

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR
YAKLAŞIM**

POLAT DARÇIN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. AYŞE BALANLI**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR
YAKLAŞIM**

Polat DARÇIN tarafından hazırlanan tez çalışması 25.08.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ayşe BALANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ayşe BALANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Leyla TANAÇAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nilay COŞGUN
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Doç. Dr. F. Pınar ARABACIOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu doktora tez çalışması yapılarda önemli bir sorun oluşturabilen yapı içi hava kirliliğinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi süreçlerine katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Doktora tezimin yanı sıra, tüm akademik çalışmalarımda, çalışmaların belirli bir nitelikte olmasını sağlamak için gerekli bilgileri vermenin yanı sıra, kendi ilke ve deneyimlerini aktararak bana her konuda yön veren ve destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayşe BALANLI'ya; tez izleme jürilerinde çalışmamı değerli katkılar sağlayarak yönlendiren Sayın Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK'e ve Sayın Prof. Dr. Leyla TANAÇAN'a; tez savunma jürisinde yer alarak, önemli katkılar sağlayan Sayın Prof. Dr. Nilay COŞGUN'a ve Sayın Doç. Dr. F. Pınar ARABACIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez sürecinde, maddi – manevi desteklerini esirgemeyen değerli anneme ve babama; Yıldız Teknik Üniversitesi'ndeki görevlerimi gerçekleştirmem konusunda bana yardımcı olan ve anlayış gösteren Yapı Elemanları ve Malzemeleri Bilim Alanı'nın değerli öğretim üyelerine ve özellikle Arş. Gör. Dr. Ezgi KORKMAZ'a, Arş. Gör. Seda SERBEST'e ve Arş. Gör. Serkan USTAOĞLU'na; kıymetli arkadaşım Üzeyir KARATAŞ'a, alan çalışmasını gerçekleştirmemde yardımcı olan arkadaşım Volkan DAĞDEVİREN'e; Prof. Dr. Güleda ENGİN'e, Araş. Gör. Dr. Ali Osman KURUŞCU'ya, Dr. Pınar TATAR GÜNER'e, Araş. Gör. Esra KÜÇÜKKILIÇ ÖZCAN'a, Araş. Gör. Kasım ÇELİK'e teşekkür ederim. Bu çalışma, Muhterem İlhan AYVERDİ Hanımefendi'nin aziz hatırasına ithaf olunmuştur.

Eylül, 2014

Polat DARÇIN

İÇİNDEKİLER

	sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
ABSTRACT.....	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	8
BÖLÜM 2	
YAPI İÇİ HAVA KİRLETİCİLERİ	11
2.1 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Türleri	12
2.1.1 Gaz/Buhar Durumundaki Yapı İçi Hava Kirleticileri	14
2.1.2 Parçacık Durumundaki Yapı İçi Hava Kirleticileri	19
2.1.3 Belirli Yapı İçi Hava Kirleticisi Grupları	22
2.1.4 Yapı İçi Hava Kirleticileri Arasındaki Etkileşimler.....	24
2.2 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Kaynakları	26
2.2.1 Yapının Dış Çevresindeki Hava Kirleticisi Kaynakları ve Kirleticilerin Yapıya Taşınma Yolları	28
2.2.2 İç Hava Kirleticisi Kaynağı Olan Yapı Ürünleri.....	34
2.2.3 İç Hava Kirleticisi Kaynağı Olarak Yapı Kullanıcısı ve Eylemleri	37
2.3 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Neden Olduğu Sağlık Sorunları	44
2.3.1 İç Hava Kirleticileri Nedeniyle Oluşan Kanserler	47
2.3.2 İç Hava Kirleticileri Nedeniyle Oluşan Kansere Dışındaki Hastalıklar ..	53

2.3.3	İç Hava Kirleticileri Nedeniyle Oluşan SBS.....	61	
2.4	Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesinde İç Hava Kirleticilerinin Özellikleri	63	
BÖLÜM 3			
YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİM AÇISINDAN YAPI KULLANICISI İNSAN			65
3.1	İç Hava Kirleticilerinden Solunum Yoluyla Etkilenme	67	
3.2	İç Hava Kirleticilerinin Bedenin Dış Yüzeylerine Dokunması ve Yüzeylerden Emilmesi Yoluyla Etkilenme	73	
3.3	İnsanın İç Hava Kirleticilerinden Etkilenme Süresi, Sıklığı ve Konumu	75	
3.4	İç Hava Kirleticilerinden Etkilenimde İnsanın Duyarlılığı	75	
3.5	Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesinde Yapı Kullanıcısı İnsanın Özellikleri	80	
BÖLÜM 4			
YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN OLUŞTUĞU VE ETKİLENİMİN GERÇEKLEŞTİĞİ ORTAM			82
4.1	Ortamdaki Havanın Hacmi	83	
4.2	Ortamdaki Havanın Devinimi	84	
4.3	Ortam Yüzeyleri ve İç Hava Kirleticileri Arasındaki Etkileşim	86	
4.4	Ortamda İç Hava Kirliliğini Etkileyen Diğer Etkenler	88	
4.5	Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesinde Etkilenim Ortamına İlişkin Özellikler	89	
BÖLÜM 5			
YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİMİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ ...			92
5.1	Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	93	
5.1.1	Ortam Havasında Bulunan Kirletici Türlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yaklaşımlar	94	
5.1.2	İç Hava Kirleticilerinin Yoğunluk Düzeylerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	98	
5.1.2.1	İç Hava Kirleticilerinin Ortam Havasındaki Yoğunluk Düzeylerinin Belirlenmesi	99	
5.1.2.2	Yapı Kullanıcısı İnsanın Bedenindeki İç Hava Kirleticilerinin Yoğunluk Düzeylerinin Belirlenmesi	116	
5.1.3	Etkilenim Süresinin ve Sıklığının Belirlenmesi	121	
5.2	Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Değerlendirilmesi	122	
5.2.1	İnsan Sağlığı Açısından Kirletici ve Riskle İlgili Sınırlar	122	
5.2.2	İç Hava Kirleticilerinden Etkilenimde Riskin Hesaplanması	127	
5.3	Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Belirlenmesinde ve Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin İrdelenmesi	128	

BÖLÜM 6

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİMİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BAZI YAKLAŞIMLAR.....	130
6.1 Asadi, Gameiro da Silva ve Costa'nın Çalışması.....	131
6.2 Klinmalee, Srimongkol ve Oanh'ın Çalışması.....	133
6.3 Hoddinott ve Lee'nin Çalışması	135
6.4 Ofisler ve Kamusal Mekânlar İçin Yapı İçi Hava Niteliği Belgelendirmesi Yönergesi.....	137
6.4.1 Yapıda Ön İnceleme Yapılması	138
6.4.2 İç Havaya İlişkin Ölçümlerin Gerçekleştirilmesi.....	138
6.4.3 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	139
6.4.4 Yapı İçi Hava Niteliği Belgesinin Verilmesi.....	141
6.5 Hava Niteliği Göstergesi.....	141
6.5.1 Hava Niteliği Göstergesi Değerinin Hesaplanması	142
6.5.2 Hava Niteliği Göstergesi Değerlerinin Sağlık Açısından Karşılıkları .	143
6.6 Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Değerlendirilmesine Yönelik Yaklaşımların İrdelenmesi	147

BÖLÜM 7

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ YAKLAŞIMI	150
7.1 Yapının Tanımlanması.....	151
7.2 Yapıda Ön Araştırma Yapılması.....	151
7.2.1 Ön Araştırma Kapsamında Veri Toplanması.....	151
7.2.1.1 Yapı İç Hava Kirleticilerine Yönelik Ön Araştırma.....	152
7.2.1.2 Yapıdaki Ortamlara Yönelik Ön Araştırma	153
7.2.1.3 Yapı Kullanıcılarına Yönelik Ön Araştırma	155
7.2.2 Ön Araştırma Kapsamında Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	156
7.2.2.1 Kirleticilere Yönelik Saptamalar	157
7.2.2.2 Kullanıcılara Yönelik Saptamalar	160
7.3 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi için Gerekli Verilerin Belirlenmesi	163
7.3.1 Kirleticilere İlişkin Verilerin Belirlenmesi.....	163
7.3.2 Etkilenime İlişkin Verilerin Belirlenmesi	169
7.3.3 Değerlendirme için Elde Edilen Verilerin Bir Araya Getirilmesi	171
7.4 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi.....	172
7.5 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Kullanıcı Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi Yaklaşımının Adımları.....	177

BÖLÜM 8

ÖRNEK ÇALIŞMA: ÖNERİ YAKLAŞIMIN BİR MİMARLIK OFİSİNDE UYGULANMASI	185
8.1 Örnek Yapının Tanımlanması	185
8.2 Örnek Yapıda Ön Araştırma Yapılması	187
8.2.1 Örnek Yapıda Kirleticilere Yönelik Ön Araştırma Yapılması	188
8.2.2 Örnek Yapıda Ortamlara Yönelik Ön Araştırma Yapılması	199

8.2.3	Örnek Yapıdaki Kullanıcılara Yönelik Ön Araştırma.....	207
8.2.4	Örnek Yapıda Ön Araştırma Kapsamında Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	215
8.2.4.1	Örnek Yapıdaki Kirleticilere Yönelik Saptamalar.....	215
8.2.4.2	Örnek Yapıdaki Kullanıcılara Yönelik Saptamalar	221
BÖLÜM 9		
SONUÇ VE ÖNERİLER		226
KAYNAKLAR.....		233
EK-A		
ÖN ARAŞTIRMA KAPSAMINDA YARARLANILABİLECEK ÇİZELGE ÖRNEKLERİ		257
EK-B		
DEĞERLENDİRME İÇİN GEREKLİ VERİLERİN BELİRLENMESİNDE YARARLANILABİLECEK ÇİZELGE ÖRNEKLERİ		271
EK-C		
DEĞERLENDİRME SONUÇLARININ LİSTELENMESİNDE YARARLANILABİLECEK ÇİZELGE ÖRNEĞİ.....		275
EK-D		
YAKLAŞIM KAPSAMINDA UYGULANABİLECEK BİR ANKET ÖRNEĞİ		276
ÖZGEÇMİŞ		279

SİMGE LİSTESİ

Bq	bekerel
CH ₂ O	formaldehit
Ci	curie
cm	santimetre
CO	karbonmonoksit
CO ₂	karbondioksit
COHb	karboksihemoglobin
DDT	4,4'-Dichlorodiphenyltrichloroethane
h	hour
H ₂ SO ₄	sülfürik asit
Hg	cıva
l	litre
m ³	metreküp
mg	miligram
µg	mikrogram
µm	mikrometre
ng	nanogram
NO	azot monoksit
NO ₂	azot dioksit
N ₂ O	diazot monoksit
O ₃	ozon
Pb	kurşun
pCi	pikocurie
Po	polonyum
ppb	parts per billion
pphm	parts per hundred million
ppm	parts per million
Rd	radon
Th	toryum
U	uranyum
SF ₆	kükürt hekza florür
SO ₂	kükürt dioksit
SO ₄	sülfat iyonu

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACH	air change per hour
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AER	air exchange rate
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BCERF	Breast Cancer and Environmental Risk Factors Program
BMD	benchmark dose
BRI	building related illness
CalEPA	California Environmental Protection Agency
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CFD	computational fluid dynamics
CEC	Commissions of the European Communities
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act
CFR	Code of Federal Regulations
CPIEM	California Population Indoor Exposure Model
EC SCHEER	European Commission Scientific Committee on Health and Environmental Risks
EEA	European Environment Agency
EPA	Environmental Protection Agency
FBE	Fen Bilimleri Enstitüsü
FDsys	Federal Digital System
HAPs	hazardous air pollutants
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICRP	International Commission on Radiological Protection
LOAEL	lowest observed adverse effects level
LPG	liquefied petroleum gas
MVOCs	microbiological organic compounds
min	minute
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
NCI	National Cancer Institute
NEWMOA	Northeast Waste Management Officials' Association
NOAEL	no observed adverse effects level

NRC	National Research Council
NTP	National Toxicology Program
PAHs	polycyclic aromatic hydrocarbons
PDR	People's Democratic Republic
PM	particulate matter
PNAs	polynuclear aromatic compounds
POM	particulate organic matter
RELS	reference exposure limits
<i>RfC</i>	reference concentration
<i>RfD</i>	reference dose
RTCA	Radon Testing Corporation of America
s	second
SBS	sick building syndrome – sağlıksız bina sendromu
SMGM	Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi
SPRI	Scottish pollutant release inventory
SVOCs	semi-volatile organic compounds
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TSP	total suspended particles
<i>UREs</i>	unit risk estimates
VOCs	volatile organic compounds
VVOCs	very volatile organic compounds
WHO	World Health Organization
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
USC	United States Code

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 5. 1	İç hava kirleticilerinin ve insanın bir araya gelmesi 92
Şekil 5. 2	Yapı ve çevresinin neden olduğu sağlık sorunlarının oluşumu 95
Şekil 5. 3	Yoğunluk düzeyi verilerinin yorumlanması..... 114
Şekil 5. 4	CFD programlarıyla modellenmiş bir yapı birimi 116
Şekil 5. 5	CFD programlarıyla modellenmiş bir mutfakta CO düzeyi 116
Şekil 5. 6	Dozun oluşmasında süreçler ve ilişkiler 117
Şekil 5. 7	Solunum ve bedenin dış yüzeylerinden emilim yoluyla oluşan doz 119
Şekil 6.1	Asadi ve arkadaşları tarafından önerilen yaklaşımda işleyiş..... 132
Şekil 7. 1	Kirleticilere yönelik saptamalarda verilerin değerlendirilmesi 159
Şekil 7. 2	Kullanıcılara yönelik saptamalarda verilerin değerlendirilmesi..... 162
Şekil 7. 3	Değerlendirme için gerekli verilerin elde edilmesi 172
Şekil 7. 4	Önerilen değerlendirme yönteminin uygulanması 176
Şekil 7. 5	Yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesi modeli..... 184
Şekil 8. 1	Uygulamanın gerçekleştirildiği örnek yapının görünüşü 186
Şekil 8. 2	Uygulamanın gerçekleştirildiği örnek yapının vaziyet planı 186
Şekil 8. 3	Mimarlık ofisinin bulunduğu ikinci katın planı 188
Şekil 8. 4	Örnek yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının konumu 192
Şekil 8. 5	Açık ofis birimindeki yapı ürünleri 193
Şekil 8. 6	Koridordaki yapı ürünleri 193
Şekil 8. 7	Örnek yapıdaki kirletici kaynağı olan yapı ürünlerinin konumları 196
Şekil 8. 8	Örnek yapıda kirletici kaynağı olan kullanıcı eylemlerinin konumları 199
Şekil 8. 9	Örnek yapıyı etkileyen dış hava devinimleri 201
Şekil 8. 10	Örnek yapıdaki hava devinimleri 205
Şekil 8. 11	Kullanıcı eylemlerinin yapıda gerçekleştirildiği konumlar 211

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Havanın doğal içeriğini oluşturan maddeler ve oranları 11
Çizelge 2. 2	Yapı içi hava kirleticilerinin sınıflandırılması 13
Çizelge 2. 3	Yapı içi hava kirleticilerinin fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılması... 14
Çizelge 2. 4	Gaz / buhar durumundaki yapı içi hava kirleticileri 15
Çizelge 2. 5	Kirleticilerin yoğunluk birimleri ve açıklamaları 16
Çizelge 2. 6	Uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler 18
Çizelge 2. 7	Boyutlarına göre sınıflandırılan parçacıkların içeriği..... 19
Çizelge 2. 8	Parçacık durumundaki iç hava kirleticileri ve temel özellikleri 20
Çizelge 2. 9	Hava kirleticisi olan atıklar ve içerdiği kirleticiler 23
Çizelge 2. 10	Dış çevredeki kirletici kaynakları ve özellikleri 29
Çizelge 2. 11	İç hava kirleticisi kaynağı olan yapı ürünleri 35
Çizelge 2. 12	Kullanıcının biyolojik yapısından kaynaklanan iç hava kirleticileri..... 38
Çizelge 2. 13	Kullanıcının eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticileri 39
Çizelge 2. 14	İç hava kirleticilerinin neden olduğu sağlık sorunları..... 45
Çizelge 2. 15	Kanserojen maddelere yönelik sınıflamalar..... 47
Çizelge 2. 16	Kansere neden olan yapı içi hava kirleticileri 49
Çizelge 2. 17	İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları..... 53
Çizelge 2. 18	Yapı içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilen SBS belirtileri 62
Çizelge 3. 1	Soluma miktarlarının belirlenmesinde kullanılan sınıflamalar..... 69
Çizelge 3. 2	Adams'ın belirlediği soluma miktarları (l/dk)..... 71
Çizelge 3. 3	EPA'nın belirlediği soluma miktarları (l/dk) 72
Çizelge 3. 4	CPIEM'de yer alan soluma miktarları (l/dk) 73
Çizelge 3. 5	Farklı kullanıcı gruplarının duyarlı olduğu iç hava kirleticileri..... 77
Çizelge 5. 1	İç hava kirleticileri ve insan bedeninde oluşturduğu belirteçler 96
Çizelge 5. 2	Ölçüm yöntemine göre aygıt sınıfları ve temel özellikleri..... 101
Çizelge 5. 3	Gaz durumundaki kirleticilerin ölçümünde kullanılan aygıtlar 102
Çizelge 5. 4	Kirletici türüne göre ölçüm yöntemleri ve aygıtlar 104
Çizelge 5. 5	Ölçüm ayrıntılarının kararında göz önüne alınması gereken özellikler. 108
Çizelge 5. 7	Etki değişimi kapsamında karşılaşılan durumlar 125
Çizelge 6. 1	Hoddinott ve Lee'nin çalışmasında senaryolar 137
Çizelge 6. 2	Yapıda ölçümün gerçekleştirileceği nokta sayıları 139
Çizelge 6. 3	Yapı içi havasının değerlendirilmesi için sınır değerler 140
Çizelge 6. 4	Hava niteliği göstergesinin hesaplanmasında belirleyici aralıklar 143
Çizelge 6. 5	Hava niteliği göstergesi değerinin anlamları 144

Çizelge 6. 6	Hava niteliği göstergesi değerlerine göre gözlenmesi olası sorunlar....	145
Çizelge 7. 1	Belirleme yöntemlerinin veri gereksinimleri.....	165
Çizelge 7. 2	Belirleme yöntemlerinin zaman-maliyet-iş gücü gereksinimleri	166
Çizelge 7. 3	Belirleme eylemleri sonunda elde edilen verilerin niteliği	167
Çizelge 7. 4	Önerilen değerlendirme yönteminde olumsuzluk düzeyleri	176
Çizelge 7. 5	Yaklaşımın uygulanmasında görev alan uzmanlar	182
Çizelge 8. 1	Örnek yapının kimlik, nesne ve işlev açısından tanımlanması	187
Çizelge 8. 2	Kadıköy'de 2012 yılında dış havadaki ortalama kirletici yoğunlukları ..	189
Çizelge 8. 3	Örnek yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının incelenmesi.....	190
Çizelge 8. 4	Örnek yapıdaki kirletici kaynağı yapı ürünlerinin incelenmesi	194
Çizelge 8. 5	Örnek yapıdaki kirletici kaynağı kullanıcı eylemlerinin incelenmesi.....	197
Çizelge 8. 6	Örnek yapının yer aldığı bölgede dış havaya ilişkin özellikler	200
Çizelge 8. 7	Örnek yapıdaki ortamlarda havalandırma özelliklerinin incelenmesi ..	202
Çizelge 8. 8	Örnek yapıdaki birimlerin hacimleri.....	205
Çizelge 8. 9	Örnek yapıda ortamlardaki yüzey özelliklerinin incelenmesi	206
Çizelge 8. 10	Örnek yapıdaki kullanıcıların biyolojik özelliklerinin incelenmesi.....	208
Çizelge 8. 11	Örnek yapıdaki kullanıcıların eylemlerinin incelenmesi.....	212
Çizelge 8. 12	Örnek yapının yakın dış çevresinde bulunduğu düşünülen kirleticiler .	216
Çizelge 8. 13	Örnek yapıdaki kirleticilere ilişkin olasılıklar	219
Çizelge 8. 14	Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik saptamalar	221
Çizelge A. 1	Yapının tanımlanması	257
Çizelge A. 2	Yapının yer aldığı bölgede dış hava kirleticilerinin yoğunluk düzeyleri	258
Çizelge A. 3	Yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının incelenmesi	259
Çizelge A. 4	Kirletici kaynağı olan yapı ürünlerinin incelenmesi.....	259
Çizelge A. 5	Kullanıcıların biyolojik yapılarından kaynaklanan kirleticiler	260
Çizelge A. 6	Kirletici kaynağı olan kullanıcı eylemlerinin incelenmesi.....	260
Çizelge A. 7	Yapının yer aldığı bölgede dış havaya ilişkin özellikler.....	261
Çizelge A. 8	Ortamlardaki havalandırma özelliklerinin incelenmesi	262
Çizelge A. 9	Ortamların havasına ilişkin özelliklerin incelenmesi	264
Çizelge A. 10	Ortamların yüzey özelliklerinin kirleticilerle etkileşim açısından incelenmesi	265
Çizelge A. 11	Kullanıcıların biyolojik yapılarının ve alışkanlıklarının etkilenim açısından incelenmesi	266
Çizelge A. 12	Kullanıcıların yapıdaki eylemlerinin etkilenim açısından incelenmesi ..	267
Çizelge A. 13	Kirleticilere ilişkin olasılıkların saptanması.....	268
Çizelge A. 14	Kullanıcılara yönelik saptamalar	269
Çizelge B. 1	Kirletici verilerinin belirlenmesine yönelik kararlar	271
Çizelge B. 2	Yapıdaki etkilenim ortamlarında bulunan kirleticilere ilişkin veriler	273
Çizelge B. 3	Yapıdaki ortamlarda belirlenmiş etkilenime ilişkin veriler.....	274
Çizelge C. 1	Yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar	275

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Polat DARÇIN

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe BALANLI

İnsanlar yaşamlarının büyük çoğunluğunu, asal amacı kullanıcıya sağlıklı bir yaşam sunma olan, yapılarda geçirmektedir. Yapıyla ilişkili, kullanıcısının sağlığını olumsuz etkileyerek, baş ağrısından kansere dek oldukça çeşitli sağlık ve buna bağlı ekonomik sorunların ortaya çıkmasına neden olan özelliklerden birisi, yapı içi hava kirliliğidir. Söz konusu olumsuzluğun en düşük düzeye indirilmesi ya da önlenmesi için öncelikle, var olan yapı içi hava kirliliğinin, kullanıcı sağlığı açısından, doğru kurulmuş bir yapı – insan sağlığı ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmesi ve kirlilik nedeniyle yapıda ortaya çıkan olumsuzluk ve risk düzeylerinin belirlendiği kararların üretilmesi gerekmektedir. Bilimsel çalışmalarda, çeşitli araştırmacılar ya da kurumlar tarafından üretilmiş, farklı gelişmişlik düzeylerinde bazı yaklaşım ve yöntemler bulunmasına karşın, belirtilen amaç için kullanılabilir kapsamlı ve sistemli bir yaklaşımın eksikliği görülmekte, bu eksiklik, konuyla ilgili önemli araştırmacılar tarafından da vurgulanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, kullanıcıların var olan yapılardaki iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenebileceği durumlarda, kirliliğin azaltılmasına ya da önlenmesine yönelik çalışmalara veri sağlayacak bir değerlendirme yaklaşımı oluşturmaktır. Konu, insan sağlığı ve sağlıklı iç çevrelerin üretilerek, sağlıklı olma durumlarının sürdürülmesi açısından önemli görülmektedir. Araştırma, konunun, etkilenimi ortaya çıkaran kirletici

– ortam – kullanıcı bağlamında ele alınabileceği ve ulaşılmak istenen yaklaşımın oluşturulmasında, var olan bilimsel çalışmalar kapsamında üretilmiş yöntem ve yaklaşımlardan yararlanılabileceği düşüncelerine dayanmaktadır. Bu doğrultuda oluşturulmuş bir yaklaşım aracılığıyla, yapılarda karşılaşılabilecek iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından olumsuzluk düzeyinin ve risklerin belirlenebileceği ve söz konusu olumsuzluğu ortaya çıkaran sorunların doğru bir şekilde saptanmasına olanak tanınacağı varsayılmıştır.

Yapı içi hava kirliliği, yapının dış çevresinden, yapı ürünlerinden ve kullanıcılardan kaynaklanarak, yapının kapalı birimlerinin havasına karışan; farklı fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikler taşıyabilen ve insanda, temel olarak, kanser, kanser dışı hastalıklar ve sağlıksız bina sendromu oluşturabilen iç hava kirleticileri nedeniyle ortaya çıkmaktadır.

Kullanıcıların yapı içi hava kirleticilerinden etkilenmesi, iç havada belirli bir süre boyunca ve belirli yoğunluk düzeylerinde var olan kirleticilerin, kullanıcının bedenine ulaşmasıyla başlamaktadır. Etkilenim, yoğunlukla, kirleticilerin solunması, daha düşük oranda, deri ve göz yüzeylerine dokunması yoluyla gerçekleşmektedir. Söz konusu etkilenimin düzeyinde ve sonuçta ortaya çıkabilecek sağlık / konfor sorunlarının niteliğinde ise, bu birliktelik süresinde, insana ulaşan kirleticilerin özelliklerinin yanı sıra, insanın solunum sistemi ve derisiyle ilgili biyolojik özellikleri, sosyolojik yapısıyla ilişkili eylemleri ve genetik, alışkanlıklar, sağlık durumu vb özelliklerle ilişkilendirilen duyarlılığı etkili olmaktadır.

Yapının kapalı birimleri, iç hava kirleticileriyle insanı bir araya getirerek, etkilenimin gerçekleştiği ortamları oluşturmakta ve bu birlikteliği çeşitli şekillerde etkilemektedir. Özellikle kirleticilerin ortam havasındaki türleri ve yoğunluk düzeyleri, birimlerin havayla ilişkili özellikleri nedeniyle zaman içinde değişebilmektedir. Birimlerdeki hacim içinde gerçekleşen doğal ya da yapay hava devinimleri, yüzeylerin kirleticilerle etkileşime girmesi ve tüm bu durumları etkileyebilen sıcaklık, nemlilik, ıslaklık gibi özellikler, söz konusu birliktelik açısından önemli görülmektedir.

Etkilenimle ilgili güncel ve çağdaş yaklaşımlar, hedeften, başka bir anlatımla, etkilenen insandan başlamakta; öncelikle insana ulaşan ve onu etkileyen durum belirlenmektedir. Bu bağlamda, bilimsel çalışmalarda, yapının kapalı birimlerinde, kullanıcıyla bir araya gelen kirleticilerin nitelik ve nicelik özelliklerinin, kullanıcının etkilenme süresinin, sıklığının ve karşı karşıya olduğu kirleticiler açısından duyarlılık durumunun çeşitli yöntem ve yaklaşımlarla belirlendiği anlaşılmaktadır. Yapının kapalı birimlerinde bulunan

- kirleticilerin
 - türleri, yapıdaki / yapının çevresindeki kirletici kaynakları, etkilenen insanın kirleticilerle ilişkilendirilen sağlık sorunları ve bedenindeki kirletici belirteçleri incelenerek;
 - yoğunluk düzeyleri, çeşitli ölçüm, hesaplama ve bilgisayar benzetimi yöntemleri kullanılarak,
- etkilenim süresi ve sıklığı, kullanıcılarla ilgili konum – zaman – eylem araştırmaları yapılarak

saptanmaktadır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi ise çoğunlukla, kirletici yoğunluklarının belirli nitelikteki sınır değerlerle karşılaştırılması ve bazı durumlarda, söz konusu etkilenim nedeniyle insanda ortaya çıkabilecek kanserlerin ya da kanser dışındaki hastalıkların oluşma risklerinin hesaplanması şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesine yönelik bilimsel çalışmalarda eksikliğin giderilmesi amacıyla kapsamlı bir değerlendirme yaklaşımı oluşturulmuştur. Disiplinler arası bir çalışma gerektiren bu yaklaşım, yapının tanımlanmasıyla başlamakta, yapıda ve çevresinde kapsamlı bir ön araştırma, ön araştırmada elde edilen verilerin değerlendirilerek, kirleticiler ve etkilenimle ilgili belirleme kararlarının oluşturulduğu ve kararlar doğrultusunda ilgili belirleme eylemlerinin gerçekleştirildiği belirleme ve elde edilen verilerin ortam – kirletici – kullanıcı özellikleri bağlamında değerlendirilerek, yapıda kullanıcıların iç hava kirleticileri nedeniyle karşı karşıya olduğu olumsuzluğun ve risklerin düzeyinin belirlendiği değerlendirme aşamalarını içermektedir. Bu yaklaşımın, konuyu etkilenimi ortaya çıkaran kirletici, ortam ve kullanıcı kapsamında ele alması; ön araştırma aşamasında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle, belirleme eylemlerinin doğru bir şekilde ve uygun koşullarda gerçekleştirilebilmesine olanak tanınması; yönlendirici ve sistemli bir belirleme, değerlendirme ve karar üretme adımları dizisi ortaya koyması; geliştirilmeye açık olması, yapıdaki ortamlarda var olan kirleticilerin kullanıcı sağlığı açısından riskli olma durumunun derecelerinin saptanmasına ve belirlenen sorunların çözümüne yönelik farklı kirletici – ortam – kullanıcı önerilerinin geliştirilmesine olanak sağlaması açısından, var olan diğer çalışmalardan farklı olduğu düşünülmektedir.

Belirtilen nitelikte oluşturulmuş yaklaşımın ön araştırma aşaması, İstanbul'da bulunan bir mimarlık ofisinde denenmiş ve ön araştırma sonucunda, ofisteki kirleticilere ve kullanıcılara yönelik saptamalar oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapı içi hava kirliliği, yapı içi hava kirleticileri, değerlendirme yaklaşımları, yapı – insan sağlığı ilişkisi, sağlıklı yapı.

AN APPROACH FOR THE ASSESSMENT OF INDOOR AIR POLLUTION

Polat DARÇIN

Department of Architecture

PhD Thesis

Adviser: Prof. Dr. Ayşe BALANLI

Humans spend most of their time in buildings which are basically produced to offer a healthy life to their users. One of the properties of buildings, which may cause a wide range of health and related economic problems, is indoor air pollution. Due to minimization or prevention of this negativity, it is necessary to evaluate the existing indoor air pollution in terms of user health through an accurately constituted building – human health relationship and to produce conclusions which consist of negativity and risk levels of the situation caused by pollution in buildings. Although, there are some approaches or methods, produced by various researchers or organizations, in scientific literature; the lack of a systematic and comprehensive approach, which can be utilized for the stated purpose, has been accentuated by many significant scientific bodies.

The aim of this research is to generate an assessment approach which can provide necessary information for studies targeting to minimize or prevent the pollution for situations where users may be affected adversely by existing indoor air pollution in buildings. The subject is being considered as an important issue in terms of human health and the production and perpetuation of healthy indoor environments. Research stands on considerations such as: the subject can be handled within the framework of pollutants – microenvironment – user context and the existing methods and approaches in the scientific literature can be utilized for generation of desired

approach. Through this approach, formed with the stated aim, it is hypothesized that, the negativity level and risks on user health can be determined for the indoor air pollution and the problems causing this negativity can be identified accurately.

Indoor air pollution occurs due to indoor air pollutants, which originate from the outdoor environment of building, building products or users and accumulate in closed spaces of buildings. Pollutants can carry a wide range of different physical, chemical or biological properties and can cause basically, cancers, non-cancer diseases and sick building syndrome.

Exposure of users to indoor air pollutants starts with the access of indoor air pollutants to human body and occurs mostly by inhalation or dermal absorbance in a much less probability. The level of negativity and the features of the problems are mostly associated with the duration of the contact, various properties of the pollutants and especially, with the biological features, activities based on sociological properties and the sensitivity of humans.

Closed spaces of the building, which bring humans and pollutants together, become exposure environments for humans. This union is affected by the properties of the building. Especially, the types and concentrations of pollutants are affected by the air-related-properties of the space envelopes. The natural or forced air movements in and around the spaces, the interactivity of the surfaces of the spaces and the properties such as temperature, humidity etc. may have significant effects on the exposure.

The recent and contemporary focus about exposure is on the target, in other words on the user. Current approaches mostly and primarily start with determination the situation in which the human is affected. From this point of view, in scientific researches, it is seen that, several methods are being used to determine the qualitative and quantitative properties of the pollutants, the exposure duration and frequency and susceptibility of the users. Types of pollutants, present in the closed spaces of buildings, are determined by researching the pollutant resources, the health situation and biomarkers of exposed humans; the concentrations are determined through several measurement, calculation or simulation methods and exposure duration and frequency are acquired by using microenvironment – time – activity researches. The assessment of these data is mostly executed by comparing the concentrations with limit values and within the scope of these assessments, cancer and non – cancer risks can be calculated.

To eliminate the shortage in the scientific literature aimed at the assessment of indoor air pollution in terms of human health, a comprehensive assessment approach is generated. This approach, necessitating an inter-disciplinary study, starts with the identification of the building and continues with a comprehensive pre-investigation stage. After the pre-investigation stage, the data is evaluated and determination decisions are being formed. Determination stage is executed according to these decisions. Data gathered in the determination stage is being evaluated in terms of microenvironment – pollutant – user properties and the levels of negativity and risks are being established in the assessment stage. It is believed that, this approach differs from similar ones due to handling the subject in the framework of microenvironment – pollutant – user properties, enabling the execution of determination activities in

convenient circumstances through determination decisions which are generated with data acquired in the end of pre-investigation stage, constituting a directive and systematic series of determination, evaluation and decision producing steps, being open to progress and due to being able to provide different pollutant – microenvironment – user suggestions for the elimination of the stated indoor air pollution problems.

The pre-investigation stage of the approach is tested in an architectural office in İstanbul and pollutant – user determinations are executed.

Keywords: Indoor air pollution, indoor air pollutants, assessment approaches, building – health relationship, healthy building.

1.1 Literatür Özeti

Yapı, asal amacı kullanıcıya sağlıklı bir yaşam sunma olan, tasarlanmış ve üretilmiş yapma bir çevredir [1]. İnsanlar, yaşamlarının çoğunu – ABD’de yapılan bir araştırmaya göre normal bir günün %87’sini [2] – karşılıklı etkileşim içinde olduğu bu yapma çevrede geçirmektedir. Söz konusu etkileşim nedeniyle, yapıda ortaya çıkabilecek bazı olumsuz özellikler kullanıcının sağlığını bozabilir [3]. Yapıya ilişkin belirtilen özelliklerden birisi

- sıcaklık,
- nemlilik,
- içerik (havayı oluşturan maddelerin nitel ve nicel özellikleri),
- devingenlik,
- elektroiklimsel oluşumlar

ile belirlenebilen iç hava niteliğidir (kalitesidir). İç hava niteliği, her biri ayrı araştırma konusu olabilecek önemdeki bu özelliklerin kullanıcı ile ilişkisi bağlamında olumlu ya da olumsuz olabilir. Yapının kapalı birimlerinde, havanın, kullanıcı sağlığını bozmaması ve kullanıcıların büyük çoğunluğunun (%80’i ya da daha çoğunun) hava ile ilgili bir hoşnutsuzluk duyumsamaması durumunda, iç hava niteliğinin olumlu olarak nitelenebileceği belirtilmektedir [5, 6, 7].

Yapı içi hava kirliliği, iç havada bir ya da çoğunlukla aynı anda birden çok kirleticinin belirli yoğunluk düzeyinde bulunması ile oluşmaktadır. Kullanıcı, belirli bir süre iç hava kirliliği ile karşı karşıya kalması sonucunda, sağlık ya da konfor açısından olumsuz etkilenebilir. Yapının çeşitli özellikleri ise iç hava kirliliğini ve kullanıcının iç hava kirliliğinden etkilenmesini zamansal ve uzamsal (mekânsal) olarak etkileyebilir [7, 9]. Belirtilen anlatımlardan yararlanılarak, kullanıcının yapı içi hava kirliliğinden olumsuz etkilenmesinin, bir ya da birden çok **kirletici türünün**, belirli **yoğunluk düzeylerinde**, yapının **kapalı birimlerinin** havasında var olması ve **yapı kullanıcısı** ile belirli bir **süre**, sonuçta bir **sağlık sorunu** ya da **konforsuzluk** oluşturacak şekilde bir araya gelmesiyle gerçekleşebileceği; **yapının** çeşitli **özelliklerinin** ise söz konusu durumu etkilediği söylenebilir.

Birçok durumda, yapı içinde hava kirleticilerinin, bu kirleticilerin yoğunluk düzeylerinin ve kullanıcının iç çevrede geçirdiği sürenin dış çevreye oranla daha fazla olması nedeniyle, kullanıcının iç çevrede hava kirliliğinden olumsuz etkilenme olasılığı dış çevredeki etkilenme olasılığına göre iki – beş kat yüksektir [9, 10]. Bu olumsuz etki yapının kullanıcılarında konforsuzluktan kansere dek çok çeşitli sağlık sorunları [11, 12] ortaya çıkarabilmektedir. Ayrıca, sağlık sorunlarının yanı sıra, sağlık giderlerinin artması, hastalık izinleri nedeniyle iş gücü yitimi vb ekonomik sorunların [13] da oluştuğu bilinmektedir. Bilimsel araştırmalarla, dünyada her yıl yaklaşık 1 milyonu ıveğen (akut) solunum yolu enfeksiyonu nedeniyle 5 yaş altındaki çocuklar, süreğen (kronik) obstrüktif akciğer hastalıkları ve akciğer kanseri nedeniyle çoğunluğu kadın olmak üzere [14] 1,5 – 2 milyon kişinin yapı içi hava kirliliğine bağlı olarak yaşamını yitirdiği saptanmıştır [15, 16]. Dünya Sağlık Örgütü [17] ise her yıl yapı içi hava kirliliği nedeniyle 1,6 milyon kişinin yaşamını yitirdiğini ve iç hava kirliliğinin dünyadaki hastalıkların % 2,7'sinden sorumlu olduğunu belirtmektedir.

Söz konusu olumsuzluğun en düşük düzeye indirilmesi ya da önlenmesi için, öncelikle, yapı ve insan sağlığı çerçevesinde;

- iç hava kirliliğinden etkilenim açısından, var olan durumu ortaya çıkaran kirleticilere, kullanıcıya ve yapıya ilişkin özelliklerin ayrıntılı olarak incelenmesine,
- belirlenen durumla ilgili

- bir değerlendirme yapılmasına ve
- kullanıcı sağlığı açısından bir karar üretilmesine,

olanak tanıyan doğru ve kapsamlı bir yöntem gereksinim olduğu düşünülmektedir. Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias [18], Billionnet, Gay, Kirchner, vd. [19], Billionnet, Sherill ve Annesi-Maesano [20] gibi birçok araştırmacı, Dünya Sağlık Örgütü [21] ve Avrupa Komisyonu Sağlık ve Çevresel Riskler Bilimsel Komitesi [22] iç hava kirliliğinin değerlendirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, değerlendirmede kullanılacak yeterli ve kapsamlı bir yöntemin bulunmadığı ve [21, 18, 19, 20, 23];

- bu konuda var olan
 - bilgi düzeyinin yetersiz [23],
 - yöntemlerin geliştirilmesinin gerekli [24],
- değerlendirmenin
 - iç hava kirliliğine,
 - kullanıcıya ve
 - etkilenime (etkilenimin gerçekleştiği iç çevre, süre, sıklık vb)

ilişkin özelliklerin karmaşıklığı nedeniyle güç [18, 23, 25]

olduğu belirtilmektedir.

Bilimsel çalışmalarda çeşitli kurumlar ya da araştırmacılar tarafından farklı gelişmişlik düzeyinde oluşturulmuş / uygulanmış değerlendirme yaklaşımları bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenmiş bazı araştırmaların, yapı içi hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilmesine yönelik bir yöntem ya da değerlendirmeye katkı sağlayacak çeşitli bilgiler ortaya koyduğu görülmüştür.

- Asadi, Gameiro da Silva ve Costa [26] kamusal yapılar için, Portekiz ulusal yasalarına dayanan, iç hava kirliliğinin incelemesi ve değerlendirilmesi konusunda kapsamlı bir yaklaşım önermiştir. Çalışma, kaynak (para ve insan gücü) tüketimi fazla, verilerinin yorumlanması zor, alan çalışması sırasında aygıtların işletimi, ayarlanması (kalibrasyonu) ve bakımı güç olan yapı içi hava kirliliği inceleme yöntemlerinin tersine, fazla kaynağa gereksinim duymadan, bazı iç hava kirlleticileri

için elde edilen veriler ile kamusal yapıların iç hava kirliliğinin incelenebildiği, sorunların belirlenebildiği ve sağlık açısından sakıncalı durumların önlenebildiği bir yöntem ortaya koymaktadır.

- Klinmalee, Srimongkol ve Oanh [10], Bangkok'un kuzeyinde bir yörekte (banliyö) bulunan bir üniversitenin iki dersliğini ve bir alışveriş merkezinin bazı birimlerini, iç hava kirliliği ve kullanıcıların kirlilikten etkilenimi açısından incelemiştir. Çalışmada, değerlendirme için, yapının iç ve dış çevre özellikleri ile kullanıcının sosyal yapısının, yapı içi hava kirlenici türlerini belirlemede önemli olduğu; iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenimde, kullanıcının kirlenicilerle karşı karşıya kaldığı sürenin göz önüne alınması gerektiği belirtilmektedir.
- Logue, McKone, Sherman ve Singer [27] bazı iç hava kirlenicilerinin ölçüm sonuçlarını içeren 77 yayını taramış, 267 kirlenici için süregelen etkilenime neden olan orta ve en yüksek; kullanıcı eylemlerinden kaynaklanan beş kirlenici için süregelen etkilenime neden olan en yüksek yoğunluk düzeyleri belirlemiştir. Bu yoğunluk düzeyleri çeşitli standartlar ile karşılaştırılmış ve bazı kirleniciler öncelikli tehlike olarak nitelendirilmiştir. Çalışma, iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenimde, kirlenici türleri ve yoğunluk düzeylerinin yanı sıra, kullanıcının kirlenicilerle karşı karşıya kaldığı sürenin ve duyarlılığının da önemli olduğunu vurgulamaktadır.
- Hodinott ve Lee [28] tarafından gerçekleştirilen çalışmada belirli iç hava kirlenicilerinin çeşitli iç çevrelerdeki ortalama yoğunluk düzeylerinin oluşturduğu risk, Superfund¹ çevresel risk değerlendirme yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada, iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenim konusunda, kirlenicinin türü ve yoğunluk düzeyinin yanı sıra, kullanıcının etkinlik düzeyi ile belirlenen solunum sıklığına ve kirleniciler ile karşı karşıya kaldığı süreye de önem verilmektedir.
- Hong Kong Hükümeti [29] Ofisler ve Kamusal Mekânlar İçin Yapı İçi Hava Niteliği Belgelendirmesi Yönergesi'ni yayınlamıştır. Söz konusu iç hava niteliği belgesi, ofis ya da alışveriş merkezi, otel, lokanta, tiyatro, sinema, cenaze evi vb işlevli ve

¹ Superfund, ABD Çevresel Sorumluluk Tazminat ve Yükümlülük Yasası (US Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) uyarınca tehlikeli atık alanların devlet tarafından temizlenmesi için oluşturulmuş ödenektir.

yalnızca yapma havalandırma sistemi ile havalandırılan yapıların kapalı birimleri için, birimlerin havasına ilişkin belirli özelliklerin yönergede belirtilen nitelikte olduğunu göstermek üzere verilmektedir. Çalışmada, değerlendirme, belirli iç hava kirleticilerinin havadaki ortalama yoğunluk düzeyleri ve kullanıcı ile karşı karşıya kalma süresi çeşitli sınır değerlerle karşılaştırılarak yapılmaktadır. Ayrıca, bu çalışma, kirletici ölçümüne ilişkin ayrıntılar içermesi açısından önemli görülmüştür.

- Hava Niteliği Göstergesi, ABD Çevresel Koruma Bürosu [30, 31] tarafından oluşturulmuş, ABD’de nüfusu 350.000’den çok olan yerleşim yerlerinde, günlük dış hava niteliğini belirleyen bir yöntemdir. Söz konusu yöntem hava kirliliğinden etkilenimin değerlendirilmesinde, belirli kirletici türleri ve yoğunluk düzeylerinin yanı sıra kullanıcının duyarlılığının, etkinlik düzeyinden kaynaklanan soluma sıklığının ve kirleticiler ile karşı karşıya kalma süresinin belirlenmesi; kirleticilerin yoğunluk düzeylerinin birimsiz sayısal bir değere (hava niteliği göstergesi değeri) dönüştürülmesi; kullanıcıların duyarlılığına ve etkilenim süresine dayanan birbirinden farklı sınır değerler ile karşılaştırılması üzerine kurulmuştur.
- Miller, Scaramello, Campe vd. [32] tarafından yürütülen çalışmada ABD Commerce City, Colorado’ya yerleşmiş göçmen Meksikalı ailelerin kullandığı 100 konutta yapı içi hava niteliği incelenmiştir. Söz konusu çalışma, incelenen yapıların iç havasında hangi tür kirleticilerin bulunabileceğinin saptanması; yapının ve kullanıcının iç hava kirliliğini etkileyen özelliklerini ortaya koyması açısından önemli görülmüştür.
- Kulshreshtha, Khare ve Seetharaman’ın [33] gerçekleştirdiği çalışma Hindistan, Delhi’de bir gecekondu mahallesinde bazı konutların iç hava kirliliğini, kullanıcıların iç hava kirliliğinden etkilenimini ve yapının iç-dış çevresine ilişkin özelliklerin iç hava kirliliği üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çalışmanın sonucunda, iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenim açısından kirleticilerin türü ve yoğunluk düzeyinin yanı sıra, kullanıcının soluma sıklığının ve kirleticilerle karşı karşıya kalma süresinin de önemli olduğu belirtilmektedir.
- Mengersen, Morawska, Wang ve arkadaşlarının [34] çalışmasında, Güneydoğu Asya’da yer alan Lao PDR’de, 181 konutta bazı iç hava kirleticilerinin yoğunluk düzeyleri ile bu konutların kullanıcısı olan kadın ve çocukların solunum

sistemlerinin sağlık durumu arasındaki ilişki irdelenmiştir. Çalışmanın sonucunda i hava kirliliği yüksek konutlardaki kullanicıların sağlık durumunun kötü olduğu saptanmıştır.

- Dünya Sağlık rgt'nün [35] okullarda iç hava kirliliğinin izlenmesi için önerdiği yöntem, yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesinden çok, belirli kirleticilerin Avrupa genelindeki okullarda karşılaşılan yoğunluk düzeylerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Buna karşın, yöntemin, kapsamındaki kirleticilerin yoğunluk düzeylerinin belirlenmesi için uygun ve güncel yaklaşımları içermesi nedeniyle önemli olduğu düşünülmüştür.
- Melikov ve Kaczmarczyk [6] tarafından gerçekleştirilmiş çalışmada, 124 kişinin katılımıyla bir deney düzenlenmiş ve hava deviminin, farklı hava sıcaklığı, bağıl nem oranı ve kirlilik düzeyi birleşimlerinde, algılanan hava niteliği ve gözlenen sağlıksız bina sendromu belirtileri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma, hava kirliliğinin, kullanıcı sağlığını bozmasının yanı sıra, kullanıcının öznel algısını da etkilediğini, değerlendirme kapsamında diğer özelliklerle birlikte, bu durumun da ele alınabileceğini göstermesi açısından önemli bulunmuştur.

İncelenen bilimsel çalışmalarda konu ile ilgili önemli bilgilerin ve yaklaşımların bulunmasına karşın, söz konusu değerlendirmenin, çoğunlukla, incelenen yapıda saptanmış bazı kirleticilerinin i havadaki yoğunluklarının ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının çeşitli sınır değerlerle karşılaştırılması yoluyla yapıldığı görülmüştür. Ancak, yapı – insan sağlığı ilişkisini doğru bir şekilde kuran, kullanıcının yapı içi hava kirliliğinden etkilenimiyle ilgili doğru ve yeterli bir değerlendirmede

- kirletici-kullanıcı-yapı bağlamında hangi özelliklerin incelenmesi gerektiği,
- bu özelliklerin hangi ilişkiler çerçevesinde ele alınabileceği ve
- gereksinim duyulan kararın ne tür bir yöntem aracılığıyla ortaya konabileceği

konularına belirtilen biçimde odaklanan, değerlendirme için gerekli tüm eylem adımlarını uygun sırada belirlemiş ve doğru bir değerlendirme yöntemi içeren yeterli ve kapsamlı bir araştırmaya rastlanamamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Yapı kullanıcılarının iç hava kirliliğinden olumsuz etkilendiği ya da etkilenebileceği durumlarda, var olan iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından ele alınmasına yönelik olan bu çalışmanın temel amacı,

- yapı içi hava kirliliğinin giderilmesi ya da önlenmesi konusundaki çalışmalara veri sağlayacak, var olan durum ile ilgili bir karar üretilmesine olanak tanıyan, zaman ve maliyet açısından uygun nitelikli, kolay uygulanabilir ve konuyla ilgili tüm kişilerce anlaşılabilir bir değerlendirme yaklaşımı ortaya koymak,
- böylece, hava kirliliği nedeniyle kullanıcının sağlığını bozmayan ve gereksindiği konforu sağlayan iç çevrelerin oluşturulmasına ve sürdürülmesine katkı sağlamak tır.

Çalışmadaki alt amaçlar ise

- kullanıcıların yapı içi hava kirliliğinden olumsuz etkilenimine neden olan tüm özelliklerin,
- söz konusu özellikler arasındaki ilişkilerin ve
- karşılaşılabilecek farklı durumların

saptanması olarak sıralanabilir.

Konu insan sağlığı, sağlıklı iç çevrelerin üretilmesi ve sürdürülmesi; sağlığa ilişkin ve / ya da ekonomik birçok soruna neden olabilen iç hava kirliliğinin, öncelikle saptanması, karşılaşılan sorunların doğru bir şekilde, kısa sürede ve uygun maliyetle belirlenmesi ve durumun değerlendirilmesi, değerlendirme sonrasında gerekli görülmesi durumunda saptanan sorunların uygun çözümlerle giderilmesi ve / ya da söz konusu olumsuzluğun önlenmesi açısından önemli görülmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü, dünyada toplumların sağlığının olumsuz etkilenmesini genetik yatkınlık, yaşama biçimi ve çevresel koşullar olarak üç temel nedene dayandırmakta ve hava kirlleticilerini, çevresel koşullar başlığı altında, toplumda görülen hastalıkların önemli etkenlerinden biri olarak ele almaktadır [36]. Parma, İtalya'da 2010'da düzenlenen Beşinci Çevre ve Sağlık Konferansı'nda belirlenmiş Bölgesel Öncelik

Hedefleri'nin (Regional Priority Goals – RPGs) üçüncüsü yapı içi ve dışı hava niteliğinin olumlu duruma getirilmesiyle hastalıkların; dördüncüsü ise çevreden kaynaklanan kimyasal, biyolojik ve fiziksel etmenler nedeniyle oluşan rahatsızlıkların önlenmesidir [35]. ABD Çevresel Koruma Bürosu'na (US EPA) göre yapı içi hava kirliliği kamu sağlığı açısından ilk beş çevresel risk içindedir [37]. Bruce, Perez-Padilla ve Albalak [38] ise yapı içi hava kirliliğinin önlenebilir riskler içinde onuncu sırada olduğunu belirtmiştir.

Bir Avrupa Birliği üyesi olan Portekiz, Avrupa Konseyi tarafından yapılarda enerji belgelendirmesini zorunlu kılan 2002/91/EC kodlu Yapıların Enerji Verimliliği Yönergesi'ni kendi ulusal yasalarına¹ aktarmış, ayrıca bu yönergeye belirli aralıklarla yapıların iç hava niteliğinin değerlendirilmesini zorunluluğunu da eklemiştir [26].

Söz konusu kurumların ve araştırmacıların iç hava kirliliğinin giderilmesine ve önlenmesine büyük önem verdiği görülmektedir. Bu nedenle gereksinim duyulan değerlendirme yaklaşımının belirtilen hedeflere ulaşılmasında önemli bir görev üstleneceği düşünülmektedir.

1.3 Hipotez

Araştırmanın şu yargılara dayanmasının uygun olduğu düşünülmüştür:

- Kullanıcının iç hava kirliliğinden etkilenimi, bu durumu oluşturan özellikler, söz konusu özelliklerin birbiriyle olan ilişkileri belirlenerek ve uygun bir yöntem aracılığıyla değerlendirilebilir.
- Konu, iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenimin ortaya çıkması için gerekli olan iç hava kirleticilerinin, yapı kullanıcısının ve söz konusu durumu etkileyen yapı özelliklerinin incelenmesi ile ele alınabilir.
- Ulaşılmak istenen değerlendirme yaklaşımı, çeşitli kurumlarca oluşturulmuş etkilenim değerlendirmesi yöntemlerinden, bağımsız araştırmacıların uyguladığı değerlendirme yaklaşımlarından ve konu ile ilgili üretilen güncel bilgilerden yararlanılarak elde edilebilir.

¹ Decree-Law no. 78/2006, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

- Değerlendirmenin, çoğunlukla elde edilen kirletici yoğunluk düzeyi verilerinin sınır değerler ile karşılaştırılması yoluyla yapıldığı görülmüştür. Buna karşın, bazı çalışmalarda, konunun salt kirletici yoğunluk düzeyleri ve sınır değerler ile ele alınmaması gerektiği, etkilenimle ilişkili tüm özelliklerin göz önünde bulundurulmasıyla bazı sınır değerlerin karşılaşılan duruma uygun olmayabileceği belirtilmektedir. Dolayısıyla, oluşturulacak değerlendirme yönteminde belirtilen durum göz önüne alınabilir.

Böylece, önerilen yöntem aracılığıyla,

- yapı içi hava kirliliği açısından yapı – insan sağlığı ilişkisinin doğru kurulabileceği,
- yapının kullanıcısının özelliklerini göz önüne alarak, yapılarda karşılaşılabilecek iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı ve konforu açısından yarattığı olumsuzluk düzeyinin ortaya konabileceği,
- olumsuzluk düzeyinin belirlenmesiyle, gerekli görülmesi durumunda, söz konusu olumsuzluğu ortaya çıkaran sorunların doğru olarak saptanabileceği,
- bu sorunlara yönelik uygun ve doğru çözümlerin geliştirilmesi için gerekli verilerin oluşturulabileceği

varsayılmaktadır.

Ulaşılmak istenen yaklaşımın oluşturulması kapsamında ayrıntılı bir alanyazın taraması gerçekleştirilmiş, insanın yapı içi hava kirliliğinden etkilenmesiyle ilgili bilgiler, yöntemler ve yaklaşımlar irdelenmiştir. Konu yapı içi hava niteliğini belirleyen özelliklerden birisi olan yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesi ile sınırlandırılmış, buna karşın yapı içi hava kirliliğini etkileyen hava sıcaklığı, nemlilik oranı ve devinimi gibi diğer özelliklere yalnızca iç hava kirliliğiyle ilişkileri açısından değinilmiştir. Ayrıca, var olan durumun değerlendirilmesi ve karşılaşılan olumsuzluğun düzeyinin saptanmasını sağlayacak bir yöntemin oluşturulmasına odaklanan bu çalışmada, iç hava kirliliğiyle ilgili sorunların çözümüne yönelik öneriler, ileride çalışılmak üzere, kapsam dışında tutulmuştur.

Araştırmada öncelikle yapı içi hava kirleticilerine yer verilmiş, iç hava kirleticilerinin türleri, arasındaki olası etkileşimler, kaynakları ve neden olduğu sağlık sorunları

irdelenmiştir. Böylece, iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için iç hava kirleticilerine ilişkin gerekli özellikler belirlenmiştir.

Ardından yapının kullanıcıları, iç hava kirliliğinden etkilenim açısından ele alınmış, kullanıcının biyolojik, psikolojik ve sosyolojik yapısı incelenmiş ve iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için kullanıcıya ilişkin gerekli özellikler saptanmıştır.

Araştırma, yapı içi hava kirliliğinin olduğu ve kirlilikten etkilenimin gerçekleştiği ortamın incelenmesiyle sürmüştür. Yapı içi hava kirleticilerini ve kullanıcıyı bir araya getiren ve bu birlikteliği çeşitli şekillerde etkileyen ortam özellikleri irdelenerek, önerilen değerlendirme yöntemi için gerekli ayrıntılar ortaya konmuştur.

Çalışmada, iç hava kirleticilerine ve kullanıcıya ilişkin özelliklerin belirlenmesinde kullanılan çeşitli yöntem ve yaklaşımlara yer verilmiştir. Ayrıca, değerlendirme için gerekli olan sınır değer ve risk hesapları incelenmiştir.

Yapılan araştırmalarla elde edilen bilgiler ve yaklaşımlarla, yapı içi hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım oluşturulmuştur. Yaklaşımın adımları, var olan durumun belirlenmesi, saptanan özelliklerin ve ilişkilerin değerlendirilmesi ve durumla ilgili bir kararın üretilmesi olarak sıralanabilir. Geliştirilen yaklaşım İstanbul'da bir mimarlık ofisinde denenmiştir. Elde edilen veriler ile söz konusu ofis incelenmiş, sonuçlar ortaya konarak önerilen yöntem irdelenmiştir.

BÖLÜM 2

YAPI İÇİ HAVA KİRLETİCİLERİ

Atmosferi oluşturan hava, hacimsel oranları Çizelge 2.1’de gösterilen maddelerden oluşmuş bir karışımdır.

Çizelge 2. 1 Havanın doğal içeriğini oluşturan maddeler ve oranları [39]

gazlar	kimyasal gösterimi	hacimsel oran (%)
nitrojen	N ₂	78,1
oksijen	O ₂	20,94
karbondioksit	CO ₂	0,03
argon	Ar	0,093
neon	Ne	0,0018
helyum	He	0,0005
kripton	Kr	eser
ksenon	Xe	eser
ozon	O ₃	0,00006
hidrojen	H ₂	0,00005

Havayı oluşturan maddelerin normal oranlarının bozulması ya da çeşitli kirleticilerin havada yaşamı olumsuz etkileyecek düzeyde birikmesi [40] ve belirli bir süre var olması

[18] hava kirliliği; bu durumun yapının kapalı birimlerinde oluşması ise **yapı içi hava kirliliği** olarak tanımlanmaktadır.

Yapı içi hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için öncelikle iç hava kirliliğini ortaya çıkaran kirleticilere ilişkin çeşitli özelliklerin incelenmesinin gerekli olduğu düşünölmektedir.

2.1 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Türleri

Yapı içi hava kirleticileri oldukça fazla sayıda ve değişik özellikte maddeleri içermektedir. Ferro ve Hildemann [41], 2007'den önceki son yıllarda, dünyada, yaklaşık 60 bin farklı iç hava kirleticisinin, bu kirleticileri içeren 2 milyon kirletici karışımının bulunduğunu ve her yıl 100'den fazla yeni kirletici türünün ortaya çıktığını bildirmiştir. Ancak, oldukça fazla sayıda hava kirleticisi türü var olmasına karşın, bazı bilimsel araştırmalarda, yeterli düzeyde tanımlanmış ve gerekli tüm özellikleri belirlenmiş iç hava kirleticilerinin sayısının düşük olduğu belirtilmektedir [18]. Mølhav [42], yapı kullanıcılarının iç hava kirliliğinden etkileniminin belirlenmesinde iç havada bulunabilen ve bilinen kirletici türlerinin irdelenmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır.

Bilimsel araştırmalarda, yapı içi hava kirleticileri çeşitli şekillerde gruplanarak incelenmektedir. Örneğin EPA [43] iç hava kirleticilerini; radon ve bozunum ürünleri, tütün dumanı, biyolojik kirleticiler, uçucu organik bileşikler, formaldehit, çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar, zararlı (böcek, fare, yılan, küf mantarları vb insana ya da çevresine zarar veren canlılar) öldürücüler, asbest, yanma gazları ve parçacıklar olarak sınıflamıştır. Bazı araştırmalarda ise, iç hava kirleticileri, fiziksel [44] ve kimyasal özelliklerine, kaynaklarına, insan sağlığı üzerindeki etkilerine ya da kökenlerine [40] göre gruplandırılarak ele alınmıştır (Çizelge 2.2). Bu çalışma kapsamında, öncelikle, fiziksel özelliklerine göre gruplandırılan iç hava kirleticilerinin türleri ve aralarındaki bilinen etkileşimler incelenmiş, ardından, bu kirleticilerin kaynakları ve yapı kullanıcılarında neden olduğu sağlık sorunları irdelenmiştir.

Çizelge 2. 2 Yapı içi hava kirleticilerinin sınıflandırılması

fiziksel özelliklerine göre	gazlar / buharlar, parçacıklar
kimyasal özelliklerine göre	organik, inorganik
kaynaklarına göre	yapı dışından, yapı ürünlerinden, yapı kullanıcılarından ve eylemlerinden kaynaklanan
sağlık etkilerine göre	kansere, kansere dışındaki hastalıklara, sağlıksız bina sendromuna neden olan
kökenlerine göre	doğal, yapay

National Research Council [44] fiziksel özelliklerine göre hava kirleticilerinin gaz/buhar ya da parçacık durumunda olabileceğini belirtmektedir. Vedal ve Kaufman [45] ise yapılarda karşılaşılan iç hava kirliliğinin çok büyük çoğunlukla farklı türde kirleticileri içeren bir karışımdan oluştuğu üzerinde durmuştur. Bu durum, farklı nitelikteki kirletici türleri arasında bazı etkileşimleri ortaya çıkarabilmektedir. Ayrıca, söz konusu genel kirletici karışımları dışında, özellikle yapı içi havasında bazı kirletici türlerinin büyük çoğunlukla bir arada bulunma eğiliminde olduğu ya da bazı ortak özellikler taşıdığı, birçok bilimsel araştırmada söz konusu kirleticilerin tekil olarak değil, bir grup şeklinde ele alındığı görülmüştür. Bilimsel araştırmalarda sıkça üzerinde durulan, dolayısıyla yapıların iç çevresinde çokça karşılaşıldığı düşünülen ve temel özellikleri bilinen kirletici türleri fiziksel özelliklerine göre Çizelge 2.3'te gösterildiği gibi gruplandırılarak incelenmiştir.

Çizelge 2. 3 Yapı içi hava kirleticilerinin fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılması

gaz/buhar durumunda olan iç hava kirleticileri	karbonmonoksit, karbondioksit, azot monoksit, azot dioksit, kükürt dioksit, radon, ozon, cıva, uçucu organik bileşikler, çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar	
parçacık durumunda olan iç hava kirleticileri (PM)	lifler	asbest, bitkisel lifler, taş yünü, cam yünü
	metaller	kurşun
	biyolojik kirleticiler	virüsler, bakteriler, küf mantarları, polenler, eklembacaklılar, deri döküntüleri
bazı kirletici grupları	yanma sonucu oluşan çeşitli atık grupları (duman vb) , zararlı öldürücüler	

2.1.1 Gaz/Buhar Durumundaki Yapı İçi Hava Kirleticileri

Karbon, azot, kükürt bileşikleri; ozon ve radon gibi doğada bulunan gazlar ve cıva buharı yapının kapalı birimlerinin havasını kirletici nitelikte ve sık karışılan gazlar ve buharlardan bazılarıdır. Bu kirleticiler ve bazı temel özellikleri Çizelge 2.4'te gösterilmiştir.

Gaz ya da buhar durumunda olan kirleticilerin yapının iç çevresindeki havada oluşan yoğunlukları, birim hacim içindeki kirletici hacmi ya da ağırlığı ile belirlenmektedir [46]. Kirleticinin yoğunluğunun hacim olarak anlatılmasında yoğunlukla bir milyon toplam hava hacmi (ya da molekülü) içindeki kirletici gazın hacmini (ya da molekül sayısını) gösteren ppm birimi kullanılır [47]. Buna karşın, yoğunluğu belirlenecek kirletici gaz ya da buharın ağırlığı ölçülmüşse, kirleticinin yoğunluğu, 1 m³ hacimdeki hava içinde bulunan kirleticinin mg ya da µg (mikrogram) cinsinden ağırlığı ile anlatılabilir. Çizelge 2.5'te kirletici gazların ve buharların yoğunluğu için kullanılan birimler ve açıklamaları gösterilmiştir.

Çizelge 2. 4 Gaz / buhar durumundaki yapı içi hava kirleticileri

kirleticiler	sık karşılaşılan türleri	tanımı / temel özellikleri
karbon oksitler (CO _x)	karbon monoksit (CO)	Karbon atomu içeren maddelerin tamamlanmamış yanması sonucunda oluşan [48], renksiz, kokusuz [49] ve tatsız [50] bir gazdır.
	karbon dioksit (CO ₂) ¹	Her türlü yanma işlemi sırasında ortaya çıkan [51] ve canlı metabolizması sonucunda üretilerek solukla beden dışına verilen, renksiz ve kokusuz bir gazdır.
azot oksitler (NO _x)	azot monoksit (NO)	Yakıtların yüksek sıcaklıklarda yanması sırasında, havadaki renksiz ve kokusuz bir gaz olan azot [5] nedeniyle oluşan bir gazdır.
	azot dioksit (NO ₂)	Azot monoksitin oksijenle tepkimeye girmesiyle oluşan bir gazdır [52].
kükürt dioksit (SO ₂)		Kükürt içeren yakıtların yanması ile ortaya çıkan [53], belirgin keskin bir kokusu olan, renksiz bir gazdır.
ozon (O ₃)		Ozon, üç oksijen atomundan oluşmuş, mavi renkli ve keskin kokulu doğal ya da yapay olarak ortaya çıkabilen bir gazdır [54].
radon (Rn)		Radon, uranyumun (U) ya da toryumun (Th) bozunması sonucu doğal olarak oluşan, suda çözünebilir [22], renksiz, kokusuz, tatsız, radyoaktif ve asal bir gazdır [49].
civa (Hg)		Oda sıcaklığında sıvı durumda olan ve kolayca buharlaşarak solunabilen bir metaldir [55].

¹ Karbon dioksit normal koşullarda yapı içi hava kirleticisi olarak kabul edilmemekte, buna karşın, yapı içi hava niteliği çalışmalarında çeşitli şekillerde ele alınmakta ve havada çok yüksek yoğunluk düzeylerinde bulunması durumunda bazı sağlık sorunlarına neden olmaktadır [56].

Çizelge 2. 5 Kirleticilerin yoğunluk birimleri ve açıklamaları [57]

	birim	açıklama
hacim	ppm ¹	1 milyon toplam hava hacmi içindeki kirleticinin hacmi
	pphm	100 milyon toplam hava hacmi içindeki kirleticinin hacmi
	ppb	1 milyar toplam hacim içindeki kirleticinin hacmi
ağırlık	mg/m ³	1 m ³ hava içindeki kirleticinin miligram cinsinden ağırlığı
	µg/m ³	1 m ³ hava içindeki kirleticinin mikrogram cinsinden ağırlığı

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1987) tarafından kaynama noktasının yer aldığı aralık 50 °C – 100 °C ile 240 °C – 260 °C olan organik bileşikler olarak tanımlanmış **uçucu organik bileşikler**, gaz / buhar durumundaki önemli yapı içi hava kirleticileri arasında sayılmaktadır. Ancak Avrupa Toplulukları Komisyonu [58], Dünya Sağlık Örgütü'nün ortaya koyduğu uçucu organik bileşik tanımını, belirlenmiş koşullar altında n-heksan ve n-heksadekan arasında gaz kromatografisi ile ayrıştırılabilen tüm bileşikleri kapsayacak şekilde değiştirmiştir [59]. EPA ise uçucu organik bileşikleri karbon monoksit, karbon dioksit, karbonik asit, metalik karbitler, karbonatlar ya da amonyum karbonat ile önemsenmeyecek düzeyde fotokimyasal tepkiselliği olan metan, etan, aseton, metil asetat vb halojenli hidrokarbonlar ve perflorokarbon bileşikleri dışında kalan, atmosferik fotokimyasal tepkimeler oluşturan her tür karbon bileşiklerini tanımlamaktadır [60, 61].

Genel olarak, uçucu organik bileşikler, karbon atomu sayısı 12 ya da daha az olan [62] ve normalde sıvı ya da katı olsa bile düşük sıcaklıklarda gaz durumuna geçebilen [63, 64] kirleticiler olarak ele alınmaktadır. Bilimsel araştırmalarda, yüzlerce farklı uçucu organik bileşiğin bulunduğu [5], yapılarda aynı anda 50 – 300 farklı uçucu organik bileşikten oluşan bir karışım ile karşılaşılabilmesi [48], buna karşın iç havada belirli yoğunluk düzeyinde sıkça karşılaşılan uçucu organik bileşiklerin 30 – 50 farklı tür

¹ 1 ppm = 1,25 mg/m³ ; 1 ppb = 1,88 µg/m³ [65]

kirleticiden oluştuğu belirtilmektedir [18]. En önemli ve en sık karşılaşılan uçucu organik bileşikler içinde alifatik hidrokarbonlar, aromatik hidrokarbonlar, aldehitler, terpenler, alkoller, esterler, ketonlar [53, 18], halojenli hidrokarbonlar [66], eterler, glikon eterler [67] gibi bileşikler yer almaktadır (Çizelge 2.6)

Formaldehit (CH₂O) bir uçucu organik bileşik olmasına karşın yüksek tepkiselliği, dolayısıyla yoğunluk düzeyinin belirlenmesinde gereksinilen farklı yöntemler nedeniyle iç hava kirliliği araştırmalarında diğer uçucu organik bileşiklerden ayrı olarak ele alınmaktadır [53, 63, 18]. Bu kirletici en basit aldehittir, renksizdir ve keskin / rahatsız edici kokusu ile ayırt edilebilir [5].

Kaynama noktaları uçucu organik bileşiklere göre daha yüksek olan **yarı uçucu organik bileşikler** arasında, iç havada ya da yüzeyler üzerinde çoğunlukla katı parçacıkları biçiminde yer alan ve yanma geciktiriciler ya da plastikleştiriciler olarak kullanılan bazı fosforlu organik bileşikler ve fitalatlar bulunmaktadır [59] (Çizelge 2.6).

Uçucu organik bileşiklerin bir alt sınıfı olan hidrokarbonlar [68] içinde, yanma işlemi ya da ham petrolün yüksek sıcaklıkta işlenmesi sırasında ortaya çıkan [44] ve bir çift ortak karbon atomuna sahip birden çok benzen halkası bulunan maddeler, **çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar** (PAHs) [69] ya da bazı durumlarda çokçekirdekli aromatik bileşikler (PNAs) [70] olarak tanımlanmaktadır. ABD'de yapılan araştırmalarda çokhalkalı aromatik hidrokarbonların özellikle konutların iç havasında birkaç yüz farklı türden oluşan bir karışım durumunda olduğu [44], buna karşın, belirli yoğunluk düzeyinde sıkça karşılaşılan çokhalkalı aromatik hidrokarbon türlerinin naftalin [69], fenantren [44], benzo[a]piren, DDT, dieldrin, permetrin, benzo[a]antrasen vb kirleticileri içerdii belirtilmektedir [70]. Patrick [62] alan çalışmalarında kolaylık sağlaması amacıyla benzo[a]pirenin incelenen ortamdaki çokhalkalı aromatik hidrokarbon karışımının bir göstergesi olarak kabul edildiğini söylemiştir.

Çizelge 2. 6 Uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler

sınıf	grup adı	sık karşılaşılan kirleticiler	
uçucu organik bileşikler	alifatik hidrokarbonlar	metan, etan, propan, bütan, pentan, heksan, heptan, oktan, nonan, sikloheksan, isobütan, isopenten, n-tridekan, dekan, dodekan, undekan	
	aromatik hidrokarbonlar	tek halkalı aromatik hidrokarbonlar	benzen, etilbenzen, dietilbenzen, trimetilbenzen, dimetil-etilbenzen, tolüen, ksilenler, stiren, etil tolüen
		çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar	naftalin, fenantren, benzo[a]piren, DDT, dieldrin, permetrin, benz[a]antrasen
	halojenli hidrokarbonlar	kloroform, diklorometan (metilen klorür), trikloroetilen, tetrakloroetilen, <i>p</i> -diklorobenzen (1,4-diklorobenzen), metil bromit, vinil bromit, benzil klorit, 1,1,1-trikloroetan (metil kloroform), karbon tetraklorit	
	aminler	2-naftilamin, 4-aminobifenil	
	alkoller	n-bütül alkol, 1-dodekanol, fenol, metil alkol (metanol), etil alkol (etanol), nonanol, isopropil alkol (isopropanol), propargil alkol, 2-etil-1-heksanol	
	eterler	etil eter	
	aldehitler	dekanal, nonanal, formaldehit, propenal (akrolein), asetaldehit, furfural, heksanal	
	ketonlar	aseton, metil etil keton (2-butanon)	
	terpenler	α -pinen, β -pinen, limonen, isopren	
	esterler	etil asetat, 1-heksil butanoat,	
	glikol eterler	2-etoks etanol	
	organik asitler	asetik asit, propanoik asit, heksanoik asit, pentanoik asit	
	kükürt içeren bileşikler	karbon disülfid	
diğer bileşikler	1,3-butadien, nitrosaminler		
yarı uçucu organik bileşikler		dibütül fitalat, di-2-etil-heksil fitalat, tris (2-kloroetil) fosfat, fosforlu organik ester, diazinon, klorpirifos, pentaklorofenol, propoksür	

2.1.2 Parçacık Durumundaki Yapı İçi Hava Kirleticileri

Parçacıklar havada belirli bir süre boyunca kalabilen, çok küçük parçalardan oluşmuş, su dışında her tür katı ya da sıvı madde olarak tanımlanmaktadır [71]. Çeşitli bilimsel araştırmalarda, söz konusu kirleticilerin, fiziksel, kimyasal [72], büyüklük [72, 73, 59], radyoaktif [44] özelliklerine göre ya da solunum sisteminde erişebildiği bölge [44] açısından farklı alt sınıflarda incelenmiş olduğu, ancak, bilimsel çalışmaların çoğunda boyutlarına göre (Çizelge 2.7) ele alındığı görülmüştür. Kirletici nitelikteki parçacıkların boyutları için μm (mikrometre) birimi kullanılmaktadır. Gözle görülebilen en küçük parçacık ortalama $10 \mu\text{m}$, insan saç teli ise $100 \mu\text{m}$ çapındadır. Ağırlığı belirlenen kirletici parçacıkların havadaki yoğunluğu mg/m^3 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ya da ng/m^3 ile anlatılabilir [47, 74].

Çizelge 2.7 Boyutlarına göre sınıflandırılan parçacıkların içeriği

türleri	içerdiği bazı kirleticiler
PM ₁₀ – iri parçacıklar (çapları $10 \mu\text{m}$ ile $2,5 \mu\text{m}$ arasındaki parçacıklar)	Kalsiyum, alüminyum, silikon, magnezyum ve demir gibi inorganik iyonları [72], deniz tuzu kristallerini, kurumu, alçı ve feldspat gibi maddeleri, lifleri [75], toprak minerallerini [76], sülfatları, kurumu ve nitratları [77] içerebilir.
PM _{2,5} – ince parçacıklar (çapları $2,5 \mu\text{m}$ 'den küçük olan parçacıklar)	Yanma ürünleri olan karbon bileşiklerini, sülfatı, amonyumu [78] ve çeşitli metal parçalarını [72] içerebilir.
PM _{0,1} – çok ince parçacıklar (çapları $0,1 \mu\text{m}$ 'den küçük olan parçacıklar)	Çoğunlukla tamamlanmamış yanma sonucunda oluşan bu grup sülfatları, nitratları, amonyağı ve kurumu [76] içerebilir.

Yapı içi havasında sıkça karşılaşılan ve belirli özellikleri olan bazı parçacık durumundaki kirleticiler Çizelge 2.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.8 Parçacık durumundaki iç hava kirleticileri ve temel özellikleri

grup	tür	tanımı / temel özellikleri	ortalama boyutu
lifler	asbest	Asbest, ezildiğinde ya da işlendiğinde kolaylıkla uzun, ince ve esnek liflere ayrılabilen inorganik silikat bileşikleridir. Solunması en tehlikeli olan asbest türü, liflerinin çapı 3µm'den, uzunluk/kalınlık oranı 3'ten, uzunluğu ise 5µm'den büyük olan kahverengi (amosit) ve mavi (krokidolit) asbesttir [79].	0,25 – 1 µ
	bitkisel lifler	Yapı içi havasını kirletici nitelikteki bitkisel lifler, çeşitli ağaç, keten, bambu vb bitkilerin, bazı kumaşların ve yapı donanımlarının parçacıklarıdır [80].	-
	taş yünü	Taş yünü, bazalt, diyabaz, kaolen, kireçtaşı vb kaya ve minerallerin yüksek sıcaklıkta işlenmesiyle elde edilen yapı ürünüdür [80]. Bu üründen kopan parçacıklar iç havayı kirletebilir.	-
	cam yünü	Cam yünü, eritilmiş camın lif boyutlarına getirilmesiyle oluşturulur [80] ve cam yününden kaynaklanan parçacıklar iç havayı kirletebilir.	-
kurşun (Pb)	-	Yumuşak, kolay şekil verilebilen, ağır, gri renkli [81] bir metaldir.	-
biyolojik kirleticiler	virüsler	Yaşamak ve üremek için bir başka hücreye gereksinim duyan en küçük canlı mikroorganizmalardır [82]. Bu canlılar havada koloniler oluşturabilir [83]. Sık karşılaşılan türleri arasında rino-virüsler (nezle virüsü), ortomikso-virüsler (grip virüsü), parainfluenza-virüsler (kızamık, kaba kulak ve kızamıkçık virüsleri) vb [84] bulunur.	0,003-0,06 µm [83]
	bakteriler	Havada bulunabilen tek hücreli mikroorganizmalardan birisidir. Bazı türleri <i>Mycobacterium tuberculosis</i> [84], <i>Legionella pneumophila</i> [85], <i>Streptococcus</i> , <i>Meningococcus</i> 'tur [82].	0,3-30 µm [82]

Çizelge 2. 8 Parçacık durumundaki iç hava kirleticileri ve temel özellikleri (devam)

grup	tür	tanımı / temel özellikleri	ortalama boyutu
biyolojik kirleticiler	küf mantarları ve sporları	<p>Çeşitli küf mantarlarının, genelde organik maddeler üzerinde üremesi sırasında ortaya çıkan sporlarının kümeleşmesi ile gelişen, çoğunlukla renkli bir görünüm ve belirli bir koku ile algılanan canlılar küfü oluşturur [86]. Spor ise başka bir üreme hücresi ile birleşmeksizin yeni bir mantar oluşturan lifli yapılardır [87]. Sık karşılaşılan türleri arasında <i>Aspergillus</i>, <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i> vb [88, 89] bulunur.</p> <p>Küf mantarlarının, üzerinde çoğaldığı yapı ürünlerinin yüzeyleri ile etkileşimi sonucunda mikrobiyolojik organik bileşikler (MVOCs) oluşabilir [90]. Bu kirleticiler, bazıları belirgin küf kokusunun nedeni olan alkoller, aldehitler, ketonlar [91], aminler, terpenler, klorlu hidrokarbonlar [92], aromatik hidrokarbonlar, kükürt ve azot [48] bileşiklerini içerir.</p> <p>Bilinen türleri alfatoksin ve okratoksin A olan mikotoksinler [84], küf mantarlarının çoğunlukla parçacık biçimindeki bazı ikincil metabolizma ürünleridir [93]. (1-3)-β-glükolanlar, küf mantarlarının hücre duvarlarından havaya karışan [94], moleküler ağırlığı yüksek glükoz polimerleri olarak tanımlanır [84]. Glikoproteinler yüzeyler üzerindeki küfleri oluşturan hücrelerin yapısal parçacıkları, enzimleri ya da metabolik yan ürünleri olan alerjenlerdir [95].</p>	2-10 μ m [96],
	polenler	<p>Çiçekli bitkiler açısından yaşamsal önemi bulunan, buna karşın yapı içi havasında bulunmasıyla bazı durumlarda kullanıcının sağlığını olumsuz etkileyen parçacıklardır. Bu parçacıklar, çiçeğin anterinde üretilen erkek gametofiti içererek, alıcı stigmaya ulaşması sırasında onu koruyan özel bir kapsüldür [97]. Sık karşılaşılan türleri arasında, akçaağaç (<i>acer</i>), huş (<i>B. pendula</i>), batı çınarı (<i>P. Occidentalis</i>), çayır otu (<i>P. Pratense</i>) [82], dulavrat otu (<i>Xanthium</i>), sinir otu (<i>P.Major</i>), kazayağı (<i>C. album</i>) [84] vb bulunur.</p>	10-170 μ m [82]

Çizelge 2. 8 Parçacık durumundaki iç hava kirleticileri ve temel özellikleri (devam)

grup	tür	tanımı / temel özellikleri	ortalama boyutu
biyolojik kirleticiler	akarlar	Yirmi beş gün içinde yetişkin duruma gelebilen ve insan derisinin döküntüleriyle beslenen eklembacaklı canlılardır [82]. Bu canlıların sindirim sisteminde ve dışkılarında bulunarak yapı kullanıcılarının sağlığını olumsuz etkileyen proteinaz enzimleri Der p I, Der p II, Der f I ve Der f II olarak adlandırılmaktadır [84]. Sık karşılaşılan türleri arasında <i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> , <i>Dermatophagoides farinae</i> [84] vb bulunur.	akarlar: 300 µm [84] akar dışkısı: 20 µm [82]
	hamamböceği dışkısı	Bu eklembacaklı canlılar iç havadaki Bla g olarak tanımlanan alerjene neden olmaktadır [82]. Önemli türleri arasında <i>Blattella germanica</i> , <i>Periplanetta americana</i> , <i>Blatta orientalis</i> [84] vb bulunur.	-
	deri döküntüleri ve tüyler	Kedi, köpek, fare vb hayvanların tüyleri, insanların deri ve kıl parçacıklarından oluşmaktadır. Kedi tüylerinin neden olduğu alerjen Fel d I , köpek tüylerinin neden olduğu alerjen ise Can f I olarak tanımlanmaktadır [98].	1-10 µm [98].

2.1.3 Belirli Yapı İçi Hava Kirleticisi Grupları

Yapı içi havasını kirletici nitelikte olan ve farklı fiziksel, kimyasal ve / ya da biyolojik özellikler taşıyan bazı maddeler, büyük çoğunlukla, aynı kaynaktan çıkması, aynı konumda yer alması ya da benzer özellikte olması sonucu iç havada bir arada bulunarak, sıkça karşılaşılan ve belirli özellikler taşıyan kirletici gruplarını oluşturmaktadır. Bu grupların, yapı içi hava niteliğiyle ilgili bilimsel araştırmalarda, **yanma ile oluşan atık** hava kirleticileri [49, 99, 100] (Çizelge 2.9) ve **zararlı öldürücüler** [63, 101] olarak ele alındığı; grubu oluşturan kirletici maddelerin ayrı ayrı değerlendirilmesi yerine, söz konusu kirletici gruplarının karışım durumundaki yoğunluklarının, oluşturduğu sağlık sorunlarının vb incelendiği görülmüştür.

“Yanma genelde herhangi bir madde ile oksijen arasında oluşan bir ekzotermik kimyasal ...” tepkime olarak tanımlanmaktadır [102]. Bu tepkime sırasında yanan maddenin özelliklerine bağlı olarak, havayı kirletici nitelikte çeşitli gazlar, buharlar, sıvı ve katı parçacıklardan oluşmuş atık kirleticiler; çoğunlukla görülebilen ve belirgin bir kokusu olan [99, 68] duman ortaya çıkar.

Çizelge 2. 9 Hava kirleticisi olan atıklar ve içerdiği kirleticiler

dumanın türü	yanan maddeler	dumanın özellikleri ve içerdiği bazı kirletici türleri
ısıtma, pişirme, endüstriyel üretim vb için yanma ile oluşan atık hava kirleticileri	kömür	Her durumda karbondioksit ve su buharını [99], çoğunlukla karbonmonoksiti, azot oksitleri, hidrokarbonları, parçacıkları, bazı durumlarda kükürt dioksit ve çokhalkalı aromatik hidrokarbonları içerebilir [82].
	odun	Karbonmonoksiti, bazı parçacıkları, formaldehit ve akrolein gibi uçucu organik bileşikler [99] içerebilir. Odunun yanmasıyla havadaki parçacık yoğunluğu diğer yakıtlara oranla daha çok artmaktadır [104].
	doğalgaz	Her durumda karbonmonoksit ve azot oksitleri içermektedir [82].
yapılarda yangın sırasında oluşan duman	yapı ürünleri ve donanımları, kişisel tüketim ürünleri vb	Duman, yanan ürünlere bağlı olarak karbonmonoksit, karbondioksit, asetik asit, amonyak, hidrojen klorür, hidrojen bromit, azot oksit, azot dioksit, akrolein, formaldehit, hidrojen siyanür, benzen, formik asit, metil alkol, tolüen, vinil klorür, heksaklorobenzen, dioksin vb kirleticileri içerebilir [105].
motorlu taşıtlarında oluşan duman	petrol, mazot, LPG	Karbonmonoksiti, azot oksitleri, benzeni, formaldehiti, tolüeni, ksileni, 1,3-butadeini, parçacıkları, bazı durumlarda kurşun gibi parçacıkları ve benzo[<i>a</i>]pireni içerebilir [103].
tütün dumanı	tütün ve sigara içilmesi durumunda kâğıt	Beş yüzü gaz durumunda olan [106] dört binden fazla türde gaz ve parçacık durumundaki hava kirleticisini içermektedir [49]. Söz konusu kirleticilerden bilinen bazıları fenol, aldehytler [59], benzen [64], 2-naftilamin, polonyum 210, akrolein [63], potasyum, klorin ve kalsiyumdur [107].

Böcekleri ve kemirgenler, mantarlar gibi diğer zararlıları öldürmek için kullanılan zararlı öldürücüler (pesticides) organofosfatlar, karbamatlar, dikomarinler ve klorürlü hidrokarbonları içeren bir kirletici grubudur [63]. Bu kirleticilerin en sık karşılaşılan türleri sülfür, klorit, klorin oksit, arsin, bakır arsenat, potasyum bromit gibi inorganik maddeler; dimetilditiokarbamat gibi organometalik bileşikler; karbon tetraklorit, metil bromit, *p*-diklorobenzen, dieldrin, naftalin gibi uçucu organik bileşikler ve çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar; diazinon, klorpirifos, pentaklorofenol, propoksur gibi yarı uçucu organik bileşikler ve 2,4-diklorofenoksiyasetik asit, dimetilamin tuzu ve permetrin gibi organik parçacıklar olarak sayılmaktadır [101].

2.1.4 Yapı İçi Hava Kirleticileri Arasındaki Etkileşimler

Birçok durumda, yapının iç çevresindeki havada farklı türde kirleticilerin bir arada bulunması nedeniyle, iç havada bulunma sürelerine bağlı olarak [18], farklı fiziksel, kimyasal ve / ya da biyolojik özellikteki kirleticiler arasında bazı etkileşimler gerçekleşebilmektedir [62]. Söz konusu etkileşim; **fiziksel etkileşim** ve **kimyasal tepkimeler** olarak iki alt grupta incelenebilir. Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias [18], bu kapsamdaki

- fiziksel etkileşimi, toplanma sözcüğüyle anlatmış ve havada farklı konumlarda / birbirinden uzakta bulunan kirleticilerin bir araya gelmesi, kümelenmesi;
- kimyasal tepkimeleri, kimyasal tepkimeyi başlatan etkene göre,
 - bir oksitleyicinin etkisi ile havadaki bir maddenin oksijenle birleşmesi durumunda, oksitlenme,
 - ışığın varlığı ile başlaması durumunda, fotokimyasal tepkimeler,

olarak tanımlamıştır. Gerçekleşen etkileşim – özellikle kimyasal tepkimeler – sonucunda, tepkime öncesinde havada bulunmayan ve kendisini oluşturan kirleticilerden farklı özellikte kirleticiler oluşabilir [108, 62]. NRC [44] tepkime yatkınlığı ve özellikleri bilinen kirleticilerin tepkime sonucunda hangi kirleticileri hangi yoğunluk düzeyinde oluşturabileceğinin kimyasal yöntemlerle hesaplanabileceğini; Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias [18], birçok durumda, tepkime sonucu oluşan kirleticilerin, insan sağlığı açısından, tepkimeye giren kirleticilerden daha sakıncalı

olduğunu belirtmiştir. Ancak, bazı araştırmacılar (örn: Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias [18] ve Milner, vd., [109]) bu konuda var olan bilgi düzeyinin oldukça yetersiz olduğunu vurgulamaktadır.

İç hava kirleticileri arasında gerçekleşebilen **fiziksel etkileşim** ya da toplanma / kümelenme, en çok, gaz / buhar ve parçacıklar durumunda olan kirleticilerin, havadaki ya da yüzeyler üzerindeki diğer parçacıkların üzerinde ya da içinde yer alması şeklinde görülmektedir [44, 48, 110]. Böylece, parçacıkları soluyan yapı kullanıcısı, parçacıkların yanı sıra, bu kirleticilerin barındırdığı diğer kirleticilerden de etkilenmektedir. Söz konusu fiziksel etkileşimin, çoğunlukla,

- virüslerin havadaki parçacıklar [83],
- yarı uçucu organik bileşiklerin ve organik parçacıkların havadaki parçacıklar ve yüzeylerdeki toz [59],
- çokhalkalı aromatik hidrokarbonların havadaki parçacıklar [53, 62],
- küf mantarı sporları ya da miselyumdan kaynaklanan parçacıkların havadaki diğer parçacıklar [48],
- akarlardan kaynaklanan Der p I, Der p II, Der f I ve Der f II enzimlerinin havadaki parçacıklar ve yüzeylerki toz [84],
- radonun bozunum ürünleri içinde özellikle ²¹⁸Po'nun havadaki diğer parçacıklar [44]

üzerinde bulunmasıyla gerçekleştiği belirtilmektedir.

Yapı içi havasını etkileyen ve sıklıkla karşılaşılabilen **oksitleme tepkimelerine**,

- azotun oksijenle tepkimeye girmesi sonucu azot monoksitin,
- azot monoksitin oksijenle tepkimeye girmesi sonucu azot dioksitin,
- kükürt dioksitin oksijenle tepkimeye girmesi sonucu kükürt trioksitin (SO₃) ve sülfat parçacıklarının (SO₄)

oluşması örnek olarak verilebilir.

Fotokimyasal tepkimeler arasında, bazı hidrokarbonların güneş ışığının varlığında azot dioksit [62, 111, 112], oksijen ve karbonmonoksit gibi kirleticilerle tepkimeye girerek formaldehit, bazı ketonlar, ozon [68], PM_{2,5} [59, 76] vb kirleticileri oluşturması yapı içi hava kirliliği açısından önemlidir.

Bilimsel araştırmalarla iç havada gerçekleştiği belirlenen diğer tepkimeler ve ürünlerinden bazıları,

- terpenler ile ozonun tepkimeye girmesiyle formaldehit, pinonaldehit, formik asit, asetik asit [113] ve PM_{0,1} [114, 115],
- terpenler içindeki limonen ile ozonun tepkimeye girmesiyle bazı uçucu organik bileşiklerin [116], PM_{2,5} ve PM_{0,1}'in [117]

oluşması olarak sayılabilir.

2.2 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Kaynakları

Yapı içi hava niteliğine ilişkin bazı bilimsel araştırmalarda, kirletici kaynağının,

- bir ajanın açığa çıktığı yer [74];
- bir maddenin ya da bir uyumsuzluğun çevreye salındığı / ortaya çıktığı nokta [18]

olduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda, kaynak, hava kirleticisi olan bir maddenin salındığı ya da hava kirliliğine neden olan bir sorunun ortaya çıktığı nesne, yer ya da bu duruma neden olan eylem olarak tanımlanabilir. İ hava kirleticileri,

- yapı dışındaki çevreden,
- yapı ürünlerinden,
- yapı kullanıcısının kendisinden ve eylemlerinden

kaynaklanabilir [118]. Yapı içinde karşılaşılan kirletici çeşitli özellikleri öncelikle kirleticileri ortaya çıkaran kaynağın özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, iç hava kirleticilerinin kaynaklarının köken, salınım özellikleri, konum vb çeşitli açılardan irdelenmesi yarar sağlayabilir.

Hava kirleticilerinin kaynakları **doğal** ya da **yapay kökenli** olabilir. Doğada kendiliğinden gerçekleşen bazı olaylar ve insan dışındaki diğer canlılar çeşitli şekillerde havayı

kirletebilmektedir. Buna karşın, canlı sağlığını olumsuz etkileyen hava kirliliğinin çok büyük oranda insanın eylemleri ile ortaya çıktığı bilinmektedir.

Çeşitli tehlikeli / zararlı maddelerin çevreye salınmasına ilişkin konulara odaklanan CERCLA, **salınımı**, genel olarak, çevreye yönelmiş herhangi bir saçılma, sızıntı, pompalama, dökülme, boşaltma, ..., akıntı olarak tanımlamıştır [119]. Bir kaynaktan, havaya, birim zamanda [46], birim eylemde ya da kaynağın birim alanından [5] salınan kirleticinin yoğunluk düzeyi [18] ya da ağırlığı [46], o kaynağın **salınım miktarı** olarak tanımlanabilir. Milner ve arkadaşları [109], özellikle, kirleticilerin yapı içi havasındaki yoğunluk düzeylerinin matematiksel yöntemlerle hesaplanmasında yararlanılmak üzere, birçok kirletici kaynağının belirli koşullar altındaki salınım miktarları saptanmış olduğunu; ancak tüm kaynaklara ilişkin salınım miktarlarının yer aldığı düzenli bir arşivin bulunmadığını; bu bilgilerin bilimsel çalışmalardan elde edilebileceğini belirtmiştir. Örneğin, Martin ve arkadaşları [120] yapı içindeki kullanıcının sigara içmesiyle, (belirli koşullar altında) havaya 50 mg/cig karbon monoksit; He ve arkadaşları [121] elektrikli süpürge kullanılmasıyla (belirli koşullar altında) havaya 0,07 mg/min PM_{2,5}; Ferro ve arkadaşları [122] ise toz alma eylemiyle (belirli koşullar altında) havaya 0,03 – 0,5 mg/min PM_{2,5} salındığını saptamıştır.

Salınımına ilişkin diğer önemli özellikler **salınımın süresi, yinelenme sıklığı ve doğrultusudur**. Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias [18] çeşitli kaynaklardaki kirletici salınımının uzun ya da kısa süreli, sürekli ya da süreksiz olabileceğini; Koontz, Evans ve Wilkes [46] ise süreksiz salınımın kısa (sık) ya da uzun süreli (seyrek) aralıklarla yinelenebileceğini belirtmiştir. Bir hava kirleticisi, kaynağının ve içinde yer aldığı çevrenin özelliklerine bağlı olarak, kaynaktan, kaynağın çevresindeki havaya doğru, belirli bir ya da aynı anda birçok doğrultuda salınabilir [62].

Yapı içi hava kirliliğinin oluşması, özellikleri ve yapı kullanıcılarını etkilemesi açısından önemli konulardan bir diğeri hava kirleticisi kaynaklarının **konumlarıdır**. İç hava kirleticilerinin kaynakları yapının dış ve / ya da iç çevresinde yer alabilir. Kirletici kaynağının konumu, kaynaktan salınan hava kirleticilerinin yapı kullanıcılarına ulaşmasında ve kullanıcıyı etkilemesinde oldukça önemlidir.

2.2.1 Yapının Dış Çevresindeki Hava Kirleticisi Kaynakları ve Kirleticilerin Yapıya Taşınma Yolları

Birçok hava kirleticisi, yapının dış çevresindeki kaynaklardan salınarak çeşitli yollarla yapıya taşınabilir ve yapının iç çevresindeki havanın kirlenmesine, dolayısıyla yapı kullanıcısının iç hava kirliliğinden olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Bu bağlamda, bazı kirletici kaynakları, dış çevredeki yapılarda gerçekleştirilen eylemler, motorlu taşıtların kullanılması, toprak, su ve canlılar olarak gruplandırılmış; Çizelge 2.10'da bu kaynaklardan salınan kirletici türleri, salınımın niteliği ve kirleticilerin yapı içine taşınma yolları gösterilmiştir. Çizelge 2.10'da gösterilmiş kaynaklardan çıkan kirleticilere ek olarak, dış çevreden yapı içine giren, buna karşın dış çevrede belirli bir kaynağı bulunmayan ozon ve parçacıklar (PM grubu) sayılabilir.

Ozon, özellikle kent içinde, yoğun araç trafiği olan bölgelerde ve endüstriyel üretim alanlarında dış havaya salınan azot oksitler ile motorlu taşıtlar, rafineriler, pirinç vb bazı bitkilerin yetiştirilmesi, kömür madenleri, doğal gazın çıkarılması, dağıtımı ve atık sular nedeniyle ortaya çıkan uçucu organik bileşiklerin güneş ışığında tepkimeye girmesiyle oluşmaktadır [52]. Bu kirletici, dış çevreden hava devinimleri ile yapı içine girebilir.

Dış havadaki parçacıkları oluşturan kirleticiler ise, bazıları Çizelge 2.10'da gösterilmiş farklı nitelikteki kaynaklardan çıkarak havaya karışmaktadır. Jantunen [76] sigara içilmeyen iç çevrelerde, havadaki parçacıkların yaklaşık yarısının, çoğunlukla, dış çevreden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu parçacıkların içeriği, yapının içinde yer aldığı yerleşmenin / bölgenin çeşitli özelliklerine göre değişmektedir. Örneğin, kent içinde, yörenin coğrafi konumu ve iklim özelliklerine bağlı olarak, havada, deniz tuzu kristalleri, endüstriyel maden ve kurum, bitki ve böcek kalıntıları, çeşitli mineraller, lifler ve mekanik aşınma ile ortaya çıkan parçacıklar; kent çevresinde ise deniz tuzu kristalleri, mineraller, kurum ve aşınma parçacıkları bulunabilir [75]. Aşınma ile oluşan parçacıkların, büyük çoğunlukla, yanma sonucu ortaya çıkan ince parçacıklardan ($PM_{2,5}$) daha büyük olduğu gözlenmiştir [77]. Buna karşın, havada daha uzun süre kalabilmesi nedeniyle, $PM_{2,5}$ 'un PM_{10} 'a göre dış havada daha bağdaşık (homojen) olduğu belirtilmektedir [62].

Çizelge 2. 10 Dış çevredeki kirletici kaynakları ve özellikleri

kirletici kaynakları	kaynaklardan salınan kirleticiler / kirletici karışımları	açıklamalar	kirleticilerin salınım özellikleri	kirleticilerin yapıya taşınma yolları
dış çevredeki yapılar	organik kökenli yakıtların yanmasıyla oluşan duman	-	uzun süreli, aralıklı, mevsimsel / dönemsel yinelenen	hava devinimleri aracılığıyla
yangın	yapı ürünlerinin yanmasıyla oluşan duman	-	kisa süreli ve süreksiz	hava devinimleri aracılığıyla
endüstriyel üretim	üretim sırasında çıkan çeşitli kirleticiler	Endüstriyel üretim için ısı gereksiniminin karşılanması sırasında oluşan duman dışında, üretimin niteliğine göre birçok hava kirleticisi salınabilir.	uzun süreli ve sürekli	hava devinimleri aracılığıyla
yapı ürünleri	asbest	Asbest, gelişmiş birçok ülkede yasaklanmasına karşın var olan asbestli yapı ürünlerinin kesilerek ya da delinerek uygulanması, bu ürünlerin eskimesi ya da yüksek ısıdan etkilenmesi ve asbest içeren yapının yıkılması sırasında havaya karışabilir [118].	kisa süreli ve süreksiz	hava devinimleri, insanlar ve hayvanlar aracılığıyla

Çizelge 2. 10 Dış çevredeki kirlenici kaynakları ve özellikleri (devam)

kirlenici kaynakları	kaynaklardan salınan kirleniciler / kirlenici karışımları	açıklamalar	kirlenicilerin salınım özellikleri	kirlenicilerin yapıya taşınma yolları
dış çevredeki yapılar	kurşun	Kurşun bazı eski yapıların dış cephe boyalarında bulunabilmektedir [70]. Bu boyaların kazınması sırasında havaya karışabilir.	uzun süreli, aralıklı, mevsimsel / dönemsel yinelenen	hava devinimleri aracılığıyla
dış çevredeki motorlu taşıtlar	motorlu taşıtların çalışmasıyla oluşan duman	Motorlu taşıtların kullanılması sırasında atmosfere salınan dumanın içerdiği karbon monoksit düzeyi değişebilmektedir. Taşıtların düşük hızda kullanılması, motorun durdurulması ve yeniden çalıştırılması, karbon monoksit oranını, aracın çalıştığı diğer koşullara göre, oldukça yüksek düzeyde artırır. Bu nedenle, yoğun araç trafiği olan yollarda, trafiğin sıkışık olduğu saatlerde ve kavşakların çevresinde karbon monoksit yoğunluğu yüksek olmaktadır [50]. Egzoz dumanında bulunan ve iç havadaki yoğunluk düzeylerinin trafik yoğunluğu ile doğru orantılı olduğu belirlenmiş ve diğer önemli kirleniciler PM ₁₀ [76, 77], benzen [78], toluen, ksilen, formaldehit ve etil benzendir [64].	uzun süreli ve sürekli	hava devinimleri aracılığıyla

Çizelge 2. 10 Dış çevredeki kirlenici kaynakları ve özellikleri (devam)

kirlenici kaynakları	kaynaklardan salınan kirleniciler / kirlenici karışımları	açıklamalar	kirlenicilerin salınım özellikleri	kirlenicilerin yapıya taşınma yolları
dış çevredeki motorlu taşıtlar	asbest	Bazı motorlu kara ve deniz taşıtlarında asbestli ürünler bulunabilmektedir. Asbest, bu taşıtların kullanılması ya da sökülmesi sırasında havaya karışabilir [118].	kısa süreli ve sürekli	hava devinimleri, insanlar ve hayvanlar aracılığıyla
dış çevredeki toprak ve kayalar	radon	Radon, radyoaktif zircirin ilk ve tek asal gazı olması nedeniyle [123], oluştuğu ortamı kolayca terk ederek havaya karışabilir [22]. Bu nedenle, yapının yakınındaki uranyum içeren toprak ve kayalar, yapı içi havasında bulunabilen radonun önemli kaynakları arasında yer alır [124]. Toprağın gözenekli ve geçirgen olması [124] ve yapıyı topraktan ayıran öğelerde uygun boşluklar ya da açıklıkların bulunması durumunda [5], radon yapı içine girmektedir.	uzun süreli ve sürekli	Yayınım ve basınç farkı aracılığıyla [123]. NRC [44] basınç farkının yayınımına göre daha baskın olduğunu, bu farkın sıcaklık, hava devinimleri ve yanma olayı ile oluşabileceğini belirtmiştir.

Çizelge 2. 10 Dış çevredeki kirlenici kaynakları ve özellikleri (devam)

kirlenici kaynakları	kaynaklardan salınan kirleniciler / kirlenici karışımları	açıklamalar	kirlenicilerin salınım özellikleri	kirlenicilerin yapıya taşınma yolları
dış çevredeki toprak ve kayalar	kurşun	Dış çevre havasındaki kurşun yoğunlukla benzin katkılarından kaynaklanır. Birçok ülkede benzin içindeki kurşun çeşitli zorunluluklarla denetim altına alınmıştır [44], buna karşın, yoğun trafiği olan otoyolların çevresindeki toprak büyük oranda kurşun barındırabilir [49].	uzun süreli ve sürekli	hava devinimleri aracılığıyla
	parçacıklar	Özellikle sıcak ve kurak iklim bölgelerinde, yapıların çevresinde belirli düzeyde ve nitelikte yeşil alan olmaması durumunda, rüzgâr vb nedenlerle oluşan mekanik aşınma, havadaki PM ₁₀ ve PM _{2.5} düzeyini artırır [76, 77].	uzun süreli, aralıklı, mevsimsel / dönemsel	hava devinimleri, insanlar ve hayvanlar aracılığıyla
dış çevredeki su	parçacıklar	Yörenin coğrafi konumuna bağlı olarak yerleşmenin ya da yapının yakınında deniz, göl vb bulunması durumunda dış havadaki parçacıklar deniz tuzu kristalleri içerebilir [75].	uzun süreli, sürekli	hava devinimleri aracılığıyla
	uçucu organik bileşikler	Dış çevredeki bazı atık su bölgelerinde uçucu organik bileşik salınımı oluşabilmektedir [52].	uzun süreli, sürekli	hava devinimleri aracılığıyla

Çizelge 2. 10 Dış çevredeki kirlenici kaynakları ve özellikleri (devam)

kirlenici kaynakları	kaynaklardan salınan kirleniciler / kirlenici karışımları	açıklamalar	kirlenicilerin salınım özellikleri	kirlenicilerin yapıya taşınma yolları
dış çevredeki canlılar	bitkiler	Polenler, ürettiği çiçeğin özelliklerine bağlı olarak böcekler / hayvanlar aracılığıyla etken ya da hava devinimleri aracılığıyla edilgen yöntemlerle taşınabilir. Yapı içi hava kirliliği açısından önemli olanlar edilgen yöntemlerle taşınan polenlerdir [97].	kısa süreli, aralıklı, mevsimsel (çoğunlukla Mart – Nisan aylarında) [125].	hava devinimleri, insanlar ve hayvanlar aracılığıyla
	uçucu organik bileşikler	Pirinç ve bazı diğer bitkilerin yetiştirilmesi sırasında bazı uçucu organik bileşikler havaya salınabilmektedir [52].	kısa süreli, aralıklı, dönemsel	hava devinimleri aracılığıyla
hayvanlar ve böcekler	yangın dumanı	Orman yangınları ya da tarım alanlarında anız yakılması sırasında oluşabilir.	kısa süreli, süresiz	hava devinimleri aracılığıyla
	parçacıklar	Dış çevredeki havada PM ₁₀ 'u oluşturan parçacıklar içinde hayvanların deri döküntüleri ve böcek parçacıkları yer alabilir.	kısa süreli, aralıklı, dönemsel	hava devinimleri, aracılığıyla
küf mantarları	spor	Küf mantarı sporları çevreye saçılarak yıllarca çoğalmadan hareketsiz bekleyebilir [126]. Uygun koşulları bulunduğu ise çimlenerek yeni mantarları oluşturur.	kısa süreli, aralıklı, dönemsel	hava devinimleri, insanlar ve hayvanlar aracılığıyla

2.2.2 İç Hava Kirleticisi Kaynağı Olan Yapı Ürünleri

Birçok yapı ürünü ve donanımı, konumları ve diğer özellikleri nedeniyle önemli iç hava kirleticisi kaynakları arasında bulunmaktadır. Bu bağlamda, bazı yapı ürünlerinden kaynaklanabilen ve yapı içi hava kirliliği çalışmalarında sıkça karşılaşılan iç hava kirleticileri ve salınımın özellikleri izelge 2.11’de gösterilmiştir.

Özellikle üretimlerinde kullanılan kimyasal maddeler, bazı yapı ürünlerinin, birçok uçucu organik bileşik türünü yapı içi havasına salmasına neden olabilmektedir. Söz konusu kirletici kaynaklarının yapının iç çevresini oluşturması ve kirleticilerin doğrudan kapalı birimlerin havasına karışması, uçucu organik bileşiklerin iç havada, dış havaya oranla, oldukça yüksek yoğunluk düzeyinde bulunmasıyla sonuçlanabilir. EPA’nın 1979 - 1987 yıllarında, ABD’nin bazı bölgelerindeki yapı kullanıcılarının uçucu organik bileşiklerden etkilenimini incelediği TEAM çalışmasında, iç havada belirlenen bileşik yoğunluğunun, inceleme bölgesinin dış havasında saptanan yoğunluk düzeylerinin 2 – 5 katı olduğu, yoğunluğun bazı durumlarda 10 – 20 kata dek yükselebildiği ortaya konulmuştur [64].

Wallace [107], uçucu organik bileşik kaynağı olan yapı ürünlerinin “ıslak” ve “kuru” olarak ayrıldığını; bu sınıflamanın, ürünün çeşitli özellikleri yanı sıra, kirletici salınımı açısından iki tür arasındaki farkı da anlattığını belirtmiştir. “Islak” ürünler, uygulama anından başlayarak 2 – 6 hafta süresince yoğun düzeyde kirletici salmakta, bu süre sonunda salınım miktarı yaklaşık olarak yarıya düşmekte, buna karşın düzeyi azalmış da olsa, salınım uzun süre devam edebilmektedir. “Kuru” ürün sınıfı ise, ıslak ürünlere oranla, salınımını daha uzun zaman boyunca sürdürebilir. Salthammer ve Bahadır [59] karşılaşılan yoğunluk düzeylerinin uygulamadan uzun süre sonra bile kullanıcı sağlığı açısından olumsuz olabildiğini belirtmiştir.

Söz konusu kaynaklardan uçucu organik bileşiklerin salınımı ile ilgili diğer önemli özelliklerden bazıları, kirletici kaynağının boyutları ve iç çevrede kapladığı alanın büyüklüğüdür. Geniş yüzeyli kaplama ürünlerinin ve mobilyaların kirletici salınımı diğer yapı ürünlerine göre fazla olabilir. Ayrıca, dolap vb kapalı hacimleri oluşturan mobilyaların saldığı uçucu organik bileşikler, bu hacimler içinde birikerek çok yüksek yoğunluk düzeylerine ulaşabilmektedir [127].

Çizelge 2. 11 İç hava kirleticisi kaynağı olan yapı ürünleri

kaynaklar	kirleticiler	salınım özellikleri
boyalar ve çözücüler	heksan, benzen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, etil tolüen, metilen klorür [61], formaldehit [48], α -pinen, limonen [128], tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester, fitalatlar, organofosfatlar [129], civa, kurşun [49]	ıslak ürün, uzun süreli, sürekli
vernikler ve cilalar	nonan, dekan, dodekan, undekan [128], heksan, benzen, etil benzen, etil tolüen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, metilen klorür [61]	ıslak ürün, uzun süreli, sürekli
yapıştırıcılar	heksan [128], etil benzen, etil tolüen, ksilen, tolüen, trimetil benzen [61], formaldehit [48]	ıslak ürün, uzun süreli, sürekli
macunlar	tolüen, tetrakloro etilen [61]	ıslak ürün, uzun süreli, sürekli
sıvalar	etil benzen, ksilen, tolüen [61], radon [124], asbest, radon [118]	ıslak ürün, uzun süreli, sürekli
çimento	radon [124]	uzun süreli, sürekli
kum	radon [124]	uzun süreli, sürekli
beton	radon [124]	uzun süreli, sürekli
alçı	radon [124]	uzun süreli, sürekli
lehim	kurşun [49]	kısa süreli, süresiz
doğal taş	radon [124]	uzun süreli, sürekli

Çizelge 2. 11 İç hava kirleticisi kaynağı olan yapı ürünleri (devam)

kaynaklar	kirleticiler	salınım özellikleri
doğal ve yapay ahşap levhalar	heksan, benzen, etil benzen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, p-diklorobenzen, asetaldehit [61], formaldehit [5], α -pinen, β -pinen ¹ , limonen [130], tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester, fitalatlar, organofosfatlar [129]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli
kâğıt kaplamalar	etilbenzen, ksilen, tolüen [61], formaldehit [131], tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester, fitalatlar, organofosfatlar [129]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli
plastik levhalar	n-tridekan, heksan, nonan, dekan, dodekan, undekan [128], benzen, etilbenzen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, p-diklorobenzen, asetaldehit [61], fenol [64], orto-fitalik asit diester, fibütil fitalat, di-2-etil-heksil fitalar, 2-etil-1-heksanol [132]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli
linolyum levhalar	tolüen, 2-butanon [59], heksanal, nonanal, oktanal, propanoik asit, heksanoik asit, pentanoik asit [133]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli
mantar levhalar	tolüen, fenol, furfural, formaldehit [59]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli
halılar	heksan, etilbenzen, ksilen, stiren, tolüen, p-diklorobenzen, asetaldehit [61], α -pinen, limonen [89], formaldehit [53], akarlar [134]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli
lambalar	cıva [135]	kısa süreli, süresiz
kumaş kaplamalar	heksan, benzen, ksilen, tolüen, stiren, kloroform, metilen klorür, trikloro etilen [61], formaldehit, tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester, fitalatlar, organofosfatlar [129]	kuru ürün, uzun süreli, sürekli

¹ α ve β pinen doğal ahşap yapı ürünlerinde çokça kullanılan çam, alaçam vb ağaçların bünyesindeki çam kokusunun nedeni olan uçucu organik bileşiklerdendir.

Çizelge 2. 11 İç hava kirleticisi kaynağı olan yapı ürünleri (devam)

kaynaklar	kirleticiler	salınım özellikleri
tuğlalar	asbest [118], radon [124]	asbest: kısa süreli, süreksiz radon: uzun süreli, sürekli
havuzlar	virüs [5], <i>Legionella pneumophila</i> [85] ve diğer bazı bakteriler	kısa süreli, süreksiz
sağlık döşemi	radon [44] virüs, bakteri [5], kloroform [107]	kısa süreli, aralıklı
yapma havalandırma sistemi	virüs, <i>Legionella pneumophila</i> [85] ve diğer bakteriler, PM, polen, küf mantarı sporları [136]	kısa süreli, aralıklı
koltuklar, yataklar vb	donanımın üretimi için kullanılan maddelerden kaynaklanan kirleticiler, akarlar [134]	uzun süreli, sürekli

2.2.3 İç Hava Kirleticisi Kaynağı Olarak Yapı Kullanıcısı ve Eylemleri

Yapı kullanıcıları – öncelikli olarak insanlar, bazı durumlarda hayvanlar ve bitkiler - hem biyolojik yapılarıyla, hem de sosyolojik ve psikolojik yapılarından kaynaklanan çeşitli eylemleriyle yaşadıkları iç çevrenin havasını kirletebilir.

Kullanıcıların biyolojik yapılarından kaynaklanabilen iç hava kirleticileri Çizelge 2.12’de, eylemlerinden kaynaklanan kirleticiler ise Çizelge 2.13’te gösterilmiştir.

Çizelge 2. 12 Kullanıcının biyolojik yapısından kaynaklanan iç hava kirleticileri

kirletici kaynakları	kirleticiler / kirletici grupları	açıklamalar	salınımının özellikleri
insanlar	karbondioksit	Solunum sırasında oksijenin yanmasıyla üretilir.	uzun süreli, sürekli
	ketonlar, aldehitler, esterler [5], terpenler [137] ve alkoller [138]	Belirli nitelikte kokuları olan bu kirleticiler insanların beden dışına verdikleri soluk, ter, idrar, bağırsak gazları ve dışkı ile havaya salınmaktadır.	kısa süreli, aralıklı, sık yinelenen
	parçacıklar	İnsanların saç, kıl ve deri döküntüleri nedeniyle oluşur. Bu kirleticilerin yoğunluk düzeyi dönemsel olarak değişebilir.	uzun süreli, sürekli,
	virüsler ve bakteriler	Yapı içinde hasta olan kişilerden kaynaklanabilir.	kısa süreli, süresiz
ahır hayvanları ve evcil hayvanlar	alkoller, ketonlar, aldehitler, benzen, tolüen, ksilen, stiren, [139], parçacıklar	Uçucu organik bileşikler hayvanların idrar ve dışkısı, parçacıklar ise deri döküntüleriyle oluşmaktadır.	uzun süreli, sürekli
böcekler	parçacıklar ve alerjenler [49]	Bu kirleticiler özellikle hamamböcekleri, akarlar, bazı sinek türlerinden kaynaklanabilir.	kısa süreli, aralıklı, sık yinelenen
bitkiler	gece döneminde karbondioksit	-	aralıklı, dönemsel
	polenler, diğer parçacıklar	Polenler özellikle iç çevredeki çiçekli bitkiler için geçerlidir.	kısa süreli, aralıklı, mevsimsel / dönemsel
	küf mantarı sporları	Sürekli nemli olan saksı toprakları küf mantarlarını barındırabilir.	uzun süreli, sürekli

Çizelge 2. 13 Kullanıcının eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticileri

eylemler	kaynaklardan salınabilen bazı kirleticiler / kirleticiler grupları	açıklamalar
yürüme, koşma, zıplama, kanat çırpma vb	parçacıklar	İç çevredeki yüzeyler – özellikle döşeme – üzerinde toz olması durumunda insanların ve hayvanların bu eylemleri tozun havalanmasına, dolayısıyla iç havadaki parçacık yoğunluğunun artmasına neden olabilir. ABD’de yapılan bir deneyde, bir konutun kibarık tüyü halısı üzerinde 18 dakika süresince iki kişi zıplamış, zıplamanın başlamasıyla havadaki iri parçacıkların (PM ₁₀) yoğunluğu ortalama yedi kat artmış ve zıplamanın sonlanmasından yaklaşık 1,5 saat sonra, yoğunluk önceki düzeye düşmüştür [70].
yanma içeren eylemler	havalandırılmayan gazyağlı ısıtıcıların kullanılması	içeriğinde CO, SO ₂ [48], PAH [53, 18], PM _{0,1} [78] düzeyi yüksek duman
	odun, kömür vb yakılan sobaların, fırınların, kalorifer kazanlarının kullanılması	içeriğinde CO [5], NO ₂ [107], bazı durumlarda SO ₂ , parçacıklar [62, 78] düzeyi yüksek duman
	gaz yakılan sobaların kullanılması	içeriğinde NO ₂ düzeyi yüksek duman

Çizelge 2. 13 Kullanıcının eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticileri (devam)

eylemler	kaynaklardan salınabilen bazı kirleticiler / kirletici grupları	açıklamalar
yanma içeren eylemler	şöminelerin kullanılması	-
	su ısıtıcıların kullanılması (elektrikli olmayan)	-
	öü ve çöp yakma fırınlarının kullanılması	-
	barbeküün kullanılması	-
	yemek pişirilmesi	Yemek pişirme eylemi sırasında, organik kökenli yakıtın yanmasının yanı sıra, pişirme sıcaklığına, pişirilen yiyeceklerin yağ içeriğine ve kullanılan yağa bağlı olarak [141] özellikle çok ince parçacıklar (PM _{0,1}) havaya salınır [109].
	tütsü yakılması	-

Çizelge 2. 13 Kullanıcının eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticileri (devam)

eylemler	kaynaklardan salınabilen bazı kirleticiler / kirletici grupları	açıklamalar
yanma içeren eylemler	motorlu taşıtların çalıştırılması	Kapalı garajlarda motorlu taşıtların çalıştırılması ile bu kirletici karışımı iç havaya karışmaktadır. Flachsbart [50] özellikle, aracın ilk çalıştırıldığı andan başlayarak motorun ısınmasına dek süren birkaç dakikalık sürede bu dumanın içeriğinde bulunan karbon monoksit salımının oldukça yüksek düzeye ulaşabildiğini belirtir.
	tütün içilmesi	Sheldon ve arkadaşları [142] ile Koutrakis ve arkadaşları [143] bu eylemin, özellikle iç havadaki parçacık yoğunluğunu, diğer parçacık kaynaklarına oranla büyük ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Neas ve arkadaşları [144] Harvard Six City çalışmasında sigara içilen konutlardaki ortalama $PM_{2.5}$ yoğunluğunun $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sigara içilmeyen konutlarda ise $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak saptanmış olduğunu bildirir. EPA'nın TEAM çalışmasında iç havadaki PM_{10} yoğunluğunun her sigarada $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5}$ yoğunluğunun, $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ düzeyinde arttığı belirlenmiştir [107].
yazıcının kullanılması, fotokopi çekme vb baskı ile ilgili eylemler	O_3 , NO, PM grubu [145], bazı VOC'lar [49, 53]	Saraga ve arkadaşları [145] basım için ozalit aygıtlarının kullanılmasıyla yüksek yoğunluk düzeyinde uçucu organik bileşiklerin – özellikle formaldehitin – salındığını belirtmiştir.

Çizelge 2. 13 Kullanıcının eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticileri (devam)

eylemler	kaynaklardan salınabilen bazı kirleticiler / kirletici grupları	açıklamalar
negatif iyon üreten ve elektrostatik özellikli hava temizleyicilerin kullanılması	O ₃ [48]	-
oda, banyo / tuvalet kokularının ya da kötü koku gidericilerin kullanılması	p-diklorobenzen [64], α-pinen [107], limonen [146]	-
kuru temizleme yapılması	birçok uçucu organik bileşik [49], özellikle tetrakloroetilen [107, 147] ve benzen [140]	-
çalı süpürgesinin, elektrikli süpürgenin vb kullanılması, toz alma	parçacıklar, özellikle PM ₁₀ [76, 77]	-
yüzey temizleyici kimyasalların kullanılması	temizleyicinin içeriğine göre değişen hava kirleticileri	çam kokulu deterjanlar: α-pinen, limon kokulu deterjanlar: limonen [107, 146], çamaşır suyu: kloroform ve karbon tetraklorit [64], bazı cam temizleyiciler, çamaşır deterjanları, leke çıkarıcılar: toz [70]

Çizelge 2. 13 Kullanıcının eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticileri (devam)

eylemler	kaynaklardan salınabilen bazı kirleticiler / kirletici grupları	açıklamalar
temizlikle ilgili eylemler	bulaşık yıkama, duş alma vb eylemler	Bu kirleticiler, sağlık döşemindeki suda var olmaları durumunda, söz konusu eylemler sırasında – özellikle sıcak su kullanılmasıyla – iç havaya karışabilir.
yapma havalandırma sisteminin kullanılması	PM grubu, lejyonella ve diğer bazı bakteriler, virüsler, polenler vb	Bu kirleticiler, yapma havalandırma sisteminin bileşenlerinde var olması durumunda, sistemin kullanılmasıyla iç havaya karışabilir.
zararlı öldürücülerin kullanılması	zararlı öldürücüler	-
yenileme, onarım vb eylemler	yapı ürünlerinin kesilmesi, delinmesi, parçalanması	-
	araçların sökülmesi	-
	lambanın kırılması	-
	boyaaların kazınması, yüzeylerin zımparalanması	-

2.3 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Neden Olduğu Sağlık Sorunları

Yapı içi hava kirleticileri, belirli koşulların oluşmasıyla, yapının asal kullanıcısı insanlarda farklı nitelikte sağlık sorunları oluşturabilmektedir. Birçok bilimsel araştırmada bu sorunların bazı sınıflamalar ile ele alındığı görülmüş ve Çizelge 2.14'te bu sınıflamalar verilmiştir.

Farklı nitelikte olan ve bakış açısına göre çokça çeşitlenebilen söz konusu sınıflamalara karşın, özellikle, iç hava kirleticilerinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesine yönelik bazı yaklaşımlarda, karşılaşılan kirletici türlerinin ve yoğunluk düzeylerinin sağlık sorunu oluşturma olasılığının ortaya konabildiği risk değerlendirme yöntemlerinde ve sağlık sorununun oluşmasını engelleme amacıyla üretilmiş birçok standart / yönetmelik vb zorunlulukta, iç hava kirleticileri nedeniyle ortaya çıkabilecek sağlık sorunları kanserler ve kanser dışındaki hastalıklar şeklinde iki ana grupta ele alınmaktadır. Bu gruptamanın temel nedeninin, kanserin oluşması için kirleticilerin yoğunluğuna ilişkin bir başlangıç düzeyi bulunmadığı, başka bir anlatımla, kanserin, oldukça düşük yoğunluk düzeyinde bile olsa kirleticilerden etkilenim sonucunda oluşabileceği varsayımına dayanan kanser oluşum teorisi olduğu belirtilmiştir [5, 111]. Söz konusu neden gereğince, bu çalışmada, yapı içi hava kirleticilerinin oluşturabileceği sağlık sorunları

- kanserler ve
- kanser dışındaki hastalıklar

olarak ele alınmış; ancak kanser dışı hastalıklar sınıfındaki SBS (sağlıksız bina sendromu), diğer rahatsızlıklara göre farklı nitelikte olması nedeniyle, ayrıca incelenmiştir.

Çizelge 2. 14 İç hava kirleticilerinin neden olduğu sağlık sorunları

sınıflamayı yapan kişi / kurum – sınıflamanın niteliği	sağlık sorunları sınıflamaları
NRC [44] sorunların süresine ve niteliğine göre	<p>iveğen (akut) sorunlar: iveğen solunum yolu enfeksiyonları, akciğer işlevinde geçici bozulmalar ve alerjik tepkiler</p> <p>konfor sorunları: kokudan rahatsız olma, göz, burun ve boğaz yangısı (iritasyonu) ve öksürük</p> <p>süreğen (kronik) sorunlar: bronşit gibi süreğen obstrüktif akciğer hastalıkları, kanser, nörodavranışsal değişimler ve kalp hastalıkları</p>
EPA [148] sorunların ortaya çıkış sürelerine göre	<p>kısa sürede gelişen sorunlar: bir kez ya da yinelenen etkilenimle gözlerde, burunda ve boğazda yangı, baş ağrısı, baş dönmesi, bitkinlik, astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi</p> <p>(kısa süren ve çoğunlukla iyileştirilebilir)</p> <p>uzun sürede gelişen sorunlar: etkilenimin gerçekleşmesinden yıllar sonra ya da uzun süreli / yinelenen etkilenim sonrasında oluşan solunum yolu hastalıkları, kalp hastalıkları ve kanser</p>
WHO [149] salt konutlarda yanma olayıyla ortaya çıkan hava kirleticileri kapsamında	<p>iveğen alt ve üst solunum yolu enfeksiyonları</p> <p>süreğen obstrüktif akciğer hastalığı</p> <p>akciğer kanseri</p> <p>kalp-damar (kardiyovasküler) sistemi hastalıkları</p> <p>katarakt</p> <p>zehirlenmeler</p> <p>düşük kiloda ya da ölü doğum, astım, tüberküloz, nazofarenks, gırtlak ve rahim ağzı kanserini kapsayan diğer sorunlar</p>

Çizelge 2. 14 İç hava kirleticilerinin neden olduğu sağlık sorunları (devam)

sınıflamayı yapan kişi / kurum – sınıflamanın niteliği	sağlık sorunları sınıflamaları
Kephalopoulos, Koistinen ve Kotzias [18]	<p>kanser</p> <p>süreğen ve ıveğen akciğer hastalıkları</p> <p>üst solunum yolu hastalıkları</p> <p>alerjik sorunlar</p> <p>göz ve burun rahatsızlıkları</p> <p>bulaşıcı hastalıklar ve solunum yolu enfeksiyonları</p> <p>zehirlenme</p> <p>kalp-damar sistemi hastalıkları</p> <p>konforsuzluk</p> <p>kokudan rahatsız olma, duyuşal iritasyon ve sinirlilik</p> <p>SBS</p>
Liccione [63]	<p>süreğen ve ıveğen solunum sorunları</p> <p>sinir sistemi sorunları</p> <p>akciğer kanseri</p> <p>gözde ve boğazda yangı</p> <p>üreme sistemi sorunları</p> <p>bedensel gelişimle ilgili sorunlar</p>
Berglund, vd., [150]	<p>kanser, üreme ile ilgili sorunlar ve alerjik duyarlılığı içeren kötü / iyileştirilemeyen ya da süreğen sorunlar</p> <p>aşırı duyarlılık ve tepkisellik</p> <p>başağrısı vb kötü olmayan / iyileştirilebilen sorunlar</p> <p>yangısal (enflamatuvar) sorunlar ve isilik</p> <p>kokudan rahatsız olma; deride, gözlerde ya da burunda kuruluk</p>

2.3.1 İç Hava Kirleticileri Nedeniyle Oluşan Kanserler

Kanser, denetimsizce çoğalan, ortaya çıktığı doku dışında, kan ve lenf yoluyla bedenin diğer dokularına da yayılabilen hücrelerin neden olduğu, yüzden fazla türde hastalık için kullanılan bir terimdir [151]. Temel kanser türleri, deride ya da iç organların dokularında ortaya çıkan karsinoma; kemik, kıkırdak, yağ, kas, damarlar vb dokularda ortaya çıkan sarkoma; kan hücreleri üreten dokularda ortaya çıkan lösemi; bağışıklık sisteminin hücrelerinde başlayan lenfoma ve miyeloma; beyin ve omurilikte başlayan merkezi sinir sistemi kanserleri olarak sayılmaktadır.

EPA [152], çeşitli maddeleri, insanlarla ilgili epidemiyolojik veriler, hayvan deneyleri ve bazı ek bulgular uyarınca, insanlarda kansere neden olma olasılığına göre Çizelge 2.15’de görüldüğü şekilde sınıflamıştır. Bu sınıflamanın, EPA’nın 1986 yılında yayınladığı ilk kanserojen risk değerlendirme yönergesindeki sınıflamanın güncellenmiş durumu olduğu, buna karşın, 1986 yönergesindeki birçok kanserojen maddenin geçerliliğini koruması nedeniyle, özellikle risk değerlendirmeye ilgili çalışmalarda, 1986 ve 2005 yönergelerindeki sınıflamaların çoğunlukla birlikte kullanıldığı belirtilmiştir [153]. IARC’ın [154] sınıflaması da EPA’ya benzer niteliktedir. Kansere neden olduğu bilinen ya da düşünülen bazı iç hava kirleticileri kanserojen madde sınıflamalarına göre Çizelge 2.16’da gösterilmektedir.

Çizelge 2. 15 Kanserojen maddelere yönelik sınıflamalar

sınıflamayı yapan kurum	kanserojen madde grupları
EPA [152]	insanlar için kanserojen (carcinogenic to humans) insanlar için kanserojen olması olası (likely to be carcinogenic to humans), kanserojen olma olasılığına ilişkin bazı veriler olan (suggestive evidence of carcinogenic potential), kanserojen olma olasılığına ilişkin yetersiz bilgi bulunan (inadequate information to ases carcinogenic potential), insanlar için kanserojen olmadığı düşünülen (not likely to be carcinogenic to humans)

Çizelge 2. 15 Kanserojen maddelere yönelik sınıflamalar (devam)

sınıflamayı yapan kurum	kanserojen madde grupları
EPA [155]	<p>Grup A insanlar için kanserojen (carcinogenic to humans): madde ile insan kanserleri arasında bir ilişki olduğunu gösteren yeterli verinin olması</p> <p>Grup B İnsanlar için kanserojen olma olasılığı yüksek (probably carcinogenic to humans): hayvan deneyleri ile ilgili yeterli, buna karşın insanlarla ilgili sınırlı (Grup B1) veri olan ya da veri olmayan (Grup B2)</p> <p>Grup C insanlar için kanserojen olması olası (possibly carcinogenic to humans): hayvan deneyleri ile ilgili sınırlı veri olan, insanlarla ilgili veri olmayan</p> <p>Grup D insan kanserojeni olarak sınıflanamayan (not classifiable as to human carcinogenicity): maddenin insan kanserojeni olduğu ya da olmadığına ilişkin yeterli veri bulunmayan</p> <p>Grup E insanlar için kanserojen olmayan (evidence of non-carcinogenicity for humans): hem insanlarla hem de hayvanlarla ilgili verilerde kanserojen olmadığı belirlenmiş.</p>
IARC [154]	<p>Grup 1 insanlar için kanserojen (carcinogenic to humans)</p> <p>Grup 2A insanlar için kanserojen olma olasılığı yüksek (probably carcinogenic to humans)</p> <p>Grup 2B insanlar için kanserojen olması olası (possibly carcinogenic to humans)</p> <p>Grup 3 insan kanserojeni olarak sınıflanamayan (not classifiable as to its carcinogenicity to humans)</p> <p>Grup 4 insanlar için kanserojen olmama olasılığı yüksek (probably not carcinogenic to humans)</p>

Yapı içi hava kirleticileri içindeki önemli kanserojenler arasında bulunan radon ve bozunum ürünlerinin akciğer kanserine neden olmaktadır [123]. NRC [44], söz konusu sağlık sorunlarının radon nedeniyle değil, radonun bozunum ürünleri nedeniyle oluştuğunu, ancak alan çalışmasında kolaylık sağlanması amacıyla bozunum ürünleri yerine radonun incelendiğini ve bu durumun evrensel olarak kabul görmüş olduğunu söyler. Radonun bozunum ürünlerinin solunması ve akciğerlere ulaşması sonrasında, bu ürünlerin bozunmasıyla ortaya çıkan yüksek enerjili alfa parçacıklarının akciğer dokusunu oluşturan epitel hücreleri etkilemesi, akciğer kanserini oluşturan temel etmendir [44, 49]. McLaughlin [123], bozunum ürünlerinin taşıyıcısı durumunda olan radonun asal bir gaz olması nedeniyle, bozunum ürünlerine oranla, akciğer hücreleri tarafından çok düşük düzeyde emildiğini; dolayısıyla, radon gazının kendisinden kaynaklanan radyasyon dozunun, bozunum ürünlerinin yaydığı doz ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğunu belirtir.

Çizelge 2. 16 Kansere neden olan yapı içi hava kirleticileri

kirletici		neden olduğu kanser türü	EPA	IARC [156]
radon 222 ve bozunum ürünleri (²¹⁸ Po, ²¹⁴ Pb, ²¹⁴ Bi, ²¹⁴ Po)		akciğer kanseri [44]	Grup A [157]	Grup 1, 2012
lifler	asbest	asbestosis, akciğer kanseri, akciğer ve karın zarı kanseri, mezotelyoma [49], mide-bağırsak kanserleri [158]	Grup A [159]	Grup 1, 2012 (tüm asbest türleri)
mikotoksinler	alfatoksin	karaciğer kanseri [160]	-	Grup 1, 2012

Çizelge 2. 16 Kansere neden olan yapı içi hava kirleticileri (devam)

kirletici		neden olduğu kanser türü	EPA	IARC (2014b)
uçucu organik bileşikler	aromatik hidrokarbonlar			
	benzen	insanlarda kan kanseri [161]	Grup A [162]	Grup 1, 2012
	etil benzen	İnsanda kansere neden olduğuna ilişkin yeterli bilgi bulunmamaktadır [163].	Grup D [164]	Grup 2B, 2000
	stiren	Lösemi ve lenf kanseri ile stirenden etkilenim arasında bir ilişkinin olabileceği belirtilmektedir [165].	henüz sınıflandırılmamış [166]	Grup 2B, 2002
	naftalin	Boğaz kanseri, pilor ve kör bağırsak tümörleri ile ilişkilendirilmektedir [167].	Grup C [168]	Grup 2B, 2002
	benzo[a]piren	İnsanda kansere neden olduğuna ilişkin yeterli bilgi bulunmamaktadır [169].	Grup 2B [170]	Grup 1, 2012
	DDT	Bazı hayvanlarda karaciğer kanserine neden olmaktadır [171]	Grup B2 [172]	Grup 2B, 1991

Çizelge 2. 16 Kansere neden olan yapı içi hava kirleticileri (devam)

kirletici		neden olduğu kanser türü	EPA	IARC (2014b)
uçucu organik bileşikler	aromatik hidrokarbonlar			
	benz[a]antrasen	Bazı hayvanlarda kansere neden olmaktadır [173]	Grup B2 [173]	Grup 2B, 2010
	halojenli hidrokarbonlar			
	kloroform	Hayvanlarda ağızdan alındığı durumda böbrek ve karaciğer kanserinde artış görülmüştür [174].	Grup B2 [175]	Grup 2B, 1999
	diklorometan	hayvanlarda karaciğer ve akciğer kanseri [176]	Grup B2 [177]	Grup 2B, 1999
	trikloroetilen	böbrek, karaciğer, rahim ve lenf kanseri ile ilişkilendirilmekte [178]	henüz sınıflandırılmamış [179]	Grup 1
tetrakloroetilen	mesane ve kemik iliği kanseri ile ilişkilendirilmektedir [180].	insanlar için kanserojen olması olası [181]	Grup 2A	
<i>p</i> -diklorobenzen	Kirleticinin insandaki kanserojen etkileri ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır [182]	Grup C [183]	Grup 2B, 1999	

Çizelge 2. 16 Kansere neden olan yapı içi hava kirleticileri (devam)

kirletici		neden olduğu kanser türü	EPA	IARC (2014b)
uçucu organik bileşikler	aminler			
	2-naftilamin	mesane kanseri [184]	-	Grup 1, 2012
	4-aminobifenil	mesane kanseri [185]	-	Grup 1, 2012
	aldehitler			
	formaldehit	insanlarda akciğer ve yutak kanseri [186]	Grup B1 [187]	Grup 1, 2012
	asetaldehit	İnsanda kansere neden olduğuna ilişkin yeterli bulgu bulunmamasına karşın, hayvanlarda kanserojendir [188]	insanlar için kanserojen olması olası [188]	Grup 2B, 1999
	diğer bileşikler			
1,3-butadien	kan kanseri [189]	insan kanserojeni [190]	Grup 1, 2012	
vinil klorür	insanlarda bir tür karaciğer kanseri [191]	Grup A [192]	Grup 1, 2012	
motorlu taşıtların çalışmasıyla oluşan duman	akciğer kanseri [193]	insanlar için kanserojen olması olası [193]	Grup 1, (hazırlanıyor)	
tütün dumanı	akciğer kanseri [194]	Grup A [194]	Grup 1, 2012	

2.3.2 İç Hava Kirleticileri Nedeniyle Oluşan Kansere Dışındaki Hastalıklar

Birçok iç hava kirleticisi, yapı içinde belirli koşulların oluşmasıyla kullanıcılarda kanser dışında birçok sağlık sorununa neden olabilmektedir. EPA [49], bu sağlık sorunlarını, yapıdan kaynaklanan hastalıklar (BRI) grubu içinde, belirtilerine bakılarak tanımlanabilen ve belirli hava kirleticileri ile doğrudan ilişkilendirilebilen rahatsızlıklar olarak tanımlamıştır. Söz konusu sağlık sorunları Çizelge 2.17’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları

kirletici	sağlık sorunları	
CO	Solunan CO molekülleri, kırmızı kan hücrelerindeki hemoglobinin ile birleşerek [50] kanda karboksihemoglobin oluşturur ve kanın O ₂ taşıma yetisini azaltır [195]. Hemoglobinin CO ile birleşme yatkınlığı O ₂ ile birleşme yatkınlığından 250 kat fazladır [99]. Bu durumda öncelikle oksijen gereksinimi yüksek kalp kası, beyin vb etkilenir [49]. Carrer ve arkadaşları [196] kanda oluşan karboksihemoglobin yoğunluğuna göre ortaya çıkan sağlık sorunlarını listelemiştir:	
	COHb %2	sağlık sorunu yok
	COHb %10	yüksek düzeyli bedensel etkinlikte nefes darlığı ve alında sıkışma duygusu
	COHb %20	orta düzeyde bedensel etkinlikte nefes darlığı, baş ağrısı
	COHb %30	baş ağrısı, sinirlilik, yorgunluk, karar verme yetisinde azalma, baş dönmesi, görüşte azalma
	COHb %40-50	baş ağrısı, kafa karışıklığı, bayılma
	COHb %60-70	bilinç yitimi, aralıklarla kasılma, solunum yetmezliği, uzun süreli etkilenim sonucu ölüm
	COHb %80	ani ölüm

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları (devam)

kirletici	sağlık sorunları
CO₂	çok yüksek yoğunluk düzeyinde oksijensiz kalma [56]
NO_x	Çoğunlukla tahriş edicidir, gözlerin, burnun, boğazın ve alt solunum yolunun mukozasını olumsuz etkilemektedir [49].
NO₂	Kısa süreli etkilenim sonucunda astım benzeri belirtilerle [197] hava yolu tıkanıklığı ve akciğer difüzyonunda azalma [63]; uzun süreli etkilenim sonucunda ıveğen ya da süreğen bronşit; çok yüksek yoğunluk düzeyinde etkilenim sonucunda akciğer ödemi ve difüz akciğer zedelenmesi [49] görülebilir.
SO₂	Suda çözünürlüğünün yüksek olması nedeniyle gözler [49] ve üst solunum yolunda [53] yangı oluşturur. Bernstein ve arkadaşları [48] bazı çalışmaların SO ₂ etkilenimi nedeniyle bronkokonstriksiyon ¹ oluşabileceğini bildirdiğini belirtmiştir.
O₃	Yüksek yoğunluk düzeyinde etkilenimle soluk alıp vermede zorluk, astım, akciğerde yangı [52] ve akciğer işlevinde azalma [198] ortaya çıkabilir.
Hg	Kaslarda kramp ya da titreme, baş ağrısı, kalp atışının hızlanması (taşikardi), ateş, kişilik değişiklikleri, sinirsel işlev bozuklukları [49] görülebilir.
Pb	Kurşunun kandaki heme maddesinin üretimini engellemesi nedeniyle [49], hemoglobin düzeyi azalmakta, dolayısıyla anemi ortaya çıkmaktadır [44, 70]. Yetişkinlerde ve çocuklarda kandaki farklı yoğunluk düzeyinde gelişen kurşun zehirlenmesi [199], yetişkinlerde midede ve bağırsaklarda rahatsızlık duygusuna, kabızlığa, iştahsızlığa, mide bulantısına, halsizliğe, zayıflığa, kişilik değişikliklerine, başağrısına, işitme yitimine, titremeye ve kaslarda eşgüdüm bozukluğuna; çocuklarda ise sinirliliğe, karın ağrısına, kaslarda eşgüdüm bozukluğuna, bilinç yitimine, krize, süreğen öğrenme bozukluklarına, aşırı devingenliğe ve dikkati toplama süresinin azalmasına neden olabilir [49].

¹ Bronkokonstriksiyon, akciğer bronşlarında daralma sonucu soluk alıp vermede zorlanma olarak tanımlanır.

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları (devam)

kirletici	sağlık sorunları
<p>biyolojik kirleticiler</p> <p>virüsler</p> <p>bakteriler</p> <p>küf mantarları</p> <p>polenler</p> <p>akarlar</p> <p>hamamböceği</p> <p>hayvan tüyleri</p>	<p>İç havada bulunabilen biyolojik kirleticiler, yapı kullanıcılarında bulaşıcı hastalıklar, bağışıklık sisteminin etkinleşmesiyle ortaya çıkan alerjik rahatsızlıklar [63], zehirlenmeler [49] ve dokularda yangı [48] olarak dört grup sağlık sorunu oluşturabilir.</p> <p>Rino-virüsler: nezle; ortomikso-virüsler: grip; parainfluenza-virüsler: kızamık, kabakulak ve kızamıkçık hastalıklarına neden olur [84].</p> <p><i>Mycobacterium tuberculosis</i>: tüberküloz; <i>Legionella pneumophila</i>: lejyoner hastalığı ve pontiak ateşi [85]; <i>Streptococcus</i>: zatürre, kulak iltihabı, sinüzit, menenjit [200]; <i>Meningococcus</i>: menenjit ve sepsis [201]</p> <p>Endotoksinler duyarlı kullanıcıların bağışıklık sistemini uyurarak ateş, kırgınlık, solunum yollarının tıkanması, nemlendirici ateşi [82], aşırı duyarlılık zatürresi [63] gibi sorunlara neden olabilir.</p> <p>Yapı içi havasındaki mantar sporlarının solunması alerjik sorunlar – çoğunlukla tip III [84] – (alerjik zatürre, alerjik astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi, alerjik rinit) ve aspergilloza neden olabilir [202].</p> <p>(1-3)-β-glükanların bağışıklık sisteminin özelliklerini değiştiren kirleticiler olduğu düşünülmektedir [84].</p> <p>Glikoproteinlerin astım benzeri rahatsızlıklarla ilişkili olduğu düşünülmektedir [203].</p> <p>atopik kişilerde tip I alerji, saman nezlesi, alerjik rinit, kronik obstrüktif akciğer hastalığının kötüleşmesi, ölüm [82]</p> <p>tip I alerji, astımın tetiklenmesi [84]</p> <p>tip I alerji ve astımın tetiklenmesi [84]</p> <p>tip I alerji, astımın tetiklenmesi [84, 49], aşırı duyarlılık zatürresi, yinelenen ateş, halsizlik, solunum güçlüğü, alerjik astım [49]</p>

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları (devam)

kirletici	sağlık sorunları
<p>uçucu organik bileşikler</p>	<p>Bu grupta yer alan bazı kirleticiler, yapı kullanıcılarında, kanser ya da SBS dışında, sinir sistemi sorunları, baş ağrısı, mide bulantısı, astım belirtileri [63], yoğunlaşma zorluğu [53], halsizlik [204], deride alerjik tepkiler, solunum güclüğü, serum kolinesteraz¹ düzeyinde düşüş, baş dönmesi [49] ortaya çıkarabilir.</p>
<p>alifatik hidrokarbonlar</p>	<p>metan: baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, mide bulantısı, kusma, eşgüdüm (koordinasyon) yitimi, asfeksi [205]</p> <p>etan: baş ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi, asfeksi [206]</p> <p>propan: kalp krizi, bilinç yitimi, nöbet geçirme, asfeksi [205]</p> <p>bütan: merkezi sinir sistemi depresyonu², uyuşma, görsel sanrılar, sinirlilik, sosyal soyutlanma, asfeksi [207]</p> <p>pentan: solunum yolunda yangı, baş dönmesi, baş ağrısı, göğüste yanma duygusu, bilinç yitimi, koma [208]</p> <p>heksan: merkezi sinir sistemi depresyonu, duyu-motor nöropatisi³ [209]</p> <p>heptan: gözlerde, burunda ve boğazda yangı, baş dönmesi, iştah kesilmesi, mide bulantısı, bilinç yitimi [210]</p> <p>sikloheksan: baş ağrısı, uyuşma, titreme ve havale geçirme [211]</p>
<p>aromatik hidrokarbonlar</p>	<p>benzen: uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrısı, bilinç yitimi, kemik iliğinin bozulması, aşırı kanama, bağışıklık sisteminde bozulmalar [161]</p> <p>etilbenzen: boğazda ve gözlerde yangı, göğüste sıkışma, baş dönmesi [163]</p> <p>trimetilbenzen: baş ağrısı, halsizlik, uyuşukluk, burun ve boğazda yangı [212]</p>

¹ Bedende alyuvarlarda ve sinir dokusunda bulunan bir enzimdir.

² Temel belirtileri baş dönmesi, mide bulantısı ve baş ağrısı olan bir hastalıktır.

³ Temel belirtileri kol ve bacaklarda uyuşma, kaslarda zayıflık, bulanık görme, baş ağrısı ve bitkinlik olan bir hastalıktır.

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları

kirletici	sağlık sorunları
aromatik hidrokarbonlar	<p>tolüen: uykusuzluk, baş ağrısı, mide bulantısı, kalpte ritim bozukluğu, uyuşukluk, kaslarda eşgüdüm bozukluğu, titreme; konuşma, görme ve işitme sorunları [213]</p> <p>ksilenler: nefes darlığı, burun ve boğazda yangı, mide bulantısı, kusma, mide rahatsızlığı, gözde yangı, kısa süreli bellek yitimi, denge sorunları, baş ağrısı, baş dönmesi, bitkinlik, titreme, eşgüdüm bozukluğu, kaygı, yoğunlaşma zorluğu [214]</p> <p>stiren: mukoza dokusunda ve gözlerde yangı, baş ağrısı, bitkinlik, zayıflık, depresyon, merkezi sinir sistemi işlev bozukluğu, işitme yitimi [165]</p> <p>naftalin: hemolitik anemi¹, karaciğerde hasar, baş ağrısı, mide bulantısı, kusma, ishal, kafa karışıklığı, kansızlık, sarılık, havale geçirme, koma, katarakt, göz içi kanaması [167]</p> <p>benzo[a]piren: kansızlık, DNA bozuklukları, sperm bozuklukları [170]</p> <p>dieldrin: baş ağrısı, baş dönmesi, kas seğirmesi, karıncalanma, mide bulantısı [63]</p>
halojenli hidrokarbonlar	<p>kloroform: uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrısı, yorgunluk, solunum sıklığında değişiklik, kalp sorunları, mide bulantısı, kusma, karaciğerde ve böbreklerde sorunlar, hepatit ve sarılık, merkezi sinir sistemi sorunları [174]</p> <p>diklorometan: görme, işitme ve hareket yetilerinde azalma, burun ve boğazda yangı, baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, bellek yitimi [176]</p> <p>trikloroetilen: uykusuzluk, bitkinlik, baş ağrısı, kafa karışıklığı, bulanık görme, yüzde hissizlik, zayıflık [215]</p> <p>tetrakloroetilen: üst solunum yollarında ve gözlerde yangı, böbrekte işlev sorunları, eşgüdüm bozukluğu, baş dönmesi, baş ağrısı, uykusuzluk, bilinç yitimi, görme yetisinde azalma, karaciğerde ve böbreklerde hasar [216]</p>

¹ Kırmızı kan hücrelerinin ömrünü doldurmadan önce yıkımı ve kandan uzaklaşması.

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları

kirletici	sağlık sorunları
halojenli hidrokarbonlar	<p>p-diklorobenzen: gözlerde, deride ve boğazda yangı, karaciğerde ve merkezi sinir sisteminde bozukluklar [182]</p> <p>1,1,1-trikloroetan: tansiyon düşüklüğü, denge sorunları, kaslarda eşgüdüm bozukluğu, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, ishal, bilinç yitimi [217]</p>
alkoller	<p>n-bütül alkol: göz, deri ve üst solunum yollarında yangı, baş ağrısı, kaslarda eşgüdüm bozukluğu, bitkinlik, gözlerde ışığa karşı duyarlılık, bulanık görme, deride kaşıntı, vertigo [218]</p> <p>fenol: deride, gözlerde ve mukoza dokusunda yangı, solunum düzensizliği, kas yorgunluğu ve titreme, eşgüdüm yitimi, havale geçirme, koma, iştahsızlık, kilo yitimi, ishal, vertigo, koyu renk idrar [219]</p> <p>metil alkol: görme bozuklukları, baş ağrısı, baş dönmesi, uykusuzluk, mide bulantısı, gözde yangı, körlük [220]</p> <p>isopropanol: burun ve boğazda yangı, öksürük, hırıltılı solunum, baş ağrısı, baş dönmesi, kafa karışıklığı, eşgüdüm yitimi, bilinç yitimi, karaciğerin ve böbreklerin olumsuz etkilenmesi [221]</p>
aldehitler	<p>formaldehit: göz, burun ve boğazda yangı, öksürük, hırıltılı solunum, göğüs ağrısı, bronşit [186]</p> <p>propenal: gözde düşük düzeyde yangı, sinirlilik, burunda ve boğazda yangı, solunum yollarında tıkanıklık [222]</p> <p>asetaldehit: gözlerde, deride ve solunum yollarında yangı, deride kızarıklık, öksürük, akciğerde ödem, kangren [223]</p> <p>furfural: deride, gözlerde, solunum yolunda yangı, bilinç yitimi, deride duyarlılık, tat alma duyusunun yitimi, dilde hissizlik [224]</p>
ketonlar	<p>aseton: gözlerde, burunda, boğazda ve akciğerlerde yangı, baş ağrısı, baş dönmesi, kafa karışıklığı, mide bulantısı, kan kusma, bilinç yitimi [225]</p> <p>metil etil keton: gözlerde, burunda ve boğazda yangı, baş ağrısı, mide bulantısı [226]</p>

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları (devam)

kirletici	sağlık sorunları
<p>terpenler</p> <p>esterler</p> <p>kükürt içeren bazı bileşikler</p> <p>diğer bileşikler</p>	<p>isopren: burun ve boğazda yangı, öksürük, hırıltılı solunum, baş ağrısı, baş dönmesi, bayılma, bronşit [227]</p> <p>etil asetat: gözlerde, burunda ve boğazda yangı, zayıflık, bitkinlik, bilinç yitimi [228]</p> <p>karbon disülfid: solunumda değişiklik, göğüs ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi, bitkinlik, baş ağrısı, uyuşukluk, bulanık görme, bilinç yitimi, havale geçirme [229]</p> <p>1,3-butadien: gözlerde, burunda, boğazda ve akciğerlerde yangı, bulanık görme, bitkinlik, baş ağrısı, vertigo [230]</p>
<p>bazı yarı uçucu organik bileşikler</p>	<p>organoosfatlar: burun akıntısı, göğüste sıkışma, nefes darlığı, terleme, mide bulantısı, kusma, mide krampları, kas seğirmesi, kafa karışıklığı, nöbet geçirme, felç, koma [231]</p>
<p>yanma sonucu oluşan duman</p>	<p>ısıtma vb nedeniyle oluşan duman: baş dönmesi, baş ağrısı kafa karışıklığı, mide bulantısı, kusma, bitkinlik, kalp atışının hızlanması (taşikardi), gözlerde ve üst solunum yolunda yangı [53], hırıltılı solunum, bronşlarda daralma, süreğen öksürük [49]. Ayrıca, bu kirletici karışımı ölüm oranın artmasıyla ilişkilendirilmektedir [232].</p> <p>yangın dumanı: Balanlı, Vural ve Tuna Taygun [105] yanma sırasında oluşan kirleticilerin yangıya ve akciğerlerde önemli hastalıklara neden olabileceğini, uyuşturucu etkisi olduğunu ve etkilenimin ölümle sonuçlanabileceğini belirtmiştir.</p> <p>motorlu taşıt dumanı: boğaz ve akciğerlerde yangı, baş dönmesi, mide bulantısı, öksürük, alerjik tepkilerde artış [193]</p> <p>tütün dumanı: Sigara vb içen ve içmeyen kişilerde [233] kalp damar sistemi hastalıkları, bronşit, gözde ve solunum yolunda yangı, orta kulak iltihabı, astım [234], anfizem, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, süreğen öksürük, baş ağrısı, hırıltılı solunum, bronşlarda daralma [49] kanser dışındaki olası sağlık sorunları arasındadır.</p>

Çizelge 2. 17 İç hava kirleticileriyle ilişkili kanser dışı sağlık sorunları (devam)

kirletici	sağlık sorunları
zararlı öldürücüler	baş ağrısı, baş dönmesi, kaslarda güçsüzlük, mide bulantısı, merkezi sinir sistemi sorunları [49]
toz	Yapının iç yüzeyleri üzerinde biriken ve çeşitli şekillerde havalanabilen toz yoğunlukla yapı kullanıcılarında alerji, alerjiye neden olması ise tozun içerdiği akarlar ve dışkıları ile ilişkilendirilmektedir [134].
PM grubu	<p>Havada bulunan parçacıklar, diğer kirleticilere oranla, erken ölüm ve bazı hastalıkların en büyük olası nedeni olarak kabul edilmektedir [77]. ABD'nin bazı kentlerinde gün içinde dış havadaki PM₁₀ düzeyinde 10 µg/m³'lük artış ile günlük ölüm oranındaki yaklaşık % 0,05'lik artış ilişkilendirilmiştir [235]. Benzer şekilde, WHO [236], dış çevrede günlük PM_{2,5} yoğunluk düzeyindeki 25 µg/m³'lük artışın günlük toplam ölümden % 15, günlük PM₁₀ düzeyindeki 50 µg/m³'lük artışın ise % 15'lik artışa neden olduğunu belirtir. Genel olarak, bu kirleticilerden kısa süreli etkilenim sonucu astım, öksürük, boğaz ağrısı, burun tıkanıklığı; uzun süreli etkilenim sonucu ise bazı süregelen solunum sistemi hastalıkları oluşabilir [63].</p> <p>İç hava kirleticisi olan parçacıkların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, boyutları [72], türleri [77, 48], fiziksel ve kimyasal özellikleri [44] ve havadaki yoğunluk düzeyleri [41] ile ilişkilidir. Özellikle parçacık boyutu, biçimi ve kimyasal özellikleri, bu kirleticilerin solunum sisteminde ulaşabildiği konumu, burada kalma süresini [41, 48]; dolayısıyla oluşturduğu sağlık sorununun niteliğini belirler. Solukla bedene giren PM₁₀ yoğunlukla burun, gırtlak ve yutak bölgesine, PM_{2,5} trakeye ve bronşlara [48, 76], PM_{0,1} ise alveollere [72, 77] ulaşabilir. Özellikle akciğere ulaşan ve doku yüzeyinde çözünebilir nitelikteki PM_{2,5} ve PM_{0,1}'in yoğunluğunun % 20 - % 50'sinin söz konusu bölgede kaldığı ve doku tarafından emildiği [42], çözünebilir nitelikte olmayan parçacıkların ise bedenden dışarı atıldığı belirtilir [76]. Özellikle çok ince parçacıkların alveollerden kana geçebildiği, böylece kalp damar sistemini [72], iç organları ve otonom sinir sistemini [237] olumsuz etkilediği düşünülmektedir.</p>

2.3.3 İ Hava Kirleticileri Nedeniyle Oluşan SBS

Bir yapının kullanıcılarında gözlenen bazı rahatsızlık belirtilerinin, bu kişilerin yapıda bulunmasıyla zamansal olarak ilişkilendirilebilmesi durumunda, söz konusu belirtiler **sağlıksız bina sendromu** [49] kapsamında ele alınmaktadır. Yapıdan kaynaklanan hastalıklar (BRI) içinde, diğerk sağlık sorunlarına göre daha çok sayıda insanı etkilediğı belirtilen SBS'nin tanılanmasındaki en önemli özellik, SBS kapsamındaki belirtilerin oluşma sıklığı ve zamanıdır [18]. Söz konusu belirtiler, kullanıcı yapıya girdikten kısa bir süre sonra başlamakta [238, 239], yapı dışına çıktıktan kısa bir süre sonra son bulmaktadır [49, 240]. Bu belirtiler bilimsel araştırmalarda Çizelge 2.18'de gösterildiğı gibi farklı gruplar içinde ele alınmıştır.

Sağlıksız bina sendromunun nedenleri kesin olarak belirlenememekle birlikte, kabul gören varsayımlardan birisi, belirli hava kirleticilerinin, iç havada düşük yoğunluk düzeyinde bir karışım durumunda bulunarak, SBS kapsamındaki rahatsızlık belirtilerini ortaya çıkarmasıdır [49]. Bernstein ve arkadaşları [48] SBS ile ilişkili olduğu düşünölen kirleticileri

- toz,
- uçucu organik bileşikler,
- endotoksinler ve
- küfler

olarak sıralamıştır. Ayrıca yapı içinde, kullanıcılarda görölebilen kakosmi (kötü koku sendromu) kapsamında iç hava kirleticilerinin oluşturduğu kokudan rahatsız olunması durumu da SBS'nin nedenlerinden birisi olarak kabul edilmektedir [86]. Bununla birlikte, iç hava kirliliğinin yanı sıra, yapıların iç çevresindeki diğerk özelliklerin olumsuz olmasının da SBS'yi ortaya çıkarabildiğı düşünölmektedir [44, 48, 49, 241].

Çizelge 2. 18 Yapı içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilen SBS belirtileri

sınıflamayı yapan	sağlık sorunlarına ilişkin belirtiler
EPA [242]	<p>uyuşukluk ya da bitkinlik, baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, mukoza dokusunda yangı, kokulara karşı duyarlılık, gözde yangı, burun akıntısı ya da tıkanıklığı, yoğunlaşma güçlüğü</p>
Kephalopoulos, Koistinen ve Kotzias [18]	<p>burunla ilgili belirtiler: çoğunlukla burun tıkanıklığı, burun akıntısı ve burunda yangı, gözle ilgili belirtiler: gözlerde kuruluk ve yangı, boğazla ilgili belirtiler: boğazda kuruluk, deriyle ilgili belirtiler: deride kuruluk, yangı ve kızarıklık, genel belirtiler: yorgunluk, bitkinlik, kırıklık, baş ağrısı</p>
Maroni [53]	<p>burunla ilgili belirtiler: burunda tıkanıklık, kaşıntı ve akıntı, gözle ilgili belirtiler: gözde kaşıntı, yanma ve yaşarma, solunumla ilgili belirtiler: öksürme, hırıltılı solunum ve nefes darlığı, deriyle ilgili belirtiler: deride kızarıklık, kurdeşen benzeri kabarıklıklar ve kaşıntı, sinir sistemiyle ilgili belirtiler: baş ağrısı ve uykulu olma</p>
WHO [243], National Safety Council [240] ve CEC [244]	<p>göz, burun ve boğazda yanma, kaşınma ve yangı, baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma, fiziksel ve zihinsel yorgunluk, belleğin yitilmesi, dikkat dağınılığı gibi sinir sistemi ya da genel sağlık sorunları, deride yanma, kızarıklık, kaşıntı ve kuruluk, astım benzeri belirtiler, göz ve burun akıntısı gibi duyarlılık tepkileri, tat ve koku duyusunda değişiklikler</p>

2.4 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesinde İç Hava Kirleticilerinin Özellikleri

Yapı içi hava kirliliğinin ortaya çıkmasına neden olan iç hava kirleticileri fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri farklı, çok sayıda kirletici türünü içermektedir. Birçok kirletici türünün henüz yeterli düzeyde tanımlanmamış ve gerekli özellikleri belirlenmemiş olmasına karşın, bilimsel araştırmalarda sıkça ele alınan ve dolayısıyla yapılarda çokça karşılaşıldığı düşünülen, gaz / buhar ya da parçacık durumunda olabilen iç hava kirleticileri karbon monoksit, karbon dioksit, azot monoksit, azot dioksit, kükürt dioksit, radon, ozon, cıva buharı, asbest, bitkisel lifler, cam yünü, taş yünü, kurşun, virüsler, bakteriler, küf mantarları, polenler, bazı eklem bacaklıların beden parçaları ve dışkıları, insanların ve hayvanların deri döküntüleri, uçucu organik bileşikler ve çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar olarak sayılabilir. Yapıların iç çevresindeki hava kirliliğinin büyük çoğunlukla söz konusu kirleticiden oluşan bir karışım durumunda olduğu, bu durum nedeniyle farklı kirletici türleri arasında fiziksel ve / ya da kimyasal bazı etkileşimlerin gerçekleşebildiği, etkileşim sonucunda etkileşime giren kirleticilerin bazı özelliklerinin değişebildiği belirtilmektedir. Dış çevreden, yapı ürünlerinden, yapı kullanıcısının kendisinden ve eylemlerinden kaynaklanabilen iç hava kirleticileri, yapının kullanıcısı olan insanda çeşitli kanserlere, kanser dışında birçok sağlık sorununa ve sağlıksız bina sendromuna neden olabilir.

İç çevrelerde karşılaşılan hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için, öncelikle söz konusu kirliliği oluşturan kirleticilerin

- türleri,
- türleriyle ilişkili olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri,
- kaynakları ve kaynaklardaki salınımın
 - düzeyi,
 - süresi,
 - yinelenme sıklığı,
 - doğrultusu,

incelenmeli, insan sağlığı üzerindeki etkileri, ortaya çıkardığı sağlık sorunları ve konforsuzluk bilinmelidir. Ancak, değerlendirmenin gerçekçi ve doğru bir Şekilde yapılabilmesi için iç hava kirleticilerinin etkilediği yapı kullanıcıları olan insanların da araştırılması, etkilenime ilişkin özelliklerin belirlenmesi gereklidir.

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİM AÇISINDAN YAPI KULLANICISI İNSAN

Bilimsel araştırmalarda, **etkilenim** (maruz kalma / exposure),

- bir **maddenin / enerjinin / durumun / ajanın** [74]
- bir **canlıya / hedefe** [111]

ulaşması, belirli bir **ilişki yüzeyi** (contact boundary) üzerinde **dokunması** [9, 44, 245] ve sonuçta bir değişiklik yaratması [246] olarak tanımlanmaktadır. İnsanın çeşitli fiziksel, kimyasal ya da biyolojik özellikleri olan **maddelerden** etkilenmesi, temel olarak, maddelerin

- bedendeki burun, ağız vb açıklıklardan geçerek bedene alınması (örneğin solunması, yenilmesi, içilmesi)
- bedenin dış yüzeylerine dokunması, bazı durumlarda bu yüzeyler tarafından emilmesi

yoluyla gerçekleşebilir [46, 245]. İlişki yüzeyi, ajanın üzerinde yer aldığı ve / ya da kendisini aşarak hedefin bünyesine girdiği varsayımsal bir sınır oluşturmakta; söz konusu sınır ise, çeşitli bilimsel araştırmalarda, etkilenim yoluna göre,

- insan bedeninin dış yüzeyi (deri ve gözlerin yüzeyi ile ağız, burun, derideki yaralar vb açıklıklar) ya da
- etkilenimi oluşturan maddenin insanın bünyesine alındığı derinin, gözlerin, solunum ve sindirim sistemlerinin yüzeyleri

olarak kabul edilmektedir [246].

Yapının iç çevresinde, asal kullanıcı olan insanlar, iç hava kirleticilerinden, **solunum, koklama**, kirleticilerin bedeninin dış yüzeyini oluşturan **deriye / gözlere dokunması** ve bazı durumlarda bu yüzeylerin **kirleticileri emmesi** yoluyla etkilenebilir [6, 111, 246]. Bu nedenle, ilişki yüzeyi, insanın solunum sisteminin iç ve bedeninin dış yüzeyleri olarak kabul edilebilir.

Etkilenim, belirli nitelikteki iç hava kirleticilerinin, insan bünyesine alınmadan, yalnızca ilişki yüzeyleri – deri, gözler, burunda koku almaçları, solunum sisteminin iç yüzeyleri – üzerinde bulunmasıyla gerçekleşebilir. Buna karşın, etkilenimin büyük çoğunluğu, iç hava kirleticilerinin ilişki yüzeyini aşarak insan bedenine alınmasıyla oluşur [42]. İç havadaki kirleticiler büyük oranda solunumla, çok daha düşük oranda derinin ve gözlerin yüzeylerinden emilmeyle insan bünyesine girebilir [111]. Bedene alındıktan sonra belirli yoğunluk düzeyine ulaşan iç hava kirleticileri, çeşitli özelliklerine ve bedende belirli koşulların oluşmasına göre, etkilenen kişide sağlık sorunlarına ilişkin belirtilerin başlamasına yol açabilir [42].

Söz konusu durumun nitel ve nicel olarak tanımlanabilmesi, başka bir anlatımla, etkilenime ilişkin özelliklerin saptanabilmesi,

- ajana / etkileyene,
- hedefe / etkilenene,
- ajan ile hedefin birliktelik süresine ve bu durumun gerçekleşme sıklığına

ilişkin gerekli ayrıntıların belirlenmesine bağlıdır [21, 246]. Bu bağlamda, insanın iç hava kirliliğinden etkilenme durumunun belirlenmesi için, etkilenime yol açan / etkileyen iç hava kirleticilerinin özelliklerinin yanı sıra, insanın yapıdaki

- etkilenme
 - yolunun ve dolayısıyla ilişki yüzeyinin [62, 246],
 - süresinin [18, 22, 33, 62, 65, 74, 246],
 - sıklığının [74, 111, 246]
- kirleticilere karşı duyarlılığının [22, 44]

saptanması gereklidir.

İnsan, birbirine bağımlı ve birbiriyle ilişkili olan biyolojik, psikolojik ve sosyolojik yapısı ile tanımlanmaktadır [1]. Bu bağlamda, insanın

- solunum yoluyla etkilenmesinde,
 - solunum sistemine ilişkin biyolojik özelliklerinin,
 - solunum sistemine giren kirli havanın niceliğinin;
- bedeninin dış yüzeyleri yoluyla etkilenmesinde,
 - deri ve
 - gözyüzeylerine ilişkin özelliklerinin;
- etkilenme süresi, sıklığı ve konumu ile ilişkili olan yapıyı kullanmasına yönelik bazı ayrıntıların,
- duyarlılığını ortaya çıkaran
 - biyolojik özelliklerinin ve
 - bu durumu etkileyen psikolojik ve sosyolojik yapısının

incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

3.1 İç Hava Kirleticilerinden Solunum Yoluyla Etkilenme

Solunumunun öncelikli amacı, oksijen sağlamak için havanın bedene alınması ve metabolizma etkinliği ile üretilen karbondioksiti bedenden uzaklaştırmak üzere havanın bedenden dışarı verilmesidir [247]. Akciğerlere alınan havada bulunan oksijen, alveollerden bu bölgedeki kılcal damarlar içindeki kana, kandaki karbondioksit ise aynı dokular aracılığıyla akciğer içindeki havaya geçer [41]. İnsanın iç hava kirleticilerinden solunum yoluyla etkilenmesi, kişinin **soluma bölgesinde** (breathing zone) iç hava kirleticilerini barındıran havayı solumasıyla gerçekleşir. Soluma bölgesi, insanın burnunun ve ağzının merkezini oluşturduğu 30 cm yarıçaplı varsayımsal bir kürenin kapladığı bölge olarak kabul edilmektedir [248]. Etkilenimde, kirleticilerin solunum sistemi aracılığıyla insan bünyesine alınmasına ilişkin ayrıntıların yanı sıra, etkilenen kişinin soluduğu kirletici içeren havanın çokluğu / niceliği de önemlidir [246].

İç havadaki kirleticiler burun ya da ağızdan girdikten sonra solunum sistemi boyunca ilerler. Solunum sistemini oluşturan her bölge – temel olarak: **burun-yutak** (nasal-pharyngeal), **soluk borusu-bronş** (tracheobronchial) ve **gaz değişim** (pulmonary / gas exchange) bölgeleri [249] – kirleticilerin ilerlemesine belirli bir ölçüde direnç gösterir. Burun içinde bulunan kıllar ve bu bölgeyi oluşturan karmaşık hava kanalları iri parçacıkların, hem burun-yutak hem de soluk borusu-bronş bölgesindeki yüzeyler üzerinde bulunan kıvamlı, çok yapışkan nitelikteki mukus salgısı ve ince tüyler (cilia) ise daha ince parçacıkların tutulmasını ve solunum sisteminden uzaklaştırılmasını sağlar. Buna karşın bazı gaz/buhar ya da parçacık durumundaki kirleticiler, kimyasal özelliklerine göre burun, yutak, soluk borusu ve bronş dokularına zarar vererek yangıya neden olabilir [250] ya da doğrudan bu dokular tarafından emilerek kana karışabilir. Mukusa oranla daha akışkan bir sıvı ile kaplı gaz değişim bölgesinin yüzeylerine ulaşan kirletici nitelikteki gazlar/buharlar, ince ve çok ince parçacıklar ve parçacıkların yüzeyi üzerinde bulunan bazı kirletici maddeler bu sıvıda çözünerek; çözünemeyen parçacıklar ise söz konusu sıvıya batarak yayılım (difüzyon) yoluyla alveollerden kılcal damarlar içindeki kana ya da bu bölgedeki hücreler arasında bulunan sıvıdan lenf sistemine geçebilir [41].

Günde ortalama 10-25 m³ (10 000-25 000 l) hava soluyan yetişkin normal bir insan [25, 42], dakikada ortalama 12 kez soluk alıp verir. Yetişkin bir erkeğin normal koşullarda bir solukla akciğerlerine ortalama 0,5 l hava alabileceği¹, dolayısıyla 1 dakikada ortalama 6 l hava soluduğu belirtilir [247]. Birim zamanda gerçekleşen soluk alıp verme sayısı **solunum sıklığı** [251]; birim zamanda solunan havanın hacmi ise l/dk ya da m³/s birimiyle anlatılan **soluma miktarı** [46] olarak tanımlanmaktadır. Soluma miktarının artmasıyla kişi aynı sürede bedenine daha yüksek düzeyde hava kirleticisini almaktadır [30]. Bazı bilimsel araştırmalarda soluma miktarı, kişinin cinsiyetine, yaşına, beden yüzey alanının büyüklüğüne, irksal özelliklerine, bedeninin devinim yetkinliğine (fitness level), bedensel etkinliğinin türüne, bu etkinliğin düzeyine [252] ve sağlık durumuna [253] bağlı olduğu belirtilmektedir. Söz konusu özelliklerin, temel olarak, kişinin

- biyolojik özellikleri ile ilişkili olan **akciğer büyüklüğü**,

¹ Bu düzey derin soluk alma ile 3 l'ye dek ulaşabilir [247].

- biyolojik özelliklerinin yanı sıra psikolojik durumu, eylemleri sırasındaki bedensel etkinlik düzeyi ve bedenin etkin olma yatkınlığı ile ilişkili olan **solunum sıklığı** ve **soluma derinliği**
- **sağlık durumu**

şeklinde sayılabileceği düşünülmektedir. Özellikle hava kirliliğinden etkilenimle ilgili çalışmalarda yararlanılmak üzere, bazı araştırmacılar / kurumlar, farklı nitelikteki kişilerin ortalama soluma hacim oranlarını belirlemiştir. Soluma miktarlarının belirlenmesinde kişilerin yaş grupları, bedensel etkinliğinin türü ve etkinlik düzeyi için farklı sınıflamaların kullanıldığı görülmüş, bu sınıflamalar Çizelge 3.1’de, ortalama soluma miktarları ise Çizelge 3.2’de, Çizelge 3.3’te ve Çizelge 3.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 Soluma miktarının belirlenmesinde kullanılan sınıflamalar

sınıflanan	sınıflamayı yapan	sınıflamalar
yaş – yaş grubu	Adams [252]	küçük çocuklar: 3 yaş – 6 yaş çocuklar: 6 yaş – 13 yaş ergenler: 13 yaş – 19 yaş genç – orta yaşlı yetişkinler: 19 yaş – 60 yaş yaşlı yetişkinler: 60 yaş ve üzeri
	CPIEM [46]	çocuklar: 12 yaş ve altı yetişkinler: 12 yaş üstü
	EPA [254]	doğum – 1 aylık; 1 aylık - < 3 aylık; 3 aylık - <6 aylık; 6 aylık - < 12 aylık; 1 yaş - < 2 yaş; 2 yaş - < 3 yaş; 3 yaş - < 6 yaş; 6 yaş - < 11 yaş; 11 yaş - < 16 yaş; 16 yaş - < 21 yaş; 21 yaş - < 31 yaş; 31 yaş - < 41 yaş; 41 yaş - < 51 yaş; 51 yaş - < 61 yaş; 61 yaş - < 71 yaş; 71 yaş - < 81 yaş; 81 yaş ve üstü

Çizelge 3. 1 Soluma miktarının belirlenmesinde kullanılan sınıflamalar (devam)

sınıflanan	sınıflamayı yapan	sınıflamalar
bedensel etkinliğin türü	Adams [252]	devinimsiz: yatma oturma ayakta durma
		devingen: yürüme koşma
bedensel etkinliğin düzeyi	Adams [252]	durağan etkinlik (örn: araba kullanma) hafif etkinlik (örn: ev işi yapmak) orta etkinlik(örn: çim biçmek)
	CPIEM [46]	dinlenme (örn: uyuma) hafif etkinlik (örn: yemek yeme, oturma) orta etkinlik (örn: bahçe işleriyle uğraşma) ağır etkinlik (örn: atletizm)
	EPA [254]	uyuma durağan etkinlik hafif etkinlik /düşük düzeyde etkinlik orta etkinlik / orta düzeyde etkinlik ağır etkinlik / yüksek düzeyde etkinlik
	EPA [30]	Uzatılmış etkinlik: Birkaç saat süresince aralıklarla yapılan ve kişinin normalden biraz daha sık ve derin solumasına neden olan eylemler sırasındaki etkinlik türüdür. Ağır etkinlik: Kişinin çok sık ve derin solumasına neden olan eylemler sırasındaki etkinlik türüdür.

Çizelge 3. 2 Adams'ın belirlediği soluma miktarları (l/dk) [252'den uyarlama]

bedensel etkinlik türü ve düzeyi	cinsiyet ve yaş aralığı				erkek yetişkinler (13 yaş ve üstü)	erkek yetişkinler (13 yaş ve üstü)
	erkek ve kız küçük çocuklar (3 yaş – 6 yaş)	erkek ve kız çocuklar (6 yaş – 13 yaş)	kadın yetişkinler (13 yaş ve üstü)	erkek ve kız çocuklar (6 yaş – 13 yaş)		
yatma	6,19	7,51	7,12	7,51	8,93	8,93
oturma	6,48	7,28	7,72	7,28	9,30	9,30
ayakta durma	6,76	8,49	8,36	8,49	10,65	10,65
yürüme	10,25	-	-	-	-	-
1,5 mil/h	10,53	-	-	-	-	-
1,875 mil/h	-	14,13	-	14,13	-	-
2 mil/h	11,68	-	-	-	-	-
2,25 mil/h	-	-	-	-	-	-
2,5 mil/h	-	15,58	20,32	15,58	24,13	24,13
3 mil/h	-	17,79	24,20	17,79	-	-
3,3 mil/h	-	-	-	-	27,90	27,90
4 mil/h	-	-	-	-	36,53	36,53
3,5 mil/h	-	26,77	-	26,77	-	-
4 mil/h	-	31,35	46,03*	31,35	46,03*	46,03*
4,5 mil/h	-	37,22	47,86*	37,22	47,86*	47,86*
5 mil/h	-	-	50,78*	-	50,78*	50,78*
6 mil/h	-	-	-	-	65,66*	65,66*
ev işi yapma (hafif)	-	-	17,38	-	17,38	17,38
araba bakımı (hafif)	-	-	-	-	-	-
ağşap işleri (orta)	-	-	-	-	23,21*	23,21*
	-	-	-	-	24,42*	24,42*

* Yaşlı yetişkin grup bu ortalamaya katılmamıştır.

+ ergen grup bu ortalamaya katılmamıştır.

Çizelge 3. 3 EPA'nın belirlediği soluma miktarları (l/dk) [254'ten uyarlama]

etkinlik	Yaş aralığı													
	0-1	1-2	2-3	3-6	6-11	11-16	16-21	21-31	31-41	41-51	51-61	61-71	71-81	>81
uyuma	3	4,5	4,6	4,3	4,5	5	4,9	4,3	4,6	5	5,2	5,2	5,3	5,2
durağan	3,1	4,7	4,8	4,5	4,8	5,4	5,3	4,2	4,3	4,8	5	4,9	5	4,9
hafif	7,6	12	12	11	11	13	12	12	12	13	13	12	12	12
orta	14	21	21	21	22	25	26	26	27	28	29	26	25	25
ağır	26	38	39	37	42	49	49	50	49	52	53	47	47	48

Çizelge 3. 4 CPIEM’de yer alan soluma miktarları (l/dk)[46’dan uyarlama]

etkinlik düzeyi	cinsiyet ve yaş aralığı		
	erkek yetişkinler	kadın yetişkinler	çocuklar
dinlenme	8,3	6,6	5
hafif	16,6	13,3	13,3
orta	41,6	33,3	23,3
ağır	83,3	50	36,6

3.2 İç Hava Kirleticilerinin Bedenin Dış Yüzeylerine Dokunması ve Yüzeylerden Emilmesi Yoluyla Etkilenme

Yapı içi havasında bulunan farklı nitelikteki kirleticilerin bedenin dış yüzeyini oluşturan deriye ve gözlere dokunması ya da bu yüzeyler tarafından emilmesi yoluyla gerçekleşen etkilenimde, söz konusu yüzeylerin özellikleri, kirleticilerin yüzeylere dokunmasına ve yüzeylerden emilmesine ilişkin ayrıntılar önemli görülmektedir.

Bedendeki en geniş organ olarak nitelendirilen deri, kalınlığı 0,5 – 4 mm arasında değişen çok katmanlı bir yapıdadır. Dıştan içe doğru kalınlaşan bu katmanlar,

- kendisi de katmanlı, pul pul, damarsız, dış koşullara karşı dayanıklı olan ve yayılım yoluyla beslenen [255] **epidermis**,
- epidermin altında elastik, ağ şeklinde ve kolajen liflerle çevrili, kılcıl damarları içeren bir bağ dokusundan oluşan **dermis**,
- kılcıl damarları besleyen kan damarlarını ve yağ dokusunu barındıran **deri altı katmanı**

olarak sayılabilir [256]. Deri, ayrıca ter kanallarını, kılları, kıl köklerini ve yağ bezlerini içermektedir. Ter ve yağ bezleri, deriyi dış koşullara karşı koruyan doğal bir asit salgılar.

Çapı ortalama 24 mm olan göz küresi [257], yaklaşık 1/5’i dış ortamda kalacak şekilde, bağ dokusu zengin bir yağ yatağında, göz çukuru içine yerleşmiştir. Devinimi göz dış

kasları ile denetlenen bu organ, bedendeki en ince deriden oluşan göz kapakları, gözyaşı bezleri ve kirpikler tarafından korunmaktadır [258].

Göz kapaklarının iç yüzeyleri ve göz küresinin dış ortamda bulunan ön yüzeyi bulbar (oküler) konjonktiva olarak adlandırılan ince saydam bir zar ile örtülüdür [258]. Sert lifli (fibröz) yapıda, saydamsız, beyaz renkli ve koruyucu nitelikte bir katman olan sklera, göz küresinin 5/6'lık bölümünü, saydam kornea ise 1/6'lık ön yüzeyini oluşturur [255]. Skleranın en dışında kan damarları bakımından zengin, gevşek lifli bir doku olan episklera bulunur [258], buna karşın kornea katmanı damarsızdır [257]. Konjonktiva, üç katmandan oluşan gözyaşı ile sürekli ıslak tutulur ve damarsız olan kornea katmanı gözyaşının sağladığı oksijen ve glukoz ile beslenir [258]. Gözyaşı, yukarıdan göz küresinin ön yüzünü yıkayarak iner ve gözün iç-yan köşesindeki gözyaşı pınarı adı verilen yerde toplanır, burun-gözyaşı kanalı yoluyla burun boşluğuna akar [255].

Yapıların iç havasında bulunabilen gaz / buhar ve / ya da parçacık biçimindeki bazı kirleticilerin deri ve göz yüzeylerine dokunmasıyla, kirleticinin çeşitli özelliklerine göre, dokularda zedelenme ve yangı oluşabilir. Özellikle gözün dış çevreye açık olan episklera ve kornea katmanları, bedendeki en ince deri olan göz kapaklarının dış ve iç yüzeyleri ve gözyaşının yapısı hava kirleticilerine karşı duyarlıdır. Kirleticiler, kimyasal özelliklerine göre, bu dokulara ve gözyaşının yapısına zarar verebilir; ayrıca özellikle parçacıklar fiziksel özelliklerine göre söz konusu dokuların zedelenmesine yol açabilir.

Kirleticilerin bedenin dış yüzünden bünyeye emilmesinde kirleticilere ilişkin belirli özelliklerin yanı sıra, deri ve göz yüzeyleri olan ilişki yüzeyinin

- geçirgenliği ve
 - büyüklüğü (havadaki kirleticinin doğrudan dokunduğu deri yüzeyinin büyüklüğü)
- önemlidir [246].

Deri yüzeyinin geçirgenliğinde derinin

- yapısı (katmanlarının özellikleri; kıl köklerinin, yağ ve ter bezlerinin var / yok olması vb)
- kalınlığı,

- sağlıklılık durumu (var olan zedelenme, yaralanma, hastalık vb durumlar)

etkilidir. Yüzeye dokunan bir maddenin bünyeye emilmesi epiderminin en dış katmanı olan stratum korneumun hücreleri arasındaki yağ dokusu, ayrıca kıl kökleri, yağ ve ter bezleri aracılığıyla oluşur [259]. Benzer şekilde, gözlerin sürekli nemli olan dış katmanında özellikle çözünürlüğü yüksek kirleticiler emilerek [42] episkleradaki kan damarları aracılığıyla kana geçebilir. Ayrıca, özellikle gözyaşı pınarı aracılığıyla burun-gözyaşı kanalına geçen kirleticiler, burun mukozasından da emilebilir [255].

Deri ve göz yüzeyleri tarafından emilen hava kirleticisi düzeyi solunum yoluyla etkilenimde bünyeye alınan kirletici düzeyine oranla oldukça düşük olsa da, özellikle gözlerdeki emilme katsayısının diğer etkilenim yollarına göre yüksek olduğu belirtilmektedir [42].

3.3 İnsanın İç Hava Kirleticilerinden Etkilenme Süresi, Sıklığı ve Konumu

İnsanın yaşamını sürdürmek için yapıyı kullanması, biyolojik, psikolojik ve sosyolojik özellikleri ve bu özelliklerinden kaynaklanan gereksinimleri nedeniyle gerçekleşir [260]. İç hava kirliliğinden etkilenim kapsamında, yapı içi hava kirleticileri ile insanın bir arada bulunma süresi, sıklığı ve yapıda bulunduğu bölge, insanın yapıyı kullanmasına ilişkin ayrıntılar, başka bir anlatımla, yapıdaki hangi konumlarda, ne kadar sürede ve ne sıklıkta bulunduğu ile ilgilidir.

Yapının çeşitli kapalı birimlerinde geçirilen süre ve bu birimlerde bulunma sıklığı, insanın yapıyı kullanım süresiyle, başka bir anlatımla, sürekli ya da geçici kullanıcı olmasıyla ilişkilidir [1].

3.4 İç Hava Kirleticilerinden Etkilenimde İnsanın Duyarlılığı

Etkilenimde duyarlılık, bir hedefin, belirli bir ajandan, söz konusu ajanla aynı koşullarda karşı karşıya kalan diğer hedeflere göre, daha çok etkilenmesi, başka bir anlatımla etkilenim düzeyinin daha yüksek olması durumudur; dolayısıyla hedefin bu ajana karşı duyarlılığının, diğer hedeflere oranla daha yüksek olduğu söylenebilir [261].

İç hava kirliliğinden etkilenim kapsamında, belirli kişilerin belirli iç hava kirleticilerine karşı daha duyarlı olduğu; bu insanların, diğer insanlara göre, söz konusu kirleticilerin

daha düşük yoğunluk düzeyinde var olmasıyla, daha kısa sürede ve daha olumsuz etkilendiği bilinmektedir [22, 261]. Çeşitli bilimsel araştırmalarda, iç hava kirliliğinden etkilenim açısından, genel olarak

- kadınların, erkeklere [18, 42],
- gebe kadınların, gebe olmayan kadınlara [18, 22, 112],
- bebekler, çocuklar ve yaşlı yetişkinlerin, diğer yaş gruplarına [13, 18, 22, 42, 112, 262,],
- etkilenim sırasında / öncesinde bazı sağlık sorunlarını yaşayanların / yaşamışlarının, sağlıklı insanlara [13, 22]

göre daha duyarlı; duyarlılığın oluşmasında kişilerin bu özelliklerinin yanı sıra,

- biyolojik yapısıyla ilişkili olan genetik özelliklerinin [13; 111] ve metabolizma hızının [42],
- psikolojik ve sosyolojik yapısıyla ilişkili olan sigara içme [13], alkollü içecekler tüketme [44], beslenme [13, 44, 111] vb alışkanlıklarının,
- psikolojik yapısıyla ilişkili olan stres durumunun [42]

da etkili olduğu belirtilmektedir. Birçok araştırmacı hangi grup yapı kullanıcısının hangi iç hava kirleticilerine karşı daha duyarlı olduğu konusunda çeşitli çalışmalarını sürdürmektedir. Bu bağlamda alanyazında karşılaşılabilen bazı kullanıcı gruplarının duyarlı olduğu bazı iç hava kirleticileri Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. 5 Farklı kullanıcı gruplarının duyarlı olduğu iç hava kirleticileri

kullanıcı grupları	duyarlılık açısından iç hava kirleticileri	açıklamalar
gebe kadınlar	CO [50]	-
Yaş gruplarına göre kullanıcılar	bebekler ve çocuklar	-
		NO ₂ [49]
		SO ₂ [30]
		O ₃ [30]
		Pb [44]
		tütün dumanı [49]
	PM grubu [30]	-
yaşlı yetişkinler	CO [49, 50]	Çocuklar, kemiklerinde, yetişkinlere oranla, daha çok mineral işlenmesi nedeniyle, birim kütlede daha yüksek düzeyde kurşun tutulması ve gelişen sinir sisteminin kurşundan etkilenmeye daha açık olması nedeniyle kurşuna daha duyarlıdır [44] Bebekler ve üç yaşın altındaki çocuklarda, tütün dumanından etkilenimle, zatürre, bronşit ve bronşiyolit oluşumu, diğer insanlara oranla iki kat fazladır [49].
		Yaşlı yetişkinlerin, CO etkilenimi nedeniyle, diğer insanlara oranla, kalp yetersizliği yaşama riski, daha yüksektir [263].

Çizelge 3. 5 Farklı kullanıcı gruplarının duyarlı olduğu iç hava kirleticileri (devam)

kullanıcı grupları		duyarlılık açısından iç hava kirleticileri	açıklamalar
yaş gruplarına göre yapı kullanıcıları	yaşlı yetişkinler	SO ₂ [49] O ₃ [30] PM grubu [30]	- - Yaşlı yetişkinler, özellikle PM _{2,5} grubuna karşı duyarlıdır [264].
	sağlık sorunlarına göre yapı kullanıcıları	CO [49, 50] NO ₂ [265] SO ₂ [30] O ₃ [30] PM grubu [30, 77] CO [49, 50]	- Özellikle astım hastaları NO ₂ [49] ve nitrik asite [266] karşı duyarlıdır. Özellikle astım hastaları [30] bu kirleticiye karşı duyarlıdır. - Solunum sistemi sorunları olan kişiler, özellikle PM _{2,5} grubuna karşı duyarlıdır [264]. Özellikle koroner arter [267] ve iskemik kalp [49] hastalığı olan kişiler, yüksek düzeyli bedensel etkinlik sırasında kandaki COHb düzeyinin artması nedeniyle daha CO'ye daha duyarlıdır.
	kalp – damar hastalığı olan kişiler		

Çizelge 3. 5 Farklı kullanıcı gruplarının duyarlı olduğu iç hava kirleticileri (devam)

kullanıcı grupları	duyarlılık açısından iç hava kirleticileri	açıklamalar
sağlık sorunlarına göre yapı kullanıcıları	SO ₂ [30]	-
	kalp – damar hastalığı olan kişiler	-
	PM grubu [49, 77, 268]	-
bağışıklık sistemi sorunları olan kişiler	O ₃ [269]	Alerjisi olan bireylerde, ozon, solunan alerjene gösterilen alerjik tepkinin ortaya çıkmasını hızlandırmaktadır [269].
	PM grubu [70]	-
sigara içen kişiler	CO [50]	-

3.5 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesinde Yapı Kullanıcısı İnsanın Özellikleri

İnsanın, yapı içi hava kirliliğinden olumsuz etkilenmesi, yaşamını sürdürmek için kullandığı yapıların iç çevrelerinde var olabilen hava kirleticilerini solması, bu kirleticilerin derisine ve gözlerine dokunması ya da bu yüzeyler tarafından emilmesi yoluyla gerçekleşmektedir. Yapıdaki bu durum, etkilenimin saptanması, başka bir anlatımla etkilenime ilişkin nitel ve nicel özelliklerin ortaya konmasıyla belirlenebilir. Etkilenim ise, etkilenimi ortaya çıkaran / etkileyen iç hava kirleticilerinin yanı sıra, etkilenen yapı kullanıcısının, etkilenimin gerçekleşmesiyle ilişkili biyolojik, psikolojik ve sosyolojik özellikleri araştırılarak saptanabilir.

Solunum yoluyla etkilenme sırasında, insanın solunum sistemine giren iç hava kirleticilerinin,

- buradaki dokulara dokunması ve / ya da
- dokunduğu dokulardan kana karışarak bedeninde çeşitli bölgelerinde belirli bir niceliğe ulaşmasıyla,

kişide sağlık sorunlarına ilişkin belirtiler ortaya çıkmaktadır. Bu olayın gerçekleşmesinde, etkilenen kişinin akciğer büyüklüğü ve sağlık durumu gibi biyolojik özelliklerinin yanı sıra, psikolojik durumu ve yapıda etkilenim süresince gerçekleştirdiği eylemlerindeki bedensel etkinlik düzeyi ile ilişkili olan solunum sıklığı ve soluma derinliği, başka bir anlatımla, soluma miktarı önemlidir. Kişinin soluduğu kirletici içeren havanın niceliğinin artmasıyla, bedenine giren kirletici düzeyi yükselmektedir.

Yapı içi hava kirleticilerinin bedeninde dış yüzeylerini oluşturan

- derinin epidermis,
- gözlerin sürekli olarak gözyaşı ile kaplı
 - episklere ve
 - korneakatmanlarına ya da
- göz kapaklarının konjonktiva ile kaplı iç yüzeylerine

dokunması ve bazı durumlarda bu yüzeylerin arasına sızan kirleticilerin kan damarlarına girerek kana karışması yoluyla gerçekleşen etkilenimde, söz konusu yüzeylerin yapısı, geçirgenliği ve kirletici ile karşı karşıya kalan yüzey alanının büyüklüğü önemlidir.

Etkilenimin süresi, sıklığı ve yapı içinde gerçekleştiği konum, insanın yapısı, kendisinden ya da çevresinden kaynaklanan etmenler nedeniyle ortaya çıkan gereksinmelerini gidermek için kullanmasıyla ilgilidir.

Aynı koşullar altında, aynı tür kirleticilerden farklı düzeylerde etkilenimin gerçekleşmesi, etkilenen kişilerin, yaşı, cinsiyeti, sağlık durumu, genetik özellikleri, bazı alışkanlıkları ve stres düzeyi ile ilişkilendirilen duyarlılığı nedeniyledir.

İç çevrelerde karşılaşılan hava kirliliğinin yapının asal kullanıcısı olan insanın sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için, insanın,

- etkilenme yolu,
 - solunum sistemine ilişkin biyolojik özellikleri,
 - biyolojik, psikolojik ve sosyolojik özelliklerinden kaynaklanan gereksinmeleri doğrultusunda yapı içinde gerçekleştirdiği eylemleri sırasındaki bedensel etkinliği ile ilişkili olan soluma miktarı,
 - derisine ve gözlerine ilişkin biyolojik özellikleri;
- etkilenme süresi, sıklığı ve konumu, biyolojik, psikolojik ve sosyolojik özelliklerinden kaynaklanan gereksinmeleri doğrultusunda yapının
 - hangi kapalı birimlerini
 - ne sürede ve sıklıktakullandığı;
- duyarlılığı ise
 - yaş, cinsiyet vb biyolojik özelliklerinin yanı sıra,
 - psikolojik ve sosyolojik özellikleri nedeniyle ortaya çıkan bazı davranışları ve alışkanlıkları

saptanarak belirlenebilir.

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN OLUŞTUĞU VE ETKİLENİMİN GERÇEKLEŞTİĞİ ORTAM

Yapının iç çevresinde duvar, döşeme vb yüzeylerle diğer birimlerden ve yapının dış çevresinden ayrılan, ancak kapı, pencere, baca, yapma havalandırma sistemi vb yapı bileşenleri ve öğeleri aracılığıyla, bu çevrelerle ilişki kurabilen kapalı birimler, asal kullanıcı olan insanın gereksinmelerini karşılamak üzere düzenlenmektedir. Bununla birlikte, söz konusu kapalı birimler, oluşturdukları hacmi dolduran iç havada çeşitli kirleticilerin bulunması ve insanların bu birimleri kullanmasıyla, iç hava kirleticilerini ve insanları bir araya getirir. Etkilenim, hava kirleticilerinin, yapının kapalı birimlerinde kullanıcının bulunduğu yerde var olmasıyla gerçekleşebilir [111]. Birimlerin çeşitli yapısal ve mimari özellikleri, iç çevrede var olan hava kirleticilerini ve kullanıcıyı, dolayısıyla söz konusu birlikteliği etkilemektedir [44, 59]. Bu bağlamda, iç çevrede, hava kirleticilerini ve kullanıcıyı bir araya getiren, yapının

- belirli bir kapalı birimi ya da bu birimin bir bölümü,
- birden çok kapalı birimi ya da
- bütünü,

etkilenimin gerçekleştiği **ortam** olarak tanımlanabilir. İç hava kirliliğinden etkilenimin belirlenmesi için ortamın bu durumu etkileyen özelliklerinin incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yapı içi hava kirliliğinin niteliği ve niceliği, ortamın çeşitli özellikleri nedeniyle, yapıdaki farklı bölgelerde ve zaman içinde değişebilmektedir [5, 46, 111]. Çeşitli iç hava kirleticilerinin ortam havasında var olması, konumu, bulunma süresi ve bu özelliklere

bağlı olarak ortaya çıkan yoğunluk düzeyleri, iç hava kirleticilerine, kirletici kaynaklarına ve kullanıcı eylemlerine ilişkin bazı özelliklerin yanı sıra,

- ortam havasının **hacmine** [44, 42],
- ortamdaki **hava devinimlerine** [62, 243, 250, 270, 271]
- ortamı oluşturan iç yüzeyler ile hava kirleticileri arasındaki **etkileşime** [22, 42, 44, 62] ve
- bu etkileşimi ya da iç hava kirliliğini etkileyen sıcaklık, nemlilik vb bazı **etkenlere** [18, 250, 271]

bağlıdır.

4.1 Ortamdaki Havanın Hacmi

Ortamın havasına, ortamda bulunan bir kaynaktan salınarak ya da dış çevreden taşınarak giren hava kirleticileri, kirleticilerin salınımı ya da dış çevreden iç çevreye taşınması kesildikten sonra, ortamın sınırladığı hacmi dolduran havada, fiziksel özelliklerine ve ortamdaki hava koşullarına bağlı olarak dağılır ve belirli bir yoğunluk oluşturur. Gaz / buhar durumunda olan hava kirleticileri, içinde buldukları kapalı hacmin havasına tam olarak karışabilir. Koşulların uygun olması durumunda, bu kirletici molekülleri, birbirine eşit aralıklarla sıralanır [18] ve hacmin her noktasında / hacimdeki tüm konumlarda aynı yoğunluk düzeyini oluşturur [73]. Belirtilen özellik nedeniyle ortamın hacmi ve miktarı sabit olan gaz / buhar durumundaki kirleticinin havadaki yoğunluk düzeyi ters orantılıdır. Buna karşın, parçacık durumundaki hava kirleticileri, parçacıkların büyüklüğüne, ağırlığına, biçimine, yüzey özelliklerine vb bağlı, hacimden bağımsız olarak, ortam havasında türdeş (homojen) olmayan bir yoğunluk ortaya çıkarabilir. Kirletici parçacıklar, özellikle büyüklükleri ve ağırlıklarına göre, havada büyük yoğunlukla belirli bir süre bulunur, bu süre sonunda çeşitli etkilerle havadan ayrılır. Ortamdaki kirletici kaynağının salınımı ya da kirleticilerin dış çevreden iç çevreye taşınması sırasında, gaz / buhar ya da parçacık durumundaki kirleticilerin havadaki yoğunluk düzeyi, diğer koşullara da bağlı olarak, yoğunlukla kaynağa ya da kirleticinin iç çevreye girdiği noktaya yaklaştıkça yükselmekte, bu konumdan uzaklaştıkça azalmaktadır [21, 46].

4.2 Ortamdaki Havanın Devinimi

İç hava kirleticilerinin ortam havasındaki yoğunluk düzeyini etkileyen özelliklerden birisi, havanın, ortam özelliklerine bağlı olarak devinmesidir. Demokritou [272] yapının kapalı birimlerinin havasında gerçekleşen temel fiziksel olayın hava moleküllerinin yer değiştirmesi, buna bağlı olarak havadaki diğer maddelerin (kirleticilerin) taşınması / aktarılması olduğunu belirtmiştir. Ortam havası, kullanıcının yürümek, temizlik yapmak vb eylemlerinin neden olduğu etkilerin yanı sıra, temel olarak, kapalı ortamın

- iç çevresinde,
- iç ve dış çevresi (yapının dış çevresi ve yapının etkilenim ortamı dışındaki iç çevresi) arasında [18],

hava basıncı farkının oluşturduğu itki nedeniyle devinmektedir. Ayrıca, havanın devinimi, devinimi ortaya çıkaran bu itki dışında, ortamın geometrik biçiminden [271] ve iç düzeninden (donanımlar, bölmeler vb) [270] de etkilenir. Devinimin hızı, yönü, davranışı ve biçimi, basınç farklılığına ve bu etkilere bağlıdır.

Ortamın iç çevresinde farklı konumlardaki basınç farkını ortaya çıkaran en önemli etken ısıdır [270, 271]. Çeşitli şekillerde (güneş, ısıtıcılar vb) ısınan hava basınç yitirir, ortam içinde yükselir ve yerini, ortamdaki daha soğuk olan havaya bırakır. Etkilenim ortamının iç ve dış çevresi arasında oluşan basınç farkı ise, havanın bu iki çevre arasında devinmesine neden olmaktadır. Söz konusu devinim, kapı, pencere, baca vb yapı bileşenleri ve öğeleri aracılığıyla **doğal** (kendiliğinden) ya da çeşitli mekanik bileşenler aracılığıyla **yapay** olarak ortaya çıkabilir.

Doğal devinim, ortamda

- **doğal havalandırma** ya da
- ortam kabuğundaki küçük açıklıklardan, boşluklardan, çatlaklardan vb – kabuk özellikle sızdırmaz olarak üretilmediyse – **havanın sızması** (air infiltration) [18]

ile gerçekleşmektedir [59, 243]. Ortamın dış çevresinde var olan hava devinimleriyle ya da dış ve iç çevre arasında hava sıcaklığının farklı olmasıyla, iç ve dış çevresi arasına da hava basıncı ayrımı oluşmakta [273], ortaya çıkan basınç bölgelerinin konumuna göre, hava, ortamın

- dış çevresinden iç çevresine ya da
- iç çevresinden dış çevresine

doğru devinebilmektedir. Devininin yapay olarak oluşturulması ise, mekanik sistemlerin kullanılmasıyla havanın devinmeye zorlanması sonucu gerçekleşir. Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias [18], çeşitli yapma havalandırma sistemlerini,

- yapı içinde kullanılan havanın emildiği ve yapı dışındaki havanın yapı içine üflendiği genel havalandırma,
- yapıda belirli bir noktada bulunan havanın yapı dışına doğru çekildiği (örn: mutfakta ocağın üzerindeki davlumbaz) bölgesel havalandırma

olarak gruplamıştır.

İç hava kirleticilerinin yoğunluk düzeyiyle ilgili bilimsel çalışmalarda, kapalı bir ortamın iç çevresindeki havanın bu ortamın dışındaki hava ile doğal yöntemler ya da yapma sistemler kullanılarak yer değiştirmesi **hava değişimi** (air exchange) olarak tanımlanmaktadır. Hava değişimi sırasında,

- bir saatte ortamın iç ve dış çevresi arasında doğal ya da yapma havalandırma ile devinen havanın hacmi, m^3/sa birimiyle anlatılan **havalandırma miktarı** (ventilation rate) [18],
- ortamda doğal havalandırma sağlayan yapı kabuğundaki boşluklar kapalıyken ve yapma havalandırma sistemi çalıştırılmıyorken, bir saniyede, ortamın iç ve dış çevresi arasında bulunan kabuktaki sızma nedeniyle devinen havanın hacmi, l/s birimiyle anlatılan **hava sızması miktarı** [18],
- bir saatte ortamın hacmi kadar dış havanın, ortamda var olan hava ile kaç kez yer değiştirdiği ise, havalandırma ya da hava sızması miktarının ortamın hacmine bölünmesiyle bulunan ve h^{-1} birimiyle anlatılan, **hava değişim sayısı** [46, 59, 243]

terimleriyle tanımlanmaktadır.

Havanın, ortamın iç çevresinde ve ortamın iç – dış çevresi arasında doğal ya da yapay olarak devinmesi sırasında, havadaki kirleticiler de hava molekülleriyle birlikte

sürüklenmekte, böylece, kirleticilerin ortamdaki konumu, bulunma süresi ve dolayısıyla havadaki yoğunluk düzeyi etkilenmektedir. Bu bağlamda,

- ortamın iç çevresinde ve iç – dış çevresi arasında gerçekleşen hava devinimi, kirleticilerin ortamdaki konumunu değiştirerek, farklı bölgelerde farklı kirletici yoğunluklarının oluşmasına,
- ortamın iç – dış çevresi arasında gerçekleşen hava devinimi,
 - dış çevredeki hava kirleticilerini iç çevreye sürükleyerek, ortamda kirletici yoğunluğunun artmasına,
 - dış çevredeki temiz havayı iç çevreye ya da iç çevredeki hava kirleticilerini dış çevreye sürükleyerek, ortamda kirletici yoğunluğunun azalmasına

neden olabilir.

4.3 Ortam Yüzeyleri ve İç Hava Kirleticileri Arasındaki Etkileşim

Etkilenim ortamındaki bazı yapı ürünleri ve donanımları (iç çevredeki yüzeyleri oluşturan düşey, yatay vb konumlu yapı parçaları ve bileşenleri; yapma havalandırma sistemi gibi yapı öğeleri; masa, yatak vb donanımlar), çeşitli etkenlere bağlı olarak, farklı iç hava kirleticisi türleriyle etkileşime girebilmekte ve ortamdaki iç hava kirliliğinin niteliğini ve niceliğini değiştirebilmektedir.

Havada bulunan gaz / buhar ya da parçacık biçimindeki iç hava kirleticileri, ortamda bir yüzeye dokunduğu zaman

- bu yüzeyden sekerek tekrar havaya karışabilir,
- yüzey üzerine tutunabilir / yüzey üzerinde çökebilir, ya da
- yüzeyi oluşturan maddenin içine girebilir / madde tarafından emilebilir [44].

Bilimsel araştırmalarda söz konusu durumlar **tutulmalar** (indoor sinks) sözcüğüyle anlatılmaktadır [18, 46, 274].

Yüzeye tutunan ya da yüzey tarafından emilen bu kirleticiler, belirli koşullarda

- yeniden havaya karışabilir (desorbition, deposition, reemission, resuspension),

- yüzey üzerinde kalabilen ya da havaya salınabilen yeni bir tür kirletici oluşturacak şekilde üzerinde yer aldığı yüzeyle tepkimeye girebilir [18].

Belirtilen durumlar, ortamdaki iç hava kirleticilerinin, yapı ürünlerinin, donanımların ve ortamla ilgili diğer bazı etkenlerin çeşitli özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmektedir [109, 275].

Tutunmanın daha çok parçacık biçimindeki hava kirleticileri için geçerli olduğu [109], buna karşın gaz / buhar moleküllerinin de yüzeyler üzerine çok ince bir katman oluşturacak şekilde yapışabildiği [18] belirtilmektedir. İç hava kirleticisi parçacıklar, boyutlarına, ağırlıklarına ve yüzey özelliklerine, ayrıca iç çevredeki yüzeylerin yapısına ve iç hava koşullarına bağlı olarak [77, 276],

- düşey ve eğik yüzeyler üzerine tutunabilir ya da yer çekiminin etkisiyle yatay ve eğik yüzeyler üzerine çökebilir [62, 107],
- havalandırma için kullanılan süzgeçler (filtreler) üzerinde birikebilir [274].

Wallace ve Smith [77] genelde, çok ince parçacıkların ($PM_{0,1}$), hava moleküllerinin çarpması sonucu oluşan sürekli titreşim nedeniyle en yakındaki yüzeyler üzerinde hızla kümelenildiğini; iri parçacıkların ise, ağırlıklarına bağlı olarak yüzeylere hızla çöktüğünü belirtmiştir. Ayrıca ortam havasına karışabilen küf mantarı sporları uygun koşullarda, tutunduğu ve gelişmesi için kendisine besin sağlayan, yapı ürünlerinin yüzeylerinde çoğalarak ortam havasında küf mantarlarının oluşturduğu kirleticilerin yoğunluğunun artmasına neden olabilir [277].

Duvar kâğıtları, kumaş, halılar vb, yüzeyi büyük ve gözenekli olan ürünler uçucu [270] ve yarı uçucu organik bileşikler [27] bünyesine emerek, öncelikle kirleticilerin havadaki yoğunluğunun düşmesine neden olabilir. İkincil kirletici kaynağı olarak tanımlanan bu tür ürünler, ana (birincil) kirletici kaynağı birimden uzaklaştırılsa bile, emdikleri kirleticileri uzun süre birimin havasına geri salabilir [278]. Berglund, Johanson ve Lindvall [279] tarafından yapılan bir deneyde, var olan bir anaokulu yapısından alınan bazı yapı ürünlerinin otuz gün süresince otuz tür uçucu organik bileşik salınımı yaptığı gözlenmiştir. Bu sürenin sonunda salınımı süren 13 uçucu organik bileşiğin yapı

ürünün kendi bünyesinden kaynaklanan, salınımı duran bileşiklerin ise incelenen yapı ürünü tarafından emilmiş kileticiler olduğu belirlenmiştir.

Ortamı oluşturan yüzeylerin çoğunlukla ozon, azot dioksit vb tepkisel iç hava kirleticileri ile etkileşime girebildiği belirtilmektedir [59]. Yapı ürünleri ve iç hava kirleticilerinin çok çeşitli olması nedeniyle bu konuda birçok deneysel çalışma yapılmaktadır. Örneğin Uhde ve Salthammer [280] ozon ile yüzeylerde bulunabilen terpenin etkileşimini incelemiştir.

4.4 Ortamda İç Hava Kirliliğini Etkileyen Diğer Etkenler

Yapı iç hava kirliliği, ortamdaki

- hava sıcaklığından [270],
- yüzeylerin sıcaklığından [272],
- havanın nemliliğinden [281; 53],
- yüzeylerin ya da yüzeylerin altındaki katmanların ıslaklığından [48],

etkilenebilmektedir. Bazı bilimsel araştırmalarda, söz konusu etkenlerin,

- ortamda bulunan bazı iç hava kirleticilerinin niceliğini [5, 48],
- ortam yüzeyleri ile iç hava kirleticileri arasındaki etkileşimleri [18, 22, 281, 270]

değiştirebileceği belirtilmiştir.

Ortamdaki kirletici kaynaklarının – özellikle yapı ürünlerinin – salınımına etkilerle ilgili bilimsel araştırmalar sürdürülmekte, çok sayıda kirletici kaynağı ve salınımı etkileyen farklı nitelikte etkenlerin var olması nedeniyle farklı deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin Gustafsson [282], normal sıcaklık ve nemlilik koşullarında kirletici salınımı gerçekleştirilmeyen, buna karşın hava ve yüzey sıcaklığının ve nemliliğinin artmasıyla 2-etil-1-heksanol, fenol vb kirleticileri ortam havasına salan vinil içerikli bazı yapı ürünlerini incelemiştir. Benzer şekilde Spengler, Chen ve Dilwali [270] hava, yüzey sıcaklığının ve nemliliğinin artmasıyla özellikle uçucu organik bileşlerin salınımının arttığını gözlemlemiştir.

İç hava ve yüzey sıcaklığı, nemliliği, nemlilik nedeniyle yoğuşma ya da diğer etkenler sonucu yüzeylerde / yüzeylerin altındaki katmanlarda oluşan ıslaklık, diğer iç hava kirleticilerinin yanı sıra, biyolojik kirleticileri etkilemekte ve bu türdeki bazı kirleticilerin ortam yüzeyleriyle etkileşimini artırmaktadır [89].

Gang ve Ma [283] gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında ortam havasındaki bakteri yoğunluğunun hava sıcaklığı ve nemliliği ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Özellikle ortamdaki bağıl nem oranının yükselmesiyle, diğer koşullara da bağlı olarak, toz akarları gelişmekte [134], dolayısıyla toz akarlarının ve oluşturduğu iç hava kirleticilerinin yoğunluğu yükselebilmektedir [5, 22, 49].

Ozon ve kükürt dioksit gibi bazı gaz durumundaki kirleticilerin ortam yüzeyleri tarafından emilmesi, diğer etkenlerin yanı sıra, ortam havasının bağıl nem oranıyla ilişkilidir [281]. Küf mantarlarının tutunduğu ortam yüzeyi üzerinde gelişmesi için gerekli sıcaklık ve nem, mantar türüne göre farklılık gösterse de, birçok tür için uygun sıcaklığın 18 – 24 °C olduğu [87]; ortam havasındaki bağıl nem oranının ya da yüzeylerdeki ıslaklığın artmasıyla küfün ve küf nedeniyle ortaya çıkan iç hava kirleticilerinin yoğunluğunun arttığı bilinmektedir [22, 44].

4.5 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesinde Etkilenim Ortamına İlişkin Özellikler

Yapının iç çevresinde, kullanıcının gereksinmelerini yanıtlamak için düzenlenen kapalı birimler, oluşturdukları hacim içinde belirli hava kirleticilerini barındırarak, insanı ve iç hava kirliliğini bir araya getiren, böylece insanın iç hava kirleticilerinden etkileniminin gerçekleştiği etkilenim ortamı durumuna gelebilir. Söz konusu ortamın, iç hava kirleticilerini ve kullanıcıyı, dolayısıyla etkilenimi etkilemesi nedeniyle, bu durumla ilişkili özellikleri irdelenmelidir.

Çeşitli iç hava kirleticilerinin – özellikle ortamın dış çevresinden kaynaklanan ve havanın devinimiyle iç çevreye taşınan kirleticilerin – ortamda var olması, bulunduğu konum, süre ve bu özelliklere bağlı olarak ortam havasında konum ve zamanla birlikte değişim gösterebilen yoğunluk düzeyleri

- ortamın hacminden,

- yapı özelliklerine bağlı olarak ortamın iç çevresinde ve iç – dış çevresi arasında ortaya çıkan doğal ya da yapay hava devinimlerinden,
- kirleticilerin, ortamı oluşturan yapı ürünleri ve donanımlarının yüzeylerine tutunmasından, bu yüzeyler tarafından emilmesinden, bu yüzeylerle tepkimeye girmesinden,
- ortamdaki havanın ve yüzeylerin sıcaklığından, nemlilikten ve yüzeylerin ya da yüzey altındaki katmanların ıslaklığından

etkilenebilmektedir.

Asal kullanıcı olan insanın ortamda bulunduğu konum, kendi yapısından kaynaklanan gereksinmelerinin yanı sıra, ortamın mimari düzenine ve donanımlarının yerleşimine de bağlıdır.

Belirtilen özellikler nedeniyle, iç çevrelerde karşılaşılan hava kirliliğinin insan sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için,

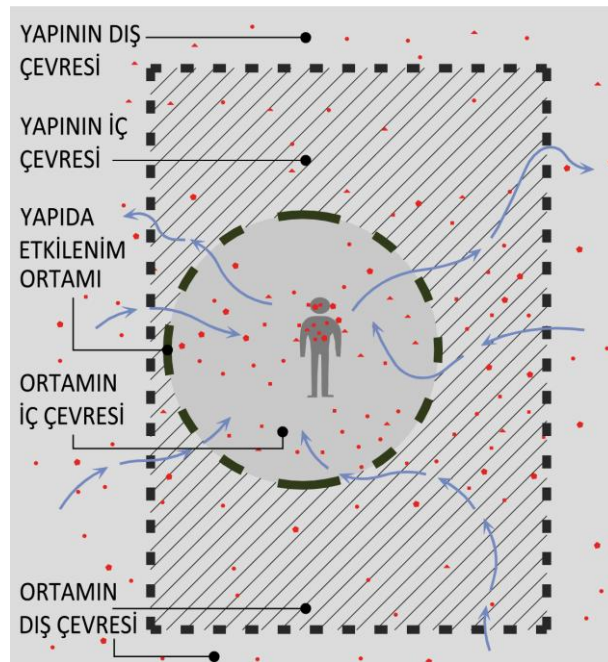
- ortam ve dış çevresi arasındaki doğal / yapay hava devinimlerinin,
 - dış çevreden kaynaklanan kirleticilerin ortamdaki varlığını, dolayısıyla yoğunluk düzeyindeki olası artışı,
 - iç çevredeki kirleticilerin ortamdaki ayrılışını, dolayısıyla yoğunluk düzeyindeki olası azalmayı;
- ortamın iç çevresindeki hava devinimlerinin, kirleticilerin ortam içindeki devinimi sırasında bulunduğu konumu;
- ortamdaki hava değişim sayısının, kirleticilerin ortamda bulunma süresini;
- ortamı oluşturan yapı ürünlerine ve donanımlarına ilişkin yüzeylerin niteliğinin, kirleticiler ile yüzeyler arasındaki olası tutulumları ve tepkimeleri;
- ortamdaki havanın ve yüzeylerin sıcaklığının, bağıl nem oranının ve yüzeylerde ya da yüzeylerin altındaki katmanlarda var olan / önceden var olmuş ıslaklığın,
 - kirletici kaynaklarının salınım niteliğini,
 - biyolojik kirleticilerin gelişme yetkinliğini,

- kirleticiler ile yüzeyler arasındaki etkileşim düzeyini;
- hava devinimleri, sıcaklığı, bağıl nem oranı ve yüzeylerle etkileşimlerin yanı sıra, ortam hacminin, kirletici yoğunluklarını;
- ortamdaki donanımların, bölmelerin vb mimari düzenlemelerin, kullanıcı insanın ortamda bulunduğu konumları

saptamak üzere incelenmesi gerekli görülmektedir.

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİMİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapı içinde karşılaşılan hava kirliliği, büyük çoğunlukla, çeşitli kaynaklardan çıkarak ortam havasına karışan, bu sırada bazı değişimler geçirebilen, farklı özelliklerde birçok hava kirleticisinden oluşmuş bir karışımdır. Etkilenim, bu kirleticilerin iç çevrede insan bedenine dokunmasıyla ya da bünyesine girmesiyle gerçekleşmektedir. Sonuçta ortaya çıkan sağlık ya da konfor sorunu ise, çoğunlukla, etkilenimin gerçekleştiği süre boyunca insanın yakın çevresindeki havada var olan ya da bünye içerisine alınmış kirleticilerin niteliği ve niceliğiyle ilişkilendirilmektedir [44] (Şekil 5.1).



Şekil 5. 1 İç hava kirleticilerinin ve insanın bir araya gelmesi

Ott [9], etkilenim çalışmalarda çağdaş ilginin, geçmişteki kirletici kaynağına odaklanan yaklaşımın tersine, hedefe odaklanan yaklaşım üzerinde olduğunu söylemiştir. Hedefe odaklanan yaklaşımda, çalışma, hedeften başlamakta; öncelikle hedefe ulaşan ve onu etkileyen durum incelenmektedir. Bu bağlamda, bir iç hava kirleticisinden etkilenimle ilgili bilimsel araştırmalar, olumsuzluğun temel olarak,

- etkilenme süresinde [18, 31, 44, 246] insana ulaşan ve bünyesine giren kirleticinin
 - türüne [44, 62, 246] ve türüyle ilişkili olan fiziksel / kimyasal / biyolojik özelliklerine,
 - yoğunluk düzeyine [46, 111, 112],
- insanın bu kirleticiye karşı duyarlılığına [56, 62, 246,] ve
- etkilenme durumunun yinelenme sıklığına [44, 62, 74, 111, 245]

bağlı olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla, bilimsel alanyazında karşılaşılan birçok yayının, insanın yapı içi hava kirliliğinden etkilenmesini bu özellikler çerçevesinde ele almakta olduğu görülmüştür. Söz konusu yayınlar içinde,

- kirleticilerin türünü, yoğunluk düzeyini, etkilenimin süresini ve sıklığını saptamada kullanılan, bu nedenle, değerlendirmenin doğru bir şekilde yapılması için gerekli olduğu düşünülen çeşitli belirleme yöntemlerini,
- değerlendirmenin yapılmasında yararlanılan zorunlulukları ve risk hesaplamalarını, konu edinen çalışmalar irdelenmiştir.

5.1 Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Yapı içi hava kirliliğinden etkilenimin belirlenmesinde, yapı kullanıcısı insanı etkileyen durum, başka bir anlatımla, etkilenimi ortaya çıkaran iç hava kirleticilerinin niteliği, niceliği, bu kirleticilerden etkilenim süresi ve sıklığı araştırılmaktadır. İç havada bulunan kirleticilerin niteliği (türü ve türüyle ilişkili olan fiziksel / kimyasal / biyolojik özellikleri) ve niceliği (yoğunluk düzeyleri) yapıda farklı konumlarda ve zaman içinde çeşitli etkiler nedeniyle değişim gösterebilir [21]. Bu nedenle bilimsel çalışmalarda yer alan, yapının iç çevresindeki hava kirleticilerinin türü ve yoğunluk düzeyinin belirlenmesine ilişkin

yöntemler, bu özellikleri etkileyen kirleticilere, kullanıcılara ve ortama ilişkin özelliklerin saptanmasını sağlayan alt yöntemleri içermektedir. Etkilenim süresi ve sıklığı ise, yapı kullanıcısı insanın yapıyı kullandığı sürenin ve sıklığın bu amaca yönelik geliştirilmiş yöntemler yardımıyla incelenmesi sonucunda ortaya konabilir.

5.1.1 Ortam Havaında Bulunan Kirletici Türlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yaklaşımlar

Etkilenim ortamının havasında bulunan kirletici türleri, çoğunlukla,

- ortamda ve ortamın dış çevresinde yer alan kirletici kaynaklarını,
- yapı kullanıcısı insanlarda iç hava kirleticileriyle ilişkilendirilebilen sağlık sorunlarının ve kirletici belirteçlerini,
- ortamda var olduğu bilinen gösterge kirleticileri

saptayarak belirlenmektedir.

Çalışmalarda, kirletici kaynaklarının,

- yapı kullanıcısına sözlü ya da yazılı olarak sorulması [18, 44, 284, 285],
- çeşitli belgelerin (örneğin: yapıda kullanılan ürünlere ilişkin belgeler, doğalgaz faturası vb) incelenmesi [18],
- ortamda ve ortamın dış çevresinde gözlem yapılması [62]

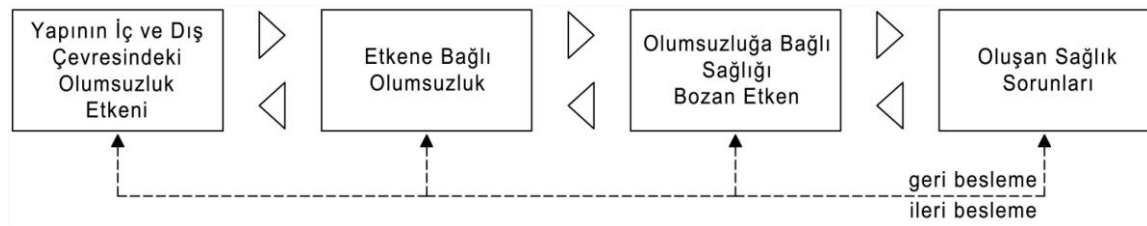
yoluyla araştırılabileceği belirtilmektedir. Ancak, WHO [35], bu araştırmada, yapı kullanıcısına yöneltilen soruların yanıtlarının bazı durumlarda güvenilirlik açısından riskli olabileceğini (örneğin bir okul yapısında küfün varlığı ile ilgili olarak okul yönetimine yöneltilen soruların yanıtlanmasında yöneticilerin var olan durumu çeşitli kaygılarla gizlemesi ya da abartması) vurgulamıştır.

İç havada bulunan kirletici türleri, yapının kullanıcısının iç hava kirleticileri ile ilişkilendirilebilen ve konforsuzluğunu ya da bazı sağlık sorunlarını kapsayan duyuları, yakınmaları, deneyimleri vb incelenerek de belirlenebilmektedir [63, 284]. Balanlı ve Öztürk [1] tarafından yapı ve insan sağlığı ilişkisini irdelemek üzere geliştirilen modelde (Şekil 5.2) işleyiş, yapıdaki bir olumsuzluk etkeninin, bir olumsuzluğu, olumsuzluğun ise

sağlığı bozan bir etkeni ve bu etkene bağlı bir sağlık sorununu ortaya çıkarması üzerine kurulmuştur. Söz konusu ilişkiler zinciri, yapı kullanıcılarında görülen bir sağlık sorunun yapıda hangi olumsuzluk etkeninden kaynaklandığını belirlemek için tersine bir başlangıçla da kullanılmaktadır. Bu bağlamda, yapı kullanıcısının

- sağlık ve konfor durumunun [284, 286] ya da
- bedenlerindeki dokularda, hücrelerde ya da sıvılarda [44, 111] bulunan iç hava kirleticisi maddeler, bu maddelerin metabolize edilmesiyle ya da söz konusu maddeler ile bedendeki moleküllerin / hücrelerin / dokuların etkileşimiyle ortaya çıkmış başka maddeler olarak tanımlanan kirletici belirteçlerinin [44, 140, 246]

yazılı / sözlü sorular, çeşitli tıbbi testler vb aracılığıyla araştırılması, incelenen yapının iç havasındaki kirletici türlerinin belirlenmesine katkı sağlayabilir [112].



Şekil 5. 2 Yapı ve çevresinin neden olduğu sağlık sorunlarının oluşumu [3]

Yapı içi hava kirliliği ile ilişkilendirilebilen sağlık ve konfor sorunları kullanıcıda öznel olarak farklılaşabilmekte [5], ayrıca, kişilerin bu durumu sözel / yazılı olarak aktarmalarında anlatım farklılıkları ortaya çıkabilmektedir [284]. Bu nedenle NRC [44], yaşanan / yaşanmış sağlık ve konfor sorunlarına ilişkin bilgi toplama yönteminin (yüz yüze görüşme, telefonla görüşme, anket yapılması vb) belirlenmesinde ve uygun, kolay anlaşılır soruların hazırlanmasında söz konusu durumun göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmiştir.

İnsan bedeninde oluşan kirletici belirteçleri, kirletici türlerine göre farklılaşmakta ve bu belirteçlerin bedendeki konumu da değişmektedir. Bazı iç hava kirleticisi türleri ve bu kirleticilerin bedende farklı konumlarda ortaya çıkardığı belirteçler Çizelge 5.1'de gösterilmiştir. Bu araştırmada, söz konusu sağlık / konfor sorunlarının ya da belirteçlerin, kişinin yaşadığı yapıdaki iç hava kirliliği dışında başka nedenlerle de ortaya

çıkabileceği [44] ve bazı kirlenici belirteçlerinin bir, diğerlerinin ise birden çok kirlenici tarafından oluşturulabildiği [140, 246] göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, Patrick [62], biyolojik izlerin kullanımının,

- elde edilmesi zor bazı bilgilere gereksinim olması (örneğin: kan tahlili sonuçları),
- belirteçlerin kişiden kişiye değişiklik gösterebilmesi,
- yüksek maliyet

nedeniyle sınırlı olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 5. 1 İç hava kirlenicileri ve insan bedeninde oluşturduğu belirteçler

kirlenici	belirteç ve bedendeki konumu	açıklamalar
karbonmonoksit	karboksihemoglobin – kan [62]	-
nikotin	kotinin – idrar [62, 112] kotinin – kan [44]	Nikotinin solunmasıyla bu kirlenici kişinin karaciğerinde kotinin maddesine dönüştürülür [287].
kurşun	kurşun – kan [62]	Etkilenimin son dört ay içinde gerçekleşmiş olduğunu gösterir [44].
kurşun	kurşun – dişler, saç [62], beyin, kemikler [44], tırnak [246], plasenta, dışkı [140]	Dişler, saç, kemikler ve tırnaktaki kurşun, etkilenimin uzun süre önce gerçekleştiğini gösterir [140].
küf	eritrosit protoporfirin – idrar [44]	Kurşun nedeniyle bedende bir işlevsel bozukluk oluştuğunu gösterir [44].
	IgG antikorları – kan [288]	-
benzen	benzen – soluk [44]	Etkilenimin kısa süre önce gerçekleşmiş olduğunu gösterir [44].
	fenol – idrar [44]	Etkilenimin uzun süre önce gerçekleşmiş olduğunu gösterir [44].

Çizelge 5. 1 İç hava kirleticileri ve insan bedeninde oluşturduğu belirteçler (devam)

kirletici	belirteç ve bedendeki konumu	açıklamalar
etil benzen	mandelik asit – idrar [44]	-
stiren	mandelik asit – idrar [44]	-
4,4'- Dichlorodiphenyl trichloroethane	4,4'-Dichlorodiphenyltrichloroethane – yağ dokusu [140]	-
trikloroetilen	trikloroasetik asit – idrar [44]	-
tetrakloroetilen	tetrakloroetilen – soluk [140]	-
	tetrakloroetilen – anne sütü [140]	-

Kirletici türlerinin belirlenmesinde yararlanılan yaklaşımlardan bir diğeri gösterge yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, bir iç hava kirleticisinin, o iç çevrede diğ er bazı kirletici türlerinin de bulunduğunu gösterebileceği varsayılır [8]. Söz konusu varsayım çoğunlukla aynı kaynaktan salınan [20] ya da kirleticiler arasındaki tepkimelerde birbirinin öncülü olan [8] kirletici türleri için kullanılmaktadır. Bilimsel çalışmalarda belirtildiği gibi,

- tütünün yanmasıyla ortaya çıkan, diğ er kirleticilerin var olduğunu gösterebilen nikotin [73],
 - çokhalkalı aromatik hidrokarbonları içeren, tüm karışımlarda yer alan benzo[a]piren [44],
 - aynı kaynaktan eş zamanlı salındığı bilinen bazı uçucu organik bileşikler [20],
 - benzenin ve ince parçacıkların var olduğunu belirttiği düşünölen karbonmonoksit [50],
 - ozonun öncülü olan bazı uçucu organik bileşikler ve nitrojen oksitler [8]
- olarak sayılabilir.

5.1.2 İç Hava Kirleticilerinin Yoğunluk Düzeylerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

İç hava kirleticileri çeşitli şekillerde ortam havasına karışmakta, havada ve etkilenimin gerçekleşmesiyle insanın bünyesinde belirli bir nicelik / çokluk / yoğunluk oluşturmaktadır. Söz konusu yoğunluğun düzeyi,

- ortamda var olan kirleticilerin birbirine,
- yapı kullanıcılarının ve ortamın ise kirleticilere

etkileri nedeniyle, yapıda farklı bölgelerde ve zaman içinde değişebilmektedir. Bilimsel alanyazında yer alan ve kirletici yoğunluğunun belirlenmesinde yararlanılan temel yöntemler:

- insanın ortamda bulunduğu noktalarda, sürede ve sıklıkta [18, 46, 111, 246], bedeninin yakın çevresindeki havada var olan kirletici yoğunluğunun söz konusu süre içindeki anlık, en yüksek ve ortalama [289] düzeylerinin
 - çeşitli aygıtlar kullanılarak ölçülmesi [44, 62, 111, 246],
 - kirletici kaynaklarına ve ortama ilişkin veriler kullanılarak hesaplanması [44, 111, 246, 290],
 - bilgisayar benzetimi (simülasyon) yöntemleriyle belirlenmesi [272]
- insanın solunum ya da bedeninin dış yüzeylerinden emilim yoluyla bünyesine giren kirletici yoğunluğunun,
 - uygun belirteçlerin niceliğinin ölçülmesiyle belirlenmesi [44, 62, 246],
 - insanın yakın çevresindeki havada bulunan kirletici yoğunluğu verilerinin, etkilenim süresinin ve etkilenim yoluna göre soluma hacim ya da emilme katsayısının kullanılmasıyla hesaplanması [44, 62, 112, 246]

olarak sayılabilir. Söz konusu belirleme yöntemleri, yoğunluk düzeyi üzerindeki etkileri nedeniyle kirleticilere, kullanıcılara ve ortama ilişkin gerekli verilerin elde edilmesine yönelik birçok alt yöntemi içermekte ve istatistik, kimya, biyoloji, fizik, tıp vb farklı bilim alanlarında uzmanlıkları gerektirmektedir [44].

5.1.2.1 İç Hava Kirleticilerinin Ortam Havasındaki Yoğunluk Düzeylerinin Belirlenmesi

EPA [246], ortam havasında insanın karşı karşıya kaldığı iç hava kirleticilerinin yoğunluk düzeylerinin belirlenmesinde, insan bedeninin yakın çevresinde var olan durumu en gerçekçi şekilde yansıtacak yöntemin seçilmesinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Bazı bilimsel yayınlarda, aygıtlar kullanılarak yapılan ölçümlerin, başka bir anlatımla doğrudan belirleme yöntemlerinin, en gerçekçi verileri oluşturduğu [271], buna karşın ölçüm işleminin belirli ilkelere göre gerçekleştirilmesi gerektiği, maliyetinin yüksek olduğu, bazı durumlarda uzun sürdüğü ve uygulama zorlukları oluşturabildiği belirtilmektedir [270]. Bu nedenle, birçok durumda ölçüm yöntemleri hesaplamalarla desteklenmekte [246] ya da koşulların uygun olması durumunda hesaplamalar yeğlenmektedir [13, 18, 62, 290, 291]. İlgili hesaplamaları yapabilmek için, iç hava kirleticilerinin yoğunluk düzeylerini etkileyen kirletici, kullanıcı, ortam özelliklerinin sayısal değerlerinin elde edilmesi zorunludur [44, 112, 246]; bununla birlikte, söz konusu özellikler, ölçümün doğru ve gerçekçi sonuçlanmasının sağlanması amacıyla da kullanılmaktadır. Ancak, EPA [246], bazı bilimsel çalışmalarda, ortamda kişiyi etkileyen kirletici yoğunlukları yerine ortam havasındaki ortalama kirletici yoğunluklarının doğrudan ya da dolaylı yöntemlerle belirlendiğini, bu çalışmaların gerçekte kişiyi etkileyenden farklı yoğunluk düzeyleri belirleme riski taşıdığını belirtmektedir.

a) Ortam Havasındaki Kirletici Yoğunluklarının Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler

Ortam havasındaki kirletici yoğunluklarının ve diğer kirletici özelliklerinin (parçacık boyutları vb) belirlenmesinde kullanılan ölçüm yöntemleri, Çizelge 5.2'de görüldüğü gibi, kirleticilerin,

- ortamda ölçülmesi / doğrudan ölçüm,
- laboratuarda ölçülmesi / dolaylı ölçüm

olarak ikiye ayrılmaktadır [62, 292]. Doğrudan ölçüm yönteminde ortam içinde çalıştırılan ölçüm aygıtıyla (izleyiciyle), aygıtın çalışma süresi boyunca bulunduğu konumun yakın çevresindeki kirleticinin yoğunluğu ve yoğunluğun zamansal değişimi elde edilirken; dolaylı ölçüm yöntemi,

- ortamda insanı etkileyebilecek kirleticilerin havadan, yüzeylerden toplanması, başka bir anlatımla örneklenmesi,
- örneklenen kirleticilerin laboratuarda ayrıştırılması ve bazı durumlarda (bakteri, küf vb kirleticilerin ölçülmesi için) çoğaltılması,
- elde edilen her kirleticinin niceliğinin ve diğer özelliklerinin saptanması,

adımlarından oluşmakta; böylece örnekleme süresi boyunca ortamda örnekleyicinin yakın çevresinde var olan kirletici yoğunluğunun ortalama düzeyi belirlenmektedir [44]. Ortamdaki ölçüm, laboratuardaki ölçüme göre genelde daha büyük aygıtlar, daha karmaşık işlemler ve yüksek maliyetle gerçekleştirilmekte, bu nedenle daha az yeğlenmektedir [62].

Kirleticinin fiziksel özellikleriyle ilişkili olarak, ölçüm yöntemleri, gaz ve parçacık durumundaki kirleticilerde farklı alt yöntemleri ve farklı nitelikte aygıtları gerektirebilir. Bununla birlikte, dolaylı ölçümün her adımı için ayrı aygıt kullanılabildiği gibi, iki ya da üç işlemi ardışık olarak gerçekleştiren tekil aygıtlar da bulunmakta ve geliştirilebilmektedir [44]. Çoğunlukla gaz durumundaki kirleticilerin doğrudan ve dolaylı ölçümünde yararlanılan bazı izleme, ayrıştırma ve belirleme aygıtları Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Gaz durumundaki kirleticilerden farklı olarak, kirletici parçacıkların yoğunluğunun yanı sıra parçacık boyutunun, biçiminin, kimyasal özelliklerinin, toksisitesinin [293] ve biyolojik özelliklerinin de belirlenmesi gerekir. Yapı içi havasında, ortamdaki yüzeyler üzerinde ya da ortam havasıyla ilişkili olan suda (örneğin yapma havalandırma sisteminde, kapalı havuzlarda, sağlık döşemindeki su) bulunabilen biyolojik kirleticiler, öncelikle örneklenmekte, ardından laboratuarda kültür hazırlanarak çoğaltılmakta, uygun mikroskoplar ile kirletici türünün belirlenmesiyle ve parçacıkların sayılmasıyla kirletici yoğunluğu elde edilmektedir [62]. İç hava kirleticilerinin türüne göre yararlanılan bazı ölçüm aygıtları Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Bir ya da aynı anda birden çok kirleticiyi ele almak için kullanılan [272] izleyici ve örnekleyici aygıtlar, ortamda sabit konumlu olabildiği gibi, yapı kullanıcısı insanlar tarafından yapıda buldukları süre boyunca taşınabilir (örn: giyilebilir ya da giysiye tutturulabilir) nitelikte de üretilmektedir [44, 107, 248].

Çizelge 5. 2 Ölçüm yöntemine göre aygıt sınıfları ve temel özellikleri

aygıt sınıfı	temel özellikler
sürekli ölçüm yapan aygıtlar – izleyiciler (monitors / direct readers)	İzleyiciler, ölçümü ortamda gerçekleştiren ve ölçüm sonuçlarını belirli aralıklarla kaydedebilen aygıtlardır [59]. Bu aygıtlardan bazıları dolaylı ölçüm yönteminin son adımında belirleyici aygıtlar olarak da kullanılabilir.
örneklemeyi gerçekleştiren araçlar (samplers)	Kirletici örneği toplayan araçlar <ul style="list-style-type: none"> • ortamdaki kirletici içeren havanın bir bölümünü tepkimesiz (inert) maddeden üretilmiş bir kap içine alan [44], • belirli hacimdeki ortam havası aygıtın içinde yer alan tutucu ya da emici bir maddeden geçerken kirleticileri yakalayan [286] ya da aygıtı giren kirleticiyle kimyasal tepkime oluşturabilecek bir çözelti içeren [292] • ortamda yüzeyler üzerindeki kirleticileri toplayan [248] • ortam havasını etkilemesi olası su içindeki kirleticileri elde eden [26] aygıtlar / düzeneklerdir.
ayırıştırıcı aygıtlar (separators):	Laboratuara getirilen örnek içindeki birden çok kirleticiyi birbirinden, bir kirleticiyi örnekleyicinin emici / tutucu yüzeyinden / maddesinden ya da kimyasal tepkime ürünü örnekleyiciden ayıran aygıtlar ya da yöntemlerdir. En sık kullanılan ayırıştırma yöntemi kromatografidir.
yoğunluğu belirleyen aygıtlar (detectors):	Kromatografik aygıtlarla birlikte de çalışabilen belirleyiciler, ayırıştırılan kirleticilerin hacmini, ağırlığını ve diğer gerekli özelliklerini ortaya koymaktadır [294].

Hava ve dolayısıyla içindeki kirleticiler, sürekli ölçüm yapan ya da örnek toplayan aygıtların içine elektrikli pompalar aracılığıyla kısa bir süre boyunca (örn: birkaç saat) çekilebilir [44, 62] ya da yayılım yoluyla daha uzun sürede (örn: birkaç gün / hafta) kendiliğinden ulaşmaktadır [44, 13].

Çizelge 5. 3 Gaz durumundaki kirleticilerin ölçümünde kullanılan aygıtlar [44 ve 292'den uyarlama]

aygıt sınıfı	aygıt türü	aygıt çeşitleri
sürekli ölçüm yapan aygıtlar	belirli nitelikteki izleyiciler	fiziksel ilkelere dayalı izleyiciler elektiriksel ilkelere dayalı izleyiciler ısısal ilkelere dayalı izleyiciler elektromanyetik ilkelere dayalı izleyiciler kemoelektromanyetik ilkelere dayalı izleyiciler
	elektrokimyasal belirleyiciler	potensiyometrik belirleyiciler amperometrik belirleyiciler kondaktimetrik belirleyiciler
	mikroalgılayıcılar	-
	renkölçümsel tüpler	-
ayrıştırıcı aygıtlar	kromatografik ayrıştırıcılar	gaz kromatografisi akışkan kromatografisi iyon kromatografisi ince katman kromatografisi kritiküstü akışkan kromatografisi
yoğunluğu belirleyen aygıtlar	genel belirleyiciler	alev iyonizasyon belirleyicisi foto iyonizasyon belirleyicisi
	seçici iyonizasyon belirleyicileri	elektron yakalama belirleyicisi termiyonik iyonizasyon belirleyicisi

Çizelge 5. 3 Gaz durumundaki kirleticilerin ölçümünde kullanılan aygıtlar [44 ve 292'den uyarlama] (devam)

aygıt sınıfı	aygıt türü	aygıt çeşitleri
yoğunluğu belirleyen aygıtlar	ısısal iletim belirleyicileri	-
	organoleptik belirleyiciler	-
	kütle spektrometrisi	-
	iyon devinimi spektrometrisi	-
	spektroskopik belirleyiciler	yük-bağlaşık aygıt dizisi belirleyici (charge-coupled device array detectors) diyot dizisi belirleyici (diode array detectors) eşzamanlı ışımaya belirleyici (synchronous luminescence detectors) oda sıcaklığı fosforışımaya belirleyici (room-temperature phosphorescence detectors) yüzeyde güçlendirilmiş Raman spektrometrisi (surface enhanced Raman spectrometry) yayılmamış kızılaltı spektroskopisi (nondispersive infrared spectroscopy)
	spektrofotometreler	morüstü spektrofotometreler kızılaltı spektrofotometreler

Çizelge 5. 4 Kirlenici türüne göre ölçüm yöntemleri ve aygıtlar

kirlenici türü	ölçüm yöntemi	aygıt sınıfı	aygıt çeşiti / aygıtın ya da işlemin özellikleri
kirlenicileri içeren ortam havası	dolaylı ölçüm	örnekleyici	Hava, oluşturulan düzeneğe Tedlar ^{®1} torbası, tepkimesiz metal kutu (inert canisters) [64] ya da cam ampul [286] içine alınır.
karbonmonoksit	doğrudan ölçüm	izleyici	elektrokimyasal belirleyiciler [140], yayılmamış kızılaltı spektroskopisi [59]
	dolaylı ölçüm	örnekleyici	tepkimesiz metal kutu [292]
		belirleyici	gaz kromatografisi [292]
karbondioksit	doğrudan ölçüm	izleyici	yayılmamış kızılaltı spektroskopisi [59]
	dolaylı ölçüm	örnekleyici	tepkimesiz metal kutu [292]
		belirleyici	gaz kromatografisi [292]
azot dioksit	doğrudan ölçüm	izleyici	kimyasalııldama (chemiluminescence), elektrokimyasal belirleyiciler [292]
	dolaylı ölçüm	örnekleyici	NO ₂ ile tepkimeye girebilen bir çözeltiyle ıslatılmış filtre içeren örnekleyiciler [292]
		belirleyici	morüstü – görünür spektrofotometre [292]
kükürt dioksit	doğrudan ölçüm	izleyici	alev fotometrik belirleyici [286], elektrokimyasal belirleyici [292]
	dolaylı ölçüm	belirleyici	morüstü – görünür spektrofotometre [292]
radon	doğrudan ölçüm	belirleyici	sintilatör hücreleri (scintillation cell) [295], alfa izleyici belirleyiciler (alpha-track detectors), elektret iyon kutu belirleyicileri (electret ion chamber detectors) [296, 297] sürekli radon izleyicileri [297]

¹ Tedlar[®] torbası, polivinil floritten (PVF) üretilir ve birçok kimyasala karşı tepkimesizdir.

Çizelge 5. 4 Kirlenici türüne göre ölçüm yöntemleri ve aygıtlar (devam)

kirlenici türü	ölçüm yöntemi	aygıt sınıfı	aygıt çeşiti, aygıtın ya da işlemin özellikleri
radon	dolaylı ölçüm	örnekleyici	etkinleştirilmiş odun kömürü içeren düzenekler (charcoal canisters) [296]
		belirleyici	sodyum iyodid belirleyici ¹ [297], iz algılayıcıları ² (track-etch detectors) [44]
ozon	doğrudan ölçüm	izleyici	UV fotometri [298], fotometrik ozon ölçer (photometric ozone meter) [44], kimyasalıldama (chemiluminescence) [292]
	dolaylı ölçüm	belirleyici	morüstü – görünür spektrofotometre [292]
asbest	dolaylı ölçüm	örnekleyici	etken filtreli sabit ya da kişisel örnekleyiciler [299]
	dolaylı ölçüm	belirleyici	geçirimli elektron mikroskobu (transmission electron microscope) ile parçacıkların sayılması, parçacık biçiminin belirlenmesi [299]
biyolojik kirleniciler (havada)	dolaylı ölçüm	örnekleyici	Havadaki biyolojik kirlenicilerin örneklenmesi için ağzı açık ve içinde uygun agar olan bir Petri kabı ortama bırakılabilir ya da etken örnekleyici kullanılabilir. Etken örnekleyicilerden bazıları yarık girişli darbe hava akımlı örnekleyici (slit-type impaction sampler), elek girişli darbe hava akımlı örnekleyici (sieve-type impaction sampler), Reuter santrifüj örnekleyicidir [300].

¹ Sodyum iyodid belirleyicileri etkinleştirilmiş odun kömürü içeren düzenekle örneklenmiş radonun düzeyini belirler [297].

² Özel üretilmiş bir plastik yüzeyde radonun bozunum ürünlerinin oluşturduğu izleri sayarak radon yoğunluğunu belirler [44].

Çizelge 5. 4 Kirlenici türüne göre ölçüm yöntemleri ve aygıtlar (devam)

kirlenici türü	ölçüm yöntemi	aygıt sınıfı	aygıt çeşiti, aygıtın ya da işlemin özellikleri
uçucu organik bileşikler	dolaylı ölçüm	örnekleyici	tutucu / emici maddesi gözenekli yapay reçine ¹ [64], etkinleştirilmiş odun kömürü [286], poliüretan köpük [44], silika jel [286] olan aygıtlar, edilgen rozetler [64]
		ayırıştırıcı	gaz kromatografisi [107], sıvı kromatografisi [286]
		belirleyici	alev iyonizasyonu [292], kütle spektrometrisi, ışılöçümsel belirleyiciler [286], elektron yakalama belirleyicisi [292]
formaldehit	dolaylı ölçüm	örnekleyici	CH ₂ O ile tepkimeye girebilen bir çözeltiyle ıslatılmış filtre ya da emici içeren örnekleyiciler [292]
		ayırıştırıcı	akışkan kromatografisi [292]
		belirleyici	morüstü – görünür spektrofotometre [292]
çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar	dolaylı ölçüm	örnekleyici	hem filtre hem de emici içeren örnekleyici düzenek, yayılım ayırıcı (diffusion denuder) [107]
		ayırıştırıcı	gaz kromatografisi, ince katman kromatografisi [44]
		belirleyici	alev iyonizasyon belirleyicisi [44]
zararlı öldürücüler	dolaylı ölçüm	örnekleyici	tutucu / emici maddesi poliüretan köpük [107] olan aygıtlar / düzenekler
		ayırıştırıcı	gaz kromatografisi [292]
		belirleyici	kütle spektrometrisi [292]

¹ En çok kullanılan gözenekli polimerik reçine Tenax® marka adıyla bilinen üründür [140].

Çizelge 5. 4 Kirletici türüne göre ölçüm yöntemleri ve aygıtlar (devam)

kirletici türü	ölçüm yöntemi	aygıt sınıfı	aygıt çeşiti, aygıtın ya da işlemin özellikleri
parçacıklar (havada)	dolaylı ölçüm	örnekleyici	delik boyutu örneklenecek parçacıkların boyutundan küçük membran filtreleri içeren kasetler [286]
		belirleyici	gravimetrik belirleyiciler (ağırlık ölçerler), [292] optik parçacık sayıcılar (optical particle counters), parçacık boyutlandırıcılar (scanning mobility particle sizing) [59]
parçacıklar (yüzeylerde)	dolaylı ölçüm	örnekleyici	yüksek hacimli yüzey örnekleyici (high volume surface sampler) [70]

Etkilenim ortamında insanın soluma bölgesindeki [9] iç hava kirleticilerinin yoğunluk düzeylerini belirlemek üzere gerçekleştirilecek ölçüm işleminin, var olan kirletici – kullanıcı – ortam özellikleri göz önünde bulundurularak belirli ilkelere göre düzenlenmesi, ölçüm sonuçlarının, insanın ortamda karşı karşıya kaldığı durumu doğru ve gerçekçi bir şekilde yansıtmasını [48, 65] ve ölçümün uygun maliyetle, sürede ve insan gücüyle gerçekleştirilmesini [44] sağlayabilir. Bu amaçla, NRC [44], EPA [246], Møhlave [42], Viegı ve arkadaşları [65], Bernstein ve arkadaşları [48] gibi kurumlar ve araştırmacılar, ölçüm işlemi öncesinde, ilgili özelliklere göre bir planlama yapılmasının, yapıda insanın karşı karşıya kaldığı kirletici yoğunluklarının doğru bir şekilde belirlenmesinde yararlı olduğunu belirtmektedir. Ayrıca çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilecek sorunların ölçüm sonuçlarını olumsuz etkilememesi için ölçümün birkaç kez yinelenmesi önerilmiştir [283]. Söz konusu planlamanın yapılmasında, ölçümle ilgili karar verilmesi gereken ayrıntılar ve bu ayrıntıların belirlenmesi için göz önünde bulundurulmasının gerekli olduğu belirtilen bazı özellikler Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5. 5 Ölçüm ayrıntılarının kararında göz önünde alınması gereken özellikler

ölçümün adımları ve ayrıntıları		özellikler
izleme ve örnekleme	süre	<p>kirletici türü [145]</p> <p>kirletici kaynaklarından kirletici salınımının süresi [44, 248]</p> <p>kirleticinin insanda oluşturması olası sağlık sorunlarının oluşması için gerekli etkilenebilirlik süresi ve kirletici yoğunluk düzeyi [44]</p> <p>insanın ortamda bulunma süresi [246]</p>
	ortamdaki konum	<p>ortamdaki kirletici kaynaklarının konumu [89]</p> <p>kullanıcının ortamdaki konumu [44, 89, 246]</p> <p>ortamdaki hava devinimleri [89]</p>
	aygıt seçimi	<p>kirleticinin türü [107] ve fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri [44]</p> <p>elde edilmesi gereken yoğunluk düzeyinin özellikleri (örn: yoğunluk düzeyinin zamana bağlı değişimi) [301]</p> <p>aygıtın boyutları, ağırlığı, enerji gereksinmesi, çarpma vb zararlara karşı dayanıklılığı [301], oluşturduğu gürültü düzeyi [62, 107]</p> <p>aygıtın duyarlılığı [301] ve algılama sınırları [8]</p> <p>aygıtın çalışması için gerekli sıcaklık vb [107]</p> <p>maliyet [62, 301]</p>
ayrıştırma, çoğaltma, belirleme yönteminin ve aygıtın seçimi		<p>kirleticinin türü [107] ve fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri [44]</p> <p>örnekleme aygıtının özellikleri [44]</p> <p>maliyet [62, 301]</p> <p>aygıtın duyarlılığı [301]</p>

b) Ortam Havaındaki Kirletici Yoğunluklarının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

Belirli bir hacim oluşturan kapalı etkilenim ortamı içindeki hava kirleticilerinin yoğunluk düzeyi, kirleticilere ve ortama ilişkin ilgili özellikler kullanılarak matematiksel işlemlerle hesaplanabilir. Bu işlemler, iç hava kirliliğiyle ilgili fiziksel, kimyasal ve biyolojik sistemlerin alt sistemleri arasındaki etkileşimleri ve neden – sonuç ilişkilerini belirlemek / incelemek için kullanılan; kütle, enerjinin ve momentin korunumu gibi fiziksel yasaları içeren kavramsal bir temele dayalı [44] ve kirleticilerin taşınmasına ilişkin uzamsal / zamansal kuralları belirleyen [12] matematiksel bir ya da bir dizi denklemden / algoritmadan oluşur [46]. Söz konusu hesaplamaların temel amaçları arasında, kirletici ölçümünün

- yapılamadığı durumlarda ortam havaındaki kirleticinin niceliğini belirlemek [44],
- desteklenmesi ve böylece ölçüm sayısının azaltılmasını sağlamak [44],
- sonuçlarını yorumlamak ya da benzer durumlara uyarlamak [62]

bulunmaktadır. Matematiksel hesaplamalar kirletici niceliğini ölçüm yapmaksızın belirlemek amacıyla olsa da, hesaplamaların yapılabilmesi için kirletici ve ortama ilişkin gerekli özelliklerin sayısal değerlerini elde etmek üzere bazı ölçümlerin / hesaplamaların (örn: kirletici kaynağının salınım miktarı, havalandırma miktarı, hava sıcaklığı, vb) gerçekleştirilmesi ya da uygulanan matematiksel hesabın geçerliliğinin ortamda kirletici ölçümleriyle / benzer ortamlardaki kirletici yoğunluklarıyla doğrulanması gerekebilir [44, 246].

Ortam havaındaki kirletici niceliğinin matematiksel işlemlerle belirlenmesi için

- kirletici kaynaklarının salınım miktarına,
- ortamın dış çevresindeki kirletici yoğunluğuna,
- kirleticilerin ortamın iç – dış çevresi arasında / iç çevresinde devinimine ve kapalı ortam hacmi içindeki dağılımına,
- kirleticiler ile havadaki diğer kirleticiler ya da ortam yüzeyleri arasındaki etkileşimlere

ilişkin sayısal veriler, kütle korunumu ilkesi (conservation of mass) uyarınca kütle denkleğine (mass balance equations) dayanan hesaplama yöntemlerinde [46, 109] kullanılmaktadır. İnsanı etkileyen kirleticinin belirli bir zaman dilimi içinde gerçekleşen anlık yoğunluk düzeyleri ölçüm ya da hesaplamayla elde edildikten sonra,

- o ortamdaki kirletici yoğunluğunun standart sapmayla birlikte zaman ağırlıklı ortalaması (time-weighted average concentrations) ya da
- kirletici-kullanıcı-ortam özellikleri farklı diğer etkilenim ortamlarındaki kirleticinin niceliği

ise, çeşitli istatistiksel hesaplama yöntemleriyle belirlenmektedir [44].

Kütle denkleği hesaplamalarında, belirli bir hacmi olan havanın içindeki kirletici maddenin kütlelerinde gerçekleşen değişim, bu hacme giren kirleticinin kütleleriyle hacmi terk eden kirleticinin kütleleri arasındaki farka eşittir [107]. Bu ilke uyarınca, etkilenim ortamında bulunan kirleticinin yoğunluk düzeyi (5.1) eşitliğiyle hesaplanmaktadır [46]. Söz konusu eşitlik, ortamdaki hava devinimleri, tutulumlar, kaynakların salınımı vb özellikler göz önüne alınarak tüm kirleticiler için (5.2) denklemine [56] ya da parçacıklar için (5.3) denklemi [73] dönüştürülebilir. V hacmi içinde kirletici yoğunluğunun bölgesel olarak bağdaşık ya da bölgesel yoğunluk farklılıklarının göz ardı edilebilecek kadar küçük olduğu varsayılan bu tür hesaplama yöntemleri tek bölge kütle denkleği modelleri (single compartment / microenvironment mass balance models) olarak tanımlanmaktadır [107].

$$V \frac{dC}{dt} = \Sigma_{gains} + \Sigma_{losses} \quad (5.1)$$

V: ortamın hacmi

C: kirleticinin yoğunluğu

t: zaman (etkilenim süresi içindeki belirli bir an)

Σ_{gains} : ortam havasına karışan (ortamdaki kaynaklardan salınan ve ortamın dış çevresinden ortama giren) toplam kirletici yoğunluk düzeyi

Σ_{losses} : L: ortam havasından ayrılan (ortamın iç çevresinden dış çevresine geçen, havada tepkimeye ya da yüzeylerle etkileşime giren) toplam kirletici yoğunluk düzeyi

$$V \frac{dC}{dt} = C_{in} Q_{in} - C_{out} Q_{out} + S - R \quad (5.2)$$

V: ortamın hacmi

C: ortamdaki kirletici yoğunluğu

t: zaman (etkilenim süresi içindeki belirli bir an)

C_{in} : ortamın dış çevresinden ortama giren havadaki kirletici yoğunluğu

Q_{in} : ortamın dış çevresinden iç çevresine doğru gerçekleşen havalandırma miktarı

C_{out} : ortamın iç çevresinden dış çevresine çıkan havadaki kirletici yoğunluğu

Q_{out} : ortamın iç çevresinden dış çevresine doğru gerçekleşen havalandırma miktarı

S: ortamdaki kirletici kaynaklarından salınan kirleticinin yoğunluğu

R: ortamda tutulmalar ya da tepkimeler nedeniyle kirletici yoğunluğundaki azalma

$$\overline{x(T)} = \frac{\overline{g(T)}}{\phi V} - \frac{\tau}{T} x(T) \quad (5.3)$$

$\overline{x(T)}$: T süresinde ortalama kirletici yoğunluğu

$\overline{g(T)}$: T süresinde gerçekleşen ortalama kirletici salınımı

$x(T)$: t anındaki anlık yoğunluk

V: ortamın hacmi

ϕ : hava devinimi ve tutulmalara bağlı parçacık yoğunluğunda gerçekleşen toplam azalma

τ : parçacıkların ortalama havada bulunma süresi

Etkilenimin gerçekleştiği birim içinde kirletici-kullanıcı-ortam özellikleri değişen ya da kirletici yoğunluğundaki bölgesel farklılık göz ardı edilemeyecek düzeyde olan bölgeler söz konusu olduğunda, birimin birbirine komşu birden çok V_i hacimli ortamdan oluştuğu varsayılır ve çok bölgeci mikroçevre modellerinden (multicompartment /

multizone microenvironment models) yararlanılmaktadır [23, 107]. Çok bölgeli kütle denklığı modellerine benzer olan alt bölgeli mikroçevre modelleriyle (sub-zonal microenvironment models) V_i hacmindeki her etkilenim ortamı, daha küçük hacimli alt bölgelere ayrılabilir ve kirletici yoğunluğunda uzamsal olarak gerçekleşen değişimler daha ayrıntılı bir biçimde belirlenebilir [109].

Kirletici yoğunluğunun matematiksel yöntemlerle hesaplanabilmesi için gerekli kirletici kaynağı salınım miktarının, ortamdaki hava değişim sayısının ve tutulmalar nedeniyle kirletici yoğunluğunda ortaya çıkan azalmanın belirlenmesinde çeşitli ölçüm ve hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı, söz konusu verileri, kirletici yoğunlukları ile bu yoğunlukları etkileyen kirletici-kullanıcı-ortam özelliklerini ilişkilendirmiş istatistiksel çalışmalardan yararlanarak elde etmektedir. Kaynakların niteliği ve çeşitli özelliklerine göre belirli koşullar altında gerçekleştirdikleri kirletici salınım oranları özel olarak geliştirilmiş salınım deneme odalarında ölçülebilir [59]. Yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticilerin salınım miktarı ise ürünün içeriğindeki kirletici yoğunluğu, yayılım katsayısı, ürünün yaşı vb bilgiler kullanılarak hesaplanmaktadır [302]. Ortamdaki havalandırma, hava sızması ve hava değişim oranlarının belirlenmesinde, ortama salınım miktarı sabit ve sürekli salınım yapan bir izlenebilir gaz (tracer / indicator gas – N_2O , SF_6 vb) kaynağı yerleştirilir. Ölçüm yöntemleriyle ortamdaki gaz düzeyi belirlenmekte ve gazın yoğunluk düzeyindeki değişimle havalandırma miktarı elde edilmektedir. Bu değer ortamin hacmine bölünmesiyle ortamdaki hava değişim sayısı bulunmuş olur [107]. Hava değişim miktarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yaklaşım ise ortama izlenebilen gazı belirli bir süre boyunca salmak, salınım kesildikten sonra gazın yoğunluk düzeyindeki azalmayı doğrudan ölçüm yöntemiyle izlemektir [59]. Söz konusu yaklaşımda en çok kullanılan gazlardan birisi, ortamdaki kişiler tarafından üretilen CO_2 'dir [26]. Godwin ve Batterman'ın [89] çalışmasında bu yöntem kullanılmış ve hava değişim sayısı (5.4) eşitliğiyle hesaplanmıştır.

$$AER_{ss} = n \frac{S}{[V(C_{max} - C_{min})]} \quad (5.4)$$

AER_{ss} : hava değişim sayısı

n: birimdeki kişi sayısı

S: bir kişinin gerçekleştirdiği CO₂ salınımı

V: ortamın hacmi

C_{max}: ortamdaki en yüksek CO₂ yoğunluğu

C_{min}: ortamdaki en düşük CO₂ yoğunluğu

İnsanın ortamda bulunma süresi (T) boyunca karşı karşıya kaldığı bütünlük kirletici yoğunluğu (time-integrated concentration) ortam havasındaki ölçülmüş ya da hesaplanmış anlık kirletici yoğunluk düzeyi verilerinin (5.5) eşitliği kullanılarak integralinin alınması sonucu bulunmaktadır [74, 109, 246]. Söz konusu eşitlik, Şekil 5.3'te gösterilen grafiğin T süresi boyunca ortaya çıkmış kirletici yoğunluk düzeyleri eğrisi altında kalan taralı alanın hesaplanmasıdır [246]. T süresi boyunca insanın karşı karşıya kaldığı ortalama kirletici yoğunluğu ise (5.6) eşitliğinde görüldüğü gibi zamana bağlı yoğunluk düzeyinin (C_T) etkilenim süresine (T) bölünmesiyle bulunur [46] ve zaman ortalama kirletici yoğunluğu (time averaged concentration) olarak tanımlanır [74].

$$C_T = \int_0^T C(t) dt \quad (5.5)$$

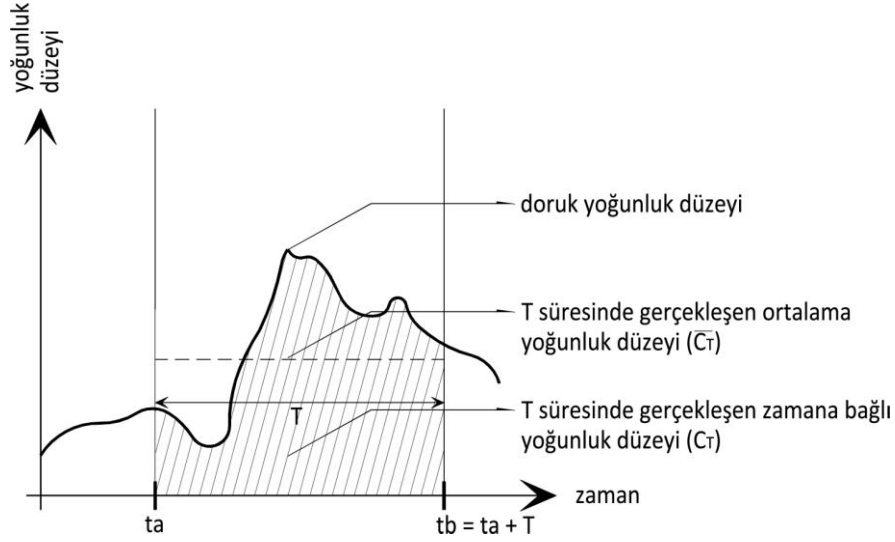
C(t): etkilenim ortamında t anındaki kirletici yoğunluğu

T: insanın etkilenim ortamında geçirdiği süre / etkilenim süresi

C_T: insanın etkilenim ortamında T süresi boyunca karşı karşıya kaldığı kirletici yoğunluğu

$$\overline{C_T} = \frac{C_T}{T} \quad (5.6)$$

Yapı kullanıcısı insanın yapıda farklı sürelerde farklı etkilenim ortamlarında bulunması durumunda, bireyin yapı içinde karşılaştığı toplam kirletici yoğunluğu (5.7) denklemiyle hesaplanmaktadır [50].



Şekil 5. 3 Yoğunluk düzeyi verilerinin yorumlanması [246 ve 74'ten uyarlama]

$$E_i = \sum_{k=1}^K C_k (t_{ik}) \quad (5.7)$$

E_i : i kişinin belirli bir süre boyunca yapıda birden çok etkilenim ortamında karşı karşıya kaldığı toplam kirletici yoğunluğu

C_k : k ortamındaki kirletici yoğunluğu

t_{ik} : i kişinin k ortamında bulunma süresi / i kişinin k ortamındaki etkilenim süresi

K : i kişinin yapıda bulunduğu etkilenim ortamı sayısı

c) Ortam Havasındaki Kirletici Yoğunluklarının Belirlenmesinde Bilgisayar Benzetimi

Bazı etkilenim ortamlarındaki kirletici yoğunluklarının matematiksel işlemlerle hesaplanmasında, özellikle tek ya da çok bölgeli kütle denkleği modellerinin bölgesel kirletici yoğunluğunu türdeş olarak kabul etmesi nedeniyle, hesap sonuçlarının var olan durumu tüm ayrıntılarıyla yansıtamadığı belirtilmektedir [109]. Söz konusu sorun, bilgisayarlı akışkanlar dinamiği (CFD) tabanlı programlar kullanılarak

- etkilenim ortamının ilgili kirletici-kullanıcı-ortam özelliklerini içerecek şekilde bilgisayarda üç boyutlu modellenmesi,

- modellenen ortamın, ayrit boyutları 0,01m – 1m arasında değişebilen [109] sanal kübik hücrelerden oluşmuş, havanın ve kirleticilerin içine girip çıktığı [270] belirli sayıda alt bölgeye ayrılması,
- her alt bölgede kütlenin, enerjinin ve momentin korunumu ilkesi uyarınca, bölge içindeki havaya ve dolayısıyla kirleticilere ilişkin
 - o sıcaklığın,
 - o devinim doğrultusunun,
 - o devinim hızının,

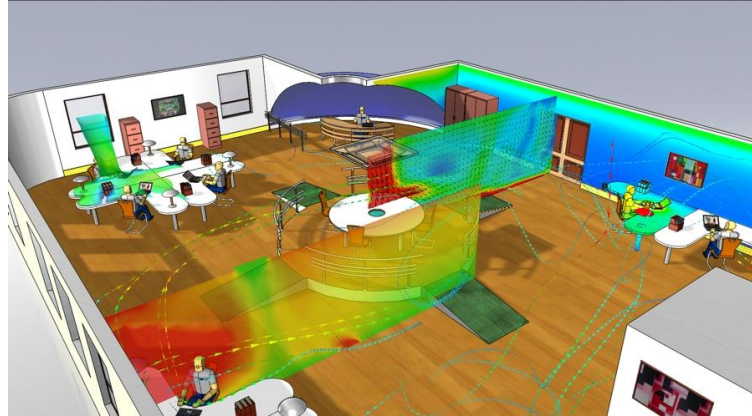
komşu bölgelerdeki basınca, sıcaklığa, devinim doğrultusuna ve devinim hızına bağlı olarak [270], eşzamanlı matematiksel denklem çözümleriyle belirlenmesi [303]

ve etkilenim ortamındaki tüm konumlarda kirletici yoğunluk düzeylerinin (şekil 5.4 ve şekil 5.5) zamana bağlı değişiminin ortaya konmasıyla başarılı bir şekilde çözülmektedir [272]. Benzetimin başlangıcında alt bölümlerdeki sayılan özellikler belirsizdir, buna karşın ortamın sınırlarındaki sıcaklık, doğal ya da yapma havalandırma sistemiyle ortama giren / ortamdaki ayrılan havanın hızı ve doğrultusu, ortamın dış çevresindeki hava basıncı verileri bulunmaktadır [271]. Bu veriler kullanılarak her alt bölümdeki kirletici kütlesi, kendisine komşu alt bölümdeki havanın hızıyla, sıcaklığıyla ve basıncıyla orantılı bir şekilde bilgisayar tarafından hesaplanır.

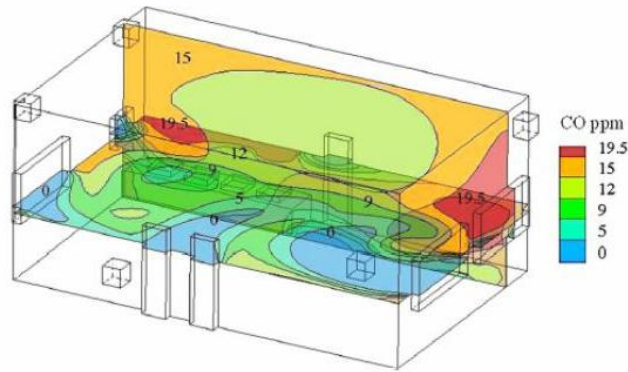
Etkilenim ortamında buręalı hava devinimlerinin var olması, devinimin ve kirletici yoğunluklarının gerçekçi bir şekilde modellenmesini zorlaştırır; bu sorun yanlış sonuçların oluşmasındaki en büyük nedenlerden birisidir [271]. Buręalı devinimin bütünüyle belirlenebilmesi için ortamdaki sanal alt bölüm sayısının çok olmasını gerektirir, buna karşın, alt bölüm sayısının fazlalığı eşzamanlı çözülmesi gereken matematiksel denklem sayısını artırır ve bilgisayar donanımını zorlar [270].

Bilgisayarlı akışkanlar dinamiği programlarına gerekli görülmesi durumunda ortamdaki tutulmalar ve kimyasal tepkimeler de eklenebilmektedir. Söz konusu yöntem yüksek düzeyde bilgisayar gücünün yanı sıra, araştırmacı deneyimi, akışkanlar dinamiği

hesaplamalarında yetkinlik [109] ve elde edilen sonuçların basit deney düzenekleriyle doğrulanmasını [270, 271] gerektirir.



Şekil 5. 4 CFD programlarıyla modellenmiş bir yapı birimi [304]

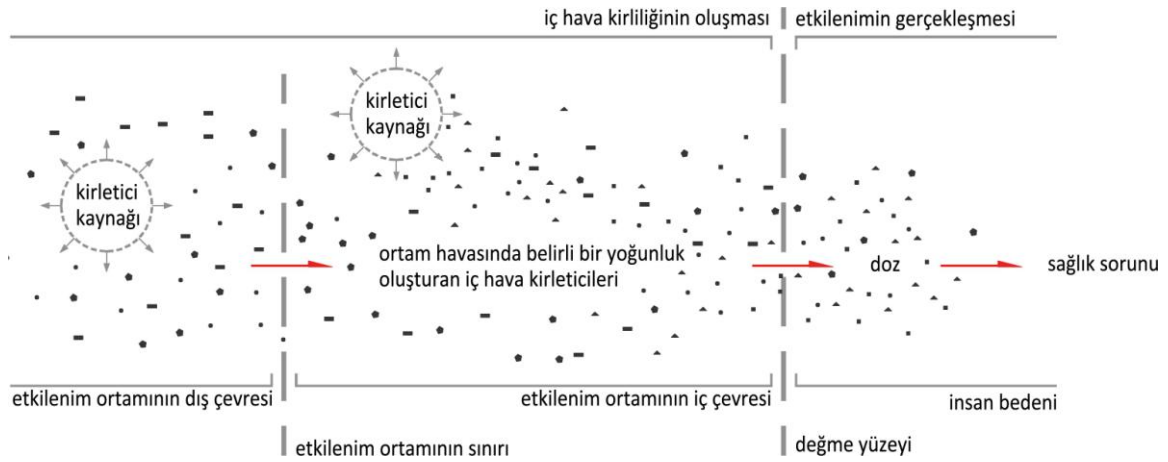


Şekil 5. 5 CFD programlarıyla modellenmiş bir mutfakta CO düzeyi [305]

5.1.2.2 Yapı Kullanıcısı İnsanın Bedenindeki İç Hava Kirleticilerinin Yoğunluk Düzeylerinin Belirlenmesi

Ortamdaki iç hava kirleticilerinin yapı kullanıcısı insanla bir araya gelmesi sonucunda, kirleticilerin, ilişki yüzeyi olarak kabul edilen solunum sisteminin iç - beden dış yüzeylerine dokunmasıyla ve / ya da bu ilişki yüzeylerini aşarak bünyeye girmesiyle etkilenim başlamaktadır. Uygun koşullarda, iç hava kirleticileri, bedende bir arada bulunduğu hücreler / dokular / organlar ile etkileşime girerek sağlık sorunlarına / konforsuzluğa ilişkin belirtilerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu belirtilerin oluşmasındaki önemli etkenlerden birisi, doz olarak tanımlanan, ilişki yüzeyi üzerinde ya da bünyedeki iç hava kirleticilerinin ya da bu kirleticilerin oluşturduğu belirteçlerin

niceliği / çokluğudur [44, 74, 246, 250, 289, 306]. Bununla birlikte, her etkilenim doz ile, doz ise bir sağlık sorunuyla sonuçlanmayabilir [44]. Özellikle iç hava kirleticilerinin oluşturduğu doza bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasında, etkilenen insanın fizyolojik özellikleri etkindir. Etkilenimin, iç hava kirleticilerinin kaynaktan çıkarak etkilenim ortamında insan bedenine ulaştığı akışta insan-iç çevre arayüzünde yer aldığı bu yaklaşım [307] Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. 6 Dozun oluşmasında süreçler ve ilişkiler

İç hava kirleticilerinden etkilenimle ortaya çıkan doz, insanın

- yakın çevresindeki havada bulunan kirleniminin
 - türüyle ilişkili fiziksel / kimyasal / biyolojik özelliklerine,
 - yoğunluk düzeyine,
- etkilenim ortamında bulunma süresine,
- solunum yoluyla etkilenmesinde akciğer büyüklüğü, sağlık durumu, solunum sıklığı ve soluma derinliğiyle ilişkili olan soluma miktarına,
- bedenin dış yüzeylerinden emilme yoluyla etkilenmesinde ilişki yüzeyinin geçirgenliği ve büyüklüğüyle ilişkili olan emilme katsayısına

bağlıdır.

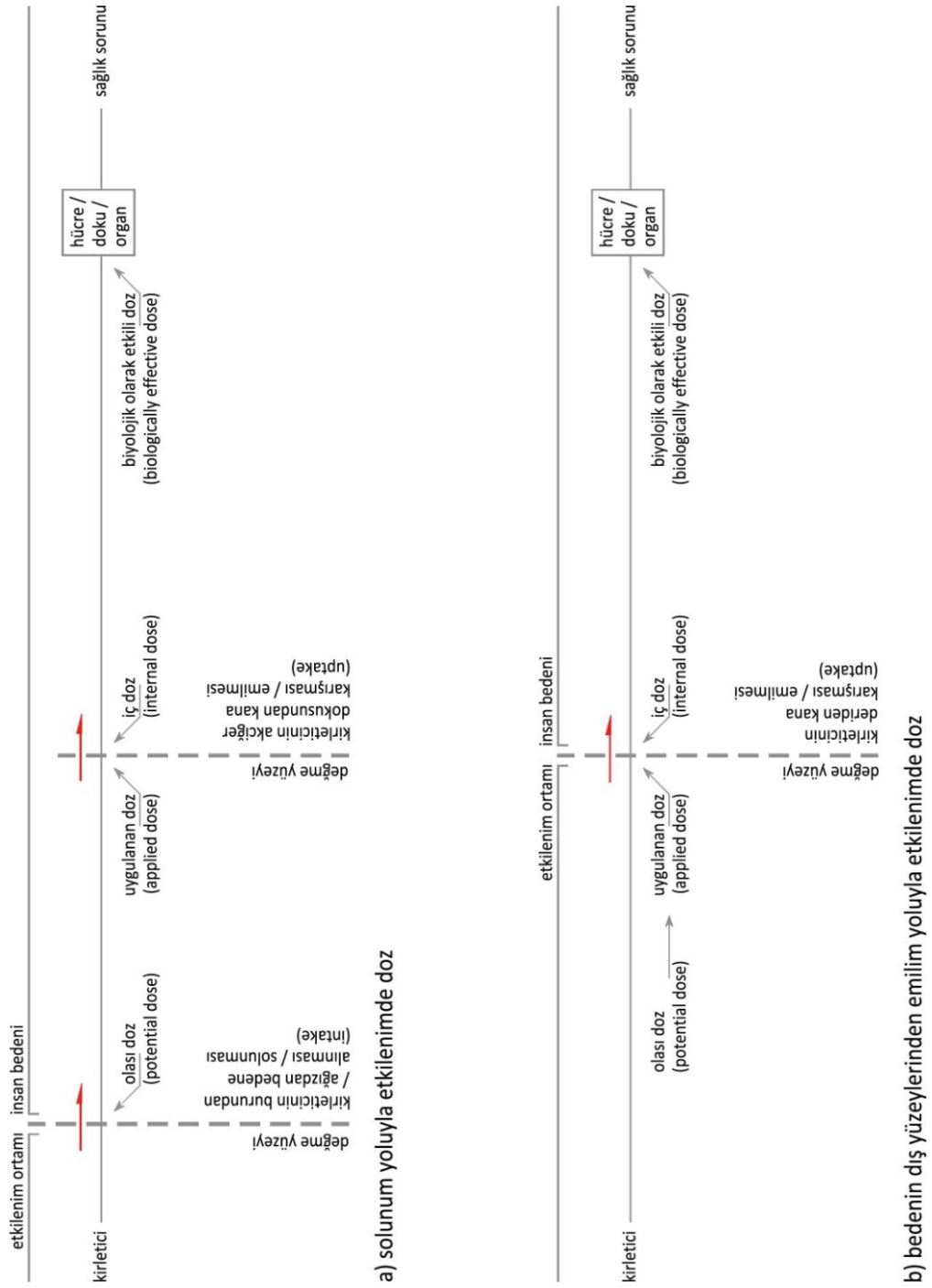
Bazı iç hava kirleticilerinin, bedende bir dokuya ya da organa ulaşma ve burada bulunma süresi kısadır; buna karşın, diğer bazı kirleticilerin ilgili dokudan uzaklaştırılması oldukça yavaştır, dolayısıyla, söz konusu kirleticiler buldukları

dokuda birikme eğilimindedir [42]. Bedendeki bir biyolojik sisteme ulaşan bir maddenin emilimi, dağılması, metabolize edilmesi ve buradan uzaklaştırılması, farmakokinetik; bu biyolojik sistemle etkileşime geçerek sağlık sorununu ortaya çıkarması ise farmakodinamik özelliklere göre gerçekleşmektedir [44]. Etkilenim süresine göre edinilen doz ve ortaya çıkan sağlık sorunları ilişkisi epidemiyoloji çalışmaları kapsamında incelenir [109]. Bilimsel alanyazında bedenin üzerinde ya da içinde farklı konumlarda bulunan iç hava kirleticilerinin yoğunluk düzeyi, doza ilişkin çeşitli sınıflandırmalara göre farklı terimlerle adlandırılmaktadır. Solunum ve bedenin dış yüzeylerinden emilim yoluyla etkilenimde ortaya çıkan doz türleri Şekil 5. 7'de gösterilmiştir. Buna karşın, Zartarian, Ott ve Duan [74] bilimsel alanyazındaki söz konusu adlandırmaları iki ana başlık altında toplamış ve iç hava kirleticilerinin

- ilişki yüzeyini belirli bir direnç ile karşılaşmadan aşması durumunda (örneğin: havadaki kirleticilerin burun deliklerinden ve ağızdan geçerek solunum sistemine girmesi) bedende oluşan kirletici yoğunluğunu, alınan doz (intake dose),
- ilişki yüzeyini belirli bir direnç ile karşılaşılarak aşması durumunda (örneğin: solunum sistemine giren iç hava kirleticilerinin akciğer dokusunu aşarak kana karışması ya da havadaki kirleticilerin deri ve göz yüzeylerini aşarak bedene girmesi) bedende oluşan kirletici / biyolojik iz yoğunluğunu, emilmiş doz (absorbed dose)

olarak tanımlamıştır. Solunum ve bedenin dış yüzeylerinden emilim yoluyla oluşan emilmiş doz, kirleticinin ve bedenin özellikleri uyarınca ilişki yüzeyinin gösterdiği dirence göre, alınan ya da olası / uygulanan dozdan daha düşük düzeyde olabilir [74]. Sağlık sorununun doza bağlı olarak değerlendirilmesi, epidemiyolojik çalışmalar kapsamında [24] insan bedenindeki farmakodinamik ve farmakokinetik özelliklerin bilinmesini gerektirir, bu nedenle birçok araştırmada iç hava kirliliğinden etkilenimin değerlendirilmesi için alınan doz ya da olası / uygulanan doz dikkate alınmaktadır [62].

İç hava kirleticilerinden etkilenim nedeniyle yapı kullanıcısı insanın bedenindeki kirletici düzeyi, ilgili biyolojik izlerin ölçülmesiyle ya da havadaki kirletici yoğunluğu, etkilenim süresi ve etkilenim yoluna göre soluma hacim ya da emilme katsayısının kullanılarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir.



Şekil 5. 7 Solunum ve bedenin dış yüzeylerinden emilim yoluyla oluşan doz [246'dan uyarlama]

Bedendeki biyolojik izlerin ölçülmesinde kirleticinin türüne göre değişen farmakokinetik özellikler uyarınca ölçme için uygun doku ya da sıvıların, örnekleme süresinin ve sıklığının belirlenmesini gerektirir [44]. Böylece bedendeki çeşitli konumlardaki kirleticinin kendisinin, metabolitlerinin ya da kirleticiden etkilenimle

oluşmuş bir biyolojik etkinin (örneğin: enzim üretiminde değişiklikler) ölçülmesiyle doz elde edilmektedir [246]. Söz konusu işlem biyolojik izleme (biological monitoring) olarak tanımlanır [65].

Solunum yoluyla etkilenimde oluşan doz, diğer özelliklerin yanı sıra kişinin soluma miktarıyla ilişkilidir. Söz konusu özelliğin belirgin şekilde gözlemlendiği örneklerden birisi ameliyathane çalışanlarının soluma bölgesinde ve kanındaki halotan¹ yoğunluğudur [44]. Ameliyathanede anesteziyoloji uzmanlarının soluma bölgesindeki halotan yoğunluğu, hemşirelerin soluma bölgesine oranla fazla; buna karşın anesteziyologların kanındaki yoğunluk hemşirelerin kanına oranla düşüktür. Bu durumun nedeni anesteziyologların oturarak çalışmaları, dolayısıyla hemşirelere göre bedensel etkinlik düzeyinin ve soluma hacim oranlarının daha düşük olmasıdır [308]. Kişinin burnundan ve ağzından solunum sistemine giren kirleticinin yoğunluğu, başka bir anlatımla alınan doz, (5.8) denkleminde, havadaki kirletici yoğunluğunun soluma miktarıyla çarpılması ve alım katsayısı olarak tanımlanan bu değer etkilenim süresindeki integralinin alınmasıyla belirlenir [44, 246] ve µg birimiyle anlatılır [46]. Olası doz ile uygulanan dozun eşit olduğu varsayılarak bu değer, (5.9) denkliğinde, emilme yüzdesiyle (AF) çarpılması sonucunda, solunumla oluşan emilmiş doz / iç doz bulunur. AF, T süresi sonunda uygulanan dozun ne kadarının ilişki yüzeyini aşacağını belirleyen emilim fonksiyonunun T süresindeki integralidir [246].

$$D_{pot} = \int_{t_1}^{t_2} C(t)IR(t)d(t) \quad (5.8)$$

D_{pot} : olası / alınan doz

IR: soluma miktarı

$t_2 - t_1$: etkilenim süresi

$$D_{int} = D_{pot} \cdot AF \quad (5.9)$$

D_{int} : emilmiş / iç doz

¹ Halotan ameliyatlarda genel anestezi için kullanılan bir gazdır.

AF: emilme yüzdesi (absorption fraction)

Deriden emilim yoluyla etkilenimde, deri yüzeyi üzerindeki olası doz, deri etkilenimi örnekleme (skin exposure sampling) aracılığıyla belirlenebilir. Etkilenim öncesinde, gerçek derinin tutuculuğuna benzer özellikte bir toplayıcı yüzey deri üzerine uygulanmakta ve etkilenim sonrasında bu yüzey üzerinde toplanan kirletici düzeyi ölçülmektedir [259]. Emilmiş / iç doz ise (5.8) denkliğindeki alım katsayısının emilme katsayısıyla değiştirilmesi sonucu elde edilen (5.10) denkliğiyle hesaplanır [246].

$$D_{int} = \int_{t_1}^{t_2} C(t)K_p SA(t)dt \quad (5.10)$$

D_{int} : emilmiş / iç doz

K_p : derinin geçirgenlik katsayısı

SA: iç hava kirleticisinden etkilenen derinin yüzey alanı

5.1.3 Etkilenim Süresinin ve Sıklığının Belirlenmesi

Etkilenim süresinin ve sıklığının belirlenmesi için insanın incelenmesinde çokça kullanılan yaklaşımlardan birisi, yapı kullanıcısı insanlarla ilgili konum – zaman – eylem (location / microenvironment – time – activity) araştırması yapılmasıdır [46, 246, 290, 309]. Bu çalışmada yararlanılabilecek bazı yöntemler

- çeşitli anketler kapsamında hazırlanan yazılı / sözlü soruların yapı kullanıcısı tarafından yanıtlanması,
- yapı kullanıcısının belirli bir süre boyunca yapıdaki hangi konumlarda ne kadar sürede hangi eylemleri gerçekleştirdiğini belirttiği günlüklerin kullanılması,
- araştırmacının yapıda gözlem yapması,
- çağrı aygıtı ya da rastlantısal telefon konuşmalarıyla gerçekleştirilen anlık örnekleme (momentary sampling),
- kişilerin yapıda kameralar ile izlendiği video-izleme (videomonitoring)

olarak sayılmaktadır [109, 246, 284, 310]. Söz konusu yöntemler içinde en çok kullanılan anketlerin ve günlüklerin kullanılması oluşturur [18, 44]. NRC [44], yapı

kullanıcısının konum – zaman – eylem örgüsünün belirlenmesine yönelik anketlerin hazırlanmasında, anketin tasarlanmasına özen gösterilmesinin, gerekli durumlarda anket deneyimi olan sosyal bilimcilerle işbirliği yapılmasının anket sonuçlarının var olan durumu doğru yansıtması açısından yararlı olduğunu ve bu araştırmada

- İncelenen kişiler kimdir?
- Bu kişiler yapı içinde hangi eylemleri yapıyor?
- Bu eylemlerin yapı içindeki konumları neresidir?
- Bu eylemlerin süresi ne kadardır?

sorularına yanıt arandığını belirtmiştir.

5.2 Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Değerlendirilmesi

İç hava kirleticilerinin yapıda insanı etkileyerek bir konfor / sağlık sorununa neden olması için kirleticinin solunması ya da beden yüzeylerine dokunmasıyla insanda belirli bir doz oluşturması gerekir. Kavramsal olarak, ortaya çıkan doz ile konfor / sağlık sorunun oluşma olasılığı arasındaki ilişkinin, söz konusu sorunun gözlenmediği bir sınırın tanımlanmasını olanaklı kılabileceği varsayılır [65]. Bu nedenle, yapı içi hava kirleticilerinden kaynaklanan olumsuzluğun değerlendirilmesi, en temel biçimde, insanı etkileyen kirletici yoğunluğunun ya da insanın bünyesindeki dozun

- insan sağlığı açısından uygun / insan sağlığına zararsız olarak kabul edilebilen [21, 25, 111, 246, 301] ya da
- oluşturduğu risk açısından kabul edilebilir olarak tanımlanmış [5]

bir sınır düzeyle / düzey aralığıyla karşılaştırarak yapılmaktadır. Kişinin, belirli bir iç hava kirleticisinden etkilenim sonucunda sağlık / konfor sorunu yaşama olasılığı ise riskin hesaplanmasıyla ortaya konabilir [111].

5.2.1 İnsan Sağlığı Açısından Kirletici ve Riskle İlgili Sınırlar

İnsanda güvenli - tehlikeli olarak nitelendirilebilecek kirletici yoğunluklarının sınırını oluşturan, dolayısıyla konfor / sağlık sorununun ortaya çıkmasına neden olan en düşük kirletici yoğunluk düzeyi / doz,

- kirleticinin türüne [111],
- kişinin duyarlılık düzeyine [5],
- belirli yoğunluk düzeylerinde olan ve andaş olarak kişiyi etkileyen diğer iç hava kirleticisi türlerinin varlığına [8, 56, 243]

bağlı olarak değişmektedir.

Bir iç hava kirleticisinden etkilenimde sağlık / konfor açısından güvenli olarak kabul edilebilen sınır, iç hava kirleticilerinin türüne göre farklılaşmakta; bazı – özellikle kansere neden olan [111] – hava kirleticileri için riskin sıfır olduğu bir eşğin bulunmadığı, yalnızca dozun sıfır olması durumunda riskin ortadan kalktığı belirtilmektedir [18]. Bu nedenle özellikle kansere neden olan kirleticiler için yoğunluk düzeyi sınırları yerine kabul edilebilir risk kestirimlerine (risk estimates) ilişkin sınırlar kullanılmaktadır [5].

Epidemiyoloji ve toksikoloji alanlarında çalışan birçok bilimsel kuruluş ve araştırmacı, denetimli insan ve hayvan deneyleriyle doz – tepki araştırması yaparak ya da iç hava kirleticileriyle istatistiksel olarak ilişkilendirilen sağlık sorunları verilerini inceleyerek, kirleticiler için sınır düzeyi, farklı etkilenim sürelerine [18] ve bazı durumlarda duyarlılığa göre belirlemeye çalışmaktadır. Bu çalışmalarda, çoğunlukla, belirli bir türdeki iç hava kirleticisinin hangi yoğunluk düzeyinde ve sürede, farklı nitelikteki insanlarda, hangi boyutta, ne tür bir sağlık / konfor sorunu yarattığı saptanmakta ve ıveğen, yarı süreğen (subchronic) ya da süreğen¹ etkilenim için

- herhangi bir sorunun gözlenmediği yoğunluk düzeyinin (no observed adverse effects level / NOAEL),
- sağlık / konfor sorununun gözlendiği en düşük yoğunluk düzeyinin (lowest observed adverse effects level / LOAEL)

belirlenmesi amaçlanmaktadır [111, 116]. Doz – tepki belirlemesiyle elde edilen NOAEL ve LOAEL değerlerinin belirsizlik ve düzeltme katsayılarıyla düzeltilmesi sonucunda,

¹ İç hava kirliliğiyle ilgili çalışmalarda ıveğen etkilenim birkaç saatlik, yarı süreğen etkilenim birkaç aylık, süreğen etkilenim ise yaşamın önemli bir bölümünü kapsayan etkilenim süresini anlatır [111]

hazırlayan kuruma göre farklı adlarla tanımlanan sınır değerler oluşturulmuştur [25]. Belirli süreler içinde aşılmaması gereken bu sınırlar, dünyada birçok kurum tarafından hazırlanan standartlar, yönetmelikler vb zorunluluklarda bir araya getirilmiştir. Buna karşın, söz konusu zorunluluklar, kurumların birbirinden bütünüyle farklı olabilen yöntemleri ya da verileri kullanmaları nedeniyle, aynı kirletici için oldukça farklı sınırları önerebilmektedir [25]. Nagda ve Rector [301] iç hava kirleticilerinden etkilenimle ilgili belirlenen durumu doğru bir şekilde değerlendirebilmek için uygun zorunluluğun, dolayısıyla uygun sınırların seçilmesinin oldukça önemli olduğunu söylemiştir. Logue ve arkadaşları [27], iç hava kirleticisi türlerinin ve bu tür zorunlulukların çok sayıda olduğunu, buna karşın, yapı içi hava kirliliğine ilişkin araştırmalarda büyük çoğunlukla

- EPA tarafından hazırlanmış,
 - 189 kirletici için sınır değerleri içeren **tehlikeli hava kirleticileri** (hazardous air pollutants – HAPS),
 - insanlar arasında duyarlı gruplarda bile güvenli düzeyleri belirten **kanser olmayan başvuru yoğunlukları** (non-cancer reference concentrations – *RfCs*) ve kanser olmayan başvuru dozu (non-cancer reference dose – *RfD*)
 - süregelen etkilenimde, kirletici yoğunluğundaki her 1 µg/m³ artış nedeniyle kanser riskinde oluşan artışı belirten **kanser birim risk kestirimleri** (cancer unit risk estimates – *UREs*),
- OSHA (İş Güvenliği ve Sağlığı Birimi) tarafından, büyük çoğunlukla sağlıklı yetişkin işçileri, yüksek yoğunluk düzeyinde bir ya da birkaç kirleticinin ıveğen etkilerinden korumak için hazırlanmış **iş yeri için başvuru yoğunlukları** (reference concentrations for workplace) ve **ölçüt etkilenim sınırları** (reference exposure limits – *RELs*)

listelerinin kullanıldığını, söz konusu listelerin dünyadaki birçok zorunluluğun hazırlanmasında temel kaynak olarak kabul edildiğini belirtmektedir.

Bir iç hava kirleticisinin insanda sağlık / konfor sorunları oluşturması için gerekli yoğunluk düzeyi, kişinin, aynı anda, aynı ya da benzer bir soruna neden olan başka bir ya da birden çok kirletici türünden etkilenmesiyle değişebilir [20, 22]. Bu durumun

temel nedeni, kişinin birden çok kirleticiden aynı anda etkilenmesiyle ortaya çıkan etkinin, bu kirleticilerden ayrı ayrı etkilenmesi sonucunda oluşan etkilerden farklı olabilmesidir [5, 8, 18, 25, 311]. Epidemiyoloji uzmanlarınca **etki değişimi** olarak adlandırılan [7] bu durum kapsamındaki tanımlar Çizelge 5.7’de gösterilmiştir. Çizelgedeki tanımlara ek olarak, CEC [5], iki kirleticiden andaş etkilenim sonucunda, bu kirleticilerin tekil etkilerinden bağımsız, bütünüyle farklı bir etkinin de oluşabileceğini belirtir.

Çizelge 5. 7 Etki değişimi kapsamında karşılaşılan durumlar [314’ten uyarlama]

tanım	açıklamalar
toplanırlık (additivity)	birden çok kirleticinin andaş etkisinin, kirleticilerin tekil etkilerinin toplamına eşit olması durumu
güçlendiricilik (synergism)	birden çok kirleticinin andaş etkisinin, kirleticilerin tekil etkilerinin toplamından büyük olması durumu
karşıtlık (antagonism)	birden çok kirleticinin andaş etkisinin, kirleticilerin tekil etkilerinin toplamından küçük olması
baskılama (inhibition)	etki oluşturmeyen bir maddenin, bir kirleticinin etkisini azaltması
güçlendirme (potentiation)	etki oluşturmeyen bir maddenin, bir kirleticinin etkisini artırması
maskeleye (masking)	etkileri karşıt özellikte olan iki maddenin andaş etkilenimde etki oluşturmaması

Bilimsel çalışmalarda hangi kirletici türlerinden aynı anda etkilenimle ne tür bir etki değişimine neden olduğuna ilişkin araştırmalar sürdürülmektedir. Bazı araştırmalarda şu kirleticiler arasında etki değişimi olduğu belirlenmiştir:

- Bronkokonstriksiyon¹un başlaması için gerekli antijen düzeyi, ortamda uçucu organik bileşiklerin bulunması durumunda düşmektedir [20].
- NO₂, astım hastalarında alerjen etkilenimi nedeniyle ortaya çıkan yangısal etkileri şiddetlendirmiş [312], buna karşın formaldehitin bu durum üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır [313].
- Radon ve tütün dumanından aynı anda etkilenimde akciğer kanseri oluşma riski, tütün dumanından etkilenmeyen kişilere göre 10-20 kat yüksektir [44, 49].
- Tütün dumanından etkilenen kişilerde asbestin neden olduğu sağlık sorunlarının görülme riski, tütün dumanından etkilenmeyen kişilere göre beş kat fazladır [49].

Hava kirleticilerinden etkilenimle ilgili sınırları içeren zorunluluklar büyük çoğunlukla, her kirleticinin insan sağlığı üzerindeki tekil etkileriyle ilgili bilimsel bulgulara dayanmakta [25], buna karşın, insanın etki değişimine neden olabilen birden çok kirleticinin oluşturduğu bir karışımdan etkilenmesi durumunda söz konusu sınırların değişmesi nedeniyle, var olan zorunlulukların doğru bir değerlendirme için uygun olmadığı ve bu zorunlulukların çeşitli kirletici karışımlarını da içerecek şekilde yeniden düzenlenmesi gerektiği belirtilmektedir [8]. Cassee ve arkadaşlarının [315] araştırmasında, etki değişiminin çoğunlukla LOAEL düzeyinin altındaki yoğunluklarda görülmeye başladığı öne sürülmüştür. Söz edilen sorunun bir örneği olarak, Daisey ve arkadaşlarının [316] çalışmasında, incelenen okul yapısının iç havasında ölçülmüş kirletici yoğunluk düzeylerinin, birçok zorunlulukta belirtilen sınır değerlerden düşük, buna karşın, kullanıcıların bu düzeydeki kirleticilerden etkileniminin ve bu etkilenimle istatistiksel olarak ilişkilendirilmiş sağlık sorunlarının düzeyinin ise oldukça yüksek olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca zorunluluklarda ele alınan kirletici türülerinin sayısı, yaşamda insanı etkilemesi olası kirletici türlerinin sayısına oranla oldukça düşüktür [56], dolayısıyla birçok kirletici türü için karşılaştırma yapılabilecek uygun sınır değerler bulunmamaktadır [23, 48]. Doğru bir değerlendirme için, etki değişimi ya da zorunlulukların kısıtlı kapsamı nedeniyle uygun sınır değerlerin elde edilemediği durumlarda, bilimsel alanyazında bulunan epidemiyoloji ve toksikoloji çalışmaları

¹ Akciğerlerde bronşların daralmasıyla soluk alıp vermenin güçleşmesi

kapsamında kirleticilerin ya da karışımların doz – tepki ilişkisiyle ilgili üretilmiş yayınlardan yararlanılması önerilmektedir [18, 44].

5.2.2 İç Hava Kirleticilerinden Etkilenimde Riskin Hesaplanması

Yapı biyolojisi kapsamında riiks, yapı ya da bir olumsuz etken nedeniyle, yapı kullanıcıları için istenmeyen sonuçlar oluşma olasılığı olarak tanımlanmaktadır [1]. Riskin belirlenmesi, yapı içi havasındaki bir kirletici ile ilişkilendirilen sağlık sorununun yapıyı kullanan insanlarda oluşma olasılığının kestirilmesiyle gerçekleştirilebilir [315]. Kansere ve kanser dışındaki sağlık sorunlarına neden olan kirleticiler için risk hesaplanabilmektedir.

Kanser riski çoğunlukla süregelen günlük alımın (chronic daily intake), kanser etmeni (cancer potency)¹ ile çarpılması sonucunda bulunur [317]. Süregelen günlük alım (5.11) denkliğiyle hesaplanmaktadır [318]. Kanser etmeninin birimi, süregelen günlük alım biriminin tersidir, böylece kansere neden olan kirleticiler için risk, birimsiz bir olasılık biçiminde (örneğin binde bir olasılık) anlatılır. Bir maddeden etkilenimin oluşturduğu bir milyonda bir (1×10^{-6}) kanser riski, en düşük düzeyde risk (de minimis risk) olarak kabul edilmiştir [317].

$$CDI = \frac{CA \times IR \times ED \times EF \times L}{BW \times AT \times 365} \quad (5.11)$$

CDI: süregelen günlük alım (chronic daily intake – mg/kg/gün)

CA: kirletici yoğunluğu (contaminant concentration – mg/m³)

IR: soluma miktarı (inhalation rate – m³/sa)

ED: etkilenim süresi (exposure duration – sa/hafta)

EF: etkilenim sıklığı (exposure frequency – hafta/yıl)

L: etkilenim uzunluğu (length of exposure – yıl)

BW: beden ağırlığı (body weight – kg)

¹ Bu etmen EPA tarafından belirlenen ve çoğunlukla yaşam boyu ortalama birim doz (unit lifetime average dose) ile ilişkilendirilen bir değerdir (Anderson ve Patrick, 1999b).

AT: ortalama zaman (averaging time – bu değer kansere neden olan kirleticiler için çoğunlukla 70 yıl alınır)

365: 1 yıldıki gün sayısı

Belirli bir sınır değeri olduğu varsayılan ve çoğunlukla kanser dışındaki hastalıklara neden olan kirleticiler için risk, en yüksek günlük alımın (maximum daily intake – MDI) risk başvuru doz (risk reference dose - *RfD*) değerine bölünmesiyle belirlenir ve sonuç tehlike katsayısı (hazard quotient) olarak adlandırılır [317]. En yüksek günlük alım (5.12) denkleğiyle bulunmaktadır [318].

$$MDI = \frac{CA \times IR \times 24}{BW} \quad (5.12)$$

MDI: en yüksek günlük alım (maximum daily intake – mg/kg-gün)

CA: kirletici yoğunluğu (contaminant concentration – mg/m³)

IR: birim zamanda solunan havanın hacmi (inhalation rate – m³/sa)

24: 1 gündeki saat sayısı

BW: beden ağırlığı (body weight – kg)

5.3 Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Belirlenmesinde ve Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin İrdelenmesi

Çoğunlukla farklı özelliklerde birden çok kirleticiden oluşan yapı içi hava kirliliğinin ve yapı kullanıcısı insanın etkilenimle ilişkili özelliklerinin belirlenmesinde farklı belirleme yöntem ve yaklaşımlarından yararlanılmaktadır.

Bir ortamda bulunan yapı içi hava kirleticilerinin türleri, ortamda ve çevresinde bulunan kirletici kaynakları incelenerek ya da ortamı kullanan insanların içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilebilen duyuuları ve sağlık – konfor sorunları araştırılarak belirlenmektedir. Kirletici yoğunluklarının havadaki ve insan bedenindeki düzeyi temel olarak ölçüm ve matematiksel hesaplamaların yapılmasıyla elde edilebilir. Havadaki kirletici yoğunluklarının ölçülmesinde, kirletici türüne göre değişen, belirli düzeyde fizik, kimya, biyoloji vb bilgisi ve deneyimi gerektirebilen ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır. lm, birbirine göre oldukça farklı nitelikte araç ve aygıtlar

kullanılarak gerçekleştirilmekte ve sonuçta bazı kirleticilerin ortam havasındaki ortalama yoğunluğu saptanırken, bazı kirleticilerin ölçüm süresince karşılaşılan anlık yoğunluk düzeyi verileri elde edilmektedir. Diğer yöntemlere göre daha pahalı ve uygulanması zor olduğu belirtilen ölçüm yöntemlerinin, diğer yöntemlere oranla daha gerçekçi sonuçlar sağladığı belirtilmiştir. Matematiksel hesaplama yöntemlerinde farklı denklemlerden yararlanılmakta ve bu yöntemler yoğunlukla kütle denkliği gibi fizik yasalarına dayanmaktadır. Bilgisayar benzetimleri ise temelde gelişmiş matematiksel hesaplama yöntemlerini içermektedir. Bu nedenle, kirletici yoğunluklarının hesap ya da benzetimle belirlenmesi için, belirleme eylemleri öncesinde hava devinimlerine, yüzeylerdeki tutunmalara vb ilişkin bazı verilerin elde edilmiş olması gereklidir. Farklı belirleme yöntemlerine ilişkin söz konusu özelliklerin, belirleme eylemleri öncesinde, belirleme işlemini gerçekçi sonuçlar alabilecek şekilde ve uygun maliyet – zaman – iş gücü koşullarıyla gerçekleştirebilmek amacıyla, var olan durumun özelliklerinin saptandığı bir planlama yapılması gereksinimini doğurduğu, bu planlamayla uygun ve doğru yöntemin / yöntemlerin seçilebileceği düşünülmektedir.

Belirlenen verilerin değerlendirilmesi yoğunlukla, kirletici türlerine göre farklılaşan sınırlar aracılığıyla yapılmaktadır. Söz konusu sınırların, kansere neden olan kirleticilerde kabul edilebilir risk, kanser dışındaki hastalıklara ve sağlıksız bina sendromuna neden olan kirleticilerde ise insan sağlığı için güvenli kabul edilen yoğunluk düzeylerini içerdiği belirtilmiştir. Ayrıca bu sınırlar kişinin söz konusu kirleticilere duyarlılığına ve aynı anda kişiyi etkileyen başka kirleticilerin varlığı nedeniyle ortaya çıkabilen etki değişimine göre farklılaşmaktadır. Bu sınır değerler, dünyada birçok ülkede geçerli olan ve bazı önemli bilimsel kuruluşlar tarafından yayınlanmış zorunluluklarda bir araya getirilmiştir. Ayrıca, kirletici türüne, kişisel duyarlılığa ve etki değişimine göre farklı sınır değerler, ilgili epidemiyoloji ve toksikoloji çalışmalarından da elde edilebilir. Kişinin belirli bir iç hava kirleticisi nedeniyle bir sağlık sorunu yaşama olasılığını belirlemek için bu konuda kanser ve kanser dışı hastalıklar için geliştirilmiş risk hesaplarından yararlanılabilir.

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİMİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BAZI YAKLAŞIMLAR

Bilimsel alanyazında bazı kurumlar ya da araştırmacılar tarafından, iç hava kirliliğinden etkilenimin değerlendirilmesine yönelik farklı gelişmişlik düzeylerinde oluşturulmuş bazı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımların çoğunlukla,

- olumsuzluğa neden olan
 - iç hava kirleticilerinin türünün ve yoğunluk düzeylerinin,
 - etkilenim süresinin ve sıklığının
 - etkilenim nedeniyle ortaya çıkan olumsuzluğun ya da riskin

ilgili kirletici, kullanıcı, ortam özellikleri kullanılarak çeşitli ölçme ve hesaplama yöntemleriyle **belirlenmesi**,

- kirletici türlerine ilişkin yoğunluk düzeyi ya da risk verilerinin, kurumlar tarafından farklı özelliklerde oluşturulmuş sınır değerlerle karşılaştırılarak ve bazı durumlarda insanın duyarlılığı da göz önüne alınarak **değerlendirilmesi**

kapsamında iki aşamalı olduğu görülmüştür. İncelenen 18 çalışma içinde bu araştırmanın yapılmasına neden olan soruna, araştırmanın konusuna ve amacına belirli ölçüde uygun olduğu düşünülen beşi, yaklaşımı oluşturan adımlar ve kullanılan yöntemler bağlamında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

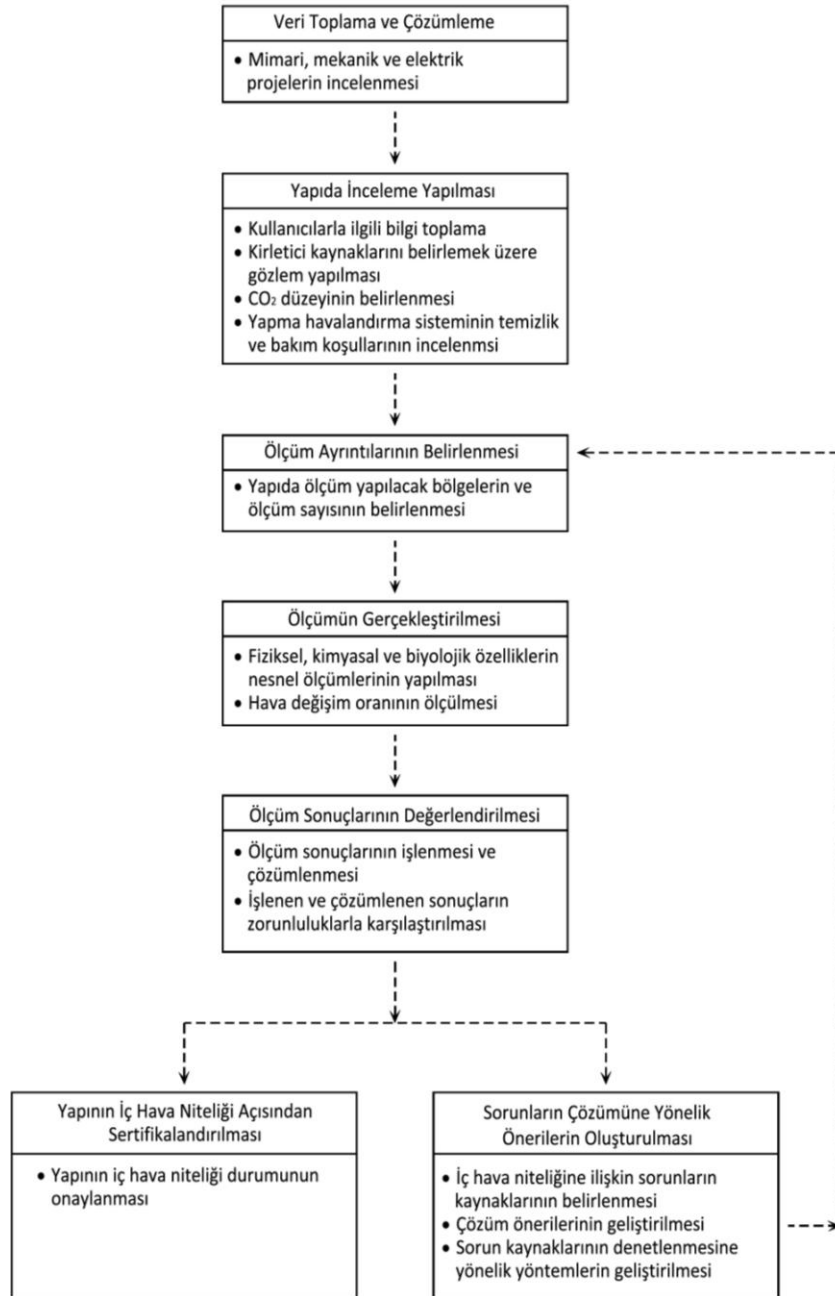
6.1 Asadi, Gameiro da Silva ve Costa'nın Çalışması

Asadi ve arkadaşları [26], Portekiz ulusal yasalarına dayanan, kamusal yapılar için iç hava kirliliğinin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım, kaynak (para ve insan gücü) tüketimi fazla, verilerinin yorumlanması zor, alan çalışması için aygıtların işletimi, ölçünlemesi (kalibrasyon) ve bakımı güç olan yöntemlerin tersine, fazla kaynağa gereksinim duymadan elde edilen veriler ile kamusal yapılardaki iç hava kirliliğini belirleme ve buna bağlı sağlık risklerini azaltmayı amaçlamaktadır. Yedi adımdan oluşan öneri işleyiş Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

1. Adım: İncelenecek yapının mimari, mekanik ve elektrik projelerinin elde edilmesi ve incelenmesi
2. Adım: Yapının gezilmesi, kullanıcılar ile görüşme, yerinde gözlem, kullanıcı eylemlerinin incelenmesi, havalandırma miktarının ve yapma havalandırma sisteminin temizlik ve bakım durumunun saptanması
3. Adım: Toplanan tüm veriler kullanılarak ölçüm sayısının ve yapıda ölçüm yapılacak konumların belirlenmesi
4. Adım: İç havaya ilişkin sıcaklık, nemlilik ve kirletici ölçümlerinin gerçekleştirilmesi
5. Adım: Ölçüm sonuçlarının sınır değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi
6. Adım: Yapı içi hava kirliliği kapsamındaki sorunların, değerlendirme sonuçları ve toplanan diğer bilgilerin ilişkilendirilmesiyle belirlenmesi
7. Adım: Sorunlara karşı önlem oluşturulması

İç hava kirliliği değerlendirilecek yapının projeleri incelenerek, yapının işlevi, havalandırma yöntemi, konumu, dış çevresindeki bazı özellikler vb bilgiler edinilebilir.

Yerinde inceleme yapılması sırasında yapma havalandırma sisteminin çalışma ve temizlik koşulları, temiz havanın yapıya alındığı bölgedeki temizlik durumu, kirletici kaynakları, genel temizlik ve bakım koşulları, yanma içeren aygıtlar ve bu aygıtların özellikleri, yapının kullanımı ve yapı ürünlerine ilişkin özellikler incelenebilir.



Şekil 6. 1 Asadi ve arkadaşları [26] tarafından önerilen yaklaşımda işleyiş

Toplanan bilgiler ışığında, yapı ölçüm bölgelerine ayrılabilir. Ölçüm bölgeleri havalandırma yöntemi, kullanıcı eylemleri, ısı yükleri, hava kirliliği, planlaması ve kullanıcılarının özellikleri (yaşı vb) benzer olan yapı birimlerinden oluşmaktadır. Alanı A_i olan i ölçüm bölgesinde, (6.1) denkleminde görüldüğü gibi en az N_i adet noktada, En ISO 16 000-1'e uygun olarak, bir insanın solunum bölgesi içinde, duvarlardan ve döşemelerden en az 1 m uzakta olacak şekilde ölçüm gerçekleştirilmektedir.

$$N_i = 0,15\sqrt{A_i} (N_i \geq 1) \quad (6.1)$$

Yaklaşımında, hava sıcaklığının, havadaki bağıl nem oranının; karbondioksit, karbonmonoksit, parçacık, formaldehit, ozon, toplam uçucu organik bileşik, bakteri ve mantar yoğunluğunun ve hava değişim sayısının ölçülmesi önerilmektedir. Kirleticiler, yapı içinde belirlenmiş noktalarda ve yapı dışında, yapma havalandırma sisteminin temiz havayı aldığı yere yakın bir konumda en az 15 dakika süresince ölçülmesi önerilmektedir. Yapının hava değişim sayısının belirlenmesinde izlenebilir gaz (izlenebilir gaz için karbondioksit önerilmektedir) yoğunluğu azalması yöntemi kullanılabileceği belirtilmiştir.

Değerlendirme, ölçüm sonucunda elde edilen kirletici düzeylerinin, zorunluluklarda belirlenmiş sınır değerler ile karşılaştırılarak yapılabilir. Önerilen yaklaşımın son adımı yapıya ve kullanıcıya ilişkin toplanan diğer veriler göz önünde bulundurularak, yoğunluk düzeyi sınır değer üzerinde olan kirleticiler için, bu yoğunluğun nedenlerinin araştırılması ve saptanan sorunlara yönelik çözüm önerileri oluşturulmasıdır.

6.2 Klinmalee, Srimongkol ve Oanh'ın Çalışması

Klinmalee ve arkadaşlarının [10] çalışmasında, Bangkok'un kuzeyinde bir yörekte bulunan bir üniversite yapısının iki dersliğinde ve bir alışveriş merkezinin bazı birimlerinde yapı içi hava kirliliği ve kullanıcıların kirlilikten etkilenimi incelenmiştir. Kirletici ölçümlerinin yapılmasında önce, bu birimlerin

- yapı ürünlerine (örneğin döşeme kaplamaları, ahşap ve metalden üretilmiş sıralar, tebeşirli kara tahta, bilgisayar donanımı vb) ilişkin ayrıntılar,
- kullanıcı sayısı,
- yapıdaki konumu (örneğin dersliğin ikinci katta olması),
- havalandırma sisteminin özellikleri ve temizlik durumu,
- kullanım süreleri (örneğin pazartesten cumaya 09.00-16.00 saatleri arasında) saptanmıştır.

Aralık 2005 – Şubat 2006 tarihleri arasında (bu tarihlerde Bangkok'da yağışın az ve kirleticilerin dış havadaki yoğunluk düzeylerinin yüksek olduğu belirtilmektedir) hafta içi ve hafta sonunda, yapıların iç ve dış havasındaki PM_{2,5}, kükürt dioksit, azot dioksit, karbonmonoksit, karbondioksit ve BTEX (benzen, tolüen, etilbenzen, ksilen) yoğunluk düzeyleri ölçülmüştür.

Üniversite dersliklerinde yapılan ölçüm için aygıtlar, birimin ortasında, yerden yaklaşık 1,2 m yüksekte, bir öğrenci sırası üzerine yerleştirilmiştir. Bu konumun, yaklaşık olarak, oturan bir öğrencinin solunum bölgesinde olduğu belirtilmektedir. Dış çevredeki ölçüm ise, bahçede, yapıdan 20 m uzakta, yerden 1,5 m yüksekte, aynı aygıtlar kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm, hafta içi beş, hafta sonu iki gün sürmüştür.

Trafik yoğunluğu yüksek bir otoyoldan 100 m uzakta ve diğer yoğun trafikli yollarla çevrelenmiş bir konumda olan alışveriş merkezinin dış çevresindeki ölçümler, yapının ön duvarından 15 m uzakta, 1,5 m yüksekte ve otopark alanında duvardan 10 m uzakta gerçekleştirilmiştir. Yapı içinde ise, bir kişinin sırtına takılan ölçüm aygıtı ile dolaşırken gerçekleştirdiği ölçümün zamanı, hafta içi ve hafta sonu, alışveriş merkezinin açılış (11.00) ve kapanış (21.00) saatleri arasındadır.

Kullanıcıların karşı karşıya kaldığı toplam kirletici yoğunluğu, Chow ve arkadaşları (2002) tarafından geliştirilmiş ve bir kişinin yapı içinde bulunduğu her birimde geçirdiği süre ve karşılaştığı kirletici düzeyine göre toplam yoğunluğun hesaplandığı (6.2) denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu denklem ile her kirletici için ayrı ayrı hesaplanan yoğunluk düzeyleri ASHRAE, WHO, EPA vb kurumların belirlediği sınır değerler ile karşılaştırılarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

$$E_{ij} = \sum_{j=i}^m f_{ij} C_{ij} \quad (6.2)$$

E_{ij} : 'i' kişinin 'j' biriminde karşı karşıya kaldığı kirletici yoğunluğu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

f_{ij} : 24 saatlik zaman dilimi içinde 'i' kişinin 'j' biriminde geçirdiği süre ($t_{ij}/24$)

C_{ij} : 'i' kişinin 'j' biriminde bulunduğu sırada ölçülmüş, birimdeki ortalama kirletici yoğunluğu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

m : 'i' kişinin yapıda bulunduğu toplam birim sayısı

Çalışma sonucunda,

- kirleticilerin ölçülen düzeyleri ile iç çevredeki kirletici yoğunluğu / dış çevredeki kirletici yoğunluğu oranları hesaplanmıştır. Araştırmacılar, iç / dış oranının birden büyük olmasını, kirletici kaynaklarının çoğunlukla iç çevrede; birden küçük olmasını ise kaynakların çoğunlukla dış çevrede yer aldığı şeklinde yorumlamıştır.
- üniversite dersliklerinde ölçüm süresince ortaya çıkan kirletici yoğunlukları arasındaki farklılığın nedenleri, kirletici kaynaklarına (kullanıcı sayısının fazla olması, döşeme kaplaması olarak halı kullanılması vb), kullanım düzenine (hafta içi öğrencilerin bulunması, hafta sonu birimlerin kullanılmaması vb) bağlı olarak incelenmiş, benzer araştırmalardaki yoğunluk düzeyleri ile karşılaştırılmıştır.
- alışveriş merkezinde yapılan ölçüm, kirletici yoğunluğunun ve kirleticilerin iç / dış oranının, üniversitedeki yoğunluk düzeylerine ve iç / dış oranına göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Tolüen ve karbondioksit dışındaki kirleticilerin yoğunluk düzeyi otopark alanında, diğer ölçüm noktalarına göre daha yüksektir.

6.3 Hoddinott ve Lee'nin Çalışması

Hoddinott ve Lee [28] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, belirli kirleticilerin oluşturduğu risk, Superfund çevresel risk değerlendirme yöntemiyle belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, benzen, karbontetraklorit, kloroform, etil benzen, tetrakloroetilen, 1,1,1-trikloroetan, trikloroeten ve ksilenden 0 – 6 yaş, 9 – 12 yaş grubundaki çocukların ve yetişkinlerin etkileniminde ortaya çıkan riskler ortalama ve en kötü durum için hesaplanmış, ayrıca toplam risk belirlenerek EPA tarafından oluşturulmuş sınırlar ile karşılaştırılmıştır.

Ortalama durumun belirlenmesinde hava kirleticilerinin ortalama yoğunluk düzeyleri, en kötü durumun belirlenmesinde ise, en yüksek yoğunluk düzeyleri kullanılmıştır. Çalışmada, etkilenim için, hava kirleticilerinin yanı sıra, soluma miktarı, etkilenim süresi, etkilenim sıklığı ve etkilenim uzunluğu da belirlenmiştir. Soluma miktarının bedensel etkinlik düzeyi ile bağlantılı olduğu belirtilen çalışmada, bedensel etkinlik düzeyleri dinlenme (rest), hafif (light), orta (moderate) ve ağır (heavy) olarak sınıflandırılmıştır. Ortalama ve en kötü durum senaryoları Çizelge 6.1'de görülen

etkilenim süresi, bu süredeki farklı bedensel etkinlik düzeyleri, etkilenim sıklığı ve etkilenim uzunluğu varsayımlarına göre oluşturulmuştur.

Kansere ve kanser dışındaki hastalıklara neden olan kirleticilerden etkilenimin belirlenmesinde kişinin bedenindeki kirletici yoğunluk düzeyi olarak tanımlanan alım (intake) (6.3) denkliği ile hesaplanmıştır.

$$alm = \frac{hky \times sho \times esr \times esk \times euz}{ba \times oz \times 1000} \quad (6.3)$$

hky (havadaki kirletici yoğunluğu): 1 m³ havadaki kirleticinin ağırlığı (µg/m³)

sho (soluma miktarı): kişinin soluma miktarı (m³/h)

esr (etkilenim süresi): bir günde etkilenimin gerçekleştiği süre (saat/gün)

esk (etkilenim sıklığı): bir yılda etkilenimin gerçekleştiği gün sayısı (gün/yıl)

euz (etkilenim uzunluğu): yaşam süresinde etkilenimin gerçekleştiği yıl sayısı (yıl)

ba (beden ağırlığı): kişinin bedeninin ağırlığı (kg)

oz (ortalama zaman): Çalışmada bu değer, kanser dışındaki hastalıklara neden olan kirleticiler için yaşam süresinde etkilenimin gerçekleştiği toplam gün sayısı, kansere neden olan kirleticiler için 35 500 gün olarak alınmıştır.

1000: dönüştürme faktörü (µg/mg)

Alımın hesaplanmasından sonra kanser dışındaki hastalıklara neden olan kirleticiler için tehlike katsayısı (hazard quotient – HQ); kansere neden olan kirleticiler için kanser riski, sırasıyla (6.4) ve (6.5) eşitlikleri kullanılarak belirlenmiştir. Bulunan tehlike katsayısı ve kanser riski ise, EPA tarafından hazırlanan Risk Assessment Guidance for Superfund'daki sınırlar ile karşılaştırılarak değerlendirme aşaması sonuçlandırılmıştır.

$$HQ = \frac{\text{kanser dışındaki hastalıklara neden olan alım (mg/kg/gün)}}{\text{başvuru dozu (mg/kg/gün)}} \quad (6.4)$$

$$Risk = \text{kansere neden olan alım (mg/kg/gün)} \times \text{kanser artış oranı (mg/kg/gün)} \quad (6.5)$$

Çizelge 6. 1 Hoddinott ve Lee'nin [28] çalışmasında ortalama senaryolar

özellikler	ortlama durum	en kötü durum
etkilenim süresi	Kişinin günde 12 saati konutta, 12 saati konut dışında geçirdiği varsayılmıştır.	Kişinin günde 24 saati konutta geçirdiği varsayılmıştır.
bedensel etkinlik düzeyi	Kişinin bedensel etkinlik düzeyinin, <ul style="list-style-type: none"> •konutta geçirdiği 12 saatin %48'inde dinlenme, %48'inde hafif, %3'ünde orta ve %1'inde ağır; •konut dışında geçirdiği 12 saatin %28'inde dinlenme, %28'inde hafif, %37'sinde orta ve %7'sinde ağır olduğu varsayılmıştır. 	Kişinin bedensel etkinlik düzeyinin, konutta geçirdiği 24 saatin %25'inde dinlenme, %60'ında hafif, %10'unda orta ve %5'inde ağır olduğu varsayılmıştır.
etkilenim sıklığı	Ortalama ve en kötü durum için kişinin her yıl 15 gün tatil yaptığı, bu nedenle etkilenim sıklığının 350 gün olarak kabul edilebileceği düşünülmüştür.	
etkilenim uzunluğu	Etkilenim uzunluğunun <ul style="list-style-type: none"> •kansere neden olan kirleticiler için 70 yıl, •kansere dışındaki hastalıklara neden olan kirleticiler için 9 yıl olabileceği varsayılmıştır.	Etkilenim uzunluğunun <ul style="list-style-type: none"> •kansere neden olan kirleticiler için 70 yıl, •kansere dışındaki hastalıklara neden olan kirleticiler için 30 yıl olabileceği varsayılmıştır.

6.4 Ofisler ve Kamusal Mekânlar İçin Yapı İçi Hava Niteliği Belgelendirmesi

Yönergesi

Hong Kong Hükümeti [29] 2003'te Ofisler ve Kamusal Mekânlar İçin Yapı İçi Hava Niteliği Belgelendirmesi Yönergesini (A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places) yayınlamıştır. Söz konusu yapı içi hava niteliği belgesi yalnızca yapma havalandırma sistemi ile havalandırılan ofis, alışveriş merkezi, otel, lokanta, tiyatro, sinema, cenaze evi vb işlevli yapıların, bütünüyle kapalı birimleri için, bu birimlerin havasına ilişkin belirli özelliklerin yönergede belirtilen nitelikte

olduğunu göstermek için verilmektedir. Yapılarda gerçekleştirilecek var olan iç hava niteliğinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi işi belgelendirme sürecini yürütecek, sürecin farklı aşamalarında ilgili uzmanlardan oluşan ekipleri yönetecek ve yapı sahibine iç hava niteliğiyle ilgili önerilerde bulunabilecek bir yetkili kişi tarafından gerçekleştirilir.

Belgelendirme süreci yapıda ön inceleme yapılması, iç havaya ilişkin ölçümlerin gerçekleştirilmesi, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi, iç hava niteliği belgesinin verilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

6.4.1 Yapıda Ön İnceleme Yapılması

Ön inceleme aşamasında yetkili kişinin yapı sahibiyle birlikte yapıyı gezerek, yönergede önerilen denetim listesi uyarınca inceleme yapması söz konusudur. Öneri denetim listesi, yapıda kötü kokunun, görünür küfün ya da küf kokusunun; duvar, döşeme vb yüzeyler üzerinde renk değişikliğinin, uygun olmayan hava sıcaklığının, yetersiz havalandırmanın, tıkalı hava kanallarının, bakımsız filtrelerin, bakımsız ya da sağlıksız mekanik odaların varlığının araştırılmasına ve yapının yaşının, yapıdaki temizliğin zamanlamasının, kullanılan temizlik ürünlerinin içeriğinin, çöpün yapıda biriktirilmesine ve yapıdan uzaklaştırılmasına ilişkin ayrıntıların, yapıda sigara içilmesi durumunun, yakın çevredeki hava kirleticisi kaynaklarının belirlenmesine yönelik soruları içerir. Böylece belgelendirme sürecinin ilk aşamasında, yapının genel temizlik ve bakım durumu, yapıdaki olası hava kirleticileri ve ısısal nitelikle ilgili bilgi edinilir.

6.4.2 İç Havaya İlişkin Ölçümlerin Gerçekleştirilmesi

Yapıda ön inceleme yapılmasından sonra, yetkili kişi, iç havaya ilişkin ölçümleri yönergede belirtilen ayrıntılara uygun bir şekilde gerçekleştirmektedir. Hava sıcaklığı, havanın bağıl nem oranı, hava devinimi; havadaki karbondioksit, karbonmonoksit, parçacıklar (PM₁₀), azot dioksit, ozon, formaldehit, toplam uçucu organik bileşikler, radon ve bakteri yoğunluğu 8 saatlik ölçümlerle belirlenmektedir. Sekiz saatlik ölçümlerin yapılamayacağı durumlarda, yarım saatlik ölçümler dört kez yinelenebilir ve ölçüm sonuçlarının ortalaması alınır. Yetkili kişi, bu ölçümlerin zamanlamasını yapının kullanımına göre ayarlamalıdır. Örneğin, dört ölçüm, ofis yapılarında çalışma saatleri

içinde eşit aralıklarla; diğer işlevli yapılarda ise kullanıcı sayısının en çok olduğu saatlerde yapılabilir. Yapı içinde ölçümün gerçekleştirileceği nokta sayısı Çizelge 6.2'ye göre belirlenmektedir.

Çizelge 6. 2 Yapıda ölçümün gerçekleştirileceği nokta sayıları [29]

belgelendirilecek toplam döşeme alanı	en az ölçüm noktası sayısı
< 3000	her 500 m ² için 1 adet
3000 – 5000	8 adet
5000 – 10000	12 adet
10000 – 15000	15 adet
15000 – 20000	18 adet
20000 – 30000	21 adet
≥ 30000	her 1200 m ² için 1 adet

Hava devinimi dışındaki özellikler, yapma havalandırma sisteminin dış çevredeki temiz hava girişine yakın bir noktada da ölçülmesi gerektiği belirtilmiştir. Ölçüm aygıtları köşelerden, pencerelerden ve düşey yüzeylerden en az 0,5 m; kapılardan en az 2 m, döşemeden 1,1 m, asansörlerden en az 3 m, fotokopi makinesi vb kirletici kaynaklarından en az 1 m uzakta konumlandırılması önerilmiştir.

6.4.3 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İncelenen yapının iç havasının değerlendirilmesi, ölçüm ile elde edilen sonuçların Çizelge 6.3'te gösterilen 8 saatlik etkilenim için sınır değerlerle karşılaştırılması yoluyla yapılmaktadır. Bu sınır değerler, EPA, WHO, ACGIH gibi kurumlardan ve Avustralya, Japonya, Kanada, Singapur, İsveç, Norveç, Finlandiya ve Güney Kore'de iç hava niteliğiyle ilgili yasalardan alınmıştır.

Çizelge 6. 3 Yapı içi havasının değerlendirilmesi için sınır değerler [29]

ölçülecek özellik	birim	8 saatlik etkilenim için sınır değerler	
		en iyi sınıf	iyi sınıf
hava sıcaklığı	°C	20 – 25,5	< 25,5
bağıl nem oranı	%	40 – 70	< 70
hava devinimi	m/sn	< 0,2	< 0,3
karbondioksit	ppmv	< 800	< 1000
karbonmonoksit	µg/m ³	< 2000	< 10000
	ppmv	< 1,7	< 8,7
parçacıklar (PM ₁₀)	µg/m ³	< 20	< 180
azot dioksit	µg/m ³	< 40	< 150
	ppbv	< 21	< 80
ozon	µg/m ³	< 50	< 120
	ppbv	< 25	< 61
formaldehit	µg/m ³	< 30	< 100
	ppbv	< 24	< 81
toplam uçucu organik bileşikler	µg/m ³	< 200	< 600
	ppbv	< 87	< 261
radon	Bq/m ³	< 150	< 200
bakteri	cfu/m ³	< 500	< 1000

Karşılaştırma sonucunda ölçüm yapılan havaya ilişkin

- her özelliğin yapı içinde ölçüldüğü noktaların toplamının en az %80'inde Çizelge 6.3'teki sınırların altında olması,
- hiçbir kirleticinin Çizelge 6.3'teki sınırların %50'sinden yüksek olmaması,
- hava sıcaklığı, bağıl nem oranı ve hava devinim değerlerinin, Çizelge 6.3'teki sınırların %10 üzerinde ya da altında olmaması

gerekli görülmektedir. Belirtilen koşulların sağlanmasından sonra, ölçüm sonuçlarının Çizelge 6.3'teki iki farklı aralıktan hangisi içinde olduğu ortaya konmakta ve böylece incelenen yapının iç hava niteliği,

- en iyi sınıf ya da
- iyi sınıf

olarak tanımlanabilmektedir. Ölçüm sonuçları Çizelge 6.3'teki sınırlar dışında olan özellikler için, yetkili kişinin önerileriyle iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilir. İyileştirme sonrasında ölçümün yinelenmesi gereklidir.

6.4.4 Yapı İçi Hava Niteliği Belgesinin Verilmesi

Değerlendirme sonucuna göre, yetkili kişi, 12 ay süresince geçerli olacak "Ofisler ve Kamusal Alanlar için Yapı İçi Hava Niteliği Belgesi'ni (Certificate of Indoor Air Quality for Offices and Public Places)" imzamakta ve yapının iç hava niteliğinin belgelenen düzeyi ile sürdürülmesi için yapı sahibine önerilerde bulunmaktadır.

6.5 Hava Niteliği Göstergesi

Hava Niteliği Göstergesi (Air Quality Index), EPA [30, 31] tarafından oluşturulmuş, ABD'de nüfusu 350 binden çok olan yerleşim bölgelerinde, günlük dış hava niteliğini saptayan, havanın ne düzeyde temiz ya da sağlıklı olduğunu ve bu durumun çeşitli nitelikteki insanları nasıl etkileyebileceğini belirten bir göstergedir. Bu gösterge, EPA tarafından ölçüt hava kirleticileri (criteria air pollutants) olarak tanımlanan ozon, parçacıklar (PM_{2,5} ve PM₁₀), karbonmonoksit, kükürt dioksit ve azot dioksitin dış havadaki yoğunluk düzeylerinin ölçümle belirlendiği ve ölçüm sonuçlarının belirli sınır

düzeyle göre değerlendirildiği bir yöntemi içermekte, değerlendirme sonucunda hava niteliği göstergesi değeri günlük olarak yayınlanmaktadır.

ABD genelinde her gün binden fazla noktada bulunan ölçüm aygıtları söz konusu beş kirleticinin dış havadaki yoğunluk düzeyini ölçmektedir,. Bu ölçüm sonuçları EPA tarafından oluşturulmuş formüller kullanılarak birimsiz hava niteliği göstergesi değerlerine dönüştürülür, değerler içinde en yüksek olanı o gün için ilgili kirleticiyle birlikte hava niteliği değeri olarak duyurulur. Duyuruda ayrıca hava niteliği göstergesi değeri yüksek olan diğer kirleticilere, hangi insan gruplarının sağlık açısından daha çok risk altında olduğuna, insanların olumsuz etkilerden nasıl korunabileceğine ilişkin bilgiler de yer alabilmektedir.

6.5.1 Hava Niteliği Göstergesi Değerinin Hesaplanması

Bir bölgede yer alan tüm ölçüm aygıtlarının beş kirletici için gün içinde saptadığı en yüksek yoğunluk düzeyleri belirlenir. Bu değerler, ozon için virgülden sonra üç, PM_{2,5} ve karbonmonoksit için virgülden sonra bir basamağa; PM₁₀, kükürt dioksit ve azot dioksit için tam sayıya yuvarlanır. Çizelge 6.4'te, yuvarlanmış kirletici yoğunluk verilerini içeren kutucuktaki alt ve üst değerler işaretlenir ve (6.5) denkliği kullanılarak her kirletici için bir hava niteliği göstergesi değeri hesaplanır. Hesap sonucunda elde edilen ve tam sayıya yuvarlanan bu rakam, o günkü hava niteliği göstergesi değerini oluşturur.

$$I_p = \left(\frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} \right) \cdot (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad (6.5)$$

I_p : P kirleticisinin hava niteliği göstergesi değeri

C_p : P kirleticisinin yoğunluk düzeyinin yuvarlanmış değeri

BP_{Hi} : Çizelge 6.4'te C_p 'yi içeren kutucuktaki büyük değer

BP_{Lo} : Çizelge 6,4'te C_p 'yi içeren kutucuktaki küçük değer

I_{Hi} : Çizelge 6.4'te BP_{Hi} 'ye denk gelen hava niteliği göstergesi değer aralıklarından büyük olanı

I_{Lo} : Çizelge 6.4'te BP_{Lo} 'ya denk gelen hava niteliği göstergesi değer aralıklarından küçük olanı

Çizelge 6. 4 Hava niteliği göstergesinin hesaplanmasında belirleyici aralıklar [31]

aralık değerler							hava niteliği göstergesi değer aralıkları	hava niteliği göstergesi sınıfı
O ₃ (ppm) 8 sa	O ₃ (ppm) 1 sa	PM ₁₀ (µg/m ³) 24 sa	PM _{2,5} (µg/m ³) 24 sa	CO (ppm) 8 sa	SO ₂ (ppb) 8 sa	NO ₂ (ppb) 1 sa		
0,000	–	0	0,0	0,0	0	0	0 – 50	iyi
0,059	–	54	15,4	4,4	35	53		
0,060	–	55	15,5	4,5	36	54	51	orta
0,075	–	154	40,4	9,4	75	100	100	
0,076	0,125	155	40,5	9,5	76	101	101	duyarlı gruplar için sağlıksız
0,095	0,164	254	65,4	12,4	185	360	150	
0,096	0,165	255	65,5	12,5	186	361	151	sağlıksız
0,115	0,204	354	150,4	15,4	304	649	200	
0,116	0,205	355	150,5	15,5	305	650	201	çok sağlıksız
0,374	0,404	424	250,4	30,4	604	1249	300	
–	0,405	425	205,5	30,5	605	1250	301	tehlikeli
–	0,504	504	350,4	40,4	804	1649	400	
–	0,505	505	350,5	40,5	805	1650	401	tehlikeli
–	0,604	604	500,4	50,4	1004	2049	500	

6.5.2 Hava Niteliği Göstergesi Değerlerinin Sağlık Açısından Karşılıkları

Sıfır ile 500 arasında olan, farklı renkler ve sağlık açısından farklı tanımlarla anlatılmış altı grup içinde ele alınan hava niteliği göstergesi değerlerinin (Çizelge 6.5) yükselmesi, hava kirliliğinin ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerin artması anlamına gelmektedir. Hava niteliği göstergesi değerinin 100 olması, çoğunlukla, ilgili kirleticiler için EPA

tarafından NAAQS'te belirlenmiş, insan sağlığı açısından olumsuz etkilerin başladığı sınırı anlatmaktadır. Çizelge 6.5'te görüldüğü gibi, 100 değerinin altındaki değerler genellikle iyi, üstündeki değerler ise önce duyarlı gruplar, sonra herkes için sağlıksız olarak nitelendirilir. Farklı hava niteliği göstergesi değerlerinde sağlıklı ve duyarlı insanlarda gözlenmesi olası sağlık sorunları Çizelge 6.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 6. 5 Hava niteliği göstergesi değerlerinin anlamları [30]

hava niteliği göstergesi (AQI) değeri	sağlık açısından tanımlar	renkler
0 – 50	iyi (good)	yeşil (green)
51 – 100	orta (moderate)	sarı (yellow)
101 – 150	duyarlı gruplar için sağlıksız (unhealthy for sensitive groups)	turuncu (orange)
151 – 200	sağlıksız (unhealthy)	kırmızı (red)
201 – 300	çok sağlıksız (very unhealthy)	mor (purple)
301 – 500	tehlikeli (hazardous)	bordo (maroon)

Çizelge 6. 6 Hava niteliği göstergesi değerlerine göre gözlenmesi olası sorunlar [31]

AQI değeri	O ₃	PM	CO	SO ₂	NO ₂
0 – 50	sağlık sorunu yok	sağlık sorunu yok	sağlık sorunu yok	sağlık sorunu yok	sağlık sorunu yok
51 – 100	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • bazı çok duyarlı insanlar solunumla ilgili düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. 	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • bazı çok duyarlı insanlar, • kalp ve akciğer hastalığı olanlar, • yaşlılar düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	sağlık sorunu yok	sağlık sorunu yok	sağlık sorunu yok
101 – 150	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • astım vb solunum yolu hastalığı olanlar, • çocuklar, • yaşlılar, • bedensei etkinlik düzeyi yüksek kişiler solunumla ilgili düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • bazı duyarlı insanlar, • kalp ve akciğer hastalığı olanlar, • yaşlılar dolaşımila ilgili düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • kalp hastalığı olanlar bedensei etkinlik düzeylerine göre dolaşımila ilgili düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları düşük düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.
151 – 200	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • astım vb solunum yolu hastalığı olanlar, • çocuklar, • yaşlılar, • bedensei etkinlik düzeyi yüksek kişiler solunumla ilgili orta düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde düşük düzeyde sağlık sorunları görülebilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • kalp ve akciğer hastalığı olanlar, • yaşlılar dolaşımila ilgili orta düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde düşük düzeyde sağlık sorunları görülebilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • kalp hastalığı olanlar bedensei etkinlik düzeylerine göre dolaşımila ilgili orta düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları orta düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.	Bu değerlerde <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları orta düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.

Çizelge 6. 6 Hava niteliği göstergesi değerlerine göre gözlenmesi olası sorunlar (devam)

AOI değeri	O ₃	PM	CO	SO ₂	NO ₂
201 – 300	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • astım vb solunum yolu hastalığı olanlar, • çocuklar, • yaşlılar, • bedensel etkinlik düzeyi yüksek kişiler <p>solunumla ilgili yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde orta düzeyde sağlık sorunları görülebilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • kalp ve akciğer hastalığı olanlar, • yaşlılar <p>dolaşımila ilgili yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde orta düzeyde sağlık sorunları görülebilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • kalp hastalığı olanlar <p>bedensel etkinlik düzeylerine göre dolaşımila ilgili yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları <p>yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları <p>yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir.</p>
301 – 500	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • astım vb solunum yolu hastalığı olanlar, • çocuklar, • yaşlılar, • bedensel etkinlik düzeyi yüksek kişiler <p>solunumla ilgili çok yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde yüksek düzeyde sağlık sorunları görülebilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • kalp ve akciğer hastalığı olanlar, • yaşlılar <p>dolaşımila ilgili çok yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde yüksek düzeyde sağlık sorunları görülebilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • kalp hastalığı olanlar <p>bedensel etkinlik düzeylerine göre dolaşımila ilgili çok yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde bedensel etkinlik düzeyine göre sağlık sorunları görülebilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları <p>çok yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde solunum sorunları görülebilir.</p>	<p>Bu değerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> • astım hastaları <p>çok yüksek düzeyde sağlık sorunu yaşayabilir. Toplumun genelinde solunum sorunları görülebilir.</p>

6.6 Yapı İçi Hava Kirliliğinden Etkilenimin Değerlendirilmesine Yönelik Yaklaşımların İrdelenmesi

Gerçekleştirilen kaynak taramasıyla elde edilmiş değerlendirme yaklaşımlarının, saptanan sorunun çözümü açısından önemli yöntemler ve gereksinilen belirleme – değerlendirme sürecinin bazı bölümlerine yönelik işlem adımları içerdiği düşünülmektedir.

Tüm yaklaşımlar var olan durumun saptandığı belirleme ve elde edilen verilerin değerlendirildiği değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır.

Asadi ve arkadaşlarının [26] oluşturduğu yaklaşımda, kirletici ölçümlerinin öncesinde yapıda bazı incelemelerin yapılması önerilmekte, ölçümün gerçekleştirileceği noktaların ve ölçüm sayısının bu inceleme sonuçlarına göre saptanabileceği belirtilmektedir. Yaklaşımda ölçülmesi gerekli kirletici türleri listelenmiştir. Önerilen değerlendirme, ölçüm sonuçlarının sınır değerlerle karşılaştırılmasına dayalıdır. Yoğunluk düzeyi sınırın üzerinde bulunan kirleticilerin oluşturduğu sorun için çözüm önerileri oluşturulması ile yaklaşım sonlanmıştır. Bununla birlikte, yaklaşım kapsamında neden yalnızca sekiz kirleticinin ele alındığı, değerlendirmede kullanılacak sınırların hangi özellikte olması gerektiği belirtilmemiştir. Ayrıca kirlilikten etkilenen insanların özelliklerine değinilmediği görülmektedir.

Klinmalee ve arkadaşlarının [10] gerçekleştirdiği çalışmada, dokuz kirletici için ölçüm yapılmış, Asadi ve arkadaşlarının yaklaşımına benzer şekilde, ölçüm, yapıdaki bazı incelemelere göre düzenlenmiştir. Çalışma, inceleme verileri ile ölçüm sonuçlarının karşılaştırılarak, yoğunluk düzeyi yüksek kirleticiler için bu durumun nedenlerinin belirlenmesiyle tamamlanmıştır. Çalışmada, insan sağlığı açısından bir değerlendirme aşaması bulunmamakta, buna karşın belirleme aşaması için önemli bilgiler yer almaktadır.

Hoddinott ve Lee'nin [28] çalışmasında belirli kirleticilerin farklı nitelikte insanlarda oluşturduğu risk hesaplanmış ve bu değerler EPA tarafından oluşturulmuş sınırlarla karşılaştırılmıştır. Riskin hesaplanmasında, kirletici yoğunluklarının yanı sıra, etkilenim

süresinin, bedensel etkinlik düzeyiyle ilişkili olan solunum sıklığının ve solunan hava hacminin, etkilenimin gerçekleşme sıklığının ve yaşam süresince gerçekleşen etkilenim uzunluğunun da dikkate alındığı görülmektedir.

Hong Kong Hükümeti [29] tarafından oluşturulmuş yönergedeki yaklaşım, diğer çalışmalara benzer şekilde, yapıda bir inceleme yapılmasıyla başlamaktadır. Havayla ilgili üç özellik ve dokuz kirletici, yönergede belirlenmiş koşullar çerçevesinde ölçülmektedir. Ölçüm sonuçlarının yönergede yer alan iki farklı sınır değere karşılaştırılması ve elde edilen sonuçların hangi sınırın altında yer aldığına göre, yapı içi havasının iyi ya da en iyi sınıf şeklinde nitelendirilebileceği belirtilmiştir. Asadi ve arkadaşlarının yaklaşımına benzer şekilde, bu yaklaşımın neden dokuz kirletici ile sınırlandırıldığı ve sınır değerlerin ne nitelikte olduğu anlaşılammıştır. Ayrıca yapı kullanıcısı insanın özelliklerine değinilmemektedir.

EPA'nın 830, 31] dış hava için geliştirmiş olduğu hava niteliği göstergesi yaklaşımı, altı kirleticinin dış havadaki yoğunluk düzeylerinin ölçülmesini içerir. Ölçüm sonuçları kullanılarak EPA tarafından oluşturulmuş bir denklemlerle hava niteliği göstergesi değeri olarak adlandırılmış sonuç bulunmaktadır. Söz konusu değer, kirleticilerin farklı yoğunluk düzeylerinin farklı duyarlılıklarda ve bedensel etkinlik düzeyinde insanlarda oluşturabileceği sağlık sorunlarına göre belirlenmiş sınırlara dayalıdır. Her değer, altı renkle anlatılan sağlık açısından tanımlanmış karşılığı bulunmaktadır. Böylece günlük olarak dış havanın olumsuzluk düzeyi herkes tarafından kolayca anlaşılabilir şekilde belirlenmekte, renkli tanımların yanı sıra, o günkü duruma göre hangi duyarlılıkta ve bedensel etkinlik düzeyindeki insanların ne tür önlemler alması gerektiği duyurulmaktadır.

Gerçekleştirilen incelemeler sonucunda, gereksinim duyulan yaklaşım kapsamında

- belirleme ve değerlendirme aşamalarının yer alabileceği,
- belirlemeye yönelik eylemler öncesinde, yapıda bir ön araştırma yapılarak bazı kararlar alınmasının yararlı olduğu,
- değerlendirmenin yapılmasında,

o salt kirleticilere odaklanarak değil, insanın etkilenimle ilgili özelliklerinin de göz önüne alınarak yapılmasının,

o birbirine göre farklı nitelikteki kirletici yoğunluklarının birlikte ele alınmasının

gerekli olduğu ve

- sonuçların farklı durumlar (örneğin farklı günlerde elde edilen değerlendirme sonuçları) arasında karşılaştırmaya olanak tanıyan ve herkes tarafından kolay anlaşılabilir şekilde oluşturulmasının yarar sağlayacağı

düşünülmüştür.

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ YAKLAŞIMI

Doğru bir değerlendirme, birbirini izleyen adımlar dizisinden oluşmuş bir süreçte, gerekli eylemlerin, uygun bir sırada gerçekleştirilmesiyle yapılabilir. Bu doğrultuda, yapı içi hava kirliliğinden etkilenimin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi,

- etkilenimin gerçekleşmesi ve sağlık / konfor sorunlarıyla sonuçlanması olasılığını doğuran
 - etkileyenin / **iç hava kirleticilerinin**,
 - etkilenenin / **yapı kullanıcılarının**,
 - etkileyeni ve etkileneni bir araya getiren kapalı birimlerin /**ortamların**

etkilenimle ilgili özelliklerinin, incelenen durumu doğru yansıtacak bir şekilde belirlenmesi,

- elde edilen özelliklerin birbiriyle doğru bir şekilde ilişkilendirilmesi,
- belirlenen ve ilişkilendirilen bu özelliklerin, kullanıcılara uygun sınırların göz önüne alınmasıyla değerlendirilmesi

kapsamında oluşturulmuş sistemli bir yaklaşım aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Böylece, var olan yapılardaki iç hava kirliliğinin oluşturduğu olumsuzluk, olumsuzluğa bağlı olarak kullanıcılarda hangi sağlık sorunlarının ortaya çıkabileceği ve sağlık sorunlarına ilişkin olasılıkların düzeyi, durumla ilgili kişiler tarafından kolay anlaşılabilir bir şekilde ortaya konabilir ve söz konusu olumsuzluğun giderilmesine katkı sağlayan kararlar üretilebilir. Gereksinilen bu yaklaşım, konuyla ilgili incelenmiş bilgilerden ve benzer

yaklaşımlardan yararlanılarak, uygun yöntemlerin belirlenmesi ve bu yöntemlerin doğru bir şekilde sıralanmış eylem adımlarına dönüştürülmesiyle elde edilmiştir. Oluşturulan yaklaşım, yapının tanımlanması, etkilenimle ilgili verilerin toplanması, bu verilerin birbiriyle ilişkilendirilerek değerlendirilmesi ve kararların üretilmesi aşamalarını içermektedir.

7.1 Yapının Tanımlanması

Yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesi yaklaşımı, yapının kimlik, nesne ve işlev tanımlamalarının yapılmasıyla başlamaktadır. Bu bağlamda, yapının, bulunduğu adres, büyüklüğü (kat alanı, zemin üstündeki ve altındaki kat sayısı), yapım tarihi, işlevi, geçirdiği son yenilemenin tarihi, yenilemenin yapıdaki yeri ve kapsamı vb bilgiler belirlenmektedir (EK A, Çizelge A.1). Ayrıca, yapının ve yakın çevresinin güncel durumunu doğru bir şekilde yansıtan vaziyet planının, yapının kat planlarının ve kesitlerinin elde edilmesi, sonraki aşamaların gerçekleştirilmesinde yarar sağlamaktadır.

7.2 Yapıda Ön Araştırma Yapılması

Yaklaşımın bu aşamasında, yapı içi hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilmesi için gerekli verilerin doğru bir şekilde ve uygun koşullarda belirlenmesine yönelik kapsamlı bir ön araştırma yapılmaktadır. Yapının dış çevresinde ve yapıdaki doğal, yapma çevreye ve kullanıcıya bağlı çevresel etmenler belirlenmekte, incelenmekte ve kullanıcının var olan yapı içi hava kirliliğinden etkilenmesine ilişkin elde edilmiş tüm kirletici – kullanıcı – ortam verileri farklı şekillerde birleştirilerek değerlendirilmektedir. Böylece, bu değerlendirmenin sonucunda elde edilen saptamalarla, yaklaşımın sonraki aşamasının nasıl gerçekleştirilebileceğine ilişkin kararların doğru bir şekilde üretilebileceği düşünülmektedir.

7.2.1 Ön Araştırma Kapsamında Veri Toplanması

Ön araştırma aşamasında, yapıda kapsamlı bir belirleme ve inceleme çalışması gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, yapıdaki iç hava kirleticilerine, ortamlara ve kullanıcılara ilişkin özellikler bir ya da birkaç farklı açıdan ele alınmaktadır.

7.2.1.1 Yapı İç Hava Kirleticilerine Yönelik Ön Araştırma

Yapı içi hava kirleticilerine yönelik ön araştırmada, yapıda ve yapının dış çevresinde salınım yapan kirletici kaynakları belirlenmekte ve bu kaynaklar

- salınan kirletici türleri,
- salınımın
 - miktarı
 - zamanlaması,
 - süresi,
 - yinelenme sıklığı,
 - doğrultusu ve
- kaynağın bulunduğu yer

açısından incelenmektedir.

Ön araştırmada öncelikle, bölgedeki dış hava kirleticilerinin yoğunluk düzeyi verilerinin (bölgede dış hava kirleticisi ölçümlerinin gerçekleştiriliyor olması durumunda) elde edilmesi, yapının dış çevresinde var olan bazı hava kirleticilerinin belirlenmesi bakımından önemli görölmektedir. Elde edilen veriler Ek A'da sunulmuş izelge A.2 yardımıyla listelenebilir. Ardından, bazı örneklerine izelge 2.10'da değinilmiş olan, yapının dış çevresindeki kirletici kaynakları, yerinde gözlem yaparak, yapının yer aldığı bölgedeki hava kirleticilerini konu edinen bilimsel çalışmalar incelenerek vb belirlenebilir. Bu kaynakların özelliklerinin listelenmesinde Ek A'da sunulmuş izelge A.3'ten yararlanılabilir. Söz konusu çizelgede her kaynağa bir kod verilerek, bu kaynakların yerlerinin vaziyet planına kodları aracılığıyla işlenmesi, yaklaşımın sonraki aşamalarında yarar sağlamaktadır. Böylece, yapının dış çevresinde hangi hava kirleticilerinin bulunduğu belirlenebilir / tahmin edilebilir.

İç hava kirleticisi kaynağı olan, bazı örneklerine izelge 2.11'de değinilmiş yapı ürünleri ve bu ürünlerde gerçekleşen salınımın özellikleri, yerinde gözlem yapılarak, ürünlere ilişkin belgeler incelenerek vb belirlenebilir. Elde edilen verilerin, Ek A'da sunulmuş izelge A.4'ten yararlanarak listelenmesi önerilmektedir. Böylece bu ürünlerden hangi

kirletici türlerinin salındığı belirlenebilir / tahmin edilebilir. Kirletici salınımı yapan yapı ürünlerine bir kod verilerek, bu ürünlerin yerlerinin kat planları ve kesitler üzerine kodları kullanılarak işaretlenmesi, verilerin değerlendirilmesi sırasında yarar sağlamaktadır.

Araştırmanın gerçekleştirildiği yapıdaki insanlar ve diğer kullanıcılar, bazı örneklerine Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13'te değinilmiş, kullanıcıların biyolojik yapılarından ve eylemlerinden kaynaklanan iç hava kirleticilerini belirlemek / tahmin etmek üzere, Ek A'da gösterilen Çizelge A.5 ve Çizelge A.6 yardımıyla incelenebilir. Bu adımın gerçekleştirilmesinde öncelikle, kullanıcıların, sürekli ve geçici kullanıcı olma durumlarının belirlenmesi gerekli görülmüştür. Diğer incelemelerde olduğu gibi, kirletici kaynağı olan ve yapıda belirli bir yeri bulunan kullanıcıların ve bu kullanıcıların yapıda belirli bir yerde gerçekleştirdiği, kirletici üreten eylemlerinin, kodlanarak kat planları üzerine işlenmesi, yaklaşımın sonraki aşamalarının gerçekleştirilmesinde yarar sağlamaktadır. Ancak, özellikle geçici kullanıcı sayısı yüksek ve kullanıcılarının ya da bu kullanıcıların gerçekleştirdiği eylemlerin belirli bir konumu bulunmayan / kullanıcıları ve eylemleri sürekli devingen olan yapılarda (örn: alışveriş merkezleri, spor salonları vb), kirletici açısından benzer kullanıcılar ve eylemler gruplandırılabilir, bu gruplar kodlanabilir ve yapıda kullanıcıların bulunduğu / eylemlerin gerçekleştirildiği bölgeler kat planları üzerine işlenebilir.

7.2.1.2 Yapıdaki Ortamlara Yönelik Ön Araştırma

Yapıdaki ortamlara yönelik ön araştırmada, araştırmanın gerçekleştirildiği yapının birimleri, Bölüm 4'te ayrıntılarına yer verilmiş, kullanıcıların yapı içi hava kirliliğinden etkilenmesi bağlamındaki özellikleri açısından incelenmektedir.

İnceleme, yapının bulunduğu bölgenin bazı iklim özelliklerinin araştırılması, yapıyı etkileyen dış hava devinimlerinin, dış hava sıcaklığının, bağıl nem oranının vb yıl boyunca ortaya çıkan özelliklerine ilişkin verilerin elde edilmesi, hava devinimlerinin doğrultusunun vaziyet planı üzerine işlenmesi ile başlamaktadır. Bu özelliklerin listelenmesinde Ek A'da bulunan Çizelge A.7'den yararlanılabilir. Ardından, yapıdaki her birimin havalandırma türü saptanmaktadır. Yapma havalandırma sistemi bulunan birimlerde, sistemin özellikleri (sistemin çalışma saatleri, iklimlendirmeye ilişkin

özellikleri, sistemde kullanılan filtrelerin özellikleri, sistemin dış havayı aldığı noktalar, emiş ve üfleme menfezlerinin konumu vb), ilgili belgeler incelenerek, sistemin çalıştırılmasından sorumlu kişi ile görüşerek, yerinde gözlem yaparak vb belirlenebilir. Birimlerin doğal yöntemlerle havalandırılıyor olması durumunda, doğal havalandırmanın sağlandığı boşlukların (örn: duvar boşlukları, bacalar, kuleler vb) özellikleri (örn: pencerelerin açılışı, doğramaların düzeni vb), ilgili yapı ürünlerinin kullanımına ilişkin ayrıntılar (örn: pencerelerin açılma zamanı, açık tutulma süresi vb), yerinde gözlemlerle, kullanıcılarla görüşerek vb saptanabilir. Bu verilerin listelenmesinde Ek A'da sunulan Çizelge A.8'den yararlanılabileceği düşünülmüştür. Havalandırmanın ve Çizelge A.7'de belirlenmiş dış hava devinimlerinin özelliklerine göre, birimlerin iç çevresinde ve iç – dış çevresi arasındaki hava devinimlerinin yıl boyunca ortaya çıkan doğrultuları, çizelgede yapma ve doğal havalandırmayı sağlayan yapı ürünlerine verilmiş kodlar aracılığıyla yapının kat planları ve kesitleri üzerine işlenebilir, böylece bu çizimlerden ön araştırma verilerinin değerlendirilmesi sırasında yararlanılabilir.

Ortamlara yönelik ön araştırma kapsamında gerçekleştirilen inceleme eylemleri, her birimin hacminin hesaplanmasıyla sürmektedir. Ayrıca, birimlerde, Çizelge A.2'de belirlenmiş iklim özelliklerine göre sıcak ve soğuk dönemdeki ortalama hava sıcaklıklarının, bağıl nem oranlarının, havalandırma miktarının ölçüm; hava değişim sayısının ise (5.4) denklemi ya da Bölüm 5.1.2.1'de değinilmiş diğer yöntemler kullanılarak elde edilmesi, yaklaşımın sonraki aşamalarının gerçekleştirilmesi için gerekli görülmektedir. Söz konusu özellikler, Ek A'daki Çizelge A.9'dan yararlanılarak listelenebilir.

Birimlerdeki yüzeyler, Bölüm 4.3'te söz edilen etkileşimleri belirlemek üzere incelenmektedir. Yüzeyler, yerinde gözlem yapılarak, yüzeyi oluşturan ürüne ilişkin belgelere baş vurularak vb iç hava kirleticilerinin tutulmasını ve kirleticilerle yüzeyler arasındaki olası tepkimeleri belirlemek üzere ele alınabilir. Elde edilen verilerin listelenmesinde Ek A'da sunulan Çizelge A.10'dan yararlanılabileceği ve iç hava kirleticileriyle etkileşime girmesi olası yüzeylerin yerlerinin, kodlanarak kat planları ve kesitler üzerine işlenmesinin yaklaşımın sonraki aşamalarında yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

7.2.1.3 Yapı Kullanıcılarına Yönelik Ön Araştırma

Kullanıcılarına yönelik ön araştırmada, asal kullanıcı insanın, Bölüm 3'te ayrıntılarına değinilmiş özellikleri belirlenmekte ve incelenmektedir. Bu inceleme, Bölüm 7.2.1.1'de (kirleticilere yönelik ön araştırma kapsamında) gerçekleştirilmiş incelemeden farklıdır. Bölüm 7.2.1.1'de, tüm kullanıcılar ve eylemleri, yapı içi hava kirleticilerini üretmesi açısından ele alınırken, bu adımda, yalnızca insanlar, var olan iç hava kirliliğinden etkilenmeleri açısından incelenmektedir. Yapıdaki kullanıcıların incelenmesinde, Çizelge A.5'te verilmiş sürekli kullanıcı kodlarından yararlanılabilir, buna karşın Çizelge A.5'te kirletici üretimleri açısından gruplandırılan geçici kullanıcıların, bu adımda biyolojik ve sosyolojik özelliklerine göre yeniden gruplandırılarak kodlanması gerekli görülmüştür.

Ön araştırma kapsamında, kullanıcılara yönelik inceleme, kullanıcıların biyolojik özelliklerinin ve alışkanlıklarının belirlenmesiyle başlamaktadır. Bu adımda, kullanıcıların, cinsiyeti, yaşı, beden ağırlığı, var olan ve inceleme öncesindeki sağlık durumları (örn: inceleme sırasındaki ıveğen ve süreğen hastalıkları, daha önceden geçirmiş olduğu rahatsızlıklar vb), bazı alışkanlıkları (örn: sigara içme, alkol tüketme, beslenme vb) ve kadın kullanıcıların gebelik durumları, kullanıcılara sorularak (sözlü ya da yazılı) belirlenebilir.

Kullanıcıların sağlık ve konfor durumlarına ilişkin araştırma, insanların yapıda hangi iç hava kirleticilerinden etkilendiklerini belirlemek amacıyla, sürekli kullanıcıların yapı içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilebilen duyuusal deneyimlerinin (örn: bazı kirletici kokularının duyumsanması, kirletici kaynaklarının görülmesi vb), sağlık sorunlarının (özellikle sağlıksız bina sendromu belirtileri), gerekli görülmesi durumunda, Bölüm 5.1.1'de değinilmiş ve bazı örneklerine Çizelge 5.1'de yer verilmiş kirletici belirteçlerinin incelenmesini içerebilir. Ancak, özellikle sağlık sorunlarının ve kirletici belirteçlerinin, yapıdaki iç hava kirleticileri dışında başka etmenler nedeniyle de oluşabileceği ve kirletici belirteçlerine ilişkin incelemenin kullanıcıların bedenlerindeki sıvıların, dokuların vb alınarak bazı testlerin yapılmasını gerektirdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda, bir anket hazırlanarak, kullanıcılara, yapıda buldukları süre içinde

- çeşitli kirleticilerin kokularını duyumsama (örn: küf mantarları, ozon, yanma sonucu oluşan atıklar, kimyasal temizleme ürünleri vb),
- bazı kirleticileri / kirletici kaynaklarını görme (örn: küf mantarları, toz, hayvan tüyleri, hamamböceği, fare vb),
- sağlıksız bina sendromu belirtilerini (Çizelge 2.18'deki sınıflamalar uyarınca, kullanıcıların yalnızca yapıda buldukları sürede yaşadığı solunum sistemi /örn: burun akıntısı, burun tıkanıklığı, hapşırma, genizde yanma vb/, göz /örn: gözlerde yanma, kaşıntı, yaşarma vb/, deri /örn: deride yanma, kaşıntı vb/ ve sinir sistemi /örn: baş ağrısı, baş dönmesi, yorgunluk, konsantrasyon sağlayamama vb/ sorunları) yaşama

vb durumları sorulabilir. Kullanıcıların biyolojik yapılarının ve alışkanlıklarının incelenmesinde elde edilen tüm veriler Ek A'da bulunan Çizelge A.11'e işlenebilir.

İnceleme, yapıdaki kullanıcı eylemlerinin belirlenmesiyle sürmektedir. Bu adımda, Bölüm 7.2.1.1'de Çizelge A.6'nın oluşturulması sırasında belirlenen kirletici kaynağı durumundaki eylemlerden farklı olarak, yapıdaki iç hava kirliliğinden etkilenime ilişkin süre, sıklık, yer vb ayrıntıları elde etmek amacıyla, insanların yapıyı kullanması incelenmektedir. Eylemlerin, gerçekleştirildiği birimler, zamanlama, süre, yinelenme sıklığı ve birimin kullanıldığı toplam yıl açısından, Bölüm 5.1.3'te değinilmiş yöntem ve yaklaşımlar kullanılarak incelenmesinde, Ek A'da bulunan Çizelge A.12'den yararlanılabileceği düşünülmüştür. Bu çizelgede her eyleme bir kod verilmesi, yaklaşımın sonraki aşamalarında yarar sağlamaktadır. Ayrıca, bu eylemler içinde yapıda belirli bir yeri olanların, Çizelge A.12'deki kullanıcı kodları aracılığıyla yapının planları üzerine işlenmesi; yapı içinde kullanıcıların devinerek gerçekleştirdiği eylemler için ise, yine ilgili kullanıcı kodları aracılığıyla, planlar üzerinde bölgesel olarak işaretlenmesi gerekli görülmektedir.

7.2.2 Ön Araştırma Kapsamında Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Ön araştırma kapsamında elde edilen kirletici – ortam – kullanıcı verileri, farklı gruplamalar altında bir araya getirilerek değerlendirilmektedir. Böylece, kirleticilere ve kullanıcılara ilişkin çeşitli saptamalar yapılarak ön araştırma sonuçları oluşturulabilir.

7.2.2.1 Kirleticilere Yönelik Saptamalar

Yaklaşımın bu adımında, ön araştırma kapsamındaki incelemelerde elde edilmiş çizelgelerden ve çizimlerden yararlanılarak, araştırmanın gerçekleştirildiği yapının birimlerinin havasında bulunduğu düşünülen / bilinen kirletici türlerine ve bu kirleticilerin yıl içinde ortaya çıkan farklı niceliklerinin zamanlaması, süresi ve oluşma sıklığına ilişkin olasılıklar saptanmaktadır.

Kirleticilere yönelik saptamalar kapsamında öncelikle, ön araştırmada yapının dış çevresiyle ilgili elde edilmiş

- Çizelge A.2’de yer alan kirletici türleri ve yıl içindeki yoğunluk düzeyi verileri,
- Çizelge A.3’te dış çevredeki kaynakların özellikleri,
- Çizelge A.7’de dış hava devinimlerine ilişkin veriler,
- vaziyet planı üzerinde oluşturulmuş, dış çevredeki kirletici kaynaklarının yerlerini belirten kodlamalara ve dış hava devinimlerinin doğrultularına yönelik gösterimler

bir araya getirilerek, yıl boyunca yapının yakın dış çevresinde bulunması olası kirletici türlerine ve yoğunluklarına ilişkin olasılıklar saptanabilir. Ardından, bu saptamalar ve

- Çizelge A.8’de bulunan, yapının iç – dış çevresi arasında gerçekleşen havalandırmaya ilişkin bilgiler,
- yapının kat planları – kesitleri üzerine işlenmiş, yapının iç – dış çevresi arasında ve iç çevresindeki hava devinimlerine ilişkin gösterimler

birleştirilerek, yapının yakın dış çevresinde yer alan kirleticilerden hangilerinin, yıl boyunca yapının hangi birimlerinde hangi zamanlarda, hangi sürelerde, hangi sıklıkta ve hangi nicelikte bulunabileceği tahmin edilebilir.

Ön araştırma kapsamında elde edilmiş, yapının her birimine ilişkin,

- Çizelge A.4’deki yapı ürünlerinden kaynaklandığı bilinen / düşünülen kirletici türlerini ve bu kaynaklardaki salınımın özellikleri,
- yapı ürünlerinde gerçekleşen salınımı etkilemesi nedeniyle Çizelge A.9’daki hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı verileri,

- kirletici kaynağı olarak Çizelge A.5'teki kullanıcıların biyolojik yapılarına ve Çizelge A.6'daki kullanıcı eylemlerine ilişkin özellikler,
- Çizelge A.8'deki yapının iç çevresindeki havalandırma bilgileri,
- kirletici yoğunluğunu etkilemesi nedeniyle Çizelge A.9'daki birim hacimleri, havalandırma miktarları ve hava değişim sayıları,
- kirletici türlerini / yoğunluklarını etkilemesi nedeniyle, Çizelge A.10'daki yüzeylerin özellikleri,
- yapının iç çevresinde, ilgili çizelgelerde bulunan kodları aracılığıyla,
 - kirletici kaynağı olan, ürünlerin, kullanıcıların, kullanıcı eylemlerinin yerlerini,
 - doğal / yapma havalandırmayı sağlayan yapı ürünlerini ve doğal / yapay hava devinimlerini,

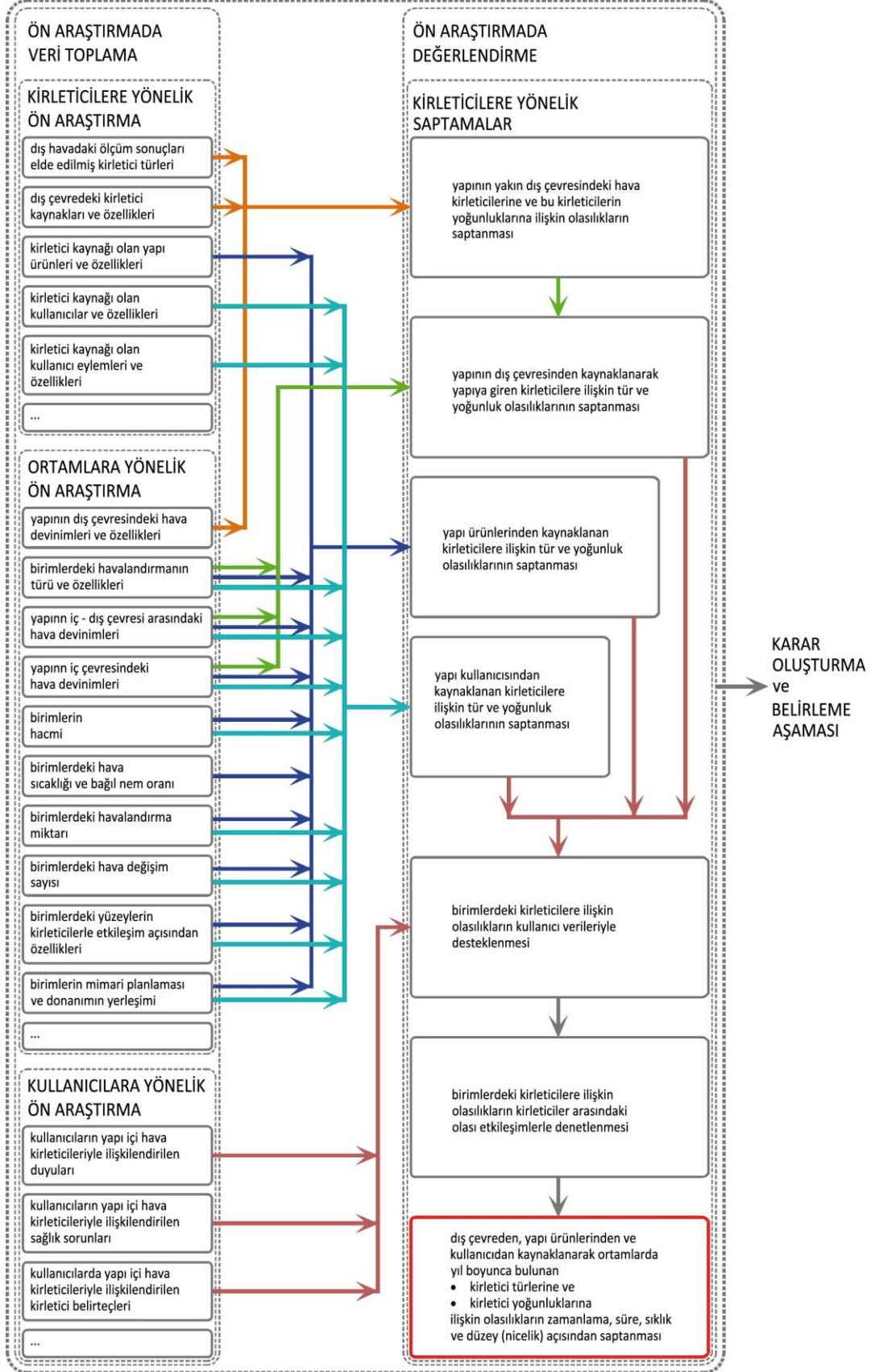
gösteren kat planları ve kesitler

bir araya getirilerek yapının hangi birimlerinde ya da birimlerin hangi bölgelerinde, yıl içinde yapı ürünlerinden ve kullanıcılardan kaynaklanan hangi kirletici türlerinin, hangi zamanlarda, hangi sürede, hangi sıklıkta ve hangi nicelikte bulunabileceği saptanabilir.

Yapının dış çevresinden, yapı ürünlerinden ve kullanıcılardan kaynaklanan kirletici türlerine ilişkin bu saptamaların Çizelge A.11'deki kullanıcıların yapı içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilebilen duyularına, sağlık sorunlarına, kirletici belirteçlerine ilişkin verilerle birleştirilmesi ve Bölüm 2.1.4'te değinilmiş etkileşimler açısından denetlenmesi önerilmektedir. Böylece, bu kirletici türlerinin varlığına ve yoğunluğuna ilişkin saptamalar, ilgili verilerle desteklenerek, daha gerçekçi olasılıklara ulaşılabilir.

Belirtilen nitelikteki değerlendirme sonunda, yapının hangi birimlerinde / birimlerin hangi bölgelerinde, hangi kirletici türlerinin, yıl içinde hangi niceliklerde bulunabileceğine ilişkin olasılıklara yönelik saptamaların listelenmesinde Ek A'da sunulmuş Çizelge A.13'ten yararlanılabilir. Bu saptamaların gerçekleştirilebilmesi için farklı şekillerde bir araya getirilen kirletici – ortam – kullanıcı verilerinin ilişkileri Şekil 7.1'de gösterilmiştir.

ÖN ARAŞTIRMA AŞAMASI



Şekil 7. 1 Kirlenmeye yönelik saptamalarda verilerin değerlendirilmesi

7.2.2.2 Kullanıcılara Yönelik Saptamalar

Yaklaşımın sonraki adımlarının gerçekleştirilebilmesi için, ön araştırmada elde edilen bazı ortam ve kullanıcı verilerinin bir araya getirilerek değerlendirilmesi ve kullanıcılara yönelik saptamaların yapılması gerekli görülmektedir.

Kullanıcılara yönelik saptamalar kapsamında öncelikle, Çizelge A.11'de, kodlanarak listelenen sürekli kullanıcıların ve geçici kullanıcı gruplarının yaşlarına göre, Çizelge 3.1'den ya da benzer sınıflamalardan yararlanılarak, kullanıcıların içinde yer aldığı yaş aralığı / yaş grubu belirlenebilir.

Araştırmanın gerçekleştirildiği yapıdaki kullanıcıların, yapı içi hava kirleticileri açısından duyarlı olma durumlarının saptanması, yaklaşımın sonraki adımları için gerekmektedir. Ancak, bilimsel çalışmalarda, iç hava kirliliğinden etkilenim açısından, farklı nitelikteki insanların duyarlılık düzeylerine ilişkin bir sınıflama ile karşılaşılammıştır. Bu nedenle, incelenen kullanıcıların,

- Çizelge A.11'de belirlenmiş,
 - cinsiyetlerine ve kadın kullanıcıların gebe olma durumlarına,
 - alışkanlıklarına,
 - güncel ve geçmiş sağlık sorunlarına,
- içinde yer aldığı yaş aralığına

ilişkin verilerinin bir araya getirilmesiyle; kullanıcılar, duyarlı ve normal grup olarak ayrılabilir ve duyarlı kullanıcıların, söz konusu özelliklerine göre, bazı örnekleri Çizelge 3.5'te görülebilen, duyarlı olduğu kirletici türleri belirlenebilir.

Kullanıcılara yönelik ön araştırma verileri değerlendirilerek saptanması gerekli görülen diğer bir özellik, kullanıcıların yapıdaki birimlerde bulunma zamanı, süresi ve sıklığıdır. Bu verilerin saptanmasında, kullanıcıların, yapıdaki her birim içinde gerçekleştirdiği ve Çizelge A.12'de listelenmiş

- eylemlerine,
- bu eylemlerin

- zamanlamasına,
- süresine ve
- yinelenme sıklığına

ilişkin veriler, üzerinde kullanıcı kodları (Çizelge A.12'deki kodlar) yer alan kat planları ile birlikte ele alınmaktadır. Bölüm 3.3'te değinilmiş olduğu gibi, etkilenimin zamanlaması, bir insanın, yapı içi hava kirleticileriyle bir araya geldiği, başka bir anlatımla, iç hava kirliliğini içeren bir birime girdiği ya da birimin belirli bir bölgesindeyken iç hava kirleticilerinin bedeninin yakın çevresine eriştiği an; etkilenim süresi, birimde / birimin bir bölgesinde geçirdiği, dolayısıyla kirleticilerle bir arada bulunduğu toplam zaman (saat ve yıl olarak); etkilenimin sıklığı ise, birimi kullanmasıyla kirleticilerle bir araya gelme sıklığı olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, Çizelge A.12'de listelenmiş, her birimde / birimin farklı bölgelerinde gerçekleştirilen eylemler gruplandırılarak, kullanıcıların o birimi / birimin bir bölgesini kullanma zamanı, süresi ve sıklığı, Bölüm 5.1.3'te değinilmiş yöntem ve yaklaşımlar aracılığıyla belirlenebilir.

Ön araştırma sırasında, Çizelge A.12 kapsamında elde edilmiş kullanıcı eylemleri verilerine göre, Çizelge 3.1'deki sınıflamalar uyarınca, kullanıcıların eylemleri sırasındaki bedensel etkinliğin düzeyi saptanabilir. Böylece, kullanıcılara ilişkin

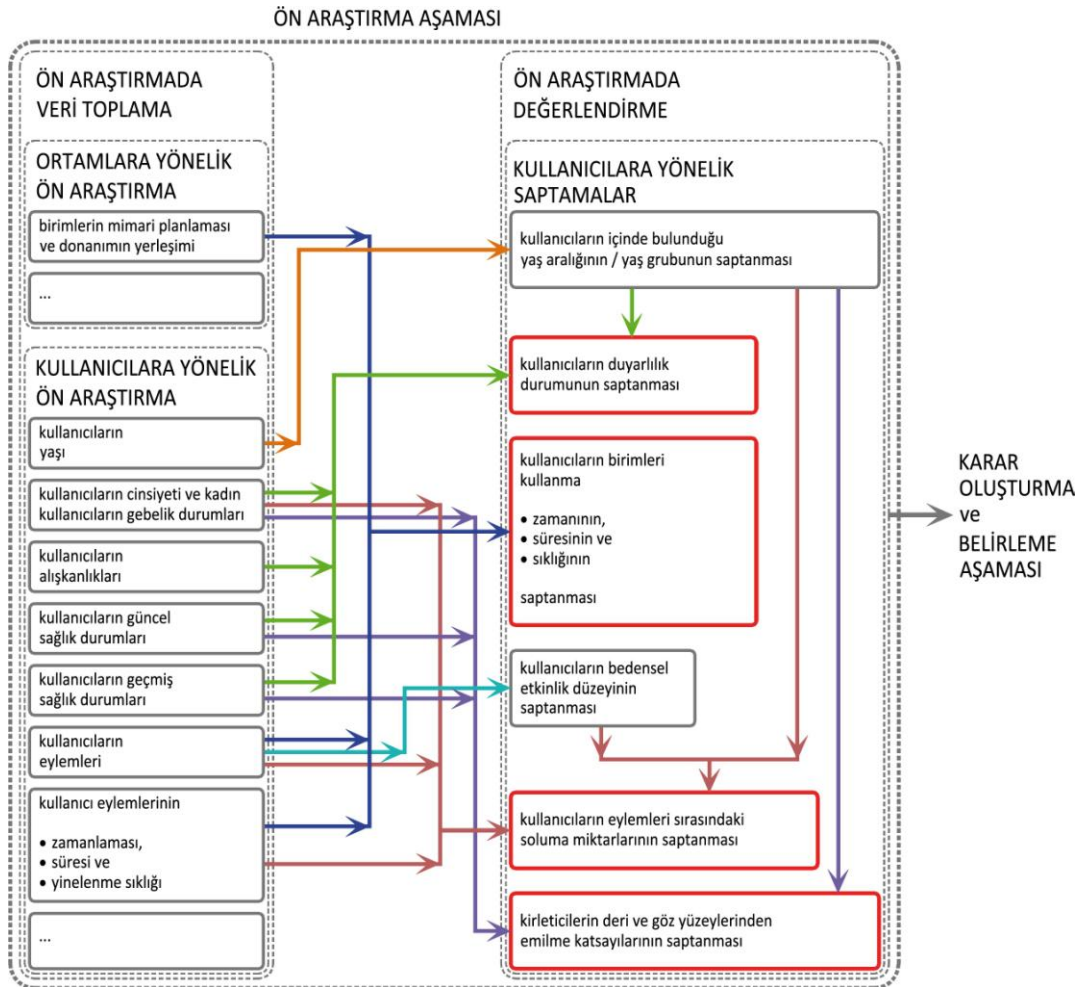
- Çizelge A.11'deki cinsiyet verilerine,
- yaş aralığına ve
- yapı içinde gerçekleştirilen her eylem sırasındaki bedensel etkinliğin düzeyine

göre, bazı örnekleri Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te verilmiş soluma miktarları, yaklaşımın sonraki adımında kullanılmak üzere belirlenmektedir.

Bölüm 3.2'de de değinilmiş olduğu gibi, iç hava kirleticilerinin bedeninin dış yüzeylerine (deri ve göz yüzeyleri) dokunması yoluyla gerçekleşen etkilenim, solunum yoluyla etkilenime göre oldukça düşük düzeyde olmaktadır. Ancak, kirleticilere ve kullanıcılara yönelik ön araştırma sonrasında, incelenen yapıda, kullanıcıları deri ve göz yüzeyleri yoluyla etkileyebilecek kirletici türlerinin var olduğu düşünülüyorsa (örn: Çizelge 2.17'de ele alınmış kükürt dioksit, etilbenzen, formaldehit vb) ve Çizelge A.11'de kullanıcıların yapı içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilen deri ve göz sorunları olduğu

belirlenmişse, ilgili bilimsel çalışmalar taranarak, kullanıcıların Çizelge A.11 kapsamında belirlenmiş biyolojik özelliklerine uygun, deri ve göz yüzeylerinden kirleticilerin emilme katsayıları (deri ve göz yüzeylerinin geçirgenlik katsayıları) elde edilebilir.

Belirtilen nitelikteki değerlendirmeler sonunda elde edilmiş, yapının her biriminde yer alan kullanıcıların yaş aralığının, duyarlılık durumunun ve duyarlı olduğu kirletici türlerinin; bu kullanıcıların birimlerde ya da birimlerin farklı bölgelerinde bulunma zamanının, süresinin ve sıklığının; gerçekleştirdiği eylemler sırasındaki bedensel etkinlik düzeyinin ve soluma miktarlarının (Çizelge A.12'deki eylem kodlarından yararlanılarak), kirleticilerin deri ve göz yüzeylerinden emilme katsayısının listelenmesinde Çizelge A.14'ten yararlanılabilir. Söz konusu saptamaların oluşturulmasında, birbiriyle ilişkilendirilerek değerlendirilen ön araştırma verileri Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



Şekil 7. 2 Kullanıcılara yönelik saptamalarda verilerin değerlendirilmesi

7.3 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi için Gerekli Verilerin Belirlenmesi

Var olan yapılardaki iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilebilmesi, incelenen yapıdaki ortamlarda

- kullanıcılarla bir araya gelen **kirleticilerin** ve
- bu birliktelik nedeniyle ortaya çıkan **etkilenimin**

özelliklerinin belirlenmesini gerektirmektedir. Söz konusu belirleme eylemlerinin uygun koşullarda gerçekleştirilebilmesi ve bu eylemler sonucunda elde edilecek verilerin, incelenen durumu doğru ve gerçekçi bir şekilde yansıtması için, eylemler öncesinde, ön araştırmada elde edilmiş veriler ve saptamalar kullanılarak, bazı kararların alınması yarar sağlayabilir.

7.3.1 Kirleticilere İlişkin Verilerin Belirlenmesi

İncelenen yapıda bulunarak kullanıcıyı etkileyen iç hava kirleticilerinin

- **türlerinin** ve
- bu türlerin
 - birimin havasında, kullanıcının, birimde bulunduğu **zamanda, sürede** ve **sıklıkta**, yakın çevresinde (kullanıcının soluma bölgesinde) ve
 - etkilenimin gerçekleşmesiyle kullanıcının bünyesinde ortaya çıkan **niceliklerinin / yoğunluk düzeylerinin**

belirlenmesi, doğru bir değerlendirme için gerekli görülmektedir. Söz konusu belirleme eylemlerinin uygun maliyet – süre – iş gücü koşullarında yapılabilmesi ve var olan durumu doğru yansıtacak gerçekçi verilerle sonuçlanması ise, yapıda gerçekleştirilen ön araştırmada elde edilmiş kirletici – kullanıcı – ortam verilerinden ve kirleticilere – kullanıcılara yönelik saptamalardan yararlanılarak, belirleme eylemi öncesinde bazı kararların alınmasıyla olasıdır.

Öncelikle, ön araştırma sonucunda oluşturulan Çizelge A. 13'te ve Çizelge A. 14'teki kirleticilere ve kullanıcılara yönelik saptamalara göre, yapıdaki hangi birimlerin / birim bölgelerinin kirleticileri ve kullanıcıları bir araya getirerek etkilenim ortamı

oluşturduğuna karar verilmesi gerekli görülmektedir. Bu şekilde belirlenen her ortama bir kod verilerek, ortamın sınırları kat planları üzerine işlenebilir. Çizelge A. 13'te, iç hava kirleticisi türlerini yıl içinde düşük yoğunluk düzeyinde barındırdığı düşünülen ya da Çizelge A. 14'te, kullanıcıların çok kısa süre bulunduğu saptanmış birimlerde, yapı içi hava kirliliğinden etkilenimin gerçekleşmediği, dolayısıyla, herhangi bir belirleme eyleminin ya da değerlendirmenin yapılmasına gerek olmadığı düşünülebilir.

Ortamların belirlenmesinin ardından, kirleticilerle kullanıcıları bir araya getirdiği düşünülen bu etkilenim ortamlarında, kirletici verilerinin belirlenmesinin hangi yöntemle / yöntemlerle gerçekleştirileceğine karar verilmektedir. Bölüm 5.1.2'de değinilmiş olduğu gibi, kirletici türü ve yoğunluğu çoğunlukla ölçümle belirlenmektedir. Buna karşın, bazı durumlarda, ölçüm, hesaplamalar ve / ya da bilgisayar benzetimiyle desteklenmekte ya da veriler, ölçüm yapılmaksızın hesaplama ya da benzetimle elde edilmektedir. Uygun belirleme yöntemine / yöntemlerine,

- ön araştırma aşamasında elde edilen veriler ile belirleme yöntemlerinin veri gereksinimleri karşılaştırılarak,
- araştırmanın zaman, maliyet ve iş gücü olanakları göz önüne alınarak ve
- belirleme yöntemlerinin uygulanması sonucunda elde edilecek kirletici verilerinin niteliğine bakılarak

karar verilebileceği düşünülmektedir. Söz konusu kararın oluşturulmasında Çizelge 7.1, Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3'ten yararlanılabilir. Çizelge 7.1'de görüldüğü ve Bölüm 5.1.2.1'de ayrıntılarına değinilmiş olduğu gibi, kirletici verilerinin ölçüm yapılmaksızın belirlenebilmesi için öncelikle, ortam havasında hangi kirletici türlerinin bulunduğu bilinmesi ve ön araştırma aşamasında ilgili kirletici - ortam verilerinin elde edilmiş olması gereklidir. Ayrıca, bu yöntemler çoğunlukla, ortamdaki kirletici yoğunluğunun türdeş ve kullanıcıların devinimsiz olduğu durumlarda kullanılabilir. Buna karşın, Çizelge 7.3'te, bu yöntemlerle elde edilen kirletici verilerinin, çoğunlukla ortalama değerler olduğu ve karşılaşılan durumu doğru yansıtmayabileceği belirtilmiştir.

Çizelge 7. 1 Belirleme yöntemlerinin veri gereksinimleri

belirleme yöntemlerinin özellikleri	havadaki yoğunlukların belirlenmesi				bünyedeki yoğunlukların belirlenmesi	
	ölçüm	hesaplama	benzetim	ölçüm	hesaplama	
ortamda bulunan kirletici türleri		X	X			
ortamın hacmi		X	X			
ortamın dış çevresindeki kirletici yoğunluğu		X	X			
ortamdaki havalandırma ve hava sızması miktarları		X	X			
ortamdaki kirletici kaynaklarının salınım miktarları		X	X			
yüzeylerdeki tutulumlara ilişkin sayısal veriler		X	X			
kirleticiler arasındaki tepkimelere ilişkin veriler		X	X			
ortamdaki havanın sıcaklığı ve bağıl nem oranı		X	X			
kullanıcının etkilenim süresi		X	X		X	
kullanıcının solunum miktarı					X	
deri ve göz yüzeylerinin geçirgenlik katsayısı					X	
kirleticilere ve kullanıcılara ilişkin saptamalar	X			X	X	

Çizelge 7. 2 Belirleme yöntemlerinin zaman – maliyet – iş gücü gereksinimleri

belirleme yöntemlerinin özellikleri	havadaki yoğunlukların belirlenmesi				bünyedeki yoğunlukların belirlenmesi	
	ölçüm	hesaplama	benzetim	ölçüm	hesaplama	
eylem için gereken süre	uzun	kısa	kısa	uzun	kısa	
eylemin maliyetinin düzeyi	yüksek	düşük	yüksek	yüksek	düşük	
aygıt gereksinimi	ölçüm ağıtları	-	bilgisayar ve benzetim programları	ölçüm ağıtları	-	
mekân gereksinimi	laboratuvar	-	-	laboratuvar	-	
eylem için gerekli uzman sayısı	yüksek	düşük	düşük	yüksek	düşük	
gereken deneyimin düzeyi	yüksek	düşük	yüksek	yüksek	düşük	
diğer gereksinimler	uygun sıcaklık, nem, akustik vb koşulların sağlanması bazı durumlarda kullanıcıların aygıtı taşımaları vb	-	-	kullanıcılardan soluk, kan, idrar, çeşitli dokular vb alınması	-	

belirleme yöntemlerinin zaman – maliyet – iş gücü gereksinimleri

Çizelge 7. 3 Belirleme eylemleri sonunda elde edilen verilerin niteliği

belirleme yöntemleri		belirleme eylemlerinin sonucunda elde edilen verilerin niteliği
havadaki kirlenici yoğunluklarının belirlenmesi	ölçüm	Ortamda gerçekleştirilen ölçüm sonucunda, ölçüm aygıtının yakın çevresindeki havada, aygıtın çalışma süresinde ortaya çıkan kirlenici yoğunluklarının anlık (örn: bir dakika / bir saniye aralıkla) değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla, o sürede gerçekleşen en yüksek, en düşük ve ortalama kirlenici yoğunlukları belirlenebilir. Laboratuvarla gerçekleştirilen ölçüm sonucunda, ortamdaki örnekleme süresinde örnekleme noktasındaki havada ortaya çıkan ortalama yoğunluk düzeyleri elde edilmektedir. Ölçüm sonuçları büyük çoğunlukla gerçek durumu doğru yansıtmaktadır.
	hesaplama	Çoğunlukla ortamdaki ortalama kirlenici yoğunlukları elde edilmektedir. Sonuçlar gerçek durumu doğru yansıtmayabilir.
	benzetim	Ortamın farklı bölgelerinde zaman içinde sıcaklık, havalandırma, tutulma vb özelliklerin değişmesiyle farklılaşabilen kirlenici yoğunlukları ayrıntılı bir şekilde elde edilmektedir. Sonuçlar gerçek durumu doğru yansıtmayabilir.
kullanıcının bünyesindeki kirlenici yoğunluklarının belirlenmesi	ölçüm	Kullanıcının bünyesindeki kirlenici yoğunluk düzeyi (doz) doğru bir şekilde belirlenmektedir.
	hesaplama	Hesaplama sonucunda elde edilen yoğunluk düzeyi, gerçek durumu doğru yansıtmayabilir.

Belirtilen özellikler nedeniyle, birçok durumda,

- ortam havasındaki kirletici tür ve yoğunluklarının
 - ölçümle belirlenmesinin,
 - belirleme eylemlerinde zaman, maliyet vb açısından olumsuzluk düzeyinin azaltılması amacıyla, ölçümün,
 - hesaplamalarla ya da
 - bilgisayar benzetimiyle
- desteklenmesi
- kullanıcı bünyesindeki kirletici yoğunluklarının belirlenmesinde ise hesaplama yöntemlerinin yeğlenmesinin ve bu hesaplarda ortam havasında ölçümle elde edilen kirletici verilerinin kullanılmasının

akılcı olduğu söylenebilir.

Uygun yöntemin / yöntemlerin seçilmesinden sonra, yöntemin nasıl uygulanacağına karar verilmesinin ve uygulamanın planlanmasının, kirletici verilerinin doğru ve gerçekçi bir şekilde belirlenmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Söz konusu kararların, Bölüm 5.1.2’de değinildiği gibi, belirleme yöntemlerinin kimya, fizik, biyoloji vb birçok bilim alanında uzmanlık gerektirmesi nedeniyle, seçilen yöntemi gerçekleştirecek ekip tarafından oluşturulması, uygulama kolaylığı ve sonuçların doğruluğu açısından yarar sağlamaktadır. Bu nedenle belirleme eylemlerinin planlanması öncesinde, belirlemeyi gerçekleştirecek ekibin oluşturulması gerekli görülmüştür.

Yapıda her etkilenim ortamındaki iç hava kirleticilerinin tür ve yoğunluk düzeyi verilerinin ölçüm yoluyla belirlenmesinde, Çizelge 5.5’te yer alan bilgiler uyarınca,

- Çizelge A. 13’te, o ortamda olduğu düşünülen kirletici türlerine uygun ölçüm yöntemine ve bu yöntemin uygulanmasında kullanılacak aygıtlara, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4’teki bilgiler;
- ölçümün ortamda gerçekleştirilmesi ya da kirleticilerin ortamda örneklenmesi durumunda,

- o ölçüm aygıtının ya da örnekleyici araçların ortamdaki konumuna, Çizelge A. 13'te kirleticilerin ve Çizelge A. 14'te kullanıcıların ortamdaki konumları bir araya getirilerek elde edilen ortamda etkilenimin gerçekleştiği konum,
- o ortamda gerçekleştirilen ölçümün ya da örneklemenin zamanına, süresine ve yinelenme sıklığına, Çizelge A. 13'te kirleticilerin ve Çizelge A. 14'te kullanıcıların ortamda bulunma zamanı, süresi ve sıklığı bir araya getirilerek elde edilen ortamdaki etkilenimin zamanı, süresi ve yinelenme sıklığı

yardımla karar verilebilir.

Ölçümün

- hesaplamayla desteklenmesinde, ayrıntılarına Bölüm 5.1.2.1'in b maddesinde değinilen hesaplama yöntemlerinden (tek ve çok bölgeli kütle denklığı modelleri);
- benzetimle desteklenmesinde, ayrıntılarına Bölüm 5.1.2.1'in c maddesinde değinilen bilgisayarlı akışkanlar dinamiği programlarından

uygun olanları, Çizelge A. 13'teki kirleticilere yönelik saptamalar yardımla seçilebilir.

Yapıdaki etkilenim ortamlarında bulunan kirleticilerin tür ve yoğunluk düzeyi verilerinin belirlenmesine yönelik oluşturulan kararlar Ek B'deki Çizelge B.1 kullanılarak listelenebilir. Ayrıca, bu çizelgedeki ölçüm ve örnekleme eylemlerinin kodlanarak, üzerinde ortam kodları ve sınırları yer alan kat planlarına işlenmesi yararlı görülmektedir. Böylece, oluşturulan kararlar doğrultusunda, her etkilenim ortamı için ilgili belirleme eylemleri gerçekleştirilerek, ortamlarda kullanıcıyı etkileyen kirletici türlerinin ortam havasındaki ve / ya da kullanıcının bünyesindeki yoğunluk düzeyleri elde edilebilir.

7.3.2 Etkilenime İlişkin Verilerin Belirlenmesi

Ortamlarda bulunan kirleticilerin tür ve yoğunluk verilerinin elde edilmesinden sonra, ön araştırma aşamasında oluşturulan Çizelge A.14'teki kullanıcıların birimleri kullanmasına ilişkin saptamalardan yararlanılarak, yapıdaki her etkilenim ortamında bulunan kullanıcıların, o ortamda olduğu belirlenmiş kirleticilerden

- bir günde kaç saat etkilendiğinin / etkilenim süresinin,
- etkilenmesinin yinelenme sıklığının / etkilenim sıklığının ve
- etkilenmesinin kaç yıldır sürdüğünün / etkilenim uzunluğunun,

belirlenmesi gerekmektedir.

Ardından, yapıdaki etkilenim ortamlarında var olduğu belirlenen her kirletici türü için, o ortamda bulunan kullanıcılara uygun sınırlar seçilmelidir. Söz konusu sınırların belirlenmesi için, öncelikle ortamda bulunan kirletici türlerinin, Çizelge 2.15, Çizelge 2.16 ve Çizelge 2.17’de kanser, kanser dışı sağlık sorunları ve sağlıksız bina sendromu belirtileri şeklinde gruplandırılmış bilgilerden yararlanılarak, Çizelge A. 14’teki kullanıcılarda hangi sağlık sorunlarına neden olabileceğine / hangi sağlık sorunu risklerini barındırdığına karar verilmesi yararlı görülmektedir.

Yapıdaki her etkilenim ortamında

- bulunduğu belirlenmiş tüm kirletici türlerine,
- bu kirletici türleriyle bir arada bulunan kullanıcıların¹
 - çizelge A. 14’teki duyarlılık durumuna ve duyarlı olduğu kirletici türlerine
 - etkilenim süresine,
- söz konusu kirletici türlerinin kullanıcılarda hangi sağlık sorunları riski oluşturduğuna ilişkin kararlara

göre, ayrıntılarına Bölüm 5.2.1’de değinilmiş, bilimsel alanyazında yer alan zorunluluklar taranarak uygun sınırlar (kirleticilerin havada belirli sürede aşılması gereken sınır yoğunluk düzeyleri, sınır dozlar ya da kabul edilebilir risk kestirimleri) belirlenebilir.

Bununla birlikte,

- bazı zorunluluklarda ele alınan

¹ Bu sınırların yapıdaki tüm kullanıcılar için ayrı ayrı seçilmesi önerilmektedir. Buna karşın, sürekli ya da geçici kullanıcı sayısı fazla olan yapılarda, söz konusu kullanıcılar ilgili özelliklerine göre gruplandırılarak her kullanıcı grubu için bir sınır değeri belirlenebilir.

- kirletici türlerinin belirli sayıda,
- sınırların yalnızca sağlıklı yetişkinler için oluşturulmuş,
- birden çok kirleticiden aynı anda etkilenimde
 - etki değişimiyle ilgili epidemiyolojik çalışmaların henüz yeterli olgunluk düzeyine erişememiş,
 - sağlık açısından değişen sınırların belirlenmesine yönelik çalışmaların sürdürülüyor

olması nedeniyle, elde edilmiş kullanıcı ve kirletici verilerine uygun sınırların bulunamaması durumunda, bilimsel alanyazında yer alan epidemiyoloji ve toksikoloji çalışmalarından yararlanılabilir.

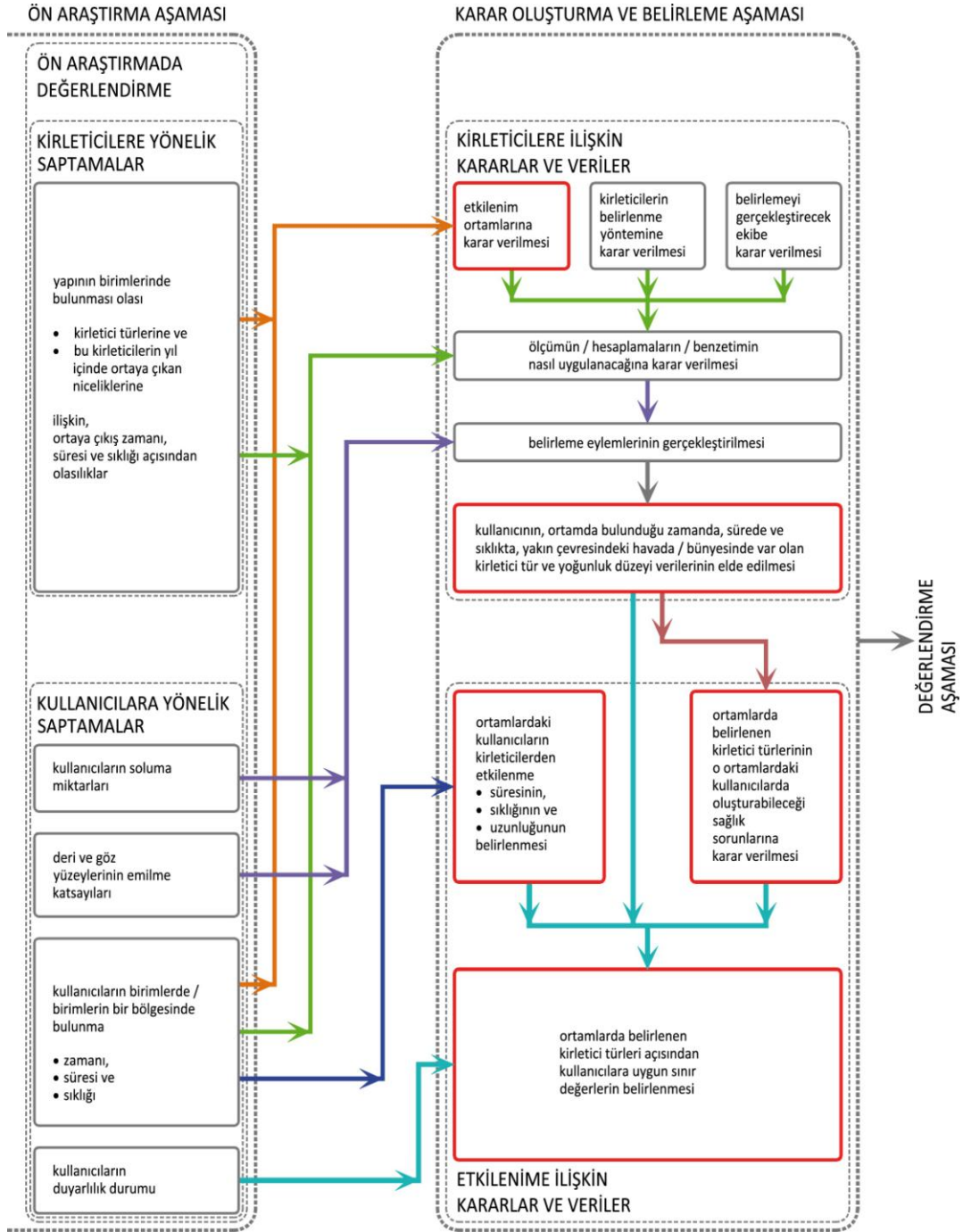
7.3.3 Değerlendirme için Elde Edilen Verilerin Bir Araya Getirilmesi

Ön araştırma aşaması sonucunda elde edilen kirleticilere ve kullanıcılara yönelik saptamalardan yararlanılarak oluşturulmuş kararlar ve bu kararlara göre, yapıdaki her etkilenim ortamında, aynı anda, belirli bir süre boyunca ve belirli sıklıkta bir arada bulunan kirleticiler ve kullanıcılara ilişkin

- iç hava kirleticilerinin
 - tür ve
 - yoğunluk düzeyi;
- kullanıcıların bu kirleticilerden etkilenimi kapsamında
 - belirlenmiş etkilenim süresi, sıklığı ve uzunluğu
 - kirleticilerin kullanıcılarda oluşturması olası sağlık sorunu grupları (kanser, kanser dışı ve sağlıklı bina sendromu),
 - seçilmiş uygun sınır değeri

verilerinin listelenmesinde Ek B'de bulunan Çizelge B.2'den yararlanılabilir.

Yapı içi hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilmesi için gerekli bu verilerin elde edilmesinde ilişkiler Şekil 7.3'te gösterilmiştir.



Şekil 7. 3 Değerlendirme için gerekli verilerin elde edilmesi

7.4 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi

Yaklaşımın son aşaması, belirlenen kirletici ve etkilenim verilerinin değerlendirildiği ve değerlendirme kararlarının oluşturulduğu aşamadır.

Bu aşamada öncelikle, Çizelge B.3'te listelenmiş, yapıdaki her etkilenim ortamında bulunan kullanıcılarda, o ortamda belirlenmiş kirletici türleri nedeniyle ortaya

çıkabileceği düşünölen olası sağlık sorunları ve her kullanıcı için, ortamda bulunan kirletici türlerine göre seçilmiş sınır değerlerin niteliği incelenmektedir.

Sınır değeri, kabul edilebilir risk kestirimleri olarak elde edilmiş ve ortamdaki etkilenim nedeniyle kullanıcıda kansere neden olabileceği düşünölen yapı içi hava kirleticileri için

- Bölüm 5.2.2’de yer alan (5.11) denklemi ve
- Çizelge B.2’deki kirleticinin yoğunluk düzeyi,
- Çizelge A.14’teki kullanıcının etkilenim süresindeki soluma miktarı,
- Çizelge B.3’teki kullanıcının bu kirleticiden etkileniminin süresi, sıklığı ve uzunluğu,
- Çizelge A. 11’deki kullanıcının beden ağırlığı

verileri kullanılarak süreğen günlük alım hesaplanabilir. Ardından, süreğen günlük alım değerinin, kanser etmeni ile çarpılması sonucunda, söz konusu ortamda yer alan bu kirletici türlerinin, ilgili kullanıcıda kanser oluşturma riskinin düzeyi belirlenmektedir. Değerlendirme, bu düzeyin, Çizelge B.3’te belirlenmiş sınır risk kestirimiyle karşılaştırılarak sonuçlandırılmaktadır.

Çizelge B.3’te, bir etkilenim ortamında bulunan kullanıcının duyarlılığına ve ortamda yer alarak, kullanıcıyı aynı anda etkileyen diğer kirletici türlerine göre, sınır değeri güvenli kabul edilebilir yoğunluk düzeyi olarak belirlenmiş ve ortamdaki kullanıcılarda kanser dışındaki hastalıklara ya da sağlıksız bina sendromuna neden olabileceği düşünölen yapı içi hava kirleticilerinin ilgili kullanıcıda oluşturduğu etkilenimin değerlendirilmesinde, aralıklı ölçeğın kullanıldığı öneri değerlendirme yönteminden yararlanılabilir. Ortaya konan farklı seçeneklerin değerinin belirlenmesi amacıyla yararlanılabilecek değerlendirme tekniklerinden birisi olan aralıklı ölçek, seçeneklerin arasındaki farkların nicelik olarak belirlendiği durumlarda kullanılmaktadır. Söz konusu teknikte bağıl olan bir başlangıç / sıfır noktası bulunmakta, ölçü aralıkları bir ölçek çizgisi üzerinde eşit olarak düzenlenmekte ve farklı birimleri olan seçenekler değerlendirilebilmektedir. Öneri değerlendirme yönteminde,

- yapıdaki bir etkilenim ortamında bulunan ve o ortamdaki kullanıcılarda kanser dışındaki hastalıklara ya da sağlıksız bina sendromuna neden olabileceği düşünölen kirletici türlerinin Çizelge B.2’de listelenmiş yoğunluk düzeyi verileri ile

- ortamdaki kullanıcıya ve diğer kirletici türlerine göre seçilmiş ve Çizelge B.3'te listenmiş sınır yoğunluk düzeyi verileri

aralıklı ölçek aracılığıyla karşılaştırılmaktadır. Söz konusu yöntemde, ortamdaki bir kullanıcının, ortamda yer alan bu tür bir kirleticiden etkilenimini değerlendirmek için

- bir aralıklı ölçek çizgisi oluşturulmakta,
- bu ölçeğin
 - alt sınırında sıfır,
 - üst sınırında ise kirleticinin söz konusu etkilenime göre seçilmiş sınır yoğunluk düzeyi

yer almaktadır. Aralıklı ölçeğin alt ve üst sınırları arasında kalan alan, EPA'nın oluşturduğu ve Çizelge 6.5'te gösterilmiş olan sınıflamaya benzer şekilde üç eşit parçaya ayrılmaktadır. Bu parçalardan

- birincisi (aralıklı ölçeğin alt sınırından başlayan parça) yeşil renkle anlatılmış, kullanıcının söz konusu ortamdaki etkilenimiyle ortaya çıkan durumun sağlıklı olma düzeyinin yüksek ya da sağlık açısından risksiz,
- ikincisi (aralıklı ölçeğin alt ve üst sınırlarının ortasında yer alan parça) sarı renkle anlatılmış ve kullanıcının söz konusu ortamdaki etkilenimiyle ortaya çıkan durumun sağlıklı olma düzeyinin orta ya da sağlık açısından risk oluşturabilir,
- üçüncüsü ise (aralıklı ölçeğin üst sınırıyla sonlanan parça) turuncu renkle anlatılmış ve kullanıcının söz konusu ortamdaki etkilenimiyle ortaya çıkan durumun sağlıklı olma düzeyinin düşük ya da sağlık açısından riskli

olduğunu göstermektedir (Çizelge 7.4). Aralıklı ölçeğin üst sınırının sağında kalan parça ise kırmızı renkle anlatılmış, kullanıcının söz konusu ortamda ilgili kirleticiden etkilenimiyle ortaya çıkan durumun sağlıksız / sınırı aşmış / sağlık açısından çok riskli olduğu belirtmektedir. Değerlendirme, kirleticinin Çizelge B.2'deki yoğunluk düzeyi bu ölçek üzerine işaretlenmesi ve kullanıcının söz konusu ortamdaki etkileniminin sağlıklı olma / oluşturduğu riskin düzeyinin elde edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Şekil 7.4'te, bir k ortamında yer alan ve yoğunluk düzeyi belirlenmiş a, b ve c kirleticilerinin, ortamdaki

x kullanıcıını etkilemesinin aralıklı ölçekten yararlanılarak değerlendirilmesi gösterilmiştir. Bu örnekte, k ortamındaki kullanıcıının her üç kirleticiden etkilenimi için ayrı bir aralıklı ölçek hazırlanmış; ölçeklerin üzerine, alt sınır olarak sıfır noktası, üst sınır olarak ortamdaki a, b ve c kirleticilerinin her biri için, x kullanıcıının duyarlılık ve bu üç kirleticiden aynı anda etkilenme durumuna göre seçilmiş sınır yoğunluk düzeyleri yerleştirilerek, iki sınır arası Çizelge 7.4'te gösterilen eşit yeşil, sarı ve turuncu parçalara ayrılmış; üst sınırın sağındaki alan ise kırmızı parça olarak belirlenmiştir. Söz konusu kirleticilerin ortamda kullanıcıyı etkileyen yoğunluk düzeylerinin aralıklı ölçek üzerine işaretlenmesiyle, şu yargılarda bulunulabilir:

- k ortamında v yoğunluk düzeyinde bulunarak x kullanıcıını t süre etkileyen a kirleticisi nedeniyle ortaya çıkan durumun sağlıklı olma düzeyi ortadır / durum x kullanıcıının sağlığı açısından riskli olabilir.
- k ortamında y yoğunluk düzeyinde bulunarak x kullanıcıını t süre etkileyen b kirleticisi nedeniyle ortaya çıkan durumun sağlıklı olma düzeyi yüksektir / durum x kullanıcıının sağlığı açısından risksizdir.
- k ortamda z yoğunluk düzeyinde bulunarak x kullanıcıını t süre etkileyen c kirleticisi nedeniyle ortaya çıkan durum x kullanıcıı açısından sağlıksızdır / x kullanıcıının sağlığı açısından çok risklidir.

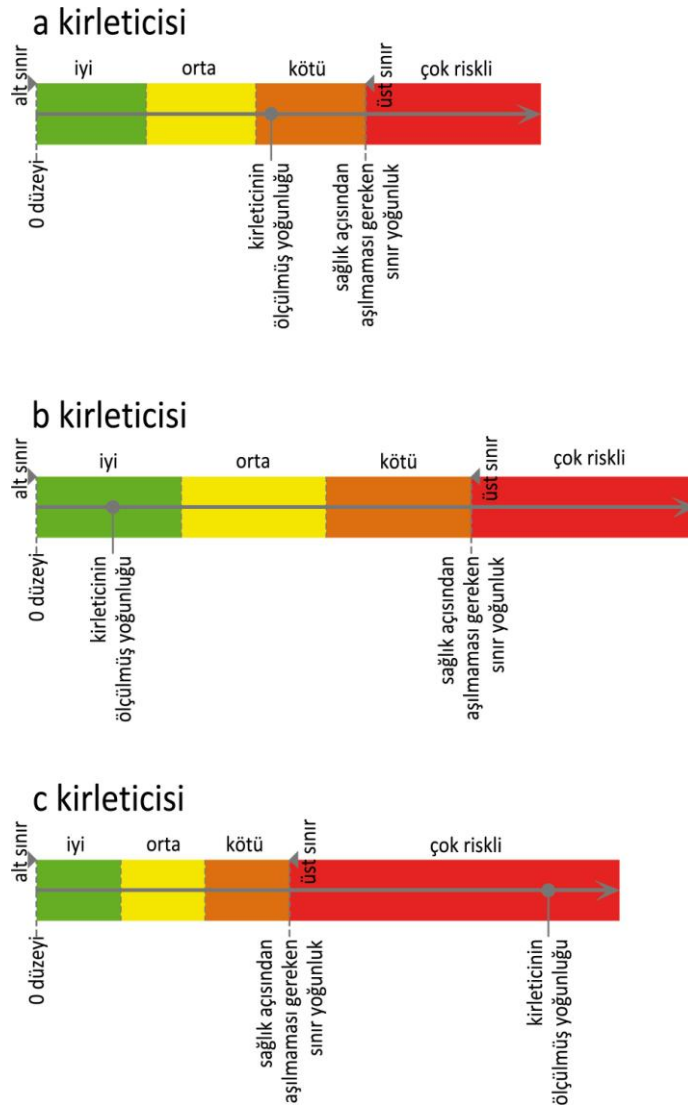
Bu değerlendirmenin ardından, gerekli görülmesi durumunda, ortamdaki kullanıcı açısından turuncu ve kırmızı bölgede yer alan, başka bir anlatımla kullanıcı açısından sağlıklı olma düzeyi düşük ve sağlıksız / riskli ve çok riskli olarak değerlendirilen kirleticilerin, kullanıcıda kanser dışındaki hastalıkları oluşturma riskinin düzeyi,

- Bölüm 5.2.2'de değinilmiş (5.12) denklemi,
- Çizelge B.2'deki kirletici yoğunluğu,
- Çizelge A.14'teki kullanıcıının etkilenim süresindeki soluma miktarı,
- Çizelge A.11'deki kullanıcıının beden ağırlığı

verileri kullanılarak en yüksek günlük alımın belirlenmesi ve bu değerin risk başvuru doz değerine bölünmesiyle hesaplanabilir.

Çizelge 7. 4 Önerilen değerlendirme yönteminde olumsuzluk düzeyleri

renkler	tanımlar
yeşil	iyi / sağlık açısından risksiz
sarı	orta / sağlık açısından riskli olabilir
turuncu	kötü / sınıra yakın / sağlık açısından riskli
kırmızı	sınırı aşmış / sağlıksız / sağlık açısından çok riskli



Şekil 7. 4 Önerilen değerlendirme yönteminin uygulanması

Belitilen nitelikteki değerlendirmenin gerçekleştirilmesi sonucunda, yapıdaki etkilenim ortamlarında yer alan ve yoğunluk düzeyleri belirlenmiş i hava kirleticilerinin, söz konusu ortamlarda bulunan kullanıcılarla bir araya gelmesiyle ortaya çıkan olumsuzluğa ilişkin oluşturulmuş kararlar / değerlendirme sonuçları, diğer bir anlatımla, yapıdaki **ortamlarda** yer alan **kirleticilerden** etkilenim sonucunda **kullanıcılarda** ortaya çıkması **olası sağlık sorunlarının türü**, etkilenimin kullanıcının sağlığı açısından **sağlıklı olma düzeyi**, kullanıcıda olası kanser türlerine ve kanser dışındaki hastalıklar kapsamında turuncu / kırmızı bölgede yer alan etkilenimlere ilişkin hesaplanmış **risk verileri** Ek C’de yer alan izelge C.1 yardımıyla listelenebilir.

Yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi yaklaşımı bu aşamayla sonlanmaktadır. Buna karşın, değerlendirilen ortamda karşılaşılan durumun, sonuçta tek bir değerle anlatılması istenirse, Sofuoglu ve Moschandreas [319] tarafından ofisler için oluşturulmuş Yapı İçi Hava Kirliliği Göstergesi yönteminden yararlanılabilir. Bu yöntemde, lmlş kirletici yoğunlukları kullanılarak, Sofuoglu ve Moschandreas tarafından geliştirilmiş bir formülle sıfır ile on arasında birimsiz bir değer olan hava kirliliği göstergesi hesaplanmaktadır. Söz konusu değerin, kirlilik düzeyi en düşük / hava niteliği en iyi durum (sıfır) ile kirlilik düzeyi en yüksek / hava niteliği en kötü durum (on) arasında yer aldığı ve böylece farklı ortamlar arasında karşılaştırma olanağı sağlanabildiği; ancak, belirlenen kirlilik durumunu ortaya çıkaran kirleticileri ve bu kirleticilerin sonucu ne oranda etkilediğini saptamak için değerin hesaplanmasından sonra tersine bir başlangıçla bu gösterge değerinin yeniden aılması gerektiği belirtilmiştir.

7.5 Yapı İçi Hava Kirliliğinin Kullanıcı Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

Yaklaşımının Adımları

Var olan yapılardaki yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi yaklaşımının modeli Şekil 7.5’te, yaklaşımın adımlarının gerçekleştirilmesinde görev alabilecek uzmanlar ise izelge 7.5’te görülmektedir. Temel olarak n araştırma, belirleme, değerlendirme aşamalarında veri toplama, değerlendirme ve karar üretme adımlarından oluşan bu yaklaşımın adımları Őöyle zetlenebilir:

Yapı İçi Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi Yaklaşımı

A. Yapıda ve dış çevresinde hava kirleticilerine yönelik ön araştırmanın gerçekleştirilmesi ve kirleticilere ilişkin verilerin elde edilmesi

A1 adımı: İncelenen yapının dış çevresinde gerçekleştirilmiş hava kirleticisi ölçüm sonuçlarının elde edilmesi

A2 adımı: Yapının dış çevresinde yer alan kirletici kaynaklarının belirlenmesi ve özelliklerinin incelenmesi

A3 adımı: Yapının iç çevresinde kirletici kaynağı olan yapı ürünlerinin ve kullanıcıların (kullanıcıların biyolojik yapıları ve eylemleri) belirlenmesi, bu kaynakların özelliklerinin incelenmesi

B. Yapıdaki ortamlara (birimlere) yönelik ön araştırmanın gerçekleştirilmesi ve ortamlara ilişkin verilerin elde edilmesi

B1 adımı: Yapının dış çevresinde yıl boyunca yapıyı etkileyen hava devinimlerinin belirlenmesi ve özelliklerinin incelenmesi

B2 adımı: Yapı birimlerindeki havalandırma türünün belirlenmesi ve özelliklerinin incelenmesi

B3 adımı: Yapının iç – dış çevresi arasında ve iç çevresindeki hava devinimlerinin belirlenmesi

B4 adımı: Birimlerin hacimlerinin hesaplanması

B5 adımı: Birimlerdeki hava sıcaklığının ve havanın bağıl nem oranının ölçülmesi, bu özelliklerin yıl içindeki verilerinin belirlenmesi

B6 adımı: Birimlerdeki havalandırma miktarının ölçülmesi, hava değişim sayısının hesaplanması ve bu özelliklerin yıl içindeki verilerinin belirlenmesi

B7 adımı: Birimlerdeki yüzeylerin hava kirleticileriyle etkileşim açısından özelliklerinin belirlenmesi

B8 adımı: Birimlerin mimari planlamasının ve birimlerdeki donanımın (eşya) yerleşiminin incelenmesi

C. Yapı kullanıcılarına (insanlar) yönelik ön araştırmanın gerçekleştirilmesi, yapıdaki sürekli ve geçici kullanıcıların etkilenimle ilgili verilerinin elde edilmesi

C1 adımı: Kullanıcıların yaşlarının belirlenmesi

C2 adımı: Kullanıcıların cinsiyetlerinin ve kadın kullanıcıların gebelik durumlarının belirlenmesi

C3 adımı: Kullanıcıların sigara içme, alkol tüketme, beslenme vb alışkanlıklarının belirlenmesi

C4 adımı: Kullanıcıların güncel ve geçmişteki sağlık durumlarının belirlenmesi

C5 adımı: Kullanıcıların yapı içi hava kirleticileriyle ilişkilendirilebilen duyularının, sağlık sorunlarının ve bedenlerindeki kirletici belirteçlerinin incelenmesi

C6 adımı: Kullanıcıların yapı birimlerinde gerçekleştirdiği eylemlerin belirlenmesi ve bu eylemlerin zamanlama, süre, yinelenme sıklığı açısından incelenmesi

D. Kirleticilere, ortamlara ve kullanıcılara ilişkin ön araştırma verilerinin değerlendirilerek kirleticilere yönelik saptamaların oluşturulması

D1 adımı: Yapının yakın dış çevresinde bulunan hava kirleticilerine ve bu kirleticilerin yoğunluk düzeylerine ilişkin olasılıkların saptanması (A1, A2, A3 ve B1 adımlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle)

D2 adımı: Yapının dış çevresinden, ürünlerinden ve kullanıcılardan kaynaklanan hava kirleticilerine ve bu kirleticilerin yoğunluk düzeylerine ilişkin olasılıkların saptanması (A3, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8 ve D1 adımlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle)

D3 adımı: Yapının birimlerinde bulunan iç hava kirleticilerine ilişkin tür ve yoğunluk düzeyi olasılıklarının saptanması (D2 adımında elde edilen verilerin C5 adımındaki verilerle ve kirleticiler arasında havada gerçekleşmesi olası etkileşimlerle değerlendirilmesi)

E. Ortamlara ve kullanıcılara ilişkin ön araştırma verilerinin değerlendirilerek kullanıcılara yönelik saptamaların oluşturulması

E1 adımı: Kullanıcıların duyarlılık durumunun ve duyarlı olduğu kirletici türlerinin saptanması (C1, C2, C3 ve C4 adımlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle)

E2 adımı: Kullanıcıların yapının birimlerinde bulunma zamanının, süresinin ve sıklığının saptanması (B8 ve C6 adımlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle)

E3 adımı: Kullanıcıların birimlerde gerçekleştirdiği eylemler sırasındaki soluma miktarlarının saptanması (C1, C2 ve C6 adımlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle)

E4 adımı: Kirleticilerin, kullanıcıların deri ve göz yüzeylerinden emilme katsayılarının (kullanıcıların deri ve göz yüzeylerinin geçirgenlik katsayılarının) saptanması (C1, C2 ve C4 adımlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle)

F. Kirleticilere ve kullanıcılara yönelik oluşturulmuş saptamalara göre yapıdaki etkilenim ortamlarında bulunan kirleticilerin tür ve yoğunluk düzeyi verilerinin belirlenmesi

F1 adımı: Yapıdaki etkilenim ortamlarının belirlenmesi (D3 ve E2 adımlarında elde edilen veriler yardımıyla)

F2 adımı: Ortamlardaki kirletici verilerinin belirlenmesine ilişkin uygun yöntem / yöntemlere karar verilmesi

F3 adımı: Belirleme eylemlerini gerçekleştirecek ekibe karar verilmesi

F4 adımı: Seçilen belirleme yönteminin / yöntemlerinin nasıl gerçekleştirileceğine karar verilmesi / uygulamanın planlanması (D3, E2 adımlarında elde edilmiş veriler ve F1, F2, F3 adımlarında oluşturulmuş kararlar yardımıyla)

F5 adımı: Kirletici verilerinin belirlenmesine yönelik kararların uygulanması

F6 adımı: Kullanıcının ortamda bulunduğu zamanda, sürede ve sıklıkta, yakın çevresindeki havada / bünyesinde ortaya çıkan kirleticilerin tür ve yoğunluk düzeyi verilerinin belirlenmesi

G. Kullanıcıların yapıdaki ortamlarda iç hava kirleticilerinden etkilenimine ilişkin kararların oluşturulması ve verilerin belirlenmesi

G1 adımı: Ortamlarda kullanıcıların kirleticilerden etkilenme süresinin, sıklığının ve uzunluğunun belirlenmesi (E2 adımıyla elde edilmiş veriler yardımıyla)

G2 adımı: Ortamlarda belirlenen kirletici türlerinin, o ortamlardaki kullanıcılarda oluşturabileceği sağlık sorunlarına karar verilmesi (F6 adımıyla elde edilen veriler uyarınca)

G3 adımı: Ortamlarda belirlenen her kirletici türünün, ortamdaki kullanıcıların özelliklerine ve kullanıcıyı aynı anda etkileyen diğer kirletici türlerine göre uygun sınır değerlerinin belirlenmesi (F6, G1, G2 ve E1 adımlarında elde edilen veriler uyarınca)

H. Kirleticilere ve etkilenime ilişkin elde edilen verilerin değerlendirilerek, yapıdaki ortamlarda bulunan kirleticilerin kullanıcılarda kanser oluşturma riskinin belirlenmesi

H1 adımı: Ortamlarda bulunan, kullanıcılarda kansere neden olabileceği düşünülen ve sınır değeri kabul edilebilir risk kestirimleri şeklinde elde edilmiş kirleticiler için kullanıcının günlük süreğen alım değerinin hesaplanması

H2 adımı: H1 adımıyla günlük süreğen alım değeri hesaplanan kirleticilerin bulunduğu ortamlardaki kullanıcılarda kanser oluşturma riskinin hesaplanması

İ. Kirleticilere ve etkilenime ilişkin elde edilen verilerin değerlendirilerek, yapıdaki ortamlarda bulunan kirleticilerin kullanıcılarda kanser dışı hastalıklar ve sağlıksız bina sendromu oluşturma riskinin belirlenmesi

Ortamlarda bulunan, kullanıcılarda kanser dışı hastalıklara ya da SBS'ye neden olabileceği düşünülen ve sınır değeri yoğunluk düzeyi / doz şeklinde elde edilmiş kirleticiler için, kullanıcıların etkileniminin sağlıklı olma düzeyinin, aralıklı ölçüğün kullanıldığı öneri değerlendirme yöntemi aracılığıyla belirlenmesi

J. Değerlendirme sonucunda, yapıdaki iç hava kirliliğinin kullanıcı sağlığı açısından oluşturduğu olumsuzlukla ilgili kararların üretilmesi

Yapıdaki her etkilenim ortamında bulunan kullanıcıların, ortamda var olan iç hava kirleticilerinden etkilenmeleri sonucunda

- kullanıcılarda hangi rahatsızlıkların ortaya çıkabileceğinin,
- kanser riski bulunması durumunda bu riskin düzeyinin,
- kanser dışı hastalıklar ve SBS kapsamında i adımında gerçekleştirilen değerlendirmenin turuncu ve kırmızı bölgede sonuçlanması durumunda ilgili hastalık risklerinin düzeyinin

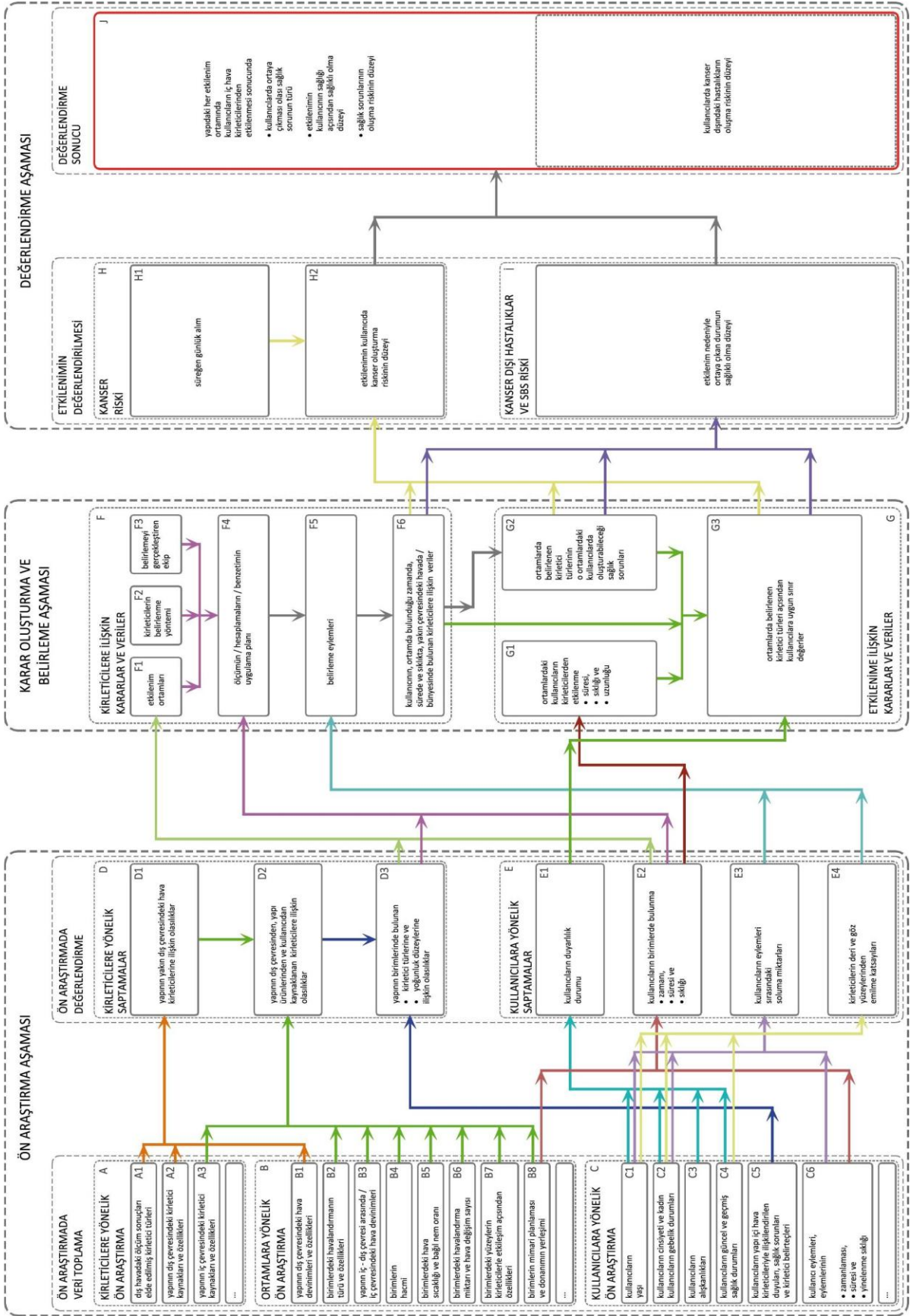
elde edilmesi

Çizelge 7. 5 Yaklaşımın uygulanmasında görev alan uzmanlar

UZMANLAR		mimar	peyzaj mimarı	...	inşaat mühendisi	makine mühendisi	çevre mühendisi	malzeme mühendisi	kimya mühendisi	fizik mühendisi	...	radon uzmanı	biyolog	hekim	psikolog	sosyolog	yapı fizikçi uzmanı	yapı biyolojisi uzmanı	risk uzmanı	...	
																					ADIMLAR
kirleticilere yönelik ön araştırma yapılması	A1	X																			
	A2	X	X		X	X						X	X					X			
	A3	X	X		X	X	X	X				X	X	X				X	X		
ortamlara yönelik ön araştırma yapılması	B1	X																			
	B2	X			X																
	B3	X															X				
	B4	X																			
	B5	X																X			
	B6	X				X															
	B7	X			X			X	X												
	B8	X																			
kullanıcılara yönelik ön araştırma yapılması	C1	X																			
	C2	X																			
	C3	X											X	X	X						

Çizelge 7. 5 Yaklaşımın uygulanmasında görev alan uzmanlar (devam)

ADIMLAR	UZMANLAR																			
	mimar	peyzaj mimarı	...	inşaat mühendisi	makine mühendisi	çevre mühendisi	malzeme mühendisi	kimya mühendisi	fizik mühendisi	...	radon uzmanı	biyolog	hekim	psikolog	sosyolog	yapı fiziyi uzmanı	yapı biyolojisi uzmanı	risk uzmanı	...	
kullanıcılara yönelik ön araştırma yapılması	C4												X							
	C5	X											X				X			
	C6	X												X	X		X			
kirlenmeye yönelik saptamalar	D1	X				X					X	X						X		
	D2	X			X	X												X		
	D3	X				X												X		
kullanıcılara yönelik saptamalar	E1												X					X		
	E2	X																X		
	E3												X							
	E4												X							
kirlenme verilerinin belirlenmesi	F1	X																X		
	F2	X																X		
	F3	X																X		
	F4	X				X		X	X	X	X	X						X		
	F5					X		X	X	X	X	X								
	F6	X																X		
etkilenime ilişkin verilerin belirlenmesi	G1	X																X		
	G2												X					X		
	G3												X					X		
kanseri riski	H1																			X
	H2																			X
durumun sağlıklı olma düzeyinin belirlenmesi	i	X																X		
kanser dışı hastalık riski	J																			X
sonuçların oluşturulması		X																X		



Şekil 7. 5 Yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesi modeli

ÖRNEK ÇALIŞMA: ÖNERİ YAKLAŞIMIN BİR MİMARLIK OFİSİNDE UYGULANMASI

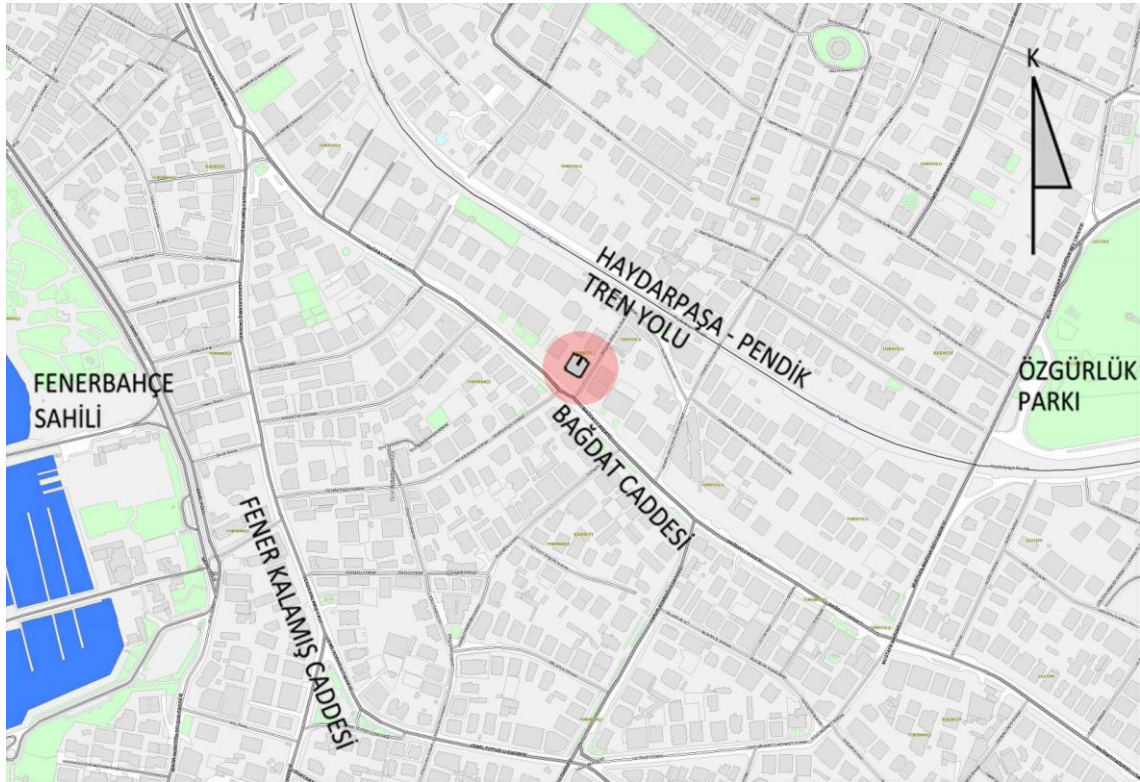
Yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi yaklaşımı, işlerliğinin denenmesi için, İstanbul'da bir mimarlık ofisinde uygulanmıştır. Ancak, kirleticilerin yoğunluk düzeyleri, ölçüm ya da diğer yöntemler kullanılmama olanağı olmadığından belirlenememiş, dolayısıyla yaklaşımın yalnızca ön araştırma aşaması gerçekleştirilmiştir. Yapının tanımlanmasıyla başlayan çalışma, ön araştırma aşaması kapsamında yapıdaki kirleticilerin, ortamların ve kullanıcıların incelemesi adımlarıyla sürdürülmüş, sonuçta ön araştırma ile elde edilen kirleticilere ve kullanıcılara ilişkin saptamalar elde edilmiştir.

8.1 Örnek Yapının Tanımlanması

Uygulamanın gerçekleştirildiği yapı, İstanbul Anadolu Yakası'nda bulunan bir apartmandır (Şekil 8.1). Konut olarak tasarlanmış bu yapıda, zemin ve ikinci kat dışındaki katlarda, konut olarak kullanılan birimler bulunmaktadır. Öneri yaklaşımın uygulaması, söz konusu konutlarda yaşayan kişilerin inceleme yapılmasını istememesi nedeniyle, yalnızca ikinci katta yer alan özel bir mimarlık şirketinin ofisinde gerçekleştirilmiştir. Yapının kimlik, nesne ve işlev tanımları Ek A'da bulunan Çizelge A.1 kullanılarak yapılmış, ilgili veriler Çizelge 8.1'de gösterilmiştir. Ayrıca, yapının içinde yer aldığı bölgeyi gösteren vaziyet planı Şekil 8.2'de, mimarlık ofisinin kat planı ise Şekil 8.3'te görülmektedir.



Şekil 8. 1 Uygulamanın gerçekleştirildiği örnek yapının görünüşü



Şekil 8. 2 Uygulamanın gerçekleştirildiği örnek yapının vaziyet planı

Çizelge 8. 1 Örnek yapının kimlik, nesne ve işlev açısından tanımlanması

incelenen yapının kimlik, nesne ve işlev olarak tanımlanması			
yapının adresi		Bağdat Cad. No: 117, Feneryolu, Kadıköy, İstanbul	
yapının konumu ve yönelmesi		Yapı Bağdat Caddesi'ne paralel konumlanmıştır. Bağdat Caddesi'ne bakan giriş cephesi güney batı; diğer cepheler ise giriş cephesinin sağından başlayarak güney doğu, kuzey doğu ve kuzey batı yönündedir.	
yapının bulunduğu bölgedeki iklim türü		ılıman nemli iklim tipi	
yapının türü (bitişik, ayrık, ikiz vb)		ayrık düzende apartman	
yapının kat alanı		325 m ²	
zemin üstündeki kat sayısı	beş	zemin altındaki kat sayısı	bir
yapının yaşı / yapım tarihi		yaklaşık olarak 30 yıllık bir yapı / 1980'ler	
incelenen mimarlık ofisindeki son yenilemenin yeri, kapsamı ve tarihi		2008'de ikinci katın bütününde, taşıyıcı sistem dışında tüm yapı ürünleri değiştirilmiş.	
yapının işlevi		zemin kat araba satış ofisi, birinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci katlar konut, ikinci kat mimarlık ofisi	
yapıdaki sürekli ve geçici kullanıcıların sayısı		sürekli kullanıcı sayısı: 24, geçici kullanıcı sayısı: yaklaşık 5	
iletişim kurulan yapı yetkilisi		Mimar Volkan DAĞDEVİREN	

8.2 Örnek Yapıda Ön Araştırma Yapılması

Çalışmanın bu bölümünde, yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesi yaklaşımının uygulandığı mimarlık ofisi kapsamında yapı içi hava kirleticilerine, ortamlara ve kullanıcılara yönelik ön araştırma gerçekleştirilmiş ve ilgili veriler toplanmıştır. Ön araştırmanın sonucunda, elde edilmiş kirletici – ortam – kullanıcı verileri çeşitli şekillerde bir araya getirilerek değerlendirilmiş ve mimarlık ofisinin birimlerinde yer alan kirleticilere ve kullanıcılara yönelik saptamalar oluşturulmuştur.



Şekil 8. 3 Mimarlık ofisinin bulunduğu ikinci katın planı

8.2.1 Örnek Yapıda Kirleticilere Yönelik Ön Araştırma Yapılması

Örnek yapıda gerçekleştirilen ön araştırma kapsamında, mimarlık ofisinde ve dış çevresindeki kirletici kaynakları belirlenmiş ve incelenmiştir.

Öncelikle, Kadıköy'de bulunan hava kalitesi istasyonlarında 2012 yılında yapılmış ölçümlerle, dış havada belirlenmiş kirleticilerin 2012 yılı boyunca aylık ortalama yoğunluk düzeyleri elde edilmiştir (Çizelge 8.2). Yapının dış çevresinin incelemesinde harita ve hava fotoğraflarından, bölgede dış hava kirleticileriyle ilgili gerçekleştirilmiş çalışmalardan yararlanılmış, ayrıca bölge gezilerek yerinde gözlem yapılmıştır. Bu kapsamda belirlenen kirletici kaynaklarının özellikleri, Ek A'da bulunan Çizelge A.3 yardımıyla Çizelge 8.3'te, konumları ise çizelgede yer alan kodları aracılığıyla Şekil 8.4'te yer alan vaziyet planı üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 8. 2 Kadıköy’de 2012 yılında dış havadaki ortalama kirletici yoğunlukları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
[320]

aylara göre kirletici yoğunlukları	aylar												yıllık ortalama
	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	
SO₂	8	7	6	7	5	5	4	4	3	4	4	3	5
PM₁₀	55	67	60	51	44	47	41	35	33	57	47	51	49
CO	770	757	594	874	468	444	388	358	339	552	689	921	596
NO	48	41	24	49	22	20	5	8	11	49	32	58	30
NO₂	57	55	44	67	63	59	43	53	39	51	50	56	53
O₃	12	37	31	36	23	36	43	41	36	20	12	9	28

Çizelge 8.3 Örnek yapının dış çevresindeki kirlenici kaynaklarının incelenmesi

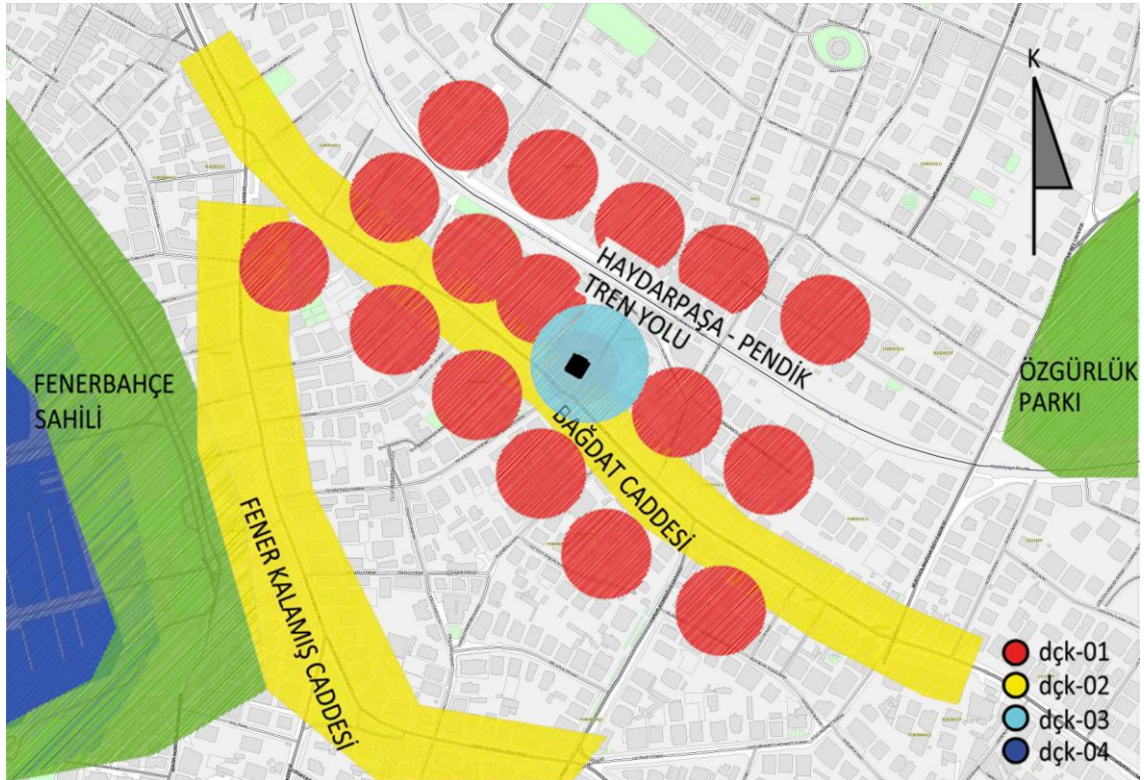
dış çevredeki kirlenici kaynakları	kaynak kodu	kaynağın özellikleri	salımın özellikleri	kaynaktan salındığı düşünülen kirlenici türleri	kirlenicilerin olası taşınma yolları
dış çevrede yer alan yapılar	dçk-01	Örnek yapının dış çevresinde bulunan diğer yapılardan yalnızca ısınma ve pişirme için yakıt yakılması sonucu oluşan atıkların kaynaklandığı düşünülmektedir.	Isıtmanın gerçekleştirildiği ekim – nisan ayları boyunca, yüksek yoğunluk düzeyinde her yıl yinelenen şekilde, egemen hava devinimleri doğrultusunda	doğalgazın yanmasıyla oluşan atıklar: çoğunlukla karbondioksit, düşük düzeyde karbonmonoksit ve azot oksitler	hava devinimleri ile
motorlu taşıtlar	dçk-02	Örnek yapının yer aldığı ada, kuzey yönünde Haydarpaşa – Pendik tren yolu, ve yüksek trafik yoğunluğu olan Fahrettin Kerim Gökay Caddesi, güneyinde ve batısında yine trafik yoğunluğu yüksek Bağdat Caddesi yer almaktadır.	gün boyunca yüksek, sabah ve akşam saatlerinde çok yüksek yoğunluk düzeyinde her gün yinelenen şekilde, her yöne doğru	benzin, mazot ve LPG'nin yanmasıyla oluşan egzoz dumanı: çoğunlukla karbonmonoksit, azot oksitler, parçacıklar, benzen, toluen, ksilen, formaldehit ve etil benzen	hava devinimleri ile
dış çevredeki toprak	dçk-03	TAEK'in [321] hazırladığı raporda, Çekmece ve Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezleri tarafından İstanbul'daki yapıların zemin ve bodrum katlarında gerçekleştirilen ölçümlere göre yapı içinde ortalama 52,55 Bq/m ³ yoğunluk düzeyinde radon olduğu belirtilmiştir. Bunun dışında, örnek yapının dış çevresinde topraktan kaynaklanan kurşun, parçacıklar vb kirlenicilerin olmadığı düşünülmektedir. Salım yıl boyunca süreklidir.		radon	zemin ile yapı arasındaki basınç farkı, moleküler iletim, hava devinimleri ile

Çizelge 8.3 Örnek yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının incelenmesi (devam)

dış çevredeki kirletici kaynakları	kaynak kodu	kaynağın özellikleri	salınımın özellikleri	kaynaktan salındığı düşünülen kirletici türleri	kirleticilerin olası taşınma yolları
dış çevredeki su	dçk-04	Örnek yapının Fenerbahçe Sahili'ne yakın olması nedeniyle, havada deniz tuzu kristallerini içeren parçacıklar bulunabilir. Salınım yıl boyunca sürekli dir.		parçacıklar	hava devinimleri ile
dış çevredeki bitkiler	dçk-05	Örnek yapının doğusunda Özgürlük Parkı, batısında ise Fenerbahçe Sahili'ndeki yeşil doku bulunmaktadır.	yılda yalnızca bahar aylarında, mart – nisan süresince, her yıl yinelenen şekilde, hava devinimlerinin doğrultusunda	polenler	hava devinimleri, insanların ve hayvanların bedenleri ile
dış çevredeki küf mantarları	dçk-06	-	-	küf mantarı sporları	hava devinimleri, insanların ve hayvanların bedenleri ile
dış çevredeki hayvanlar ve böcekler	dçk-07	-	-	parçacıklar	hava devinimleri, insanların ve hayvanların bedenleri ile

Kadıköy'deki hava kalitesi istasyonlarında gerçekleştirilen ölçümler, dış havada karbonmonoksitin yıl boyunca diğer kirleticilere oranla daha yoğun olduğunu, bununla birlikte, azot dioksit ve ozon dışındaki kirletici yoğunluklarının yaz aylarında, kış aylarına göre daha düşük; azot dioksit yoğunluğunun yıl boyunca birbirine yakın düzeylerde; ozonun ise yaz aylarında, diğer aylara göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu verilere ek olarak Çizelge 8.3'teki incelemeler uyarınca, örnek yapının dış çevresindeki havada

- yıl boyunca yüksek yoğunluk düzeyinde, deniz tuzu kristallerini, küf mantarı sporlarını, böcek dışkılarını ve hayvan tüylerinin parçalarını içerebilen PM_{10} ; $PM_{0,1}$, benzen, tolüen, ksilen, formaldehit, etil benzen;
- bahar aylarında polen,
- zemine yakın konumda yıl boyunca düşük yoğunluk düzeyinde radon bulunabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. 4 Örnek yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının konumu

Mimarlık ofisindeki bulunan yapı ürünleri (Şekil 8.5 ve Şekil 8.6), yerinde gözlem yapılarak ve ofis yöneticisiyle görüşerek iç hava kirleticileri açısından incelenmiş ve bu kirletici kaynaklarının özellikleri, Ek A'da bulunan Çizelge A.4'ten yararlanılarak oluşturulmuş Çizelge 8.4'te; yapıda yalnızca belirli birimlerde bulunan kaynakların konumları ise çizelgedeki kodları aracılığıyla kat planı üzerinde Şekil 8.7'de gösterilmiştir.



Şekil 8. 5 Açık ofis birimindeki yapı ürünleri



Şekil 8. 6 Koridordaki yapı ürünleri

Çizelge 8. 4 Örnek yapıdaki kirlenme kaynağı yapı ürünlerinin incelenmesi

birim kodu	kirlenme kaynağı olan yapı ürünleri	ürün kodu	ürünün yüzey özellikleri	salınım özellikleri	üründen kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirlenme türleri
201 – giriş holü	plastik esaslı döşeme kaplaması	yü-01	gözeneksiz yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
202 – açık ofis	yapay ahşap parke döşeme kaplaması	yü-02	gözeneksiz yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
203 – personel dinlenme odası	alçı levha kaplama tavan	yü-03	sıva üzeri selülozik boya	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
204 – bilgi işlem odası	plastik esaslı döşeme kaplaması	yü-01	gözeneksiz yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
tüm birimler	tuğla duvar	yü-04	sıva üzeri selülozik boya kaplı	Ürünün hammadde radon bulunması durumunda salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir.	radon

Çizelge 8. 4 Örnek yapıdaki kirlenici kaynağı yapı ürünlerinin incelenmesi (devam)

birim kodu	kirlenici kaynağı olan yapı ürünleri	ürün kodu	ürünün yüzey özellikleri	salınım özellikleri	üründen kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirlenici türleri
tüm birimler	selülozik duvar boyası	yü-05	gözeneksiz yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
tüm birimler	betonarme döşeme	yü-06	-	Ürünün hammadesinde radon bulunması durumunda salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir.	radon
202 dışındaki birimler	plastik boyalı tavan	yü-07	gözeneksiz yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
tüm birimler	yapay ahşap levha kapılar	yü-08	-	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
202, 205, 206, 207, 208, 214, 215, 216	sentetik kumaş kaplama sandalye	yü-09	gözenekli yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler
	yapay ahşap levha masalar	yü-10	gözeneksiz yüzey	Salınım yıl boyunca, sürekli, kesintisiz, her yöne doğru olabileceği düşünülmektedir. Sıcak dönemde salınım miktarı yüksek olabilir.	uçucu organik bileşikler



Şekil 8. 7 Örnek yapıda kirletici kaynağı olan yapı ürünlerinin konumları

Örnek yapıdaki kullanıcılar ve eylemleri, iç hava kirleticileri açısından incelenmiştir. Mimarlık ofisinde insanlar dışında hayvan ya da bitki bulunmamaktadır. Yapıda 24 sürekli kullanıcı ve çoğunlukla 5 kişiye kadar olabilen, yapıyı yalnızca toplantı yapmak amacıyla seyrek olarak kullanan geçici kullanıcılar yer almaktadır. Söz konusu kullanıcıların biyolojik yapılarından yalnızca solunum sonucunda karbondioksitin, solunum ve tuvalet gereksinmesi nedeniyle bazı uçucu organik bileşiklerin ve deri döküntüleri nedeniyle parçacıkların kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle Ek A'da yer alan Çizelge A.5'in kullanılması gereksiz görülmüştür. Yapı içi hava kirleticilerinin salınmasına neden olduğu düşünülen kullanıcı eylemleri ise Ek A'da yer alan Çizelge A.6 aracılığıyla incelenmiş ve kodlanan bu kaynakların özellikleri Çizelge 8.5'te, yapıda belirli bir birimde gerçekleştirilen eylemler ise kodları aracılığıyla Şekil 8.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 8. 5 Örnek yapıdaki kirlenme kaynağı kullanıcı eylemlerinin incelenmesi

birim kodu	eylemler ve eylem sırasında kullanılan ürünler	eylem kodu	eylemleri gerçekleştiren kullanıcıların kodları	eylemlerin zamanlaması, süresi ve sıklığı	salımın doğrultusu	eylemlerden kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirlenme türleri
tüm birimler	yürüme	ke-01	tüm kullanıcılar	-	-	parçacıklar
217	yemek pişirme – doğalgazlı ocak ve yiyecekler	ke-02	sk-24	hafta içi her gün 09.00 – 12.30 arasında	-	parçacıklar, karbondioksit ve azot oksitler
202, 205, 206, 208, 215, 216	bilgisayarda çalışma	ke-03	sk-24 dışındaki tüm süreklili kullanıcılar	hafta içi her gün 09.00 – 18.00, cumartesi günleri 09.00 – 13.00	her yöne	uçucu organik bileşikler, parçacıklar
202, 204, 205, 208	yazıcının / fotokopi aygıtının kullanılması	ke-04	-	hafta içi her gün 09.00 – 18.00, cumartesi günleri 09.00 – 13.00	-	ozon, parçacıklar, uçucu organik bileşikler
tüm birimler	temizlik yapılması – elektrik süpürgesinin kullanılması	ke-05	sk-24	çarşamba günleri 08.00-09.00, cumartesi günleri 14.00-18.00	her yöne	parçacıklar
tüm birimler	temizlik yapılması – toz alma	ke-06	sk-24	çarşamba günleri 08.00-09.00, cumartesi günleri 14.00-18.00	her yöne	parçacıklar

Çizelge 8. 5 Örnek yapıdaki kirlenici kaynağı kullanıcı eylemlerinin incelenmesi (devam)

birim kodu	eylemler ve eylem sırasında kullanılan ürünler	eylem kodu	eylemleri gerçekleştiren kullanıcıların kodları	eylemlerin zamanlaması, süresi ve sıklığı	salınımın doğrultusu	eylemlerden kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirlenici türleri
tüm birimler	temizlik yapılması – kimyasal temizlik ürünlerinin kullanılması	ke-07	sk-24	çarşamba günleri 08.00-09.00, cumartesi günleri 14.00-18.00	her yöne	uçucu organik bileşikler
202, 204, 205, 206, 207, 208, 214, 215, 216	yapma havalandırma sisteminin kullanılması	ke-08	-	çoğunlukla sıcak dönemde hafta içi 09.00-18.00, cumartesi günleri 09.00-13.00	üfleme menfezlerinden havanın çıkış doğrultusunda	parçacıklar, virüsler, bakteriler, polenler, küf mantarı sporları



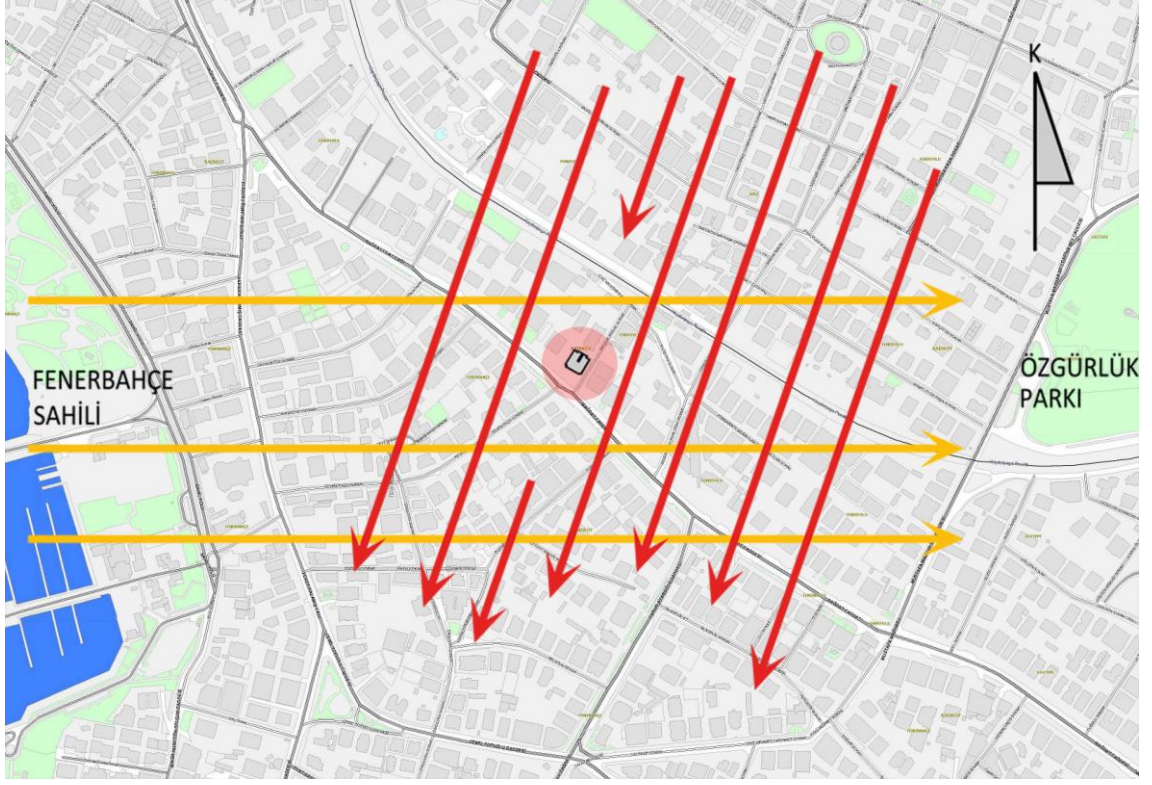
Şekil 8. 8 Örnek yapıda kirletici kaynağı olan kullanıcı eylemlerinin konumları

8.2.2 Örnek Yapıda Ortamlara Yönelik Ön Araştırma Yapılması

Örnek yapıda ortamlara yönelik gerçekleştirilen ön araştırma çalışmaları, mimarlık ofisinin yer aldığı bölgede, yapıyı etkileyen dış hava devinimleri, hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı verilerinin elde edilmesiyle başlamıştır. İlgili veriler, Ek A'da yer alan Çizelge A.7 yardımıyla Çizelge 8.6'da listelenmiştir. Çizelge 8.6'da yılın büyük bölümündeki egemen rüzgar yönünün kuzey doğu olduğu görülmektedir. Ayrıca, incelenen yapının Fenerbahçe Sahili'ne yakın olması nedeniyle, batıdan gelen meltemlerden etkilenebileceği düşünülmektedir. Dış çevrede yapıyı etkileyen hava devinimlerinin yönü Şekil 8.9'daki vaziyet planı üzerinde belirtilmiştir.

Çizelge 8. 6 Örnek yapının yer aldığı bölgede dış havaya ilişkin özellikler

	aylar												yıllık ortalama	
	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık		
havayla ilgili iklim özellikleri														
ortalama rüzgar hızlarına göre egemen hava devinimlerinin yönü [322]	KD	KD	GB	B	KD	KD, B	KD	KD	KD	KD	KD	K	K	KD
esme sayısına göre egemen hava devinimlerinin yönü [322]	KKD	KKD	KKD	KKD	KKD	KKD	KKD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KKD
egemen hava devinimlerinin ortalama hızı (m/s) [322]	1,6	1,7	1,9	1,8	2	2,4 - 2,2	2,7	2,5	1,9	2,5	1,6	1,6	1,6	1,5
ortalama dış hava sıcaklığı (°C) [323]	6,5	6,5	8,3	12,7	17,6	22,7	24,5	24,2	20,9	16,4	12,2	8,6	15	
dış havanın ortalama bağıl nem oranı (%) [322]	72,6	73,9	69,4	65,6	62,2	61,8	61,9	64,6	67,6	67,5	75,3	72,5	67,9	



Şekil 8. 9 Örnek yapıyı etkileyen dış hava devinimleri

Ortamlara yönelik ön araştırmada gerçekleştirilen inceleme eylemleri, mimarlık ofisindeki birimlerin havalandırma özelliklerinin belirlenmesiyle sürmüştür. Ek A'da bulunan Çizelge A.8 yardımıyla, yerinde yapılan gözlemler ve ofis sorumlusundan edinilen veriler Çizelge 8.7'de; Çizelge 8.6'daki dış hava verileri ile Çizelge 8.7'deki havalandırmaya ilişkin veriler birleştirilmesiyle, yapı birimlerinin iç çevresinde ve iç – dış çevresi arasında ortaya çıkan hava devinimleri ise Şekil 8.10'daki kat planı üzerinde gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında, mimarlık ofisindeki birimlerin hacimleri hesaplanmıştır (Çizelge 8.8). Ancak, birimlerdeki hava sıcaklığı ve havanın bağıl nem oranları ölçülemedi. Buna karşın, ofis sorumlusuyla görüşülerek, soğuk dönemde, doğalgazlı merkezi sisteme bağlı alüminyum radyatörlerin kullanılmasıyla, birimlerdeki hava sıcaklığının ortalama 24 °C – 26 °C; sıcak dönemde ise klimaların kullanılmasıyla, çoğunlukla 18 °C – 20 °C arasında tutulduğu öğrenilmiştir. Birimlerde havalandırma miktarları ve hava değişim sayıları belirlenmemiştir.

Çizelge 8. 7 Örnek yapıdaki ortamlarda havalandırma özelliklerinin incelenmesi

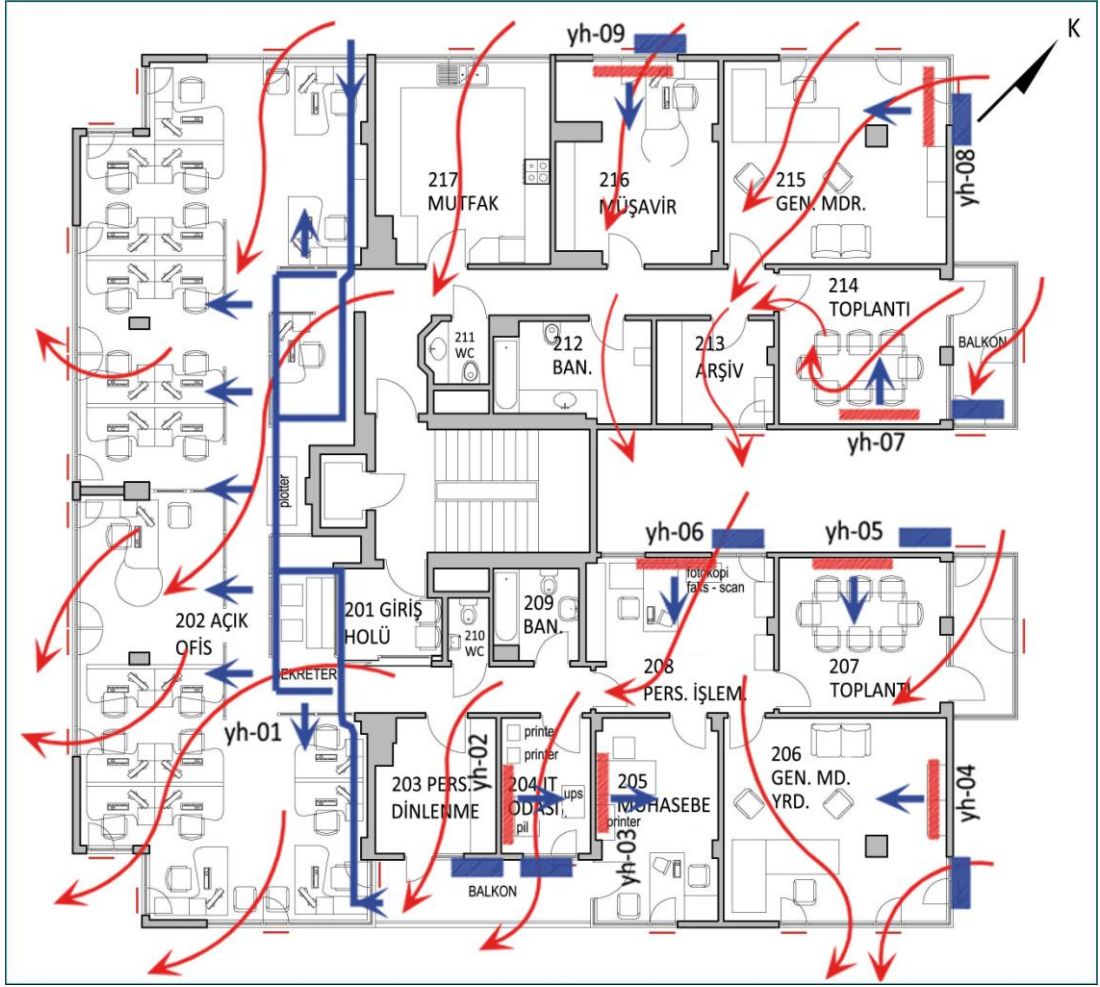
birimler		202	203	204	205
havalandırma özellikleri		doğal ve yapma	doğal	doğal ve yapma	doğal ve yapma
birimdeki havalandırmanın türü		doğal ve yapma	doğal	doğal ve yapma	doğal ve yapma
sistemin özellikleri		kullanıcı denetiminde, iklimlendirme sağlamayan, yalnızca dış havanın birime aktarılması amacıyla kullanılan yapma havalandırma sistemi	-	duvar tipi split klima	duvar tipi split klima
sistemin kodu		yh-01		yh-02	yh-03
sistemin çalıştırılma zamanı ve süresi		çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00		çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00	çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00
sistemin dış havayı aldığı yerler		güneydoğu cephesindeki dış ünite ve kuzeybatı cephesi		güneydoğu cephesindeki dış ünite	güneydoğu cephesindeki dış ünite
pencerelerin açılma zamanı ve açık tutulma süresi		hafta içi sabah 08.00 – 09.00 saatleri arasında havalandırma amaçlı, gün içinde diğer zamanlar değişken	değişken	değişken	hafta içi sabah 08.00 – 09.00 saatleri arasında havalandırma amaçlı, gün içinde diğer zamanlar değişken
pencerelerin kanat düzeni ve açılışı		alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni	balkon kapısı	balkon kapısı	balkon kapısı, pencerede alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni
doğal havalandırma					
yapma havalandırma sistemi					

Çizelge 8.7 Örnek yapıdaki ortamlarda havalandırma özelliklerinin incelenmesi (devam)

birimler		206	207	208	213	214
havalandırma özellikleri		doğal ve yapma	doğal ve yapma	doğal ve yapma	doğal	doğal ve yapma
birimdeki havalandırmanın türü		duvar tipi split klima	duvar tipi split klima	duvar tipi split klima	-	duvar tipi split klima
sistemin özellikleri		yh-04	yh-05	yh-06		yh-07
sistemin kodu						
sistemin çalıştırılma zamanı ve süresi		çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00	yalnızca toplantı yapıldığı zaman	çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00		yalnızca toplantı yapıldığı zaman
sistemin dış havayı aldığı yerler		kuzeydoğu cephesindeki dış ünite	kuzeybatı cephesindeki dış ünite	kuzeybatı cephesindeki dış ünite		kuzeydoğu cephesindeki dış ünite
pencerelerin açılma zamanı ve açık tutulma süresi		hafta içi sabah 08.00 – 09.00 saatleri arasında havalandırma amaçlı, gün içinde diğer zamanlar değişken	değişken	hafta içi sabah 08.00 – 09.00 saatleri arasında havalandırma amaçlı, gün içinde diğer zamanlar değişken	çoğunlukla kapalı tutuluyor.	değişken
pencerelerin kanat düzeni ve açılışı		alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni	balkon kapısı	alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni	alttan ve yandan menteşeli kanat	balkon kapısı
doğal havalandırma						

Çizelge 8.7 Örnek yapıdaki ortamlarda havalandırma özelliklerinin incelenmesi (devam)

birimler		215	216	217	209 ve 210	211 ve 212
havalandırma özellikleri		doğal ve yapma	doğal ve yapma	doğal	doğal	doğal
birimdeki havalandırmanın türü		duvar tipi split klima	duvar tipi split klima	-	-	-
sistemin özellikleri		duvar tipi split klima	duvar tipi split klima	-	-	-
sistemin kodu		yh-08	yh-09	-	-	-
sistemin çalıştırılma zamanı ve süresi		çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00	çoğunlukla sıcak dönemde, hafta içi 09.00 – 18.00, cumartesi 09.00-13.00	-	-	-
sistemin dış havayı aldığı yerler		kuzeydoğu cephesindeki dış ünite	kuzeybatı cephesindeki dış ünite	-	-	-
pencerelerin açılma zamanı ve açık tutulma süresi		hafta içi sabah 08.00 – 09.00 saatleri arasında havalandırma amaçlı, gün içinde diğer zamanlar değişken	hafta içi sabah 08.00 – 09.00 saatleri arasında havalandırma amaçlı, gün içinde diğer zamanlar değişken	değişken	değişken	değişken
pencerelerin kanat düzeni ve açılışı		alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni	alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni	alttan ve yandan menteşeli kanat düzeni	havalandırma bacasına açılan ızgara	havalandırma bacasına açılan ızgara
doğal havalandırma						



Şekil 8. 10 Örnek yapıdaki hava devinimleri

Çizelge 8. 8 Örnek yapıdaki birimlerin hacimleri

birimler	değerler
201 giriş holü	11,6 m ³
202 açık ofis	284 m ³
203 personel dinlenme	20,3 m ³
204 bilgi işlem odası	15,6 m ³
205 muhasebe	31,9 m ³
206 genel müdür yardımcısı	58,7 m ³
207 toplantı	31,9 m ³

Çizelge 8. 8 Örnek yapıdaki birimlerin hacimleri (devam)

birimler	değerler
208 personel işlemleri	35,9 m ³
213 arşiv	15,9 m ³
214 toplantı	32,1 m ³
215 genel müdür	58,5 m ³
216 müşavir	41,4 m ³
217 mutfak	44,3 m ³

Mimarlık ofisini oluşturan birimlerde bulunan yüzeyler, kirleticilerle olası etkileşimleri belirlemek üzere incelenmiştir. Yapıdaki yüzeylerde görünür küfle karşılaşmamıştır. Elde edilen veriler, Ek A'da bulunan Çizelge A.10 yardımıyla, Çizelge 8.9'da listelenmiştir.

Çizelge 8. 9 Örnek yapıda ortamlardaki yüzey özelliklerinin incelenmesi

birim	yüzey	yüzeyin özellikleri	etkileşime girebilecek kirletici	etkileşimin türü
202	yapay ahşap çalışma masaları	pürüzsüz, ince gözenekli	parçacıklar	tutunma
	yapay ahşap döşeme kaplaması	pürüzsüz, ince gözenekli	parçacıklar	tutunma
	alçı levha tavan kaplaması	pürüzsüz, ince gözenekli	uçucu organik bileşikler	emme
	sentetik kumaş kaplı sandalyeler	pürüzlü, gözenekli	uçucu organik bileşikler	emme

Çizelge 8. 9 Örnek yapıda ortamlardaki yüzey özelliklerinin incelenmesi (devam)

birim	yüzey	yüzeyin özellikleri	etkileşime girebilecek kirletici	etkileşimin türü
205, 206, 207, 208	yapay ahşap çalışma masaları	pürüzsüz, ince gözenekli	parçacıklar	tutunma
	yapay ahşap döşeme kaplaması	pürüzsüz, ince gözenekli	parçacıklar	tutunma
	sentetik kumaş kaplı sandalyeler	pürüzlü, gözenekli	uçucu organik bileşikler	emme
214, 215, 216	yapay ahşap çalışma masaları	pürüzsüz, ince gözenekli	parçacıklar	tutunma
	yapay ahşap döşeme kaplaması	pürüzsüz, ince gözenekli	parçacıklar	tutunma

8.2.3 Örnek Yapıdaki Kullanıcılara Yönelik Ön Araştırma

Mimarlık ofisinde gerçekleştirilen ön araştırma kapsamında, öncelikle sürekli kullanıcılara, bir örneği Ek D’de görülebilen anket yapılarak, kullanıcıların cinsiyetine, yaşına, beden ağırlığına, güncel ve geçmiş sağlık durumlarına, sigara içme alışkanlıklarına ilişkin veriler elde edilmiştir. Mimarlık ofisinde gebe kadın kullanıcı bulunmamaktadır. Ayrıca, söz konusu anket kapsamında, kullanıcıların, ofiste buldukları sürede,

- egzoz dumanı, yemek, tuvalet, küf, kimyasal temizleyici vb rahatsız edici bir koku duyumsama; yüzeylerde toz, polen ve ofis birimlerinde fare, böcek görme durumları
- solunum sistemi, göz, deri ve sinir sistemine ilişkin çeşitli rahatsızlıklarının varlığı

sorulmuştur. Elde edilen yanıtlar Ek A’da bulunan Çizelge A.11’den yararlanılarak Çizelge 8.10’da listelenmiştir.

Çizelge 8. 10 Örnek yapıdaki kullanıcıların biyolojik özelliklerinin incelenmesi

kullanıcı kodları	cinsiyet	yaş	beden ağırlığı (kg)	alışkanlıklar	güncel sağlık durumu	geçmiş sağlık durumu	iç hava kirlenmelerle ilişkilendirilen duyuuları	iç hava kirlenmelerle ilişkilendirilebilen sağlık sorunları ve sorunların ortaya çıkış zamanlaması				
								solunum sistemi sorunları	göz sorunları	deri sorunları	sinir sistemi sorunları	
sk-1	kadın	24	50	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-	-
sk-2	erkek	30	69	-	sağlıklı	sağlıklı	-	var / sabah	-	-	-	-
sk-3	kadın	36	62	alkol	astım	sağlıklı	-	var / sabah	-	var / sabah	-	-
sk-4	kadın	28	55	-	migren	sağlıklı	-	-	-	var / öğleden sonra	var / ofisle ilişkisiz	-
sk-5	erkek	27	82	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-	-
sk-6	erkek	25	73	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-	-
sk-7	kadın	31	52	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	evet / sürekli	-	-
sk-8	erkek	28	83	-	sağlıklı	sağlıklı	sabah yemek kokusu	var / sabah	-	-	-	-

Çizelge 8. 10 Örnek yapıdaki kullanıcıların biyolojik özelliklerinin incelenmesi (devam)

kullanıcı kodları	cinsiyet	yaş	beden ağırlığı (kg)	alışkanlıklar	güncel sağlık durumu	geçmiş sağlık durumu	iç hava kirlenmelerine ilişkin duyular	iç hava kirlenmelerine ilişkin gözlemlenebilir sağlık sorunları ve sorunların ortaya çıkış zamanlaması			
								solunum sistemi sorunları	göz sorunları	deri sorunları	sinir sistemi sorunları
sk-9	erkek	35	87	-	sağlıklı	sağlıklı	sabah yemek kokusu	var / sabah	-	-	-
sk-10	erkek	34	75	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-11	erkek	29	89	-	sağlıklı	sağlıklı	sabah yemek kokusu	-	-	-	-
sk-12	erkek	26	76	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-13	erkek	32	72	-	sağlıklı	sağlıklı	sabah yemek kokusu	var / sabah	-	-	-
sk-14	erkek	31	88	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-15	kadın	28	53	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-16	erkek	30	93	-	sağlıklı	sağlıklı	-	var / sabah	-	var / sabah	-

Çizelge 8. 10 Örnek yapıdaki kullanıcıların biyolojik özelliklerinin incelenmesi (devam)

kullanıcı kodları	cinsiyet	yaş	beden ağırlığı (kg)	alışkanlıklar	güncel sağlık durumu	geçmiş sağlık durumu	iç hava kirlenmelerle ilişkilendirilen duyu	iç hava kirlenmelerle ilişkilendirilebilen sağlık sorunları ve sorunların ortaya çıkış zamanlaması			
								solunum sistemi sorunları	göz sorunları	deri sorunları	sinir sistemi sorunları
sk-17	kadın	25	63	-	sağlıklı	sağlıklı	sabah yemek kokusu	-	-	-	-
sk-18	erkek	35	105	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-19	erkek	30	78	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-20	kadın	45	62	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-21	kadın	32	51	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	var / sabah	-	-
sk-22	erkek	48	87	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-23	erkek	35	94	sigara	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-
sk-24	kadın	35	65	-	sağlıklı	sağlıklı	-	-	-	-	-

Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik ön araştırma, kullanıcıların yapıda gerçekleştirdiği eylemlerin incelenmesiyle sürmüştür. Etkilenimle ilgili verileri elde etmek amacıyla gerçekleştirilen bu belirleme eyleminin sonucunda elde edilen veriler Ek A'da yer alan Çizelge A.12'den yararlanılarak Çizelge 8.11'de listelenmiş, çizelgedeki kullanıcı kodları aracılığıyla, söz konusu eylemlerin yapıda gerçekleştirildiği konum Şekil 8.10'da görülen kat planı üzerine işlenmiştir.



Şekil 8. 11 Kullanıcı eylemlerinin yapıda gerçekleştirildiği konumlar

Çizelge 8. 11 Örnek yapıdaki kullanıcıların eylemlerinin incelenmesi

kullanıcı kodu	kullanıcının eylemleri ve eylemlerin kodları	eylemlerin yer aldığı birimler / birimdeki bölgeler	eylemlerin zamanlaması	eylemlerin süresi (saat)	eylemlerin yinelenme sıklığı	eylemlerin toplam süresi (yıl)
sk-1	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzey köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	1
sk-2	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeybatı köşesi	09.00	9	pazartesten cumartesiye her gün	6
sk-3	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeybatı köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-4	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeybatı köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	3
sk-5	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeybatı köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-6	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeybatı köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	3
sk-7	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeybatı köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-8	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeydoğu bölümü	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-9	bilgisayarda çalışma	202'nin güneybatı bölümü	09.00	9	pazartesten cumartesiye her gün	8
sk-10	bilgisayarda çalışma	202'nin güneybatı bölümü	09.00	3	pazartesten cumaya her gün	4

Çizelge 8. 11 Örnek yapıdaki kullanıcıların eylemlerinin incelenmesi (devam)

kullanıcı kodu	kullanıcının eylemleri ve eylemlerin kodları	eylemlerin yer aldığı birimler / birimdeki bölgeler	eylemlerin zamanlaması	eylemlerin süresi (saat)	eylemlerin yinelenme sıklığı	eylemlerin toplam süresi (yıl)
sk-11	bilgisayarda çalışma	202'nin güneybatı bölümü	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-12	bilgisayarda çalışma	202'nin güneybatı bölümü	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	1
sk-13	bilgisayarda çalışma	202'nin güney köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	4
sk-14	bilgisayarda çalışma	202'nin güney köşesi	09.00	2	pazartesten çarşambaya her gün	3
sk-15	bilgisayarda çalışma	202'nin güney köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-16	bilgisayarda çalışma	202'nin güney köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-17	bilgisayarda çalışma	202'nin kuzeydoğu bölümü	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	2
sk-18	bilgisayarda çalışma	202'nin güney köşesi	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	5
sk-19	bilgisayarda çalışma	205	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	3
sk-20	bilgisayarda çalışma	206	09.00	10	pazartesten cumartesiye her gün	11

Çizelge 8. 11 Örnek yapıdaki kullanıcıların eylemlerinin incelenmesi (devam)

kullanıcı kodu	kullanıcının eylemleri ve eylemlerin kodları	eylemlerin yer aldığı birimler / birimdeki bölgeler	eylemlerin zamanlaması	eylemlerin süresi (saat)	eylemlerin yinelenme sıklığı	eylemlerin toplam süresi (yıl)
sk-21	bilgisayarda çalışma	208	09.00	8	pazartesten cumartesiye her gün	5
sk-22	bilgisayarda çalışma	215	09.00	10	pazartesten cumartesiye her gün	11
sk-23	bilgisayarda çalışma	216	09.00	10	pazartesten cumartesiye her gün	5
sk-24	temizlik yapma	202, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 216, 217	08.00	1 (her birimde yaklaşık 5 – 10 dk)	pazartesten cumartesiye her gün	10
	temizlik yapma	tüm birimler	13.00	yaklaşık 4 saat	cumartesi günleri	
	yemek pişirme	217	09.00	yaklaşık 3 saat	pazartesten cumartesiye her gün	
	bulaşık yıkama	217	13.30	yaklaşık 1 saat	pazartesten cumartesiye her gün	

8.2.4 Örnek Yapıda Ön Araştırma Kapsamında Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Örnek yapıda gerçekleştirilen ön araştırmayla elde edilmiş kirletici – ortam – kullanıcı verileri çeşitli gruplamalar altında bir araya getirilerek değerlendirilmiş, kirleticilere ve kullanıcılara yönelik çeşitli saptamalar yapılarak ön araştırma aşaması sonuçlandırılmıştır.

8.2.4.1 Örnek Yapıdaki Kirleticilere Yönelik Saptamalar

Yaklaşımın bu adımında, ön araştırma kapsamındaki incelemelerde elde edilmiş çizelgelerden ve çizimlerden yararlanılarak, araştırmanın gerçekleştirildiği yapının birimlerinin havasında bulunduğu düşünülen / bilinen kirletici türlerine ve bu kirleticilerin yıl içinde ortaya çıkan farklı niceliklerinin zamanlaması, süresi ve oluşma sıklığına ilişkin olasılıklar saptanmıştır.

Kirleticilere yönelik saptamalar kapsamında öncelikle, ön araştırmada yapının dış çevresiyle ilgili elde edilmiş,

- Çizelge 8.2’de yer alan, Kadıköy bölgesinde altı hava kirleticisi için belirlenmiş aylara göre yoğunluk düzeyi verileri,
- Çizelge 8.3’te yer alan, örnek yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının özellikleri,
- Çizelge 8.6’da yer alan, dış havaya ilişkin egemen hava devinimi, sıcaklık ve nemlilik verileri,
- Şekil 8.4’teki vaziyet planı üzerinde bulunan kirletici kaynaklarının konumlarına ve Şekil 8.9’daki hava devinimlerinin doğrultularına ilişkin gösterimler

bir araya getirilmiştir. Buna göre, örnek yapının yakın dış çevresinde bulunduğu düşünülen kirletici türleri ve bu kirleticilerin yıl içinde ortaya çıkması olası nicelikleri Çizelge 8.12’de belirtilmiştir.

Çizelge 8. 12 Örnek yapının yakın dış çevresinde bulunduğu düşünülen kirleticiler

kirletici türü	ortaya çıkış zamanlaması	bulunma süresi	oluşma sıklığı	yoğunluk düzeyi	açıklamalar
SO ₂	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	düşük	-
PM ₁₀	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	orta	Dış çevredeki ölçüm verileri dış havada parçacıkların bulunduğu göstermektedir. Bu parçacıkların içeriğinde, yapının konumu nedeniyle deniz tuzu kristalleri bulunabilir. Ayrıca böceklerden kaynaklanan parçacık biçiminde kirleticilerin ve küf mantarı sporlarının var olması olasıdır.
CO	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	yaz döneminde yüksek, kış döneminde çok yüksek	-
NO	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	yaz döneminde düşük, ilk ve son baharda orta, kış döneminde yüksek	-
NO ₂	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	orta	-
O ₃	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	yaz döneminde orta, kış döneminde çok düşük	-
benzen, tolüen, ksilen, formaldehit ve etil benzen	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	sabah ve akşam çok yüksek öğle yüksek gece orta	Yapının Bağdat Caddesi üzerinde bulunması nedeniyle, trafikten kaynaklanan bu kirleticilerin yapının yakın çevresinde yer aldığı düşünülmektedir. Batı yönünden gelen hava devinimleri, Bağdat Caddesi'ndeki, kuzeydoğu yönünden gelen hava devinimleri ise kuzeydeki Fahrettin Kerim Gökay Caddesi'nden kaynaklanan bu kirleticilerin yapıya taşınmasına neden olabilir.

Çizelge 8. 12 Örnek yapının yakın dış çevresinde bulunduğu düşünülen kirleticiler

kirletici türü	ortaya çıkış zamanlaması	bulunma süresi	oluşma sıklığı	yoğunluk düzeyi	açıklamalar
radon	yıl boyunca	yıl boyunca	her yıl yinelenen	düşük	TAEK'in çalışmasında İstanbul'daki yapıların genelinde, yapının zemin ve bodrum katlarında belirli yoğunluk düzeyinde radon olduğu belirlenmiştir.
polenler	İlkbahar ayları	Mart – Haziran ayları arası	her yıl yinelenen	orta	Yapının batısında yer alan Fenerbahçe Sahili'nden kaynaklanabilen polenler batı yönündeki hava devinimleri ile taşınıyor olabilir. Buna karşın, doğudaki Özgürük Parkı'nda bulunan polenlerin, hava devinimlerinin yönü nedeniyle yapıya taşındığı düşünülmemektedir.

Ardından, bu saptamalar ve

- Çizelge 8.7'deki, birimlerin havalandırılmasına ilişkin özellikler,
- Şekil 8.10'da yapının iç – dış çevresinde gerçekleştiği düşünülen hava devinimlerine ilişkin gösterimler

birleştirilmiş, böylece, yapının dış çevresindeki kirleticilerden hangilerinin yapı içinde yıl boyunca hangi yoğunluklarda olabileceği tahmin edilmiştir (Çizelge 8.13). Yapının zemininden kaynaklanması olası radonun, mimarlık ofisinin ikinci katta yer alması nedeniyle, incelenen birimlere taşınmadığı düşünülmektedir. Bunun dışında, yapının her biriminde doğal havalandırma yapılması nedeniyle, Çizelge 8.7'deki özellikler doğrultusunda, yapının yakın dış çevresinde Çizelge 8.12'de belirtilmiş, radon dışındaki kirleticilerin, dış çevredeki yoğunluklarıyla doğru orantılı bir şekilde, yapı içinde bulunması olasıdır.

Ön araştırma kapsamında elde edilmiş,

- Çizelge 8.4'te bulunan, yapı ürünlerinden kaynaklandığı düşünülen kirleticiler ve salınım özellikleri,
- kirletici kaynağı olarak, Çizelge 8.5'te yer alan yapıdaki kullanıcıların eylemlerine ilişkin özellikler,
- Çizelge 8.7'deki, birimlerin havalandırılmasına ilişkin özellikler,
- Çizelge 8.9'da yer alan, ortamlardaki yüzeylerin özellikleri,
- Şekil 8.7'de, kirletici kaynağı olan yapı ürünlerinin, Şekil 8.8'de kirletici kaynağı olan kullanıcı eylemlerinin ve Şekil 8.10'da, yapının iç çevresinde gerçekleştiği düşünülen hava devinimlerinin gösterimleri

bir araya getirilmiş ve yapının hangi birimlerinde, hangi kirletici türlerinin, yıl boyunca hangi yoğunluklarda ortaya çıkabileceği saptanmıştır (Çizelge 8.13).

Çizelge 8. 13 Örnek yapıdaki kirleticilere ilişkin olasılıklar

birimlerdeki kirletici türlerine ve yoğunluklarına ilişkin olasılıklar	dış çevreden kaynaklanarak yapı içine giren olası kirletici türleri							yapı ürünlerinden kaynaklanan olası kirletici türleri	
	SO ₂ ve O ₃	PM ₁₀ ve NO ₂	CO	NO	uçucu organik bileşikler	polenler	uçucu organik bileşikler	polenler	
zamanlama	yıl boyunca	yıl boyunca	yıl boyunca	yıl boyunca	yıl boyunca	bahar	yıl boyunca	yıl boyunca	
süre	yıl boyunca	yıl boyunca	yıl boyunca	yıl boyunca	yıl boyunca	3 ay	yıl boyunca	yıl boyunca	
oluşma sıklığı	sürekli	sürekli	sürekli	sürekli	sürekli	her yıl yinelenen	sürekli	sürekli	
düzey	düşük	orta	yüksek	kışın yüksek yazın düşük	sabah ve akşam saatlerinde yüksek	düşük	düşük	düşük	
tüm birimler									

Çizelge 8. 13 Örnek yapıdaki kirleticilere ilişkin olasılıklar (devam)

birimlerdeki kirletici türlerine ve yoğunluklarına ilişkin olasılıklar	kullanıcı eylemlerinden kaynaklanan olası kirletici türleri		
	uçucu organik bileşikler	O ₃	parçacıklar
202, 205, 208	zamanlama	yıl boyunca	hafta içi sabah, cumartesi öğleden sonra
	süre	hafta içi 09.00 – 18.00 cumartesi 09.00 – 13.00	hafta içi yaklaşık 1 saat, cumartesi yaklaşık 4 saat
	oluşma sıklığı	hafta içi her gün ve cumartesi günleri	her hafta yinelenen
	düzey	orta	orta
206, 215, 216	zamanlama	yıl boyunca	hafta içi sabah, cumartesi öğleden sonra
	süre	hafta içi 09.00 – 18.00 cumartesi 09.00 – 13.00	hafta içi yaklaşık 1 saat, cumartesi yaklaşık 4 saat
	oluşma sıklığı	hafta içi her gün ve cumartesi günleri	her hafta yinelenen
	düzey	orta	orta

Kullanıcılara yapılan anket kapsamında, Çizelge 8.10'da görüldüğü gibi, 202 kodlu açık ofis biriminde bulunan sk-2, sk-3, sk-8, sk-9, sk-13 ve sk-16 kodlu kullanıcılar, sağlıksız bina sendromu kapsamında değerlendirilebilen bazı solunum sistemi rahatsızlıklarını çoğunlukla sabah saatlerinde yaşadıklarını belirtmiştir. Söz konusu kullanıcılar dışında, sk-3, sk-4, sk-7, sk-16 ve sk-21 kodlu kullanıcıların, ankette yanıtladığı sağlık sorunlarının, ofisteki iç hava kirliliğiyle ilişkili olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca, sk-8, sk-9, sk-11, sk-13, sk-17 kodlu kullanıcılar, bazı günlerde, sabah saatlerinde hafif

düzyeyde yemek kokusu duyumsadıklarını söylemiştir. Bu durum, 217 kodlu mutfakta, yemek pişirilmesi sırasında, bu eylemden kaynaklanan kirleticilerin 202 kodlu açık ofis biriminin güneybatı bölgesine taşındığını gösterebilir.

8.2.4.2 Örnek Yapıdaki Kullanıcılara Yönelik Saptamalar

Ön araştırmada elde edilen kullanıcı verileri, yapının mimari planlaması ve donanımın yerleşimi göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Öncelikle, Çizelge 8.10'da listelenmiş kullanıcı yaşlarına göre, kullanıcıların yaş aralıkları, Çizelge 3.1'den yararlanılarak saptanmıştır. Yine Çizelge 8.10'da yer alan, kullanıcıların, cinsiyet, alışkanlık ve sağlık durumu verileri doğrultusunda, duyarlılık durumları belirlenmiştir. Çizelge 8.11'de belirlenmiş eylem verileri incelenerek, kullanıcıların birimlerde bulunma zamanı, süresi ve sıklığı elde edilmiştir. Bu eylem verileri uyarınca, Çizelge 3.2 kullanılarak, kullanıcıların, eylemleri sırasındaki soluma miktarları bulunmuştur. Oluşturulmuş saptamalar 8.14'te gösterilmektedir.

Çizelge 8. 14 Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik saptamalar

kullanıcılara yönelik saptamalar			kullanıcının duyarlılık durumu	kullanıcının duyarlı olduğu kirletici türleri
birimler	kullanıcı kodu	yaş aralığı		
202	sk-1, sk-2, sk-4, sk-7, sk-8, sk-9, sk-10, sk-11, sk-12, sk-12, sk-16, sk-17, sk-18	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı değil	-
	sk-3	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı	CO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , parçacıklar
	sk-5, sk-6, sk-14, sk-15	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı	CO
205	sk-19	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı değil	-
206	sk-20	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı	CO

Çizelge 8. 14 Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik saptamalar (devam)

kullanıcılara yönelik saptamalar			kullanıcının duyarlılık durumu	kullanıcının duyarlı olduğu kirletici türleri
birimler	kullanıcı kodu	yaş aralığı		
208	sk-21	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı değil	-
215	sk-22	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı	CO
216	sk-23	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı	CO
217	sk-24	genç-orta yaşlı yetişkin	duyarlı değil	-

Çizelge 8. 14 Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik saptamalar (devam)

kullanıcıya yönelik saptamalar	birimler	kullanıcı kodu	kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde bulunma			kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde gerçekleştirildiği eylemler sırasındaki		
			zamanı	süresi	sıklığı	eylem kodu	bedensel etkinlik düzeyi	solunma miktarı
202	sk-1	09.00	8 saat	1 yıl	haftada 5 gün	bç-1	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk
	sk-2	09.00	9 saat	6 yıl	haftada 5 gün	bç-2	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-3	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-3	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk
	sk-4	09.00	8 saat	3 yıl	haftada 5 gün	bç-4	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk
	sk-5	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-5	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-6	09.00	8 saat	3 yıl	haftada 5 gün	bç-6	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-7	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-7	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk
	sk-8	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-8	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-9	09.00	9 saat	8 yıl	haftada 5 gün	bç-9	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-10	09.00	3 saat	4 yıl	haftada 5 gün	bç-10	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-11	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-11	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-12	09.00	8 saat	1 yıl	haftada 5 gün	bç-12	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk

Çizelge 8. 14 Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik saptamalar (devam)

kullanıcıya yönelik saptamalar	kullanıcı kodu	kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde bulunma				kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde gerçekleştirdiği eylemler sırasındaki			
		birimler	zamanı	süresi	sıklığı	eylem kodu	bedensel etkinlik düzeyi	solunma miktarı	
202	sk-13	09.00	8 saat	4 yıl	haftada 5 gün	bç-13	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk	
	sk-14	09.00	2 saat	3 yıl	haftada 3 gün	bç-14	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk	
	sk-15	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-15	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk	
	sk-16	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-16	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk	
	sk-17	09.00	8 saat	2 yıl	haftada 5 gün	bç-17	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk	
	sk-18	09.00	8 saat	5 yıl	haftada 5 gün	bç-18	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk	
	sk-24	08.00	yarım saat	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk	
	sk-19	09.00	8 saat	3 yıl	haftada 5 gün	bç-19	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk	
205	sk-24	08.00	10 dk	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk	
	sk-20	09.00	10 saat	11 yıl	haftada 5 gün	bç-20	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk	
206	sk-24	08.00	10 dk	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk	
	sk-24	08.00	10 dk	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk	

Çizelge 8. 14 Örnek yapıdaki kullanıcılara yönelik saptamalar (devam)

kullanıcıya yönelik saptamalar	kullanıcı kodu	kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde bulunma				kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde gerçekleştirildiği eylemler sırasındaki		
		zamanı	süresi	sıklığı	eylem kodu	bedensel etkinlik düzeyi	soluma miktarı	
208	sk-21	09.00	8 saat	5 yıl	haftada 5 gün	bç-21	devinimsiz, durağan etkinlik	7,72 l/dk
	sk-24	08.00	10 dk	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk
215	sk-22	09.00	10 saat	11 yıl	haftada 5 gün	bç-22	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-24	08.00	10 dk	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk
216	sk-23	09.00	10 saat	5 yıl	haftada 5 gün	bç-23	devinimsiz, durağan etkinlik	9,30 l/dk
	sk-24	08.00	10 dk	10 yıl	haftada 5 gün	ty-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk
217	sk-24	09.00	3 saat	10 yıl	haftada 5 gün	yp-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk
	sk-24	13.00	1 saat	10 yıl	haftada 5 gün	by-1	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk
tüm birimler	sk-24	14.00	4	10 yıl	her hafta cumartesi	ty-2	devingen, hafif etkinlik	17,38 l/dk

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanın yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürmesi amacıyla tasarlanan ve üretilen yapıların kapalı birimlerinin havasında birikerek, yapı içi hava kirliliğinin ortaya çıkmasına neden olan hava kirleticileri, çoğunlukla fiziksel özelliklerine göre gruplandırılarak ele alınmaktadır. Yapı dışındaki çevreden, yapı ürünlerinden ve yapının kullanıcılarından kaynaklanabilen kirletici türleri, oldukça fazla sayıda ve birbirine göre farklı fiziksel – kimyasal – biyolojik özelliklerde olabilmektedir.

Kapalı birimlerin asal kullanıcısı olan insanın bu birimlerde bulunmasıyla, iç hava kirleticilerinin oluşturduğu hava kirliliği insanla bir araya gelmektedir. Havada bulunan kirleticilerin insan bedenine ulaşmasıyla etkilenim başlamakta, insan çoğunlukla solunum, daha düşük oranda kirleticilerin derisine ve gözlerine dokunması, bazı durumlarda bu yüzeyler tarafından emilmesi yoluyla olumsuz etkilenebilmektedir. Etkilenimle ortaya çıkan durumun olumsuzluk düzeyi, kirletici özelliklerinin yanı sıra,

- kişinin, etkilenim sırasındaki bedensel etkinliğiyle ilişkili olan solunum özellikleri ya da derisinin geçirgenliği gibi biyolojik yapısıyla ilgili özelliklerine,
- kirleticilerle bir arada bulunduğu süreye, bir araya gelme sıklığına,
- kendisini etkileyen kirletici türlerine karşı, genetik özellikleri, sağlık durumu, psikolojik özellikleri vb ile ilişkilendirilen duyarlılığına,

da bağıdır. Söz konusu olumsuzluk insanda, kirleticilerin türüne, yoğunluk düzeyine ve insanın özelliklerine bağlı olarak, kanser, kanser dışındaki hastalıklar ve sağlıksız bina sendromu belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Yapının kapalı birimleri iç hava kirleticilerini ve insanları bir araya getiren ve bu birlikteliği çeşitli şekillerde etkileyebilen ortamlardır. Belirli bir hacim oluşturan ortamlar, bu hacim içinde, kirleticilerin dağılımını ve insanın eylemlerini gerçekleştirdiği bölgelerin konumlarını

- ortamın kabuğuyla / ortamın iç ve dış çevresini ayıran yapı ürünleriyle ilişkili olabilen hava devinimleri,
- kirleticilerle çeşitli etkileşimlere girebilen yüzeyleri,
- kapsadığı havanın sıcaklığı, nemliliği vb diğer özellikleri
- mimari düzenlemeleri ve donanımın yerleşimi

ile etkilemekte, dolayısıyla ortamdaki kirleticilerin türünü ve havadaki yoğunluk düzeylerini ortamdaki farklı bölgelerde ve zaman içinde değiştirmesinin yanı sıra, ortamda kullanıcının bulunduğu bölgelerde kirleticiler ile karşı karşıya gelmesine neden olmaktadır.

Kirleticilerin insanla bir arada bulunmasıyla ortaya çıkan olumsuzluk, ortamda yer alan kirleticilerin ve insanın etkilenimle ilişkili özelliklerinin belirlenmesi yoluyla incelenmektedir. Bu belirleme, ortamda var olan,

- kirletici türlerinin ve bu kirleticilerin ortam havasındaki yoğunluk düzeylerinin,
- insanın ortamda bulunduğu sürenin, bulunma sıklığının

anketler, gözlemler, ölçümler, hesaplamalar vb çeşitli yöntem ve yaklaşımlar aracılığıyla saptanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Öncesinde, birbirine göre farklı nitelikte verilerin hazırlanmış olmasına gereksinim duyulan bu yöntem ve yaklaşımların, yine birbirine göre farklı maliyet düzeylerinde uygulandığı, farklı sürelerde gerçekleştirildiği; fizik, kimya, biyoloji, tıp vb alanlarda uzmanların bilgi ve deneyimini gerektirdiği ve farklı nitelikte sonuçlar oluşturduğu bilinmektedir. Bu çeşitlilik, öncelikle karşılaşılan ve incelenmek istenen duruma uygun yöntem ve

yaklaşımların seçilmesini, ardından, seçilen yöntem / yaklaşımın nasıl uygulanacağını planlanmasını gerektirmektedir. Etkilenimle ilgili özelliklerin belirlenerek verilerin elde edilmesinden sonra, belirlenmiş bu verilerin insan sağlığı açısından değerlendirilmesinde, çeşitli kirletici türleri ve insanlar için farklı nitelikte hazırlanmış sınır değerlerden yararlanılmakta, ayrıca saptanan durumun oluşturduğu risk hesaplanabilmektedir.

İç çevrede karşılaşılan ve insan sağlığı açısından oldukça olumsuz sonuçlar doğurabilen bu durumun, durumu yaratan kirleticiler, kullanıcı ve ortam kapsamında ele alınması gerektiği, üçüne ilişkin özelliklerin farklı şekillerde birbirini etkilediği, dolayısıyla birlikte incelenmesinin son derece önemli olduğu düşünülmektedir. İnsanın yapı içi hava kirliliğinden etkilenmesiyle ortaya çıkan olumsuzluğun giderilmesi ya da önlenmesi için öncelikle var olan durumun doğru bir şekilde belirlenmesi, ilgili kirletici – ortam – kullanıcı verilerinin elde edilmesi ve sağlık açısından değerlendirilerek oluşturduğu olumsuzluğun, risklerin düzeyinin ortaya konması ve kararların oluşturulması gerekmektedir. Dünyada çeşitli araştırmacılar ve önemli bilimsel kuruluşlar, söz konusu gereksinimin önemli bir sorun oluşturduğunu vurgulamıştır. Bilimsel yayınların taranmasıyla, bu gereksinimin giderilmesine katkı sağlayacak önemli yöntemler öneren, belirleme ve değerlendirme süreçlerinin farklı bölümleri için yararlı adımlar ortaya koyan çalışmalarla karşılaşmıştır. Buna karşın,

- çalışmaların çoğunluğunda belirtilen olumsuzluğu ortaya çıkaran kirleticilerin, ortamın ve insanın bir arada ele alınmadığı, bazı yaklaşımlarda salt kirleticilere odaklanılarak, insanın ya da ortamın göz ardı edildiği,
- değerlendirmenin çoğunlukla, ölçülen kirletici yoğunluğunun nasıl seçildiği belirsiz bir sınır değerle karşılaştırılarak ve yoğunluk düzeyinin bu sınırın altında olması durumunda, sonucun güvenliği olduğunu belirterek yapıldığı

görülmüş, ayrıca belirleme ve değerlendirme sürecini başından sonuna dek ele alan ve gerekli eylem ve işlem adımlarını doğru bir sıralama ile sunan bir yaklaşıma rastlanmamıştır. Bu nedenle, insanın var olan ve kullanılan yapılarda, yapı içi hava kirliliğinden etkilenmesine yönelik bir değerlendirme yaklaşımı oluşturulmuştur.

Yapı içi hava kirliliğinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş bu yaklaşım, disiplinler arası bir çalışma gerektirmekte ve yapının tanımlanmasından sonra,

- yapıda ve dış çevresinde kapsamlı bir ön araştırma yapılması,
- ön araştırma sonuçlarına göre kararların oluşturulması ve belirleme eylemlerinin gerçekleştirilmesi
- belirlenen verilerin değerlendirilmesi

aşamalarından ve Şekil 7.5’de görüldüğü gibi,

- ön araştırma aşamasında,
 - yapıda var olan kirleticilere, ortamlara ve kullanıcılara ilişkin özelliklerin incelenmesi ve
 - bu incelemenin sonucunda, hangi yapı birimlerinde, hangi türde ve yoğunluk düzeyindeki kirleticilerin ve hangi nitelikte kullanıcıların bulunabileceğinin saptanması,
- karar oluşturma ve belirleme aşamasında, ön araştırmanın sonucunda elde edilen saptamalar uyarınca
 - kirletici türlerinin ve yoğunluk düzeylerinin maliyet – zaman – iş gücü açısından uygun koşullarda ve doğru bir şekilde belirlenmesine yönelik kararların oluşturulması,
 - bu kararlar doğrultusunda belirleme eylemlerinin gerçekleştirilmesi
 - kullanıcının ortamlarda var olan kirleticilerden etkilenmesine ilişkin verilerin elde edilmesi,
- değerlendirme aşamasında,
 - belirleme aşamasının sonucunda elde edilen verilerin, önerilen bir değerlendirme yöntemi yardımıyla, kullanıcı sağlığı açısından değerlendirilmesi ve

- sonuçta, o yapıdaki hangi ortamlarda, hangi kirleticilerin, kullanıcıların sağlığında ne düzeyde olumsuzluk ve risk oluşturduğunun belirlenmesi

adımlarından oluşmaktadır.

Bu çalışmada, bilimsel alanyazındaki çalışmalardan farklı olarak,

- konunun kirleticiler, insan ve ortam kapsamında ele alındığı,
- ilgili özelliklerin belirlenmesi öncesinde, ön araştırma aşaması yardımıyla, belirleme eylemlerinin doğru bir şekilde ve uygun koşullarda gerçekleştirilmesine olanak sağlandığı,
- oluşturulan yaklaşımın, yönlendirici ve sistemli bir belirleme, değerlendirme ve karar üretme adımları dizisi ortaya koyduğu,
- yaklaşımın özellikle farklı yöntem ve yaklaşımlar içermesi nedeniyle geliştirilmeye açık olduğu,
- önerilen değerlendirme yöntemiyle,
 - ortamlarda kullanıcıyı etkileyen kirletici yoğunlukları sınır değerlerin altında bile olsa, kullanıcı sağlığı açısından riskli olma durumun derecelerinin saptanabildiği,
 - ayrıca kansere neden olan ve kansere neden olmasa da yoğunluk düzeyleri sınır değer üzerinde kirleticiler için riskin hesaplanabildiği,
 - değerlendirme sonucunda oluşturulan yargıların, konuyla ilgili tüm kişilerce (uzmanlar, yapı kullanıcıları, yetkililer vb) kolay anlaşılır bir şekilde sunulabildiği
- değerlendirme sonucunda, yapıdaki iç hava kirliliği nedeniyle yapının kullanıcıları için sağlıksız olduğuna karar verilmesi durumunda, saptanan sorunların çözümü için kirletici – ortam – kullanıcı bağlamında önerilerin geliştirilmesine olanak tanındığı

düşünülmektedir. Bununla birlikte, yaklaşımın doğru bir şekilde uygulanabilmesi için özellikle,

- havada kirleticiler arasında gerçekleşen etkileşimler,
- ortam yüzeyleri ve kirleticiler arasında gerçekleşen etkileşimler,
- kullanıcının duyarlılık düzeyine ve aynı anda kullanıcıyı etkileyen birden çok kirletici türü olması durumunda, etki değişimine göre kirleticilerin güvenli kabul edilebilen sınır değerleri,
- farklı kirletici türlerinin kullanıcı sağlığında ortaya çıkarabileceği sorunlara ilişkin risk hesaplamaları

konularında bilimsel çalışmaların üretilerek, söz konusu bilgilerin kapsamının artırılmasına ve bilgi düzeyinin yükseltilmesine gereksinim olduğu görülmektedir.

Yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesinde, yapı ve çevreleri konusunda uzman olan mimar, belirlenmiş eylem adımlarını gerçekleştiren ekibi yönetici ve özellikle kararların oluşturulmasında öncü konumundadır. Ayrıca, iç hava kirliliğinin yapıdan ve çevresinden kaynaklanarak, önemli sorunlar (sağlık, ekonomi vb) oluşturabilmesi nedeniyle,

- yapının ve yapı dışındaki yapma çevrenin tasarımında, var olan çevresel etmenlerin, diğer özelliklerin yanı sıra, yapı içi hava kirliliği de göz önüne alınarak incelenmesi;
- özellikle yapı ürünlerine ve bazı kullanıcı eylemlerinin iç hava kirleticisi üretmesine neden olan diğer ürünlere ilişkin ürün bilgilerinin, ürünün içerdiği iç hava kirleticileri bağlamında geliştirilmesi ve ayrıntılandırılması,
- yapıda ortaya çıkabilecek iç hava kirliliği kapsamındaki sorunların tasarım aşamasında öngörülmesi, bu doğrultuda mimari planlama, ürün seçimi, havalandırma vb kararların oluşturulmasında, yapıdaki iç hava kirliliğinin en düşük düzeyde tutulmasının amaçlanması,
- yapı içi hava kirliliği değerlendirmesinin var olan yapılar için, belirli aralıklarla yinelenen şekilde, zorunlu duruma getirilmesi ve kullanıcılarının duyarlılığı, yapıda geçirdikleri süre vb nedenlerle hastane, okul, hapisane vb bazı yapıların öncelikli olarak belirlenmesi,

- söz konusu değerlendirmeyi doğru bir Şekilde gerŐekleŐtirebilecek uzmanların yetiştirilmesi ve bu uzmanların yer aldığı yapı işi hava kirliliği konusunda ilęilenen, danıŐmanlık ve değerlendirme hizmetleri sunan merkezlerin oluşturulması

olduğa önemli gürülmektedir.

İleride gerŐekleŐtirilecek ŐalıŐmalarda

- öneri yaklaşımının kullanılmasıyla olumsuzluk ve risk düzeyi belirlenen durumlarda, saptanan sorunların giderilmesi iÇin ne tür Çözüm yöntemlerinden ve yaklaşımlarından yararlanılabileceğinin araştırılması ve böylece değerlendirmeden sonraki Çözüm aşamasının ele alınması ve
- yapı işi hava kirliliğinin neden olduğu olumsuzlukların, yapı – insan sağlığı ilişkisiyle ilgili araştırmalarda ve özellikle yapı değerlendirme sistemlerinde, bu yaklaşım çerÇevesinde göz önüne alınması

önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (2006). Yapı Biyolojisi Yaklaşımlar, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: YTÜ.MF.YK-06.0759, Fakülte Yayın No: MF.MİM-06.002, İstanbul.
- [2] Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., Behar, J. V., Hern, S. C. ve Engelmann, W. H., (2001). "The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants", *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11: 231-252.
- [3] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (2004). "A Conceptual Model to Examine Buildings in terms of Building Biology", *Architectural Science Review*, 47(2): 97-102.
- [4] ASHRAE Standart 62-1989, (1989). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE, Atlanta.
- [5] CEC, (1992). Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings, European Collaborative Action Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No: 11 EUR14449EN, Luxembourg.
- [6] Melikov, A. K. ve Kaczmarczyk, J., (2012). "Air Movement and Perceived Air Quality", *Building and Environment*, 47: 400-409.
- [7] Mauderly, J. L. ve Samet, J. M., (2009). "Is There Evidence for Synergy among Air Pollutants in Causing Health Effects?", *Environmental Health Perspectives*, 117(1): 1-6.
- [8] Dominici, F., Peng, R. D., Barr, C. D. ve Bell, M. L., (2010). "Protecting Human Health from Air Pollution: Shifting from a Single-Pollutant to a Multi-Pollutant Approach", *Epidemiology*, 21(2): 187-194.
- [9] Ott, W. R., (2007). "Exposure Analysis: A Receptor – Oriented Science", 3-33; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., *Exposure Analysis*, Chapter 1, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [10] Klinmalee, A., Srimongkol, K. ve Oanh, N. T. K., (2009). "Indoor Air Pollution Levels in Public Buildings in Thailand and Exposure Assessment", *Environmental Monitoring and Assessment*, 159: 581-594.

- [11] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1995). “Yapının İç ve Dış Çevresinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, 20-21 Ekim 1995, İzmir, 45-55.
- [12] Zhu, C., Li, N., Re, D. ve Guan, J., (2007). “Uncertainty in Indoor Air Quality and Grey System Method”, Building and Environment, 42: 1711-1717.
- [13] CEC, (1991). Effects of Indoor Air Pollution on Human Health, European Concerted Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Environment and Quality of Life, Report No: 10 EUR14086EN, Luxembourg.
- [14] Ezzati, M. ve Kammen, D. M., (2002). “The Health Impacts of Exposure to Indoor Air Pollution from Solid Fuels in Developing Countries: Knowledge, Gaps and Data Needs”, Environmental Health Perspectives, 110: 1057-1068.
- [15] Smith, K. R. ve Mehta, S., (2003). “The Burden of Disease from Indoor Air Pollution in Developing Countries: Comparison of Estimates”, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 206: 279-289.
- [16] Briggs, D., (2003). “Environmental Pollution and the Global Burden of Disease”, British Medical Bulletin, 68: 1-24.
- [17] WHO, (2005). Indoor Air Pollution and Health, Fact Sheet No: 292, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/print.html>, 24 Kasım 2010.
- [18] Kephelopoulos, S., Koistinen, K. ve Kotzias, D., (2006). Strategies to Determine and Control the Contributions of Indoor Air Pollution to Total Inhalation Exposure (STRATEX) European Collaborative Action, Urban Air Indoor Environment and Human Exposure, Environment and Quality of Life Report No: 25 – EUR 22503 EN, European Commission Directorate Joint Research Center, Luxembourg.
- [19] Billionnet, C., Gay, E., Kirchner, S. vd., (2011). “Quantitative Assessments of Indoor Air Pollution and Respiratory Health in a Population-Based Sample of French Dwellings”, Environmental Research, 111: 425-434.
- [20] Billionnet, C., Sherrill, C. ve Annesi-Maesano, I., (2012). “Estimating the Health Effects of Exposure to Multi-Pollutant Mixture”, Annals of Epidemiology, 22(2): 126-141.
- [21] WHO, (1986). Indoor Air Quality Research, Report on a WHO Meeting 27-31 August 1984, Stockholm, EURO Reports and Studies 103, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- [22] EC SCHER, (2007). Opinion on Risk Assessment on Indoor Air Quality, European Commissions Health and Consumer Protection Directorate General, Brussel.
- [23] Ng, L. C., Musser, A., Perisly, A. K. ve Emmerich, S. J., (2012). “Indoor Air Quality Analysis of Commercial Reference Buildings”, Building and Environment, 58: 179-187.

- [24] Bluysen, P. M., Janssen, S., van den Brink, L. H. ve de Kluizenaar, Y., (2011), "Assessment of Wellbeing in an Indoor Office Environment", *Building and Environment*, 46: 2632-2640.
- [25] Salthammer, T., (2011). "Critical Evaluation of Approaches in Setting Indoor Air Quality Guidelines and Reference Values", *Chemosphere*, 82: 1507-1517.
- [26] Asadi, E., Gameiro da Silva, M. C. ve Costa, J. J., (2013). "A Systematic Indoor Air Quality audit Approach for Public Buildings", *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1): 865-875.
- [27] Logue, J. M., McKone, T. E., Sherman, M. H. ve Singer, B. C., (2011), "Hazard Assessment of Chemical Air Contaminants Measured in Residences", *Indoor Air*, 21: 92-109.
- [28] Hoddinott, K. B. ve Lee, A. P., (2000), "The Use of Environmental Risk Assessment Methodologies for an Indoor Air Quality Investigation", *Chemosphere*, 41: 77-84.
- [29] The Government of Hong Kong Special Administrative Region Indoor Air Quality Management Group, (2003). *A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places*, Kowloon.
- [30] EPA, (2009). *Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health*, EPA-456/F—09-002, North Carolina.
- [31] EPA, (2012). *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality Index (AQI)*, EPA-454/B-12-001, North Carolina.
- [32] Miller, S. L., Scaramella, P. ve Campe, J., vd., (2009). "An Assessment of Indoor Air Quality in Recent Mexican Immigrant Housing in Commerce City, Colorado", *Atmospheric Environment*, 43: 5661-5667.
- [33] Kulshreshtha, P., Srimongkol, K. ve Oanh, N. T. K., (2008). "Indoor Air Pollution Levels in Public Buildings in Thailand and Exposure Assessment", *Environmental Monitoring and Assessment*, 159: 581-594.
- [34] Mengersen, K., Morawska, L., Wang, H., vd., (2011). "Association between Indoor Air Pollution Measurements and Respiratory Health in Women and Children in Lao PDR", *Indoor Air*, 21: 25-35.
- [35] WHO, (2011). *Methods for Monitoring Indoor Air Quality in Schools Report of a Meeting 4-5 April 2011*, Bonn, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- [36] WHO, (2003). *World Health Report Shaping the Future*, Geneva.
- [37] Lai, A. C. K., Mui, K. W., Wong, L. T. ve Law, L. Y., (2009). "An Evaluation Model for Indoor Environmental Quality Acceptance in Residential Buildings", *Energy and Buildings*, 41: 930-936.
- [38] Bruce, N., Perez-Padilla, R., Albalak, R., (2000). "Indoor Air Pollution in Developing Countries: A Major Environmental and Public Health Challenge", *Bulletin of the World Health Organization*, 78: 1078-1092.

- [39] Spellman, F. R., (2009). "All About Air", Chapter 2, 15-30; The Science of Air Concepts and Applications, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [40] Vural, S. M., (2004). Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Modeli Belirlenmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul.
- [41] Ferro, A. R. ve Hidemann, L. M., (2007). "Inhalation Exposure, Uptake and Dose", Chapter 4, 81-98; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C., Wallace, L. A., Exposure Analysis, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [42] Møhlave, L., (1998). "Principles for Evaluation of Health and Comfort Hazards Caused by Indoor Air Pollution", Indoor Air, Suppl. 4: 17-25.
- [43] EPA, (1989). Report to Congress on Indoor Air Quality, Volume II: Assessment and Control of Indoor Air Pollution, EPA/400/1-89/001C, Indoor Air Division, Office of Atmospheric and Indoor Air Programs, Office of Air and Radiation, US EPA, Washington DC.
- [44] NRC, (1991). Human Exposure Assessment for Airborne Pollutants, National Academy Press, Washington DC.
- [45] Vedal, S. ve Kaufman, J. D., (2011). "What Does Multi-Pollutant Air Pollution Research Mean?", American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 183: 4-6.
- [46] Koontz, M. D., Evans, W. C. ve Wilkes, C. R., (1998). Development of a Model for Assessing Indoor Exposure to Air Pollutants Final Report, A933-157, California Air Resources Board Research Division, Sacramento.
- [47] Tiwary, A. ve Colls, J. (2010). "Air Pollutants Sources and Control of Gases", Chapter 1, 1-53; Air Pollution Measurement, Modelling and Mitigation, Third Edition, Routledge, Abington.
- [48] Bernstein, J. A., Alexis, N., Bacchus, H., vd., (2008). "The Health Effects of Nonindustrial Indoor Air Pollution", Journal of Allergy and Clinical Immunology, 121(3): 585-591.
- [49] EPA, (1994). Indoor Air Pollution An Introduction for Health Professionals, EPA 402-R-94-007, American Lung Association, Environmental Protection Agency, Consumer Product Safety Sommission, American Medical Association.
- [50] Flachsbar, P. G., (2007). "Exposure to Carbon Monoxide", Chapter 6, 113-146; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C., Wallace, L. A., Exposure Analysis, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [51] Wadden, R. A. ve Scheff, P. A., (1983). Indoor Air Pollution: Characterization, Prediction and Control, John Wiley & Sons, New York.
- [52] EEA, (2013). Air Quality in Europe – 2013 Report, No: 9-2013, European Environment Agency, Copenhagen.
- [53] Maroni, M., (1998). "Health Effects of Indoor Air Pollutants and Their Mitigation and Control", Radiation Protection Dosimetry, 78(1): 27 – 32.

- [54] EPA, (2009). Ozone and Your Health, EPA -456/F-09-001, US EPA Air and Radiation, Washington D.C.
- [55] NEWMOA, (2003). Indoor Air Mercury, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/mercuryindoor.pdf>, 29 Mart 2014.
- [56] Goyal, R. ve Khare, M., (2010). "Indoor Air Pollution and Health Effects", Chapter 4, 109-134; Derleyen: Gurjar, B. R., Molina, L. T. ve Ojha, C. S. P., Air Pollution Health and Environment Impacts, CRC Press, Boca Raton.
- [57] Darçın, P. (2008). Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.
- [58] CEC, (1997). Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations, European Collaborative Action Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No: 19, EUR 17675 EN, Luxembourg.
- [59] Salthammer, T. ve Bahadır, M., (2009). "Occurrence, Dynamics and Reactions of Organic Pollutants in the Indoor Environment", Clean – Soil, Air, Water, 37(6): 417-435.
- [60] FDsys, (2014). CFR Title 40: Protection of Environment, Part 51 – Requirements for Preparation, Adoption and Submittal of Implementation Plans, Subpart F – Procedural Requirements, Section 51.100 Definitions, US Government Printing Office, Washinton DC.
- [61] Tucker, W. G., (2001). "Volatile Organic Compounds", Chapter 31, 711-730; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [62] Patrick, D., (1999). "Exposure Characterization", Chapter 4; Derleyen: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., Risk Assessment and Indoor Air Quality, CRC Press Lewis Publishers, Boca Raton.
- [63] Liccione, J. J., (1999). "Hazard Identification of Indoor Air Pollutants", Chapter 3; Derleyen: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., Risk Assessment and Indoor Air Quality, CRC Press Lewis Publishers, Boca Raton.
- [64] Wallace, L. A. ve Gordon, S. M., (2007). "Exposure to Volatile Organic Compounds", Chapter 7, 147-179; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., Exposure Analysis, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [65] Viegi, G., Simoni, M., Scognamiglio, A., vd., (2004). "Indoor Air Pollution and Airway Disease", The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease", 8 (12): 1401-1415.
- [66] Yu, M. H., (2005). "Volatile Organic Compounds", Chapter 11, 171-184; Environmental Toxicology Biological and Health Effects of Pollutants, Second Edition, CRC Press, Boca Raton.

- [67] Hess-Kosta, K. (2011). "Volatile Organic Compounds", Chapter 8, 135-162; *Indoor Air Quality The Latest Sampling and Analytical Methods*, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [68] Spellman, F. R., (2009). "Air Pollution", Chapter 15, 197-218; *The Science of Air Concepts and Applications*, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [69] Rudel, R., (2001). "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Phthalates, and Phenols", Chapter 34, 789-814; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- [70] Roberts, J. W. ve Ott, W. R., (2007). "Exposure to Pollutants from House Dust", Chapter 14; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., *Exposure Analysis*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [71] FDsys, (2013). CFR Title 40: Protection of Environment, Chapter I – Environmental Protection Agency, Part 60 – Standards of Performance for New Stationary Sources, Subpart A- General Provisions, Section 60.2 Definitions, US Government Printing Office, Washington DC.
- [72] EC SCHER, (2005). *Opinion on New Evidence of Air Pollution Effects on Human Health and the Environment*, Health & Consumer Protection DG, Luxembourg.
- [73] Repace, J. L., (2007). "Exposure to Secondhand Smoke", Chapter 9, 201-235; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., *Exposure Analysis*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [74] Zartarian, V. G., Ott, W. R. ve Duan, N., (2007). "Basic Concepts and Definitions of Exposure and Dose", Chapter 2; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., *Exposure Analysis*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [75] Bérubé, K. A. ve Richards, R. J., (2000). "Physicochemical Identification and Comparative Biopersistence of Indoor and Outdoor Airborne Particulate Matter", 37-39; Derleyen: Emeny, J. Ve Shuker, L., *Joint Research Programmes on Outdoor and Indoor Air Pollution (Review of Progress 1999)*, MRC Institute for Environment and Health, Leicester.
- [76] Jantunen, M. (2000). "Health Risk of Indoor Air Fine Particulate Matter", 69-78; Derleyen: Commission of the European Communities, *Risk Assessment in Relation to Indoor Air Quality, European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure*, Report No: 22, EUR 19529 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [77] Wallace, L. A. ve Smith, K. R., (2007). "Exposure to Particles", Chapter 8, 181-200; Derleyen: Ott, W. R.; Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., *Exposure Analysis*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [78] Jones, N. C.; Thornton, C. A.; Mark, D. ve Harrison, R. M., (2000). "Relationship between Indoor and Outdoor Levels of Air Pollutants", 30-31; Derleyen: Emeny, J. Ve Shuker, L., *Joint Research Programmes on Outdoor and Indoor*

Air Pollution (Review of Progress 1999), MRC Institute for Environment and Health, Leicester.

- [79] TS 11597, (1995). Hava Kalitesi – Asbeste Maruz Kalınacak İş Yerlerinde Güvenlik ve Sağlık Tedbirleri, Ankara.
- [80] Balanlı, A., Vural, S. M. ve Tuna Taygun, G., (2008). “Yapı Ürünlerindeki Liflerin İnsan Sağlığı Açısından İrdelenmesi”, 4. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 12-14 Kasım 2008, İstanbul, 294-302.
- [81] EPA, An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) – Lead (Pb), <http://www.epa.gov/iaq/lead.html>, 29 Mart 2014.
- [82] Tiwary, A. ve Colls, J. (2010). “Indoor Air Quality”, Chapter 8, 275-292; Air Pollution Measurement, Modelling and Mitigation, Third Edition, Routledge, Abington.
- [83] ASHRAE, (1998). “Çevre Sağlığı”, Çeviren: Demircioğlu, N. Ve Toksoy, M., Derleyen: Genceli, O., ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), Tesisat Mühendisleri Derneği, Teknik Yayınlar 2, İstanbul.
- [84] Thorne, P. S. ve Heederik, D., (1999). “Indoor Bioaerosols – Sources and Characteristics”, Chapter 3.8, 275-290; Derleyen: Salthammer, T., Organic Indoor Air Pollutants Occurrence, Measurement, Evaluation, Wiley-VCH, Weinheim.
- [85] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (2005). “Lejyonellosis’in Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, Mimarlık Dekorasyon Dergisi, 138: 20-22.
- [86] Balanlı, A. ve Darçın, P., (2012). “Yapı Ürünleri ve Kakosmi”, 6. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 7-9 Kasım 2012, İstanbul, 163-173.
- [87] Burge, H. A., (2001). “The Fungi”, Chapter: 45, 1021-1054; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [88] Husman, T., (1996). “Health Effects of Indoor-Air Microorganisms”, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 22(1): 5-13.
- [89] Godwin, C. ve Batterman, S., (2007). “Indoor Air Quality in Michigan Schools”, Indoor Air, 17: 109-121.
- [90] Clausen, G. ve Oliveira Fernandes, E. (1997). European Data Base on Indoor Air Pollution Sources in Buildings Final Report, European Commission DGXII, Brussels.
- [91] Borjesson, T., Stollman, U. ve Schnurer, J., (1992). “Volatile Metabolites Produced by six Fungal Species Compared with Other Indicators of Fungal Growth on Cereal Grains”, Applied and Environmental Microbiology, 58(8): 2599-2605.
- [92] Pieková, E., “Aspergillus sp. In Dwellings and Health Implications of Indoor Fungi”, Aspergillus / Aspergillosis Website, <http://www.aspergillus.org.uk/secure/articles/pieckova.html>, 22.05.2012.

- [93] Burge, H. A., (2002), "Fungi: Toxic Killers or Unavoidable Nuisances?", *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 87: 52-56.
- [94] Rylander, R., (2005). "(1→3)-β-D-glucan in the Environment: A Risk Assessment", Chapter 3, 53-64; Derleyen: Young, S. H., Castranova, V., *Toxicity of (1→3)-β-glucans Glucans as a Marker for Fungal Exposure*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [95] Green, B. J., Mitakakis, T. Z. ve Tovery, E. R., (2003). "Allergen Detection from II Fungal Species and after Germination", *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 111:285-289.
- [96] Horner, W. E., Barnes, C., Codlina, R. ve Leventin, E., (2008). "Guide for Interpreting Reports from Inspections / Investigations of Indoor Mold", *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121 (3): 592-597.e7.
- [97] Muilenberg, M. L., (2001). "Indoor Pollutants: Pollen in Indoor Air: Sources, Exposures and Health Effects", Chapter 44, 44.1-44.18, Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- [98] CEC, (1993). *Biological Particles in Indoor Environments, European Collaborative Action Indoor Air Quality & Its Impact on Man*, Report No: 12 EUR14988EN, Luxembourg.
- [99] Burr, M. L., (2001), "Combustion Products", Chapter: 29, 675-680; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- [100] Samet, J. M. ve Wang, S. S., (2001). "Environmental Tobacco Smoke", Chapter 30, 681-710; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- [101] Lewis, R. G., (2001). "Pesticides", Chapter 35, 815-836; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- [102] TMMOB SMGM, (2007). *Binalarda Yangın Güvenliği*, Derleyen: Yavuz, G., TMMOB Mimarlar Odası SMGM Yayınları 2, İstanbul.
- [103] Tiwary, A. ve Colls, J. (2010). "Mobile Sources", Chapter 3, 91-138; *Air Pollution Measurement, Modelling and Mitigation*, Third Edition, Routledge, Abington.
- [104] Naeher, L. P., Smith, K. R., Brauer, M., vd., (2005). *Critical Review of the Health Effects of Woodsmoke*, Air Health Division, Health Canada, Ottawa.
- [105] Balanlı, A., Vural, S. M. ve Tuna Taygun, G., (2010). "Yapı Ürünlerinin Yanması Sırasında Çıkan Duman ve Gazın Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", 5. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 3-5 Kasım 2010, 180-191.
- [106] Hoffmann, D. ve Hoffmann, I., (1998). *Chemistry and Toxicology Cigars: Health Effects and Trends*, Smoking and Tobacco Control Monograph 9, National Institutes of Health, National Cancer Institute, Bethesda.

- [107] Wallace, L. A., (1999). "Measurement of Indoor Air Contaminants", Chapter 8; Derleyen: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., Risk Assessment and Indoor Air Quality, CRC Press LLC Lewis Publishers, Boca Raton.
- [108] Weschler, C. J., ve Shields, H. C., (1997). "Potential Reactions among Indoor Pollutants", Atmospheric Environment, 31: 3487-3495.
- [109] Milner, J., Vardoulakis, S., Chalabi, Z., ve Wilkinson, P., (2011). "Modelling Inhalation Exposure to Combustion-Related Air Pollutants in Residential Buildings: Application to Health Impact Assessment", Environment International, 37: 268-279.
- [110] ICRP, (1994). Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3).
- [111] Anderson, E. L. ve Patrick, D. R., (1999). "Introduction to Risk Assessment", Chapter 1; Derleyen: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., Risk Assessment and Indoor Air Quality, CRC Press Lewis Publishers, Boca Raton.
- [112] Mauderly, J. L., Burnett, R. T., Castillejos, M. vd., (2010). "Is the Air Pollution Health Research Community Prepared to Support a Multipollutant Air Quality Management Framework?" Inhalation Toxicology, 22(S1): 1-19.
- [113] Wolkoff, P., Clausen, A., Wilkins, C. K., vd., (1999). "Formation of Strong Airway Irritants in a Model Mixture of (+)- α -pinene/ozon", Atmospheric Environment, 33(5): 693-698.
- [114] Destailats, H., Lunden, M. M., Singer, B. C., vd., (2006). "Indoor Secondary Pollutants form Household Product Emissions in the Presence of Ozone: A Bench-Scale Chamber Study", Environmental Science & Technology, 40: 4421-4428.
- [115] Coleman, B. K., Lunden, M. M., Destailats, H. ve Nazaroff, W. W., (2008). "Secondary Organic Aerosol form Ozone-Initiated Reactions with Terpene-Rich Household Products", Atmospheric Environment, 42: 8234-8245.
- [116] Koistinen, K., Kotzias, D., Kephelopoulos, S., vd., (2008). "The INDEX Project: Executive Summary of a European Union Project on Indoor Air Pollutants", Allergy, 63: 810-819.
- [117] Sarwar, G., Olson, D. A. ve Corsi, R. L., (2004). "Indoor Particles: The Role of Terpene Emission from Consumer Products", Journal of the Air & Waste Management Association, 54: 367-377.
- [118] Balanlı A. ve Tuna Taygun, G., (2005). "Yapı Biyolojisi ve Asbest", Mimar.İst, 16: 107-110.
- [119] FDsys, (2006). USC Supplement 4, Title 42 – The Public Health and Welfare, Chapter 103 – Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability, Subchapter I – Hazardous Substances Releases, Liability, Compensation, Section 9601 – Definitions, US Government Printing Office, Washington DC.

- [120] Martin, P., Heavner, D. L., Nelson, P. R., vd., (1997). "Environmental Tobacco Smoke (ETS): A Market Cigarette Study", *Environment International*, 23: 75-90.
- [121] He, C., Morawska, L., Hitchins, J. ve Gilbert, D., (2004). "Contribution from Indoor Sources to Particulate Numvers and Mass Concentrations in Residential Houses", *Atmosferic Environment*, 38: 3405-3415.
- [122] Ferro, A. R., Kopperud, R. J. ve Hildemann, L. M., (2004). "Source Strengths for Indoor Human Activities that Resuspend Particulate Matter", *Environmental Science & Technology*, 38: 1759-1764.
- [123] McLaughlin, J. P., (2000). "Radon", 45-57; Derleyen: Commission of the European Communities, Risk Assessment in Relation to Indoor Air Quality, European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, Report No: 22, EUR 19529 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [124] Balanlı, A., Vural, S. M. ve Tuna Taygun, G., (2004). "Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 6-8 Ekim 2004, İstanbul, 378-386.
- [125] Ribeiro, H., Oliveira, M., Ribeiro, N., vd., (2008). "Pollen Allergenic Potential Nature of Some Tree Species: A Multidisciplinary Approach Using Aerobiological, Immunochemical and Hospital Admissions", *Environmental Research*, 109(3): 328-333.
- [126] EPA, (2001). *Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings*, Office of Air and Radiation Indoor Environments Division, EPA 402-K-01-001, Washington DC.
- [127] Salthammer, T., (1996). "VOC Emissions from Cabinet Furnitures. Comparison of Concentrations in the Test Chamber and the Cabinet", *Proceedings of 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 21 – 26 July 1996, Nagoya, 567-572.
- [128] Zabiegala, B., (2006). "Organic Compounds in Indoor Environments", *Polish Journal of Environmental Studies*, 15 (3): 383-393.
- [129] Wensing, M., Uhde, E. Ve Salthammer, T., (2005). "Plastic Additives in the Indoor Environment – Flame Retardants and Plasticizers", *Science of the Total Environment*, 339: 19 – 40.
- [130] Salthammer, T. ve Fuhrmann, F. (1996). "Emission of Monoterpenes from Wooden Furniture", *Proceedings of 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 21 – 26 July 1996, Nagoya, 607-612.
- [131] Balanlı, A., Vural, S. M. ve Tuna Taygun, G., (2006). "Yapı Ürünlerindeki Formaldehitin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 15-17 Kasım 2006, İstanbul, 430-438.
- [132] Clausen, P. A., Xu, Y., Kofoed-Sørensen, V., vd., (2007). "The Influence of Humidity on the Emission of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) from Vinyl

- Flooring in the Emission Cell "FLEC", *Atmospheric Environment*, 41(15): 3217-3224.
- [133] Jensen, B., Wolkoff, P. ve Wilkins, C. K. (1995). "Characterization of Linoleum. Part 2: Preliminary Odor Evaluation", *Indoor Air*, 5: 44-49.
- [134] Lindwall, T., (2000). "Allergy to House Dust Mites", 113-119; Derleyen: Commission of the European Communities, Risk Assessment in Relation to Indoor Air Quality, European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, Report No: 22, EUR 19529 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [135] EPA, (2013). 2011 National Emissions Inventory, version 1 Technical Support Document, US EPA Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division, Emissions Inventory and Analysis Group, Research Triangle Park.
- [136] Ceylan, A., (2011). İklimlendirme Sistemlerinin Yapı İçi Hava Niteliği Üzerindeki Olumsuz Etkileri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.
- [137] Agapiou, A., Mochalski, P., Schmid, A. ve Amann, A., (2013). "Potential Applications of Volatile Organic Compounds in Safety and Security", Chapter 24, 515-558; Derleyen: Amann, A. ve Smith, D., *Volatile Biomarkers Non-Invasive Diagnosis in Physiology and Medicine*, First Edition, Elsevier, Amsterdam.
- [138] Godish, T. (1995). "Gas/Vapor – and Particulate – Phase Contaminants", Chapter 5, 139-170, *Sick Buildings Definition, Diagnosis and Mitigation*, Lewis Publishers, CRC Press LLC, Boca Raton.
- [139] Ciganek, M., Neca, J., (2008). "Chemical Characterization of Volatile Organic Compounds on Animal Farms", *Veterinarni Medicina*, 53 (12): 461-651.
- [140] Wallace, L. A., (2007). "Biomarkers of Exposure", Chapter 17, 395-410; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., *Exposure Analysis*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [141] Buonanno, G., Morawska, L., Stabile, L., (2009). "Particle Emission Factors during Cooking Activities", *Atmospheric Environment*, 43: 3235-3242.
- [142] Sheldon, L. S., Hartwell, T. D., Cox, J. E., vd., (1989). An Investigation of Infiltration and Indoor Air Quality, Final Report, Contract No: 736-CON-BCS-85, New York State Energy Research and Development Authority, Albany.
- [143] Koutrakis, P., Briggs, S. L. K. ve Leaderer, B. P., (1992). "Source Apportionment of Indoor Aerosols in Suffolk and Onondaga Counties, New York", *Environmental Science and Technology*, 26: 521-527.
- [144] Neas, L. M., Dockery, D. W., Ware, J. H., vd., (1994). "Concentration of Indoor Particulate Matter as a Determinant of Respiratory Health in Children", *American Journal of Epidemiology*, 139: 1088-1099.

- [145] Saraga, D., Pateraki, S., Papadopoulos, A. vd., (2011). "Studying the Indoor Air Quality in Three Non-Residential Environments of Different Use: A Museum, a Printery Industry and an Office", *Building and Environment*, 46: 2333-2341.
- [146] Wolkoff, P., Clausen, P. A., Larsen, S. T., vd., (2012). "Airway Effects of Repeated Exposures to Ozone – Initiated Limonene Oxidation Products as Model of Indoor Air Mixtures", *Toxicology Letters*, 209: 166-172.
- [147] Screiber, J. S., Hudnell, H. K., Geller, A. M., vd., (2002). "Apartment Residents' and Day Care Workers' Exposures to Tetrachloroethylene and Deficits in Visual Contrast Sensitivity", *Environmental Health Perspectives*, 110 (7): 655-664.
- [148] EPA, An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) – Indoor Air Pollution and Health, http://www.epa.gov/iag/ia-intro.html#Pollution_and_Health, 15 Nisan 2014.
- [149] WHO, Indoor Air Pollution – Health Effects, http://www.who.int/indoorair/health_impacts/disease/en/, 15 Nisan 2014.
- [150] Berglund, B., Brunekreef, B., Knöppel, H. vd., (1992). "Effects of Indoor Air Pollution on Human Health", *Indoor Air*, 2: 2-25.
- [151] NCI, What Is Cancer? – Defining Cancer, <http://www.cancer.gov/cancertopics/cancerlibrary/what-is-cancer>, 16 Nisan 2014
- [152] EPA, (2005). Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA/630/P-03/001F, Risk Assessment Forum, Washington DC.
- [153] EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Risk Assessment for Carcinogens, <http://www.epa.gov/ttn/atw/toxsource/carcinogens.html>, 16 Nisan 2014.
- [154] IARC, Classifications, Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-109, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>, 16 Nisan 2014.
- [155] EPA, (1986). Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA/630/R-00/004, Risk Assessment Forum, Washington DC.
- [156] IARC, Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-109, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>, 17 Nisan 2014.
- [157] EPA, (2003). Assessment of Risks from Radon in Homes, EPA 402-R-03-003, Office of Radiation and Indoor Air, Washington DC.
- [158] ATSDR, (1995). Toxicological Profile for Asbestos, US Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [159] EPA, (1999). Integrated Risk Information System (IRIS) on Asbestos, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.

- [160] Barrett, J. R., (2005). "Liver Cancer and Aflatoxin: New Information from the Kenyan Outbreak", *Environmental Health Perspectives*, 113 (12): A837-A838.
- [161] ATSDR, (2007). Toxicological Profile for Benzene, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [162] EPA, (2009). Integrated Risk Information System (IRIS) on Benzene, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.
- [163] ATSDR, (1999). Toxicological Profile for Ethylbenzene (Update). Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [164] EPA, (1999). Integrated Risk Information System (IRIS) on Ethylbenzene, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.
- [165] ATSDR, (1992). Toxicological Profile for Styrene, US Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [166] EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Styrene, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/styrene.html>, 18 Nisan 2014.
- [167] EPA, (1986). Health and Environmental Effects Profile for Naphthalene, EPA/600/x-86/241, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati.
- [168] EPA, (1999). Integrated Risk Information System (IRIS) on Naphthalene, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.
- [169] ATSDR, (1995). Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [170] EPA, (2007). Benzo(a)pyrene (BaP) TEACH Chemical Summary, http://www.epa.gov/teach/chem_summ/BaP_summary.pdf, 18 Nisan 2014.
- [171] EPA, Pesticides: Topical & Chemical Fact Sheets, DDT – A Brief History and Status, <http://www.epa.gov/pesticides/factsheets/chemicals/ddt-brief-history-status.htm>, 18 Nisan 2014.
- [172] EPA, p,p'-Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) (CASRN 50-29-3), Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/iris/subst/0147.htm>, 18 Nisan 2014.
- [173] EPA, Benz[a]anthracene (CASRN 56-55-3), Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/iris/subst/0454.htm>, 18 Nisan 2014.
- [174] ATSDR, (1997). Toxicological Profile for Chloroform, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [175] EPA, (1999). Integrated Risk Information System (IRIS) on Chloroform, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.

- [176] ATSDR, (1998). Toxicological Profile for Methylene Chloride (Update). Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [177] EPA, (1999). Integrated Risk Information System (IRIS) on Methylene Chloride, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.
- [178] EPA, (2001). Trichloroethylene Health Risk Assessment: Synthesis and Characterization, EPA/600/P-01/002A, Office of Research and Development, Washington DC.
- [179] EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Trichloroethylene, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlt hef/tri-ethy.html>, 17 Nisan 2014.
- [180] EPA, (2012). Integrated Risk Information System (IRIS) on Tetrachloroethylene, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.
- [181] EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Tetrachloroethylene (Perchloroethylene), <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlt hef/tet-ethy.html>, 17 Nisan 2014.
- [182] ATSDR, (1998). Toxicological Profile for 1,4-Dichlorobenzene (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [183] EPA, (1997). Health Effects Assessment Summary Tables, FY1997 Update, EPA/540/R-97-036, Solid Waste and Emergency Response, Office of Emergency and Remedial Response, Cincinnati.
- [184] NTP, (2011). Report on Carcinogens, 12th Edition, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Research Triangle Park.
- [185] EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – 4-Aminobiphenyl, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlt hef/aminobip.html>, 18 Nisan 2014.
- [186] EPA, (1988). Health and Environmental Effects Profile for Formaldehyde, EPA/600/x-85/362, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati.
- [187] EPA, (1999). Integrated Risk Information System (IRIS) on Formaldehyde, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.
- [188] EPA, (1994). Chemical Summary for Acetaldehyde, EPA 749-F-94-003a, Office of Pollution Prevention and Toxics, US EPA, Washington DC.
- [189] Macaluso, M., Larson, R., Delzell, E., vd., (1996). "Leukemia and Cumulative Exposure to Butadien, Styrene and Benzene among Workers in the Synthetic Rubber Industry", Toxicology, 113: 190-202.
- [190] EPA, (2009). Integrated Risk Information System (IRIS) on 1,3-Butadiene, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington DC.

- [191] ATSDR, (1997). Toxicological Profile for Vinyl Chloride (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [192] EPA, (1997). Health Effects Assessment Summary Tables, FY 1997 Update, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati.
- [193] EPA, (2002). Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust, EPA/600/8-90/057F, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, US EPA, Washington DC.
- [194] EPA, Setting the Record Straight: Secondhand Smoke is a Preventable Health Risk, <http://www.epa.gov/smokefree/pubs/strsfs.html#classification>, 19 Nisan 2014.
- [195] Weaver, L. K., Hopkins, R. O., Chan, K. J., vd., (2002). "Hyperbaric Oxygen for Acute Carbon Monoxide Poisoning", The New England Journal of Medicine, 347: 1057-1067.
- [196] Carrer, P., Fanetti, A. C. ve Schlitt, C., (2007). "In Focus: Health Effects of Carbon Monoxide Intoxication", First EnVIE Conference on Indoor Air Quality and Health for EU Policy, 12-13 June 2007, Helsinki, 187-198.
- [197] Strand, V., Rak, S., Svartengren, M. ve Bylin, G., (1997). "Nitrogen Dioxide Exposure Enhances Asthmatic Reaction to Inhaled Allergen in Subjects with Asthma", American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 155: 881-887.
- [198] McDonnel, W. F., (2004). "Use of Submaximal Inhalation and Spirometry to Assess the Effects of Ozone Exposure", Archives of Environmental Health, 59: 76-83.
- [199] Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., vd., (2005). "Low-level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis", Environmental Health Perspectives, 113 (7): 894 – 899.
- [200] Public Health Agency of Canada, (2011). Pathogen Safety Data Sheets and Risk Assessment, Streptococcus pneumoniae, <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/streptococcus-pneumoniae-eng.php>, 24 Nisan 2014.
- [201] WHO, (2012). Meningococcal meningitis, Fact sheet no: 141, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs141/en/>, 24 Nisan 2014.
- [202] Balanlı, A., Darçın, P. ve Ceylan, A., (2013). "Yapı İçindeki Küfün Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", Çevre Tasarım Kongresi, 12-13 Aralık 2013, Bursa, 413-420.
- [203] Nielsen, K. F., (2003). "Mycotoxin Production by Indoor Molds", Fungal Genetics and Biology, 39: 103-117.
- [204] Wolkoff, P., Wilkins, C. K., Clausen, P. A. ve Nielsen, G. D., (2006). "Organic Compounds in Office Environments: Sensory Irritation, Odor, Measurements and the Role of Reactive Chemistry", Indoor Air, 16: 7-19.

- [205] National Library of Medicine, Environmental health concerns and toxic chemicals where you live, work and play, Chemicals, http://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php#, 25 Nisan 2014.
- [206] New Jersey Department of Health and Senior Services, (2003). Hazardous Substance Fact Sheet, Ethane, <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0834.pdf>, Trenton, 25 Nisan 2014.
- [207] CDC, (1992). Occupational Safety and Health Guideline for n-Butane, US Department of Health and Human Services, US Department of Labor, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0068.pdf>, 25 Nisan 2014.
- [208] SPRI, (2014). Pentane, Scottish Environment Agency, <http://apps.sepa.org.uk/spria/Pages/SubstanceInformation.aspx?pid=79>, 25 Nisan 2014.
- [209] EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Hexane, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/hexane.html>, 18 Nisan 2014.
- [210] CDC, (1978). Occupational Health Guideline for Heptane, US Department of Health and Human Services, US Department of Labour, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0312.pdf>, 25 Nisan 2014.
- [211] EPA, (1994). Chemicals in the Environment: Cyclohexane, OPPT Chemical Fact Sheet, EPA 749-F-94-011, Office of Pollution Prevention and Toxics, US EPA, http://www.epa.gov/chemfact/f_cycloh.txt, 25 Nisan 2014.
- [212] EPA, (1994). Chemicals in the Environment: 1,2,4-Trimethylbenzene, OPPT Chemical Fact Sheet, EPA 749-F-94-022, Office of Pollution Prevention and Toxics, US EPA, http://www.epa.gov/chemfact/f_trimet.txt, 25 Nisan 2014.
- [213] ATSDR, (2000). Toxicological Profile for Toluene, US Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [214] ATSDR, (1995). Toxicological Profile for Xylenes (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [215] ATSDR, (1997). Toxicological Profile for Trichloroethylene (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [216] ATSDR, (1997). Toxicological Profile for Tetrachloroethylene (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [217] ATSDR, (1995). Toxicological Profile for 1,1,1-Trichloroethane (Update). Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [218] CDC, (1992). Occupational Safety and Health Guideline for n-Butyl Alcohol, US Department of Health and Human Services, US Department of Labor, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0076-rev.pdf>, 26 Nisan 2014.
- [219] ATSDR, (1998). Toxicological Profile for Phenol (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.

- [220] CalEPA, (1999). Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines: Part III. Technical Support Document for the Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels, Office of Environmental Health Hazard Assessment, Berkeley.
- [221] New Jersey Department of Health, (2011). Right to Know Hazardous Substance Fact Sheet Isopropyl Alcohol, <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1076.pdf>, Trenton, 26 Nisan 2014.
- [222] ATSDR, (2007). Toxicological Profile for Acrolein, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [223] EPA, (1987). Health Assessment Document for Acetaldehyde, EPA/600/8-86-015A, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Research Triangle Park.
- [224] CDC, (1978). Occupational Health Guideline for Furfural, US Department of Health and Human Services, US Department of Labor, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0297.pdf>, 26 Nisan 2014.
- [225] ATSDR, (1994). Public Health Statement Acetone, Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta.
- [226] EPA, (1990). Updated Health Effects Assessment for Methyl Ethyl Ketone, EPA/600/8-89/093, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati.
- [227] New Jersey Department of Health, (2008). Right to Know Hazardous Substance Fact Sheet Isoprene, <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1069.pdf>, Trenton, 26 Nisan 2014.
- [228] CDC, (1978). Occupational Health Guideline for Ethyl Acetate, US Department of Health and Human Services, US Department of Labour, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0260.pdf>, 26 Nisan 2014.
- [229] ATSDR, (1996). Toxicological Profile for Carbon disulfide (Update), Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [230] ATSDR, (1992). Toxicological Profile for 1,3-Butadiene, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta.
- [231] Illinois Department of Public Health, Emergency Preparedness, Organophosphates, <http://www.idph.state.il.us/Bioterrorism/factsheets/organophosphate.htm>, 26 Nisan 2014.
- [232] Laden, F., Neas, L. M., Dockery, D. W. ve Schwartz, J., (2000). "Association of Fine Particulate Matter from Different Sources with Daily Mortality in Six US Cities", Environmental Health Perspectives, 108 (10): 941-947.

- [233] Prikle, J. L., Flegal, K. M., Bernert, J. T., vd., (1996). "Exposure of the Population to Environmental Tobacco Smoke: The Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988 to 1991", *Journal of the American Medical Association*, 275: 1233-1240.
- [234] Krzyzanowski, M., (2000), "Environmental Tobacco Smoke", 79-86; Derleyen: Commission of the European Communities, Risk Assessment in Relation to Indoor Air Quality, European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, Report No: 22, EUR 19529 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [235] Samet, J. M., Dominici, F., Curriero, F. C., vd., (2000). "Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 US Cities, 1987 – 1994", *New England Journal of Medicine*, 343 (24): 1742-1749.
- [236] WHO, (2000). Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- [237] Knol, A. B., de Hartog, J. J., Boogaard, H., vd., (2009). "Expert Elicitation on Ultrafine Particles: Likelihood of Health Effects and Casual Pathways", *Particle and Fibre Toxicology*, 6: 19.
- [238] Thorn, A., (1998). "The Sick Building Syndrome: A Diagnostic Dilemma", *Social Science & Medicine*, 47: 1307-1312.
- [239] Spellman, F. R., (2009). "Indoor Air Quality", Chapter 17, 245-280; *The Science of Air Concepts and Applications*, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [240] National Safety Council, (2009). Sick Building Syndrome, Health and Safety Fact Sheets, http://www.nsc.org/news_resources/Resources/Documents/Sick_Building_Syndrome.pdf, 28 Nisan 2014.
- [241] Vural, S. M., ve Balanlı, A., (2011). "Sick Building Syndrome from an Architectural Perspective", Chapter 20, 371-391; Derleyen: Abdul-Wahab, S. A., *Sick Building Syndrome in Public Buildings and Workplaces*, Springer, Berlin.
- [242] EPA, (1991). Sick Building Syndrome, Indoor Air Facts No. 4 (revised), http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf, 28 Nisan 2014.
- [243] WHO, (1983). Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects, Report on a WHO Meeting in Nördlingen, 8-11 June 1982, EURO Reports and Studies 78, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- [244] CEC, (1989). Sick Building Syndrome A Practical Guide, European Concerted Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Environment and Quality of Life, Cost Project 613, Report No: 4, Luxembourg.
- [245] EPA, (2012). Human Health Risk Assessment, www.epa.gov/riskassessment/health-risk.htm, 04.03.2013.

- [246] EPA, (1992). Guidelines for Exposure Assessment, EPA/600/Z-92/001, Risk Assessment Forum, Washington DC.
- [247] Guyton, A. C. ve Hall, J. E., (2006). Textbook of Medical Physiology, Eleventh Edition, Elsevier Saunders, Philadelphia.
- [248] Hedge, A., (2005). "Indoor Air Quality: Chemical Exposures", Chapter 64, 64.1-64.11; Derleyen: Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E. ve Hendrick, H., Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, CRC Press Boca Raton.
- [249] Heinsohn, R. J. ve Kabel, R. J., (1999). Sources and Control of Air Pollution, Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- [250] McAughey, J. J., Pritchard, J. N., Black, A., (1990). "Risk Assessment of Exposure to Indoor Air Pollutants", Environmental Technology, 11(4): 295-302.
- [251] Dugdale, D. C., (2011). Rapid Shallow Breathing, MedlinePlus®, US National Library of Medicine, National Institutes of Health, <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/medlineplus.html>, 12 Mayıs 2014.
- [252] Adams, W. C., (1993). Measurement of Breathing Rate and Volume in Routinely Performed Daily Activities, Final Report A 033-205, CalEPA, Air Resources Board Research Division, Sacramento.
- [253] Yuan, G., Drost, N. A. ve McIvor, R. A., (2013). "Respiratory Rate and Breathing Pattern", McMaster University Medical Journal, 10 (1): 23-25.
- [254] EPA, (2011). Exposure Factors Handbook: 2011 Edition, EPA/600/R-090/052F, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington DC.
- [255] Tunçel, N., Aydın, S. ve Zeytinoğlu, M., (2000). İnsan Anatomisi ve Fizyolojisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No: 1246, Eskişehir.
- [256] Kolarsick, P. A. J., Kolarsick, M. A. ve Goodwin, C., (2009). "Anatomy and Physiology of the Skin", 1-13, Chapter 1; Derleyen: Muehlbauer, P. ve McGowan, C., Site-Specific Cancer Series: Skin Cancer, Oncology Nursing Society, Pittsburgh.
- [257] van de Pol, C., (2009). "Basic Anatomy and Physiology of the Human Visual System", 237 – 247, Chapter 6; Derleyen: Rash, C. E., Russo, M. B., Letowski, T. R., Schmeisser, E. T., Helmet –Mounted Displays: Sensation, Perception and Cognition Issues, US Army Aeromedical Research Laboratory, Fort Rucker.
- [258] Başmak, H., Gözün Anatomisi ve Fizyolojisi, Türkiye Optik ve Optometrik Meslekler Derneği Yayınları, <http://www.uskudar.edu.tr/file/optisyenlik/Goz-Anatomisi.pdf>, 15 Mayıs 2014.
- [259] Ferguson, A. C., Canales, R. A. ve Leckie, J. O., (2007). "Dermal Exposure, Uptake and Dose", Chapter 11, 255-284; Derleyen: Ott, W. R., Steinemann, A. C., Wallace, L. A., Exposure Analysis, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.

- [260] Balanlı, A. (2014). "Sağlıklı Sağlık Yapıları", II. Ulusal Sağlık Kuruluşları Çevre Yönetimi Sempozyumu, 22-23 Mayıs 2014, İstanbul, 14-19.
- [261] WHO, (2001). Quantification of Health Effects of Exposure to Air Pollution, Report on a WHO Working Group 20-22 November 2000, Bilthoven, EUR 01/5026342 E74256, WHO European Center for Environment and Health, Copenhagen.
- [262] Faustman, E. M.; Silbernagel, S. M., Fenske, R. A. vd., (2000). "Mechanisms underlying Children's Susceptibility to Environmental Toxicants", Environmental Health Perspectives, 108(S1): 13-21.
- [263] Burnett, R. T., Dales, R. E., Brook, J. R., vd., (1997). "Association between Ambient Carbon Monoxide Levels and Hospitalizations for Congestive Heart Failure in the Elderly in 10 Canadian Cities", Epidemiology, 8: 162-167.
- [264] Kim, S. ve Paulos, E., (2009). "inAir: Measuring and Visualizing Indoor Air Quality", Proceedings of 11th International Conference on Ubiquitous Computing Ubicomp'09, 30 September – 03 October 2009, Orlando, 81-84.
- [265] Berlanger, K.; Gent, J. F., Triche, E. W., vd., (2006). "Association of Indoor Nitrogen Dioxide Exposure with Respiratory Symptoms in Children with Asthma", American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 173: 297-303.
- [266] Beckett, W. S., Russi, M. B., Haber, A. D., vd., (1995). "Effect of Nitrous Acid on Lung Function in Asthmatics: A Chamber Study", Environmental Health Perspectives, 103: 372 – 375.
- [267] EPA, (1999). Air Quality Criteria for Carbon Monoxide, EPA 600/P-99/001, Office of Research and Development, Washington DC.
- [268] WHO, (2003). Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, EUR/04/5042688, Report on a WHO Working Group, Copenhagen.
- [269] Peden, D. B., (2001). "Air Pollution in Asthma: Effects of Pollutants on Airway Inflammation", Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 87: 12 – 17.
- [270] Spengler, J. D., Chen, Q. ve Dilwali, K. M., (2001). "Indoor Air Quality Factors in Designing a Healthy Building, 5.1-5.29, Chapter 5, Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw Hill, New York.
- [271] Chen, Q. ve Glicksman, L., (2001). "Application of Computational Fluid Dynamics for Indoor Air Quality Studies", 1339 – 1360, Chapter 59, Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [272] Demokritou, P., (2001). "Modelling IAQ and Building Dynamics", 57.1-57.11, Chapter 57, Derleyen: Spengler, J. d., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.

- [273] Darçın, P. ve Balanlı, A. (2011). "Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Teskon + Sodex Fuarı, 13-16 Nisan 2011, İzmir, 1663-1674.
- [274] Sparks, L. E., (2001). "Indoor Air Quality Modeling", 58.1-58.28, Chapter 58, Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M., McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [275] Sollinger, S., Levsen, K. ve Wünsch, G., (1993). "Indoor Air Pollution by Organic Emissions from Textile Foot Coverings, Climate Chamber Studies under Dynamic Conditions", Atmospheric Environment, 27B: 183-192.
- [276] Wallace, L. A., (1996). "Indoor Air Particles: A Review", Journal of the Air & Waste Management Association, 46: 98-126.
- [277] Brennan, T. ve Burge, H., (2005). "Assessing Mold in Buildings", ASHRAE Journal, 47 (1): S158-S164.
- [278] Colombo, A., De Bortoli, M., Knoppel, H., vd., (1993). "Adsorption of Selected Volatile Compounds on a Carpet, A Wall Coating and a Gypsum Board in a Test Chamber", Indoor Air, 3(4): 276-282.
- [279] Berglund, B., Johansson, I. ve Lindvall, T., (1987). "Volatile Organic Compounds from Building Materials in a Simulated Chamber Study", Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 17-21 August 1987, 16-21.
- [280] Uhde, E. ve Salthammer, T., (2007). "Impact of Reaction Products from Building Materials and Furnishings on Indoor Air Quality – A Review of Recent Advances in Indoor Chemistry", Atmospheric Environment, 41: 3111-3128.
- [281] WHO, (1979). Health Aspects Related to Indoor Air Quality, Report on a WHO Working Group Bilthoven, 3-6 April 1979, EURO Reports and Studies No: 21, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- [282] Gustafsson, H., (1992). Building Materials Identified as Major Sources for Indoor Air Pollutants – A Critical Review of Case Studies, Document D10: 1992, Swedish Council for Building Research, Stockholm.
- [283] Gang, C., ve Ma, W. J., (2011). "Monitoring and Analyse of Indoor Air Quality at Several Important Public Spaces in HuaiNan", 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE), 10-12 May 2011, Wuhan.
- [284] Raw, G. J., (2001). "Assessing Occupant Reaction to Indoor Air Quality", 1201-1230, Chapter 53, Derleyen: Spengler, J. D., Jonathan M. S., McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [285] Qian, Z., He, Q., Kong, L., vd., (2007). "Respiratory Responses to Diverse Indoor Combustion Air Pollution Sources", Indoor Air, 17: 135-142.
- [286] Patnaik, P., (1997). "Air Analysis", 121-131, Chapter 1.12, Handbook of Environmental Analysis – Chemical Pollutants in Air, Water, Soil and Solid Wastes, CRC Press, Lewis Publishers, Boca Raton.

- [287] Benowitz, N. L., (1999). "Biomarkers of Environmental Tobacco Smoke Exposure", *Environmental Health Perspectives*, 107 (2): 349 – 355.
- [288] Seuri, M., Pasanen, A. L. ve Kokotti, H., (2000). "Two Examples on Assessment of Health Risks in Damp / Mold Problem Buildings", 95-101; Derleyen: Commission of the European Communities, Risk Assessment in Relation to Indoor Air Quality, European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, Report No: 22, EUR 19529 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [289] Duan, N., Dobbs, A. ve Ott, W., (1990). *Comprehensive Definitions of Exposure and Dose to Environmental Pollution*, SIMS Technical Report, No: 159, Department of Statistics, Stanford University, Stanford.
- [290] Mejía, J. F., Choy, S. L., Mengersen, K. ve Morawska, L., (2011). "Methodology for Assessing Exposure and Impacts of Air Pollutants in School Children Data Collection, Analysis and Health Effects – A Literature Review", *Atmospheric Environment*, 45: 813 – 823.
- [291] Johnson, M., Lam, N., Brant, S., vd., (2011). "Modeling Indoor Air Pollution from Cookstove Emissions in Developing Countries Using a Monte Carlo Single-Box Model", *Atmospheric Environment*, 45: 3237-3243.
- [292] Farrás, R. ve Gracia, M., (2011). "Measuring and Assessing Chemical Pollutants", Chapter 44: Indoor Air Quality, Düzenleyen: Xavier, G. S., *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*, International Labor Organization, Geneva.
- [293] Jones, T. ve Richards, R., (2000). "Airborne Particulate Pollutants in the South Wales Region", 40-41, Derleyen: Emeny, J. ve Shuker, L., *Joint Research Programmes on Outdoor and Indoor Air Pollution (Review of Progress 1999)*, MRC Institute for Environment and Health, Leicester.
- [294] Barro, R., Regueiro, J., Llompart, M. ve Garcia-Jares, C., (2009). "Analysis of Industrial Contaminants in Indoor Air: Part I. Volatile Organic Compounds, Carbonyl Compounds, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Polychlorinated Biphenyls", *Journal of Chromatography A*, 1216(3): 540-566.
- [295] George, A. C., (2008). "World History of Radon Research and Measurement from the Early 1900's to Today", AIP Conference Proceedings, 07-12 October 2007, Rio de Janeiro.
- [296] EPA, (2013). *Consumer's Guide to Radon Reduction*, EPA 402K-10/005, Indoor Environment Division, <http://www.epa.gov/radon/pdfs/consguid.pdf>, 07 Temmuz 2014.
- [297] RTCA, Testing Devices, http://www.rtca.com/testing_pro.asp, 07 Temmuz 2014.
- [298] Aeroqual, Measuring Ozone in Indoor Air, <http://www.aeroqual.com/products/gases/ozone/measuring-ozone-air>, 01.07.2014.

- [299] SRC, (2013). Summary of Published Measurements of Asbestos Levels in Ambient Air, prepared for US EPA Region 8, Denver.
- [300] Flannigan, B., (2011). "Biological Contamination", Chapter 44: Indoor Air Quality, Düzenleyen: Xavier, G. S., Encyclopedia of Occupational Health and Safety, International Labor Organization, Geneva.
- [301] Nagda, N. L. ve Rector, H. E., (2001). "Instruments and MEthods for Measuring Indoor Air Qaulity", Chapter 51, 1143-1180; Derleyen: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [302] Yang, X., Chen, Q., Bluysen, P. M., (1998). "Prediction of Short-Term and Long-Term Volatile Organic Compound Emissions form SBR Bitumen-Backed Carpet under Different Temperatures", ASHRAE Transactions, 104(2): 1297-1308.
- [303] Nielsen, P. V., (2004). "Computational Fluid Dynamics and Room Air Movement", Indoor Air, 14: 134-143.
- [304] Bornoff, R., (2011). "FloEFD HVAC Module – Taking Built Environment CFD Simulation to the Next Level", <http://blogs.mentor.com/robinbornoff/blog/2011/01/31/floefd-hvac-module-taking-built-environment-cfd-simulation-to-the-next-level/>, 21 Temmuz 2014.
- [305] Guha, A., "Computation of Indoor Air Quality", http://www.facweb.iitkgp.ernet.in/~aguha/research/Dr_A_Guha.html, 21 Temmuz 2014.
- [306] Simoni, M., Scognamiglio, A., Carrozzi, L., vd., (2004). "Indoor Exposures and Acute Respiratory Effects in Two General Population Samples from a Rural and an Urban Area in Italy", Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 14: 1445-1525.
- [307] Georgopoulos, P. G. ve Liou, P. J., (1994). "Conceptual and Theoretical Aspects of Human Exposure and Dose Assessment", Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 4: 253-285.
- [308] Fiserova-Bergerova, V., (1987). "Development of Biological Exposure Indices (BEIs) and Their Implementation", Applied Industrial Hygiene", 2(2): 87-92.
- [309] Schweizer, C., Edwards, R. D., Bayer-Oglesby, L., vd., (2007). "Indoor Time-Microenvironment-Activity Patterns in Seven Regions of Europe", Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17: 170-181.
- [310] Lee, Y. S. ve Guerin, D. A., (2010). "Indoor Environmental Quality Differences between Office Types in LEED-Certified Buildings in the US", Building and Environment, 45: 1104-1112.
- [311] Meek, M. E., Boobis, A. R., Crofton, K. M., vd., (2011). "Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals: A WHO / IPCS Framework", Regulatory Toxicology and Pharmacology, 60: S1-S14.

- [312] Barack, C., Lundahl, J., Halldén, G. ve Bylin, G., (2005). "Brief Exposures to NO₂ Augment the Allergic Inflammation in Asthmatics", *Environmental Research*, 97: 58-66.
- [313] Ezratty, V., Bonay, M., Neukirch, C., vd., (2007). "Effect of Formaldehye on Asthmatic Response to Inhaled Allergen Challenge", *Environmental Health Perspectives*, 115: 210-214.
- [314] EPA, (2000). *Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessments of Complex Chemical Mixtures*, EPA/630/R-00/002, Risk Assessment Forum, Washington DC.
- [315] Cassee, F., Groten, J., van Bladeren, J. ve Feron, V., (1998). "Toxicological Evaluation and Risk Assessment of Chemical Mixtures", *Critical Reviews in Toxicology*, 28: 73 – 101.
- [316] Daisey, J. M., Angell, W. J. ve Apte, M. G., (2003). "Indoor Air Quality, Ventilation and Health Symptoms in Schools: An Analysis of Existing Information", *Indoor Air*, 13: 56 – 64 .
- [317] Anderson, E. L., ve Patrick, D. R., (1999). "Elements of Human Health Risk Assessment", Chapter 2; Derleyen: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., *Risk Assessment and Indoor Air Quality*, CRC Press Lewis Publishers, Boca Raton.
- [318] EPA, (1989). *Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I Human Health Evaluatin Manual (Part A)*, EPA/540/1-89/002, Office of Emergency and Remedial Response, Washington DC.
- [319] Sofuoglu, S. C. ve Moschandreas, D. J., (2003). "The Link between Symptoms of Office Building Occupants and In-Office Air Pollution: The Indoor Air Pollution Index", *Indoor Air*, 13: 332 – 343.
- [320] İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, (2013). *İstanbul İl Çevre Durum Raporu*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İstanbul.
- [321] TAEK, (2012). *Kapalı Ortamlarda Radon Gazı, Teknik Rapor, 2012/3*, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu yayınları, Ankara.
- [322] İstanbul Valiliği, (2011). *2010 – 2011 İstanbul Çevre Durum Raporu*, Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, İstanbul.
- [323] TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL>, 15.09.2014.

**ÖN ARAŞTIRMA KAPSAMINDA YARARLANILABİLECEK ÇİZELGE
ÖRNEKLERİ**

Çizelge A.1 Yapının tanımlanması

incelenen yapının kimlik, nesne ve işlev olarak tanımlanması			
yapının adresi		...	
yapının konumu ve yönlenmesi		...	
yapının bulunduğu bölgedeki iklim türü		...	
yapının türü (bitişik, ayırık, ikiz vb)		...	
yapının kat alanı		...	
zemin üstündeki kat sayısı	...	zemin altındaki kat sayısı	...
yapının yaşı / yapım tarihi		...	
yapıdaki son yenilemenin yeri, kapsamı ve tarihi		...	
yapının işlevi		...	
yapıdaki sürekli ve geçici kullanıcıların sayısı		...	
iletişim kurulan yapı yetkilisi		...	
...		...	

Çizelge A.3 Yapının dış çevresindeki kirletici kaynaklarının incelenmesi

dış çevredeki kirletici kaynakları	kaynak kodu	kaynağın özellikleri	salınımın özellikleri (zamanlama, süre, sıklık ve doğrultu)	kaynaktan salındığı düşünülen / bilinen kirletici türleri	kirleticilerin olası taşınma yolları
...
...
...
...
...
...

Çizelge A.4 Kirletici kaynağı olan yapı ürünlerinin incelenmesi

birim kodu	kirletici kaynağı olan yapı ürünleri	ürün kodu	ürünün yüzey özellikleri	salınımın özellikleri (miktar, zamanlama, süre, sıklık ve doğrultu)	üründen kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirletici türleri
...
...
...
...
...
...

Çizelge A.5 Kullanıcıların biyolojik yapılarından kaynaklanan kirleticiler

kullanıcılar (insan, hayvan ve bitki)	kullanıcı kodu	kullanıcının bulunduğu birimin kodu	kullanıcının kirletici salınımıyla ilişkili biyolojik özellikleri	salınımın özellikleri (zamanlama, süre, sıklık ve doğrultu)	kullanıcının biyolojik yapısından kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirletici türleri
sürekli kullanıcılar

geçici kullanıcılar

Çizelge A.6 Kirletici kaynağı olan kullanıcı eylemlerinin incelenmesi

birim kodu	eylemler ve eylem sırasında kullanılan ürünler	eylem kodu	eylemleri gerçekleştiren kullanıcıların kodları	eylemlerin zamanlaması, süresi ve sıklığı	salınımın doğrultusu	eylemlerden kaynaklandığı düşünülen / bilinen kirletici türleri
...
...
...
...

Çizelge A.7 Yapının yer aldığı bölgede dış havaya ilişkin özellikler

	aylar												yıllık ortalama			
	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eyül	ekim	kasım	aralık				
havayla ilgili iklim özellikleri
egemen hava devinimlerinin yönü
egemen hava devinimlerinin ortalama hızı
ortalama dış hava sıcaklığı
dış havanın ortalama bağıl nem oranı
..
..
..

Çizelge A.8 Ortamlardaki havalandırma özelliklerinin incelenmesi

		birimler	...	...	...	...	...	...
			(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)
havalandırma özellikleri								
birimdeki havalandırmanın türü			...	...	...	...	...	...
birimdeki yapma havalandırma sistemi	sistemin türü		...	...	...	...	...	...
	sistemin kodu		...	...	...	...	...	...
	sistemin özellikleri (iklimlendirme durumu, emiş ve menfez konumları vb)		...	...	...	...	...	...
	sistemdeki filtrelerin özellikleri		...	...	...	...	...	...
	sistemin çalıştırılma zamanı ve süresi		...	...	...	...	...	...
	sistemin dış havayı aldığı yerler		...	...	...	...	...	...

birimdeki doğal havalandırma	...	pencerenin açılma zamanı ve açık tutulma süresi	...	...	...	...	...	...
	pencere kodu	pencerenin kanat düzeni ve açılışı	...	...	...	...	...	...

Çizelge A.8 Ortamlardaki havalandırma özelliklerinin incelenmesi (devam)

			birimler		...	...	...	...	...	...
havalandırma özellikleri			(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)
birimdeki doğal havalandırma	...	kapının kanat düzeni ve açılışı	...	...	...	...	...	...	...	...
	kapı kodu	kapının açık tutulma süresi	...	...	...	...	...	...	...	...
	
	
	..	denetimli ızgara / boşluk özellikleri	...	...	...	...	...	...	...	...
	ızgara kodu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	
	..	havalandırma bacasının özellikleri	...	...	...	...	...	...	...	...
	baca kodu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	

..		
..		

Çizelge A.9 Ortamların havasına ilişkin özelliklerin incelenmesi

		birimler	...	...	...	...	...
ortamdaki hava özellikleri			(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)
birimde bulunan havanın hacmi (m³)			...	...	...	...	...
ortalama hava sıcaklığı (°C)	ısıtma istenen dönem		...	...	...	...	...
	ısıtma istenmeyen dönem		...	...	...	...	...
ortalama bağıl nem oranı (%)	ısıtma istenen dönem		...	...	...	...	...
	ısıtma istenmeyen dönem		...	...	...	...	...
havalandırma miktarı (m³/sa)	ısıtma istenen dönem		...	...	...	...	...
	ısıtma istenmeyen dönem		...	...	...	...	...
hava değişim sayısı (h⁻¹)	ısıtma istenen dönem		...	...	...	...	...
	ısıtma istenmeyen dönem		...	...	...	...	...
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		

Çizelge A.10 Ortamların yüzey özelliklerin kirleticilerle etkileşim açısından incelenmesi

		birimler	...	...	...	...	...
ortamdaki yüzey özellikleri			(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)	(birim kodu)
...	yüzeyi oluşturan ürün						
yüzeyin kodu	yüzeyin gözenekliliği						
	yüzeyin pürüzlülüğü						
	yüzeyin büyüklüğü						
	yüzeyin etkileşime girebileceği kirleticiler						
	olası etkileşimin türü						
	...						
...	yüzeyi oluşturan ürün						
yüzeyin kodu	yüzeyin gözenekliliği						
	yüzeyin pürüzlülüğü						
	yüzeyin büyüklüğü						
	yüzeyin etkileşime girebileceği kirleticiler						
	olası etkileşimin türü						
	...						

Çizelge A.12 Kullanıcıların yapıdaki eylemlerinin etkilenim açısından incelenmesi

kullanıcı kodu	kullanıcının eylemleri ve eylemlerin kodları	eylemlerin yer aldığı birimler / birimdeki bölgeler	eylemlerin zamanlaması	eylemlerin süresi (saat)	eylemlerin yinelenme sıklığı	eylemlerin toplam süresi (yıl)
sürekli kullanıcılar

geçici kullanıcılar

Çizelge A.13 Kirleticilere ilişkin olasılıkların saptanması

birimlerdeki kirletici türlerine ve yoğunluklarına ilişkin olasılıklar	dış çevreden kaynaklanarak yapı içine giren olası kirletici türleri		yapı ürünlerinden kaynaklanan olası kirletici türleri		kullanıcının biyolojik yapısından kaynaklanan olası kirletici türleri		kullanıcı eylemlerinden kaynaklanan olası kirletici türleri	

yoğunluğun yılı içinde ortaya çıktığı zaman
yoğunluğun var olma süresi
yoğunluğun oluşma sıklığı
yoğunluğun düzeyi

Çizelge A.14 Kullanıcılara yönelik saptamalar

kullanıcılara yönelik saptamalar	kullanıcı kodu	yaş aralığı	kullanıcının duyarlılık durumu	kullanıcının duyarlı olduğu kirlenici türleri
... (birim kodu)

... (birim kodu)

... (birim kodu)

Çizelge A.14 Kullanıcılara yönelik saptamalar (devam)

kullanıcıya yönelik saptamalar	birimler	kullanıcı kodu	kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde bulunma			kullanıcının birimde / birimin bir bölgesinde gerçekleştirildiği eylemler sırasındaki			kirlenmelerin deri ve göz yüzeylerinden emilme katsayısı
			zamanı	süresi (saat / gün ve toplam yıl olarak)	sıklığı	eylem kodu	bedensel etkinlik düzeyi	solunma miktarı	
... (birim kodu)	
	
	
	
	
... (birim kodu)	
	
	
	
	

**DEĞERLENDİRME İÇİN GEREKLİ VERİLERİN BELİRLENMESİNDE
YARARLANILABİLECEK ÇİZELGE ÖRNEKLERİ**

Çizelge B.1 Kirletici verilerinin belirlenmesine yönelik kararlar

ortamlar	ölçüm			
	kirletici türü	ölçüm yöntemi	ölçümü yapacak uzman	kullanılacak aygıt
... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

Çizelge B.1 Kirlenici verilerinin belirlenmesine yönelik kararlar (devam)

ortamlar	ortamdaki ölçümün / örneklemenin				hesaplama		benzetim	
	kodu	zamanı	süresi	yinelenme sıklığı	seçilen hesaplama yöntemi	hesaplamayı yapacak uzman	seçilen benzetim yöntemi	benzetimi yapacak uzman
... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

Çizelge B.2 Yapıdaki etkilenim ortamlarında bulunan kirleticilere ilişkin veriler

ortam	ortamdaki kirleticiler	
	türler	yoğunluk düzeyleri
... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

Çizelge B.3 Yapıdaki ortamlarda belirlenmiş etkilenime ilişkin veriler

ortam	ortamdaki kullanıcılar							kirlenici için kullanıcıya uygun sınır değeri
	kullanıcı kodu	etkilenim süresi	etkilenim sıklığı	etkilenim uzunluğu	ortamdaki kirlenici türleri	kullanıcıda oluşması olası sağlık sorunları		
... (ortam kodu)

... (ortam kodu)

**DEĞERLENDİRME SONUÇLARININ LİSTELENMESİNDE
YARARLANILABİLECEK ÇİZELGE ÖRNEĞİ**

Çizelge C.1 Yapı içi hava kirliliğinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar

ortamlar	kullanıcı kodu	kirletici türü	oluşması olası sağlık sorunları		etkilenimin kullanıcı sağlığı açısından düzeyi	riskin düzeyi
... (ortam kodu)	kanser	...	...	...
			kanser dışı hastalık	...	...	...
			SBS	...	...	...
... (ortam kodu)	kanser	...	...	...
			kanser dışı hastalık	...	...	...
			SBS	...	...	...

YAKLAŞIM KAPSAMINDA UYGULANABİLECEK BİR ANKET ÖRNEĞİ

YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİ ARAŞTIRMASI

KOD NO:

Bu anket Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Doktora Programı kapsamında araştırma amaçlı düzenlenmiştir. Sorular yalnızca iş yerinizde yapı içi hava kirliliğiyle ilgili sağlık durumunuza yöneliktir.

cinsiyetiniz	erkek	
	kadın	
yaşınız		
mesleğiniz		
kilonuz		

Günde ortalama saat iş yerinde bulunuyorum.

Bu iş yerinde yıldır çalışıyorum.

evet hayır

Sigara içiyorum.		
Önceden sigara içmiştim.		
Solunum yollarımda alerjim var.		
Alkol tüketirim.		
Migrenim var.		
Astım hastasıyım.		
Bu rahatsızlıklar dışında sürekli bir sağlık sorununuz varsa belirtiniz.		
.....		
Geçmişte yaşadığınız önemli bir sağlık sorununuz olduysa lütfen belirtiniz.		
.....		

Masanızda çalışırken aşağıdakilerden hangileri ne sıklıkta geçerlidir, lütfen işaretleyiniz.

	sürekli	arada sırada	nadiren	hiçbir zaman
Egzoz dumanı kokusu alıyorum.				
Yemek kokularından rahatsız oluyorum.				
Tuvalet kokusundan rahatsız oluyorum.				
Küf kokusu duyuyorum.				
Deterjan kokusu duyuyorum.				
Plotterden rahatsız edici koku geliyor.				
Masam ve yerler tozlu oluyor.				
Ofiste küflü yüzeyler görüyorum.				
Pencere açıldığında polenler içeri giriyor.				
Ortam havasında toz var.				
Ofiste fare görüyorum.				
Ofiste böcek bulunuyor.				

Ofiste bulunduğunuz saatlerde aşağıdaki rahatsızlıkları hissediyor musunuz? Lütfen size uygun kutucuğu işaretleyiniz.

1. Çalışma mekânımdayken	evet	hayır
Boğazım kuruyor.		
Boğazımda yanma hissediyorum.		
Hasta olmadığım halde öksürüyorum.		
Burnum kuruyor, rahat nefes alamıyorum.		
Hasta olmadığım halde sık hapşıriyorum.		
Burnum kanıyor.		
Nefes alışım hırıltılı.		

Yukarıda belirtilen rahatsızlıkları hissediyorsanız, aşağıdakilerden hangisi sizin için geçerlidir? (Birden çok kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)

Sabah ofise girdikten bir süre sonra başlıyor.	
Genellikle sabah ve öğle saatleri arasında oluyor.	
Genellikle öğleden sonra başlıyor, akşama dek sürüyor.	
Akşam ofisten ayrıldıktan sonra rahatsızlığımın geçtiğini fark ediyorum.	
Yalnızca belirli mevsimlerde oluyor.	
Diğer:	

2. Çalışma mekânımdayken	evet	hayır
Sık sık nezle / grip oluyorum.		
Çalışma arkadaşlarımız arasında nezle / grip çabuk yayılıyor.		

3. Çalışma mekânımdayken	evet	hayır
Gözlerim kuruyor.		
Gözlerim kızarıyor.		
Gözlerim sulanıyor.		
Gözlerimde batma / kaşıntı hissediyorum.		

Yukarıda belirtilen rahatsızlıkları hissediyorsanız, aşağıdakilerden hangisi sizin için geçerlidir? (Birden çok kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)

Sabah ofise girdikten bir süre sonra başlıyor.	
Genellikle sabah ve öğle saatleri arasında oluyor.	
Genellikle öğleden sonra başlıyor, akşama dek sürüyor.	
Akşam ofisten ayrıldıktan sonra rahatsızlığımın geçtiğini fark ediyorum.	
Yalnızca belirli mevsimlerde oluyor.	
Diğer:	

4. Çalışma mekânımdayken	evet	hayır
Cildimde kuruluk hissediyorum.		
Cildimde çatlama oluyor.		
Cildimde kaşıntı hissediyorum.		

Yukarıda belirtilen rahatsızlıkları hissediyorsanız, aşağıdakilerden hangisi sizin için geçerlidir?
(Birden çok kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)

Sabah ofise girdikten bir süre sonra başlıyor.	
Genellikle sabah ve öğle saatleri arasında oluyor.	
Genellikle öğleden sonra başlıyor, akşama dek sürüyor.	
Akşam ofisten ayrıldıktan sonra rahatsızlığımın geçtiğini fark ediyorum.	
Yalnızca belirli mevsimlerde oluyor.	
Diğer:	

5. Çalışma mekânımdayken	evet	hayır
Başım ağrıyor.		
Başım dönüyor.		

Yukarıda belirtilen rahatsızlıkları hissediyorsanız, aşağıdakilerden hangisi sizin için geçerlidir?
(Birden çok kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)

Sabah ofise girdikten bir süre sonra başlıyor.	
Genellikle sabah ve öğle saatleri arasında oluyor.	
Genellikle öğleden sonra başlıyor, akşama dek sürüyor.	
Akşam ofisten ayrıldıktan sonra rahatsızlığımın geçtiğini fark ediyorum.	
Yalnızca belirli mevsimlerde oluyor.	
Diğer:	

6. Çalışma mekânımdayken	evet	hayır
Nedenini bilmediğim uyuşukluk / uykulu olma hali hissediyorum.		
Halsizlik hissediyorum.		
Gerginlik yaşıyorum.		
Tansiyonumun düştüğünü hissediyorum.		

Yukarıda belirtilen rahatsızlıkları hissediyorsanız, aşağıdakilerden hangisi sizin için geçerlidir?
(Birden çok kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)

Sabah ofise girdikten bir süre sonra başlıyor.	
Genellikle sabah ve öğle saatleri arasında oluyor.	
Genellikle öğleden sonra başlıyor, akşama dek sürüyor.	
Akşam ofisten ayrıldıktan sonra rahatsızlığımın geçtiğini fark ediyorum.	
Yalnızca belirli mevsimlerde oluyor.	
Diğer:	

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Polat DARÇIN
Doğum Tarihi ve Yeri : 1981 - Isparta
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : darcinpolat@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	YTÜ	2008
Lisans	Mimarlık	YTÜ	2004
Lise	Fen Şubesi	Ali Güral Lisesi	1999

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2008 - ...	YTÜ Mimarlık Fakültesi	Araştırma Görevlisi
2008	2 Design Mimarlık	Mimar
2007 - 2008	Sindoma Mimarlık	Mimar

2005 - 2007	Budova Mimarlık	Mimar
2003 – 2005	EPO Mimarlık	Mimar

YAYINLARI

Bildiri

1. Darçın, P., Balanlı, A., (2010). “An Examination of Building Ventilation Methods in terms of Environment and Natural Ventilation”, Ecological Agenda International Conference on New Perspectives in Eco-Technologies and Eco-Economies, YTU, 10 – 12 May 2010, pp. 118-131.
2. Balanlı, A., Darçın, P., ve Ceylan, A., (2013). “Yapı İçindeki Küfün Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, 4. Çevre ve Tasarım Kongresi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 12-13 Aralık 2013, ss. 413-420.
3. Balanlı, A. ve Darçın, P., (2012). “Yapı Ürünleri ve Kakosmi”, 6. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, TMMOB Mimarlar Odası, İstanbul Büyükşehir Şubesi, İstanbul, 7-9 Kasım 2012, ss. 163-173.
4. Darçın, P. ve Vural, S. M., (2011). “Mimari Tasarım 2 Stüdyosunun Öğrenci Düşünceleri Üzerinden İrdelenmesi”, Mimari Tasarım Eğitimi: Bütünleşme 2 Ulusal Sempozyumu, YTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, İstanbul, 20-21 Ekim 2011, ss. 278-290.
5. Darçın, P. ve Balanlı, A., (2011). “Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Teskon+Sodex Fuarı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi, İzmir, 13-16 Nisan 2011, ss. 1663-1674.
6. Darçın, P., (2010). “Yapılarda Doğal Havalandırma İlkeleri ve Sürdürülebilirlik”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, YTÜ Yapı Fiziği Bilim Dalı, İstanbul, 4-5 Mart 2010, ss. 165-172.

Kitap Bölümü

1. Darçın, P., (2012). "Saint Antoine Kilisesi Döşeme Kaplaması Deseninin Kullanıcı Beğenisi Yönünden İncelenmesi", Mimarlıkta Görsel Etki Değerlendirme Yöntem ve Teknikleri, Bölüm 4.12, Çiğdem Polatoğlu, YTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, No: YTÜ.MF.DK-2012.0860, İstanbul, ss. 114-132.

Proje

1. Tuna Taygun, G. (yürütücü), Vural, S. M., Darçın, P. ve Aykal, D. F., "Geleneksel Yapıların Yaşam Döngüsü Açısından İrdelenmesi: Diyarbakır Evlerinin LEED Değerlendirmesi, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, KAP 2012-03-01KAP03 (devam ediyor).