 2001.** Florianopolis: 4.

Bir hacim içerisinde belirli aralıklarla yerleştirilmiş problardan sağlanan ölçüm bilgileri aynı zamanda iklim değişkenlerinin uzamsal eğiliminin saptanmasında kullanılmaktadır. Fiziksel değişkenlerin uzamsal dağılımını gösteren iç mekân mikro iklim haritaları; durağan havanın, yüksek bağıl nemin, yatay veya dikey olarak katmanlaşan hava sıcaklığının veya bozulmanın meydana gelebileceği yerlerin bütüncül gösterimini Şekil 20'de olduğu gibi sunmaktadır (Pretelli, Fabbri, 2018, 61).



Şekil 20: Bir iç mekândaki ısıl farkların simülasyonu

Pretelli, Marco, Kristian Fabbri. 2018. **Historic Indoor Microclimate of the Heritage Buildings**. Springer International Publishing: 61.

5.4.6. İklim Denetimi Referansları

Standartlar; verimlilik, kalite ve yeniliği teşvik etmeleri bakımından uzmanlaşmanın bir ifadesidir. Genel olarak, nesne, süreç ve hizmet üretme yöntemlerini ölçmek üzere kullanılırlar. Böylece yeterlilik ve düzen sağlayarak ortak bir yöntemin takip edilmesine yardımcı olurlar. Müzeler ve kültür varlıkları için de, farklı türden kurum, kuruluş, endüstriyel ürün ve hizmetlerde olduğu gibi, bazı ulusal ve uluslararası standartlar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra müzeler bulundukları ülkelere göre belirli yasa, yönetmelik ve bazı normlar üzerinden işleyen yönerge vb. iç şartnamelere de sahiptir. Bu bağlamda müzeler, zorunlu ya da isteğe bağlı olmak üzere farklı referansları tercih etmektedirler. Yasalar düzenleyici bir çerçeve sağlayarak standartların uygulanmasını desteklemektedir. Standartlar ise genellikle yasalar ve politik düzenlemelerden daha ayrıntılı ve daha esnek şekilde tasarlanmaktadır. Önleyici korumada ve iklim denetiminde de standart ya da referans olarak tanımlanabilecek birçok uygulama mevcuttur. Bu uygulamalar nesnelerin korunmasını ve bakımını ele alan kamuya açık veya kapalı düzenlemeleri, resmi veya gayriresmi belgeleri, çeşitli sözleşmeleri ve yazılı bir biçimde olsun veya olmasın genel kabul görmüş yöntemleri referans almaktadır (Henderson, Dai, 2012, 21).

Standartlar içeriklerine göre dört temel türe ayrılmaktadır. Bunlar “ölçüm standartları”, “süreç standartları”, “performans standartları” ve “birlikte çalışabilirlik

standartları"dır (Henderson, Dai, 2012, 23). Sayılan her bir standart türü iklim denetiminde de kullanılabilmektedir. Örneğin ölçüm standartları, müzelerde çevresel değişkenlerin izlenmesi için kullanılan teknik cihazların özelliklerini belirlemektedir. Böylece üreticiler ve bunları satın alan müşteriler için metrik ölçüm ve sayısal referanslar sunmaktadır. Koleksiyonların korunmasına yönelik pek çok standart %50 ila %55 arasında bağıl nem seviyesi gibi ölçülebilir değerleri kullanarak iklimlendirme performansını değerlendirmektedir. Süreç standartları ise normatif faaliyetler düzenlemek, test sistemleri tanımlamak, yöntemlerin tutarlı ve tekrarlanabilir bir şekilde işlemesini sağlamak üzere geliştirilen standartlardır (Henderson, Dai, 2012, 23). Örneğin "Oddy testi", koleksiyonların güvenle korunması için kullanılacak malzemelerin uygunluğunu değerlendirmek üzere geliştirilmiş ve zamanla yaygın kabul görerek süreç standardına dönüşmüş bir testtir. Test, kapalı ve sızdırmaz bir hacim içinde çalışılacak malzemeden açığa çıkan zararlı bileşenlerin parlak gümüş, bakır ve kurşun plakalar üzerinde yol açtığı değişimi (korozyonu) tespit etmeye odaklanmaktadır (Oddy, 1975,235-237). Performans standartları, kıyaslama üzerinden ilerleyen ve uygulamada daha yüksek seviyeyi teşvik eden düzenlemelerdir. Örneğin, ASHRAE'nin koleksiyonların yapısına, bulunduğu binaya ve kurum tipine bağlı olarak önerdiği farklı iklim denetim sınıfları, performans standartlarının örnekleridir. Birlikte çalışabilirlik standartları ise süreç ve performansı öngörmeyen ancak uyumluluk üzerinden ilerleyen sabit formatlardır (Henderson, Dai, 2012, 23). Müzelerde iklim denetimi özelinde çalışan ölçüm cihazlarının sensörleri ve sensörden alınan verilerin bilgisayarlarda işlendiği yazılımlar arasındaki bağıntı, birlikte çalışabilirlik standartlarının örnekleridir.

Uygun olmayan çevresel koşullarda kültür varlıklarının zarar görmesi, standartları oluşturma çabalarının başlangıç noktasıdır. Son yüzyıl boyunca kültür varlıklarına zarar veren çevresel etkilerin yoğun bir şekilde incelenmesi ve tartışılması, onların korunması ve sergilenmesi için iklimsel standartların geliştirilmesine yol açmıştır. Asıl amaç, müze koleksiyonları için "tamamen güvenli" olacak ve dünya çapında uygulanabilecek iç mekânlar oluşturmaktır. Müzecilik alanında geçen yüzyılın ortalarından itibaren yaygınlaşan hedeflerde, farklı malzemeler ve farklı nesne grupları için belirli sıcaklık ve bağıl nem aralıkları ile kabul edilebilir dalgalanma sınırları tanımlanmıştır. Uygulamada bu öneriler ancak kapsamlı teknik kurulumlarla veya bu hedefleri karşılamak için özel olarak inşa edilmiş binalarla gerçekleştirilebilmektedir.

Bu sınırlar içindeki iklim koşulları genellikle koleksiyonlar için "zararsız" ve "güvenli" olarak kabul edilmiş, bu "standartlar" dışındaki koşullar ise "tehlikeli" olarak değerlendirilmiştir. Ne var ki çoğu zaman bu öngörüler, nesnenin gerçek bozulma durumuna bakılmaksızın, yalnızca iç mekânda ölçülen değerlerin önerilen değerlere yaklaştırılması kaygısıyla oluşturulmuştur (Schulze, 2012, 81-82).

Referanslar genellikle iç mekân ikliminin istatistiksel olarak temsil edildiği üç ana bileşenle ilgili tavsiyelerde bulunmaktadır. Bunlar; "yıl boyunca uzun vadeli ortalama seviyeleri", "mevsimsel döngüleri" ve "kısa vadeli dalgalanmaları" içermektedir. Bölüm 4'te müzelerde iklim denetiminin tarihsel gelişimi incelenmiş ve referansların oluşumu irdelenmiştir. Yaygın şekilde atıf yapılan en temel iklim denetimi referansları Tablo 5'te sırasıyla verilmektedir.

Tablo 5: Müzelerde İklim Denetimi Referansları

YIL	**STANDARDIN / ÖNERİNİN KAYNAĞI**	**SICAKLIK [°C]**	**BAĞIL NEM [%]**		
			UZUN SÜRELİ ORTALAMA	MEVSİMSEL DÖNGÜ	KISA SÜRELİ DALGALANMA
1978	Garry Thomson "The Museum Environment"	19 (kış)-24 (yaz) aralığında	50-55	-	±5
		Bağıl nemi sabit tutmak için makul ölçüde durağan	40-70		
1979	Kanada Konservasyon Enstitüsü	21 (Mevsimsel duruma göre 20 – 25 arası değişme izin verilir.)	47-53	38-55	±2
1994	National Trust	5-22	58	50-65 (1. Seviye)	
				40-75 (2. Seviye)	
1999	ASHRAE	15-25	50 veya tarihi yıllık ortalama	Yok	±5 (AA Sınıfı)
				Yok	±10 (A* Sınıfı) *Mevsimsel değişime izin verilmeyen A sınıfı
				+10 (yazın) -10 (kışın)	±5 (A** Sınıfı) **Mevsimsel değişime izin verilen A sınıfı
				+10 (yazın) -10 (kışın)	±10 (B Sınıfı)
				25- 75 (C Sınıfı)	
				<75 (D Sınıfı)	
2006	National Trust	5-22	50- 65	-	-
2007	Smithsonian Enstitüsü	21	45	-	±8
2009	Ulusal Müze Yöneticileri Konferansı (Birleşik Krallık)	16- 25	40-60		
2010	Avrupa Standardı (EN15757: 2010)	Herhangi bir sınır verilmemiş	Yıllık tarihi ortalama	Yıllık mevsimsel döngü	±10 veya tarihi iklimden hesaplanmış hedef aralığı

Bratasz, Lukasz. 2013. Allowable Microclimatic Variations in Museums and Historic Buildings: Reviewing the Guidelines. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 15-16.

Müzelerde iklim denetimini destekleyen güncel standartlar şunlardır:

- İç mekân iklim koşulları, havalandırma stratejileri ve bunların uygulanması için genel teknik çözümler ile enerji performansı ve sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik önlemleri içeren BS EN 15759-1:2011 ve BS EN 15759-2:2018,
- İç ve dış ortamlarda havanın ve kültür varlıklarının yüzey sıcaklığını ölçmek ve ölçümde kullanılan aletlerin asgari yeterliliklerini belirlemek için kullanılan BS EN 15758:2010,
- Havadaki nemi ölçmek için uygun prosedürleri ve bu tür ölçümler için kullanılan aletlerin asgari özelliklerini uygun bir doğruluk seviyesinde belirlemede kullanılan BS EN 16242:2012,
- Kültür varlıkları üzerinde çevresel parametrelerin (bağıl nem, hava sıcaklığı, toz, kirleticiler ve ışık) etkisini sınırlandırmak için geliştirilen vitrinleri tanımlayan BS EN 15999-1:2014.

5.4.7. Koruma Ölçütleri (Preservation Metrics)

Pek çok müze, kütüphane ve arşiv; çevre ve koleksiyonlar arasındaki etkileşimin karmaşık yapısını değerlendirmeksizin, genel kabul görmüş sıcaklık ve bağıl nem hedeflerine erişmeye çalışmaktadır. Ancak nesnelerin güvenle saklanabileceği koşulları ve zarar görmelerine yol açan iklimsel çevreleri birbirinden tümüyle net bir şekilde ayıran bir ölçüt bulunmamaktadır. Bununla birlikte az sayıda kurum söz konusu hedef iklimsel koşulları sağlamayı başarabilmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen koruma ölçütleri; sıcaklık ve bozulma süreci, nem ve maruz kalma periyodu gibi karmaşık denklemleri kolaylaştırmak ve elde edilen veriler sonucunda çevresel koşulları "iyi" ya da "kötü" olarak nitelendirmek üzere tahminler oluşturmaktadır. Bunların dışında kirletici gaz ve partiküllerin sebep olduğu bozulma süreçlerini ve ışık kaynaklı hasarın boyutlarını sistemli bir şekilde değerlendiren koruma ölçütleri de geliştirilmektedir.

Bir koleksiyonun maruz kalabileceği risklerin değerlendirilmesi yalnızca koleksiyonu oluşturan nesnelerin yapısal özeliklerinin ve hassasiyetlerinin bilinmesi ile mümkündür. Örneğin metal nesneler içeren bir koleksiyonunun birincil zayıflığı, nesne üzerinde küf oluşumu değil, oksitlenmeye yatkınlıktır (Nishimura, 2007, 3). Buna göre söz konusu koleksiyonun korunması için ölçütler belirlenirken, malzeme özelinde bir değerlendirme ve ölçüm gerekmektedir.

Koruma ölçütleri; karmaşık dinamik bozulma mekanizmalarının basitleştirilmiş nicel göstergelere birlikte analiz edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca koleksiyonların korunması için tekrarlanabilir bir standart oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır. Konuya yönelik gelişmekte olana literatür; kimyasal bozulma ve nesnenin yaşam (sergileme ve bilgi edinme için kullanılabilme) süresi arasındaki bağıl ilişkiyi ele alan isopermleri, fiziksel/mekanik hasarı açıklamaya çalışan denge nem içeriği bağıntılarını, bağıl nemin etkisini ölçeklendiren boyutsal değişim gözlemlerini, biyolojik saldırıyı değerlendiren küf risk faktörünü ve zaman ile koruma hedefini birlikte formüle eden zaman ağırlıklı koruma endeksini içermektedir (Gonçalves, 2016, s.y.).

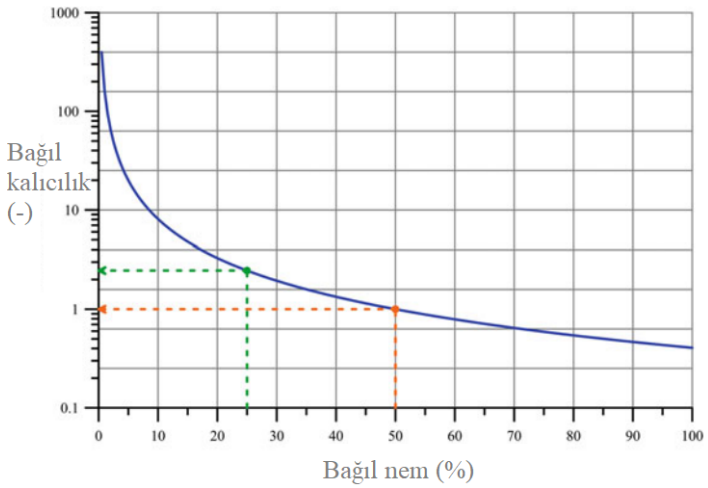
5.4.7.1. Koruma Endeksi ve Zaman Ağırlıklı Koruma Endeksi

Rochester Teknoloji Enstitüsü (Rochester Institute of Technology) bünyesindeki Görüntü Kalıcılık Enstitüsü (Image Permanence Institute), depolama ortamlarının niteliklerini değerlendirmek üzere koşulları analiz eden bir dizi yönerge geliştirmiştir. Koruma Endeksi (Preservation Index, PI) ve Zaman Ağırlıklı Koruma Endeksi (Time Weighted Preservation Index, TWPI) olarak tanımlanan bu yönergeler, organik malzemelerin bozulması üzerinde sıcaklık ve bağıl nemin doğrudan etkisini ele almaktadır. Koruma Endeksi değerleri, sabit sıcaklık ve bağıl nem seviyesinde herhangi bir organik nesnenin dayanacağı yaklaşık süreyi temsil etmektedir. Yönergede dayanma olarak ifade edilen kavram, nesnede meydana gelecek herhangi bir bozulmanın fark edilir hale gelene kadar geçmesi gereken süre üzerinden açıklanmaktadır. Bu doğrultuda PI değerleri, hızlandırılmış yaşlanma testleri çerçevesinde elde edilen verileri zaman bağıntısı özelinde işlemektedir (National Film and Sound Archieve of Australia, [08.11.2020]). Yıl cinsinden ifade edilen PI değerlerinde, sıcaklık ve bağıl nem seviyeleri ölçüm başlangıcından sonuna kadar sabit tutulmakta ve çevresel koşullardaki dalgalanma eğilimleri yönergeye dâhil edilmemektedir (Nishimura, 2007, 4). Zaman Ağırlıklı Koruma Endeksi ise bozulmanın bazı koşullarda daha hızlı ilerlediğini yansıtan ve mevsimsel değişikliklerin uzun vadeli ölçümlerle dâhil edildiği daha hassas bir yönergeyi tanımlamaktadır (National Film and Sound Archieve of Australia, [08.11.2020]). Bu doğrultuda TWPI, kimyasal reaksiyonların hızlarını (reaksiyon kinetiği) temel almakta ve dinamik koşullar için bozulma güzergâhını tanımlamaktadır (Nishimura, 2007, 4). Zira pek çok depo ve sergi alanı sabit iklimsel koşullara sürekli olarak sahip

olmadığından, bozulma sürecini tahmin etmede koşulların sabit kalacağı ön kabulü gerçekçi bir koruma planı için yetersiz kalmaktadır.

5.4.7.2. Bağıl Kalıcılık

Donald Sebera tarafından tanımlanan isoperm kavramı, farklı sıcaklık ve nem seviyelerinde Bağıl Kalıcılık (Relative Permanence/RP) için hızlandırılmış yaşlanma tekniklerinden elde edilen verileri ve kimyasal tepkimelerdeki kinetik ilkeleri kullanmaktadır. Burada bağıl kalıcılık, nesnenin referans durumundaki niteliklerde geçirebileceği azami süreyi tanımlamaktadır (Nishimura, 2007, 4). Kimyasal olarak kararsız nesnelerin bağıl kalıcılığı belirlenirken, %50 bağıl nem seviyesinde ve 20°C sıcaklıkta 1 olduğu var sayılan bağıl kalıcılık değeri referans (Şekil 21'deki turuncu kesikli çizgi) alınmaktadır. Buna göre çizilen logaritmik eğri isoperm olarak adlandırılmaktadır. Bağıl nem azaldıkça logaritmik düşey eksende kalıcılığın arttığı Şekil 21'de görülmektedir. Şekildeki yeşil kesikli çizgi, neme bağlı kimyasal bozulma reaksiyonlarına giren malzemelerin bağıl kalıcılığının, nem seviyesinin yarıya düşmesiyle arttığını göstermektedir. Bu, beklenen ömrü 30-100 yıl olan kimyasal olarak kararsız bir koleksiyonun, bağıl nemin %50'den %25'e düşürülmesi durumunda 2–2,5 kat daha uzun süre bozulmadan dayanabileceğini işaret etmektedir. Diğer bir deyişle, %25 bağıl nemde koleksiyonun beklenen ömrü 75–250 yıl olacaktır (Ankersmith, Stappers, 2017, 35-36).



Şekil 21: Isoperm eğrisi

Michalski Stefan. 2002. Double the Life for Each Five-Degree Drop, More than Double the Life for Each Halving of Relative Humidity. **ICOM Committee for Conservation, Preprints of the 13. Triennial Meeting, 22–27 September 2002.** Rio De Janeiro: 66

5.4.7.3. Küf Risk Faktörü

Koleksiyonlardaki en yaygın biyolojik sorunlardan biri küf gelişimidir. Bu durumun önüne geçmek üzere geliştirilen Küf Risk Faktörü (Mould Risk Factor, MRF), küf gelişimi için optimum bir sıcaklığın ve bağıl nem seviyesinin tespit edilmesini gerektirmektedir. Gelişime en elverişli koşullar dışındaki tüm çevresel koşulların bu referans üzerinden ölçeklendirilmesi söz konusudur. Ölçeklendirmede kullanılan sınır değerler ve bir dizi sabit varsayım; konservatörlerin gözlemlerini, bakliyat ve tahıllar gibi tarım ürünlerinde gerçekleştirilen mikrobiyolojik deneyleri ve laboratuvar koşullarında bilinçli bir şekilde yapılan mikroorganizma çoğaltma ve geliştirme çalışmalarını referans almaktadır (Nishimura, 2007, 6).

5.4.7.4. Nem İçeriği ve Boyutsal Değişim Ölçütleri

Mekanik hasarın öngörülmesinde, Asgari ve Azami Denge Nem İçeriği (Minimum Equivalent Moisture Content, MinEMC ve MaxEMC) ölçütleri kullanılmaktadır. Organik nesnelerde bağıl nemin sebep olduğu küf gelişiminin ve kimyasal bozulmanın dâhil edilmediği bu yönerge, yalnızca bağıl nem kaynaklı fiziksel hasarı formüle etmektedir. Azami Boyut Değişimi ise (Maksimum Dimensional Change, Max %DC) organik nesnelerde meydana gelebilecek boyutsal değişimi ve fiziksel hasarı çevresel etmenler üzerinden derecelendirmektedir. Buna göre ilgili nesnenin boyutlarındaki azami ve asgari değişim, gerçekleşecek bozulma için sınır değerlerini oluşturmaktadır (Nishimura, 2007, 8-10).

5.4.8. Sürdürülebilirlik

Müzecilik literatürü koruma ile sürdürülebilirlik arasındaki potansiyel çatışma üzerine pek çok tartışmayı içermektedir. Korumanın değişimin dikkatli yönetimi olduğunu belirten Staniforth (2007c, 12-13), nesnelerin başlangıç niteliklerinde tutulamayacağını ancak değişme oranlarının ve zamanın etkisinin sınırlandırılabileceğini savunmaktadır. Bu noktada korumanın tanımının sürdürülebilirliğin tanımını da kapsadığını belirtmektedir.

Sürdürülebilirliğin üç temel bileşeni bulunmaktadır. Bunlar ekonomik, çevresel ve sosyal unsurlardır. Gönüllülük ve bağış odaklı işletimlere sahip olmayan özellikle küçük ölçekli müzeler için ekonomik sürdürülebilirlik oldukça sorunludur. İkincisi ise müzelerin insanları iyi ve doğru olana yönlendirmede potansiyel gücünü temel alan

çevresel sürdürülebilirlik yaklaşımıdır. Sosyal sürdürülebilirlik ise erişim sağlama, öğrenmeyi destekleme ve keyif verme şeklindeki müze işlevlerinin devamlılığını hedeflemektedir. Buradan hareketle iklim denetimi özelinde sürdürülebilirlik için sergi ve depo alanlarında asgari koruma seviyelerini öngören iklim denetim sınıfları önerilmekte ya da enerji sarfiyatını düşürecek pasif önlemler teşvik edilmektedir. Staniforth, sürekli kullanım için müze yapılarında özellikle enerji temini gibi konularda çevreci ve tasarruflu değişimlerin gerçekleştirilebileceğini savunmaktadır (Staniforth, 2007c, 12-13). Padfield ise daha çevreci veya daha verimli işletimler için müze olarak kullanılan bir tarihi binanın mevcut tarihi iklimlendirme yönteminin değiştirilmesiyle, müze yapısı üzerindeki bütüncül etkinin göz ardı edilebileceğine dikkat çekmektedir. Sürdürülebilirlik çerçevesinde gerçekleştirilen uygulamaların aslında geçmişteki toplumların pratik ve akılcı çözümlerini yok edebileceğine yönelik endişelerini belirtmektedir (Padfield, 2007, 15). Kozlowski ise enerji tasarrufu sağlayan sürdürülebilirlik kavramı ile tarihi iklim denetim sistemlerini koruma arasında bir bağlantı kurulabileceğini, binaların tarihi iklim denetim sistemlerinden yararlanarak veya böyle sistemlerin geliştirilmesi yoluyla korunabileceğini ve aynı zamanda enerji tasarrufu elde edilebileceğini işaret etmektedir (Kozlowski, 2007b, 17-18).

Throsby ise ekonomik bir bakış açısıyla kültürel mirası; kültürel sermaye ve sürdürülebilirlik üzerinden tanımlamaktadır. Bu anlamda geçmişten miras alınan ve geleceğe taşınacak olan nesneleri, yeni yatırımlarla sürdürülebilen ekonomik birer değer olarak tasavvur etmekte, kültürel sermaye olarak atfettiği bu değerleri temiz hava, su ve doğal enerji kaynakları gibi ekolojik sınırlar dahilinde olabildiğince çevreci yaklaşımlarla korumak üzere toplamanın gerektiğini aktarmaktadır (Throsby ve diğ., 1998, 19).

Müzelerde nesnelerin bozulma süreçlerini yavaşlatan sürdürülebilir geleneksel koruma uygulamaları mevcuttur. Bu bağlamda ziyaretçilerin erişemedikleri depo alanları için gelecek nesiller gözetilerek daha nesne odaklı koruma önlemleri alınırken, sergi alanları gibi izleyicinin doğrudan erişebildiği yerlerde beşeri konfor koşulları ve ilgi çekici müze sergi yöntemleri tatbik edilmektedir. Böylece hem müze koleksiyonları hem de müze amacı sürdürülmektedir. Bağlantılı bir diğer yaklaşım ise "sürdürülebilir kalkınma" olarak tanımlanan ve gelecek nesillerin erişim hakkına saygı duyularak, günümüz izleyicilerinin koleksiyonları tecrübe etmelerini destekleyen yeni

sosyal ve endüstriyel etkinliklerin yaratılmasını içermektedir. Bu sebeple günümüz müzelerinin başa çıkması beklenen sorunlarından biri de bahsedilen kavramlarla bağıntı sağlamış koleksiyon yönetim politikalarıdır (Ashley Smith, 2002, s.y.). Zira müzeler, genişletilmiş koleksiyonlarını gelecek nesillere aktarma yükünü etkili bir şekilde karşılayamayacak derecede kalabalıktır ve bu çoğu müzenin sürdürülebilir olamamasını açıklamaktadır (Merriman, 2008, 3-21).

Kamuya adanmış kurumlar olarak müzeler; eğitim, iletişim ve koruma niyetleriyle nesneler toplamaktadır. Ancak toplama etkinlikleri her geçen gün büyüyen bir sorun oluşturmaktadır. Zira koleksiyonları gelecek nesiller için korumayı hedefleyen konservatörler gibi her zaman sabit bir çevreyi tahayyül eden çevre-bilimciler de çevre–nesne ilişkisinin durağan değil devingen bir süreç olduğunu kabul etmektedir. Bu bağlamda, nesneleri güvenle koruyacak çevresel düzenlemelerden ödün vermeden koleksiyonları genişletmenin mümkün olmadığı giderek daha yaygın kabul gören bir yaklaşım haline gelmektedir. Kâr amacı gütmeyen kurumlar olarak pek çok müze, artan sergileme ve daha büyük oranda depolama maliyetlerini karşılayamamaktadır. Örneğin, Galler Ulusal Müzesi uygun depolama alanları olmamasına rağmen her yıl 40.000 yeni nesneyi envanterine dâhil etmektedir. 2004 yılında bu durum, envantere kayıtlı 4,7 milyon nesnenin yaklaşık %22'sinin çok kötü koşullarda, %40'tan fazlasının yeterince iyi olmayan koşullarda depolanması ile sonuçlanmıştır. Özellikle arkeolojik koleksiyonların su basan bir alt bodrumda muhafaza edilmesi, müze depolarının unutulmuş eserlerle dolu olduğu yönündeki kamuoyu algısını desteklemektedir. Bu kriz, müzelerin koleksiyon yönetiminin ihtiyaçları ile bu ihtiyaçları karşılamak için gerekli mali kaynaklar arasındaki genişleyen uçurumu kapatabilecekleri yöntemleri belirleyen net bir stratejinin üretilmemesi ile daha da derinleşmektedir. Böylece müzeler bugünün ziyaretçisine eğitim, iletişim gibi amaçlarla sunamadığı nesneleri gelecek nesiller için de koruyamaz nitelik arz etmektedir (Betts, 2004, 3-21).

Sorunun küratöryal ve idari yansıması ise müze koleksiyon yönetim politikası için neyin "değerli", neyin "gerekli" ve neyin "öncelikli" olduğunun belirlenmesine yönelik zorunluluktur. Merriman'a (2008, 3-21) göre belirtilen kaygılarla müzenin edineceği oranda nesneyi elden çıkarması bir seçenektir. Dresner, bu durumda sürdürülebilirlik ve özellikle sürdürülebilir kalkınmayı, koleksiyonun genişlememesi

değil, aksine genişlemeyi kaynaklara zarar vermeyecek şekilde yönetme girişimi olarak tarif etmektedir (Dresner, 2002, 30-37).

5.4.9. Verim ve Tasarruf

Geçtiğimiz yüzyıl içinde kültür mirası kategorilerinin genişlemesi, kültür turizminin yaygınlaşması, iç mekânlarda uygulanan katı iklim hedeflerinin küresel çapta kabul görmesi ve yabancı kurumların talep ettiği çevresel gereklerin hassaslaşması; müze iç mekânlarının iklimlendirilmesinde hem merkezi sistemlerin hem de taşınabilir donanımların verimli kullanımını gerektirmiştir (Cassar, 1995, 12; Peters, 1996, 12-18).

Günümüzde koleksiyonların daha önce tavsiye edilen bağıl nem ve sıcaklık seviyelerinden daha geniş aralıklarda güvenle korunabileceği yaklaşımı giderek artan bir uzlaşıyla kabul görmektedir. Dahası kapsamlı iklim denetim sistemlerinin işletim giderlerinin ve enerji tüketimlerinin yeniden planlanmasını içeren araştırmalar, bağıl nem dalgalanmalarını azaltma maliyetinin izin verilen dalgalanma aralığı sınırlandırıldıkça katlanarak arttığını göstermektedir (Mecklenburg, Tumosa, 1999, 77-82). Bu durum baş edilmesi güç bütçe sorunlarına ve yüksek enerji tüketimlerine yol açmaktadır. Bununla birlikte teorik katı iklim hedeflerinin pratikte başarım oranlarının oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Hollanda'da gerçekleştirilen ve 20 müzeyi kapsayan bir araştırma, büyük finansal yatırımlara rağmen çalışılan müzelerde hedeflenen hassas çevresel koşulların tam olarak elde edilemediğini kaydetmiştir (Martens, 2012, 92-93). Zira sensörlerle donatılmış, kesintisiz olarak tam kapasite ile çalışan, yüksek kurulum ve işletim maliyetleri getiren bir HVAC sistemi kullanan müzelerde bile hedeflenen iklim koşullarının sağlamasında (sabit veya belirlenen aralıkta tutulmasında) güçlük çekilebilmektedir. Bu durum gün içindeki büyük ısıl yük değişimleri ve hava dağıtım yollarının verimli tasarlanmaması gibi çok çeşitli etmenlere bağlı olarak meydana gelmektedir (Grygierek, 2016, 113-126; Martens, 2012, 92-93).

Müzeler için iklim denetim sistemleri edinmek ve kullanmak oldukça maliyetlidir. Farreny ve diğ. (2012, 98-106) İspanya'daki 28 müzede yürüttükleri araştırmanın sonucunda ortalama bir müzenin, toplam bütçesinin yaklaşık %30-40'ını iklim denetimine harcadığını tespit etmiştir. Bu sebeple iklimlendirme sistemlerinin yıl boyunca günde 24 saat çalışması gerektiği düşünüldüğünde, hedeflenen iklim

değerlerinin binanın yapısal nitelikleriyle uyumlu olarak ve makul sınırlar dâhilinde belirlenmesi önemlidir. Böylece bütçedeki iklim denetim payını düşürmek mümkün olabilmektedir (Webb, 2017, 748-759).

Son yıllarda enerji tüketimi ve koruma hedefleri arasındaki dengenin sağlanması amacıyla, sıcaklık ve bağıl nem denetimi için çeşitli yöntemleri analiz eden çok sayıda çalışma yayımlanmıştır. Artan yakıt ve enerji maliyetleri ve karbondioksit salımının kaygı verici seviyelere ulaşması, araştırma sayısındaki artışın sebeplerindendir. Bu araştırmaların özellikle 1995–2016 yılları arasında gerçekleştirilenleri; doğal havalandırma ile hava değişimi alternatifine, iklim dengesi için tampon alanların kullanımına, ısı kazanımlarını azaltmak için perde ve tentelerin tercih edilmesine, duvar yüzeylerinde neme duyarlı tampon uygulamalarına ve malzemelerin müze iklimi üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Çalışmalar neticesinde müzeler için doğru bina tasarımı ve kapsamlı personel eğitimi ile %30-50'lik bir enerji tasarrufu potansiyeli öngörülmüştür (Lucchi, 2018, 189). Bu nedenle kullanılan pasif çözümlerin yanı sıra, tarihi binalar için tasarlanan HVAC sistemlerinin verimli olarak işletilmeleri de önem kazanmıştır. Ancak bu seçeneklerin sürdürülebilirlik ve çevreye etki bakımından çeşitli dezavantajları (yüksek fosil yakıt/elektrik enerjisi tüketimi, yüksek karbon salımı), konuya yönelik endişelerin artışına sebep olmuştur (Lucchi, 2018, 189).

2008 yılında, aralarında Tate Müzesi ile Victoria ve Albert Müzesi'nden yetkililerin de bulunduğu bir grup İngiliz uzman, konservatör ve diğer paydaşlar müzelerde enerji sarfiyatına yönelik değerlendirmelerde bulunmak üzere bir araya gelmiştir. Müzelerin enerji kullanımını azaltma ihtiyacı ile koleksiyonları uzun süreli koruma hedeflerini uzlaştırmanın yollarını arayan çalışma grubu, yenilikçi yaklaşımların teşvik edilmesini değerlendirmiştir. Bu bağlamda açıkça belirlenmiş ihtiyaçlara daha iyi uyarlanan akılcı çevresel koşulların tesis edilmesi, hassas nesnelerin veya nesne gruplarının gereksinimlerinin doğru analiz edilmesi, doğal ve sürdürülebilir çevresel denetim yollarının araştırılması ve azami ölçüde kullanılması konuları ele alınmıştır. Bununla birlikte enerjinin verimli kullanılabilmesi için binaların yüksek ısıl kütleye sahip nitelikte, yüksek ısı yalıtımı ve düşük hava değişimi içeren yapıda inşa edilmeleri önerilmiştir. Bina içlerinde mikro iklimsel alanlar oluşturularak bölgesel verimliliğin artırılabileceği üzerinde durulmuştur (NMDC, 2008, 1-3).

Michalski (2007a, 23-27), iklimsel değişkenlerdeki dalgalanmanın verim, tasarruf ve çevre konularında kilit unsur olduğunu savunmaktadır. Dalgalanmalar konusunda alanda yeterli verinin hala mevcut olmadığını ve özellikle izin verilen dalgalanma aralığını esnetmenin çok yüksek enerji tasarrufu vaat ettiğini belirtmektedir. Sıcaklık değerinin pek çok nesne sınıfı için oldukça riskli olabileceğini gösteren laboratuvar çalışmalarına güvenmekle birlikte Michalski, uzun yıllar süren gözlemlerinin soğuk iklimlerde pek çok nesnenin -20°C gibi aşırı koşullarda bile iyi durumda kalabildiği yönünde olduğunu belirtmektedir. Burada bağlayıcı noktanın nesnenin bozulma eğilimi olduğunu değerlendirmektedir. Zira aktif bir şekilde bozulması devam etmeyen, kararlı bir resim örneğinin aşırı iklimsel koşullara mukavemet gösterebildiğini işaret etmekte ve saha ile laboratuvar koşullarının birbirinden farklı değerlendirmelere olanak verdiğini kaydetmektedir. Nesnede çevresel etkilere bağlı olarak gelişen ve duyularımızla gözlemlenemeyecek oranda küçük bozulmaların terazinin bir kefesinde olduğunu ve diğer kefede ise etkisini giderek daha fazla hissettiğimiz enerji tüketiminin azaltılması ihtiyacının bulunduğunu dile getirmektedir. İkilemin çözümü için ise sıcaklık ve bağıl nem gibi değişkenlerin kısa süreli ve uzun süreli dalgalanmalarının nesne üzerindeki etkisine yönelik belirsizliklerin giderilmesini önermektedir (Michalski, 2007a, 23-27).

Geleneksel iklimlendirme yöntemlerinin veya temel HVAC sistemlerinin enerji sarfiyatı üzerine yapılan model çalışmaları, değiştirilebilir sıcaklık ayar noktasının enerji tüketiminde %13'ten %70'e kadar avantaj sağlayabileceğini göstermiştir (Ascione ve diğ., 2009, 676-686).

ASHRAE'nin öngördüğü iklimlendirme sınıflarına yönelik olarak verimliliği değerlendiren bir çalışma Amsterdam'da yer alan The Hermitage Amsterdam'da gerçekleştirilmiştir. 17. yüzyıldan kalma bir yapı olan müze, 2009 yılında kapsamlı bir restorasyon süreci geçirerek Haziran 2015 ve Şubat 2016 tarihlerinde birer hafta süreyle verimli iklimlendirme özelinde test edilmiştir. Çalışma ASHRAE'nin sınırlarını çizdiği AA ve A iklim sınıflarını enerji tüketimi açısından, sabit 21°C ve %50 bağıl nem durumuyla karşılaştırmayı amaçlamıştır (Kramer ve diğ., 2016, 286-294).

ASHRAE, müze iç mekân iklimi ile ilgili bölümünde, sıcaklık ve bağıl nem için izin verilen seviyelere yönelik kısa vadeli ve uzun vadeli dalgalanmaları bir tablo şeklinde derecelendirmektedir. Tablo 6, AA sınıfından, D sınıfına kadar değişen iklimlendirme

seviyelerine göre düzenlenmiştir. Bunun yanı sıra, her sınıf için koleksiyonlara yönelik bir risk açıklaması belirtilmiştir. Örneğin, AA sınıfı çoğu eser için mekanik hasar riski barındırmazken, A sınıfı iklimlendirme çok hassas nesneler için yalnızca küçük bir risk teşkil etmektedir. AA, A ve hatta B sınıfları çerçevesinde gerçekleştirilen uygulamalar hassas iklimlendirme olarak değerlendirilmektedir. ASHRAE'nin AA sınıfı, uzun süreli dalgalanmanın tanımlanmadığı ve kısa süreli izin verilebilir bağıl nem dalgalanma aralığının ±%5 olarak belirtildiği iklimlendirme uygulamalarını içermektedir. A sınıfı için ise iki seçenek mevcuttur. İlki kısa süreli bağıl nem dalgalanma aralığının ±%5 olduğu ve mevsimsel dalgalanmanın ±%10'luk değişime izin verdiği durumdur. İkincisi ise mevsimsel dalgalanmalara izin verilmeyen ve kısa süreli bağıl nem dalgalanma aralığının ±%10 olduğu durumu temsil etmektedir.

Tablo 6: ASHRAE İklim Denetim Sınıfları

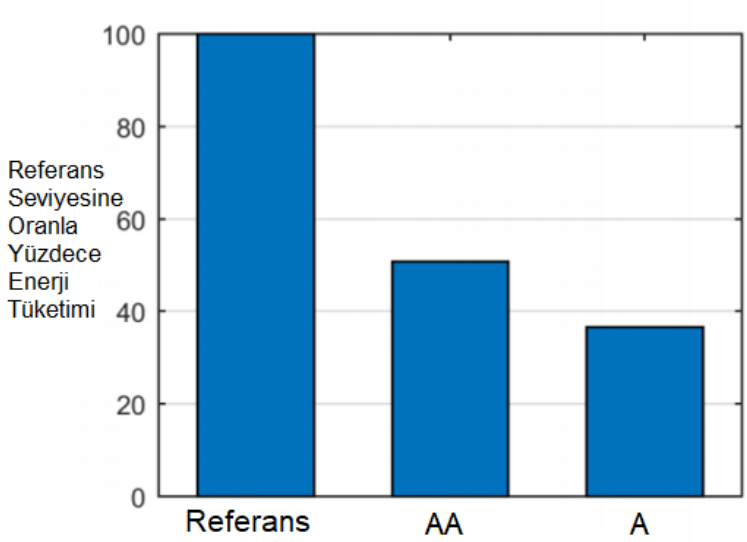
<table>
<tr><th rowspan="2">Ayar Noktası veya Yıllık Ortalama</th><th colspan="3">Azami Dalgalanma Aralığı ve Denetimli Hacim İçindeki Farklar (Gradients in Controlled Spaces)</th></tr>
<tr><th>Denetim Sınıfı</th><th>Kısa Süreli Dalgalanmalar</th><th>Sistemlerin Ayar Noktaları İçin Mevsimsel Düzenlemeler</th></tr>
<tr><td rowspan="5">%50 Bağıl Nem (veya kalıcı koleksiyonlar için yıllık tarihi ortalama)
15-25°C Sıcaklık ayar noktası

Not: Ödünç sergiler için tasarlanan odalarda, sözleşmede belirtilen ayar noktası (Genellikle %50 Bağıl Nem ve 21°C sıcaklık, ancak bazı durumlarda %55 veya %60 Bağıl Nem</td><td>AA
(Arıza durumuna karşın yedeklenmiş, mevsimsel değişime izin verilmeyen hassas denetim)</td><td>%±5 Bağıl Nem
±2°C Sıcaklık</td><td>Sıcaklıkta ± 5°C ve sabit Bağıl Nem seviyesi (değişim yok)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">A
(Arıza durumuna karşın yedeklenmiş, mevsime bağlı değişim gösterebilen ya da sıcaklık ve bağıl nemin yalnız birinde küçük değişimlere izin verilen hassas denetim)</td><td>%±5 Bağıl Nem
±2°C Sıcaklık</td><td>%±10 Bağıl Nem
5 °C yukarı, 10°C aşağı Sıcaklık</td></tr>
<tr><td>%±10 Bağıl Nem
±2°C Sıcaklık</td><td>Sabit Bağıl Nem seviyesi (değişim yok)
5 K yukarı, 10°C aşağı Sıcaklık</td></tr>
<tr><td>B
(Küçük değişimler ve kış sıcaklığına yönelik ayar noktasını içeren hassas denetim)</td><td>%±10 Bağıl Nem
±5°C Sıcaklık</td><td>%±10 Bağıl Nem
10°C yukarı ancak 30°C'yi aşmayan Sıcaklık</td></tr>
<tr><td>C
(Yüksek risklerden koruma)</td><td colspan="2">Yıl boyunca % 25-75 Bağıl Nem, nadiren 30°C'nin üzerinde genellikle 25°C'nin altında Sıcaklık</td></tr>
<tr><td>D
(Rutubetten korunma)</td><td colspan="2">%75 seviyesinin sürekli altında Bağıl Nem</td></tr>
</table>

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1999. Museums, Galleries, Archives and Libraries. **ASHRAE Handbook – HVAC Applications**. Atlanta.

Gerçekleştirilen çalışma sırasında AA sınıfı ile A sınıfının yukarıda belirtilen ikinci durumu tesis edilmiştir. Şekil 22 ASHRAE'nin AA ve A sınıflarını temel alan iklimlendirme çabasının, sabit referans duruma kıyasla enerji tüketimini grafik olarak göstermektedir. İç mekânda AA sınıfı iklimlendirmeye geçilmesi; referans durumuyla

iklimlendirilen (21°C sıcaklık ve %50 bağıl nem) iç mekâna oranla yaklaşık %50 enerji tasarrufu sağlarken, A sınıfı iklimlendirme yaklaşık %63'lük tasarrufa imkân vermektedir.

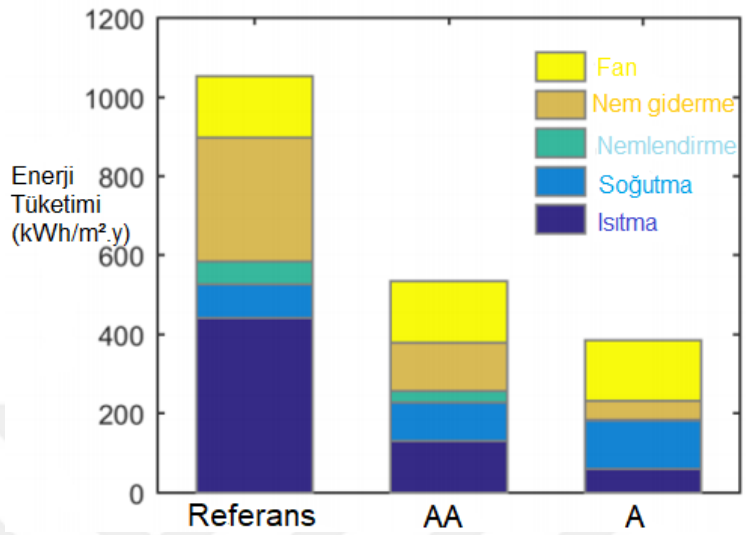


Şekil 22: ASHRAE AA ve ASHRAE A sınıflarının referans durumuyla karşılaştırmalı enerji tüketimi

Kramer, Rick, Henk L. Schellen, Jos van Schijndel. 2016. Impact of ASHRAE's Museum Climate Classes on Energy Consrumption and Indoor Climate Fluctuations: Full Scale Measurements in Museum Hermitage Amsterdam. **Energy and Buildings Journal.** s. 130: 286-294.

Şekil 23 ise ısıtma, soğutma, nemlendirme, nem giderme ve fan gibi işlevler için metrekare başına yıllık enerji tüketimini göstermektedir. Çalışma hava dolaşım oranında bir değişikliği içermediğinden fanın enerji tüketimi beklendiği üzere sabit kalmıştır. Bununla birlikte iç mekân iklimlendirmesinde bağıl nemin dalgalanma aralığının genişletilmesi, nem giderme işlemi için önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamıştır. Çalışmada nem giderme işlemi soğutma kullanılarak gerçekleştirildiğinden, servis havasının referans sıcaklık değerine ulaştırılması bir ısıtma sürecini de içermiştir. Bu sebeple ısıtma için gereken enerji miktarı da nem giderme ihtiyacının azalmasına bağlı olarak düşmüştür. Ayrıca küçük bir orana sahip olan nemlendirme işlevi, AA sınıfı iklimlendirmede referans duruma kıyasla düşmüş, hatta bu örnek özelinde nemlendirmenin A sınıfı için gereksiz olduğu kanıtlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Mecklenburg tarafından Smithsonian Enstitüsü'nün çeşitli binalarında gerçekleştirilen ve enerji tüketimi ile izin verilen bağıl nem dalgalanması arasındaki ilişkiyi tanımlayan deney sonuçlarını desteklemiştir. Ancak bu çalışma

sıcaklığı da kapsaması yönüyle Mecklenburg'un yalnızca bağıl nemdeki dalgalanmayı dikkate aldığı çalışmalarından ayrılmıştır (Kramer ve diğ., 2016, 286-294).

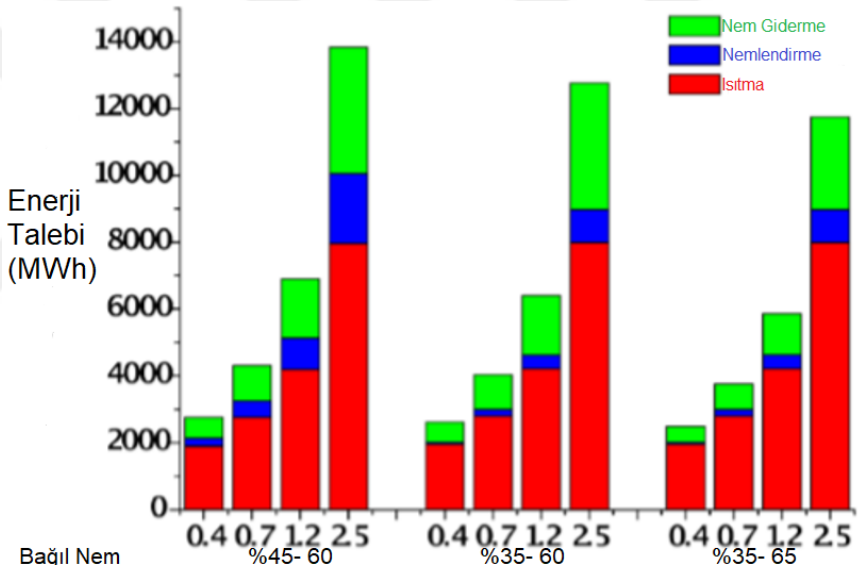


Şekil 23: Isıtma, soğutma, nemlendirme, nem giderme ve fan için metrekare başına yıllık enerji tüketimi

Kramer, Rick, Henk L. Schellen, Jos van Schijndel. 2016. Impact of ASHRAE's Museum Climate Classes on Energy Consrumption and Indoor Climate Fluctuations: Full Scale Measurements in Museum Hermitage Amsterdam. **Energy and Buildings Journal.** s. 130: 286-294.

Müzelerde enerjinin verimli kullanılmasına yönelik bir diğer araştırma, Polonya'da bulunan ve galerilerindeki çeşitli iklim denetim yöntemlerini maliyet açısından analiz eden National Museum'da gerçekleştirilmiştir. İki safhadan oluşan araştırmanın ilk safhasında, müzenin dekoratif sanatlar galerisinde mevcut iklim koşullarında sergilenen 18. yüzyıldan kalma bir gardırobun sıcaklık ve bağıl nem değişimine verdiği tepki akustik emisyon yöntemi ile izlenmiştir. Sergi alanındaki iklim denetim algoritması, ziyaretçilerin ve personelin konfor gereklerini sağlamaya yönelik olarak %45 ila %60 aralığında bir bağıl nem seviyesi ile 19°C ila 21°C aralığında bir sıcaklık değerini hedeflemektedir. Ancak gerçekleştirilen izleme sonucunda, galerilerdeki iklim koşullarının hedef değerlerden saptığı gözlemlenmiştir. Orta ve Kuzey Avrupa'daki birçok müze için kış mevsiminin soğuk dönemlerinde tipik bir sorun olan kuru iç mekân havası (bağıl nemin %30'un altına düşmesi durumu) bu müze için de geçerli olmuştur (Lukomski ve diğ., 2012, 69-72).

Araştırmanın ikinci safhasında ise yapının 3 farklı bağıl nem aralığı ve 3 farklı hava değişim oranındaki enerji tüketimi analiz edilmiştir. Bu kapsamda yapının HVAC sistemlerinin gerçek zamanlı güç tüketimi izlenmiştir. Hava değişim oranı saatlik 0,7 olan yapıda iklimlendirme için harcanan toplam enerjinin %64'ü ısıl konfor ihtiyaçlarının karşılanması, %36'sı ise koleksiyonların korunması için gerekli iklimsel çevrenin bağıl nem özelinde oluşturulması adına kullanılmıştır. Bununla birlikte toplam sarfiyatın %32'si yaz mevsiminde nemli havanın kurutulması ve %4'ü ise kış mevsiminde havanın nemlendirilmesi için kullanılmıştır. Seçilen bağıl nem seviyeleri %45-60, %35-60 ve %35-65 olup saatlik hava değişim oranları ise 0,4, 1,2 ve 2,5'tir. Ayrıca oluşturulan simülasyonlarda yapıda mevcut 0,7'lik hava değişim oranı dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar; Şekil 24'te grafiksel olarak gösterilmektedir (Lukomski ve diğ., 2012, 69-72).

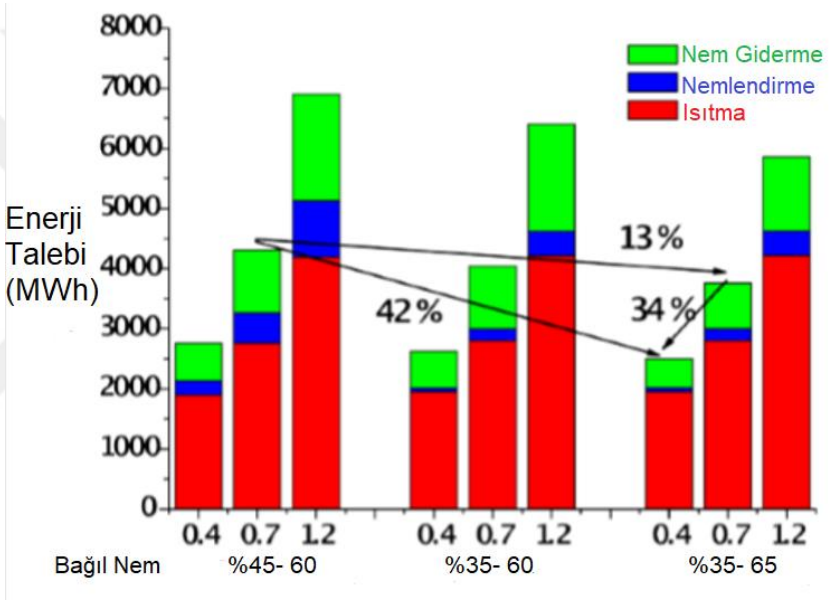


Şekil 24: Farklı iklim senaryolarında yıllık enerji talebi

Lukomski, Michal, Janusz Czop, Marcin Strojecki, Lukasz Bratasz. 2012. Acoustic Emission Monitoring: on the Path to Rational Strategies for Collection Care. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl: London: Archetype Publications: 69-72.

Ölçülen ve hesaplanan enerji tüketimi arasındaki toplam fark %6'yı geçmezken, farkın en büyük olduğu aşama (%20'ye kadar) aynı zamanda en karmaşık süreç olan nem giderme aşaması olmuştur. Beklendiği gibi, bağıl nem için alt seviye %35'ten %45'e yükseltildiğinde nemlendirmenin maliyeti artarken, bağıl nem için üst seviye %65'ten %60'a düştüğünde nem gidermenin maliyeti artmıştır. Ayrıca, analiz edilen tüm bağıl nem aralıkları için enerji tüketimi ile hava değişim oranı arasında güçlü bir bağıntı

gözlemlenmiştir. %45-60 bağıl nem aralığı ile %35-65 bağıl nem aralığı arasında gerçekleştirilen karşılaştırmalı okuma, çoğunlukla yaz aylarında havanın nemlendirilme ihtiyacı azaldığından toplam yıllık enerji talebinin %13 oranında düştüğünü göstermiştir. Dahası binanın mekanik havalandırmasının sınırlandırılması ile havalandırma oranının saatte 0,7 değişimden 0,4 değişime düşürülmesinin enerji talebini %34 oranında azalttığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde bir başka senaryoda izin verilen bağıl nem aralığının ve havalandırma oranının değiştirilmesi ile %42'lik bir enerji tasarrufu elde edilebilmiştir. Diğer olası senaryolardaki enerji tasarrufu Şekil 25'te gösterilen verilerden analiz edilebilmektedir (Lukomski ve diğ., 2012, 69-72).



Şekil 25: Mevcut iklim denetim yöntemine alternatif senaryoların verimlilik değerlendirmeleri

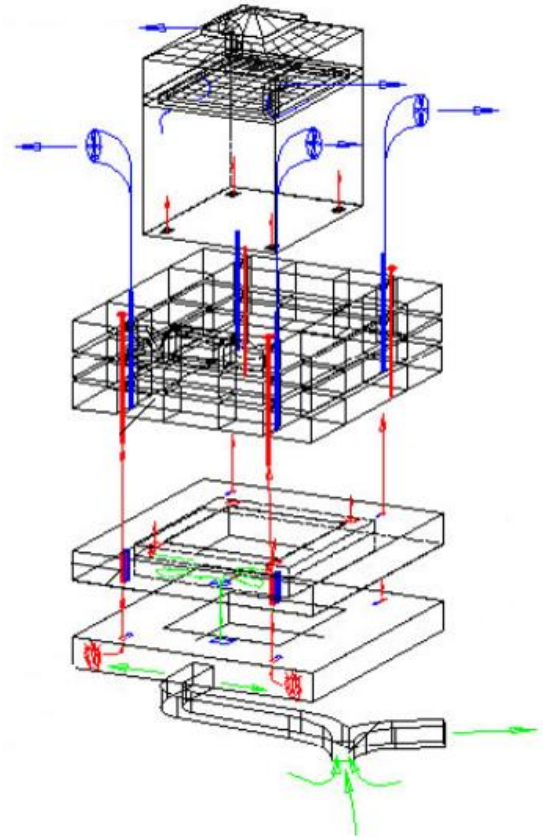
Lukomski, Michal, Janusz Czop, Marcin Strojecki, Lukasz Bratasz. 2012. Acoustic Emission Monitoring: on the Path to Rational Strategies for Collection Care. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl: London: Archetype Publications: 69-72.

Isıtma ve soğutma yükleri fazla olan ve homojen koşulların hedeflendiği sergi alanlarında, toplam hava hacmi saatte altı ila sekiz kez değiştirilmektedir. Yüksek katılımlı sergi etkinliklerinde ise bu ihtiyaç ziyaretçi sayısına bağlı olarak %50 kadar artmaktadır. Bu durum toplam hava hacminin saatte bir ila üç kez değiştirildiği ofis ortamları ile mukayese edildiğinde yüksek bir orandır (Ankersmit, Stappers, 2017, 241). Yukarıdaki örnekte görüldüğü üzere hava değişim oranının düşürülmesi

genellikle enerji tüketiminin azaltılmasında etkili olmaktadır. Ancak bu durum iç mekân hava kalitesi gereklerinin sağlanamaması riskini barındırmaktadır. Sınırlı ısıtma ve soğutma taleplerine sahip müze alanlarında ise daha az hava değişim oranları tercih edilmektedir. Böyle ortamlarda homojen bir iç mekân iklimi yeterince başarılamadığından, sıcaklık farklılıkları fan kullanımları ve dolaştırılan hava ile temiz hava beslemesinin karıştırıldığı havalandırma seçenekleri ile azaltılabilmektedir. Talep denetimli havalandırma olarak tanımlanan bu seçenek, gelişmiş sensörler yardımıyla ve özel denetim teknolojileri ile iç mekândaki ısıl yüke, bağıl nem seviyesine ve CO_2 konsantrasyonuna bağlı olarak servis edilen hava hacminin değiştirilmesini temel almaktadır. Böylece iç mekân hava kalitesi artırılırken enerji verimliliği sağlanmaktadır (Hui, 2001, 4-7). Ancak söz konusu uygulamalarda nesne yakınlarındaki hava hızına dikkat edilmesi önem arz etmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 241).

Kültür varlığı niteliğindeki yapılar için enerji tüketimi ve sera gazı salımının azaltılması pek çok durumda en temel hedef değildir. Ancak yine de tarihi iklimlendirme seçeneklerinin verimli bir şekilde yeniden kullanımını içeren ve enerji tüketiminden tasarrufa olanak sağlayan uygulamalar mevcuttur. 1890'larda inşa edilen ve bugün müze olarak kullanılan Viyana Horfburg Sarayı'nın "Corps de Logis" yapısı söz konusu hedefi destekleyen örnek bir iklim denetimi yaklaşımına sahiptir. Binanın bodrum katında, binadaki odaların doğal yollarla havalandırılması için dış ortam havasının bir dikey boşluktan geçirildiği tuğladan yapılmış iki yönlü bir tünel sistemi bulunmaktadır (Şekil 26). 1880'lerin sonunda İngiltere'de keşfedilen ve "baca etkisi" olarak tanımlanan bu havalandırma yolu, biri altta açık ve üstte kapalı, diğeri altta kapalı ve üstte açık olmak üzere iki dikey kanalı içermektedir. Sıcaklık farkı nedeniyle dış ortam havası iç mekâna çekilirken, yine sıcaklığa bağlı basınç farkı aynı zamanda iç mekân havasının dışarıya tahliye edilmesini bu kanallar üzerinden sağlamaktadır. Bu çok basit ama akıllı sistemle tüm binaya temiz hava servis edilmektedir. Ayrıca yapının dış duvarlarında bodrumda açık olan ve çatı altında son bulan dikey kanallar bulunmaktadır. Dış duvarların ısıl dengesini iyileştirmek için bu şaftlar kışın kapatılırken, yazın duvarlardan ısı kazanımını azaltmak ve doğal soğutma etkisinden yararlanmak için açılmaktadır. Gerçekleştirilen izlemeler ile sistemin sunduğu yüksek potansiyel değerlendirilmiştir. Mevcut durumda kullanılması halinde tek sorun kış mevsiminde dışarıdan emilen havanın iç mekân koşulları için uygun olmamasıdır. Zira

soğuk kış mevsimlerinde dış ortam havası kurudur ve bu kuru havanın ısıl konfor hedefini karşılamak üzere ısıtılması kuruluk problemini daha da artırmaktadır. Bu nedenle, iç ortam iklimini müze tarafından belirlenen aralıklar içinde tutmak üzere taşınabilir nemlendiricilerin kullanımı öngörülmüştür. Böylelikle hem mimari yapıda herhangi bir kapsamlı değişime gidilmemiş, hem de mevcut tarihi iklim düzeneği etkili şekilde kullanılabilmiştir (Kaeferhaus, 2014, 37-40).



Şekil 26: Corps de Logis'de bulunan havalandırma sistemi

Kaeferhaus, Jochen. 2014. Revitalisation and Enhancement of Historical Climatisatisation Systems, Energy Efficiency for Historical Buildings. **CORDIS Climate for Culture Project. Deliverable Report 7.2.1:** 37-40.

Müze iklimlendirmesi konusunda verimsizliğin sebeplerinden biri, planlama sürecindeki yetersizliklerdir. Michalski (2007b, 7-8), müzelerin henüz kurulum aşamasında mevcut mali yeterlilikleri ile yüksek performanslı iklimlendirme seçeneklerine yöneldiklerini ancak çoğu örnekte yıllarca yüklenecekleri işletim bedellerinin göz ardı edildiğini belirtmektedir. Bu sebeple yüksek enerji tüketen ve maliyetli iklimlendirme yöntemlerinin yerine bütçeden daha az pay talep eden seçeneklerin değerlendirilmesini önermektedir. Böylece mevcut işletimde ısrar etmek

yerine, enerji tasarrufundan elde edilen finansman ile ziyaretçilere fayda sağlayan işlevlerin geliştirilebileceğini savunmaktadır (Michalski, 2007b, 7-8).

Verimli işletim ve doğru iklimlendirme için müzelerin ziyaretçilerden kaynaklanan ısıl ve bağıl nem yüklerinin değerlendirilmesi önemlidir. Camuffo (2007c, 47-48), günde 7000 ila 17000 ziyaretçisi olan Sistine Şapeli için bu durumun önemli bir sorun olduğunu değerlendirmektedir. Sorunun temelinin gerçek ziyaretçi sayısı değil, ziyaretçilerin ilgili alanda geçirdikleri zaman olduğunu işaret etmektedir. Bu noktada ısıl yükü azaltmanın yolunun toplam ziyaretçi sayısını düşürmeye ek olarak her ziyaretçinin içeride geçirdiği zamanı kısaltmak olduğuna hükmettiklerini belirtmektedir. Henry (2007b, 46-47) ise Amerika Birleşik Devletleri'nde, özellikle güneydoğu eyaletlerinde, birkaç kurumun iklimlendirme için soğutma yüklerini ve ziyaretçi sayılarını analiz ettiklerini kaydetmektedir. Ziyaretçi sayısının en fazla olduğu saatlerin günün en sıcak saatleri ile çakıştığını değerlendiren Henry, ziyaretçi olmaksızın bile söz konusu saatlerde soğutma yükünün fazla olduğunu ve bunun ziyaretçi sayısıyla doğru orantılı olarak arttığını dile getirmektedir. Bu doğrultuda ziyaretçi yükünü yönetmeye dair çalışmalar gerçekleştirmek üzere insanları sabahları ve günün geç saatlerinde müzeyi ziyaret etmeye teşvik ettiklerini ancak sonuç alamadıklarını değerlendirmektedir. Müzelerin bu türden bir değişime oldukça dirençli olduğunu eklemektedir. Yine de iklim denetimi hedefiyle ziyaretçi yönetimi gelecekte bir tasarruf stratejisine imkân vermektedir.

Verimli iklimlendirme için doğru işletim kadar önemli bir diğer konu enerjinin teminidir. Örneğin jeotermal ısı pompaları, mevsimsel sıcaklıkta önemli değişimlerin olduğu bölgeler ve enerjinin temini konusunda avantajlı coğrafyalar için verimli bir seçenektir. Sürekli dalgalanan dış hava sıcaklığı yerine nispeten sabit jeotermal enerjiyi kullanan sistemler önerilmektedir. Bir jeotermal sistemin kurulum fiyatı, aynı ısıtma ve soğutma kapasitesine sahip bir HVAC sistemin birkaç katı olabilse de, ek maliyetlerin düşük olması ve düşük işletim bedeli bu dezavantajı yaklaşık 10 yıl içerisinde bertaraf etmektedir (Ankersmit, Stappers, 2017, 247). HVAC sistemlerinin çevresel performansını iyileştirme potansiyeline sahip teknolojik alanlardan biri binalardaki mekanik soğutma sistemlerinin elektrik yerine doğal gazla işletilmelerini içermektedir. Zira doğal gaz yakıtlı soğutma sistemleri; teslim edilen birim soğutma enerjisi bakımından elektrikten daha ucuzdur ve büyük bir verim imkânı sunmaktadır.

Ancak mevcut durumda ticari binaların %90'ından fazlası elektrik enerjisini kullanan soğutma sistemlerini tercih etmektedir (Hui, 2001, 4-7).

Rüzgâr ve su türbinlerinden üretilen bol miktarda yenilenebilir enerji de pek çok ülke için önemli bir kaynaktır. Özellikle ısı yalıtımı ile birlikte tercih edildiğinde hem verimli hem de çevreci işletimlere olanak sunan böyle kaynaklar, aynı zamanda güneş panelleri ve fotovoltaik[24] hücreler ile de desteklenmektedir (Staniforth, 2007c, 12). Aktif güneş enerjisi sistemleri ise, bir güneş kollektöründe emilen güneş enerjisini sistemdeki başka bir bileşene aktarmak için mekanik veya elektrikli bir cihaz kullanan sistemleri içermektedir. Güneş absorpsiyonlu klimalar, güneş destekli kurutucu soğutma üniteleri, fotovoltaik enerjili evaporatif soğutucular, fotovoltaik enerjili ısı pompaları ve klimalar dâhil olmak üzere şu anda kullanılan veya geliştirilen pek çok sistem mevcuttur. Bununla birlikte yaz aylarında soğutma yükü artarken güneş yoğunluğunun da artması pek çok ülke için yüksek verimli işletimleri mümkün kılmaktadır. Yük ile girdi arasında doğal bir senkronizasyon elde edilebilen böyle yöntemler, soğutma ihtiyacının en fazla olduğu süreçte güneş enerjisi sistemlerinin yüksek performasta çalışması ile fosil yakıtlara olan bağımlılığı da azaltmaktadır (Hui, 2001, 4-7).

5.4.10. İklim Değişikliği

Atmosferdeki sera gazı ve aerosol konsantrasyonlarının değişmesi, atmosferin radyasyon özelliklerinin de değişmesine neden olmaktadır. Temelde insan faaliyetlerden kaynaklı olarak gerçekleşen bu değişimin, özellikle son yüzyıllarda küresel ısınmayı olumsuz anlamda etkilediği bilinmektedir (Trenberth ve diğ., 2007, 235-242). Ancak değişen iklimin insanlığı ve çevresini nasıl etkileyeceğine dair kesin bilgiler oldukça sınırlıdır. Yine de iklim değişikliğinin ekonomi, biyolojik çeşitlilik, tarım ve tatlı su mevcudiyeti üzerindeki etkisini araştırmak üzere birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. İklim değişikliğinin gezegen üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerden kaçınmak üzere geleceğin iklimini tahmin eden karmaşık iklim modelleri geliştirilmektedir (European Commission, 2014, s.y.). Kültür mirası yönetiminin çalışma alanlarından biri de iklim değişikliğinin koruma özelindeki etkisinin

[24] Fotovoltaik: (PV) bina ile bütünleştirilerek güneş enerjisinden aktif olarak faydalanan ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimini sağlayan sistemlerdir (Turhan, Çetiner, 2012, 2).

değerlendirilmesi olduğundan, iklim modellerinin çıktıları müzeler için de oldukça önemlidir (Trenberth ve diğ., 2007, 239).

Geleceğin iklimsel özelliklerini tanımlayan iklim senaryoları; iklim sistemi konusundaki yetersiz bilgi birikimini, sayısal iklim modellerindeki eksiklikleri ve iklim sistemlerindeki doğal değişkenlerden kaynaklanan belirsizlikleri dikkate almaktadır. Mimari yapılarda iklimin uzun vadeli etkilerinin tahmininde ise yapının kullanım amaçları, bina kabuğuna gerçekleştirilen müdahaleler ve bu müdahalelerin kapsamları önemli rol oynamaktadır. İklim risk haritaları; belirsizlik düzeyleri yüksek olmasına rağmen en güncel bilimsel bilgilere dayanan risk değerlendirmeleri sayesinde, kültür varlığı niteliğindeki yapılar için gelecekteki muhtemel hasarları öngörmede temel bir ölçüt olarak nitelendirilmektedir (Leijonhufvud ve diğ., 2013, 405).

Staniforth (2007b, 5), müzelerin ve kültürel miras sektörünün iklim değişikliğine yönelik eylem planlarını iki temel yaklaşım üzerinden özetlemektedir. Bunlardan ilki verimli enerji kullanımı ile karbondioksit salımının azaltılması, ikincisi ise müzelerin değişecek koşullara uyum sağlamasıdır. İklim değişikliğinin önleyici korumanın yeterince güçlü olmayan yönlerini keskin bir şekilde açığa çıkaracağını savunan Staniforth; gelecekte koruma tartışmalarının, binaların ihtiyaç duyacakları uyum yöntemlerine odaklanacağını öngörmektedir. Oreszczyn (2007b, 4) ise gelecekte aşırı hava olaylarında artış yaşanacağını ve bunun hali hazırda gerçekleşmeye başladığına dair kanıtları değerlendirmektedir. Bu durumun insanların davranış şeklini belirleyen sosyal değişimlere ve enerjinin ücretlendirilmesinde gerçekleşecek farklılıkları içeren ekonomik sonuçlara yol açacağını öngörmektedir. Camuffo (2007b, 5-6), nüfusta meydana gelen artışa bağlı olarak, enerji tüketiminin gelecekte şimdikinden bile daha fazla olacağını tahmin etmektedir. Zira artan nüfus, artan enerji talebine yol açmaktadır. Bununla birlikte Camuffo, müzelerin ziyaretçilerinin ısıl konfor gereksinimlerini karşılamak üzere daha fazla enerji tüketmek zorunda kalacağını kaydetmektedir.

Avrupa Birliği, sera gazı salımlarını önemli ölçüde azaltmaya yönelik çabalarını kırk yılı aşkın süredir devam ettirmektedir. Bu kapsamda küresel iklim değişikliğinin Avrupa'da inşa edilmiş kültür mirası niteliğindeki yapılara etkisine odaklanan öncül çalışmalardan biri, 2002-2006 yılları arasında gerçekleştirilen "Nuh'un Gemisi" (Noah's Ark) projesidir. Proje, yağışlarda ve kirletici maddelerdeki artışa bağlı olarak

yapıların özellikle cephelerinde artan değişimler öngörmektedir (Lucchi, 2018, 189). Yağış miktarlarının yanı sıra ardışık yağış sürelerinin uzaması nedeniyle de Avrupa'da birçok alan için riskin artacağı değerlendirilmektedir. 2006–2016 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalar iklim değişikliği, enerji tasarrufu ve sera gazlarının azaltılması konularında müzelerin de dâhil edildiği yeni bir perspektif geliştirmiştir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) bu yeni araştırma alanının temelini oluşturmuş, bu yaklaşımı 2009-2014 yılları arasında yürütülen Kültür için İklim (Climate for Culture) projesi takip etmiştir. Bu proje ile yüksek çözünürlüklü iklim değişikliği senaryoları tanımlanmıştır. Bununla birlikte Avrupa ile Mısır'daki tarihi binalardaki iç mekânların ve kültür varlıklarının iklim değişikliğinden ne şekilde etkileneceği tahmin edilemeye çalışılmıştır (European Commission, 2014, s.y.). Takip eden süreçte, iklim değişikliğinin etkisine ve karbon ayak izinin azaltılmasına odaklanan önemli konferanslar (2007'de Kopenhag, 2012'de Münih) gerçekleştirilmiştir (Lucchi, 2018, 184).

2080'li yıllar için yüksek güvenirlikli analizlere odaklanan Birleşik Krallık, aşırı yüksek sıcaklık ortalamalarını içeren yaz mevsimlerini, yüksek yağış oranlarını içeren kış mevsimlerini, yaz ve kış mevsimleri arasında daha keskin gerçekleşen geçişleri, deniz seviyesindeki alanlar için artan bölgesel farklılıkları ve kayda değer oranda azalacak olan kar yağışlarını öngörmektedir. Tüm dünya genelinde de benzer şekilde yüksek sıcaklıklar ve yine yüksek yağış oranları beklenmektedir (Cassar, Pender, 2005, 610). Ayrıca pek çok coğrafi bölgede daha kurak yazlar ve daha ılık ve nemli kış mevsimlerinin yaşanacağı tahmin edilmektedir (Huijbregts ve diğ., 2013, 375-385). İklim değişikliğinin tarihi iç mekânlar üzerindeki etkisine ilişkin tahminler, gelecekte iç mekân sıcaklıklarının dış ortama oranla daha az da olsa artacağı yönündedir. Geleceğe yönelik hasar tahminleri, risklerin kapsamlıca değerlendirilmesine yardımcı olurken, koruma konusunda inisiyatif sahiplerinin bir takvim doğrultusunda önleyici koruma hazırlıklarını tamamlamalarını kolaylaştırmaktadır (Lankester, Thickett, 2013, 399).

Genel olarak müzeler ve tarihi binaların iç mekânları, dış ortamlara oranla daha sabit iklimsel değerlere sahip olsalar da hassas nesne sınıflarını içermeleri sebebiyle katı çevresel koşulları talep edebilmektedir. Bununla birlikte, pek çok tarihi yapı herhangi bir aktif iklim denetim sisteminden yoksun olduğu için dış ortam iklimsel dalgalanmalarından direkt olarak etkilenmektedir. Bu nedenle gelecekte değişeceği

öngörülen dış ortam ikliminin, iç mekânları ve koleksiyonların korunma durumlarını etkileyeceği tahmin edilmektedir. Özellikle sergi ve depo alanları iklimlendirilmeyen müzelerin koleksiyonlarının iklimsel değişimlere daha duyarlı olacağı değerlendirilmektedir (Lankester, Brimblecombe, 2012, 248-254).

Soğuk iklimlerde nesnelerin kimyasal bozulma riskleri düşük olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte nemli de olan böyle yerlerde mekanik hasar ve küf gelişimi riski oldukça yüksektir. Ilık ve kuru iklimlerde ise küf gelişimi riski düşük, kimyasal ve mekanik bozulma ihtimali yüksektir. Bu doğrultuda iklim değişikliğinin sıcaklık ve bağıl nem seviyelerinde yükselmeye sebep olmasıyla Avrupa'daki küf gelişimi riskini önemli ölçüde arttıracağı kabul edilmektedir. Özellikle Batı ve Güney Avrupa'da kıyı bölgelerde ise daha yüksek oranda bir kimyasal bozulma tahmin edilmektedir (Huijbregts ve diğ., 2013, 375-385).

Türkiye'nin de dâhil olduğu Akdeniz Bölgesi için iklim değişikliğinin sebep olacağı riskler; artan deniz suyu seviyesi, kıyı erozyonu gibi sebeplere bağlı oluşacak yerleşim alanı sorunları, su talebindeki artışa ve tatlı su kaynaklarındaki azalmaya bağlı olarak meydana gelecek su kısıtı ve aşırı sıcaklıklardan etkilenen insan sayısındaki ve ekonomik kayıplardaki artış olarak tanımlanmıştır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2018, 5). Bu kapsamda iklim değişikliğine yönelik olarak çeşitli uyum stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Zira mevcut durumda sera gazı salımları durdurulsa bile küresel ısınmanın tümüyle önlenmesi mümkün değildir. Türkiye'nin yüzyılın sonuna kadar özellikle batı illerinde kış mevsiminde yağışların azalması, daha sık karşılaşılan kuraklık, yüzey seviyesindeki su miktarının azalmasına bağlı olarak toprak yapısında değişim, orman yangınları ve artan yaz sıcaklıkları gibi sorunlarla karşılaşacağı düşünülmektedir. Hazırlanan Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı ile su kaynakları yönetimi, tarım ve gıda güvencesi, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, doğal afet risk yönetimi ve insan sağlığı gibi başlıklara odaklanılmasının yanı sıra kültür varlıkları ve müzeler özelinde herhangi bir bölüme yer verilmemektedir (Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012, 4-7). Gelecekte inşa edilecek müze binalarında ve mevcut müzelerin güncel yapı çözümleri ile geliştirilmesi planlanırken, iklim değişikliğinin olası etkilerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

5.4.11. Karbon Ayak İzi

İklim değişikliğinin bir belirteci olarak değerlendirilen karbon ayak izi (carbon foot print) hesaplamaları müzeler için de kullanılmaktadır. Karbon ayak izi; bir müzenin iklim değişikliğine ne oranda etki ettiğini gösteren karbondioksit, metan ve nitrözoksit (N_2O) gibi sera gazlarını dikkate alarak hesaplanan bir ölçüdür. Henüz müze sektöründe bir zorunluluk olmasa da çevresel duyarlılık konusunda kurumsal bir sorumluluk alanıdır (Lambert, Henderson, 2011, 209- 235).

Müzelerde enerji teminine yönelik mevcut ana kaynaklar petrol, gaz ve elektriktir. Petrol ve gaz fosil yakıtlardır ve yandıklarında karbondioksit açığa çıkarırlar. Bu sebeple karbon salımına yönelik etkileri doğrudandır. Elektriğin etkisi ise dolaylıdır. Zira elektrikli sistemler, fosil yakıt tüketen bir güç ünitesini kullanmaları durumunda, benzer şekilde bir karbon salımına yol açmaktadır. Bununla birlikte nükleer enerji ise ülkelerin enerji programları doğrultusunda hareket ettikleri ve mevcut riskleri nedeniyle tartışmalı bir enerji kaynağıdır. Tüm bu enerji kaynaklarının karbon ayak izi üretimlerinin belirlenmesi için farklı hesaplama süreçleri kullanılmaktadır. Ancak tüketilen enerjiyi gösteren ve ücretlendiren faturalar, salınan karbon miktarını belirlemede doğrudan bir belirteç olarak değerlendirilmemektedir (Staniforth, 2007c, 12).

Müzelerin açığa çıkardığı karbon ayak izi miktarlarını karşılaştırmak imkânsız olmasa da oldukça zordur. Çünkü işletimlerini çevreci adaptasyonlarla geliştiren kurum sayısı oldukça sınırlı olmakla birlikte, söz konusu kurumlar da karbon ayak izini farklı yöntemlerle ölçmektedir. Açığa çıkardıkları CO_2 konsantrasyonları ile ya da kilovat cinsinden saatlik enerji tüketimlerini (kWh) değerlendiren örnekler mevcuttur. Dahası farklı yakıt türlerinin farklı miktarlarda CO_2 yayması, rakamların karşılaştırılmasında güçlüğü artırmaktadır. Örneğin standart hesaplamalarda elektriğin doğal yakıtlardan üç kat daha fazla CO_2 salımına yol açtığı düşünülmektedir. Bununla birlikte toplam yıllık salımlar müzenin büyüklüğüne oranlanarak değerlendirilmelidir. Müzeler karbon salım oranlarını çoğu zaman metrekare başına veya ziyaretçi başına enerji kullanımı üzerinden tespit etmektedir. Birleşik Krallık'ta 250 m^2 ve üzerinde yer kaplayan kamu binalarına işletimsel enerji verimliliklerini değerlendirmeleri için bir sertifika sistemi (DEC- Display Energy Certifcates) tanımlanmıştır. Müzelerin de dâhil olduğu çok sayıda kurum DEC ile enerji tüketimleri açısından derecelendirilmiştir. DEC'ler coğrafi farklılıkları, yıl içindeki hava durumunu ve

binanın açılış saatlerini dikkate alan bir derecelendirme sistemini içermiştir. Burada "A" derecesi verimli işletimi, "D" tipik ortalama işletimi ve "G" verimsiz işletimi işaret etmiştir. Bu ölçütte Manchester Art Gallery 213'lük enerji verimliliği puanı ile pek çok müze gibi "G" derecesi elde etmiştir. 150'nin üzerindeki tüm puanlar "G" derecesine karşılık geldiğinden Tate Modern de 2008-2009 yıllarında 334 puan ile "G" derecesi almıştır. Verimli bir işletime sahip olan Saffron Walden Müzesi ise 44 puan ile "B" derecesi elde etmiştir. Ancak bu ölçüt müzelerin alanları üzerinden bir değerlendirmeyi temel aldığı için, elde edilen bulguların tartışmalı bir şekilde yorumlanmasına sebep olmuştur. Örneğin hacim dikkate alınmadığından farklı yüksekliklere sahip aynı alanı kaplayan müze binalarının enerji tüketimlerinin benzer olduğu sonucuna varılmıştır (Museums Association, [20.06.2019]).

Avrupa Birliği, 2050 yılına kadar sera gazı salımlarını, 1990 yılına göre %80 ila 95 oranında azaltmayı hedeflemektedir (EC, [02.01.2021]). Türkiye ise referans senaryoya oranla 2030 yılına kadar sera gazı salımlarını %21 oranında azaltmayı planlamaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 218, 15). Ayrıca Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Türkiye'nin Yedinci Ulusal Bildirimi belgesine göre,

> Yürütülen kentsel dönüşüm faaliyetleri kapsamında Amerikan Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design-LEED)[25] standartlarının uygulandığı alan ve binalarda %24 ila %50 oranında enerji verimliliği (elektrik, doğalgaz, vb.) ve buna bağlı olarak %33 ila %39 oranında karbondioksit emisyon azaltımı sağlanmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 218, 174).

Müzelerin karbon ayak izlerini azaltmaları için özellikle mali durumlarını, depolama ve sergileme koşullarını, bina tasarımlarını ve iklim denetim sistemlerini gözden geçirmeleri önerilmektedir (Bizot Group, 2008, 1-3). Zira karbon ayak izi bulguları her müzeye özeldir ancak bu hedefle gerçekleştirilebilecek uygulamalar, yani enerji tüketimini azaltma yöntemleri, hemen her müze için genelleştirilebilir. Çoğu müze için karbon ayak izini azaltmak yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarının artırılması ile mümkündür. Bununla birlikte aydınlatma sistemlerinin yeniden değerlendirmesi konuyla ilgili büyük katkı potansiyeline sahiptir. Çalışmanın ilgili bölümlerinde de yer verilen iklim koşullarının esnetilmesi ve sergi alanlarının iklimlendirilmesinden ziyade vitrinlerde mikro iklim tesis edilmesi yaklaşımları da

[25] LEED: (Leadership in Energy and Environmental Design) ABD ve Kanada Yeşil Bina Konseyleri tarafından (USGBC, CaGBC) tanımlanmış ve Kuzey Amerika'da sürdürülebilirliği destekleme hedefiyle binaları enerji tüketimi üzerinden değerlendiren bir derecelendirme programıdır (Newsham ve diğ., 2009, 897).

karbon salımının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda müze personelinin konuya yönelik eğitilmesi ve müze için bir eylem planı oluşturulması tavsiye edilmektedir (Museums Association, [20.06.2019]).

5.4.12. Yeşil Müze

Doğal kaynaklar dünya çapında hızla tükenirken, yeşil veya çevre dostu bina uygulamalarına olan ihtiyaç giderek daha belirgin hale gelmektedir. "Yeşil" kavramı, çevre dostu uygulamaları tercih eden kurum ve etkinlikleri tanımlamak üzere pek çok alanda kullanılan kapsayıcı bir sıfattır. Yeşil binalar ise, doğal enerji kaynaklarının sebep olduğu zararlı etkiyi azaltan ve bir tasarım süreci kapsamında sürdürülebilir kalkınma hedefiyle inşa edilen veya yenilenen yapılardır (Von Paumgarten, 2001, 1-9). Enerji verimliliği yüksek yeşil binalar, geleneksel olarak tasarlanmış binalara göre daha düşük işletme maliyetlerine sahiptir. Bununla birlikte sürdürülebilir tasarımları sebebiyle temiz su, hammadde ve enerji kaynaklarının tüketimini azaltarak çevreci etkinlikleri desteklemektedirler (Hui, 2001, 1).

Kültür varlıkları için çevre standartları da son yıllarda sıklıkla tartışılmaktadır. Konuya yönelik artan ilgi, müzelerin de giderek daha "yeşil" hale gelmesine sebep olmaktadır (Bratasz, 2013, 11). Bir müzenin planlama, geliştirme, yenileme ve operasyonlarında yer alması gereken sürdürülebilirlik ve çevresel hassasiyet her zaman titizlikle dikkate alınmamaktadır. Bu durum verimsiz kaynak kullanımı ve sera gazı salımında artışa ek olarak, temel koruma işlevinin sağlanamamasına ve sürdürülebilirliğin zorlaşmasına da yol açmaktadır (Adorno ve diğ., 2013, 49). Yeşil müze mantığında enerji verimliliği konusu, sistemlerin performans izlemesi ve iyileştirilmesi yoluyla ve zaman içinde tasarrufu arttırma hedefiyle mevcut işletimin yeniden değerlendirilmesini içermektedir. Ancak, enerji tüketimi hakkındaki bilimsel literatür henüz yeterince zengin değildir. Bu sebeple küresel çapta bir farkındalık için tarihi binalar ve müzelerde gerçekleştirilen ölçme ve izlemelerin sistematik bir şekilde ele alınması gerekmektedir (Rota ve diğ., 2015, 138-143).

İklim denetimi için kullanılan HVAC sistemleri, ısıl enerjinin geri kazanılması ve yeniden kullanılması için pek çok fırsat sunsa da, müzelere "yeşil" nitelik kazandırmada tercih edilen çözüm ilk etapta enerji tüketimini azaltmaktır. Bu çözüm, enerji açısından daha verimli şekilde tasarlanan bina ve donanımlarla, geliştirilmiş işletim seçenekleriyle ve periyodik bakım yöntemleri ile desteklenmektedir. Doğal

havalandırma ve güneş kazanımı gibi fırsatların ayrıntılı olarak incelenmesi, HVAC sistemlerinin enerji gereksinimlerini azaltmanın yollarını geliştirmektedir. Örneğin, yüksek performanslı cam kullanımı, yalıtım ve etkili gün ışığı denetimi gibi uygulamalar soğutma ve ısıtma yüklerini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Nihai hedef, soğutma gereksinimlerini en aza indirmek üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaktır. Bu bağlamda bilgisayar tabanlı enerji ve finansal analiz yöntemleri; mimari tasarımın enerji performansı ve iç mekân hava kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmede kolaylık sağlamaktadır (Hui, 2001, 3-4).

Bir müze binasını işletmenin ekolojik ve ekonomik çözümlerinin yanı sıra müze koleksiyonlarına ve insan sağlığına faydalı bir iç ortamın oluşturulması da yeşil hareketin çalışma alanlarındandır. Küresel çevreci uygulamaların bir sonucu olarak, uçucu organik bileşik yayma yoluyla iç mekân havasını kirleten ürünlerin piyasadaki payı da azaltılmaya çalışılmaktadır. "Düşük-VOC" (Volatile Organic Compound) veya "Sıfır-VOC" olarak adlandırılan bu ürünler müze personel ve ziyaretçileri için de daha güvenli iç mekân koşullarına imkân tanımaktadır (Schieweck, 2013, 45). Ayrıca müze havasındaki uçucu organik bileşiklerin azaltılması koleksiyonların korunması açısından da olumludur (Uğuryol, 2012b, 115-133). Bununla birlikte nanoteknoloji sektörü, söz konusu "yeşil" uygulamaları desteklemek üzere yüksek performanslı ürünler geliştirmektedir. Nanomalzemeler en az bir boyutu 100 nm'den küçük olan yapısal bileşenlere sahip verimli ürünlerdir. Artırılmış yüzey alanı, reaktivite, mukavemet ve uygun elektriksel özellikler gibi avantajları sebebiyle sürekli geliştirilebilen çözümler sunmaktadırlar. Müzeler, çevre dostu nanomalzemelerin kullanılmasıyla, kültür varlıklarının yeşil teknolojilerle buluştuğu mekânlar olma potansiyeline sahiptir (Fernandez ve diğ., 2013, 35).

6. MÜZELERDE İKLİM DENETİM UYGULAMALARINA ÖRNEKLER

Çalışmanın bu bölümünde, müzelerde iklim denetimine yönelik gerçekleştirilen uygulamalar seçilen müzeler üzerinden örneklendirilmiştir. Böylece her müzeye uygulanabilecek tek bir iklim denetimi yönteminin olamayacağı vurgulanmış ve birbirinden ayrışan nitelikleri ile seçilen müzelerin iklim denetimlerini geliştirme çabaları değerlendirilmiştir.

6.1. Dünyadan Örnekler

Çalışma kapsamında; yenilenen ve genişletilen müze binasında çevreci bir işletim ile daha verimli bir iklim denetimini hedefleyen San Francisco Modern Sanat Müzesi (SFMOMA), artan ziyaretçi sayısına bağlı olarak iklim denetim yöntemlerini geliştiren tarihi Sistine Şapeli (Vatikan Müzeleri) ve tarihi bir yapı olan Villa Reale'de konuşlandırılmış bir müze olarak mevcut geleneksel iklim denetim yöntemlerini kullanmaya devam eden Milano Modern Sanat Galerisi (GAM) incelenmiştir.

6.1.1. San Francisco Modern Sanat Müzesi

San Francisco Modern Sanat Müzesi (SFMOMA) (Resim 22), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük modern ve çağdaş sanat müzelerinden biri olarak resim, heykel, fotoğraf ve elektronik medya gibi pek çok türde nesneyi içeren geniş bir koleksiyona sahiptir. Sergi salonları, idari ofisler, etkinlik alanları, tiyatro, kütüphane, müze mağazası, konservasyon ve restorasyon laboratuvarları, kafeterya ve depolardan oluşan müze binası, küresel çapta pek çok müze için örnek teşkil edebilecek yenilikçi bir denetim sistemiyle iklimlendirilmektedir.



Resim 22: San Francisco Modern Sanat Müzesi

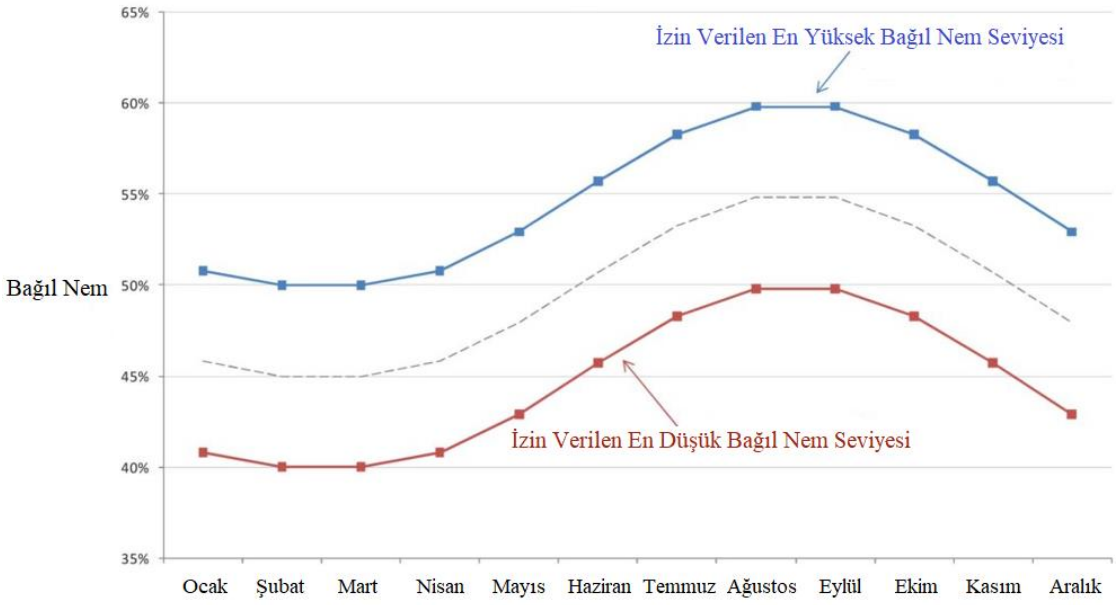
SFMOMA. [20.12.2020]. San Francisco Museum of Modern Art. https://www.sfmoma.org

Müze, San Francisco'daki tüm yeni inşaatlar için bir zorunluluk olan LEED Gold Sertfikası'na[26] sahiptir. Bu sertifika yapı malzemeleri, enerji kullanımı, su tüketimi gibi ölçütleri 100 puan üzerinden değerlendirmektedir. Yapının onaylanması 60 ve üzeri puan gerektirmektedir. Bölgenin ılıman iklimi, pek çok yapı türünün gerekli puanı elde etmesi için elverişli bir nitelik sunmaktadır. Ancak müzeler denetimli ve hassas çevresel koşulları talep ettiğinden enerji verimliliğini sağlamak, hedeflenen koruma ve konfor gerekleri çerçevesinde oldukça zorludur. Zira iklimlendirme hassasiyetleri arttıkça daha yüksek maliyetli iklim denetimi uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır (SFMOMA, [29.11.2020]).

Müze 1935 yılında "San Francisco Sanat Müzesi" adıyla kurulmuş, 1975 yılında ismine "Modern" kelimesi eklenmiştir. 1995 yılında günümüzdeki adresine taşınmış

[26] LEED: (Leadership in Energy and Environmental Design) ABD ve Kanada Yeşil Bina Konseyleri tarafından (USGBC, CaGBC) tanımlanmış ve Kuzey Amerika'da sürdürülebilirliği destekleme hedefiyle binaları enerji tüketimi üzerinden değerlendiren bir derecelendirme programıdır (Newsham ve diğ., 2009, 897).

ve 2013-2016 yılları arasında müze binasının toplam hacmi genişletilmiştir. Bu süreçte tasarım ekibi, ülke çapında önde gelen müzelerin uzmanlarının da katıldığı ve müzeler için yayımlanmış çeşitli kaynakların incelendiği bir yuvarlak masa toplantısı gerçekleştirmiştir. Bu disiplinler arası yaklaşım doğrultusunda, ASHRAE'nin mevsimsel dalgalanmaya izin verilen A sınıfı iklim denetim seçeneğinin müzede tatbik edilebileceğine hükmedilmiştir. Şekil 27'de gösterilen bağıl nemin mevsime göre referans değerden (ayar noktasından) yukarı yönde en fazla %10 sapma gösterebildiği bu seçeneğin, enerji tüketimini azaltacağı ve koleksiyonlar için gerekli koruma hedefini sağlayacağı öngörülmüştür. Nitekim 21,1°C ve %45 bağıl nem seviyesini içerecek şekilde sabit bir servis havasının merkezi bir üniteden dağıtılması düşünülmüştür. Bununla birlikte daha fazla ziyaretçi yüküne sahip sergi salonlarında sıcaklığın 23,9°C'ye çıkmasına izin verilmiştir. Nem denetimindeki mevsim temelli gevşeme, tasarım ekibinin bölgesel nemlendirme çözümlerinden ziyade, adyabatik nemlendirme yaklaşımının dâhil edildiği merkezi sistemlere yönelmesine yol açmıştır. Bölgesel nem denetimi, ziyaretçilerden açığa çıkan ve binadaki açıklıklardan sızan fazla nemin giderilmesinde daha etkili bir yöntem olmasına rağmen bu örnek özelinde enerji tasarrufu konusunda verimsiz olarak değerlendirilmiştir (Heinzerling, 2018, 35-43).

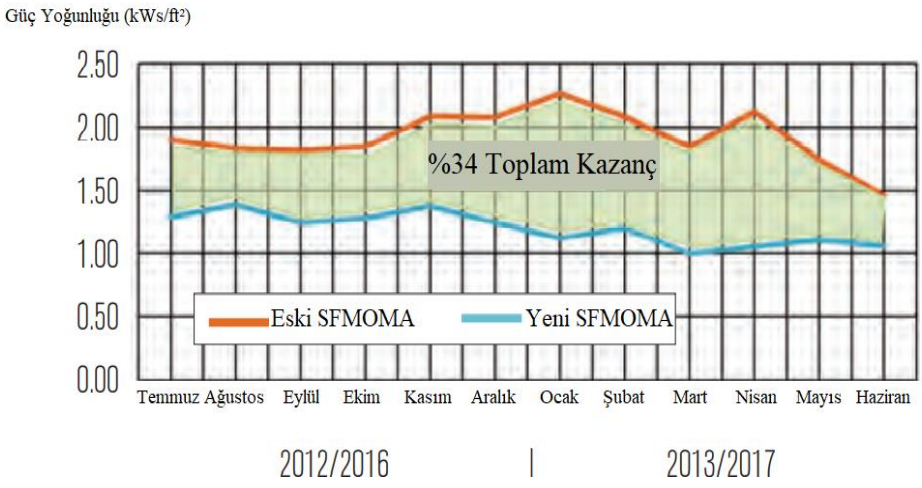


Şekil 27: SFMOMA'da mevsimsel bağıl nem hedefleri

Heinzerling, David. 2018. A New Approach to Museum HVAC Design. **ASHRAE Journal.** August 2018: 36.

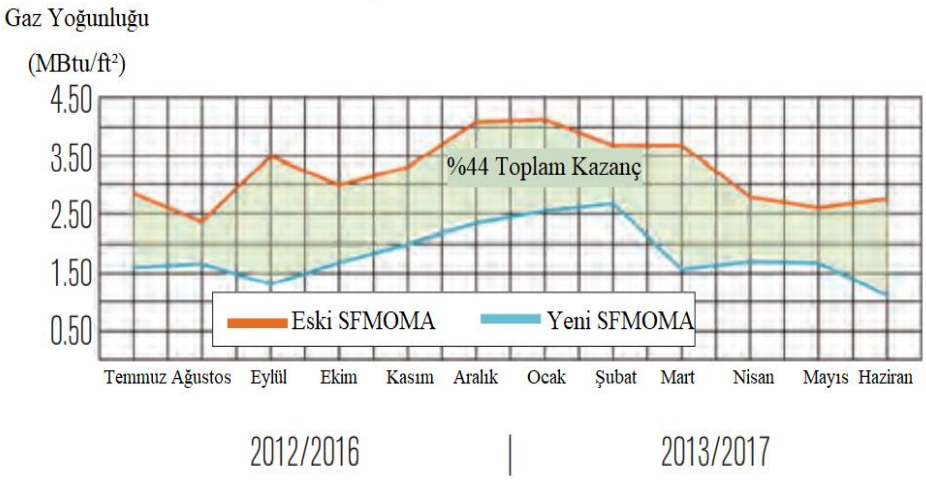
Projenin temel hedeflerinden biri şehrin iklimsel koşullarından azami ölçüde fayda sağlanarak iklim denetimi için enerji tüketimini azaltmak olmuştur. Nemlendirme sürecini verimli işletimlerle geliştirmek amacıyla müzede mevcut iki adet tek fanlı/çift kanallı iklimlendirme santrali (single fan/dual duct air handling unit), çift fanlı/çift kanallı sistem ile değiştirilmiştir. Zira eski sistemin yüksek enerji tüketimine yol açtığı saptanmıştır. On yeni katın eklendiği yeni müze binasının ihtiyaçlarını karşılamak üzere mevcut sisteme yeni bir çift fanlı/çift kanallı iklimlendirme santrali dâhil edilmiştir (Westbrook, [29.11.2020]). Bununla birlikte yüksek nitelikli cam ve yalıtım çözümlerinin tercih edilmesi verimliliğin artırılmasına olanak sağlamıştır. Eski sistemin donanımları yeni müzeye daha ekonomik yollarla adapte edilerek ilk kurulum maliyetleri azaltılmıştır. Dahası hali hazırda bakımı ve işletimi oldukça zorlu olan iklim denetim sisteminin karmaşık yerleşim planı, ergonomik çözümlerle iyileştirilmiş ve teknik ekibin müdahalesi kolaylaştırılmıştır (Heinzerling, 2018, 35-43).

Tamamlanan proje ile çok daha geniş bir hacme, yeni soğuk hava depolarına ve restorasyon laboratuvarlarına sahip olan müzede, gerçekleştirilen uygulamalar sonrası metrekare başına tüketilen enerji miktarı eski müzeye oranla oldukça düşürülmüştür. Şekil 28 ve 29'da gösterildiği üzere tamamlanan projenin ilk işletim döneminde (2016-2017), eski müzenin son işletim dönemine (2012-2013) oranla kWft² üzerinden %34 daha az elektrik ve MBtu/ft² üzerinden %44 daha az doğal gaz tüketilmiştir (Heinzerling, 2018, 35-43).



Şekil 28: SFMOMA'nın eski ve yeni binasının elektrik tüketim oranları

Heinzerling, David. 2018. A New Approach to Museum HVAC Design. **ASHRAE Journal.** August 2018: 42.



Şekil 29: SFMOMA'nın eski ve yeni binasının doğal gaz tüketim oranları

Heinzerling, David. 2018. A New Approach to Museum HVAC Design. **ASHRAE Journal.** August 2018: 42.

6.1.2. Sistine Şapeli

Günümüzde Vatikan Müzeleri bünyesinde yer alan Sistine Şapeli 1471-1484 yılları arasında inşa edilmiştir. Michelangelo tarafından resmedilen dini sahneler, Şapelin başlı başına bir sanat eseri olarak değerlendirilmesine yol açmıştır. Yüzyıllar boyunca toz, duman ve kirleticilere maruz kalan ve çevresel koşullardaki dalgalanmalara mukavemet gösteren freskler, 1960-1994 yılları arasında kapsamlı bir proje ile restore edilmiştir. Restorasyon sonrası çevresel koşullara hassasiyeti artan fresklerin iklimsel koşulların zarar verici etkisinden korunması önem arz etmiştir (Grabon, Anderson, 2015, 20-34).

Şapel duvarları inşa edildiği dönemde işgalci saldırılardan korunmak üzere 2-3 metre kalınlığında tasarlanmıştır. Bu durum dış ortam havasının aşırılıklarının iç mekâna sirayet etmesinin önüne geçmiştir. Bununla birlikte 1980'li yıllarda uzmanlar freskler üzerinde bozulmalar tespit etmiş ve söz konusu bozulmaların kaynağını araştırmak üzere çeşitli izleme ve analizler gerçekleştirmiştir. Şapelde elde edilen iklimsel bulguları gösteren Tablo 7, sıcaklık ve bağıl nemdeki dalgalanmaların iyi bir koruma seviyesi için yeterince önlenemediğini göstermiştir. Yüksek ziyaretçi sayılarının iç mekânda sıcaklık ile bağıl nemi doğrudan etkilediği ve fresk yüzeylerinde kirleticilerin birikmesine yol açtığı sonucuna varılmıştır (Bullock, 2009, 42-56).

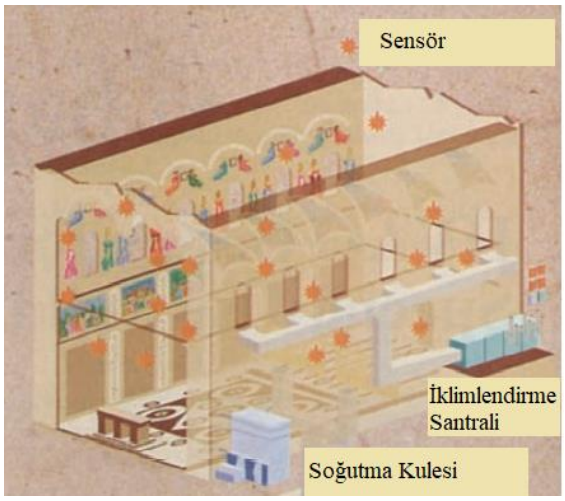
Tablo 7: Sistine Şapel'in mevsimsel çevre koşulları

Mevsim	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
Yaz	25°C- 35°C	%50 - %60
İlkbahar- Sonbahar	18°C-25°C	%45 - %55
Kış	15°C-20°C	%35 - %45

Bullock, Charles. 1996. The Sistine Chapel: HVAC Design for Special Use Buildings. **ASHRAE Journal.** April 1996: 42-56.

Merkezi bir havalandırma sistemi ile iklimsel koşullardaki dalgalanmaların ve ziyaretçi yükünden kaynaklanan sorunların çözülebileceği değerlendirilmiştir. Ancak tüm iç mekân yüzeylerinin fresklerle kaplı olması ve şapelin yalın mimari formu, iklim denetim sistemlerinin yerleştirilmesini veya gizlenmesini güçleştirmiştir. Bu doğrultuda iklimlendirme santralinde koşullandırılmış havanın özel bir tasarımla güney cephede bulunan pencere pervazları üzerinden iç mekâna servis edilmesi planlanmıştır (Şekil 30). Servis edilen havanın çoğu bir egzoz fanı ünitesi ile zemine yerleştirilen menfezlerden tahliye edilmiştir. Ayrıca tahliye edilen hava servis edilen orandan düşük tutularak, şapel içinde hafif bir pozitif basınç oluşturulmuş ve kirleticilerin iç mekâna sızma ihtimali azaltılmıştır (Bullock, 2009, 42-56).

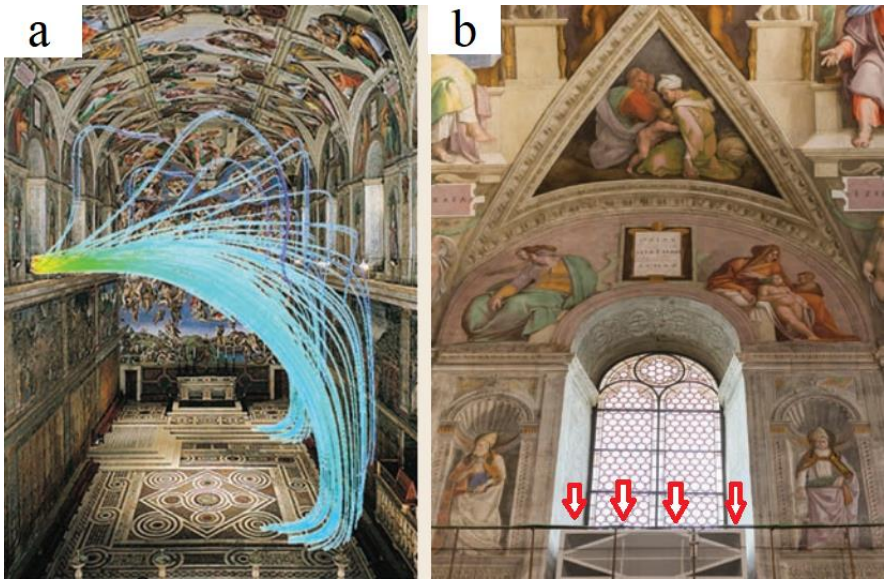
Ziyaretçilerin konforu makul sınırlar çerçevesinde başarılmaya çalışılsa da, iklim denetim sistemi kurulumunda asıl endişe fresklerin korunmasına yönelik olmuştur. Bu bağlamda %55 bağıl nem seviyesinde ±5 dalgalanmaya izin verilen ve mevsime bağlı olarak 20-25°C sınır sıcaklık değerleri arasında tutulan iklimsel koşullar oluşturulmuştur. Fresk yüzeylerinin yakınındaki hava hareketi, havadaki parçacıkların yüzeylerde birikme oranını azaltmak için en aza indirilmiştir. Zira yüzey ve hava sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak katı parçacıkların yüzeylerce çekilmesini açıklayan ve "termoforez" olarak adlandırılan fenomen, daha yüksek hava akış hızlarında yüzeyde daha fazla parçacık birikeceğini göstermektedir. Bu sebeple termoforez etkiyi azaltmak için yüzey sıcaklıklarının, iç mekân hava sıcaklığına yakın tutulması gözetilmiş ve fresk yakınlarında, ASHRAE'nin önerdiği üzere 0,25 metre/saniye'yi geçmeyen düşük hızda hava servisi sağlanmıştır (Bullock, 2009, 42-56).



Şekil 30: Sistine Şapeli güney cephesine yerleştirilen iklimlendirme santrali

Bullock, Charles. 1996. The Sistine Chapel: HVAC Design for Special Use Buildings. **ASHRAE Journal.** April 1996: 42-56.

2010 yılında, fresklerin çeşitli alanlarında "beyazlaşma" sorunu gözlemlenmiştir. Şapeldeki mikro iklimi incelemek için 2011'de bir komisyon kurulmuş ve mevcut sisteminin azami 700 kişilik ziyaretçi yükünü karşılayabildiği ancak müzenin günlük ortalama ziyaretçi sayısının 1500 civarında olduğu tespit edilmiştir. Mevcut sistemde iç mekânda 2.000 ppm'ye yaklaşan CO_2 yoğunluğunun 800 ppm'nin altında bir seviyeye düşürülmesi gerektiği savunulmuştur. Ziyaretçilerden solunum yoluyla açığa çıkan yüksek CO_2 ve nem yoğunluğunun fresk yüzeylerinde beyazımsı bir patinayla görünür hale gelen çözünür kalsiyum bikarbonat oluşumunu tetiklediği değerlendirilmiştir. Bu kapsamda müzede 2014 yılında tamamlanacak şekilde bir iklim denetim projesi geliştirilmiştir. Yeni sistemin günlük azami 2.000, ortalama ise 1.500 kişilik ziyaretçi yükünü karşılaması hedeflenmiştir. Eski sistemde belirlenen ve mevsime bağlı olarak 20-25°C olarak ayarlanan sıcaklık değerinin ve %50-60 arasında sınırlandırılan bağıl nem seviyesinin korunması gerektiğine hükmedilmiş ancak servis edilen hava hacmi ve soğutma kapasitesinin üç kat artırılması planlanmıştır. Böylece CO_2 yoğunluğunun seyreltilmesi öngörülmüştür. Ek olarak, duvarlarda parçacık birikme oranını azalttığı ve CO_2 birikimini yüzey erozyonunu önleyecek ölçüde sınırlandırdığı için fresk yüzeylerinin yakınında düşük hızda hava akışı sağlanmıştır. Resim 23a'da iç mekâna hava dağıtımı simüle edilmiş, Resim 23b'de ise koşullandırılmış havanın güney cephedeki pencerelerin altından servis edildiği menfezler gösterilmiştir (Grabon, Anderson, 2015, 20-34).



Resim 23: a) Şapel içinde hava dağıtımı b) Pencere altına yerleştirilen menfez

Grabon, Michel, Jackie Anderson. 2015. The Sistine Chapel: New HVAC System for Cultural Preservation. **ASHRAE Journal.** June2015: 20-34.

6.1.3. Milano Modern Sanat Galerisi

18. yüzyılın sonlarında Mimar Leopoldo Pollack tarafından özel bir konut olarak tasarlanan "Villa Reale" yapısı (Resim 24) 1921 yılında müzeye dönüştürülmüştür. Günümüzde Milano Modern Sanat Galerisi adını almış olan müze mermer, bronz, alçı ve balmumu heykellerin yanı sıra ağırlıklı olarak tablolardan oluşan geniş bir sanat koleksiyonuna sahiptir (Luciani, 2013, 100-28).



Resim 24: Milano Modern Sanat Galerisi

Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani:100.

Pollack, kış mevsiminde düşük sıcaklıklara mukavemet edilebilmesi hedefiyle villanın yönünü, salonlar ve odalar güneye ve batıya bakacak şekilde seçmiştir. Konutun kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda ısıtma, büyük soba ve şömineler ile sağlanmıştır. 1862 yılında konutun bodrum katına iki büyük Meissner tipi kazan yaptırılmıştır. Resim 25'te gösterilen bu kazanlar, soğuk havanın dışı tuğla kaplı demir sobalarda ısıtılması ve üst katlara servis edilmesi prensibini temel almıştır. Sistemin diğer bileşenleri, bahçeden dışarıdaki havayı kazanlara çeken yatay yer altı kanalları ve hava dağıtımı için duvarların içine yerleştirilmiş dikey kanallar olmuştur. İlerleyen süreçte hava ısıtma sistemindeki sobaların yerini sıcak su radyatörleri almıştır. 1912 yılında villanın yan kanatlarına da hava ısıtma sisteminden bağımsız sıcak su radyatörleri yerleştirilmiştir (Luciani, 2013, 100-128).



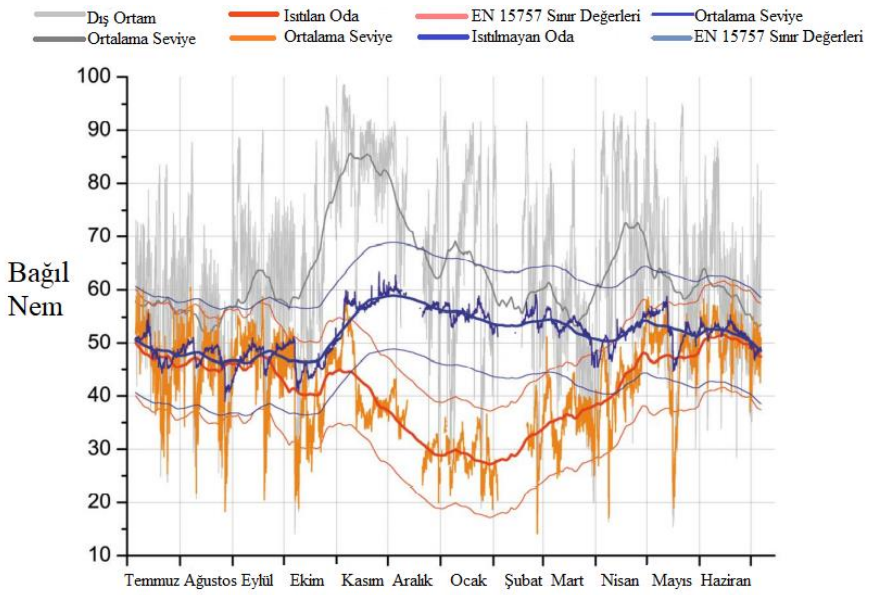
Resim 25: Meissner tipi kazanlar

Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani: 100-128.

Villa tarihi boyunca çeşitli yapısal değişimler geçirdiyse de eski iklim denetim sistemi büyük oranda korunmuştur. Son müdahale 2002'den 2006'ya kadar devam eden kapsamlı tadilat sürecinde gerçekleştirilmiştir. Yapıya oldukça fazla müdahale getiren süreç, hava kanallarını kapatmak için elle kontrol edilebilen büyük vanaların bloke edilmesi gibi uygulamaları da içermiştir. Ancak bu uygulamalar, ısıtma sisteminin denetimini sınırlandırdığı için iç mekânlardaki iklimsel koşulların kötüye gitmesine yol açmıştır. Günümüzde sıcak su, bir boru devresi aracılığıyla harici bir kazandan sağlanmaktadır. Kazandan gelen sıcak suyla ısıtılan hava, herhangi bir mekanik sistem

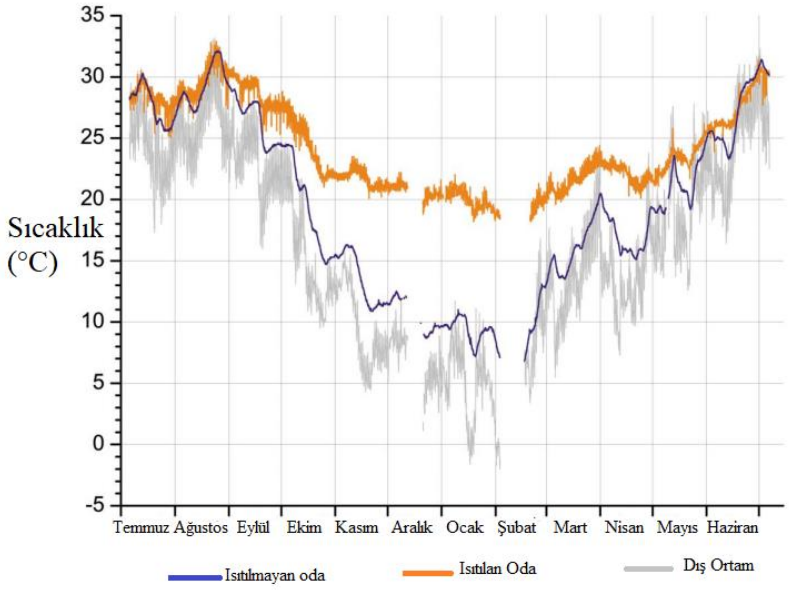
kullanılmaksızın doğal konveksiyon ile dağıtılmaktadır. Villanın ana gövdesinde halen hava ısıtma sistemi, kanatlarda ise çoğunlukla 20. yüzyılın başında kurulan radyatörler kullanılmaktadır. Nem denetimine yönelik olarak ise herhangi bir uygulama gerçekleştirilmemektedir. Hava sıcaklığının, akışının ve havanın taşıdığı bağıl nem seviyesinin denetim altında tutulduğu kapsamlı iklim denetim sistemlerinin aksine villada, yalnızca besleme suyu hattının sıcaklığı ayarlanabilmektedir. Bu sebeple yer altı depoları, hava ısıtma sistemiyle ve radyatörlerle ısıtılan sergi salonları, ofisler, çatı katında bulunan depolama alanları ve mevcut durumda kullanılmayan odalar gibi müze içindeki pek çok farklı alan, birbirinden oldukça farklı mikro iklimlere sahiptir (Luciani, 2013, 100-128).

Isıtma sistemi, müzenin iç mekân iklimini güçlü bir şekilde etkilemektedir. Bu etki, Şekil 31 ve 32'de eski hava sistemi ile ısıtılan zemin kattaki bir sergi odası (turuncu hat) ve tavan arasında ısıtılmayan bir depo odasının (mavi hat) sıcaklık ve bağıl nem seviyelerinin karşılaştırması ile görülebilmektedir. Ekim ortasından Nisan sonuna kadar ısıtmanın açık olduğu sergi odasında bir nemlendirme işlemi gerçekleştirilmediğinden kış boyunca düşük bağıl nem seviyeleri gözlemlenmektedir. Bu durum özellikle higroskopik nesneler için risk teşkil etmektedir. Grafiğe göre ısıtma sistemi, sergi salonunda kış ve yaz mevsimleri arasındaki geniş aralıklı sıcaklık dalgalanmaları üzerinde dengeleyici bir etkiye sahiptir. Öte yandan bağıl nem seviyelerinin ısıtılmayan depolama alanında tüm yıl boyunca daha kararlı olduğu göze çarpmaktadır. Bunun başlıca nedeni, pencerelerin ve panjurların depoda her zaman kapalı tutulması yoluyla doğrudan güneş ışığı kazanımının azaltılmasıdır. Oda içinde depolanan çok sayıda organik nesnenin iç mekân bağıl nem seviyesinin tamponlanmasına yardımcı olması da muhtemeldir. Grafiğe göre ısıtılmayan depo odasının performansı, iklim denetimi için pasif bir stratejinin bağıl nem dalgalanmasını sınırlandırabileceğini ve bina kabuğunun yapısal olarak geliştirilmesi ile kabul edilebilir koruma koşullarının elde edilebileceğini göstermektedir. Bağıl nem özelinde değerlendirildiğinde ısıtılmayan depo odası ASHRAE'nin C sınıfı iklim denetimi seviyesini karşılamakta ve katkı sağlayacak bir uygulama ile kolaylıkla B sınıfı denetim seviyesine ulaşma potansiyeli sunmaktadır. Bununla birlikte, kışın 5°C'ye kadar düşen iç ortam sıcaklığı, ziyaretçilerin konfor taleplerini karşılayamayacağı için sergi salonlarının ısıtılmaması söz konusu değildir (Luciani, 2013, 100-128).



Şekil 31: Milano Modern Sanat Galerisinde örnek odalarda yıllık bağıl nem değişimi

Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani: 100-128



Şekil 32: Milano Modern Sanat Galerisinde örnek odalarda yıllık sıcaklık değişimi

Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani:100-128.

Politecnico di Milano Üniversitesi ve müzenin iş birliği içinde yürüttüğü iklim denetimine yönelik araştırma projesi, müze için kapsamlı bir şekilde yönetilen doğal havalandırma yöntemini ve gölgeleme sistemleri ile güneş kazanımının düşürülmesini önermektedir. Sergi salonlarında ısıtmanın neden olduğu aşırı düşük bağıl nem değerlerinin bir tür nemlendirme sisteminin kurulumu ile iyileştirilmesi mümkündür. Bununla birlikte, ısıtılmış bir tarihi binaya nem takviyesinin duvar yüzeylerinde yoğuşma ve yapısal sorunlara yol açma ihtimali söz konusudur. Bir diğer alternatif, ısıtma sistemlerinin kapatılması ile iç mekân ısıl koşullarının dış mekân iklimini daha yakından takip etmesini desteklemektedir. Ancak bu durum da beşeri konfor taleplerinin karşılanmasını engellemektedir. Bu doğrultuda bölgesel bir denetim sağlayan bağımsız ısıtma sistemlerinin tercih edilmesi, kanallar aracılığıyla yaz mevsiminde doğal konvektif akış ile yüksek sıcaklıklardan kaçınılması ve hava kalitesini iyileştirmek üzere filtrelerin kullanılması önerilmektedir (Luciani, 2013, 100-128).

6.2. Türkiye'den Örnekler

Çalışma kapsamında iklim denetimi özelinde değerlendirilecek örnekler belirlenirken, müzelerin benzer dış çevresel koşullara maruz kalıyor olmalarına dikkat edilmiştir. Bu sebeple yalnızca İstanbul ili içinde yer alan ve bulunduğu idari yapı, müze binası ve iklim denetim yöntemi ile özgün nitelik gösteren bazı müzeler incelenmiştir. Bu doğrultuda söz konusu müzelerde, ilgili alanda yetkin uzmanlar ile sözlü görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelere yönelik protokol ve evrak ekte paylaşılmıştır.

Seçilen örnekler üzerinde bütüncül bir değerlendirme yapılabilmesi, İstanbul ilinin iklimsel koşullarının değerlendirilmesi ile mümkündür. Daha çok kentsel alanların bulunduğu İstanbul ilinin güney kesimleri Akdeniz ikliminin genel özelliklerini göstermektedir. Bununla birlikte, kuzeye doğru gidildikçe Akdeniz tipi iklim yerini hem kış hem de yaz mevsiminde daha düşük sıcaklıklara sahip olan ve daha yağışlı bir nitelik gösteren Karadeniz iklimine bırakmaktadır (Kındap ve diğ., 2007, 668). Tablo 8, İstanbul'da 1929-2019 yılları arasındaki bağıl nem seviyelerinin aylık ortalamasını göstermekte olup buradaki veriler şehrin genel olarak nemli ve ılıman bir havasının olduğunu desteklemektedir. Tablo 9 ise yine 1929-2019 yılları arasında ölçülen sıcaklık değerlerinin aylık ortalamasını göstermektedir.

Tablo 8: İstanbul ili için 1929 – 2019 yılları arasında aylık ortalama bağıl nem seviyeleri (%)

İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
SARIYER	79.7	78.4	77.6	76.3	77.5	75.5	75.6	75.7	75.4	77.8	78.4	78.5	77.2
SARIYER/ KUMKÖY-KİLYOS	80.2	79.2	79.0	78.2	80.3	78.3	76.9	76.4	76.1	78.3	79.1	79.5	78.5
FLORYA	78.7	77.8	76.2	74.0	74.3	70.7	67.9	69.3	71.7	75.9	77.7	78.4	74.4
ŞİLE	77.9	77.2	76.5	77.1	79.8	78.6	78.3	77.4	76.6	77.8	77.5	77.4	77.7
İSTANBUL BÖLGE	75.1	76.0	71.4	67.0	67.4	66.0	64.1	66.1	67.3	74.9	75.2	74.6	70.4
KADIKÖY RIHTIM	78.2	77.2	75.2	72.7	72.9	69.5	69.1	70.6	73.0	77.4	78.0	78.2	74.3

Musa Ünsal Arşivi, (Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.).

Tablo 9: İstanbul ili için 1929 – 2019 yılları arasında aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
SARIYER	5.7	5.8	7.2	11.2	15.8	20.4	22.9	23.2	20.0	15.8	11.7	8.1	14.0
SARIYER/ KUMKÖY-KİLYOS	5.9	6.0	7.3	11.1	15.7	20.4	23.1	23.6	20.1	16.0	11.8	8.1	14.1
FLORYA	5.6	5.8	7.4	11.6	16.4	21.1	23.8	23.9	20.3	16.0	11.8	8.0	14.3
ŞİLE	5.6	5.8	7.1	10.8	15.4	20.0	22.5	22.9	19.6	15.6	11.5	7.8	13.7
İSTANBUL BÖLGE	6.9	7.8	10.0	13.8	18.7	23.4	25.8	26.1	22.4	17.1	13.5	9.0	16.2
KADIKÖY RIHTIM	5.9	6.0	7.7	12.0	16.8	21.4	23.8	24.0	20.3	16.0	12.0	8.2	14.5

Musa Ünsal Arşivi, (Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.).

Buna göre aylık bazda ortalama bağıl nem, yıl içinde neredeyse hiç %65 seviyesinin altına düşmemektedir. Bu durum özellikle nem giderme gibi yüksek maliyetli iklim denetim yöntemlerinin İstanbul'da bulunan müzeler için sorun teşkil edebileceği şeklinde değerlendirilebilir. Bununla birlikte yılın en yüksek bağıl nem seviyelerinin kış mevsiminde gözlemlenmesi, iç mekânlarda sıcaklığın yükseltilerek bağıl nemin düşürülebilmesine olanak sağlayabilir. Bu da kapsamlı iklim denetim yöntemlerini kullanamayacak olan müzelerin, kış mevsiminde bölüm 5.3.'te belirtilen higrostatik ısıtma yöntemini tercih etmeleri halinde, uygun iç mekân koşullarını koruma ihtimalini güçlendirebilir. Zira kışın yalnızca ısıtma ile yalıtımlı iç mekânlarda hem sıcaklık hem de bağıl nem hedeflerinin karşılanabilmesi mümkündür. Ancak özelikle yaz

mevsimlerinde yüksek sıcaklıklara eşlik eden yüksek bağıl nem seviyelerinin, sıcaklık üzerinden bir denetimle düşürülmesi mümkün değildir. Bağıl nemin düşürülmesi için sıcaklığın artırılması, koleksiyonun kimyasal ve biyolojik bozulma hızlarının artmasına ve beşeri konfor gereklerinin karşılanamamasına yol açacaktır. Bununla birlikte yaz mevsimi güneş enerjisinden yararlanılması adına yüksek bir potansiyel sunmaktadır. Güneş enerjisi kullanan iklim denetim sistemlerinin tercih edilmesi, soğutma yükünün en fazla olduğu dönemde verimli işletimleri destekleyebilir. Müze binalarının kalın duvarlar veya yalıtımı destekleyen malzemeler içerecek şekilde tasarlanmaları, aşırı dış ortam koşullarının iç mekânlara nüfuzunu sınırlandırdığından, İstanbul'da bulunan pek çok müzenin yalnızca sıcaklık denetimi ile ASHRAE'nin C sınıfı iklim denetim seçeneğini (15-25°C ve %25-75 bağıl nem) karşılayabileceği kabaca öngörülebilir.

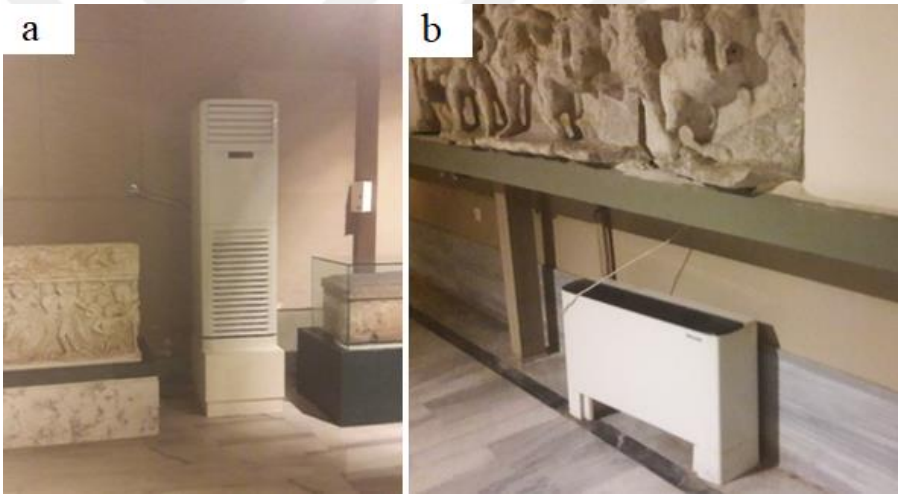
İklim senaryoları, gelecekte İstanbul'un daha fazla Akdeniz iklimi özellikleri taşıyacağını ve buna bağlı olarak daha sıcak ve daha kurak mevsimler geçireceğini öngörmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2018, 6). Sıcaklıkların artması kullanılacak iklim denetim yöntemlerinin soğutma yükünü artıracağından, enerji tüketimini artırması da muhtemeldir. Ancak daha kurak koşullar, bağıl nem seviyesinin düşmesi ve buna bağlı olarak nem giderme ihtiyacının azalması ihtimalini kuvvetlendirmektedir.

6.2.1. İstanbul Arkeoloji Müzeleri

Günümüzde İstanbul Arkeoloji Müzeleri, üç farklı yapıdan müteşekkildir. Ana bina (Arkeoloji Müzesi), Çinili Köşk Müzesi ve Eski Şark Eserleri Müzesi olarak tanımlanan bu yapılar; arkeolojik buluntu, çini ve seramik gibi pek çok türden koleksiyonu barındırmaktadır. Müze kompleksinde bulunan en eski yapı 1472 yılında inşa edilmiş olan Çinili Köşk'tür. Aya İrini Kilisesi'nde kurulan Müze-i Hümayun'un (İmparatorluk Müzesi) Çinili Köşk'e taşınması öncesinde köşk, Mimar Montrano tarafından onarılmıştır (Cezar, 1995, 231-243). Pasinli (2003, 16), söz konusu onarımda eklenen ve çinileri kaplayan sıva katmanlarının, Osman Hamdi Bey'in müze müdürlüğü yaptığı dönemde söküldüğünü değerlendirmiştir. Arkeoloji Müzesi binası ise Mimar Alexandre Vallaury tarafından projelendirilmiş, iki büyük ana salonun inşasından sonra kuzeydoğu ve güneybatı yönlerine eklenen hacimlerle aşamalı olarak

genişletilmiştir. 1883 yılında Sanayi Nefise Mektebi olarak inşa edilen Eski Şark Eserleri Müzesi de 1917 yılında hizmete açılmıştır (Cezar, 1995, 261-274).

İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nde merkezi bir iklim denetim sistemi kullanılmamaktadır. Sergi salonlarında müze koleksiyonlarının korunması ve ziyaretçilerin konforu için Resim 26a ve 26b'de örnekleri görülen klima üniteleri tercih edilmektedir. Ancak küresel Covid-19 pandemisi nedeniyle söz konusu klimalar çalıştırılamamaktadır. Bununla birlikte ana bina 2020 yılında tam teşekküllü bir merkezi iklim denetim sistemi ile donatılmıştır. Yine kapalı hacimlerde pandemiye yönelik bulaş riskini artırması gerekçesiyle, kurulumu tamamlanmış sistem devreye alınamamıştır. Müze binalarında havalandırma ve soğutma, doğal havalandırma (pencere ve kapıların açılması) ya da klima üniteleri ile sağlanmaktadır. Ana binada ve bazı depo alanlarında kalorifer ısıtmasına ek olarak klimalar, nemlendirici ve nem giderici donanımlar kullanılmaktadır.



Resim 26: Ana bina sergi salonlarında bulunan klima üniteleri

Musa Ünsal Arşivi, (İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü'nün izni ile çekilmiştir.).

Şehrin mevsime bağlı değişen iklimsel koşulları, binanın kalın duvarları sayesinde belirli oranda tamponlanabilmektedir. Ancak müze kompleksindeki binaların farklı dönemlerde ve farklı yöntemlerle inşa edilmeleri, iç mekânların farklı karakterde koşullar içermesine yol açmaktadır. Örneğin bazı depo alanlarının bağıl nem seviyelerinin müzenin sergi alanlarına kıyasla yüksek olduğu tespit edilmiş ancak söz konusu yüksekliğin, eserlere zarar verebilecek seviyede ve uzun süreler boyunca tekrar eden nitelikte olmadığı değerlendirilmiştir. Birbirinden oldukça farklı iklimsel

koşulları talep eden koleksiyonlar için nemlendirme ve nem giderme cihazları ile donatılmış depo alanları ve vitrin içi aktif ve pasif iklim denetim yöntemlerinin kullanıldığı sergi salonları bulunmaktadır. Pasif iklimlendirme, vitrin içine yerleştirilen veri kaydedicilerden alınan ölçüm sonuçlarına göre uygun iç mekân havasının filtre edilerek vitrin içine servis edilmesi işlemini içermektedir. Aktif olarak iklimlendirilen vitrinlerde ise, havanın koşullandırıldığı minyatür ünitelerden yararlanılmaktadır. Bu gibi durumlarda vitrin-iç mekân arasında hava değişiminin tümüyle yalıtıldığı türden vitrinler tercih edilmektedir.

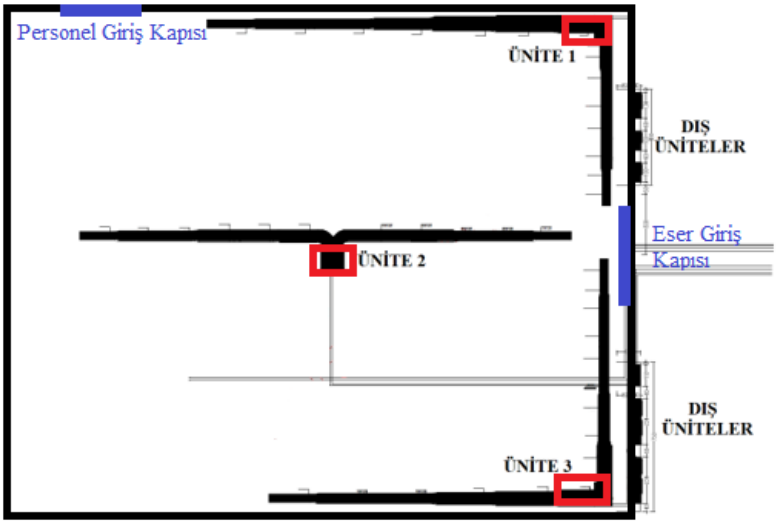
Müze depo alanlarının tamamında ve sergi alanlarındaki bazı vitrinlerde veri kaydediciler ile sıcaklık ve bağıl nem seviyelerinin gözlemlendiği iklimsel izleme gerçekleştirilmektedir. Değerlerin takibi İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü uzmanları tarafından periyodik olarak yapılmaktadır. İklim denetimine yönelik olarak gerektiğinde İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü ve İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü'nden destek alınmaktadır.

İstanbul Arkeoloji Müzeleri zaman içinde iç mekânlarının iklimsel koşullarının iyileştirilmesine yönelik pek çok onarım ve güçlendirme müdahalesi görmüştür. Yakın zamanda gerçekleştirilen ana binanın merkezi sistemle iklimlendirilmesi sürecinde, enerji tasarrufu sağlayan ve çevreci düzenlemelerin tercih edilmesine özen gösterilmiştir.

6.2.2. MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi, Resim Deposu

İstanbul Resim ve Heykel Müzesi, 1937 yılında Dolmabahçe Sarayı Veliaht Dairesi'nde kurulmuştur. Ağırlıklı olarak 19. yüzyıl ile 20. yüzyılın başına ait eserlerin yer aldığı koleksiyonunda resim, heykel, ikon ve hat levhaları gibi farklı türde sanat eserleri bulunmaktadır. 2011 yılının sonunda depo ve idari birimleri Tophane Antrepo 5 yapısına taşınan müzenin inşaatı 2019 yılında tamamlanmıştır. Müze, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'ne (MSGSÜ) bağlıdır.

MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi, yakın zamanda inşaatı tamamlandığı ve henüz ziyarete açılmadığı için sergi salonlarını iklimlendirmemektedir. Koleksiyonların bulunduğu Resim Deposu Şekil 33'te gösterilen yerleşim planına göre üç adet bölgesel ünite ile iklimlendirilmektedir.



Şekil 33: Resim deposunda bulunan iklim denetim ünitelerinin yerleşim planı

Musa Ünsal Arşivi (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.).

Depo, mevcut havanın sürekli dolaştırıldığı havalandırma kanallarına sahiptir. Resim 27a'da gösterilen ünitelerin iç kısmında soğutma kompresörü, evaporatör, evaporatör fanı, fan motoru, nemlendirme birimi ve elektrikli ısıtıcı bulunmaktadır. Ünitenin dış birimleri ise depo alanı dışında konumlandırılmıştır. Her bir ünitenin alt kısmında bulunan ızgaralardan çekilen hava koşullandırıldıktan sonra ünitenin üst kısmına bağlanan ve Resim 27b'de görülen havalandırma kanalları ile servis edilmektedir. Herhangi bir temiz hava beslemesinin olmaması, sistemin enerji verimliliğini artırmaktadır. Zira dolaşım havasının tamamı koşullandırma sürecinden sonra yeniden servis edilmektedir. Bu durum sınırlı erişimin olduğu Resim Deposu'nun yalnızca koleksiyonun korunması hedefiyle iklimlendirilmesine olanak sağlamıştır. Beşeri konfor ihtiyacı sürekli olmadığından, sistem eserlerin korunması için nispeten düşük sıcaklıkları ve ortalama bağıl nem seviyelerini sağlayacak yeterlilikte tasarlanmıştır.

Resim Deposu, ASHRAE AA sınıfı iklim denetim seçeneğine uygun olarak koşullandırılmaktadır. Bu doğrultuda yıl içinde 16-18°C sıcaklık ve %45-55 bağıl nem seviyeleri hedeflenmektedir. Söz konusu hedefler mevcut sistemlerle başarılmaktadır. Müze yönetiminin iklim denetimini geliştirmek üzere gelecek planları;

- Depo içinde sıcaklık ve bağıl nem seviyelerinin sürekli izlenebilmesi için ölçüm, veri kayıt ve otomasyon sistemlerinin kurulumu,

- Servis edilen havanın açık şekilde depolanan eserlere doğrudan temasının sınırlandırılması (hava dağıtım yönteminin yeniden tasarlanarak eser yüzeyine yakın bölgelerde hava akış hızının düşürülmesi)
- Ünitelerden havalandırma kanallarına yönlendirilen havanın her bir menfezden eşdeğer hızda servis edilmesi için mevcut tasarımın yenilenmesi gibi uygulamaları içermektedir.



Resim 27: a) Resim deposunda bulunan iklim denetim ünitesi, b) havalandırma kanalları

Musa Ünsal Arşivi (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Müdürlüğü'nün izni ile çekilmiştir.).

6.2.3. Pera Müzesi

Suna ve İnan Kıraç Vakfı'na bağlı olan Pera Müzesi[27], 1893 yılında Mimar Achille Manoussos tarafından inşa edilmiş ve uzun bir süre Bristol Oteli olarak kullanılmıştır. 2005 yılında kapsamlı bir renovasyon sürecinden sonra müze olarak hizmete açılan yapının yalnızca ön cephesi korunmuş ve müze çağdaş donanımıyla müzecilik beklentilerini karşılayacak nitelikte yapılandırılmıştır. Resim, metal ve seramik gibi

[27] Müzenin iklim denetimine yönelik değerlendirilmesine ilişkin veriler, müze yetkilisinden elektronik posta yoluyla temin edilmiştir. Muhtemel herhangi bir yanlışlık, Musa Ünsal kaynaklıdır.

pek çok farklı malzeme türünde eserlere sahip olan müze, ulusal ve uluslararası iş birlikleri ile geçici sergilere de ev sahipliği yapmaktadır (Pera Müzesi, [12.11. 2020]).

Müze yılın tamamında ve sürekli olarak merkezi bir HVAC sistemiyle iklimlendirilmektedir. Koşullandırılmış havayı servis eden merkezi sisteme ek olarak belirli mevsimlerde bölgesel nem alıcı donanımlarının kullanılması söz konusudur. Bununla birlikte bölgede elektrik kesintilerinin sık yaşanması, sürekli hassas iklimsel koşulları talep eden müze iç mekânları için kesintisiz enerji ihtiyacını karşılamak üzere bir dizel jeneratörün kullanımını gerektirmiştir.

Müzenin mevcut tüm iç mekânları, ASHRAE'nin AA sınıfı olarak tanımladığı iklim denetimi hedefiyle 22°C sıcaklık ve %50 bağıl nem seviyesinde tutulmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte ziyaretçi yüküne ve dış çevresel koşulların etkisine bağlı olarak sıcaklıkta ±2°C, bağıl nemde ise ±%5 dalgalanma aralığına izin verilmektedir. Merkezi sistem dışında herhangi bir şekilde split klima kullanımı veya pencerelerin açılması yoluyla doğal havalandırma tercih edilmemektedir. İklimsel koşullar iç mekânlarda yerleştirilmiş veri kaydediciler (datalogger) tarafından toplanmakta ve merkezi bir otomasyon sistemi üzerinde kaydedilmektedir. Gerçekleştirilen ölçüm ve izlemeler işletimin hedef koşulları sağlayabildiğini göstermektedir. Acil durumda devreye giren uyarı sisteminin yanı sıra otomasyon ve iklim denetim sistemine yönelik bilgi sahibi olan bir teknik personelin varlığı, işletimin sürekliliğini sağlamaktadır.

Müzenin iklim denetim sistemi mevcut kurulumdan sonra karşılaşılan sorunlara çözüm getirmek üzere zaman içinde geliştirilmiştir. Örneğin merkezi sistemin yüksek bağıl nemi gidermede yetersiz kaldığı gözlemi üzerine, her bir sergi katında ikişer tane olmak üzere toplam sekiz adet yoğuşturucu tipte taşınabilir nem alıcı cihaz yerleştirilmiştir. Söz konusu nem giderme donanımları Resim 28'de görülmektedir. Covid 19 Pandemisi öncesinde verimliliği artırmak amacıyla iç mekânların koşullandırılmasında talep denetimli havalandırma yaklaşımı tercih edilmiştir. Temiz hava beslemesi ile tahliye edilecek havayı belirli oranlarda karıştırarak enerji verimliliği sağlayan bu yöntem ile ziyaretçi yükünün düşük olduğu günlerde salonlarda tahliye edilecek havanın servis havasındaki yüzdece oranı artırılmıştır. Ancak pandemi sürecinde kapalı alanlarda bulaş riskini azaltmak hedefiyle tahliye havasının servis havasına karıştırılması yaklaşımı askıya alınmış ve sergi salonlarına yalnızca temiz hava servis edilmiştir. Bu durum merkezi sistemin daha çok enerji

tüketen ve yüksek maliyetli bir şekilde işletilmesine yol açmasına rağmen ziyaretçilerin sağlık ve konfor taleplerinin karşılanmasını desteklemiştir.



Resim 28: Taşınabilir nem giderici

Musa Ünsal Arşivi (Pera Müzesi Müdürlüğü'nün izni ile çekilmiştir.).

Pera Müzesi deposunda merkezi sistemden bağımsız bir iklimlendirme ünitesi kullanılmaktadır. Sergi salonları ile bire bir aynı iklimsel koşulların hedeflendiği depo, iç ve dış üniteleri olan bir paket sistem aracılığıyla iklimlendirilmektedir. Yine sergi salonlarında olduğu gibi depolarda da nem fazlalığını gidermek üzere yoğuşturucu tipte nem alıcı donanımlar kullanılmaktadır.

İklim denetimine yönelik harcamalar Pera Müze'sinin toplam bütçesinin yaklaşık %25-30'unu oluşturmaktadır. Daha verimli işletim ve enerji tasarrufu hedefiyle, sergi salonlarında fan coil üniteleri[28] kullanan müze, günün farklı saatlerinde ziyaretçi yoğunluğuna bağlı olarak dalgalanan iç mekân koşullarını hedef değerler aralığında tutmaya çalışmaktadır. Pera Müzesi ev sahipliği yaptığı geçici sergiler için müzeye getirilen eserlerin talep ettikleri iklimsel koşulları sağlamayı da taahhüt etmektedir. Bu doğrultuda 2017 yılında gerçekleştirilen ve Güney Amerikalı bir heykeltıraşın eserlerine yer verilen "José Sancho: Erotik Doğa" sergisi için koleksiyonun bulunduğu sergi salonu bağımsız olarak koşullandırmıştır. Eserlerin alıştığı bağıl nem seviyelerini oluşturabilmek üzere merkezi sistem devredeyken bağımsız nem alıcı donanımlar kapatılmış ve daha yüksek bağıl nem seviyelerinde iç mekân koşulları oluşturulmuştur.

[28] Fan coil üniteleri: Merkezi bir HVAC sisteminden sağlanan servis havasını, birbirinden farklı iklimsel talepleri olan farklı hacimler için bölgesel olarak koşullandıran ünitelerdir.

6.2.4. Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi

Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi[29] koleksiyonları, 1925 yılında İtalyan mimar Edoardo De Nari'ye yaptırılmış ve önünde bulunan 1864 yapımı at heykelinden ötürü "Atlı Köşk" olarak tanımlanan yapı içinde, kamu yararına sunulmaktadır. Hat, resim, fotoğraf, mobilya ve dekoratif nesneler gibi birbirinden farklı malzeme türünde eserler barındıran koleksiyonlar ile köşk, 1998 yılında Sabancı ailesi tarafından Sabancı Üniversitesi'ne bağışlanmıştır. Müze (Resim 29) 2002 yılında ziyarete açılmış ve 2005 yılında gerçekleştirilen teknik düzenlemeler ile uluslararası standartlara kavuşturulmuştur.



Resim 29: Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi

Musa Ünsal Arşivi (Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi Müdürlüğü'nün izni ile çekilmiştir.).

Müzenin konservasyon laboratuvarı yöneticisi olan Kural, merkezi bir iklim denetim sistemi ile koşullandırılan müze binasında herhangi bir bölgesel iklimlendirme sisteminin kullanılmadığını belirtmektedir. Tüm kapalı alanlarda %50 sabit nem seviyesinin ve 20°C sıcaklığın hedeflendiğini ve sistem performansının herhangi bir dalgalanmayı önleyebilecek yeterlilikte olduğunu değerlendirmektedir. Bununla birlikte koleksiyonda bulunan bütün eserlerin hedeflenen sabit bağıl nem ve sıcaklık seviyesinde sergilenmeye uygun olduğunu kaydetmektedir. Resim 30'da merkezi sistem tarafından koşullandırılmış havanın sergi salonlarına servis edildiği hava kanalları görülmektedir.

[29] Müzenin iklim denetimine yönelik değerlendirilmesine ilişkin veriler, müze yetkilisinden elektronik posta yoluyla temin edilmiştir. Muhtemel herhangi bir yanlışlık, Musa Ünsal kaynaklıdır.



Resim 30: Koşullandırılmış havanın sergi salonlarına servis edildiği hava kanalları

Musa Ünsal Arşivi (Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi Müdürlüğü'nün izni ile çekilmiştir.).

Sakıp Sabancı Müzesi, yürüttüğü ulusal ve uluslararası iş birlikleri çerçevesinde pek çok geçici sergiye ev sahipliği yapmaktadır. Merkezi sistemin sağladığından daha düşük ya da yüksek nem seviyelerine ihtiyaç duyan eserlerin ziyaretçi ile buluşturulduğu geçici sergi durumlarında, talep doğrultusunda aktif mikro iklim denetimli vitrinler kullanmaktadır. Örneğin 2010 yılında gerçekleştirilen "Efsane İstanbul: Bizantion'dan İstanbul'a- Bir Başkentin 8000 Yılı" sergisi kapsamında bazı metal eserlerin sergilenebilmesi için yine 20°C sabit sıcaklık değeri ile %40 bağıl nem gibi standart uygulamaya oranla daha düşük nem seviyeleri içeren sergi vitrinleri tercih edilmiştir. Müzede ayrıca yirmi dört saat süreyle kesintisiz olarak grafik alınan bir iklim izleme sistemi bulunmaktadır. Otomasyon sistemleri üzerine uzman olan ve merkezi iklim denetim sisteminin işletiminden sorumlu teknik ekip şefinin yanı sıra, acil durumlarda Sabancı Üniversitesi mühendislerinden de iklim denetim sistemi özelinde destek alınabilmektedir.

2002 yılından beri merkezi iklim denetim sistemi ile koşullandırılan müze binasında, gelişen teknolojinin sunacağı alternatifler değerlendirmekte ve gerekli iklimsel niteliklerin sağlaması koşuluyla, enerji tüketiminin azaltılması hedeflemektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışma, müzelerde bulunan koleksiyon nesnelerinin, iklimsel koşulların zarar verici/yorucu etkilerinden korunması yönünde gelişmekte olan bilince akademik bir katkı sağlama hedefiyle hazırlanmıştır. Kültür varlıklarının korunması özelindeki uzmanlık eğitimlerinin kayda değer bir kısmı restorasyon uygulamalarına yöneliktir. Bununla birlikte korumaya odaklanan Türkçe kaynak sayısı oldukça azdır. Dahası mevcut çalışmalar; kâğıt, arkeolojik buluntu, metal gibi belirli bir nesne sınıfının veya bir koleksiyonu oluşturan tanımlı bir grup eserin korunmasını, doğrudan gerçekleştirilmiş restorasyon işlemlerini ve analizler sonucu oluşturulan önerileri kapsamaktadır. Önleyici korumanın temel faaliyetlerinden biri olan iklim denetimine yönelik çalışmalar ise belirlenmiş bir deney alanının iklimsel koşullarının ölçülmesi, analiz edilmesi ve önerilerle iyileştirilmesini içermektedir. Bu çalışmanın özgün niteliği, iklim denetimini çok yönlü, detaylı ve bütüncül olarak ele alması nedeniyle ilgili alanda gerçekleştirilecek ileri akademik çalışmalarda başvurulabilecek temel bir değerlendirme oluşudur. Ayrıca çalışma, müzelerde iklim denetim sürecinin planlanmasında dikkat edilmesi gereken hususları ayrıntılı olarak tartışmaktadır.

Kültür varlıkları, özgün nitelikleri ve ilham verici doğaları gereği geleceğe aktarılmak istenmektedir. Bu doğrultuda müzeler kültür varlıklarını gelecek nesillerin erişebilmesi için korumakta ve bugünün müze izleyicisinin yararlanması için sergilemektedir. Ancak gerek depo alanları, gerekse sergi koşulları organik, inorganik ve karma malzemeli olabilen müze nesnelerinin bozulmasını tümüyle durduramamaktadır. Zira üretildiği andan itibaren bozulmaya başlayan her şey gibi müze nesneleri de zamanın ve termodinamik yasalarla sabit düzensizliğin artması ilkesinin bir sonucu olarak yapısal ve estetik değişimler geçirmektedir. Söz konusu değişimler fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla gerçekleşse de, bozulma süreçlerini hızlandıran veya yavaşlatan temel sebep çevrenin dinamik koşullarıdır.

Müzelerde iklim denetimi; sıcaklık ve bağıl nem gibi çevresel değişkenlerin aşırı uç seviyelerini ve belirli zaman dilimindeki kayda değer değişimlerini yatıştırmaya çalışan uygulamalar bütünüdür. Sabit ve uygun çevresel koşulların tesis edilmesi ile

müze nesnelerinin kullanım sürelerini arttırmaya çalışan böyle uygulamalar, önleyici korumanın büyük dikkat gerektiren alt etkinlikleridir. Diğer bozulma etmenlerinden farklı olarak sıcaklık ve bağıl nemden kaçınmak gerekli ve mümkün değildir. Bu yönüyle iklim denetimine yönelik alınan önlemler; yangın, sel, hırsızlık ve vandalizm gibi tehlikelere dair alınan tedbirlerden ayrışmaktadır.

Müze koleksiyonları birbirinden oldukça farklı karakteristik yapılar ihtiva eden malzemelerden oluşmaktadır. Böyle nesneler çoğu zaman kararsız yapıda olduklarından çevrenin olumsuz nitelikleri sebebiyle kolayca bozulmaya eğilimlidir. Özellikle organik nesneler, sıcaklık ve bağıl neme hızlı tepkiler oluşturabilen hassas yapıları nedeniyle, karma yapıda nesneler ise farklı iklimsel koşulları talep eden bileşenleri dolayısıyla bozulmaya teşnedir. İnorganik nesnelerde çevresel koşullardan kaynaklı bozulma süreçlerine çoğu zaman kirleticiler, çözünebilir tuzlar ve oksijen gibi etmenler eşlik etmektedir. Yapısı ne olursa olsun tüm malzeme sınıfları, suyun yüksek kimyasal reaktifliği ve ısının her türlü kimyasal tepkimeye müdahil olma yatkınlığı sebebiyle, sıcaklık ve bağıl nemden etkilenmektedir. Bu etki kısa zaman diliminde ani ve yıkıcı olabileceği gibi yavaş ilerleyen ama zaman içinde biriken bir nitelikte de gerçekleşebilmektedir.

Yüksek sıcaklık ve yüksek bağıl nem seviyeleri biyolojik etkinlik için uygun çevresel koşulların oluşumuna yol açmaktadır. Bu sebeple bakteriler, mantarlar ve böcekler için birer besin kaynağı olan organik nesneler ve üzerinde organik kalıntılar içeren inorganik nesneler, söz konusu koşullarda biyolojik etkinlik riski altındadır. Bununla birlikte hava dolaşımının sınırlı olduğu alanlar riskin boyutlarını artırmaktadır. Fiziksel bozulmalar ise takip eden iklimsel dalgalanmalardan kaynaklı olarak malzemelerde gerçekleşen boyut değişimi döngüsünün bir sonucudur. Buna göre organik malzemeler düşük bağıl nem seviyelerinde bünyelerinde barındırdıkları nemi ortama vererek küçülme, yüksek bağıl nem seviyelerinde ise ortamdan nem soğurarak şişme eğilimindedir. Bu yapısal değişimler tekrar eden döngüler sonucunda belirli bir yorgunluk eşiğinin aşılmasına ve nihai hasara sebep olmaktadır. Yüksek bağıl nem seviyeleri; taş, mozaik, seramik gibi nesnelerde bulunması olası çözünebilir tuzların yüzeye göç etmesini, metallerin korozyona uğramasını ve camdaki ayrışmayı tetiklemektedir. Düşük bağıl nem seviyeleri ise organik ve inorganik bileşenleri aynı anda barındıran nesnelerde iç gerilmeler sonucu hasar meydana getirmektedir.

Müzelerde iklim denetimi uygulamaları ile bir yandan koleksiyonların korunması için en uygun koşullar tesis edilmeye çalışılırken, diğer yandan müze personel ve ziyaretçilerinin konfor taleplerinin karşılanması hedeflenmektedir. Ancak beşeri konfor gereklerinin tanımlanmadığı ve iklim denetim yöntemlerinin henüz çeşitlenmediği yakın geçmişte müzelerin iklimsel koşulları, bugün olduğundan oldukça farklı niteliktedir. İlk müzeler çoğunlukla ısıtılmayan kapalı hacimlerden oluşmaktadır. Farklı kullanım amaçları ile inşa edilen ve daha sonra müze olarak kamunun hizmetine sunulan pek çok yapı, kalın duvarları sebebiyle dış ortamdaki aşırı değişimlerin iç mekânlara sirayet etmesini önler mahiyettedir. Havalandırma ihtiyacının pencere ve kapıların açılması ile sağlandığı bu öncül örneklerde ısınma şömine ve sobalarla sağlanmıştır. Her ne kadar yüksek sıcaklıklar müze ziyaretçileri için daha cazip olsa da, zaman içinde iç mekânlarda elde edilen yüksek sıcaklıkların özellikle organik nesnelerde yapısal hasarlara yol açtığı tecrübe edilmiştir. Bununla birlikte doğal havalandırmanın, özellikle kirletici konsantrasyonları yüksek olan sanayi şehirlerinde bulunan müzelerin koleksiyonlarında yüzey bozulmalarına sebep olduğu görülmüştür. Böylece koleksiyonların korunması için iç mekânların nitelikleri sorgulanmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda özellikle ahşap gibi hızlı tepki veren ve gözle görünür bozulmalar geliştiren malzemeler üzerinde çeşitli deney ve araştırmalar yapılmıştır.

I. ve II. Dünya Savaşı dönemlerinde pek çok ulusal koleksiyon daha güvenli olarak addedilen alanlara taşınmıştır. Söz konusu alanların yetersiz koşullarını iyileştirmek üzere çeşitli önlemler alınmıştır. Yüksek bağıl nem seviyelerini düşürmek üzere ısıtma kurulumları gerçekleştirilmiştir. Bu çabalar, yalıtılmış alanlarda neredeyse sabit iklimsel koşulların elde edilmesine olanak sağlamıştır. Savaş süresince müzelerde olduğundan daha iyi korunduğu gözlemlenen eserlerin sabit iklimsel çevreleri talep ettiğine hükmedilmiştir. Çok kapsayıcı olmayan ve belirli malzemeler özelinde gerçekleştirilen deneyler referans alınarak müzeler için uygun iç mekân koşulları tanımlanmıştır. Çeşitli uygulayıcıların olumlu görüşleri, sıcaklık ve bağıl nem özelinde belirlenen hedeflerin yaygınlık kazanmasına neden olmuştur. 1978 yılında Thomson, sistematik bir değerlendirme ile müze iç mekânları ve çevresel koşullar hakkında kapsamlı bir kitap yayımlamıştır. Takip eden süreçte makul açıklamalar içeren bu kaynak neredeyse sorgulanmaksızın hemen her müzede iklimsel koşulların tesis edilmesinde referans alınmıştır. Ancak en hassas nesne sınıflarının zarar görmemesine

yönelik önerilen yüksek iklimlendirme seviyelerinin genelleştirilmesi, yüksek maliyetli ve yüksek enerji sarf edilen uygulamaları beraberinde getirmiştir. Her türlü koleksiyonu eşit ölçüde koruyan iklimsel koşulların elde edilmesinin zorluğu ve yüksek maliyeti, zamanla kanonik önerilerin tartışılmasına zemin hazırlamıştır. 1990'lı yılların ortalarında farklı malzemeler üzerinde gerçekleştirilen deneyler, daha önceden çalışılmış nesnelere yönelik ileri analizler, müzelerin özgün talepleri ve artan maliyet sorunlarının yönlendirdiği bir tartışma iklimi, iç mekân iklim değerlerinin yeniden değerlendirilmesine sebep olmuştur. Bu durum konuyla ilgili bilimsel çalışmaların artışını beraberinde getirmiş ve yaygın şekilde kabul gören katı çevresel değerlerin her durumda gerekli olup olmadığı sorgulanmıştır. Söz konusu gelişmeler ışığında daha geniş aralıklarda sınırlandırılmış ve düşük dalgalanma genliğine sahip iklimsel koşullar önerilmiş, böylece daha verimli ve çevreci uygulamalar hedeflenmiştir.

İklim denetimine yönelik her türlü uygulama ve yaklaşım, sıcaklık ile nemin doğru ifadesini ve güvenilir ölçümlerini temel almaktadır. Bu bağlamda farklı disiplinlerden paydaşların ortak bir terminolojide buluşabilmeleri hedefiyle ortamındaki havanın nemliliğini açıklamak için mutlak nem, bağıl nem, doygunluk, çiğ noktası ve malzemelerin nem içeriğini ifade etmek üzere denge nem içeriği gibi kavramlar kullanılmaktadır. Isının nicel ifadesi için ise Fahrenheit, Celcius ve Kelvin gibi sıcaklık ölçeklerine başvurulmaktadır. Müze iç mekânlarındaki değişken çevresel koşullar higrometreler, termometreler ve anemometreler kullanılarak ölçülmekte, veri kaydediciler ile çok sayıda anlık ölçüm kaydedilip birleştirilerek iklim izlemesi gerçekleştirilmektedir. Bağıl nem ölçümünde kullanılan higrometreler, nem içeriğine bağlı olarak ağırlık, boyut, sıcaklık, elektriksel kapasite ve elektriksel direnç değişimlerini temel alan farklı türlerde üretilmektedir. Sıcaklık sensörleri nem sensörlerine oranla daha yüksek doğrulukta çalıştığından, ayna soğutmalı higrometre ve elektronik psikrometre gibi sıcaklık temelli higrometreler kalibrasyonda da kullanılan güvenilir türleri oluşturmaktadır. Geçmişte izleme için sıcaklık ve bağıl nemi tanımlı bir süre için kaydeden higrotermograflar kullanıldıysa da günümüzde elektronik veri kaydediciler yüksek doğruluk vaat etmeleri sebebiyle tercih edilmektedir. Böyle aletler iklimsel koşulların daha rahat analiz edilmesi için grafik, tablo, simülasyon gibi çeşitli veri işleme yöntemlerini içeren yazılımlara sahiptir. Nesnelerin yüzey sıcaklığının ölçümünde ise parlak metal yüzeyleri dışında uzaktan

ölçüme izin veren kızılötesi termometreler kullanılmakta, metal nesneler için ise temaslı ya da yarı temaslı termometreler önerilmektedir. Özellikle yüzey sıcaklığı çiğ noktası sıcaklığının altına düşebilen metal, taş, cam gibi inorganik malzemelerin yüzeyinde yoğuşma meydana gelme olasılığının değerlendirilebilmesi bakımından yüzey sıcaklığının ölçümü önem taşımaktadır. Müzelerde hava akış hızının ölçümü için ise sıcak tel anemometreleri tavsiye edilmektedir.

Müzelerde tercih edilen iklim denetim yöntemleri pasif ve aktif uygulamaları içermektedir. Bütçe sorunlarını aşamayan veya kullandığı tarihi bina kapsamlı iklim denetim sistemlerinin kurulumuna uygun olmayan müzelerde, iç mekân koşullarının hedef seviyelerde tutulabilmesi için çeşitli pasif önlemlerin alınmasında yarar vardır. Bu noktada müze binasının kabuğunun higrotermal nitelikleri ve yalıtım durumu, sabit çevresel koşulların elde edilebilmesi için önem arz etmektedir. Bununla birlikte nesnenin dış ortamdan kademeli olarak yalıtılmasını içeren kutu içinde kutu yaklaşımı; uygun paketleme malzemelerinden, etkili dolap ve vitrin kullanımına, verimli depo çözümlerinden, kalın iç duvarlara kadar pek çok bariyeri içermektedir. Nispeten sabit iç mekân koşullarında belirgin bağıl nem seviyelerini talep eden hassas koleksiyonlar için silika jel ve zeolit türleri gibi nem tampon ve tuzaklarının kullanımı önerilmektedir. Uygun şekilde koşullandırılarak sonsuz kez kullanılabilen silika jeller, özellikle yalıtımlı ya da hava kaçağı sınırlı olan vitrinlerde yeterli korumayı vaat etmektedir. Kullanılan vitrinlerin barındırdıkları nesneye zarar veren kimyasalları salmıyor oluşuna özellikle dikkat edilmektedir. Zira yalıtılmış vitrinlerde zaman içinde biriken zararlı uçucu bileşikler, nesnelerin çevresel koşullardan görebileceği hasardan çok daha şiddetli bozulmalara yol açabilmektedir.

Hassas iklim denetimini gerektiren koleksiyonlara sahip müzelerde ve yeni müze yapılarında, ısıtma, soğutma, nemlendirme, nem alma ve havalandırma işlevlerinden birkaçını veya tümünü yerine getiren aktif iklim denetim yöntemleri kullanılmaktadır. Taşınabilir donanımlarla bölgesel etkinlik gösteren uygulamaların yanı sıra koşullandırılarak istenen niteliklere ulaştırılmış havayı merkezi bir sistem üzerinden servis eden seçenekler de mevcuttur. Daha da hassas iklimsel gerekleri olan koleksiyon nesneleri için ise aktif olarak koşullandırılan vitrinler tercih edilmektedir. Higrostatik ısıtma olarak isimlendirilen bir yaklaşım, yalnızca büyük ölçekli bozulmaların engellendiği ve koleksiyonları korumak üzere temel bir sıcaklık denetiminin gerçekleştirildiği uygulamaları içermektedir. Sıcaklığın değiştirilmesi yoluyla bağıl

nemin güvenli sınırlar içinde tutulduğu bu yöntem, özellikle kapsamlı iklim denetim sistemlerini kullanamayan müze örnekleri için önerilmektedir.

Müzelerde kullanılacak iklim denetimine karar verme süreci, göz önünde bulundurulması gereken çok sayıda parametre içermektedir. Müze binasının kültürel ve tarihi değeri, koleksiyonun talep ettiği iklimsel koşullar, personel ve ziyaretçilerin konfor gereksinimleri, iklimlendirme sisteminin performansı, sürdürülebilirliği ve seçilen yöntemin karbon salımına ve iklim değişikliğine olumsuz katkısı, alanında yetkin paydaşların katılımıyla gerçekleşen yuvarlak masa toplantılarının önemli konu başlıklarıdır. Kapsamlı iklim denetim sistemleri kullanılarak iç mekânlarda oluşturulan ılık ve nemli hava, özellikle soğuk mevsimlerde soğuk duvarlarda yoğuşmakta ve yapı malzemelerinin zarar görmesine yol açmaktadır. Zira nemin yoğuşması binanın ahşap bileşenlerinde küf gelişimine, metal bileşenlerinde korozyona ve bina kabuğunda donma ve çözülme döngüleri sonucunda mekanik hasara sebep olmaktadır. Bu gibi durumlarda koleksiyonların ihtiyaçları çerçevesinde tesis edilen çevresel koşullar, tarihi veya kültürel niteliği bulunan müze yapılarında değer kaybı riskini barındırmaktadır. Dahası iklim denetim sistemleri özellikle kapsamlı kurulumlar içerdiklerinde geniş hacimler kaplamakta ve günümüz mimari yaklaşımlarından çok daha önce inşa edilen müzelerde havalandırma kanallarının açılması için korumacılıkla bağdaşmayan büyük değişimler ve inşa faaliyetleri gerektirmektedir.

Müzeler, koleksiyonların korunabileceği düşük sıcaklıklar ile beşeri konforun karşılanacağı görece yüksek sıcaklıkların makul sınırlar dâhilinde uzlaştırıldığı sıcaklık seviyelerini hedeflemelidir. Bu doğrultuda müzelerdeki ofis ve personel kullanım alanlarında yalnızca beşeri konfor gerekleri için sıcaklık ayarlaması yapılmalı, depo alanları gibi sınırlı erişimin söz konusu olduğu müze alanlarında ise koleksiyonlardaki kimyasal bozulmaları yavaşlatmak için daha düşük sıcaklıklar tesis edilmelidir. Sergi salonlarında ise, yüksek hassasiyette nesneler için ayrı özel önlemlerin alınması kaydıyla, ziyaretçi konforu gözetilerek depo sıcaklıklarından yüksek sıcaklıklar önerilmektedir.

İklim denetim sisteminin kurulumu öncesinde ilgili alanda en az bir yıl süreyle iklimsel koşulların izlenmesi tavsiye edilmektedir. Böylece dış ortam ve iç mekân arasındaki farkı niceliksel olarak tanımlamak, tesis edilebilecek iklim seviyesini belirlemek, ihtiyaçları ve maliyeti analiz etmek ve olası riskleri öngörmek mümkün olmaktadır.

Ölçüm yapılan noktaların anlamlı bir değerlendirme için alanın niteliklerini temsil edebilecek şekilde seçilmesi ve ölçüm sonuçlarının uygun veri analiz araçları ile ifade edilebilmesi önemlidir. İklim izlemesi, mevcut iklimlendirme sistem ve yönteminin başarımının değerlendirilmesi açısından da gereklidir.

Günümüzde artan işletim maliyetleri, yüksek enerji tüketimleri ve açığa çıkan sera gazı salımları, müzelerin daha verimli ve çevreci iklim denetim yöntemlerine yönelmesine sebep olmaktadır. İç mekânlarda katı iklimsel koşullara erişilebilmesi hedefiyle işletim bedelleri göz ardı edilerek kurulan kapsamlı iklim denetim sistemleri, bazı koleksiyonların talep ettiğinden daha sıkı koruma koşullarını oluşturmakla birlikte yüksek miktarda enerji tüketiminden de sorumludur. Gerçekleştirilen araştırmalar sıcaklık ve bağıl nemde elde edilebilecek küçük esnemelerin dahi büyük tasarruflara imkân verdiğini göstermektedir. Özellikle yüksek soğutma ve nem alma giderlerinin azaltılmasının bütçe açısından olumlu çıktıları vurgulanmaktadır. Bununla birlikte güneş enerjisi, rüzgâr türbini ve jeotermal enerji kaynakları gibi verimli seçeneklerin yüksek ilk kurulum maliyetlerine rağmen, düşük işletim bedelleri ile zaman içinde büyük avantajlar sunduğu kabul edilmektedir.

Müze koleksiyonları için önem ve öncelik sıralamasının belirlenmesi ve koleksiyon yönetim politikası uyarınca nesnelerin edinilmesi ya da elden çıkarılması, iklim denetim maliyetlerinde tasarrufu desteklemektedir. Zira müzenin koleksiyon yönetim politikası ile uyuşmayan nesnelerin edinimi, mevcut koleksiyonların da daha etkili korunmasının önüne geçmektedir. Depoları dolduran, neredeyse hiç sergilenmeyen ve koleksiyonun bütünlüğü içinde herhangi bir önem arz etmeyen nesneler, iklim denetimi için bir yük olarak değerlendirilebilir. Bu doğrultuda sürdürülebilir bir müze yaklaşımı için tüketilen enerji ve mevcut bütçenin ihtiyaç dâhilinde pay edilmesi önerilmektedir.

Dünya, küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliği ile karşı karşıyadır. Mevcut durumda sera gazı salımları tamamen durdurulsa bile ısınmanın devam edeceği öngörülmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, ülkemizin de dâhil olduğu Akdeniz coğrafyasında gelecekte daha kurak yaz mevsimlerinin, kar yağışlarında kayda değer azalmanın, yağış rejimlerinde değişimin, mevsimler arası sert geçişlerin ve yükselen sıcaklıkların gözlemleneceğini tahmin etmektedir. Bu bağlamda müzeler de enerji tüketimlerini azaltarak karbon ayak izlerini düşürmeyi görev edinmelidir. Bazı yerel düzenlemeler çerçevesinde müzelerde zorunlu tutulan karbon ayak izi sınırlamaları

henüz küresel çapta yaygınlık kazanmamıştır. Ancak enerjinin çevreci kaynaklardan temin edilmesi, elektrik enerjisi yerine en azından doğalgazlı sistemlerin tercih edilmesi, pasif önlemlerle enerji tüketiminin azaltılması, aydınlatmada verimli seçeneklerin kullanılması, karbon ayak izinin düşürülmesini kolaylaştırmaktadır. Müzeler ve diğer her türden kuruluşta karbon ayak izinin azaltılmasının en önemli anahtarı enerji tüketiminin düşürülmesidir.

Ülkemizde müzelerin henüz çevreci kaynaklara yönelmesi oldukça nadirdir. Zira 2000'li yılların başında özel müzelerin yeni bir soluk getirdiği ulusal müzeciliğimiz, önleyici koruma ve iklim denetimi konularında küresel eğilimin çok gerisindedir. Müze nesnelerinin en doğru koşullarda korunması isteği, özellikle değerli koleksiyonların çok kötü koşullarda depo edildiğini ortaya koyan 1990'lı yılların gazeteciliğinin etkisiyle, kamuoyu nezdinde hassas bir konuya dönüşmüştür. Bu durum son yirmi yıldır açılan müzelerde iklim denetimi için kapsamlı sistemlerin kullanımını beraberinde getirmiştir. Hala hiçbir iklim denetim sistemi kullanmayan müzelerin yanı sıra, yeni açılan büyük müzeler Avrupa'nın kırk yıl önce hedeflediği ve yüksek enerji tüketimi, maliyet ve iklim değişikliği gibi haklı gerekçelerle esnetmeye yöneldiği iklimsel referansları takip etmektedir. Bu olgu elbette müzeler arasında koleksiyon ve nesnelerin ödünç verildiği iş birliklerinin bir gereği olarak, iç mekân iklimsel koşullarının optimum seviyede tutulması arzusunun bir yansımasıdır. Dahası nesnelerin korunması için gerekli olan iklimsel koşulların katı referansları gerektirdiğine dair yerleşmiş algının, iklim denetim sisteminin seçiminde koleksiyonların korunmasının odağa alındığı, çevreye etki, enerji tüketimi ve maliyet gibi diğer çıktılardan feragat edildiği durumların bir sonucudur. Ancak büyük yatırımlarla desteklenen ve koleksiyonları azami ölçülerde korumaya odaklanan bu yaklaşımlar sürdürülebilir değildir. Bununla birlikte müzeleri de dâhil eden ulusal bir düzenleme ile yapıların enerji verimliliği teşvik edilmeli, karbon ayak izleri sınırlandırılmalıdır. Herhangi bir iklim denetim sistemi kullanmayan ve sınırlı bütçelere sahip müzelerde yalnızca sıcaklık denetimi üzerinden uygun iç mekân koşullarının elde edilmesine olanak sağlayan "higrostatik ısıtma" gibi alternatifler göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle yıl boyu yüksek bağıl nem seviyelerine sahip olan yerlerde konuşlandırılmış ve ziyaretçi erişimleri sınırlı olan müzelerde söz konusu alternatif, koleksiyonların çevresel etkilerle büyük hasar görmesinin önlenmesi potansiyeline sahip olup, taşınabilir donanımlarla desteklenerek koruma seviyesinin

yükseltilmesi imkânını da sunmaktadır. Ayrıca hassas nesnelerin uygun şekilde koşullandırılan vitrinlerde korunması, tüm iç mekânın iklimlendirilmesine kıyasla tasarruf sağlayan uygulamalar olarak dikkate alınmalıdır.

İklim denetim yolları örneklendirilen ve uluslararası çapta etkinlik gösteren müzelerin, mevcut iklim denetim sistemlerini daha çevreci alternatiflerle, ziyaretçilerinin konforunun ve koleksiyonlarının korunma hedefinin geliştirildiği işletim yolları ile ya da tarihi iklim donanımlarının güncel uygulamalarla desteklendiği seçeneklerle değiştirdiği incelenmiştir. SFMOMA örneğinde, şehrin ılıman havasından azami ölçüde faydalanan, karbon salım oranının düşürülmesi ve enerji tasarrufu gibi potansiyeller sunan ve yasal düzenlemelerle çevreci işletime yönlendirilen iklim denetim sistemlerinin olumlu çıktıları ele alınmıştır. Bununla birlikte Sistine Şapeli'nin (Vatikan Müzeleri), oldukça yalın iç mekân mimari yapısına rağmen kapsamlı bir şekilde iklimlendirilebildiği değerlendirimiştir. Bu örnekte iklim denetim sisteminin tasarlandığı süreçteki hedef iklimsel performansı sağladığı ancak artan ziyaretçi sayısına bağlı olarak mevcut sistemlerin güncellenmesi gerektiği saptanmıştır. Milano Modern Sanat Galerisi'nde ise tarihi iklim denetim sistemlerinin pasif denetim yolları ile desteklenmesinin verimli bir işletim ile sonuçlanabileceği kaydedilmiştir. Türkiye'de seçilen müzelerde ise, İstanbul şehri içinde yer almaları sebebiyle benzer dış ortam koşullarına maruz kalan tarihi ve modern müze binalarında geleneksel ve güncel iklim denetim yöntemlerini tercih eden örnekler incelenmiştir. MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Resim Deposu'nun, Sabancı Üniversitesi Sakıp Sabancı Müzesi'nin ve Pera Müzesi'nin sergi ve depo alanlarının kapsamlı iklim denetim yollarıyla koşullandırıldığı belirtilmiştir. Koleksiyonları azami ölçüde koruyabilen bu türden uygulamaların yüksek enerji tüketimi, yüksek işletim maliyetleri ve üst seviye karbon salım oranları gibi sonuçları ele alınmışır. İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nde ise müze kompleksi içinde yer alan farklı iklimsel niteliklere sahip pek çok alanın olduğu ve bu alanların birbirinden ayrışan iklim denetim yolları ile koşullandırıldığı değerlendirilmiştir. Ayrıca yakın zamanda Arkeoloji Müzesi'nde (ana bina) kapsamlı iklim denetim sisteminin kullanılacağı kaydedilmiştir.

Gelecek yıllarda müzelerin, iç mekân iklimsel koşullarının tesisinde daha geniş aralıkları tercih edeceği, mevcut kapsamlı iklim denetim sistemlerini tasarruflu bir şekilde işletmeye yöneleceği ve koleksiyonlarının özgün ihtiyaçları doğrultusunda belirledikleri iklim denetim sistemlerini kullanacağı değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

Ackery, Phil, David Pinniger, John Chambers. 1999. Enhanced Pest Capture Rates Using Pheromonebaited Sticky Traps In Museum Stores. **Studies in Conservation.** c. 44. s.1: 67-71.

Adorno, Ferdinando, Greg Foliente, David Bisceglie, Naia Mendes Maccarini. 2013. Towards a Systems-Based Methodology for Sustaniable Design, Refurbishment and Management of Museums. **International Scientific Workshop Heritage Science and Sustainable Development for the Preservation of Art and Cultural Assets, on the Way to the Green Museum Conference Booklet, 11-12 April 2013.** Berlin: Rathgen Forschungslabor Staatliche Museen zu Berlin: 49.

Adriaens, Annemie, Mark Dowsett. 2008. Time Resolved Spectroelectrochemistry Studies For Protection Of Heritage Metals. **Surface Engineering**. c. 24 s. 2: 84-89.

Agrawal, Om Prakash. 2013. Appropriate Indian Technology for the Conservation of Museum Collections. **Historical Perspectives on Preventive Conservation: Readings in Conservation.** ed. Sarah Staniforth. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Ahrens, Werner. 1934. Contrôle et Réglage de la Température et de l'Humidité dans les Musées. **Mouseion.** c. 25. s. 26: 125-131 (Aktaran Brown, Jean, William Rose. 1997. Development of Humidity Recommendations in Museums and Moisture Control in Buildings. **APT Bulletin.** c. 3. s. 2: 12-24).

Alcantara, Rebeca. 2002. **Standards in Preventive Conservation: Meanings and Applications.** Rome: ICCROM- International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property.

Al Saad, Ziad. 2013. Course Outline: Preventive Conservation. Yarmouk University-Department of Conservation and Management of Cultural Resources. Irbid.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1999**.** Museums, Galleries, Archives and Libraries. **ASHRAE Handbook – HVAC Applications.** Atlanta.

_____. 2007**.** Museums, Galleries, Archives and Libraries. **ASHRAE Handbook – HVAC Applications.** Atlanta.

_____. 2011**.** Museums, Galleries, Archives and Libraries. **ASHRAE Handbook – HVAC Applications.** Atlanta.

_____. 2015**.** Museums, Galleries, Archives and Libraries. **ASHRAE Handbook – HVAC Applications.** Atlanta.

_____. **ASHRAE/ANSI Standard 55-2010**. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. 2010. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Impact of Indoor Air Temperature and Humidity in an Office on Perceived Air Quality, SBS Symptoms and Performance.

Andretta, Massimo, Floriana Coppola, Ana Pavlovic. 2017. New Technologies for Microclimatic and Indoor Air Quality Analysis for the Protection of Cultural Heritage: Case Studies of the Classense Library and "Tamo," The Museum of Mosaics at Ravenna. **Advances in Applications of Industrial Biomaterials**. ed. Eva Pellicer, Danilo Nikolic, Jordi Sort, Maria Baro, Fatima Zivic, Nenad Grujovic, Radoslav Grujic. Cham: Springer International Publishing AG. 161-177.

Angus, Aline, Marion Kite, Theodore Sturge. 2006. General Principles of Care, Storage and Display. **Conservation of Leather and Related Materials.** ed. Marion Kite. London: Routledge.

Ankersmit, Bart. 2009. **Klimaatwerk; Richtlijnen Voor Het Museale Binnenklimaat.** Amsterdam: Amsterdam University Press.

Ankersmit, Bart, Marc H. L. Stappers. 2017. **Managing Indoor Climate Risks in Museums.** Amsterdam: Springer International Publishing.

Arenstein, Rachel P., Samantha Alderson. 2011. Comparing Temperature and Relative Humidity Dataloggers for Museum Monitoring. **Conserve o Gram.** c. 3. s. 3: 1-6.

Ascione, Fabrizio, Laura Bellia, Alfonso Cappozzoli, Francesco Minichiello. 2009. Energy Saving Strategies in Air Conditioning for Museums. **Applied Thermal Engineering.** s. 29:676-686.

Ashley- Smith, Jonathan. 2002. Sustainability and Precaution Part 1. **Conservation Journal.** s. 40.

Atkinson, Jo Kirby. 2015. History of Preventive Conservation. **IIC International Training Center for Conservation: Scientific Approaches to Preventive Conservation, 20-25 September 2015**. Beijing: The Palace Museum.

Bahadır, Ali, Hüseyin Yıldız, Şamil Şerefgil. 2019. **Veteriner Hekimliği Terimler Sözlüğü**. Bursa: Ezgi Kitabevi.

Balcar, Nathalie, Agnes Lattuati-Derieux. 2012. Appendix 3: Analysis of Degradation Products Found During Surveys of three French Collections. eds. Bertrand Laveedrine, Alben Fournier, Graham Martin. **Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections:** 302–308.

Barclay, Robert L., Carole Dignard, Lyndsie Selwy. 2018. **Caring for Metal Objects.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Barrett, L.L. 1923. Insulation of Cold Surfaces to Prevent Sweating. ASHVE Transactions. c. 19: 661 (Aktaran: Brown, Jean, William Rose. 1997 Development of Humidity Recommendations in Museum and Moisture Control in Buildings, **Association for Preservation Technology International Bulletin.** c. 3. s. 27: 12-24).

Baydar, Nil. 2002. Structural Features and Conservation Problems of Turkish Manuscripts and Suggestions for Solutions. **Studies in Conservation.** c. 47. s. 3:5-10.

Behl, Harrison. 2015. Audio Formats: Characteristics and Deterioration. **ARSC Guide to Audio** Preservation. ed. Sam Brylawski, Maya Lerman, Robin Pike, Kathlin Smith. Arlington: Council on Library and Information Resources. Royal Society.

Benfer, Matthew, Emily Williams. 2018. Assessing the Impact of Fire Extinguisher Agents on Cultural Resource Materials. **Fire Technology Journal.** s. 54: 289-311.

Berg, Fredrik. 2016. Using the Life Cycle Analysis Approach for Decision and Policy Support Concerning Built Cultural Heritage: Norwegian Case Studies. **Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings Second International Conference Proceedings, 19-21 October 2016.** Brussels: Flanders Heritage Agency: 68-75.

Betts, C. 2004. Welsh Nationals Pledge to Streamline Their Collections. **Museums Journal,** June (Aktaran: Merriman, Nick. 2008. Museum Collections and Sustainability. **Cultural Trends.** c. 1. s. 17: 3-21).

Bianco, Armandodoriano, Luigi Campanella, Martina D'Ambrosio, Franca Grimaldi. 2016. Electrochemical Monitoring of Plastic Artefacts Degradation. **Natural Product Research.** s. 19: 2862-2866.

Bigelow, Sue. 2004. **Cold Storage of Photographs at the City of Vancouver Archieves.** Ottawa: Canadian Council of Archives.

Bigourdan, Jean L., Paul Lankester, Iain Stewart, Andrea Luciani, Constantina Vlachou Mogire. 2012. Understanding Temperature and Moisture Equilibration: A Path Towards Sustainable Preservation Strategies. **Presentation to Indoor Air Quality 2012: 10. International Conference, 17-20 July 2012.** London: UCL Center for Sustainable Heritage.

Bizot Group. 2008. NMDC Guiding Principles for Reducing Museums' Carbon Footprint. https://www.nationalmuseums.org.uk/media/documents/what_we_do_documents/guiding_principles_reducing_carbon_footprint.pdf

Blades, Nigel, Kirsty Rice. Conservation Heating and Energy Efficiency at the National Trust: Theory and Practice. 2010. **Development in Climate Control of Historic Buildings. Proceedings from the International Conference Climatization of Historic Buildings State of the Art, 02 December 2010.** Ettal: 13-21.

Bogaard, John, Paul M. Whitmore. 2002. Explorations of the Role of Humidity Fluctuations in the Deterioration of Paper. **Studies in Conservation**. c. 47. s. 3: 11-15.

Bratasz, Lukasz. 2013. Allowable Microclimatic Variations in Museums and Historic Buildings: Reviewing the Guidelines. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 11-21.

Brisman, Avi. 2011. Vandalizing Meaning, Stealing Memory: Artistic, Cultural and Theoretical Implications of Crime in Galleries and Museums. **Critical Criminology.** s. 19: 15-28.

Broström, Tor, Tomas Vyhlidal, Goran Simeunovic, Poul Klenz Larsen, Pavel Zitek. 2013. Evaluation of Different Approaches of Microclimate Control in Cultural Heritage Buildings. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 105-117.

Brown, Jean, William Rose. 1997 Development of Humidity Recommendations in Museum and Moisture Control in Buildings, **Association for Preservation Technology International Bulletin.** c. 3. s. 27: 12-24.

Buck, Richard. 1964. Museum News Technical Supplement. A Specification for Museum Air Conditioning. **Museum News.** s. 43: 53-60 (Aktaran Brown, Jean, William Rose. 1997. Development of Humidity Recommendations in Museums and Moisture Control in Buildings. **APT Bulletin,** c. 3. s. 2: 12-24).

Bucur, Voichita. 2016. **Handbook of Materials for String Musical Instruments.** Springer International Publishing.

Bullock, Charles. 1996. The Sistine Chapel: HVAC Design for Special Use Buildings. **ASHRAE Journal.** April 1996: 42-56.

Burke, Martin. 2002. Museum Handbook Appendix O: Curatorial Care of Metal Objects. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

Bülow, Anna E., Belinda J. Colston, David S. Watt. 2002. Preventive Conservation of Paper-Based Collections within Historic Buildings. **Studies in Conservation**. c.3. s. 47: 27-31.

Cairns Regional Council. 2011. Energy and Emissions. **Sustainable Tropical Building Design: Guidelines for Commercial Buildings.** Cairns Regional Council: Cairns.

Camuffo, Dario. 2007a. Climate Control Versus Management from an Architectural Point of View. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 50-58.

_____. 2007b. Global Climate Change and Cultural Heritage. Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007. Tenerife: The Getty Conservation Institute: 3-6.

_____. 2007c. Human Comfort. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 44-50.

Camuffo, Dario, Giovanni Sturaro, Antonio Valentino. 2000. A Really Effective Mean for Protecting Artworks?. **Thermochem Acta.** s. 365: 65-77.

Camuffo, Dario, Vito Fernicola. 2010. How to Measure Temperature and Relative Humidity Instruments and Instrumental Problems. **Basic Environmental Mechanisms Affecting Cultural Heritage.** ed. Dario Camuffo, Vasco Fassina, John Havermans. Florence: Nardini: 31-41.

Canadian Association for Conservation of Cultural Property. 2000. **Code of Ethics and Guidance for Practice.** Canada.

Canadian Conservation Institute. 2013. Textiles and the Environment**. CCI Notes Series: Textile And Fibers.** c. 13. s. 1.

Caple, Chris. 2016. **Preventive Conservation in Museums.** Oxford: Routledge.

Carrlee, Ellen. 2003. Does Low-Temperature Pest Management Cause Damage? Literature Review and Observational Study of Ethnographic Artifacts. **Journal of the American Institute for Conservation.** c.42. s.2:141-166.

Cassar, May. 1995. **Environmental Management: Guidelines for Museums and Galleries.** New York. Routledge and Routledge.

Cassar, May, Robyn Pender. 2005. The Impact of Climate Change on Cultural Heritage: Evidence and Response. **ICOM Committee for Conservation 14. Triennial Meeting, 12-16 September 2005**. Hauge: Jamesand James: Earthscan: 610-616.

Cezar, Mustafa. 1995. **Sanatta Batı'ya Açılış ve Osman Hamdi**. İstanbul: Erol Kerim Aksoy Kültür Eğitim Spor ve Sağlık Vakfı.

Close, Paul D. 1930. Preventing Condensation on Interior Building surfaces. **ASH&VE Transactions**. s. 36:854 (Aktaran: Brown, Jean, William Rose. 1997 Development of Humidity Recommendations in Museum and Moisture Control in Buildings. **Association for Preservation Technology International Bulletin.** c. 3. s. 27: 12-24).

Conrad, Ernest. 2007. Climate Control Versus Climate Management drom a Mechanical Point of View. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 50-75.

Coşkuncu, Kıymet S. 2005. Depolanmış Ürünlerde Zararlı Böceklerle Mücadelede Feromon Tuzakların Kullanım Olanakları. **OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi.** c. 20. s. 2: 92-97.

Dancause, Renee, Janet Wagner, Jan Vuori. 2018. **Caring For Textiles And Costumes**. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

De Bouw, Michael, Samuel Dubois, Liesbeth Dekeyser, Yves Vanhellemont. 2016. **Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings Second International Conference Proceedings, 19-21 October 2016.** Brussels: Flanders Heritage Agency.

D'Hont, Lieve, Bart Ankersmit, Marc Stappers. [18.01.2021]. **Managing Indoor Climate Risks**. https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2018/01/01/managing-indoor-climate-risks.

Dignard, Carole, Janet Mason. 2018. **Caring for Leather, Skin and Fur**. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Deck, Clara. 2016a. **The Care And Preservation of Furniture And Wooden Objects**. Michigan: The Henry Ford Museum Publications.

Deck, Clara. 2016b. **The Care And Preservation of Glass and Ceramics.** Michigan: The Henry Ford Museum Publications.

Devine, Scott W. 2015. The Florence Flood of 1966: A Report on the Current State of Preservation at the Libraries and Archives of Florence. **The Paper Conservator.** Routledge: 15-24.

Di Pietro, Giovanna, Frank Ligterink, Henk Porck, Gerrit de Bruin. 2016. Chemical Air Filtration in Archives and Libraries Reconsidered. **Studies in Conservation.** c. 5. s. 61: 245-254.

Do, Duong. 1998. **Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics.** London: Imperial College Press.

Dresner, Simon. 2002. **The Principles of Sustainability.** London: Earthscan.

Duqueyroi, Nadege, Laurianne Robinet, Coralie Barbe. 2015. Expandable Polyester Hinges for Parchment Mounting Performance in Fluctuating Environmental Conditions. **Journal of Paper Conservation**. c. 16. s. 1: 18-28.

Durney, Mark, Blythe Proulx. 2011. Art Crime: A Brief Introduction. **Crime, Law and Social Change.** s. 56: 115-132.

Dyer, Alan.1988. **An Introduction to Zeolite Molecular Sieves.** New York. Wiley.

Erhardt, David, Charles. S. Tumosa, Marion F. Mecklenburg. 2007. Applying Science to the Question of Museum Climate. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19- 23 November 2007.** Copenhagen: The National Museum of Denmark: 11-19.

Erhardt, David, Marion Mecklenburg. 1994. Relative Humidity Re-Examined in Preventive Conservation. Practice, Theory and Research. **Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress of the International Institute for Conservation, 12- 16 September 1994.** London: 32-38.

Ertürk, Nevra. 2012. Müze Koleksiyonlarının Depreme Karşı Korunması. **Müzebilimin ABC'si.** ed. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman. İstanbul: Ege Yayınları: 157-168.

_____. 2019. Dünya Miras Alanlarında Afet Risklerinin Yönetimi: UNESCO'nun Çalışmaları. **Kültür Varlıklarına Yönelik Afet Risklerinin Yönetimi.** ed. Zeynep Gül Ünal, Nevra Ertürk. İstanbul: İstanbul Tarihi Alanları Başkanlığı.

European Commission. [02.01.2021].2030 Climate Target Plan. https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_en

European Commission: The Community Research and Development Information Service. 2014. **Final Report Summary: Climate for Culture Damage Risk Assessment, Economic Impact and Mitigation Strategies for Sustainable Preservation of Cultural Heritage in the Times of Climate Change**. Munich.

European Committee for Standardization. **BS EN15757. 2010.** Conservation of Cultural Property- Specifications for Temperature and Relative Humidity to Limit Climate-Induced Mechanical Damage In Organic Hygroscopic Materials. Brussels.

_____. **BS EN 15758. 2010.** Conservation of Cultural Property- Procedures and Instruments for Measuring Temperatures of the Air and the Surfaces of Objects. Brussels.

_____. **BS EN15759-1. 2011.** Conservation of Cultural Property- Indoor climate: Guidelines for Heating Churches, Chapels and other Places of Worship. Brussels.

_____. **BS EN 16242. 2012.** Conservation of Cultural Heritage. Procedures and Instruments for Measuring Humidity in the Air and Moisture Exchanges Between Air and Cultural Property. Brussels.

_____. **BS EN 15999-1. 2014.** Conservation of Cultural Heritage. Guidelines for Design of Showcases for Exhibition and Preservation of Objects. Brussels.

_____. **BS EN16883. 2015**. Conservation of Cultural Heritage. Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings. Brussels.

_____. **BS EN15759-2. 2018**. Conservation of Cultural Heritage. Indoor climate. Ventilation Management for the Protection of Cultural Heritage Buildings and Collections. Brussels.

_____. **BS EN ISO 7726. 2001**. Ergonomics of the Thermal Environment. Instruments for Measuring Physcial Quantities. Brussels.

_____. **BS EN ISO 7730. 2006**. Ergonomics of the Thermal Environment. Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria. European Committee for Standardization. Brussels.

European Confederation of Conservator- Restorers' Organisations. 2002. **Professional Guidelines (I).** Brussels.

Express Comment. [03. 02. 2020]. World War II: How a Welsh Mine Saved Britan's Art. https://www.express.co.uk/comment/expresscomment/920557/World-War Two-Welsh-mine-Manod-National-Gallery-national-collection-storage-war.

Ezrati, Jean J. 2014. Museum and Exhibition Lighting. **Handbook of Advanced Lighting Technology**. Springer International Publishing.

Fanger, Povl Ole. 1970. **Thermal Comfort: Analysis and Applications to Environmental Engineering**. Copenhagen: Danish Technical Press.

Farreny, Ramon, Jordi Oliver-Sola, Sangara Escuder- Bonilla, Montserrat Roca-Marti, Eva Sevigne Itoiz, Xavier Gabarrell Durany, Joan Rieadevall. 2012. The Metabolism of Cultural Services. Energy and Water Flows in Museums. **Energy and Buildings.** s. 47: 98-106.

Feller, Robert L. 1978. Stages in the Deterioration of Organic Materials. Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value. **American Chemical Society: Advances in Chemistry**. s. 164: 314-335.

Fenn, Julia, Scott Williams. 2018. **Caring For Plastics And Rubbers.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Fernandez, Federica, E. Curto, V. Salerno. 2013. Nanotechnology for Museums: A Sustainable Sollution. **International Scientific Workshop Heritage Science and Sustainable Development for the Preservation of Art and Cultural Assets, on the Way to the Green Museum Conference Booklet, 11-12 April 2013.** Berlin: Rathgen Forschungslabor Staatliche Museen zu Berlin.

Florian, Mary- Lou E. 2006. The Mechanisms of the Deterioration in Leather. **Conservation of Leather and Related Materials.** ed. Marion Kite, Roy Thomson. Londra: Routledge: 36-54.

France, Fenella. 2015. Audio Visual Preservation at the National Archives and Records Administration. **Against the Grain.** c. 27. s. 4:11-17.

Fricker, Anna. 2016. The Conservation of Polimeric Materials in Museum Collections Using Advanced Surface Science and Surface Analysis Techniques. Doktora Tezi. Imperial Collage London.

Garside, Paul, Barry Knight. 2011. The Behaviour of Books in Changing Environmental Conditions and the Implications for Collection Storage. **ICOM Committee for Conservation 16. Triennial Meeting 19-23 September 2011.** Lisbon: 1- 9.

Glud, Katja, Jesper Stud Johnsen. 2002. Survey of the Still Photograph Collection at the Danish Film Institute. **Studies in Conservation.** c. 43. s. 3: 74- 77.

Goldberg, Lisa, Steven Weintraub, Sterniolo, Fred. 2005. Cobalt Indicating Silica Gel Health and Safety Update. **Conserve o Gram**. c.2. s. 15.

Grabon, Michel, Jackie Anderson. 2015. The Sistine Chapel: New HVAC System for Cultural Preservation. **ASHRAE Journal.** June2015: 20-34.

Grygierek, Ferdyn. 2016. Monitoring of Indoor Air Parameters in Large Museum Exhibition Halles with and without Air Conditioning Systems. **Building and Enviroonment.** s. 107: 113-126.

Gonçalves, Willi B., Souza L. Antonio. Preservation Metrics Applied to Environmental of Collections. **Workshop Internacional Arquitetura e Tecnicas Museograficas, 9-14 October 2016.** Sao Polo: Federal University of Minas Gerais.

Guild, Sherry. 2018. **Caring for Paper Objects.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Hacke, Marei. 2014. Weighted Silk: History, Analysis and Conservation. **Studies in Conservation.** c. 53. s. 2: 3-15.

Hackney, Stephen. 2007. The Evolution of a Conservation Framing Policy at TATE. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen. Copenhagen: The National Museum of Denmark: 229-237.

Hartin, Debra D., Wendy Baker. 2018. **Caring For Paintings.** Ottawa: Canadian Conservation Institute

Heines, Betty. 2006. **Collagen: The Leathermaking Protein. Conservation of Leather and Related Materials.** ed. Marion Kite, Roy Thomson. London: Routledge.

Heinzerling, David. 2018. A New Approach to Museum HVAC Design. **ASHRAE Journal.** August 2018: 35-43.

Henderson, Jane, Shumeng Dai. 2013. Towards a Common Understanding of Standards. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties.** ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl: London: Archetype Publications.

Henry, Michael. 2007a. Climate Control Versus Management from an Architectural Point of View. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 50-75.

_____. 2007b. Human Comfort. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 44-50.

Heslop Helen, Simon Davis. 2002. **An Approach to the Preservation of Digital Records.** Canberra: National Archives of Australia.

Hill, Greg. 2018. **Caring for Photographic Materials.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Holl, Kristina. 2013. Comparison of Indoor Climate Analysis According to Current Climate Guidelines with the Conservational Investigation Using the Example of Linderhof Palace. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 299-311.

Hollinger, William K. 1994. Preventive Conservation: Practice, Theory and Research. **Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994**: 212-216.

Huber, Alfons. 2007. Problem Zone: Window. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19- 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen. Copenhagen: The National Museum of Denmark: 199-206.

Hui, Sam C. M. 2001. Hvac Design and Operation for Green Buildings. **In Proceedings of the Shaanxi- Hong Kong Refrigeration and HVAC Seminar, 11-13 June 2001.** Xian: Researchgate: 1-9.

Huijbregts, Zara, Marco Martens, Jos van Schijndel, Henk Schellen. 2013. The Use of Computer Simulation Models to Evaluate the Risks of Damage to Objects Exposed to Varying Indoor Climate Conditions in the Past, Present and the Future. Uncertainties in Damage Assessments of Future Indoor Climates.

Climate for Collections: Standards and Uncertainties. ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 375-385.

Instrument Choise. [06.01.2021]. Environment Meters: Sling Psychrometers. https://www.instrumentchoice.com.au/

International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property. 2016. **A Guide to Risk Management of Cultural Heritage.** Ottawa.

International Council of Museums. 2007. **ICOM Statutes.** Paris.

International Council of Museums- Conservation Committee. 2008. **The Terminology to Characterize the Conservation of Tangible Cultural Heritage.** New Delhi.

International Council on Monuments and Sites. 1964. **International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites**. Venice.

International Energy Agency. 1987. Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme. Technical Note AIVC. **Airborrne Moisture Transfer: New Zealand Workshop Proceedings and Bibliographic Review.** Berkshire: Air Infiltration and Ventilation Centre.

International Union of Physiological Sciences Thermal Commission. 2001. Glossary of Terms for Thermal Physiology. **Japanese Journal of Physiology**. s. 51: 245-280.

Iraci, Joe. 2020. **Caring for Audio, Video and Data Recording Media.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Itoh, Teiji. 2013. Kura: The Design and Tradition of the Japanese Store House. **Historical Perspectives on Preventive Conservation: Readings in Conservation.** ed. Sarah Staniforth. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği. [29.05.2020]. Kötü İç Hava Kalitesi Tehditleri. https://iskid.org.tr/ichavakalitesi/kotu-ic-hava-kalitesi-tehditleri/lejyonella/.

İlaç ve Ezcacılık Terimleri Çalışma Grubu. 2015. **İlaç ve Eczacılık Terimleri Sözlüğü.** Ankara: Türk Dil Kurumu.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. 2018**. İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı.** İstanbul.

Janssens, Arnold, Hugo Hens. 2003. Interstitial Condensation Due to the Air Leakage: A Sensitivity Analysis. **Journal of Thermal Envelope and Building Science.** s. 27: 15-30.

Johnson, Jessica S. 2000. Museum Handbook Appendix P: Curatorial Care of Ceramic, Glass and Stone Objects. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

Johnson, Jessica S., Bennett, Karen. 2000. Museum Handbook Appendix L: Curatorial Care of Easel Paintings. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

Jordan, Cara. [04.07.2019]. The Mystery of the Moldy Jersey. http://www.museumtextiles.com/blog/category/mold.

Kaeferhaus, Jochen. 2014. Revitalisation and Enhancement of Historical Climatisatisation Systems, Energy Efficiency for Historical Buildings. **CORDIS Climate for Culture Project. Deliverable Report 7.2.1:** 61-71.

Karakoç, Alp, Pekka Tukiainen, Jouni Freund, Mark Hughes. 2013. Experiments on the Effective Compliance in the Radial-Tangential Plane of Norway Spruce. **Composite Structures.** s. 102: 287-293.

Kılıç, Abdurrahman. 2016. Su Sisi Söndürme Sistemi. **Yangın Güvenlik Dergisi.** s. 183: 8-9.

Kındap, Tayfun, Yasemin Ezber, Omer L. Şen Mehmet Karaca. 2007. Climatic Effects of Urbanization in İstanbul: a Statistical and Modeling Analysis. **International Journal of Climatology.** c. 27. s. 5: 667-679.

Kincaid, Simon. 2018. The Upgrading of Fire Safety in Historic Buildings. **The Historic Environment: Policy & Practice Journal**. s. 9: 3-20.

Kite, Marion. 2006. Furs and Furriery: History, Techniques and Conservation. **Conservation of Leather and Related Materials.** ed. Marion Kite. Londra: Routledge: 141-170.

Kramer, Rick, Henk L. Schellen, Jos van Schijndel. 2016. Impact of ASHRAE's Museum Climate Classes on Energy Consrumption and Indoor Climate Fluctuations: Full Scale Measurements in Museum Hermitage Amsterdam. **Energy and Buildings Journal.** s. 130: 286-294.

Koçyan, Natali Nıvart. 2013. LED Teknolojisi ve Müzelerde Kullanılırlığı Üzerine Değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Konuklar, Mehmet. 2011. Kâğıt Eserlerin Korunmasında Yeni Yöntem Araştırılması. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Koob, Stephen P. 2006. **Conservation and Care of Glass Objects.** London: Archetype Publications Ltd: 39–46.

Korotchenkov, Ghenadii. 2018. **Handbook of Humididty Measurement. Methods, Materials and Technologies: Spectroscopic Methods of Humididty Measurement.** Florida: CRC Press.

_____. 2019. **Handbook of Humididty Measurement. Methods, Materials and Technologies: Volume 2 Electronic and Electrical Humidity Sensors.** Florida: CRC Press.

Kozlowski, Roman. 2007a. Climate Requirements for Collections. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 23-44.

_____. 2007b. Sustainability and the Cultural Heritage Sector. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 11-23.

Kunicki- Goldfinger, Jerzy. 2002. Preventive Conservation Strategy for Glass Collections. Identification of Glass Objects Susceptible to Crizzling. **5. Cultural Heritage Research: A Pan-European Challenge Conference, 16-18 May 2002.** Krakow: 301- 304.

Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu (2863 S. K.). 1983. **Resmi Gazete.** 18113, Temmuz.

Lambert, Simon, Jane Henderson. 2011. The Carbon Footprint of Museum Loans: A Pilot Study at Amgueddfa Cymru- National Museum Wales. **Museum Management and Curatorship.** c. 26. s. 3: 209-235.

Lankester, Paul, David Thickett. 2013. Delivering Damage Functions in Enclosures. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 337-349.

Lankester, Paul, Peter Brimblecombe. 2012. The Impact of Future Climate in Historic Interiors. **Science of the Total Environment**. s. 417: 248-254.

Leijonhufvud, Gustaf, Erik Kjellström, Tor Broström, Jonathan Ashley- Smith, Dario Camuffo. 2013. Uncertainties in Damage Assessments of Future Indoor Climates. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 405-419.

Library of Congress. [22.07.2019]. Care, Handling and Storage of Audio Visual Materials. https://www.loc.gov/preservation/care/record.html.

Linden, Jeremy, James Reilly, Peter Herzog. 2013. Field- Tested Methodology For Optimizing Climate Management. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 93-105.

Linnie, Martyn J. 1997. Conservation. **Museum Management and Curatorship.** c. 16. s.4: 414-424.

Logan, Judith, Tara Grant. 2018. **Caring for Ceramic and Glass Objects.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Lucchi, Elena. 2018. Review of Preventive Conservation in Museum Buildings. **Journal of Cultural Heritage**. s. 29:180-193.

Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani.

Lukomski, Michal, Janusz Czop, Marcin Strojecki, Lukasz Bratasz. 2012. Acoustic Emission Monitoring: on the Path to Rational Strategies for Collection Care. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl: London: Archetype Publications.

Luxford, Naomi, David Thickett. 2013. Monitoring Complex Objects in Real Display Environments – How Helpful is It?. **Climate For Collections: Standards And Uncertainties.** ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl: London: Archetype Publications.

Luxor, Zivaljevic, Nada Kurtovic-Folic. 2017. From Technical to Ethical Aspects of Re-Using Heritage Buildings as Museums. **17. International Scientific Conference VSU'2017, 08-09 June 2017.** Sofija.

Maekawa, Shin. 1998. **Oxygen- Free Museum Cases.** Los Angeles: Getty Conservation Institute.

Maekawa, Shin, Franciza Toledo. 2001a. A Climate Control System for Hollybourne Cottage, Jekyll Island Historic District, Georgia. **Conference of American Society of Heating Refrigeration Air-conditioning Engineers (ASHRAE), IAQ 2001- Moisture, Microbes, and Health Effects: Indoor Air Quality and Moisture in Buildings, 4-7 November 2001.** San Francisco.

Maekawa, Shin, Franciza Toledo. 2001b. Sustainable Climate Control for Historic Buildings in Hot and Humid Regions. **PLEA 2001: The 18. Conference on Passive and Low Energy Architecture, 07-09 November 2001.** Florianopolis: 1-7.

Maekawa, Shin, Bart Ankersmit, Edgar Neuhas, Henk Schellen, Vincent Beltran, Foekje Boersma. 2007. Investigation into Impacts of Large Numbers of Visitors on the Collection Environment at Our Lord in the Attic. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen. Copenhagen: The National Museum of Denmark: 99-107.

Marcon, Paul. 2017. **Agent of Deterioration: Physical Forces.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Martens, Marco. 2012. **Climate Risk Assessment in Museums: Degradation Risk Determined from Temperature and Relative Humidity Data.** Eindhoven: Ipskamp Drukkers, Enschede.

Mason, Janet. 2018. **Caring for Basketry and Plant Materials.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Mecklenburg, Marion. 2007a. Micro Climates and Moisture Induced Damage to Paintings. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen. Copenhagen: The National Museum of Denmark: 19-27.

_____.2007b. Determining the Acceptable Ranges of Relative Humidity and Temperature ine Museums and Galleries. https://www.si.edu/mci/downloads/reports/Mecklenburg-Part2-Temp.pdf

Mecklenburg, Marion, Charles Tumosa. 1991. Mechanical Behaviour of Paintings to Changes in Temperature and Relative Humidity. Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings. **International Conference on Packing and Transportation of Paintings, 9-11 September 1991.** London: 173-216.

_____. 1999. Temperatue and Relative Humidity Effects on the Mechanical and Chemical Stability of Collections. **ASHRAE Journal**. c. 4. s. 41:77-82.

Michalski, Stefan. 1982. A Control Module for Relative Humidity in Display Cases. **Science and Technology in the Service of Conservation: Preprints of the Contributions to the Washington Congress, 3-9 September 1982.** Washington: 28-31.

_____. 2002. Double the Life for Each Five-Degree Drop, More than Double the Life for Each Halving of Relative Humidity. **ICOM Committee for Conservation, Preprints of the 13. Triennial Meeting, 22–27 September 2002.** Rio De Janeiro: 66–72.

_____. 2007a. Climate Requirements for Colections. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 23-43.

_____. 2007b. Cost of Climate Control. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 6-11.

_____. 2007c. Sustainability and the Cultural Heritage Sector. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute:11-23.

_____. 2018. **Agent of Deterioration: Light, Ultraviolet and Infrared.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Molina, Sara Liebana. 2017. Current Guidelines Review for the Preservation of Plastics Emitters of Gaseous Pollutants in Contemporary Art Museums. **Grupo Espanol de Conservacion International Institute for Conservation.** s. 11: 278- 285.

Murdock, Cynthia. 2002. Museum Handbook Appendix N: Curatorial Care of Wooden Objects. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

Museo Galileo. [04.01.2021]. Paper Disc Hygrometer. https://catalogue.museogalileo.it/object/PaperdiskHygrometer.html

Museum Climate Control. [24.10.2019]. Constant Volume Humidity Generator. Model- MCG 30.

http://www.lukko.com.tr/docs/MCG30.pdf

Museums and Galleries Commission. 1996. **Standards in the Museum Care of Photographic Collections.** London: Spin Offset Limited.

Museums Association. [20.06.2019]. Museum Practice: Carbon Footprinting. https://www.museumsassociation.org/museum-practice/carbon-footprinting/17052010-what-next-carbon-footprint.

Museums Australia. 2003. **Monitoring the Museum Environment.** Melbourne: Melbourne Museum.

National Film and Sound Archieve of Australia. [08.11.2020]. Cold Storage of Film. https://www.nfsa.gov.au/preservation/guide/handbook/cold-storage

National Institute of Standards and Technology. [04.01.2021]. A New Gravimetric Hygrometer for Verification of NIST Humidity Standards. https://www.nist.gov/pml/sensor-science/

National Museum Directors' Council. 2008. **NMDC Guiding Principles for Reducing Museums'Carbon Footprint.** London.

National Park Service. 1997a. Caring for Color Photographs. **Conserve o Gram Booklet.** c.14. s. 6: 1-4.

_____. 1997b. Caring for Photographs: General Guidelines. **Conserve o Gram Booklet.** c.14. s. 4: 1-4.

_____. 2002. An Emergency Cart for Salvaging Water-Damaged Objects. **Conserve o Gram Booklet.** c.21. s. 2.

_____. 2012. **Museum Collection Storage.** Washington: 7:2.

_____. 2016. **The Museum Handbook: Part I: Museum Collections.** Washington.

Neuhaus, Edgar, Henk L. Schellen. 2007. Conservation Heating for a Museum Environment in a Monumental Building. **Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings 10. International Conference, 2-7 December 2007.** Florida.

Newsham, Guy R., Sandra Mancini, Benjamin J. Birt. 2009. Do LEED- Certified Buildings Save Energy?. **Energy and Buildings.** s. 41:897-905.

Newton, Charlotte, Clifford Cook. 2018. **Caring for Archaeological Collections.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Newton, Charlotte, Judy Logan. 2007. **Care of Ceramics and Glass: Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 5/1.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Nishimura, Douglas. 2007. **Understanding Preservation Metrics**. New York: Rochester Institute of Technology.

Norris, Debbie H. 1996. Appendix R: Curatorial Care of Photographic Collections**. The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

Northeast Document Conservation Center. 2007. **The Environment: Monitoring Temperature and Relative Humidity.** Andover: NEDCC.

Oddy, Andrew. 1975. The Corrosion of Metals on Display. **Conservation in Archaeology and the Applied Arts.** London: IIC: 235-237.

Oikawa, Tadashi, Toshiya Matsui, Yasunori Matsuda, Teruko Takayama, Hitoshi Niinuma, Yasuyo Nishida Kazuo Hoshi, Mitsuyoshi Yatagai. 2015. Volatile Organic Compounds from Wood and Their Influences on Museum Artifact Materials I. Differences in Wood Species and Analysis of Causal Substances of Deterioration. **The Japan Wood Research Society.** s. 51: 363- 369.

Olsen, Lars, Niels Radisch. 2002. Thermal Bridges in Residential in Denmark. **OPET Czech Republic.** Brno: KEA Energeticka Agentura.

Online Etymology Dictionary. [15.03.2019]. https://www.etymonline.com/

Oreszczyn, Tadj. 2007a. Climate Control Versus Management from an Architectural Point of View. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 50-58.

_____. 2007b. Global Climate Change and Cultural Heritage. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 3-6.

Padfield, Tim. 1999. Humidity Buffering of the Indoor Climate by Absorbent Walls. **Proceedings of the 5. Symposium Building Physics in the Nordic Countries, 24-25 August 1999.** Göteborg: Chalmers University of Technology: 83-87.

_____. 2007. Sustainability and the Cultural Heritage Sector**. Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 11-23.

Padfield, Tim, Paul K. Larsen, Lars A. Jensen, Morten Ryhl-Svendsen. 2007. The Potential and Limits for Passive Air Conditioning of Museums, Stores and Archives. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen. Copenhagen: The National Museum of Denmark: 191-198.

Park, Sharon. 1991. Heating, Ventilating, and Cooling Historic Buildings: Problems and Recommended Approaches. **Preservation Brief**. s. 24: 1-14.

_____. 1999. HVAC for Historic Buildings. **ASHRAE Journal.** s. 41: 82-89.

Pasinli, Alpay. 2003. **İstanbul Arkeoloji Müzesi**. c. 71. İstanbul: Akbank Kültür ve Sanat Merkezi.

Patrascu, Mariana, Marilena Radoiu, Mariana Pruna. 2018. Microwave Treatment for Pest Control: Coleoptera Insects in Wooden Objects. **Studies in Conservation.** c. 63. s.3:155-162.

Paulocik, Chris, Maria Galban, Theresa, Sarah Wagner. 2002. Synthetic Fibers in Costume Collections. **Conserve O Gram Booklet.** c.16. s. 4: 1-4.

Pera Müzesi. [12.11. 2020]. Pera Müzesi Hakkında. https://www.peramuzesi.org.tr/Icerik/pera-muzesi-hakkinda/13

Peters, Dale. 1996. Our Environment Ruined? Environmental Control Reconsider as a Strategy for Conservation. **Journal of Conservation and Museum Studies.** s. 1: 12-18.

Pfluger, Rainer. 2013. Special HVAC Solutions for the Refurbisment of Historic Buildings. **Rehva Journal:** 24-28.

Plenderleith, Harold J., Philippot, Paul. 1960. Climatology and Conservation in Museums. **Museum**. c. 4. s. 13: 242-289.

Pretelli, Marco, Kristian Fabbri. 2018. **Historic Indoor Microclimate of the Heritage Buildings**. Springer International Publishing.

Querner, Pascal. 2015. Insect Pest and Integrated Pest Management in Museums, Libraries and Historic Buildings. **Insects.** c. 6. s. 2: 595-607.

Quye, Anita. 2013. Textile Conservation- Introduction. **RSC Advancing the Chemical Sciences.** London.

Quye, Anita, Colin Williamson. 1999. **Plastics: Collecting and Conserving.** Edinburgh: National Museum of Scotland.

Raphael Toby. 1996. Museum Handbook Appendix S: Curatorial Care of Objects Made from Leather and Skin Product. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

REED Instruments. [04.01.2021]. REED 8778 Heat Stress WBGT https://www.reedinstruments.com/product/

Rempel, Siefried. 1996. Zeolite Molecular Traps and Their Use in Preventative Conservation. **WAAC Newsletter.** c.1 s.18.

Renau, Jose. 1937. L'Organisation de la Défense du Patrimoine artistique et Historique Espagnol Pendant la Guerre Çivile. **Mouseion.** c. 39. s. 40: 7-66 (Aktaran Luciani, Andrea. 2013. Historical Climates and Conservation Environments: Historical Perspectives on Climate Control Strategies within Museums and Heritage Buildings. Doktora Tezi. Politechnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani).

Rhyl-Svedsen, Morten. 2006. Indoor Air Pollution in Museums: Prediction Models and Control Strategies. Studies in Conservation. c. 51. s. 1: 27-41.

Rhyl- Svedsen, Morten, Geo Clausen. 2009. The Effect of Ventilation, Filtration and Passive Sorption on Indoor Air Quality in Museum Storage Rooms. **Studies in Conservation**. c. 1. s. 54: 35-48.

Richard, Mervin. 2007. The Benefits and disadvantages of Adding Silica Gel to Microclimate Packages for Panel Paintings. **Contributions to the Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen: Copenhagen: The National Museum of Denmark: 237-245.

Rimmer, Melanie, David Thickett, David Watkinson, Helen Ganiaris. 2013. **Guidelines for the Storage and Display of Archaeological Metalwork.** London: English Heritage.

RKD Netherlands Institute for Art History. [12.11.2019]. Counting Vermeer. http://countingvermeer.rkdmonographs.nl/chapter-2-the-use-of-x-radiographs-in-the-study-of-paintings/making-and-interpreting-x-radiographs.

Robinet, Laurianne. [28.04.2019]. Artsorb. https://cool.culturalheritage.org/byform/mailing-lists/cdl/2007/0585.html.

Rota, Michael, Stefano Paolo Corgnati, Luigi Di Corato. 2015. The Museum in Historical Buildings: Energy and Systems: the Project of the Fondazione Musei Senesi. **Energy and Buildings**. s. 95: 138-143.

Rouquerol, Jean. Françoise Rouquerol, Kenneth Sing. 1998. **Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications.** Cambridge: Academic Press.

Royal Society of Chemistry. 2013. **Textile Conservation- Introduction. Advencing the Chemical Sciences.** London.

Samide, Michael J., Mary C. Liggett, Jericha Mill, Gregory D. Smit. 2018. Relating Volatiles Analysis by GC–MS to Oddy Test Performance for Determining the Suitability of Museum Construction Materials. **Heritage Science.** c. 6. s. 47: 2.

Schellen, Henk L., Edgar Neuhaus. 2010. Conservation Heating in a Historical Building: Results from an Experimental and Simulation Study. **Development in Climate Control of Historic Buildings. Proceedings from the International Conference Climatization of Historic Buildings State of the Art, 02 December 2010.** Ettal: 21-29.

Schieweck, Alexandra. 2013. Low-Voc and Zero-Voc Products: Helpfull Tools on the Way a "Green" Museum. **International Scientific Workshop Heritage Science and Sustainable Development fort he Preservation of Art and Cultural Assets, on the Way to the Green Museum Conference Booklet, 11-12 April 2013.** Berlin: Rathgen Forschungslabor Staatliche Museen zu Berlin: 45.

Schulze, Andreas. 2013. How the Usual Museum Climate Recommendations Endanger Our Cultural Heritage. **Climate for Collections. Standards and Uncertainties.** ed. Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. London: Archetype Publications.

Selwitz, Charles, Shin Maekawa. 1998. **Inert Gases in the Control of Museum Insect Pests.** Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

SFMOMA. [29.11.2020]. Optimize, Optimize, Optimize: Museum Conservation in the LEED Era.
https://www.sfmoma.org/read/optimize-optimize-optimize-museum-conservation-leed-era

SFMOMA. [20.12.2020]. San Francisco Museum of Modern Art.
https://www.sfmoma.org

Shashoua, Yvonne. 2014. Storage Strategies for Plastics. **The Getty Conservation Institute Newsletter.** c. 1. s. 29: 13- 15.

Shashoua, Yvonne. 2016. Mesocycles In Conserving Plastics. **Studies in Conservation.** c. 61. s. 2: 208- 216.

Shelton, Chris. 1994. A Short Primer on the White-Painted Furnishings of Eighteenth-Century Philadelphia. **Symposium Organized by the Wooden Artifacts Group of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, November 1994.** Virginia.

_____. 1998. A Short Primer on the White-Painted Furnishings of Eighteenth-Century Philedelphia. **Painted Wood: History and Conservation.** ed. Valerie Dorge, F. Carey Howlett. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Shiner, Jerry. 2007. Trends in Microclimate Control of Museum Display Cases. **Contributions To The Copenhagen Conference: 19 - 23 November 2007 Museum Microclimates.** ed. Tim Padfield, Karen Borchersen: Copenhagen: The National Museum of Denmark: 267-277.

Shinyei Technology. [05. 01. 2021]. Dew Star. https://www.shinyei.co.jp/stc/eng/products/humidity/instruments.html

Simpson, Vicotria. [11. 11. 2020]. Why is Mercury Used in Thermometers. https://www.worldatlas.com/articles/why-is-mercury-used-in-thermometers.html

Sirel, Hülya. 1999. Müze Eşyasının Korunması ve Sergilenmesi ile Aydınlatma İlişkisi. **Yeniden Müzeciliği Düşünmek.** ed. Tomur Atagök. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: 113-122.

Smithsonian Institution. 2010. **Collaborations in Conserving Time- Based Art.** Washington: Smithsonian Office of Policy and Analysis.

Somer, Güler, Ahmet Yaşar. 2009. **Kimya Terimleri Sözlüğü.** Türk Dil Kurumu. İstanbul.

Sonoda, Naoko, Shingo Hidaka. 2013. Between Conservation and Access: Implementation of Integrated Pest Management at the National Museum of Ethnology, Osaka, Japan. **Studies in Conservation.** s.53: 88- 91.

Spafford- Ricci, Sarah, Fiona Graham. 2000. The Fire at the Royal Saskatchewan Museum, Part 2: Removal of Soot From Artifacts and Recovery of the Building. **The Journal of the American Institute for Conservation.** c.39. s. 1:37-56.

Staniforth, Sarah. 2007a. Conservation Heating to Slow Conservation: Sustainability and the Cultural Heritage Sector. **Studies in Conservation.** c. 2. s. 55: 74-80

_____. 2007b. Global Climate Change and Cultural Heritage. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 3-6.

_____. 2007c. Sustainability and the Cultural Heritage Sector. **Proceedings of an Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, April 2007.** Tenerife: The Getty Conservation Institute: 11-23.

_____. 2013. **Historical Perspectives on Preventive Conservation: Readings in Conservation.** Los Angeles: The Getty Conservation Institute: 34-37.

Staniforth, Sarah, Bob Hayes, Linda Bullock. 1994. Appropriate Technologies for Relative Humidity Control for Museum Collections Housed in Historic Buildings. Preventive Conservation: Practice, Theory and Research. **Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994:** 123–128.

Staniforth, Sarah, Linda Bullock, Robert Hayes, Andy Singleton. 1997. Conservation Heating by Cable and Radio. **Museum Practice.** c. 2. s. 1: 71–74.

Stewart, Deborah. 2018. **Agent of Deterioration: Fire.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Strang, Tom, Rika Kigawa. 2018. **Agent of Deterioration: Pests.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Strong, Donald E. 1973. Roman museums. **Archaeological Theory and Practice.** London: Seminar Press (Aktaran Caple, Chris. 2012. **A History of, and an Introduction to Preventive Conservation. Preventive Conservation in Museums.** Oxford: Routledge).

Testo. [22.10.2020]. Testo Saveris 2-H1. https://www.testo.com/tr-TR/testo-saveris-2-h1/p/0572-2034

Tetreault, Jean. 2003. **Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives: Risk Assessment, Control Strategies and Preservation Management.** Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Tetrault, Jean, Paul Begin. 2018. Silica Gel: Passive Control of Relative Humidity. **Technical Bulletin.** s.3.

Thickett, David, Rebecca Chisholm, Paul Lankester. 2013. Development of Damage Functions for Copper, Silver and Enamels on Copper. **Climate for Collections: Standards and Uncertainties**. ed. Jonathan Ashley- Smith, Andreas Burmester, Melanie Eibl. Munich: Archetype Publications Ltd: 325-337.

Thomson, Garry. 1986. **Museum Environment.** 2.bs. London: Butterworths.

Thomson, Roy. 2006. The Nature And Properties of Leather. **Conservation of Leather and Related Materials.** ed. Marion Kite. London: Routledge.

Throsby, David, Arjo Klamer, Daniel Bluestone, Randall Mason. 1998. **A Discussion. Economics and Heritage Conservation, December 1998.** Los Angeles: The Getty Conservation Institute: 19-23.

Tremain, David. 2018a. **Agent of Deterioration: Thieves and Vandals**. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

_____. 2018b. **Agent of Deterioration: Water**. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Trenberth, Kevin E., Philip D. Jones. 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press: 235-319.

Torero, Jose. 2019. Fire Safety of Historical Buildings: Principles and Methodological Approach. **The International Journal of Architectural Heritage.** c. 13. s. 7: 926-940.

Torraca, Giorgio. 2009. **Lectures on Materials Science for Architectural Conservation.** Los Angeles: Getty Conservation Institute.

Tsouka, Aneta. 2002. Conservation Treatment of Gelatin-Based Photographic Materials-Different Supports, Different Problems. **Studies in Conservation.** c. 47. s. 2: 21

Turhan, Seval, İkbal Çetiner. 2012. Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi. **6. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 12-13 Nisan 2012.** Bursa: Uludağ Üniversitesi.

Turner-Walker, Gordon. 2008. **A Practical Guide to the Care and Conservation of Metals.** 1. Bs. Taipei: Xi Wang Art and Design Agency.

Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü. [04.03.2019]. http://www.tubaterim.gov.tr/

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2012. **İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı.** Ankara.

_____. 2018. **Türkiye'nin Yedinci Ulusal Bildirimi.** Ankara.

Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı. [12.01.2021]. Kitap Şihanesi ve Arşiv Daire Başkanlığı. http://www.kitapsifahanesi.yek.gov.tr/Home/ShowLink?LINK_CODE=12

Types of Desiccant. [12.04.2019]. Dry Technic, https://www.drytechinc.com/types-of-desiccant/.

Uğuryol, Mehmet. 2012a. Müzelerde İklim Denetimi. **Müzebilimin ABC'si.** ed. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman. İstanbul: Ege Yayınları: 97-114.

_____. 2012b. Müzelerde Kirlilik Denetimi. **Müzebilimin ABC'si**. ed. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman. İstanbul: Ege Yayınları: 115-133.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2003. **Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage.** Paris.

University of Illinois. [08.08.2019]. Preservation Self-Assessment Program. https://psap.library.illinois.edu/collection-id-guide/opticalmedia.

University of Michigan. [04.01.2021]. Humidity Measument.

https://encyclopedia.che.engin.umich.edu/

Voellinger, Theresa, Sarah Wagner. 2009. Cold Storage for Photograph Collections – An Overview. **Conserve O Gram Booklet**. c.14. s. 10: 1-5.

Von Paumgartten, Paul. 2001. Building Green, Consulting-Specifying Engineer, Supplement. **Building Systems Sollutions, January 2001**: 12-17 (Aktaran: Hui, Sam C. M. 2001. **HVAC Design and Operation for Green Buildings.** In Proceedings of the Shaanxi- Hong Kong Refrigeration and Hvas Seminar, 11-13 June 2001. Xian: Researchgate: 1-9).

Wagner Meters. [05. 01. 2020]. Wood Moisture. https://www.wagnermeters.com/moisture-meters/wood-info/temperature-impact-wood-moisture-content/.

Watkinson, David. 2010. **Preservation of Metallic Cultural Heritage**. 1. Bs. Gent: Elsevier BV.

Webb, Amanda L. 2017. Energy Retrofits in Historic and Traditional Building: A review of Problems and Methods**. Renewable and Sustainable Energy Reviews.** s. 77: 748-759.

Weintraub, Steven. 2002. Demystifying Silica Gel. **Objects Specialty Group Postprints**. s. 9: 169-194.

Westbrook, Lindsey. [29.11.2020]. Leading the Way to the LEED Gold. https://www.sfmoma.org/read/leading-way-leed-gold.

Woods, Christopher. 2006. The Conservation Of Parchment. **Conservation of Leather and Related Materials.** ed. Marion Kite. Londra: Routledge: 200-209.

Wolf, Sara J. 2002a. Museum Handbook Appendix J: Curatorial Care of Paper Objects. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

_____. 2002b. Museum Handbook Appendix K: Curatorial Care of Textile Objects. **The Museum Handbook.** Washington: National Park Service.

Yöndem, İlkyaz A. 2019. Ankara'daki Müze Örneklerinde Aydınlatma Yöntemleri ve Önleyici Koruma Yöntemi Olarak Işığın Denetimi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.

Yu, David, Sabra L. Klein, Douglas T. Reindl. 2001. An Evaluation of Silica Gel for Humidity Control in Display Cases. **WAAC Newsletter.** c.2 s.23.

Zwinkels, Joanne. 2015. Light, Electromagnetic Spectrum. **Encyclopedia of Color Science and Technology.** ed. Ronnier Luo. New York: Springer Science and Business Media.

EKLER

Ek 1. Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Araştırma İzin Talebi

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Sayı : E-44513635-302.14.01-2012110287 **Tarih**: 11.12.2020
Konu : Araştırma İzni

İlgili Makama

İlgi: SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI, 08.12.2020 Tarih ve E.2012080169 Sayılı Yazısı

Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat ve Tasarım Anasanat Dalı Başkanlığı Müzecilik Tezli Yüksek Lisans Öğrencisi 15714001 no.lu Musa ÜNSAL'ın Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Fevzi UĞURYOL danışmanlığında hazırlanan "Müzelerde Önleyici Koruma: İklim Denetiminde Güncel Yaklaşımların İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında; İstanbul il sınırları dahilinde bulunan müze yapılarınıza ve koleksiyonlara farklı nitelikte müze yapılarına ve koleksiyonlara sahip müzenizin iklimlendirme konusundaki yöntem ve yaklaşımlarının incelenmesi konusunda yapacağı çalışmalara ilişkin gerekli izinlerin verilmesi hususunu gereği için bilgilerinize arz/rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. Ayşe Banu KARADAĞ
Enstitü Müdür V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu b0dc509 Belge Doğrulama Adresi: http://ebys.yildiz.edu.tr/DogrulamaIndex
Adres :Yıldız Teknik Üniversitesi 34220 Esenler/İSTANBUL İrtibat:Reşat HORUS
Tel / Fax :0212 383 31 15 / 0212 383 31 18 Web:www.ebs.yildiz.edu.tr
Kep Adresi :yildiztekniküniversitesi@hs01.kep.tr e-Posta:rhorus@gmail.com

Ek 2. Sözlü Görüşme Protokolü

GÖRÜŞME PROTOKOLÜ

Sayın ……..……./

…….. Müzesi Müdürlüğü'ne,

Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat ve Tasarım Anasanat Dalı Müzecilik Yüksek Lisans Programı'nda "Müzelerde İklim Denetiminde Esaslar ve Güncel Yaklaşımlar" başlıklı yüksek lisans tezimi Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Fevzi UĞURYOL danışmanlığında hazırlamaktayım. Tez araştırmam kapsamında, İstanbul'da bulunan farklı nitelikte müze yapılarına ve koleksiyonlara sahip büyük ölçekli bazı müzelerin iklimlendirme konusundaki yöntem ve yaklaşımlarını incelemeyi amaçlamaktayım.

Bu görüşme ile Müzenizin iklimlendirme yöntem ve yaklaşımları konusunda bilgi ve deneyimlerinizi almak üzere size bazı sorular sormak istiyorum. Görüşme ile ilgili bazı açıklamalar aşağıda sunulmuştur:

- Araştırmaya katılımınız tamamen gönüllüdür ve her soruya cevap vermek zorunda değilsiniz.
- Verdiğiniz bilgiler, kimliğiniz belirtilmeden müzenizin ismi ve diğer katılımcıların verileri ile birlikte değerlendirilecek, verilerin gizliliği muhafaza edilecektir.
- Araştırma sonucunda elde edilen bilgiler tezimde kullanılacak; bunların dışında herhangi bir amaçla kullanılmayacaktır.
- Görüşme süresince bazı notlar alacağım. Ayrıca sizin için de uygun ise açıklamalarınızı kaçırmamak adına görüşmemizi kaydetmek istiyorum. Kabul etmek istemiyorsanız reddedebilirsiniz.
- Görüşme yaklaşık yarım saat sürecektir.
- Görüşmeye başlamadan önce sormak istediğiniz bir soru varsa sorabilirsiniz.

Görüşme sorularını aşağıda bulabilirsiniz. Görüşme sorularına verdiğiniz tüm cevaplarınız araştırmam için değerlidir. Önerdiğiniz herhangi bir ek bilgi veya kaynak (çalışma sayfaları, broşürler, tanıtım materyalleri, online kaynaklar, ara rapor, değerlendirme raporu, vb. görsel ve yazılı materyaller) var ise ve benimle paylaşabilirseniz çalışmam için çok faydalı olacaktır.

Bu araştırmaya gösterdiğiniz ilgi, ayırdığınız zaman ve desteğiniz için çok teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

Musa ÜNSAL

GÖRÜŞME SORULARI

1. Müzenizde iklimlendirme sistemi kullanılıyor mu? Kullanılıyorsa bilgi alabilir miyim?

2. Müzenizde depo ve sergi alanlarında iklimlendirmeye yönelik birbirinden ayrışan uygulama ve yöntemler tercih ediliyor mu?

3. Müzenizde sıcaklık ve bağıl nem denetimine yönelik alınan önlemlerle ilgili bilgi alabilir miyim?

4. Müzenizde sıcaklık değerleri ve bağıl nem seviyeleri periyodik olarak inceleniyor mu? İnceleniyorsa elde edilen veriler üzerinden değerlendirmelerinizi alabilir miyim?

5. Müzenizde havalandırma, ısıtma, soğutma, nemlendirme ve nem gidermeye yönelik gerçekleştirilen ya da gerçekleştirilmesi planlanan başka uygulamalar var mı? Varsa bunları açıklayabilir misiniz?

6. Müzenizde iklim denetimi özelinde çalışmak üzere görevlendirilmiş bir personel veya konuyla ilgili müze dışından destek alabileceğiniz herhangi bir birim bulunuyor mu?

7. Müzenizde iklimlendirmeye yönelik ilk uygulamalar nelerdir ve hangi tarihte başlamıştır?

8. Müze binasında iklim hedeflerini sağlamak, iklim koşullarını iyileştirmek üzere gerçekleştirilmiş herhangi bir tadilat, yapısal değişim vb. müdahale mevcut mudur?

9. İklimlendirme uygulamalarının Müzenin tüm enerji tüketimindeki payı ve bütçedeki yeri konusunda bir değerlendirme yapabilir misiniz?

10. Yakın veya uzak gelecekte Müzenizin iklimlendirilmesinde enerji tüketimini azaltmaya ve çevreci enerji kaynaklarına yönelmeye dair herhangi bir düzenleme planlanıyor mu?

Benimle paylaşmak istediğiniz başka görüş ve önerileriniz var mı?

Araştırmama katkılarınız için çok teşekkür ederim.

Ek 3. İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü Araştırma Yönlendirmesi

Evrak No : 2[illegible]
Tarih : 06.07.2[illegible]

T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü

PATARA

Sayı : E-92207046-155.01-1020900 07.01.2021
Konu : Yıldız Teknik Üniversitesi Talebi Hk

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü)

İlgi : 11.12.2020 tarihli ve 2012110287 sayılı yazınız.

İlgi yazınızda Üniversiteniz öğrencisi Musa ÜNAL'ın yüksek lisans tezi kapsamında İstanbul il sınırları içinde bulunan müze yapıları ve koleksiyonlara, farklı nitelikteki müze yapılarına ve koleksiyonlara sahip Müzemizin iklimlendirme konusundaki yöntem ve yaklaşımlarının incelenmesi için yapacağı çalışmalara gerekli izinlerin verilmesi talep edilmektedir.

İlgi yazınız Müdürlüğümüzce incelemiş olup konuyla ilgili İstanbul Röleve ve Anıtlar Müdürlüğü ile İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Müdürlüğü ile iletişime geçilmesinin daha uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Bilgi ve gereği için rica ederim.

Rahmi ASAL
Müze Müdürü

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: F1792788-73CE-4D75-9457-A55E97D655AB Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ebd
Alemdar Cad. Osman Hamdi Bey Yokuşu Sokak, Gülhane - Fatih/İSTANBUL Bilgi için:Şaban BÜYÜKKAL
Telefon: (212) 520 77 40 Belgegeçer: (212) 527 43 00 Bilgisayar İşletmeni
istanbularkeolojimuzesi@ktb.gov.tr

Türkiye

18.01.2021

T.C.
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
Kültür Varlıkları Ve Müzeler Genel Müdürlüğü
İSTANBUL RESTORASYON VE KONSERVASYON MERKEZ VE BÖLGE LABORATUVARI MÜDÜRLÜĞÜ'NE

İlgi : İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğünün 07.01.2021 tarih ve E-92207046-155.01-1020900 sayılı yazısı

Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat ve Tasarım Anasanat Dalı Başkanlığı Müzecilik Tezli Yüksek Lisans Öğrencisi 15714001 no.lu Musa ÜNSAL, yüksek lisans tezi kapsamında İstanbul il sınırları içinde bulunan farklı nitelikteki müze yapılarına ve koleksiyonlara sahip müzelerin iklimlendirme konusundaki yöntem ve yaklaşımlarının incelenmesi için yapacağı çalışmalara gerekli izinlerin verilmesi için Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün 11.12.2020 tarih ve E-44513635-302.14.01-2012110287 sayılı yazısı ile İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü'nden araştırma izni talep etmiştir.

İlgi yazıda belirtildiği üzere tarafımca yapılan talebe cevaben; "İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü araştırma izni talep yazısını incelemiş olup konuyla ilgili İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü ile İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Müdürlüğü ile iletişime geçilmesinin daha uygun olduğu değerlendirilmiştir." denilmektedir.

Bu nedenle; yüksek lisans tezimin kapsamında, İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü'nde iklimlendirme konusundaki yöntem ve yaklaşımlarının incelenmesi için yapacağım çalışmalara gerek duyduğum desteğin, İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı tarafından verilmesini talep etmekteyim.

Bilgi ve gereğini arz ederim.

Arş. Gör.

Musa ÜNSAL

Ek : Görüşme Protokolü (2 syf)

T.C.
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü
İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü

Sayı : E-24605032-155.03-1057656 20.01.2021

Konu : Musa ÜNSAL Dilekçesi Hk.

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : Musa ÜNSAL'ın 18.01.2021 tarihli başvurusu.

İlgili başvuru sahibi Musa ÜNSAL; yüksek lisans tezi kapsamında İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü'nde çalışma talebini ilgili Müze Müdürlüğüne iletmiş ve talebine ilgili Müze Müdürlüğü tarafından verilen cevabın; "İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü araştırma izni talep yazısını incelemiş olup konuyla ilgili İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü ile İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Müdürlüğü ile iletişime geçilmesinin daha uygun olduğu değerlendirilmiştir." olduğu ilgi başvurusunda değinilmiştir.

Bahsi geçen çalışma kapsamında alınacak olan bilgilerin, Musa ÜNSAL'ın sadece yüksek lisans tezinde kullanılacağı ilgi başvuru ekinde belirtilmektedir. Konu bahis çalışma kapsamına giren alanın yönetimi İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğündedir. Şahsın yüksek lisans tezi için ilgili Müzeden edineceği verileri bilimsel değerlendirmelerinde kullanabilmesi için, ilgili Müze Müdürlüğü tarafından şahsın çalışma talebine izin vermiş olması gerekmektedir.

Müdürlüğümüzün üst yazısı üzerine; konu bahis çalışmayı İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü'nün onaylaması dahilinde, Musa ÜNSAL'ın yüksek lisans tezi kapsamındaki bilimsel çalışmasının Müdürlüğümüz uzmanlarınca desteklenmesi uygun görülmüştür.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Eftal KİRAZ
Müdür V.

Dağıtım:
Gereği: İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğüne
Bilgi: Sayın Musa ÜNSAL

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: B7DA325C-84D0-48C5-A942-7614A5471B9B Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ibd
Topkapı Sarayı I. Avlu, Bab-ı Hümayun Caddesi, No: 9-1 Sultanahmet - 34122
İSTANBUL Tel: +90 212 527 02 19 Fax: +90 212 512 18 28 KEP Adresi:
istanbulrestorasyonkonservasyon@hs01.kep.tr
Bilgi için:Eftal KİRAZ
Müdür V.

Ek 4. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Araştırma İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 04.12.2020-20673

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Resim ve Heykel Müzesi Müdürlüğü

Sayı : E-26228097-903.99-20673 04.12.2020
Konu : Tez Çalışması hk.

REKTÖRLÜK MAKAMINA

İstanbul Resim ve Heykel Müzesinde görevli Arş. Gör. Musa ÜNSAL' ın yüksek lisans tezi için gerekli izinlerin verilmesi hususunda yazdığı dilekçesi ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize ve tensiplerinize arz ederim.

Prof. Ömer Yiğit ARAL
Müdür

Ek: Arş. Gör. Musa ÜNSAL'ın 30/11/2020 tarihli dilekçesi.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: *BD6017577012*

Belge Takip Adresi: http://ubys.msgsu.edu.tr/evrVision/Validate_Doc.aspx

Adres: Resim Heykel Müzesi Müdürü Mahmut Cad. No:6 Topkapı - Beyoğlu / İstanbul
Telefon: 0212 261 42 98-99 Faks: 0212 293 69 20
Kep Adresi: msgsu@hs03.kep.tr

Bilgi için: Esat KAHRAMAN
Unvanı: Şef

Evrak Tarih ve Sayısı: 08.02.2021-3774

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
İstanbul Resim ve Heykel Müzesi

Sayı : E-26228097-903.02.99-3774
Konu : Yüksek Lisans Tezi hk.

REKTÖRLÜK MAKAMINA

İstanbul Resim ve Heykel Müzesi'nde görevli Arş. Gör. Musa ÜNSAL'ın *Müzelerde Önleyici Koruma: İklim Denetiminde Güncel Yaklaşımların İncelenmesi* başlıklı yüksek lisans tezinde İRHM Resim Deposunda bulunan iklimlendirme ünitelerinin ve havalandırma kanallarının görsellerini kullanmak için sunduğu dilekçe ekte yer almaktadır. Bu konuda gerekli izinlerin sağlanması hususunu;

Bilgilerinize ve tensiplerinize arz ederim,

Saygılarımla,

Prof. Ömer Yiğit ARAL
Müdür

Ek:Arş Gör. Musa ÜNSAL'ın Dilekçesi.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu: *BENNOCDT9* Pin Kodu :87802
Belge Takip Adresi : http://ebys.msgsu.edu.tr/ysn/Vatas/Validate_Doc.aspx
Adres:İstanbul Resim ve Heykel Müzesi
Kılıç Ali Paşa Mah. Meclis-i Mebusan Cad. No:6 Beyoğlu, 34433, İstanbul
Telefon:0212 261 42 98-99 Faks:0212 293 69 20
e-Posta:irhm@msgsu.edu.tr Web:http://irhm.msgsu.edu.tr/
Kep Adresi:msgsu@hs03.kep.tr
Bilgi için: Emel KAHRAMAN
Unvanı: Şef

NOTLAR (Tez Çalışması hk.)



Ömer Yiğit ARAL (07.12.2020 19:23)
Gelen Evrakı Alt Birimlere Sevk Et
Rektörlük makamınca uygun bulunmuştur. İlgili kişiye bildirilmesi hususunda gereğini rica ederim.

Semra AKŞAHİN (07.12.2020 13:55)
Gelen Evrakı Alt Birimlere Sevk Et
Arz ederim.

Ömer Yiğit ARAL (07.12.2020 13:53)
Gelen Evrakı Alt Birimlere Sevk Et
Müze müdürlüğü makamına gönderilmesini rica ederim

Burçin Cem ARABACIOĞLU (Handan İNCİ ELÇİ Vekaletiyle) (04.12.2020 21:40)
Uygundur.

Semra AKŞAHİN (04.12.2020 11:01)
Gelen Evrakı Alt Birimlere Sevk Et
Arz ederim.

NOTLAR (Yüksek Lisans Tezi hk.)



Handan İNCİ ELÇİ (11.02.2021 11:38)
Uygundur.

Mehmet Ali ÖZEN (09.02.2021 11:08)
Gelen Evrakı Alt Birimlere Sevk Et
Arz ederim.

ÖZ GEÇMİŞ

ARŞ. GÖR. MUSA ÜNSAL

ÖĞRENİM DURUMU

Yüksek Lisans

Müzecilik Yüksek Lisans Programı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat ve Tasarım Anasanat Dalı, 2015-2021.

Tez Konusu: Müzelerde İklim Denetiminde Esaslar ve Güncel Yaklaşımlar.

Lisans

Sanat Eserleri Konservasyonu ve Restorasyonu Bölümü, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, 2014-2018.

Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, 2009-2013.

Orta Öğrenim

Atakent Anadolu Lisesi, 2004-2008.

YABANCI DİL

İyi derecede İngilizce.

AKADEMİK GÖREV

Araştırma Görevlisi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Yüksekokulu, 2019-devam ediyor.

MESLEKİ DENEYİM

Restorasyon Projesi

Konservatör-Restoratör, MSGSÜ İstanbul Resim ve Heykel Müzesi Resim Restorasyonu, 2018-devam ediyor.

YAYIN

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulmuş ve Tam Metni Yayımlanmış Bildiri

Ünsal, Musa, Uğuryol, Mehmet. 2020. Müzelerde İklim Denetiminin Tarihçesi. **V. International European Conference on Social Sciences, 18-19 Temmuz 2020**. İzmir: 373-390.