

154463

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ
RİSK SÜRECİ MODELİ BELİRLENMESİ**

Yüksek Mimar S.Müjdem VURAL

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

**Tez Savunma Tarihi
Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri**

**: 11 Şubat 2004
: Doç.Dr. Ayşe BALANLI (YTÜ)
: Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY (MSÜ)
: Prof. Dr. Zerhan KARABİBER (YTÜ)
: Prof. Dr. Erol GÜRDAL (İTÜ)
: Doç. Dr. Bilge IŞIK (İTÜ)**

(Handwritten signatures and initials)

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTIMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
DENKLEM LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ.....	4
2.1 Yapı İçi Hava Niteliği ve Kirlilik	4
2.1.1 Yapı İçi Hava Niteliği ile İlgili Çalışmalar.....	5
2.1.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri	6
2.1.2.1 Gazlar ve Buharlar	6
2.1.2.2 Parçacıklar	13
2.1.3 Yapı İçi Hava Kirleticileri ve Sınır Değerleri.....	14
2.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri ve Kullanıcı Sağlığı	15
2.2.1 Gazlar ve Buharların Oluşturduğu Sağlık Sorunları.....	16
2.2.2 Parçacıkların Oluşturduğu Sağlık Sorunları	29
2.3 Kullanıcı Sağlığı ve Risk.....	30
3. RİSK ve RİSK SÜRECİ	33
3.1 Risk ve Risk Süreci Tanımları.....	33
3.2 Risk Alanında Yapılan Araştırmalar	34
3.3. Risk Süreci Adımları	39
3.3.1 Risk Değerlendirmesi	40
3.3.2 Risk Yönetimi	41
3.3.2.1 Kabul Edilebilir Risk Ölçütleri	41
3.3.2.2 Risk Yönetimi Modeli	45
3.3.3 Risk İletişimi.....	50
4. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ RİSK SÜRECİ	51
4.1 Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Ölçütleri.....	51
4.2 Ön Araştırma	52
4.2.1 Yapının Tanımı.....	53
4.2.2 Kullanıcılarla Görüşme.....	53
4.2.3 Olasılık Araştırması.....	54

4.2.4	Ön Araştırma Kararı	54
4.3	Yapı İçi Hava Niteliği Risk Değerlendirmesi	54
4.3.1	Kirleticilerin Tanımı	55
4.3.1.1	Bilgi Kaynakları	55
4.3.1.2	Sınıflandırma Planı	56
4.3.2	Yapı İçi Hava Kirleticilerinden Etkilenme Değerlendirmesi	57
4.3.2.1	Etkilenme Yolları	57
4.3.2.2	Etkilenmeyi Ölçme	58
4.3.3	Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Doz-Tepki Değerlendirmesi	59
4.3.3.1	Zehirlilik Testi	59
4.3.3.2	Eşik Değer Etkisi (Kanserojen Olmayan).....	59
4.3.3.3	Eşik Değer Olmayan Etki (Kanserojen)	60
4.3.4	Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Risk Nitelendirmesi	60
4.3.4.1	Risk Hesapları.....	61
4.3.4.2	Risk Anlatımları	62
4.4	Yapı İçi Hava Niteliği Risk Yönetimi	62
4.5	Yapı İçi Hava Niteliği Risk Yönetimi Karar Uygulaması	63
4.6	Yapı İçi Hava Niteliği Risk İletişimi	63
4.7	Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Modeli.....	64
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	67
	KAYNAKLAR.....	70
	EKLER	80
	ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMA LİSTESİ

ASHRAE	Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu
EBN	Çevresel Yapı Gazetesi
EHC	Çevresel Sağlık Merkezi
EPA	Çevresel Koruma Örgütü
IARC	Ulusal Kanser Araştırma Derneği
ICRP	Uluslararası Radyasyon Koruma Komitesi
NAAQS	Ulusal Atmosfer Havası Kalite Standardı
NAS	Ulusal Bilim Akademisi
NIOSH	ABD İşyeri Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü
NRC	Ulusal Araştırma Komisyonu
OSHA	İşyeri Güvenliği ve Sağlığı Yönetimi
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TVOC	Toplam Uçucu Organik Bileşikler
VOC	Uçucu Organik Bileşikler
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Risk önleme yaklaşımı.....	36
Şekil 3.2 Risk süreci	37
Şekil 3.3 Risk yönetimi girdisi risk değerlendirmesi süreci	37
Şekil 3.4 Risk süreci modeli	38
Şekil 3.5 Risk değerlendirmesi ve risk yönetimi ilişkisi.....	39
Şekil 3.6 İnsan sağlığı risk değerlendirmesinin dört adımı.....	40
Şekil 3.7 Risk yönetimi için riske dayalı yaklaşımlar.....	42
Şekil 3.8 Risk yönetimi yönünden riske dayalı yaklaşımlar II.....	43
Şekil 3.9 Risk yönetimi modeli.....	46
Şekil 4.1 Yapı içi hava niteliği ön araştırması	53
Şekil 4.2 Yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesi.....	54
Şekil 4.3 Yapı içi hava niteliği risk yönetimi karar uygulaması.....	63
Şekil 4.4 Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli.....	66

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Atmosferin doğal birleşimi.....	4
Çizelge 2.2 Organik yapı içi kirleticileri için Dünya Sağlık Örgütü' nün sınıflandırma sistemi.....	10
Çizelge 2.3 Uçucu organik bileşiklere örnekler (VOCs) ve yapı içinde bulunduğu kaynakları.....	11
Çizelge 2.4 Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri	14-15
Çizelge 2.5 Karbon monoksit zehirlenmesinin akut etkileri.....	16
Çizelge 2.6 NO ₂ ' nin çocuklarda solunuma etkileri	19
Çizelge 2.7 NO ₂ ' nin yetişkinlerde solunuma etkileri	20
Çizelge 2.8 Çevresel ve meslek ile ilgili formaldehitten etkilenme incelemelerinin özeti.....	23
Çizelge 2.9 Formaldehit ile ilgili klinik incelemelerin özeti	24
Çizelge 2.10 Havadaki formaldehitten etkilenen insanların tahmin edilen tepkileri.....	25
Çizelge 2.11 İnsanların ozon ya da oksidanttan etkilenim araştırmalarının sonuçları.....	26-28
Çizelge 2.12 Radon gazı etkisinde hayat boyu kalma sonucu akciğer kanserine bağlı ölüm.....	29
Çizelge 2.13 Radon gazı riskleri.....	29
Çizelge 2.14 Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığına etkilerinin özeti: kısa süreli etkiler.....	30
Çizelge2.15 Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığına etkilerinin özeti: uzun süreli etkiler.....	30
Çizelge 2.16 Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve insan sağlığına etkileri.....	31-32
Çizelge 4.1 Risk süreci çalışmaları değerlendirmesi	51
Çizelge 4.2 USEPA insan kanserojen sınıflandırması.....	56
Çizelge 4.3 Standart etkilenme değerlendirme varsayımları.....	58
Çizelge 5.1 Yapı içi hava niteliği risk süreci model kullanıcıları.....	68

DENKLEM LİSTESİ

	Sayfa
Denklem 2.1 Gazların birim hacmi denklemi.....	6
Denklem 3.1 Risk denklemi.....	33
Denklem 4.1 Kirleticinin hayat boyu ortalama günlük dozu denklemi	58
Denklem 4.2 Kanserojen olmayan eşik değeri etkisi denklemi	60
Denklem 4.3 Tehlike bölümü denklemi	61
Denklem 4.4 Tehlike indeksi denklemi	61
Denklem 4.5 Hata sınırı yöntemi denklemi	61
Denklem 4.6 Kanser riski denklemi	61



ÖNSÖZ

Doktora çalışmama yön ve destek veren

Tez danışmanım Doç. Dr. Ayşe Balanlı'ya,

Tez izleme komite üyesi

Prof. Dr. Zerhan Karabiber'e ve Doç Dr. Bilge Işık'a,

Yapı Elemanları ve Malzemeleri Bilim Dalı Öğretim Üyelerine

İstanbul Üniversitesi Onkoloji Sitoloji Bilim Dalları üyeleri

Prof. Dr. Gülçin Erseven ve Prof. Dr. Canan Alatlı'ya,

İstanbul Üniversitesi Çevre Sağlığı Bilim Dalı öğretim üyesi

Kimya Mühendisi Dr. Hülya Gül'e,

Aileme ve

Gökçe ve Çetin Taygun'a,

Ayşe Evyap Arın'a,

Didem Aydın'a,

Aslı ve Hüseyin Demirkese'n'e

teşekkür ederim.



ÖZET

İnsanın en temel gereksinimi, yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürmesidir. İnsan çoğu zamanını yapı içinde geçirdiği için yapı içi hava niteliği (IAQ) bu sağlıklı ortamı oluşturmak açısından önemlidir.

Yapı içi havasını doğal ve yapay kirleticiler kirletir. Bu kirleticiler gazlar ve buharlar, parçacıklardır. Gazlar ve buharlar; yanıcılar (karbon monoksit, nitrojen oksitleri, sülfür dioksit, kömür dumanı vb.), uçucu organik bileşikler – VOC (formaldehit, benzen vb.), zararlı doğal gazlar (radon, ozon)dir. Parçacıklar; asılı parçacıklar, organizmalar (bakteriler, mantarlar, virüsler, vb.)dir.

Her kirleticinin yapısı farklıdır. Bu çeşitlilik insan sağlığı ve alınacak önlemlerde de değişiklik gösterir. Farklı kirleticilere karşı farklı kişiler, farklı riskler oluşturur. Kirleticilerin sınır değerleri, kaynakları ve kullanıcıda oluşturduğu sağlık sorunları; risklerin belirlenmesi ve çözümü için bilinmesi gerekir.

Bir yapının iç hava niteliğinin değerlendirmesi için risk sürecinin incelenmesi gerekmektedir. Yapı içi hava niteliği risk sürecinde, ön araştırması ile modelin uygulanacağı yapı ve kullanıcısı tanımlanır. Risk değerlendirmesi adımı kirleticilerin hangi seviyelerde insan sağlığını nasıl etkilediği belirlenir, ölçümleri yapılır, sınır değerlere göre kirleticilerin kullanıcı üstündeki sağlık etkileri bulunup, oluşacak risk faktörleri hesaplanır. Her kirleticinin risk faktörü toplanıp, toplam risk belirlenir. Risk yönetimi adımı bu risklerin kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı belirlenir. Alınan karara göre son adım olan uygulama yapılır. Uygulamada karar; kabul edilemez risk ise, riskin düzeyine göre; yapı iyileştirilir, yapı yok edilmeden terk edilir veya yapı yıkılır, kabul edilebilir risk ise; yapıya müdahale edilmez.

Yapı içi hava niteliği risk süreci mimarların etkin görev aldığı birçok bilim dalından uzman içeren bir grubun uygulayacağı bir modeldir.

Anahtar Kelimeler : Yapı içi hava niteliği, yapı içi hava kirleticileri, yapı kaynaklı sağlık sorunları, risk süreci, risk değerlendirmesi, risk yönetimi

ABSTRACT

The most basic need of all humans is to lead a healthy life. Since people spent most of their time indoors, indoor air quality plays an important role to form a healthy environment.

Natural and artificial pollutants pollute the indoor air. These pollutants are gas and vapors, particles. Gas and vapors are; combustion products (carbon monoxide, oxides of nitrogen, sulfur dioxide, coal smoke etc.), volatile organic compounds (formaldehyde etc.), toxic natural gases (radon, ozone). Particles are; aerosols, organisms (bacteria, fungi, virus).

All the pollutants have different structures. This variation makes differences in the adverse health effects on human and the preventions that should be taken. Different pollutants cause different risks in different people. Acceptable exposure levels, sources and adverse health effects of indoor air pollutants must be known for determination and evaluation of risks.

To evaluate an indoor air quality of a building, risk analysis must be examined. Building itself and the occupants are determined in pre – research step of indoor air quality risk analysis. In risk assessment step, health effects on people at any concentrations, any level are determined. Indoor air pollutants are than mesasured. With the determined health effects on people, the risk factors are calculated. All the pollutants' risk factor is added up to form the total risk. According to the total risk, risk of the building is determined. In risk management step, it is determined if risks are in acceptable or unacceptable level. According to the decision, the last step application is taken place. If the decision is risks are in unacceptable level, building is improved, building is left without doing anything to improve or building is demoslished. If the decision is risks are in acceptable level, no application is done in the building.

Architects playing an important role, a group, consist of different experts, is applying the model of indoor air quality risk analysis.

Keywords : Indoor air quality, indoor air pollutants, health effects related with the building, risk analysis, risk assessment, risk management

1. GİRİŞ

Yapı, insanın doğal çevre içinde yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürebilmesi için ürettiği yapma bir çevredir. Yapının temel amacı; kullanıcı gereksinimlerine cevap vermek, insanın temel gereksinmesi ise yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürmektir. Yapının içinde bulunduğu, yapı dışında kalan ortam yapının “dış çevresi”dir. Yapı dış kabuğu ile sınırlandırılan ortam ise yapının “iç çevre” si olarak adlandırılır. Yapının fiziksel dış çevresinde; doğal (hava, su, toprak, canlılar) ve yapma (yapılar, yollar, parklar vb.) çevreler bulunmaktadır. Yapının fiziksel iç çevresini ise; boyutsal ve biçimsel (en, boy, yükseklik, alan, hacim, oran, biçim), görsel (ışık, renk, estetik), ses (işitme, gürültü), dokunma (sertlik, pürüzlülük, keskinlik, sıcaklık) ve atmosferik (sıcaklık, nem, basınç, elektro-iklim, yapı içi hava niteliği vb.) özellikler tanımlamaktadır. Yapı içinde gereksinimlerin karşılanması, kullanıcının sağlığının bozulmaması hem iç hem de dış fiziksel çevrelerin özellikleri ile ilişkilidir. Her özellik değişik etkenlerle olumsuz duruma geçebilmektedir. Bu olumsuz durum sonucu yapıdan kaynaklanan biyolojik ve psikolojik sağlık sorunları oluşabilmektedir (Balanlı ve Öztürk, 1995; Balanlı, 1997).

Bu tezin çalışma alanı; yapının fiziksel iç çevresine ait atmosferik özelliklerden “yapı içi hava niteliği” olarak belirlenmiştir.

Yapı içi havası; dış çevre havası gibi azot, oksijen, argon, karbon dioksit, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, ksenon, azot dioksit ve ozondan oluşmaktadır. Bu bileşenlerin oranları “hava niteliği”ni belirlemektedir. Değişik kaynaklardan çıkarak havaya karışan kirleticilerin, dengeyi bozacak ve kullanıcılarla diğer canlılara zarar verecek miktarlara ulaşmaları “hava kirliliği” olarak tanımlanmaktadır. Kirleticilerin yapı içindeki havaya karışması ve burada birikmesi ise “yapı içi hava kirliliği”ni oluşturmaktadır.

Yapı içi hava kirleticileri; fiziksel ve kimyasal özelliklerine, sağlık etkilerine ve kaynaklarına göre değişik şekillerde sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada yapı içi hava kirleticilerinin fiziksel özelliklerine göre sınıflaması yapılmıştır:

▪ Gazlar ve buharlar

- Yanma ürünleri (Karbon monoksit, karbon dioksit, azot oksitler, kükürt dioksit vb.)
- Uçucu organik bileşikler (Benzen, toluen, formaldehit vb.)
- Zararlı doğal gazlar (Ozon, Radon vb.)

▪ Parçacıklar

- Asılı parçacıklar
- Organizmalar

Yapı içi hava kirleticilerinin kabul edilebilir sınır değerlerinin aşılması durumunda; baş ağrısından, yorgunluktan kansere kadar birçok farklı sağlık sorunu oluşmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) yapı sağlık sorunları ilişkisini inceleyen çalışmalarında gelişmiş ülkelerde yapıların yaklaşık %30'unun kullanıcı şikayetlerine ve hastalıklara neden olduğu görülmektedir (Bayer, 1990).

Yapıların, kullanıcı üzerinde oluşturduğu sağlık sorunlarının giderilmesi için değerlendirilmeleri gerekmektedir. Yapı değerlendirmesinin olumlu sonuç verebilmesi için yapı içi kirleticilerinin ve kullanıcıların farklılıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Herhangi bir kirleticinin kullanıcı üstündeki etkisi riski göstermektedir. Her kirleticinin kullanıcı sağlığı üstünde oluşturduğu risk; kullanıcının fiziksel ve biyolojik durumuna göre değişmektedir. Kirleticinin yapı içi yoğunluğu ve kullanıcının kirleticiden etkilenme süresi oluşabilecek sağlık sorununun boyutunu ve riskini değiştiren diğer etkenlerdir. Kullanıcının birden fazla yapı içi hava kirleticisinden etkilenmesi ile de riskler çoğalmaktadır. Yapı içi hava niteliği değerlendirmesi için risk sürecinin incelenmesi gerekmektedir.

Risk süreci Bureau Veritas, Haines, Neely, Asante – Duah, Spengler, Cranor vb. kişi ve kuruluşların yaptığı çalışmalarla incelenmiştir. Ancak bu çalışmalar, genel olarak; tıp ve risk uzmanlarını ilgilendiren adımlardan oluşmaktadır. Yapı içi hava niteliği için uygulanacak risk sürecinde yapıyı ilgilendiren mimarlık ve mühendislik gibi bilim dallarının yer alması sürecin ve değerlendirme sonuçlarının yeterliliğini sağlaması açısından önem kazanmaktadır.

Mimar,

- Çevresel etmenleri ve gereksinimleri belirleyen,
- Yapıyı tasarlayan,
- Diğer tasarımcıları (mühendis, iç mimar, şehirci, peyzaj mimarı vb.) yönlendiren,
- Üretim kararını veren,
- Yapımı denetleyen,
- Yapı ürünlerini seçen,
- Denetleyicilerle ilişki kuran,

- Yapının tümünde insan gruplarını örgütleyen

meslek insanıdır (Balanlı ve Öztürk, 1997). Yapıdan kaynaklanan kullanıcı sağlık sorunlarının belirlenmesi ve çözümüne ilişkin yapı ile ilgili kararları verebilecek kişi de mimardır. Mimarın yer almadığı risk sürecinde; bulunma olasılığı olmayan kirleticiler değerlendirmeye girebilir, böylece işgücü ve maliyet artabilir ya da bulunma olasılığı olan kirleticiler ise değerlendirmeye girmeyip, sonuçların yetersiz olmasına neden olabilir. Bu nedenle; yapı içi hava niteliği risk süreci modelinde mimarın etkin bir rol alması gerekmektedir.

Çalışmanın amacı; var olan yapıların yapı içi hava niteliği açısından kullanıcılar için sağlıklı olup olmadığının kararını verebilmek ve risk yönetimine bilgi aktarmaktır. Bu kararın verilebilmesi için; mimarın etkin bir rol oynadığı “yapı içi hava niteliği risk süreci modeli”nin belirlenmesi gerekmektedir.

Yapı içi hava niteliğinin insan sağlığını olumsuz etkilememesi; tasarım aşamasında verilen kararlar ile sağlanabilmektedir. Ancak çalışma var olan yapılarda iç hava niteliği risk süreci ile sınırlandırılmıştır.

Yapı içi hava niteliği risk sürecinin; mimarın ön araştırmadan başlayarak tüm süreçte ve çalışma grupları içinde etkinliğinin olması ile başarılı olabileceği varsayılmaktadır.

Çalışmada öncelikle, yapı içi hava niteliği, kirlilik ve yapı içi hava kirleticileri, sınıflamaları ve her kirleticiye ait tanımlar, sınır değerler, oluşturabileceği sağlık sorunları, kullanıcı sağlığı ve risk açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, öncelikle risk ve risk süreci tanımları verilmiş, risk alanında yapılan araştırmalar incelenmiştir. Daha sonra risk süreci adımları tanımlanıp risk değerlendirmesi, risk yönetimi ve risk iletişimi olarak irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, yapı içi hava niteliği risk süreci modeli oluşturulmuştur. Yapı içi hava niteliği risk süreci ölçütleri ve modelin adımları; yapı içi hava niteliği ön araştırması, yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesi, yapı içi hava niteliği risk yönetimi, yapı içi hava niteliği risk yönetimi karar uygulaması, yapı içi hava niteliği risk iletişimi olarak tanımlanmış ve açıklanmıştır.

Ek olarak yapı içi hava niteliği risk süreci modelinin ön araştırma adımına yönelik bir öneri anket hazırlanmış ve ön araştırma adımı bir yapıda uygulanmıştır.

2. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ

2.1 Yapı İçi Hava Niteliği ve Kirlilik

Yapı, kullanıcının yaşamı içindeki ilişkilerini sürdürdüğü bir ortamdır. Kullanıcı tarafından tasarlandığı ve üretildiği için bir yapma çevredir ve doğal çevre içinde yer alır. Yapının içinde bulunduğu, yapı dışında kalan ortam yapının “dış çevre” sidir. Yapı dış kabuğu ile sınırlandırılan ortam ise yapının “iç çevre” si olarak adlandırılır (Balanlı ve Öztürk, 1995).

Bu iç çevrede bulunan dış çevre havası gibi atmosfer bileşenlerinden oluşan hava “yapı içi havası” nı oluşturmaktadır. Hava belirli oranda oksijen, karbon dioksit ve azot içermektedir. Havanın doğal bileşimi ve bileşen oranları Çizelge 2.1’ de verilmektedir. Çizelge 2.1’de verilen bileşenlerin dışında havada %1–3 oranında su buharı ve çok az miktarda kükürt dioksit, formaldehit, iyot, sodyum klorür, amonyak, karbon monoksit, toz ve polenler bulunmaktadır (Tünay ve Alp, 1996).

Çizelge 2.1 Atmosferin doğal birleşimi (Tünay ve Alp, 1996)

Bileşen	Hacim %	Yoğunluk, ppm
Azot	78,084 ± 0,004	780.900
Oksijen	20,946 ± 0,00	209.400
Argon	0,934 ± 0,001	9.300
Karbon Dioksit	0,033 ± 0,001	315
Neon		18
Helyum		5,2
Metan		1,5
Kripton		0,5
Hidrojen		0,5
Ksenon		0,08
Azot dioksit		0,02
Ozon		0,01 – 0,04

Atmosferin bileşenlerinin oranları doğal eylemlere bağlı olarak hep aynı kalmaktadır. Bu oran “hava niteliğini” belirlemektedir. Değişik kaynaklardan çıkarak havaya karışan kirleticilerin, bu dengeyi bozacak ve kullanıcılarla diğer canlılara zarar verecek miktarlara ulaşmaları “hava kirliliği” olarak tanımlanmaktadır.

Kirleticilerin, yapı içindeki havaya karışması ve burada birikmesi, “yapı içi hava kirliliği”ni oluşturmaktadır.

2.1.1 Yapı İçi Hava Niteliği ile İlgili Çalışmalar

Yapı içi hava niteliğinin bozulması kavramıyla insanoğlu ilk kez Taş Devri' nde karşılaşmıştır. Isınmak ve yemek pişirmek için yakılan ateş, iç ortama zehirli gazlar ve çeşitli kimyasal maddeler vermiş ve o dönemde bu sorun, ateşin mağaranın ağzında yakılmasıyla çözülmeye çalışılmıştır (Yalçınkaya, 1995).

Yapı içi hava niteliğine ilişkin ilk yoğun çalışma 1970'li yıllarda, başta İskandinav Ülkeleri olmak üzere Kuzey Avrupa'da başlamıştır. O dönemde, bu bölgedeki yapı içi hava kirliliğinin bir sorun olarak ortaya çıkışının birkaç nedeni vardır. Enerji tasarrufu sağlamak için, 1973'teki petrol krizinde, yapı içi havalandırma sistemleri büyük ölçüde azaltılmış, bunların yerine yeni yapı detayları çözülmüştür (Lee, 2000). Böylece yapı içi hava kirleticilerinin yoğunlukları yükselmiştir. Sorunlar birçok yapıda aynı zamanda ortaya çıktığından, bu durumun, yeni uygulamalardan kaynaklandığı hemen belli olmuştur. İlk yapı içi hava kirliliği sorunlarından biri, yaklaşık 100 İsveç okul öncesi sınıfında gözlenmiştir.

ABD' deki ilk ve en büyük araştırma; birkaç bin çocuk ve yetişkin arasında yapılan, havadaki parçacıkların etkilerine ilişkin "Harvard Altı-Şehir Çalışması"dır. Bu çalışmanın başlamasından 15 yıldan uzun bir süre sonra, araştırmacılar, parçacık düzeyinin daha yüksek olduğu günlerde bu şehirlerdeki ölüm oranlarının arttığı bulgusunu yayınlamıştır. Diğer şehirlerde de yinelenen bu çalışmalar, mevcut hava niteliği standartlarının oldukça altındaki parçacık yoğunluklarına bağlı olarak yılda 20.000 ile 50.000 ölüm bulgusuyla sonuçlanmış ve 2,5 mikron çapa eşit ya da daha küçük parçacıklar için yeni bir standardın kabul edilmesine (62 FR 38652, 18 Temmuz 1997) neden olmuştur.

Amerika Birleşik Devletleri Gaz Araştırma Enstitüsü ve Güney Kaliforniya Gaz Kuruluşu'nun sponsorluğunu üstlendiği, 1980'li yıllarda yapılan bazı büyük ölçekli çalışmalarla, gaz sobaları ile gaz ocaklarının evlerdeki önemli azot dioksit (NO₂) kaynakları olduğu belirlenmiştir. Mutfaktaki NO₂ düzeyleri genellikle oturma odalarından ve oturma odalarındaki NO₂ düzeyi de yatak odalarından daha yüksektir (Anderson ve Albert, 1999).

Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu (ASHRAE) 1996' da kabul edilebilir yapı içi hava niteliği için havalandırma standardını (PRD 62-R) yenilemek için çalışmalara başlamıştır (Kerrigan, 1996), ve 1999'da yayınlanmıştır (ASHRAE, 1999).

Yapı içi hava niteliği konusunda NATO pilot çalışmaları 1989 – 1996 tarihleri arasında yaklaşık 40 ülkeden 300 uzmanın katılımı ile yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda yapı malzemelerinden çıkan kirleticilerin azaltılması için üretici firmaların ürün etiketleri oluşturma çalışması yapmaları öngörülmüştür (Maroni ve Lundgren, 1998).

2.1.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri

Yapı içi hava kirleticileri birkaç değişik şekilde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar;

- Fiziksel özelliklerine
- Kimyasal özelliklerine
- Sağlık etkilerine
- Kaynaklarına

göre yapılabilir.

Kimyasal özelliklerine göre kirleticiler; organik ve inorganik kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılır.

Sağlık özelliklerine göre ise; toksik, zararlı ve rahatsız edici, kanserojen, mutajenik ve alerjik kirleticilerdir.

Yapı içi hava kirleticileri kaynaklarına göre de iki sınıfa ayrılır. Bunlar dış ve iç kaynaklardır (Wadden ve Scheff, 1983; Pearson, 1989; Yocom ve McCarthy, 1991; Holdsworth ve Sealey, 1992; Patrick, 1994; Griffin, 1994; Godish, 1995; Meckler, 1996; Brennan ve Turner, 1999; Spengler vd., 2000) [1, 2, 3]. Doğal kaynaklar (dış hava, toprak, su, rüzgar, vb.) ve insanların dıştaki eylemleri (ulaşım, endüstriyel eylemler, atık ürünler, vb.) dıştaki kirleticiler olarak sayılabilir. İç kaynaklar, yapının kendisi (yapı ürünleri) ve kullanıcı eylemleridir (biyolojik ve fiziksel eylemler, temizlik işleri, ofis eylemleri, vb.) (Öztürk, 1995). Yapı içi hava kirleticileri fiziksel özelliklerine göre gazlar ve buharlar ile parçacıklar olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.1.2.1 Gazlar ve Buharlar

Karbon monoksit, karbon dioksit, azot oksitler ve kükürt dioksit gibi yanma sonucu oluşan gazlar; uçucu organik bileşikler; ozon ve radon gibi doğal gazlar yapı içi gaz ve buhar kirleticileri oluştururlar.

Gazlar ve buharlar için kullanılan en yaygın hacim birimi; hacim oranını gösteren boyutsuz, bir milyon toplam hacimdeki gaz hacmini ifade eden ppm birimidir (Denklem 2.1).

$$X \text{ hacim kirletici} / 10^6 \text{ (kirletici + hava)} = X \text{ ppm} \quad (2.1)$$

Ağırlık için en yaygın kullanılan birim $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Kirleticinin 1 m^3 havadaki ağırlığını ifade eder (Tünay ve Alp, 1996). 20°C'da , 1 ppm yaklaşık 2660 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e eşittir (Burr, 2000).

A. Yanma Ürünleri

Yanma, maddelerin, genellikle havadan sağlanan oksijen ile hızlı oksitlenmesi sonucu ısı ve sıcak yanma ürünlerinin açığa çıktığı kimyasal bir olaydır. Genelde karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan yanıcılar, yeterli oksijen ortamında, büyük ölçüde karbon dioksit (CO₂) ve su buharı (H₂O) çıkarılırlar. Ayrıca az miktarda kükürt, azot ve diğer elementlerin oksitleri, karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x) ve kükürt oksitleri (SO_x) oluşturur (Şahin, 2000; Burr, 2000) [4]. Duman, yanma sonucu ortaya çıkan ve en bilinen yanma ürünüdür.

- **Karbon Monoksit**

Karbon monoksit (CO) karbon atomu içeren herhangi bir maddenin tamamlanmamış yanması sonucu oluşan, renksiz, kokusuz bir gazdır. Hemen hemen her yakıt karbon içerdiği için, yanma işleminin sonucu oluşan CO potansiyel tehlikedir. CO hem yapı içi, hem de dış çevre için hava kirleticisidir (Burr, 2000). Dış çevredeki en önemli CO kaynağı motorlu taşıt egzozlarıdır. Yapı içi CO kaynakları ise, havalandırılmayan ya da yetersiz havalandırılan yanma araçları (gaz ocakları, ısıtıcılar, vb.) ve yapı içinde sigara içilmesidir (Yocom ve McCarthy, 1991). Birçok ülkede CO yoğunluk sınır değerleri belirlenmekte zorunluluklar yürürlüğe konmakta ve dış çevre CO kaynakları (motorlu taşıtlar) denetlenmektedir.

Bazı ülkelerde CO zehirlenmesinin farkına varılması ölüm oranlarının düşmesini sağlasa da, akut CO zehirlenmesi sonucu oluşan özellikle yangınlardan kaynaklanan ölümler tüm dünyada hala önemli bir sorun oluşturmaktadır.

İngiltere' de 1985 – 1990 yılları arasında intiharlar dışında CO zehirlenmesi sonucu 833 erkek hayatını kaybetmiştir. Bu ölümlerin 445 tanesi yangınlar sonucu olmuştur. CO zehirlenmesi sonucu oluşan kadın ölümlerinde bu oran 569' da 405 idir. (Toplum Sayımları ve Deneyleri Ofisi, 1989-1992). Amerika Birleşik Devletleri' nde CO zehirlenmelerinin nedeni yanma kaynaklarında oluşan hatalar ya da yanma kaynaklarının düzgün havalandırılmamasıdır. (Ernst ve Zibrak, 1998).

Atmosferdeki CO yoğunluğu genelde hacim yüzdesi ya da milyondaki parçalar (ppm) olarak ifade edilmektedir. Kanın oksijen taşıma kapasitesini etkileyen CO, kandaki hemoglobine, oksijenden yaklaşık 200-250 kat daha fazla yapışarak oksijen taşıma kapasitesinde önemli bir düşüşe neden olmaktadır. Karboksihemoglobin (COHb), CO ve hemoglobin doymuşluğunun %' si olarak ifade edilen biyokimyasal bir ölçüdür. CO etkisi altında kalmamış, sigara kullanmayan kişilerin COHb düzeyleri (vücutta CO üretiminden dolayı) %0.4 ile %0.7 arasındayken, sigara kullanan kişilerde bu düzeyler %4 ile %8 oranındadır. Atmosferdeki CO

yoğunluğu ile kandaki COHb ilişkisi etkilenmenin sürekliliğine bağlıdır. Atmosferdeki 229 mg/m³ (% 0.02) CO 10 dakikalık sürede COHb'de küçük bir değişikliğe neden olmakta 4580 mg/m³ lük (%0.4) bir yoğunluk birkaç dakika içerisinde %60 COHb oluşturabilmektedir (Yocom ve McCarthy, 1991).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sigara kullanmayan topluluklarda (hassas gruplar da dahil) COHb düzeylerini %2.5 ile %3 arasında tutmayı önermektedir. İzin verilen en fazla etkilenme, 15 dakikayı geçmeyecek sürede, 100 mg/m³'tür. Daha uzun süreler için, zaman ağırlıklı ortalama (TWA – time-weighted average) 30 dakika için 60 mg/m³, 8 saat için 10 mg/m³, 1 saat için 30 mg/m³'ü geçmemelidir (WHO 1987a). Yapı içi havasında CO yoğunluğu Kanada standartlarına göre de 1 saatte 25 ppm, 8 saatte 11 ppm'den az olmalıdır.

• Karbon Dioksit

Karbon dioksit (CO₂), karbonun oksijen ile yanması sonucu oluşan, kokusuz, tatsız ve renksiz bir üründür. CO₂ atmosferin doğal bileşenidir ve yoğunluğu 350 ppm dir (Yocom ve McCarthy, 1991).

Yapı içindeki tüm yanma eylemleri (ocak, ısıtıcı, sigara) ve fizyolojik eylemler (insan solunumu) CO₂ kaynağıdır. Dinlenmekte olan bir kişi 0,30 lt/dk CO₂ üretmektedir (Wadden ve Scheff, 1983). Yapı içi CO₂ yoğunluğu ASHRAE 1982' de 8 saatte 500 ppm olarak verilmektedir.

• Azot Oksitler

Azot, çeşitli oksitler oluşturmaktadır. Bunların bazıları atmosferde ölçülebilir sınırlarda bulunmaktadır. Azot dioksit (NO₂) atmosferin doğal bileşenidir ve yoğunluğu 940 µg/m³ (500 ppb) tür. Kullanıcı eylemleri azot oksit (NO) ve NO₂ üretmektedir. Azot oksitler atmosfer oksijeni ile tepkimeye girip hava kirliliğinin göstergesi olarak ölçülen NO₂'yi oluşturmaktadır (Burr, 2000).

Yapı içinde önemli azot oksit kaynakları, yangınlar, gazlı ocaklar, su ve mekan ısıtıcıları, tütün dumanıdır. Aynı zamanda azot oksitler bazı ofis makineleri ve elektrikli ev aletlerinden de kaynaklanabilmektedir (Yocom ve McCarthy, 1991). Yanma sürecinde NO, NO₂' den daha fazla oluşmaktadır. İnsan sağlığına etkilerinden dolayı NO₂ daha fazla önem kazanmaktadır (Wadden ve Scheff, 1983).

İngiltere'de yapılan bir çalışmada Bristol' deki 174 konutun mutfak, yatak ve oturma odalarındaki NO₂ yoğunlukları incelenmiştir. Ölçümler sonunda NO₂ yoğunluğu mutfaklarda

daima en yüksek, yatak odalarında ise düşük miktarda gözlemlenmiştir. Yapı içi dış ortamdaki NO₂ yoğunluğundan etkilenmektedir. Konutun büyüklüğü ve kullanıcı sayısı da yapı içi kirliliğini etkileyen etkenlerdendir. Küçük konutlarda, kalabalık konutlara göre daha az yemek piştiğinden NO yayılması daha azdır. Havalandırma sistemi olmaksızın ortamdaki azot oksitleri azaltabilen tek mekanizma yeşil bitkilerdir.

Mutfaklardaki kısa süreli yüksek yoğunluklar pişirme sırasında oluşmaktadır. Yoğunluk, tek bir gazlı ocak yakıldığında 500 µg/m³, fırın kullanıldığında 1100 µg/m³ olarak gözlenmiştir. Bristol’deki deneyde, mutfaklardaki ortalama yıllık yoğunluk doğal gazlı ocak bulunan konutlarda 28.1 µg/m³, elektrikli ocak bulunan konutlarda ise 14.9 µg/m³’tür (Burr, 2000).

Astımlı kişiyi etkileyecek en düşük yoğunluğu baz alan WHO, etkilenmenin 24 saatte 400 µg/m³ (210 ppb) ü geçmemesini önermektedir (WHO, 1987b).

- **Kükürt Dioksit**

Kükürt dioksit (SO₂), fosil yakıtların yanması sonucu oluşan, keskin ve karakteristik kokusu olan renksiz bir gazdır. Dış hava kirleticisi olarak çevreye verdiği zarardan dolayı çok ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Kömür ve petrolün yanma ürünü olduğundan kömürün diğer bileşenleri ve petrol dumanıyla ilgisi bulunmaktadır (Burr, 2000).

Gazyağı az miktarda SO₂ içerdiği için yanması sonucu yapı içi SO₂ yoğunluğu oluşturur. Bu nedenle gazyağı ısıtıcıları yapı içi SO₂ kaynağıdır (Yocom ve McCarthy, 1991).

Çevresel Kirlilik Kraliyet Komisyonu’nun (Royal Commission on Environmental Pollution) yaptığı açıklama SO₂ yoğunluk sınırı duman varlığında 80 µg/m³, dumanın bulunmadığı durumlarda 120 µg/m³’tür. Amerika Birleşik Devletleri’nde yoğunluk sınırı 80 µg/m³ günlük izin verilebilen en fazla yoğunluk ise 350 µg/m³’tür. Bu sınırlar dış hava için saptanmış olsa da, İngiltere’de konutlarda da bu sınırlara uyulmaktadır (Burr, 2000).

B. Uçucu Organik Bileşikler (VOC)

Uçucu organik bileşik (VOC) terimi, dış havada fotokimyasal tepkimeye bulunan ve karbon içeren kimyasallar için kullanılmaktadır. Boyama işlemleri, petrol rafineleri, yakıt depolama ve yükleme, yazım-baskı işlemleri ve motorlu taşıtlar gibi geniş çeşitlilikteki kaynaklardan ortaya çıkmaktadır.

Yapı içi hava niteliğini inceleyen araştırmacılar, örnek ve analiz yöntemlerinde ölçtükleri organik buhar bileşiklerini VOC terimiyle adlandırmaktadır. Ölçülen VOC’ların toplamı da “toplam uçucu organik birleşikler” (TVOC) olarak tanımlanmaktadır.

Yapı içi buhar durumundaki organik birleşikler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından sınıflandırılmıştır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 Organik yapı içi kirleticileri için Dünya Sağlık Örgütü' nün sınıflandırma sistemi (Tucker, 2000)

Tanımlama grupları	Kısaltma	Kaynama noktası aralığı, °C*
Çok uçucu organik bileşikler	VVOC	<0' dan 50-100
Uçucu organik bileşikler	VOC	50-100' den 240-260
Yarı organik uçucu bileşikler	SVOC	240-260' dan 380-400
Özel madde ya da özel organik maddelerle ilişkili organik bileşikler	POM	>380

* Polar bileşikler ve yüksek molekül ağırlıklı VOC' lar her kaynama noktası aralığının yüksek sıcaklık tarafında görülür.

Kaynak: WHO (1989).

TVOC yoğunlukları genelde uzun sürede 50' den 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e, dakikalardan saatlere giden sürede ise yüzlerce mg/m^3 e ulaşabilmektedir. Uzun süreli yoğunluklar yapay ve doğal ürünlerin varlığında kullanıcı eylemlerinin sonucunda oluşmaktadır. Yüksek kısa süreli yoğunluklar, kişisel bakım ürünleri, hobi ya da temizlik ürünleri kullanımı ve çözücülü boya uygulamaları sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Yapıda bulunan hemen hemen her malzemenin, yüzeyinden buharlaşarak yapı içi havasına karışabilecek organik bileşik içerme olasılığı bulunmaktadır. Tamamen inorganik olan metal ya da camsı malzemelerin bile yeni oldukları zaman yapı içi havasındaki parçacıkların ya da buharların yer değiştirmesinden dolayı yüzeylerinde organik madde bulunmaktadır.

Yapı içi VOC kaynakları kirletici yayma süresine göre sınıflandırılabilir. Bazı kaynakların, örneğin naftalin (kristal yok olana kadar oda sıcaklığında sürekli paradiklorobenzen yayar), kirletici yayması süreklidir. Bazı döşeme kaplamaları ve mobilyaların yavaş-çürümeli kirletici yayma süresi vardır. Bu kaynakların yayma süresi yarı ömürleri haftalar ya da aylardır. Hızlı-çürümeli kirletici yayma süresi olan kaynakların yarı ömrü dakikalar, saatler ya da günlerdir. Bunlara örnek boyalardır (Tucker, 2000).

Çizelge 2.3' de uçucu organik birleşikler ve olası yapı içi kaynakları verilmektedir.

• Formaldehit

Formaldehit (HCHO) normal oda sıcaklığında renksiz ve kokulu bir gazdır. Sentetik türe ve fenol-formaldehit reçinesi üretilen önemli bir endüstriyel kimyasal maddedir. Bu reçineler lif levha, kontrplak ve laminant yapımında yapıştırıcı olarak, aynı zamanda boya işlemlerinde, kağıt ürünlerinde ve köpük ısı yalıtımlarının yapımında da kullanılmaktadır (Jones, 1994).

Çizelge 2.3 Uçucu organik bileşiklere örnekler (VOCs) ve yapı içinde bulunduğu kaynakları (Corn, 1993; Tucker, 2000; Baker-Laporte, 2001) [5].

Uçucu Organik Bileşik	Yapı İçi Kaynakları
Asetaldehid*	Döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), havalandırma sistemleri ve bileşenleri, ofis aygıtları, ahşap ürünler
Benzen*	Mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler, sigara dumanı
Butadin	Halı, sigara dumanı
Etilbenzen	Döşeme (halı, vinil, ahşap), duvar ve tavan kaplamaları (alçı levha, sıva, duvar kağıdı), yalıtım ürünleri (lifli ve köpük), boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila, ofis aygıtları
Etiltolüen	Boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila
Hekzan	Döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), mobilyalar (sentetik kumaş), boyalar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler
Karbon tetraklorür*	Böcek zehirleri
Kloroform*	Mobilyalar (sentetik kumaşlar), böcek zehirleri
Ksilenler	Döşeme (halı, vinil, ahşap), duvar ve tavan kaplamaları (alçı levha, sıva, duvar kağıdı), mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila
Metilen klorür*	Mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, çözücüler, vernik, cila
Metil kloroform	Ev temizlik ürünleri
Naftalin	Böcek zehirleri
Paradikloro benzen*	Böcek zehirleri, döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap)
Sterin	Yalıtım ürünleri (lifli ve köpük), döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), boyalar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler, ofis aygıtları
Tetrakloro etilen*	Macunlar
Tolüen	Macunlar, döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), duvar ve tavan kaplamaları (alçı levha, sıva, duvar kağıdı), mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler
Tri-kloroetilen*	Mobilyalar (sentetik kumaşlar)
Tri-metilbenzen	Boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila

* ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından önerilen 33 zararlı hava kirleticisi listesinde bulunan ve kentte yaşayan insanlara en büyük sağlık tehdidi yarattığı düşünülen kent hava kirleticileri (USEPA 1998a).

Yapı içi formaldehit yoğunluğu zamana göre iniş çıkış göstermektedir. Meyer 1983, Wanner ve Kuhn 1984 tarihli çalışmalarında formaldehit yoğunluğunun sadece yapının yaşına değil aynı zamanda yapı içindeki sıcaklık düzeyine ve bağıl neme bağlı olduğunu görmüşlerdir (Yocom ve McCarthy, 1991). Formaldehit, kentsel havada ortalama $5-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ düzeyinde bulunurken, yapı içi havadaki yoğunluğu daha yüksek olup $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşabilmektedir (Wadden ve Scheff, 1983; Şahin, 2000). WHO 1987'de yapı içinde formaldehit sınır yoğunluğu 30 dakikada $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilmektedir.

C. Doğal Gazlar

- **Ozon**

Ozon (O_3), taşıt egzoz gazından ve diğer yanma işlemlerinden ortaya çıkan azot oksitlerin ve hidrokarbonların güneş ışınlarıyla tepkimeye girmesi sonucu oluşmaktadır. Ozonun Avrupa'daki düzeyi $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altındadır ancak $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e kadar yükseldiği de görülmektedir. Gün içindeki değişikliği güneş ışığına bağlı olan ozon kırsal alanda en çok $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kentlerde $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e kadar yükselebilmektedir. Ozon içeren yapı içi kaynakları fotokopi makineleri ve elektrostatik hava temizleyicileridir (Yocom ve McCarthy, 1991) [6].

- **Radon**

Radon (Rn), radyum 226'nın radyoaktif bozunumu sonucu ortaya çıkan, renksiz, kokusuz, radyoaktif bir gazdır ve yarı ömrü 3.8 gündür. Ölçü birimi bekerel (Bq) olan radon gazı, doğal olarak her yerde ve her zaman bulunmakta ve yapı içi havasını toprak ve sudan sızarak ya da uygulanmış yapı ürünleri ile kirletmektedir. Dünyada, ortalama her $6,45 \text{ cm}^2$ topraktan saniyede altı radon atomu çıkmaktadır (Brookins, 1990) [7]. Yapı içi radon yoğunluğunda yerleşim yeri önemli bir belirleyicidir. Toprağın su ve gaz geçirgenliği, nemi, basıncı ve sıcaklığı, radon gazı yoğunluğunu etkiler. Radon gazı suda çözünür ve suyun sıcaklığı arttıkça havaya karışır. Suda bulunan $370.000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ radon, havaya karıştığında $37 \text{ Bq}/\text{m}^3$ radon gazı üretmektedir (Cothorn ve Smith, 1987; Yocom ve McCarthy, 1991; Dunford, 1994) [6, 8, 9].

Uluslararası Radyasyon Koruma Komitesi (ICRP) tarafından belirlenmiş radon gazı sınır değerleri, konutlar için $200-600 \text{ Bq}/\text{m}^3$, işyerleri için $500-1.500 \text{ Bq}/\text{m}^3$ tür. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin bildirdiği radon gazı sınır değeri ise tüm mekanlar için $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$ tür (Balanlı vd., 2002).

2.1.2.2 Parçacıklar

Parçacıklar, tek molekül boyutundan ($0,0002 \mu$) büyük ve 500μ dan küçük havada asılı ya da çökebilen halde bulunan katı ya da sıvı maddelerdir (Tünay ve Alp, 1996). Parçacıklar, asılı parçacık (toz, duman, kurum, is, sis vb.) ve organizmalar (mantar, polen, bakteri, virüs vb.) olarak iki gruba ayrılmaktadır.

A. Asılı Parçacıklar

Çapı birkaç yüz mikrometreden küçük, uçan, katı ve düşük buhar basınçlı sıvı parçacıklardan oluşmaktadır (Wadden ve Scheff, 1983). Asılı parçacıkların tanımları aşağıda verilmektedir.

Toz : Havada bir süre asılı kalabilen, yer çekimi etkisiyle havadan ayrılan parçacıklardır.

Duman : Tam olmayan yanma sonucu karbon ve diğer yanma ürünlerinden oluşan parçacıklardır.

Kurum : Tam olmayan yanma sonucu katran karışmış karbon parçacıklarıdır.

İs : Gazların yoğunlaşması ya da kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan, $1 \mu'$ dan küçük boyutlu parçacıklardır.

Sis : Mikroskobik su damlacıklarından oluşan gözle görülebilir parçacıklardır (Tünay ve Alp, 1996).

B. Organizmalar

Mantar ve bitki sporları, polen, bakteri ve virüsler havadaki parçacıklardır. Organizmalar $0,1\mu\text{m}'$ den $100\mu\text{m}'$ ye kadar değişik büyüklüklerde bulunmaktadır. Okul, hastane ve konutlarda yapılan ölçümler sonucu, $20 \text{ CFP}/\text{m}^3$ - $700 \text{ CFP}/\text{m}^3$ sınırlarında insanların sağlığını bozmadan yaşayabildikleri görülmüştür (Yocom ve McCarthy, 1991). Spor ve polen yoğunlukları yapı içinde, dış hava yoğunluğundan daha düşük düzeydedir.

Havalandırma ve soğutucular organizmaların yoğunlaşp, yapı içi havasına dağılmasını sağlayan aygıtlar olarak belirtilmiştir (NAS, 1981b).

2.1.3 Yapı İçi Hava Kirleticileri ve Sınır Değerleri

Yapı içi hava kirleticilerinden bu çalışmada sözü geçenlerin farklı standartlarda yer alan, kabul edilebilir sınır değerleri Çizelge 2.4' te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri.

Yapı İçi Hava Kirleticileri	Kabul Edilebilir Sınır Değerleri	Kaynak
Karbon Monoksit	30 dakikada $60\text{mg}/\text{m}^3$ (50ppm)	WHO 1987
	1 saatte $30\text{mg}/\text{m}^3$ (25ppm)	NAAQS
	8 saatte $10\text{mg}/\text{m}^3$ (9-10ppm)	TS12281
	0-4ppm	OHSD 1988
	Kısa süre etkisinde kalındığında; 8 saatte <11ppm 1 saatte <25ppm	Kanada Standardı
	Sürekli etkisinde kalındığında; <11 mg/m^3	WHO 1984
Karbon Dioksit	8 saatte 500ppm	ASHRAE 1982
	330-800ppm	OHSD 1988
	Uzun süre etkisinde kalındığında; $6300\text{mg}/\text{m}^3$ (<3500ppm)	Kanada Standardı
	<1800 mg/m^3	WHO 1984
	800ppm'i aşmamalı	TS 12281
Azot Dioksit	24 saatte $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,21ppm)	WHO 1987
	1 saatte $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,08ppm)	
	1 yılda $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50ppm)	NAAQS
	Kısa süre etkisinde kalındığında; 1 saatte <480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,25ppm) Uzun süre etkisinde kalındığında; <100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05ppm)	Kanada Standardı
	<0,19 mg/m^3	WHO 1984
	< 0,05ppm	TS12281
Kükürt Dioksit	Kısa süre etkisinde kalındığında; 5dakikada <1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (<0,38ppm) Uzun süre etkisinde kalındığında; <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (<0,019ppm)	Kanada Standardı
	Kısa süre etkisinde kalındığında; <0,5 mg/m^3	WHO 1984
	Duman olan durumlarda; 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Duman bulunmadığı durumlarda; 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Çevresel Kirlenme Avrupa Yüksek Komisyonu

Çizelge 2.4 Yapı içi hava kirleticileri ve kabul edilebilir sınır değerleri (devam).

Yapı İçi Hava Kirleticileri		Kabul Edilebilir Sınır Değerleri	Kaynak
Uçucu Organik Bileşikler	Genel olarak	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ü aşmamalı	TS12281
	Benzen	Kabul edilebilir sınır değer yok	WHO 1987
		Kanserojen	WHO 1984
		0,01 mg/cm^3 ü aşmamalı	TS12281
	Tolüen	24 saatte 7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO 1987
		30 dakikada 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		0,01 mg/cm^3 ü aşmamalı	TS12281
	Formaldehit	30 dakikada 0,1 mg/m^3	WHO 1987
		Sürekli etkisinde kalındığında; 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ASHRAE 62-1989
		0-0,04ppm	OHSD 1988
60-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05-0,10ppm)		Kanada Standardı	
Kısa ve uzun süre etkisinde kalındığında; <0,06 mg/m^3		WHO1984	
	0,065ppm'i aşmamalı	TS 12281	
Ozon	1 saatte 150-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,076-0,1ppm)	WHO 1987	
	8 saatte 100-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05-0,06ppm)	TS12281	
	0-0,01ppm	OHSD 1988	
	Kısa süre etkisinde kalındığında; 1 saatte <240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,12ppm)	Kanada Standardı	
	0,05 mg/m^3	WHO 1984	
	0,05ppm	ASHRAE 62-1999	
	0,12 mg/cm^3 ü aşmamalı	TS12281	
Radon	1 yılda 100Bq/ m^3	WHO 1987	
	0,01WL=2pCi/L	ASHRAE 62-1989	
	~0	İsveç Standardı	
	400Bq/ m^3	TAEK Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	
Parçacık	Kısa süre etkisinde kalındığında; 1 saatte <100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Uzun süre etkisinde kalındığında; <40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kanada Standardı	
Asbest	Kabul edilebilir sınır değer yok	WHO 1987	
	Uzun süre etkisinde kalındığında; ~0	WHO 1984	
Bakteriler, virüsler	Kaynak yok	Kaynak yok	

2.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri ve Kullanıcı Sağlığı

Yapı içi hava kirleticilerinin, yapılan araştırmalar sonucunda, kabul edilebilir sınır değerleri belirlenmiştir. Standartlarda verilen bu sınır değerlerin üstünde olabilecek her yapı içi hava kirleticisi değeri, yapı kullanıcılarını farklı şekilde etkilemektedir. Kirleticilerin oluşturduğu farklı sağlık sorunlarının ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.

2.2.1 Gazlar ve Buharların Oluşturduğu Sağlık Sorunları

Karbon monoksit, karbon dioksit, azot oksitler ve kükürt dioksit gibi yanma sonucu oluşan gazlar; uçucu organik bileşikler; ozon ve radon gibi zararlı doğal gazlardan oluşan yapı içi gaz ve buhar kirleticilerinin oluşturduğu sağlık sorunları ayrıntılı bir şekilde aşağıda verilmektedir.

• Karbon Monoksit

Karbon monoksit (CO) akciğerler tarafından emilir ve burada hemoglobin ile birleşir. CO'nun O₂ yerine hemoglobinle birleşmesi karboksihemoglobini (COHb) oluşturur. CO'nun yok edilmesi de sadece akciğerlerde gerçekleşmektedir. (Şahin, 2000). COHb'nin yarı ömrü normal şartlar altında beş ile altı saat arasındadır. CO hücresel solunumu engellemekte, dokulara oksijen ulaşımını kısıtlayarak CO zehirlenmesine neden olmaktadır. CO zehirlenmesinin insan sağlığına akut etkileri üzerine önemli kanıtlar bulunmaktadır. Etkilenmenin sürekliliği ve düzeyi, etkilenenin eylemleri, yaş grubu (çocuk olma) ve sağlık durumu (damar hastalıkları) gibi çeşitli etkenler etkilenimin risk derecesini artırmaktadır (Burr, 2000).

%10 ile %20 COHb yoğunluğunda oluşan ilk belirtiler genellikle baş ağrısı, yorgunluk ve performans düşüklüğü olarak görülmektedir. Düşük yoğunluktaki hassas etkiler uygun testler uygulanarak elde edilebilmektedir. Çizelge 2.5' te CO etkilenmesi, COHb yoğunluğu ve etkilerin ilişkisi özetlenmektedir (Burr, 2000; Şahin, 2000) [10].

Çizelge 2.5 Karbon monoksit zehirlenmesinin akut etkileri (Burr, 2000)

Etkilenmenin sürekliliği			
229 mg/m ³	1145 mg/m ³	COHb %	Etkiler
2 saat	20 dk.	10	Performansın düşmesi
7 saat	45 dk.	20	Nefes darlığı, baş ağrısı
	75 dk.	30	Şiddetli baş ağrısı, zayıflama, baş dönmesi, bulanık görme, karar vermede güçlük, mide bulantısı, kusma, ishal, nabız hızlanması
	2 saat	40-50	Şaşkınlık, düşmek, kıvranmak
	5 saat	60-70	Koma, kıvranmak, nabız yavaşlaması, kan basıncının düşmesi, solunum bozukluğu, ölüm

CO'nun uzun süreli hasar oluşturmasının iki farklı yolu vardır. İlki, sert akut zehirlenme sonucu oluşan subakut ve kronik etkiler, diğeri ise düşük yoğunlukta uzun süre etkilenme sonucu oluşan etkilerdir. Akut zehirlenme sonrası nörolojik ve psikiyatrik değişikliklerin yanı sıra ilgisizlik, bellek yitimi, sinirlilik, kişilik değişiklikleri, idrar tutamama, yürüyüşte rahatsızlıklar gibi sorunlar gözlenebilmektedir. Choi 1983 yılında yaptığı çalışmada, CO

zehirlenmesi yaşayan hastaların %12' sinde nörolojik etki görüldüğünü belirtmektedir. Bu hastalar genelde hastaneye derin koma halinde getirilmişlerdir. Zehirlenme belirtileri 30 yaş üstü hastalarda, 2 ile 40 gün içinde gözlenmiştir. Bu hastaların çoğunun 12 ay sonra iyileştiği, bazılarının da artan bellek yitimi ve yürüyüş bozukluğu yaşadığı gözlenmiştir.

Kronik etkilenmelere ya da düşük yoğunluklarda CO'dan etkilenim sonucunda oluşan zehirlenmelere kolaylıkla yanlış tanı konabilmektedir. Meredith ve Vane 1988 tarihli çalışmasında bu tür zehirlenmelerin sıklıkla görülen belirtileri arasında, baş ağrısı ve dönmesi, yorgunluk, düşünmede zorluk, aşırı duyarlılık, göğüs ağrısı, görme bozukluğu, bulantı, ishal ve karın ağrıları sonucu kişinin iş ya da okul performansında düşüş gözlenmektedir. Hamile kadınların düşük yoğunluklardaki CO'dan zehirlenmeleri durumunda, cenin gelişiminde bozukluklar görülebilmektedir. Sigara kullanan kadınların dünyaya getirdiği bebeklerin düşük kilolu olduğu bilinmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler, bu durumun, ceninin CO'e olan hassaslığından kaynaklandığına işaret etmektedir. (Burr, 2000).

- **Karbon Dioksit**

Uzun süreli %1,5'lik CO₂ yoğunluğundan etkilenme sağlıklı kişilerde strese neden olmaktadır. Bu yoğunluk %7 – 10 düzeyinde olursa birkaç dakika içinde sağlıklı kişilerde bilinçsizliğe yol açmaktadır (Wadden ve Scheff, 1983). Yapı içi ölçümlerinde genellikle CO₂ yoğunluğu %1' in altında bulunduğu için önemli bir sağlık sorunu oluşturmamaktadır [11].

- **Azot Oksitleri**

İnsanlar üzerinde yapılan NO₂ zehirlenmesine ilişkin çalışmalar, konut ve ofis yapılarında oluşan NO₂ dozundan çok farklı olan endüstriyel dozlar ve etkilenimleri üzerinde durmaktadır. NO₂ zehirlenmelerinin etkileri genelde solunum sisteminde görülmektedir. Düşük yoğunluktaki NO₂'ye birkaç saatlik etkilenme hayvanlar üzerinde hiçbir olumsuz etki yaratmazken, haftalar, aylar ya da yıllar süren etkilenmeler akciğer tahribatına yol açmaktadır (WHO, 1987b). Bununla birlikte, kısa süreli fakat yüksek yoğunluklu NO₂ etkilenmesi sağlık risklerini belirlemede önem kazanmaktadır.

Yapı içi NO₂ yoğunluğu, akut zehirlenmenin gerçekleştiği yoğunluklardan daha düşük olmasına rağmen solunum yolu enfeksiyonları, akciğer fonksiyon bozuklukları gibi rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Astımlı kişiler, dar hava yolları ve çocuklar büyümekte olan akciğerleri nedeniyle NO₂'den daha fazla etkilenirler. Düşük düzeydeki NO₂ etkilenimi sonucu insanlarda önemli bir belirti görülmediği için, bu belirtiler büyük epidemiyolojik çalışmalardan elde edilebilir (Burr, 2000).

Çizelge 2.6 çocuklarla ilgili bir çalışmayı özetlemektedir. Yapılan çalışmalar, NO₂ düzeyinde 30 µg/m³'lük bir yükselme olduğunda solunum yolları hastalık riskinin %20 oranında arttığını göstermektedir. Çizelge 2.7 ise Avrupa Göğüs Sağlığı Deneyinin (ECRHS) yaptığı NO₂'nin 20 ile 44 yaş grubu yetişkinler üstündeki etkisini araştıran çalışmayı göstermektedir. Gazlı pişirmenin kadınlardaki solunum rahatsızlıkları ile ilişkili olduğunu ancak, erkeklerde akciğer işlevlerinin bozukluklarına önemli bir etkisinin olmadığını 11 ülkeden alınan sonuçlar göstermektedir (Jarvis vd., 1998).

Deneysel çalışmalar, astımlı hastaların akciğerlerinin işlevlerini etkileyen, gözlenebilen en düşük düzeyinin 560µg/m³ (300 ppb) olduğunu bildirmektedir (WHO, 1987b). Astımlı hastalardan farklı olarak kronik bronşiti olan hastaların sağlıklı kişilerle aynı şekilde NO₂'den etkilendikleri belirlenmiştir. Kobaylarda 3760µg/m³ (2000 ppb) üstündeki düzeyler solunum sisteminde direnç sorununu oluşturmaktadır.

Çizelge 2.6 NO₂' nin çocuklarda solunuma etkileri (Burr, 2000)

Kaynaklar	Ülke	Çocuk sayısı	Yaş, yıllar	Belirtiler ile ilişki	Akciğer değişiklikleri ile ilişki	İşlevlerindeki değişiklikler ile ilişki
Melia (1977)	U.K.	15.758	6-11	Evet; zaman içerisinde azalma		
Melia (1979)	U.K.	7.235	5-11			
Florey (1979)	U.K.	808	6-7	? Evet		Hayır
Melia (1982b)	İngiltere	183	5-6	Hayır		
Ogston (1985)	İskoçya	1.565	0-1	? Evet		
Farrow (1997)	U.K.	1.200	0-1	Evet		
Austin (1997)	U.K.	1.537	12-14	Hayır		
Dijkstra (1990)	Hollanda	990	6-12	Hayır		Hayır
Braun-Fabrlander (1992)	İsviçre	625	0-5	Hayır		
Keller (1979a, 1979b)	A.B.D.	898	0-15	Hayır		Hayır
Hasselblad (1981)	A.B.D.	16.689	6-13			Yaşlı bayanlarda
Dodge (1982)	A.B.D.	676	8-12	Evet		Hayır
Schenker(1983), Vedal (1984)	A.B.D.	4.071	5-14	Hayır		Hayır
Ekwo (1983)	A.B.D.	1.355	6-12	2 yaşından önce		Hayır
Ware (1984)	A.B.D.	10.106	6-9	Hayır		Hayır
Berkey (1986)	A.B.D.	7.834	6-10	-		Küçük yaşlarda
Hosein (1989)	A.B.D.	1.357	7-17	Hayır		Küçük yaşlarda
Berwick (1989)	A.B.D.	113	0-13	7 yaşından önce		Evet
Neas (1991)	A.B.D.	1.567	7-11	Evet		Hayır
Samet (1993)	A.B.D.	1.205	0-1	Hayır		
Dekker (1991)	Kanada	13.496	5-8	Astım		
Jedrychowski (1991)	Kuveyt	130	10	-		Evet
Wolkmer (1995)	Avustralya	14.124	4-5	Evet		

? İlişkilerdeki bazı belirsizlik ya da tutarsızlıkları göstermektedir.

Çizelge 2.7 NO₂' nin yetişkinlerde solunuma etkileri (Burr, 2000)

Referanslar	Ülke	Etkilenenlerin sayısı	Yaş, yıllar	Belirtiler ile ilişki	Akciğer değişiklikleri ile ilişki	işlevlerindeki değişiklikler ile ilişki
Jarvis (1996)	U.K.	1.159	20-44	Kadınlarda	Kadınlarda	
Fischer (1985)	Hollanda	97	-	-	Evet	
Leynaert (1996)	Fransa	947	20-44	Kadınlarda		
Wieringa (1996)	Belçika	1.118	20-44	? Kadınlarda		
Keller (1979a, 1979b)	A.B.D.	1.054	15+	Hayır	Hayır	
Comstock (1981)	A.B.D.	1.724	20+	Sigara içmeyen erkeklerde	Sigara içmeyen erkeklerde	
Jones (1983)	A.B.D.	205	20-39	-	? Evet	
Ostro (1993)	A.B.D.	321	sigara içmeyen	Evet	Evet	
Jarvis (1998)	11 ülke	11.590	20-44	Kadınlarda	? Hayır	

? İlişkilerdeki bazı belirsizlik ya da tutarsızlıkları göstermektedir.

- **Kükürt Dioksit**

Suda çözülebilen SO₂ gazı 26.600 µg/m³ düzeyinde göz, burun ve boğaz mukozasını, 53.200 µg/m³ (20 ppm) yoğunluğunda ise gözleri oldukça rahatsız eder.

Karbon parçacıkları ve su damlacıkları yoluyla bronşlara taşınabilen SO₂, etkilenme sürdüğünde, kronik solunum sorunları oluşturmaktadır [4, 11].

Astımlı hastalarda akut SO₂ etkilerinin araştırması için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Jorres ve Magnussen (1990) 1330 µg/m³ (0,5 ppm) düzeyinde SO₂'nin klinik astımlı hastalar üstünde hiç etki göstermediğini bildirmişlerdir. Bronşiti olan hastaların SO₂ yüksek yoğunluğunda astım krizi geçirme riski bulunmaktadır.

Kömür dumanı birçok organik birleşik içermektedir. Bunlardan bazıları mutajenik davranış göstererek hayvanlarda tümöre neden olmaktadır. Çin' de yapılan bir çalışmada konut ısınmasının dumanlı kömürle sağlandığı bölgelerde, ısınmanın odun ya da dumansız kömürle yapıldığı bölgelerden daha sık akciğer kanserine rastlandığı görülmüştür. Genelde yakıtlar çeşitli organik birleşikler içermekte ve bunların bazıları kanserojen özellik göstermektedir. Hong Kong' da yapılan bir çalışmada da gazlı ocakla yemek pişiren kadınlardaki akciğer kanseri oluşumu değerlendirilmiştir. Risk, yakıtın, ocağın tipi ve havalandırma koşullarına göre değişmektedir (Burr, 2000).

- **Uçucu Organik Bileşikler (VOC)**

En yaygın yapı içi hava kirleticisi olan ve üzerlerinde en çok çalışma yapılan VOC' lardan bazıları pis kokulu, göz ve burun dokularını tahriş edici niteliktedir (Tucker, 2000). Molhave (1991), yapı içi havasında normal olarak bulunan 0,2 mg/m³ düzeyinin altındaki uçucuların her hangi bir tahriş etkisinin bulunmadığını belirlemiştir. Kullanıcıların 3 mg/m³ düzeyinin üstündeki değerlerde şikayet ettikleri, 5 mg/m³ düzeyinin üstünde değerlerde, bireysel şikayetlerin yanı sıra; genel rahatsızlıkların da ortaya çıktığı gözlenmiştir (ASHRAE, 1998).

- **Formaldehit**

Gözün yanması, yaşarması ve üst solunum yollarının tahriş olması 0.1 – 5 ppm düzeyindeki HCHO'den etkilenme sonucu hissedilecek ilk belirtilerdir. Formaldehitin kokusu genellikle 1ppm'lik yoğunlukta hissedilebilmektedir. Ancak bazı kişiler 0.05 ppm'de de koku almaktadır. Çoğunlukla 10-20 ppm'lik yoğunluk öksürük, göğüste sıkışma, başta basınç, kalp çarpıntısına neden olabilmektedir. Bu belirtiler duyarlı kişilerde 5ppm' den daha az

yoğunluklarda da görülebilmektedir. Bronşiyal astım hastalarında 0.25-5 ppm arasındaki yoğunluklar akut astım ataklarına yol açabilmekte (NAS, 1981a). 50-100 ppm'in üstünde etkilenmeler akciğerde ödem, iltihaplanma gibi ciddi rahatsızlıklara ya da ölüme neden olabilmektedir. Kasım 1980'de, ABD İşyeri Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü (NIOSH) ve İşyeri Güvenliği ve Sağlığı Yönetimi (OSHA) işyerinde formaldehitin kanserojen olarak değerlendirilmesini önermiştir. Bu karar 2.6 ve 15 ppm arasında HCHO dan etkilenen deney hayvanlarında seyrek olarak burun kanseri görülmesi üzerine alınmıştır. Epidemiyolojik çalışmalar ise formaldehitin insanlardaki kanser riskini tanımlayamamaktadır. Formaldehitten etkilenen kişilerdeki rahatsızlık etkileri Çizelge 2.8, 2.9, 2.10 de verilmektedir (Wadden ve Scheff, 1983) [12].

- **Ozon**

Ozon akciğer dokularını tahriş eder ve solunumu bozar (EPA, 1979a).

Düşük düzeyde ozon etkilenmesinin oluşturduğu sağlık etkileri Çizelge 2.11' de özetlenmiştir.

- **Radon**

WHO ve EPA radon gazını, A sınıfı kanserojen madde olarak sınıflandırmıştır. Radon gazı bozunma ürünleri solundukları zaman bronşlara ve akciğere yerleşerek bozunmaya devam ederler. İleri bozunma sonucu alfa ve beta parçacıkları ile gama ışınları yayılır. Beta parçacıkları ve gama ışınları radyasyonu geniş bir alana dağıttığı için enerji birimi başına olan zarar daha az olur. Alfa parçacıkları daha yavaş ve yoğun hareket ettikleri için daha dar bir alana dağılır ve dokulara zarar vererek, kanserli hücre oluşmasına neden olur. Radon gazının insan üzerinde zararlı etki oluşturması, cinsiyet, yaş, sigara kullanımı gibi risk etkenlerine bağlıdır (EPA, 1991; CNNR; CHEEC, 2000) [13, 14, 15]. (Çizelge 2.12 ve 2.13)

Çizelge 2.8 Çevresel ve meslek ile ilgili formaldehitten etkilenme incelemelerinin özeti*
(Wadden ve Scheff, 1983).

Yoğunluk (ppb)	Etkilenim	Etkiler	Kaynaklar
20,000	Oda (<1 dk.)	Huzursuzluk, göz yaşarması	Barnes ve Speicher (1942)
13,800	Oda (30dk.)	Göz ve burun tahrişi	Sim ve Pattle (1957)
500-10,000	Yapı içi havası	Göz tahrişi, baş ağrısı, solunum hastalıkları	Sardinas vd. (1979)
4000-5000	Meslek ile ilgili	Sinirlilik, huzursuzluk, göz yaşarması	Fassett (1963)
670-4820	Yapı içi havası (küçük çocuk)	Kusma, ishal, göz yaşarması, burun kanaması, egzama	Winconsin Division of Health (1978)
20-4150	Yapı içi havası	Göz ve üst solunum yolları tahrişi, baş ağrısı, yorgunluk	Winconsin Division of Health (1978)
900-2700	Meslek ile ilgili	Üst solunum yolları tahrişi, göz yaşarması,	Blejer ve Miller (1966)
300-2700	Meslek ile ilgili	Kötü koku, göz yaşarması, solunum yolları tahrişi, uyku düzeninin bozulması	Shipkovitz (1968)
30-1770	Yapı içi havası	Uyuşukluk, mide bulantısı, baş ağrısı, burun ve solunum yolları tahrişi	Breyse (1981)
900-1600	Meslek ile ilgili	Şiddetli göz tahrişi ve kaşıntısı, boğaz ağrısı, susuzluk, uyku düzeninin bozulması	Morril (1961)
250-1390	Meslek ile ilgili	Üst solunum yolları tahrişi, öksürük, baş ağrısı	Kerfoot ve Mooney (1975)
400-800	Meslek ile ilgili	Üst solunum yolları tahrişi	Schoenberg ve Mitchell (1975)
130-450	Meslek ile ilgili	Göz, burun ve boğazda yanma ve batma, baş ağrısı	Bourne ve Seferian (1959)
196-448	Günlük bakım merkezleri	Aşırı sıklıkta anormal yorgunluk, mukoza rahatsızlığı, baş ağrısı, menstrüel düzensizlik	Olsen ve Dossing (1982)

* NAS (1980).

Çizelge 2.9 Formaldehit ile ilgili klinik incelemelerin özeti* (Wadden ve Scheff, 1983).

Yoğunluk (ppb)	Etkilenim süresi	Etkilenenlerin sayısı	Etkilenenlerin cevap verme %si	Etkiler	Kaynaklar
30-3200**	35 dk.	33	45	Göz kırpma oranında önemli bir değişiklik yok	Weber-Tschopp vd. (1977)
			36	Göz kırpma oranının iki kat artması	
			19	Göz kırpma oranının artması	
30-2100**	20 dk.	33	33	Göz kırpma oranının iki kat artması	Weber-Tschopp vd. (1977)
			20	“Odayı terk etme isteği”	
			10	Gözde tahriş	
			7	Şiddetli koku, güçlü göz tahrişi	
1600	5saat/gün X 4gün	16	94	“Önemsiz huzursuzluk”, burun ve boğazda kuruluk	Andersen (1979)
830	5saat/gün X 4gün	16	94	“Önemsiz huzursuzluk”, burun ve boğazda kuruluk	Andersen (1979)
30-500**	5 dk.	33	11	Göz kırpma oranının iki kat artması	Weber-Tschopp vd. (1977)
			3	“Odayı terk etme isteği”	
			2	Gözde tahriş	
420	5saat/gün X 4gün	16	31	“Önemsiz huzursuzluk”, burun ve boğazda kuruluk	Andersen (1979)
250	5saat/gün X 4gün	16	19	“Önemsiz huzursuzluk”, burun ve boğazda kuruluk	Andersen (1979)

* NAS (1980).

** 30'dan 3200ppb'ye kadar yükselen yoğunluklarda toplam 35 dakika toplam etkilenme.

Çizelge 2.10 Havadaki formaldehitten etkilenen insanların tahmin edilen tepkileri*(Wadden ve Scheff, 1983) .

Yoğunluk (ppb)	Topluluğun belirli tepki verme yüzdesi	Rahatsızlık derecesi**
1500-3000	20	7-10
	>30	5-7
500-1500	10-20	5-7
	>30	3-5
250-500	20	3-5
<250	<20	1-3

* NAS(1980).

** Rahatsızlık indeksi (ölçek; kaynaklarda söz edilen klinik etkilerden oluşturulmuştur.):
 10 – Şiddetli göz, burun ve boğazda tahriş, önemli derecede huzursuzluk, şiddetli koku
 7 – Orta derecede göz, burun ve boğazda tahriş, huzursuzluk
 5 – Hafif derecede göz, burun ve boğazda tahriş, hafif derecede huzursuzluk
 3 – Önemsiz derecede göz, burun ve boğazda tahriş, önemsiz derecede huzursuzluk
 1 – Etki yok.

Çizelge 2.1.1 İnsanların ozon ya da oksidanttan etkilenim araştırmalarının sonuçları *(Wadden ve Scheff, 1983) .

Yoğunluk (ppm)	Etkilenim süresi (saat) (klinik araştırmalar için); ortalama süre (salgın hastalıklarla ilgili araştırmalar için)	Ölçülen kirletici madde	Belirlenen Etkiler	Kaynaklar
0.01-0.30	Saatlik ortalama	O ₃	Test edilen Japon okul çocuklarının %25'inin akciğer fonksiyon parametreleri O ₃ yoğunluklarıyla (0.01-0.30ppm' den) ilişkidir.	Kagawa ve Toyama (1975), Kagawa vd. (1976)
0.03-0.30	Saatlik ortalama	O _x	Atletik performansın azalması ve O _x yoğunluğunun 0.03-0.30ppm arasında bir ilişki gözlemlendiği halde; bilgi denetlemeleri, performans ve 0.10-0.15ppm altındaki O _x değerleri arasında belli bir ilişki olmadığını göstermektedir.	Wayne vd. (1967)
0.10	2	O ₃	Atardamar kanındaki O ₂ basıncı azalış, standart olmayan ölçüm teknikleri kullanımında hava yolu direnci yükselmiştir.	Von Nieding vd. (1976)
0.10-0.15	Günlük en fazla saatlik ortalama	O _x	O _x yoğunluğunun 0.15ppm'yi geçtiği günlerde oranla solunum belirtileri oranında ve baş ağrısı şikayetleri artmıştır.	Makino ve Mizoguchi (1975)
0.15	1	O ₃	Birçok kullanıcıda kuvvetli egzersiz yaparken rahatsızlıkta sübjektif belirtiler gözlenmiş ve fark edilmiş, fakat solunum düzeninde istatistiksel belirli değişiklik gözlenmemektedir.	De Lucia ve Adams (1977)
0.20	3	O ₃	Gece görüşünde düşüş gözlenmiştir.	Lagerwerff (1963)

* EPA (1979a)

Çizelge 2.11 İnsanların ozon ya da oksidanttan etkilenim araştırmalarının sonuçları * (devam).

Yoğunluk (ppm)	Etkilenim süresi (saat) (klinik araştırmalar için); ortalama süre (salgın hastalıklarla ilgili araştırmalar için)	Ölçülen kirletici madde	Belirlenen Etkiler	Kaynaklar
0.20-0.25	2	O ₃	Astım hastalarının aralıklı hafif egzersiz yaparken solunum işlevlerinde belirli değişiklikler görülmüştür. O ₃ etkileniminde belirli sayısında hafif bir yükselme hissedilmiştir. Kanda küçük ama istatistiksel belirli biyokimyasal değişiklikler oluşmuştur. Etkilenimde bulunan üç kişinin aralıklı, hafif egzersiz yaparken akciğer işlevlerinde küçük değişiklikler gözlenmiştir.	Linn vd. (1978)
0.25	2	O ₃	Aralıklı hafif egzersizleri yaparken etkilenime tepki veren kişilerde (bu kişilerin hava kirleticiler ya da alerji ile öksürük, göğüs rahatsızlığı ya da hırıltılı soluma gibi problemleri vardır.) akciğer fonksiyonlarında değişiklik gözlenmemiştir.	Hackney vd. (1975a,b,c)
0.25	2 ve 4	O ₃	Ox düzeyleri 0.25ppm'yi aştığında, astım hastalarının krizlerinin ortalama sayısı istatistiksel olarak önemli derecede yükselmiştir. Etkilenimde bulunanların kan örneklerinde kırmızı kan hücrelerinin yuvarlaklaşması oranı artmıştır.	Schoettlin ve Landau (1961)
0.25	Günlük en fazla saatlik ortalama	O _x		
0.25	0.5-1	O ₃		Brinkman vd. (1964)

* EPA (1979a)

Çizelge 2.11 İnsanların ozon ya da oksidanttan etkilenim araştırmalarının sonuçları* (devam).

Yoğunluk (ppm)	Etkilenim süresi (saat) (klinik araştırmalar için); ortalama süre (salgın hastalıklarla ilgili araştırmalar için)	Ölçülen kirletici madde	Belirlenen Etkiler	Referanslar
0.28	Günlük en fazla ani (2dk.) ortalama	O _x	Rapor sonuçları yetersiz olsa da EPA'nın araştırmaları O _x düzeyisinin 0.28ppm'den yüksek olduğunda astımın ilerlediği görülmüştür.	Kurata vd. (1976)
0.30	1	O ₃	Kuvvetli egzersiz yapan kişilerde solunum fonksiyonlarında istatistiksel belirli değişiklikler ve rahatsızlık belirtileri görülmüştür.	De Lucia ve Adama (1977)
0.30	Günlük en fazla saatlik ortalama	O _x	Stajyer hemşirelerde O _x yoğunluğu 0.30ppm'yi geçtiği günlerde öksürme oranında, göğüs rahatsızlıkları ve baş ağrısında yükselme gözlenmiştir.	Hammer vd. (1974)
0.37	2	O ₃	Aralıklı hafif egzersiz yapanlarda rahatsızlık belirtileri ve eğer fonksiyonlarında belirli değişiklikler gözlenmiştir.	Hazucha (1973), Folinsbee vd. (1975), Silverman vd. (1976)
0.37	2	O ₃	O ₃ ve SO ₂ 'den beraber etkilenme akciğer fonksiyonlarında iki kirleticinin ayrı ayrı etkilerinin toplamından daha fazla değişiklik üretmiştir.	Hazucha ve Bates (1975)
0.37	2	SO ₂		
0.37	2	O ₃	Hazucha ve Bates sonuçlarında eğerler üstündeki etkiler daha az görülmüştür. Önceki çalışmanın yüksek oksidant ve sülfür kirliliği olan bölgelerde, dumanlı ortamda yapılmış olabileceği sonucuna varmışlardır.	Bell vd. (1977)
0.37	2	SO ₂		

* EPA (1979a)

Çizelge 2.12 Radon gazı etkisinde hayat boyu kalma sonucu akciğer kanserine bağlı ölüm (EPA, 1988)

Yaklaşık radon yoğunluğu (Bq/m ³)	Akciğer kanserine bağlı ölümler (1000 kişi)
7.400	440-770
3.700	270-630
1.480	120-380
740	60-210
370	30-120
148	13-50
74	7-30
37	3-13
7,4	1-3

Çizelge 2.13 Radon gazı riskleri (EPA)

Radon Yoğunluğu(Bq/m ³)	Hayat boyu radon gazından etkilenen 1000 kişi içinde kansere yakalanma riski	
	Sigara Kullanan	Sigara Kullanmayan
740	135	8
370	71	4
296	57	3
148	29	2
74	15	1
48,1	9	1
14,8	3	1

2.2.2 Parçacıkların Oluşturduğu Sağlık Sorunları

Solunan parçacıkların solunum sistemi ve akciğerdeki hareketleri ve etkileri, çaplarına, şekillerine ve yoğunluklarına göre değişmektedir.

• Asılı Parçacıklar

SO₂ ve asılı parçacıklar birçok kaynaktan birlikte yayıldığı için toplum sağlığı ile ilgili çalışmalarda bu kirleticiler beraber incelenmektedir (Wadden ve Scheff, 1983). Çizelge 2.14 ve 2.15 bu iki kirleticiden kaynaklanan sağlık sorunlarını özetlemektedir.

• Organizmalar

Yapı içinde organizmaların varlığı, bazı bulaşıcı ve/ya da alerjik hastalıklara neden olabilmektedir. Lejyoner hastalığı; %15 öldürücülük oranıyla solunum sistemi yanında bir çok sistemde görülen bir hastalıktır. Legionella Pneumophila, son zamanlarda bulunmuş bir bakteridir. Legionella adı, 1976 da Philedelphia'daki Lejyon toplantısında ortaya çıkmıştır. Su soğutma kuleleri ve yapıların su tesisatları (özellikle sıcak su gibi), Legionella bakterilerinin

üremesi için gerekli suyu ve besini sağlayan yerlerdir (Yu, 1995; TSE, 1997) [16].

Organizmalar, bağışıklık sistemini etkilemektedir. Böylece, mikroorganizmaları ya da bunların sporları ve enzimlerini soluyanlarda alerjik hastalıklar baş gösterebilmektedir. Kırıklık, ateş, titreme, nefes darlığı ve öksürük gibi akut belirtiler sergileyen çok sayıda alerjik solunum yolu hastalığı vakaları raporlarda verilmektedir (Cone, 1998; ASHRAE, 1999).

Çizelge 2.14 Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığına etkilerinin özeti: kısa süreli etkiler* (Wadden ve Scheff, 1983) .

SO ₂		Asılı parçacıklar	Etkiler
µg/m ³	Ppm	(µg/m ³)	
250	(0.095)	350	Kronik bronşitli hastalarda solunum belirtilerinin artması
722	(0.276)	350	Kronik akciğer hastalıklarına sahip hastalarda akciğer fonksiyonlarında değişiklik yok
200-300	(0.076-0.114)	230	1 sn. içinde solunum azalması
200	(0.076)	150	Astım krizlerinin frekansının artması
* Ferris (1978).			

Çizelge 2.15 Kükürt dioksit ve parçacıkların insan sağlığına etkilerinin özeti: uzun süreli etkiler* (Wadden ve Scheff, 1983).

SO ₂		Asılı parçacıklar	Etkiler
µg/m ³	Ppm	(µg/m ³)	
250	(0.095)	250	Balgam üretiminin artması
130	(0.05)	240	Solunum hastalıklarının artması
120	(0.046)	180	Solunum hastalıklarının artması ve akciğer fonksiyonlarının azalması
120	(0.046)	230	Alt solunum yolları hastalıklarının artması
90	0.037)	93	Yaşamsal seviyenin azalması
23	(0.009)	110	0.75 sn. içinde solunum azalması
425-50	(0.162-0.019)	195-85	Alt solunum yolları hastalık oranlarının artması
55	(0.021)	180	Solunum belirtilerinin artması, akciğer fonksiyonlarının azalması
37	(0.014)	131	Etki yok
66	(0.025)	80	Etki yok
* Ferris (1980).			

2.3 Kullanıcı Sağlığı ve Risk

Yapı içi hava kirleticilerinin yapı içinde bulunduğu kaynaklar ve kullanıcı sağlığına etkileri Çizelgeler 2.3 – 2.15'e ve diğer kaynaklardan alınarak Çizelge 2.16' da verilmektedir.

Herhangi bir kirleticinin kullanıcı üstündeki etkisi riski göstermektedir. Her kirleticinin kullanıcı sağlığı üstünde oluşturduğu risk farklıdır. Bu farklılıklar kullanıcının biyolojik durumuna göre değişmektedir. Örneğin sigara içen bir kullanıcının radon gazından etkilenme riski sigara içmeyen bir kullanıcının etkilenme riskinden daha fazla olacaktır. Kirleticinin yapı içi yoğunluğu ve kullanıcının kirleticiden etkilenme süresi oluşabilecek sağlık sorununun boyutunu, riski değiştiren diğer etkenlerdir. Kullanıcı çoğu zaman birden fazla yapı içi hava kirleticisinden etkilenmekte ve böylece riskler çoğalmaktadır. Yapı içi hava niteliği değerlendirmesi için risk sürecinin incelenmesi gerekmektedir.

Çizelge 2.16 Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve insan sağlığına etkileri (Wagner, 1991; Millette ve Hays, 1994; Patrick, 1994; Fink, 1998; Governo ve Kavanagh, 1999; Provey, 2001) [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34].

Yapı İçi Hava Kirleticileri	Bulunduğu Kaynaklar	İnsan Sağlığına Etkileri
Karbon Monoksit	Otomobil egzozu, bacalar, ısıtıcılar, sigara dumanı, herhangi bir yanma işlemi, ev kimyasallarının oksidasyonu	Baş ağrısı, yorgunluk, koordinasyon zayıflığı, performans düşmesi, nefes darlığı, zayıflık, baş dönmesi, bulanık görme, kusma, düzensiz kalp atışı, şaşkınlık, gözle görülebilir rahatsızlıklar, kişisel değişiklikler, koma
Karbon Dioksit	Bacalar, ısıtıcılar ve herhangi bir yanma işlemi, insan nefesi, sigara dumanı	Uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrısı, mide bulantısı, nefes darlığı
Azot Dioksit	Otomobil egzozu, gazlı ocaklar, bacalar, ısıtıcılar, sobalar, sigara dumanı ve herhangi bir yanma işlemi	Gözlerde, burunda ve boğazda yanma, öksürük, solunum enfeksiyonları
Kükürt Dioksit	Akaryakıt ve kömürün yanması	Göz, boğaz ve burunda yanma hissi, boğulma, öksürük, solunum rahatsızlıklarının artması

Çizelge 2.16 Yapı içi hava kirleticileri, kaynakları ve insan sağlığına etkileri (devam).

Yapı İçi Hava Kirleticileri		Bulunduğu Kaynaklar	İnsan Sağlığına Etkileri
Uçucu Organik Bileşikler	Benzen	Sigara dumanı, mobilyalar, boyalar ve kaplamalar	Kanser
	Tolüen	Yapıştırıcılar, döşeme kaplamaları, mobilyalar, boyalar, tiner, mürekkep, sigara dumanı	Bitkinlik, koordinasyon bozukluğu, uykusuzluk, göz rahatsızlıkları
	Formaldehit	Kontraplak, laminant yapıştırıcısı, halılar, halı yapıştırıcıları, gazlı ısıtıcılar, yalıtım ürünleri, boyalar, kağıt ürünleri, böcek ilaçları, cilalar, plastikler, sigara dumanı, duvar kağıdı, parafinler, beton, çimento	Göz yanması ve yaşarması, üst solunum yolları tahrişi, öksürük, nabız artışı, baş ağrısı, kusma, ishal, uyku düzeninin bozulması, bitkinlik
Ozon		Elektronik hava temizleyicileri ve fotokopi makineleri	Bulanık görme, göğüs ağrısı, öksürük, baş ağrısı, göz, burun, boğaz ve akciğer rahatsızlıkları, konsantrasyon kaybı, nefes darlığı, astım, üst solunum yolları hastalıkları
Radon		Yapı ürünleri, kayalar, çöpler, temiz su, toprak	Uzun süre etkisinde kalındığında akciğer kanseri
Parçacık		Yapı ürünleri, nem alıcılar, döşemeler, havalandırma sistemleri, klimalar, su sistemleri, kullanıcı aktiviteleri, ev hayvanları, yanma	Alerjiler, göz rahatsızlıkları, solunum hastalıkları, ateş ve titreme, öksürük
Asbest		Yalıtım ürünleri, eski sıvalar, bazı döşeme ve tavan kaplamaları, duvar panelleri	Öksürük, nefes darlığı, göğüs hastalıkları, asbestosis ve göğüs kanseri
Bakteriler, virüsler		Klimalar, hava kanalları, nem alıcılar, buzdolapları, tuvaletler, sağlıklı alanlar	Mikroorganizmalara bağlı çeşitli belirtiler; ağrılar, ateş, rahatsızlıklar, sinüslerin tıkanması, lejyoner hastalığı

3. RİSK VE RİSK SÜRECİ

3.1 Risk ve Risk Süreci Tanımları

Son yıllarda risk ve risk süreci konusunda önemli çalışmalar yapılmasına karşın konu ile ilgili tanımlarda bir dil birliği sağlanamamıştır. Risk süreci adımlarının (risk değerlendirmesi, risk yönetimi ve risk iletişimini) tanımını yapabilmek için riskin tanımlanması; riskin tanımını yapabilmek için tehlike ve zarar tanımlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle konuya ilişkin bazı tanımlar aşağıda verilmiştir.

Zarar, tehlikenin denetlenmemesi durumunda ortaya çıkan fiziksel, işlevsel ya da maddi hasar durumudur.

Tehlike, bir nesne ya da olgunun kendi yapısında olan ve etkileme koşullarında insan ya da çevreye zarar oluşturma olasılığıdır (Duru ve Besbelli, 1997; Bureau Veritas, 2001) .

Risk, nesne ya da olgunun bir etkileşim sonrası insan ya da çevrede can kaybı, sağlık sorunları, malzeme ve çevresel hasarlar gibi zararlı etkiler oluşturma olasılığı ve belirli bir zaman diliminde bu etkileşimin büyüklüğüdür (Duru ve Besbelli, 1997; Cheyne vd., 1997; Riley vd., 1997).

Oxford Sözlüğünde risk, tehlike, kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç oluşma olasılığı olarak tanımlanmaktadır (Andrews ve Moss, 2002).

Bir başka risk tanımı ise belirli bir beklenmeyen olayın, sıklığı, olasılığı ve sonucun bütünüdür. Bu tanım Denklem 3.1' de verilen risk denklemini oluşturur (Duru ve Besbelli, 1997; Bureau Veritas, 2001; Andrews ve Moss, 2002).

$$\text{Risk} = p \times S \quad (3.1)$$

p = olayın olasılığı

S = olayın sonucu ya da sıklığı

Risk değerlendirmesi; risklerin ölçülmesi ve nitelendirilmesini içermektedir. Risk değerlendirmesi yapan kişi “Durum ne kadar riskli?” diye sorarak bilimsel verilerin çözümlenmesine dayanan bilgileri oluşturur.

Risk yönetimi; varolan risklerle ilgili ne yapılması gerektiğinin kararını vermeği sağlamaktadır. Risk yöneticisi “Neyi kabul edebiliriz?”, “Bununla ilgili ne yapabiliriz?”

sorularına cevap aramaktadır. Risk yönetimi, risk değerlendirmelerine yasal, politik, sosyal ve ekonomik etkenlere dayanarak alınan düzenleyici önlemlerdir.

Risk iletişimi ise bir riski ya da risk yönetimi kararlarını toplumdaki farklı gruplara iletmeyi içermektedir.

Risk süreci, soruna doğru czm üretmeyi değil, bilimsel belirsizlikler altında karar vermeyi sağlamaktadır (Ellis, 1989; Asante-Duah, 1993; Patrick, 1994; ztrk, 1995; Talınlı vd., 1998; Williams, 2000).

3.2 Risk Alanında Yapılan Araştırmalar

Tarihte bilinen ilk risk araştırmaları, M.. 3200ler de Mezopotamya'da yaşayan bir grup tarafından yapılmıştır. Bu grup riskli, belirsiz ya da zor kararlar için danışmanlık yaparken öncelikle sorunun önemli olan boyutlarını belirleyip sonra sırayla alternatif hareketleri tanımlayarak sonuçlarla (kazanç ya da zarar, başarı ya da başarısızlık) ilgili bilgi toplamış, tanrılardan işaret beklemiş ve tabletlere sonuç raporunu yazmıştır (Cutter, 1994). Bu adımlar, daha sonra yapılan risk süreci araştırmalarında farklılıklarla izlenmiştir.

Risk süreci için yapılmış pek çok araştırmadan birisi de Oak Ridge alışmasıdır. Oak Ridge çalışmasında, "iyi" bir risk süreci oluşturabilmek için 10 ölçüt belirlenmiştir. Bu ölçütlere göre araştırma;

- Kapsamlı
- Mantıklı
- Kanıtı yakın
- Pratik
- Değerlendirmeye açık
- Net varsayıma dayalı
- Kurumlarla uyumlu
- Öğrenmeyi sağlayan
- Risk iletişimine uyumlu
- Yenilikçi

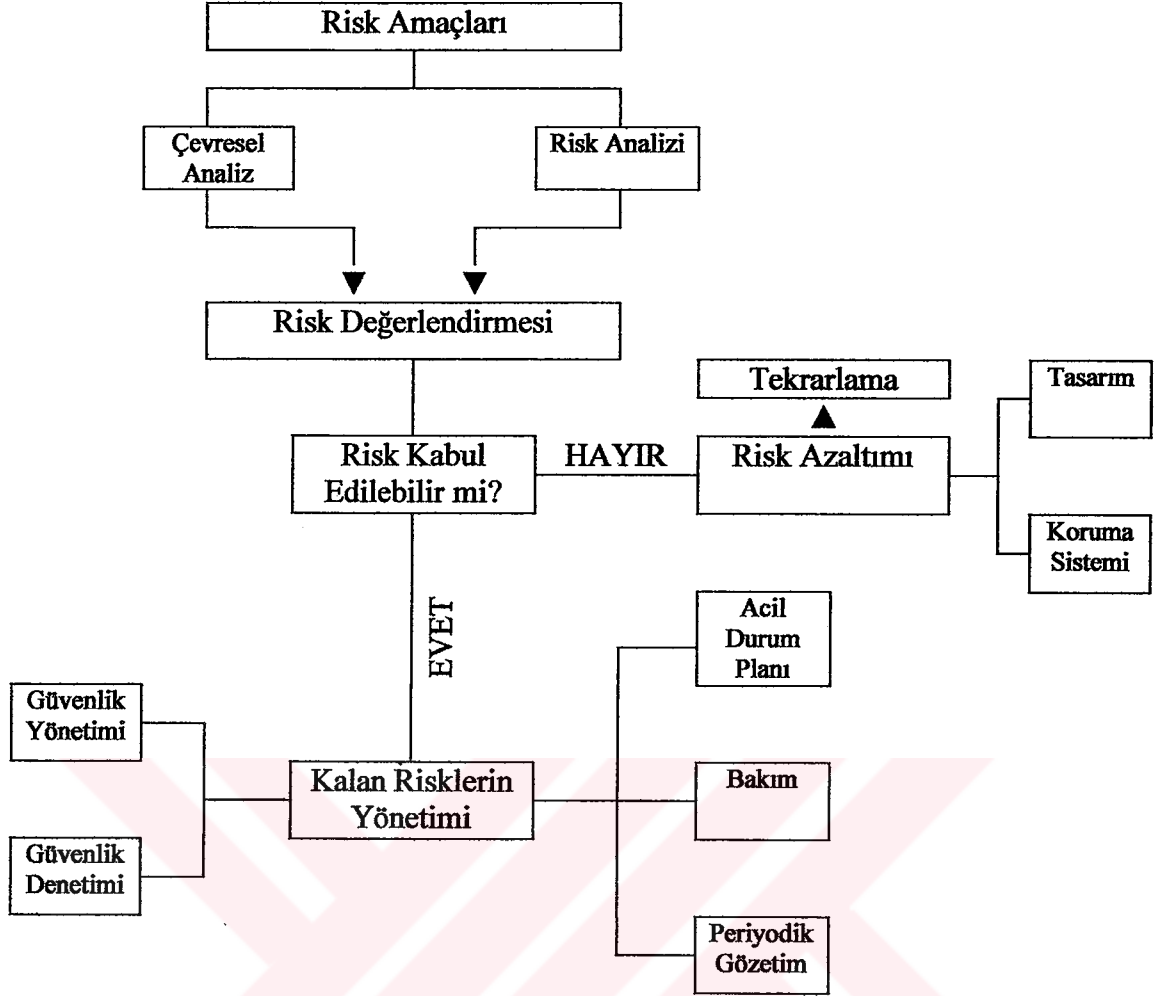
olmalıdır (Haimes, 1998).

Risk süreci araştırmalarında güvenirlik ayrı bir alanı oluşturmakta güvenirlik değerlendirmeleri özel tekniklerle ve çok çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar kusur ağacı ve hata türü ve etkileri analizi yöntemidir. Kusur ağacının belirli bir işleyiş sırası vardır. İstenmeyen olay en üste yerleştirilerek, alt dallara mantıksal ve/ya da sorularının cevapları olan olayların olasılıkları sıralanmaktadır. İstenmeyen olayın olasılığı ağacın alt dallarını oluşturan olayların olasılıklarına göre hesaplanmaktadır. Belirli bir tip tehlike hesabı yapılması için birden fazla kusur ağacı oluşturulabilir. Bu yöntemin hesaplanmasına yardımcı olabilecek bilgisayar programları geliştirilmiştir. Hata türü ve etkileri analizi yöntemi ise aşağıdan yukarı bir sistem kurmaktadır. Hatalı durumları tanımlama ve hataları engelleyecek planlar yapılmaktadır.

Risk süreci çalışmalarında üç ana risk grubu vardır; meslek riskleri, toplum riskleri, ekonomik riskler. Meslek riskleri, iş ortamında oluşabilecek zarar ya da ölümcül kazalar sonucu işgücünü etkileyecek risklerdir. Ekonomik riskler, anapara kayıpları sonucu oluşan maddi zararlardır. Toplum riskleri ise evre ve insan riskleridir. Bu çalışmada ele alınacak grup toplum riskleridir (Andrews ve Moss, 2002) [35].

Toplumsal risk süreci için farklı kaynaklarda, farklı adımlarla, farklı modeller oluşturulmuştur. Bu modellerden birisi Bureau Veritas'ın Risk Değerlendirme Eğitimi Seminerleri ve Notları'nda (2001) verilmiştir. Risk nleme yaklaşımı modeli üç ana adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar risk amaçları, risk değerlendirmesi, risk kabul edilebilirliğidir. "Risk Kabul Edilebilir mi?" sorusu olan üçüncü adım kusur ağacı yöntemi uygulanarak "evet/hayır" cevapları ile seçenek dallarına ayrılmaktadır. Cevabın "evet" olması durumunda "Kalan Risklerin Yönetimi", "hayır" olması durumunda ise "Risk Azaltımı" adımları izlenmektedir (şekil 3.1).

Bureau Veritas'ın risk nleme yaklaşımında çevresel analiz ve risk analizi alt adımları risk amaçları adımı tam olarak açıklanamamaktadır. Çevresel ve risk analizleri ile risk tanımlanmak istense de bu alt adımlar detaylı olmadığı için yetersiz kalmaktadır. Risk değerlendirmesi adımı alt adımlarla desteklenmemektedir. Risk kabul edilebilirliği modelin ağırlık verilen adımıdır. Risk iletişimi adımı modelde yer almamaktadır. Bunun bir sonucu olarak model bilginin iletiimi açısından yetersizdir.



Şekil 3.1 Risk önleme yaklaşımı (Bureau Veritas, 2000)

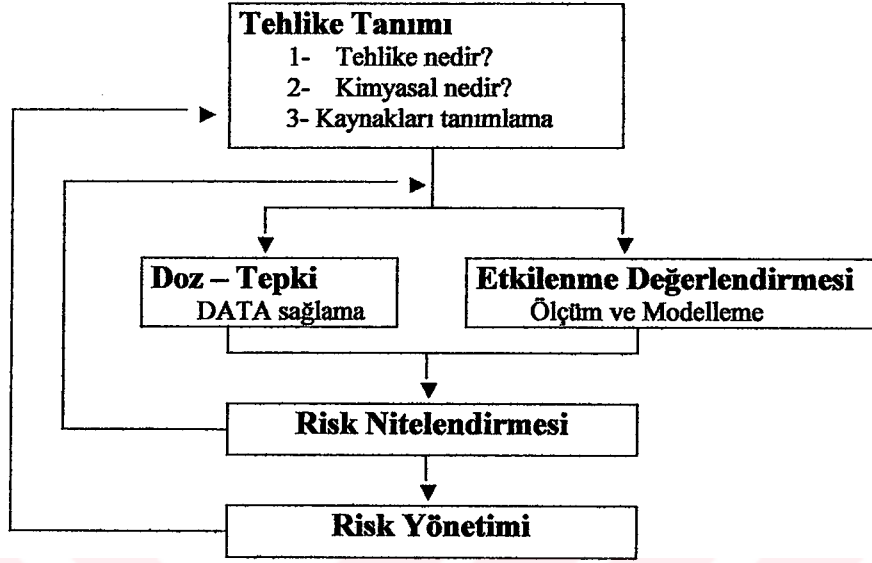
Risk değerlendirme ve risk yönetimi adımlarının kesiştiği, çok net ayrılmadığı araştırmalar da bulunmaktadır. Haines' in "Risk Modelleme, Değerlendirme ve Yönetim" adlı çalışmasında risk süreci adımları; risk tanımlama, risk ölçümü, risk nitelendirmesi, risk kabul ya da önlenmesi, risk yönetimi olarak verilmiştir (Haines, 2002).

Haines' in risk süreci adımlarından çok fazla farklılık göstermeyen ancak kimyasallar ve tehlikeli maddeler için hazırlanmış risk süreci modelleri de vardır.

Neely'nin (1994) "Kimyasal Etkilenmeye Giriş ve Risk Değerlendirmesi" çalışmasında süreç adımları, tehlike tanımı, doz - tepki, etkilenme değerlendirme, risk nitelendirmesi ve risk yönetimidir. Bu adımlar arasındaki süreç akışı ve geri besleme Şekil 3.2' de verilmektedir.

Neely modelinde risk değerlendirme ana adımı dört alt adıma ayrılarak detaylandırılmaktadır. Bunun yanı sıra risk yönetimi adımı kapsamlı anlatılmadığı için model kullanımında hatalı yönetimler oluşmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Geri besleme

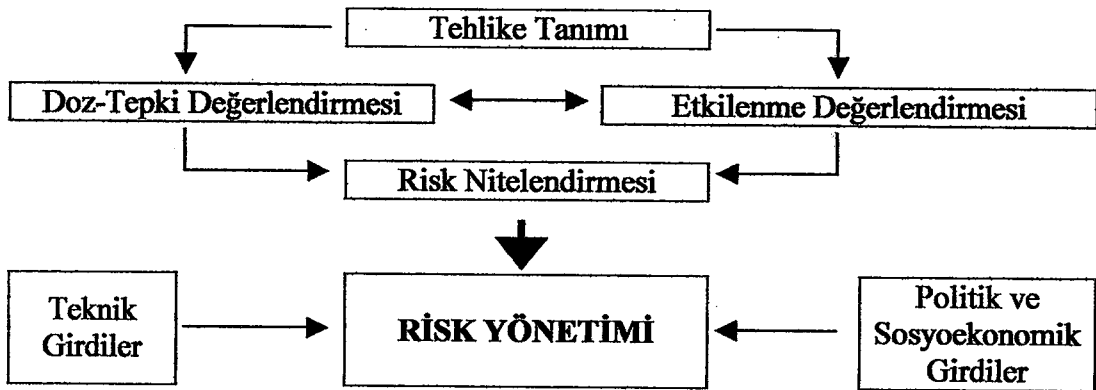
adımları modelde iki yerde verilmesi yetersiz kalabilir. Risk yönetimi adımıdaki geri besleme sadece doz – tepki ve etkilenme değerlendirme adımlarında olmamalıdır.



Şekil 3.2 Risk süreci (Neely, 1994)

Risk iletişimi isimlendirilmemektedir. Kullanılan oklar bilgi akışını göstermektedir. Bu işleyiş bilgi akışı için yetersiz kalmaktadır. Kimyasallar için uygulanan modelinde Neely risk değerlendirme adımları ile başlamaktadır. Bir kaza sonucu oluşabilecek risk (tek tehlike) tanımlanmaktadır.

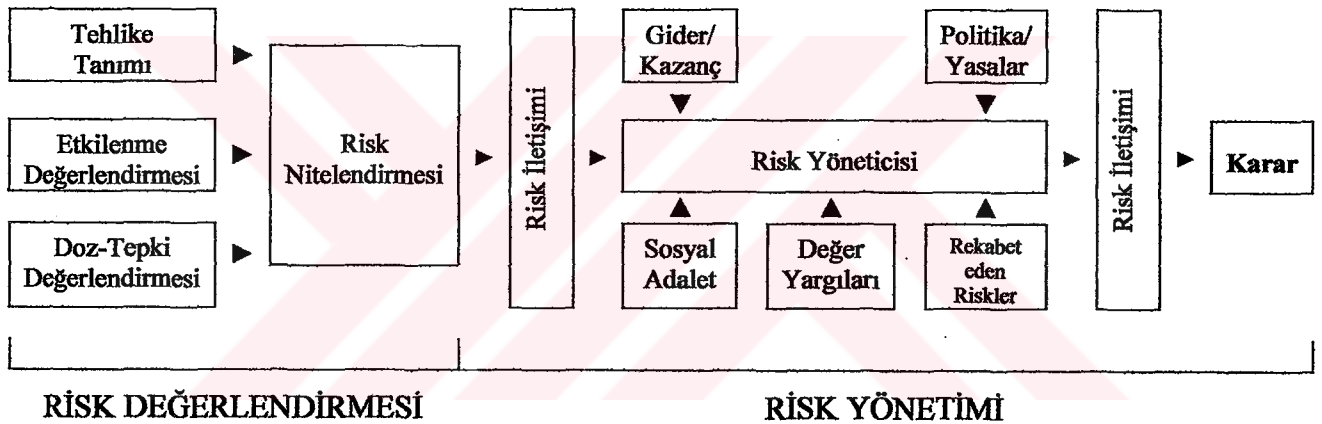
Neely Modeli ile oldukça benzerlik taşıyan bir diğer model olan Asante-Duah' ın (1993) "Tehlikeli Atık Risk Değerlendirmesi" isimli çalışmasında, 'Risk yönetimi girdisi, risk değerlendirme süreci' verilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Risk yönetimi girdisi risk değerlendirme süreci (Asante-Duah, 1993)

Neely ve Asante-Duah çalışmalarında tehlike tanımlandıktan sonra doz – tepki ve etkilenme değerlendirmesi yapılmaktadır. Bu adımların sonucunda çıkan risk nitelendirmesi, risk yönetiminin girdisi olmaktadır. Asante-Duah modelinde teknik, politik ve sosyoekonomik verilerde risk yönetimi adımının girdileri olarak verilmektedir. Tehlikeli atıklar için kullanılan bu modelde de ön araştırma yapılmamaktadır. Oluşacak atıklar belirlidir. Geri besleme modelde uygulanmadığı için oluşacak hatalar ve bilgi akışı kontrol edilememektedir.

Risk değerlendirme ve risk yönetimi adımlarını net olarak ayıran bir başka risk süreci modeli ise Spengler' ın (2000) “Yapı İçi Hava Niteliği El Kitabı” nda görülmektedir. Risk değerlendirme adımı diğer modellerde olduğu gibi tehlike tanımı, etkilenme değerlendirme, doz – tepki değerlendirme ve risk nitelendirmesidir. Risk yönetimi adımı ise risk değerlendirme çıktılarının risk iletişimi ile ve diğer başka girdilerin risk yöneticisine sunulması sonucu risk yöneticisinin verdiği karardan oluşmaktadır (Şekil 3.4).

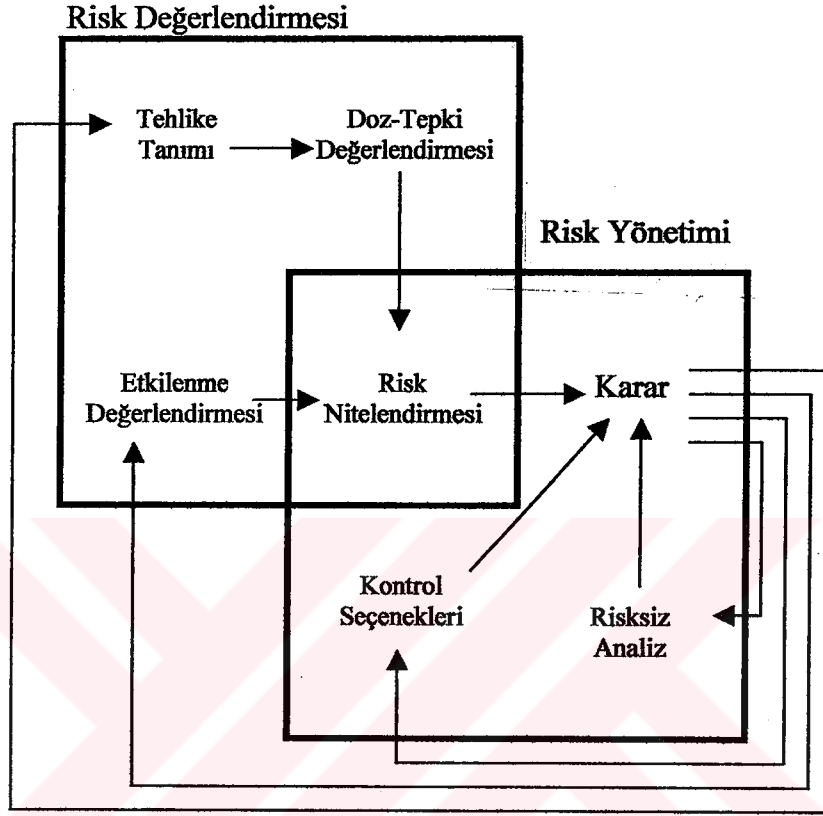


Şekil 3.4 Risk süreci modeli (Spengler, 2000)

Spengler modeli de risk değerlendirme öncesi tehlikeyi hatasız verebilmek için ön araştırma yapmamaktadır. Bu araştırma yapılmadan her tehlikenin değerlendirilmesi zaman, emek ve maddi açıdan kayıplara neden olacaktır. Risk iletişimi sadece risk yöneticisi ile risk nitelendirmesi ve karar adımları arasında verilmektedir. Bilgi akışının doğru sağlanabilmesi için risk iletişiminin her aşamada olması gerekmektedir. Risk yöneticisinin girdileri sadece gider/kazanç, politika/yasalar, sosyal adalet, değer yargıları, rekabet edilen riskler ve risk nitelendirmesi olması kararın farklı verilmesiyle sonuçlanabilir. Karar adımından geri beslemelerin olmaması modelin kendi içindeki problemlerin belirlenmesine engel olmaktadır.

“Zehirli Madde Düzenleme” çalışmasında Cranor’ ın (1993) risk değerlendirme ve risk yönetimi ilişkisini verdiği şekilde risk değerlendirme adımı incelenen diğer modellerdeki

gibi aynı alt adımları içermektedir. Şekil 3.5' te verilen modelde risk nitelendirmesi alt adımı hem risk değerlendirmesi hem de risk yönetiminde yer almaktadır. Risk yönetimi adımında risk nitelendirmesi sonucu oluşacak karar, bu kararın geri besleme adımı olarak kontrol seçenekleri ve risksiz analiz adımları bulunmaktadır.



Şekil 3.5 Risk değerlendirme ve risk yönetimi ilişkisi (Cranor, 1993)

Cranor modelinde karardan her adıma geri besleme yapılarak bilgi akışı sağlanmaktadır. Kontrol seçenekleri ve risksiz analizler kararı oluşturmada etkili adımlardır. Bu alt adımlar farklı isimlendirilseler de risk yönetimi adımında olması gereken aşamalardır. Risk değerlendirme ve risk yönetimine belirli tek bir zehirli madde alınmaktadır. Varolabilecek zehirli maddelerin araştırılıp, tanımlandığı varsayılmaktadır.

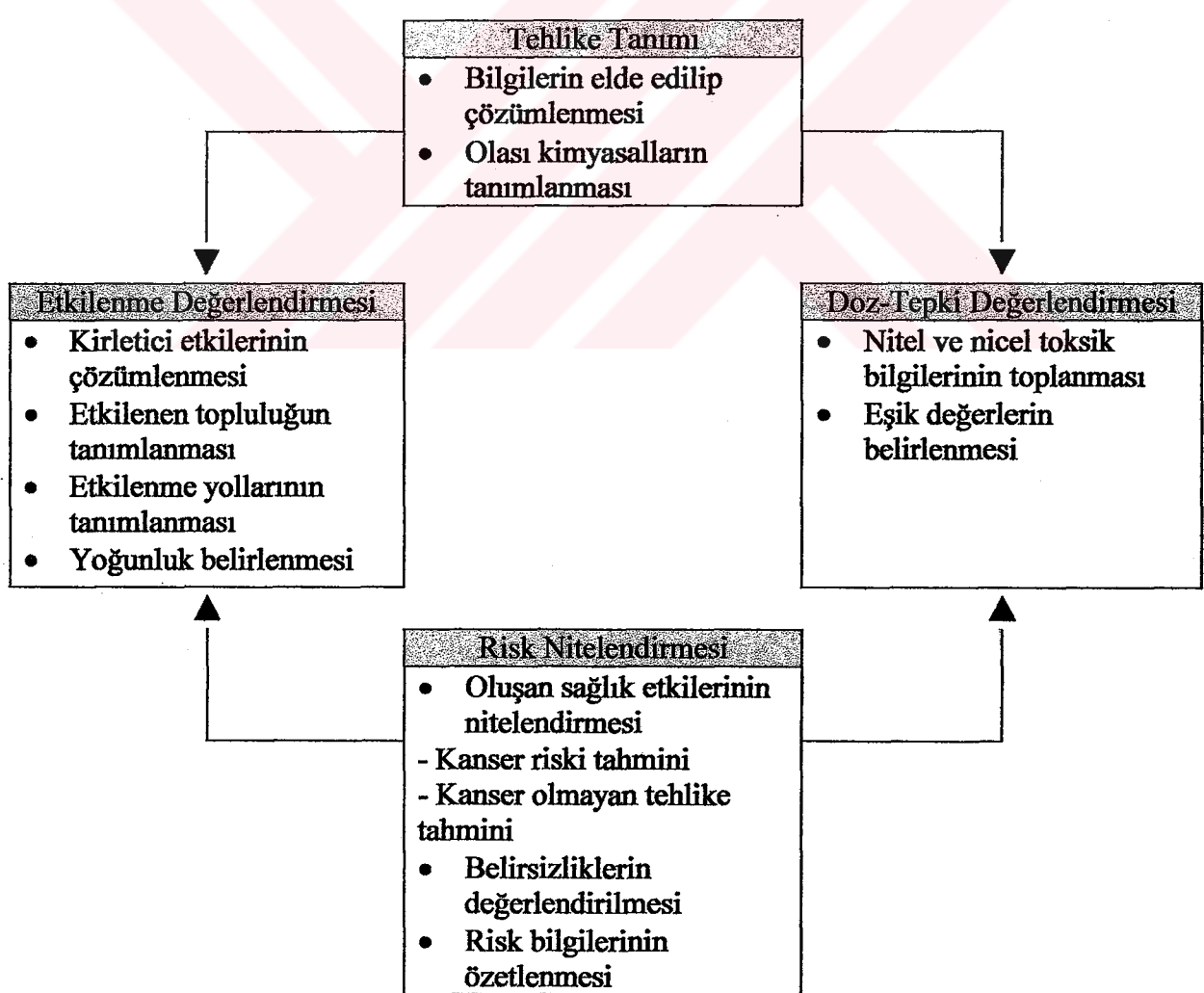
3.3 Risk Süreci Adımları

Risk süreci adımları, risk değerlendirme, risk yönetimi ve risk iletişimi olarak belirlenmiştir. Bu adımların alt adımlarında kesişmeler ve iletişimler söz konusudur.

3.3.1 Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirme, kişilerin ya da toplulukların zararlı maddelerden etkilenmelerinden dolayı oluşan sağlık etkilerinin gerçeklere dayanarak tanımlanmasıdır [36]. Risk değerlendirme bilimsel verilerin sonucu, uzmanların kararı ve belirlenen varsayımlardan oluşur (Graham, 1995). Dört yüz yıl önce Paracelsus tarafından yapılan zararlılık tanımı halen geçerliliğini korumaktadır; “Bütün maddeler zararlıdır. Doğru doz zehir ile ilaç arasındaki farkı belirler.” (Shen ve Schmidt,1993).

ABD Ulusal Bilim Akademisi’ nin (NAS) “Federal Hükümette Risk Değerlendirmesi” raporunda risk değerlendirmesinin dört adımdan oluştuğu bildirilmiştir. Bu basamaklar; tehlike tanımı, etkilenme değerlendirme, doz-tepki değerlendirme, risk nitelendirmesidir (Patrick, 1994; Smith vd., 1994; Williams, 2000). Bu dört adım Çevre Mühendisliği konusu olan Çevre Kirliliği Risklerinde kullanılmak için insan sağlığına uyarlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 İnsan sağlığı risk değerlendirmesinin dört adımı (Shen ve Schmidt,1993)

Dört adımda da belirsizliklerle karşılaşılabilir. Belirsizlikler; model ve model girdi çeşitliliği, gerekli bilgi elde edilememesi ve doğal çeşitliliklerden dolayı oluşmaktadır (Patrick ve Anderson 1999).

3.3.2 Risk Yönetimi

Varolan riskler karşısında nasıl hareket edileceği kararının verilmesi risk yöneticilerinin görevidir. Risk yönetimi, toplumdaki risklerin düzeyi, dağılımı ve kabul edilebilirlik düzeyi ile ilgili kararları içerir. Risk yönetimi süreci ise bilimsel verilerin, politik görüşlerin, farklı grupların sağlık ve ekonomik çıkarlarının belirlenmesi ve bu saptamaların risk değerlendirmesi sonuçlarıyla birleştirilmesidir (Zimmerman 1990). Risk yönetimi, politika, sosyoloji, ekonomi ve mühendislik bilgilerini risk bilgileri ile birlikte göz önünde bulundurarak, farklı düzenlemeler için seçenekler geliştirmek, bunları çözümlenmek, karşılaştırmak ve sonucunda uygun yönetmeliği oluşturmak ya da seçmektir (NRC 1983).

İnsan sağlığı riskleri yönetimi, organizasyon yönetimi ve güvenlik-tehlike analizleriyle iç içedir. Çeşitli kaynakları hedeflere ulaşmada kullanmak risk yönetiminin görevi olup, kurumların çalışması ve çalışmanın sürekliliği yönünden önem taşır (Zimmerman 1990). Günümüzde risk yönetimi yaklaşımı, yol gösterici ve önerici olması nedeniyle, daha çok açıklayıcı olan geçmişteki risk yönetimi yaklaşımlarından ayrılır. Diğer bir deyişle; risk yönetimi, sorunların kurumlarca nasıl ele alındığını değil, sorunların ne şekilde belirlenip çözülebileceğini inceler (Solberg, 1999).

Risk yönetimi kararları ile ilgili birden çok yaklaşım ve karar alma sürecinde kullanılabilecek çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bölüm 3.3.2.1 bu yaklaşımlardan birkaçını açıklamaktadır. Öncelikle düzenleyici kurumlar tarafından risk belirlemede sıklıkla kullanılmakta olan ölçütler ele alınmıştır. İkincil olarak, Amerikan Başkanlık ve Kongresi Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi Komisyonu tarafından kullanılmak üzere geliştirilmiş geniş kapsamlı model özetlenmiştir.

3.3.2.1 Kabul Edilebilir Risk Ölçütleri

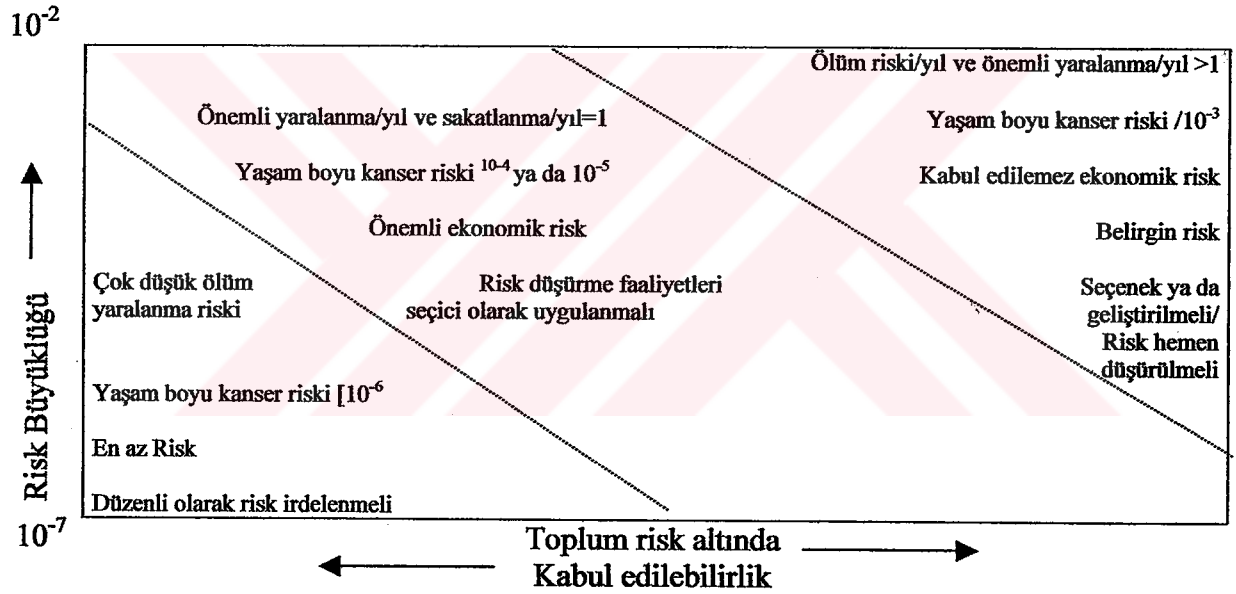
Risk yöneticilerinin belirlemesi gereken temel konu 'yeterli derecede güvenli olabilmesi için ne kadar güvenli olması gerekmektedir?' sorusunun cevabıdır (Fischhoff vd. 1981). Kimi riskler, kabul edilebilecek düzeyin çok üzerinde olurken, kimi riskler ise tartışmayı gerektirmeyecek kadar düşüktür (Crouch ve Wilson 1982). Kabul edilebilir risk kavramı; toplumun, faydaları nedeniyle tercih edilen bir teknoloji ya da etkinlikten dolayı ortaya

çıkabilecek risklerin hoş görebileceğini gösterir. Riskleri ve faydaları değerlendirmek ve buna dayanarak 'kabul edilebilir risk düzeyini' belirlemek, risk yöneticilerinin sorumluluğundadır.

Düzenleyici kurumlar kabul edilebilir ve kabul edilemez risk düzeylerini ayırt edebilmeye yarayan birtakım ölçütler üzerinde durmuşlardır (Kolluru 1996). (Bkz. 3.7 ve 3.8 no'lu şekiller). Bu ölçütler risklere ya da ekonomik temellere dayanmakta ve

- Sıfır Risk
- En az Risk
- Belirgin Risk
- İstatistiksel Ömrün Değerini

içermektedir.



Şekil 3.7 Risk yönetimi için riske dayalı yaklaşımlar [R.V.Kolluru 1996, "Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi: Birleştirilmiş Yaklaşım", R.V.Kolluru, S.M.Bartell, R.M.Pitblado and R.S.Stricoff a ait "Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi El Kitabı"ndan alınmıştır, 14 nolu şekil, sayfa 121, New York:Mc Graw Hill] (Williams, 2000).

Bir olayın gerçekleşme olasılığı	Yüksek			Hemen hareket edilmeli	
	Orta			Mevcut ve gelecekte oluşabilecek modelleri değerlendirerek risk düşürme stratejileri seçenekli olarak uygulamalı	
	Düşük			Durum düzenli olarak İncelenmeli	
		Düşük	Orta	Yüksek	
		Sonucun Büyüklüğü			

Şekil 3.8 Risk yönetimi yönünden riske dayalı yaklaşımlar II [R.V.Kolluru 1996, "Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi: Birleştirilmiş Yaklaşım", R.V.Kolluru, S.M.Bartell, R.M.Pitblado and R.S.Stricoff a ait "Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi El Kitabı"ndan alınmıştır, 15 nolu şekil, sayfa 121, New York:Mc Graw Hill] (Williams,2000).

- **Sıfır Risk**

Sıfır risk ölçütüne göre, büyüklüğü ve toplumsal yararları ne olursa olsun, hiçbir risk 'kabul edilebilir' sayılamaz (Kolluru 1996). Bazı çevreci gruplardan ve toplumsal örgütlerden destek bulsa da, 'sıfır risk' ölçütü olanaksızdır. Risklerden tamamen arındırılmış bir toplum yaratma düşüncesi, yararlanmakta olunan birçok teknolojik yararı alıp götüreceği ve teknolojik gelişmelere engel olacağı için benimsenmemektedir (Fiksel 1987).

Sıfır riskin bir örneği Amerikan Kongresi'nin Federal Yiyecek, İlaç ve Kozmetik Yasasının 'Delaney' maddesinde bulunmaktadır. Delaney Maddesi, insanlarda ya da hayvanlarda kansere yol açacak her türlü yiyecek katkı maddesini yasaklamıştır. Bu madde FDA (Amerikan Yiyecek ve İlaç Yönetimi) ve EPA tarafından, tehlikesi milyarda bir olan kimyasal maddelerin varlığı nedeniyle çeşitli davalarda tartışılmıştır (Graham 1995).

- **En Az Risk**

Riske bağlı ikinci ölçüt 'En az risk' dir. Bu ölçüte göre, çok düşük riskler önemsizdir ve bu nedenle üzerlerinde inceleme ve çalışma yapmaya gerek yoktur (Kolluru 1996). Bu ölçüt yararsal karar alma kuralı olarak değerlendirilmiştir. Ölçüte göre sorunlar ve tehlikeler belli bir düzeyin altında olduğu sürece bazı riskler yok farz edilebilir ve riske yol açan etkinlikte değişiklik yapılmaz.

USEPA ve FDA, bir insan hayatı boyunca milyonda bir ve daha düşük riskleri toplum için kabul edilebilir görmektedir (Kolluru 1996). Ancak toplumun bütününe ait bir 'kabul edilebilir risk düzeyi' belirlemenin zorluklarından dolayı, düzenleyici kurumlar en az risk ölçütünü kullanmaktan kaçınmaktadır. Teklif edilen 'en az risk' seçenekleri, bireylerin genellikle karşılaştığı risk düzeyine ya da geçmişte kabul edilmiş risk düzeylerine eşittir (Menkes ve Frey 1987).

- **Belirgin Risk**

En az risk ölçütünün tersine, Belirgin Risk Ölçütü, oluşacak maliyetler önemsensemeksizin, acele ele alınmayı gerektirecek büyüklükteki risklerdir (Kolluru 1996). Belirgin riskler, en az risklerin karşıt anlamı gibi görülmemelidir; herhangi bir risk en az risk ölçütüne uymadığı halde belirsiz olarak sınıflandırılabilir (Bryd III ve Lave 1987). Belirgin riskler 'ölçülebilir' ve 'zorunlu' olarak açıklanabilirken, belirgin olmayan riskler 'basit' ve 'ölçülemeyecek derecede küçük' olarak tanımlanabilir (Bryd III ve Lave 1987). En az riskler belirgin olmayan risklerden düşük risklerdir.

Belirgin risk ölçütü büyük kimyasal kazalar ya da teknolojik felaketlerin sonuçlarını incelemede kullanılabilir. Binde birden büyük olan riskler için hükümetler önlem almalıdır (Kolluru 1996).

- **İstatistiksel Ömrün Değeri**

Kabul edilebilir risk düzeylerini belirlemede, riske dayalı ölçütlerin yanında, ekonomik ölçütler de sıkça kullanılır. Bunlardan biri olan 'İstatistiksel Ömrün Değeri' ölçütüdür (Kolluru 1996). İnsan hayatının değerinin ölçülmesine yönelik ilk çalışmalarda istatistiksel hayat tahminlerine dayandırılmıştır (Viscusi 1992). Daha sonra bireylerin belli risklerin azaltılması için ödeyebilecekleri bedelleri belirleyen olasılık değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. İstatistiksel ömrün değerinin tahminleri, bireylerin toplam ödeme olasılıklarının riskte gerçekleşen azalmaya bölünmesiyle bulunur. Bu tahminlerde istatistiksel ömrün değeri farklılıklar göstermekle birlikte genellikle 3 ve 7 milyon Amerikan Doları arasında değişir (Viscusi 1992).

İstatistiksel ömrün değerinin ölçümleri insan ömrüyle ilgili değil, toplumun herhangi bir bireyini olumsuz etkileyebilecek bir riskin azaltılması ile ilgilidir (Viscusi 1992). Bu yaklaşım belirli kişilerin yaşamları ile ilgili olmayıp, toplumun tüm bireylerinin istatistiksel yaşamlarını kapsamaktadır.

3.3.2.2 Risk Yönetimi Modeli

Yukarıda incelenen yaklaşımlar çok küçük ya da çok büyük riskleri belirlemede yardımcı olmakla birlikte, 'kabul edilebilir risk' düzeyinin belirlenmesi, içinde bulunulan duruma ve özelliklerine bağlıdır. Risk yönetiminin rolü ve risk değerlendirmesiyle ilişkisi halen tartışılmaktadır (Zimmerman 1990). Amerikan Başkanlık ve Amerikan Kongresi Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi Komisyonu 1997'de hazırladığı raporunda oldukça kapsamlı bir 'Risk Yönetimi Modeli' ortaya koymuştur. Risk yönetimi konusunda sağlıklı kararlar alınabilmesi için hazırlanan bu model, farklı durumlarda çeşitli risk yöneticileri tarafından (örneğin bürokratlar, özel şirketlerin yöneticileri, toplumun üyeleri) rahatlıkla kullanılacak şekilde hazırlanmıştır.

Bu risk yönetimi modeli aşağıda görülen altı aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.9).

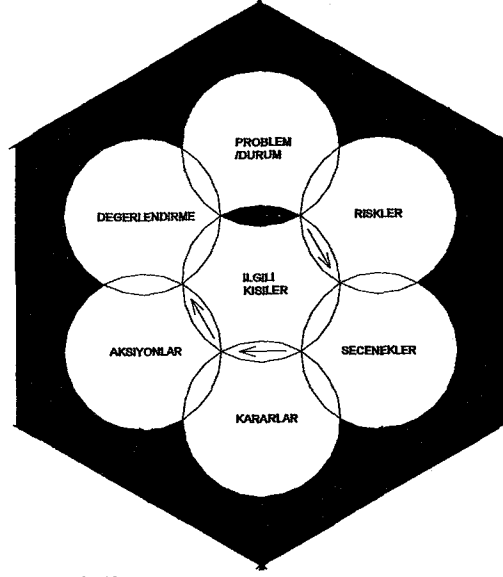
- Sorunu Tanımlama
- Riskleri İrdeleme
- Seçenekleri Değerlendirme
- Karar Alma
- Uygulama
- Sonuçları Değerlendirme

Bu modelin her aşaması geniş kapsamlı ve çok sayıda kişiyi ilgilendiren konuları da inceleyecek şekildedir.

- **Sorunun Var Olan Koşullar İçinde Tanımlanması**

Risk yönetimi modelinin ilk ve en önemli olan bu aşaması iki basamaktan oluşur. Birinci basamakta sorun belirlenir ve tanımlanır, ikinci basamakta ise sorun kapsamlı olarak incelenir.

Öncelikle sorunlar çeşitli göstergelere ve bilgi kaynaklarına dayandırılarak (örneğin çevreyle ilgili gözlemler, zehirlenme analizleri, hastalık gözlemleri, izin ihlalleri ve haberler). Belirlenmiş bir sorun sebeplerine ve etkilediği kişilere göre tanımlanabilir. Bir sorunun tanımlanması, risk yönetimi sürecinin üzerinde yoğunlaştığı noktalar ve bu sürecin sonucunun belirlenmesinde önemli rol oynar.



Şekil 3.9 Risk yönetimi modeli [Amerika Başkalık ve Kongre Komisyonunun 1997 tarihli Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi Raporu'ndan. Çevre sağlığı yönünden risk yönetimi modeli vol. 1 Washington D.C.] (Williams, 2000)

İkincil olarak, sorunlar daha kapsamlı bir şekilde ele alınmalıdır. Geçmiş çalışmalarda riskler, tek kimyasal madde ve tek etkilenme şekline indirgenerek incelenmiştir (Komisyon Raporu 1997). Risk yöneticileri, sorunları mercek altına alabilmek adına çeşitli ortamlarda riskleri çok kaynaklı ve çok kimyasallı olarak incelemeli ve birden fazla riskin aynı anda varlığını dikkate almalıdır. Risk yöneticileri tarafından kapsamlı bir şekilde ele alınması, sorunun daha iyi anlaşılabilmesi için önemlidir.

Risk Yönetimi Modeli'nin ilk aşamasında, risk yöneticilerinin ve risk yönetimi amaçlarının saptanması gerekmektedir. Risk yönetiminden sorumlu kişinin seçimi sorunun içeriğine bağlıdır. Risk yönetimi hedefleri ekonomik ve toplumsal değerlere bağlı olabilir, ya da riskle ilişkilidir. Bu hedefler yasal sorumluluklarla da belirlenmiş olabilir. Geniş kitlelerin çıkarları yönünde oluşturulması gereken bu hedefler karar alma sürecinde de dikkat edilmelidir. Devletin, özel şirket sahiplerinin, tasarımcıların ve üreticilerin, yapı içi riskler nedeniyle üstlenmesi gereken sorumluluklar belirlenmemiştir.

- **Risklerin İrdelenmesi**

Risk Yönetimi Modeli'nin ikinci aşaması bir sorunun taşıdığı risklerin incelenmesidir. Yukarıda bahsedildiği gibi, risk değerlendirmeleri potansiyel risklerle ilgili nicel ve nitel veri sağlar. Risk değerlendirme sürecinin son aşaması olan 'risk irdelenmesi' aynı zamanda risk değerlendirme ve risk yönetimi arasında bir köprü görevi görür. Risk irdelenmesi çalışmaları; insan sağlığına yönelik riskler, yüksek risk altındaki kişiler, beklenen olumsuz sonuçlar,

bilimsel verilerin kaynağı ve uygulanma birliği konularında risk yöneticilerine bilgi verir. Risk yöneticileri bu bilgiler ışığında kendilerine ait 'risk tanımlamalarını' oluştururlar. Risk irdelenmesi çalışmalarının ayrıntıları var olan sorunun özelliklerine ve önemine göre belirlenir.

- **Seçenekleri Değerlendirme**

Risk Yönetimi Modeli'nin üçüncü aşamasında potansiyel risk yönetimi seçenekleri incelenir. Bu aşama seçenekleri ve seçeneklerin irdelenmesini kapsar.

- Risklerin azaltılabilmesi yönünde yararlı olabilecek hava kirliliğini önleme çalışmaları, vergi kanunları, çeşitli eğitim kampanyaları gibi yasal ve toplumsal düzenlemeler belirlenir.
- Risk yönetimi seçenekleri fizibilite, fayda, maliyet, olumlu/olumsuz sonuçlar, kültürel ve sosyal etkiler yönünden değerlendirilir. Risk yöneticileri bir seçeneği yönetim hedefleri ve seçeneğin sağlayabileceği faydalar (teknolojik gelişmeler, iş imkanları gibi) yönünden incelemelidir. Risk yöneticileri ayrıca, incelenen seçeneğin getireceği teknolojik gelişme, temizlik, taşımacılık, sağlık hizmetleri ve yeşil alanların azalması gibi maliyetleri de düşünmelidir. Buna ek olarak, risk yöneticileri değerlendirilen seçeneğin bilerek ya da denetim dışı sebep olabileceği çevreye ve insan sağlığına verebileceği zararlar, ekonomik kayıplar gibi olumsuz sonuçlar üzerinde durur. Son olarak, risk yöneticileri seçeneğin teknolojik, yasal, politik ve ekonomik yönlerden herhangi bir engeli olmadığını onaylamalıdır.

Amerikan Komisyonu Raporu 1997 tarihinde, ekonomik analizin risk yönetiminde önemini vurgulamakta ancak karar alma sürecinde tek belirleyici olamayacağına dikkat çekmektedir. Bunun nedenleri; ekonomik konuların sağlıkla ilgili durumlarda fazla öne çıkmasının doğru olmayacağı, faydaların maliyetleri karşıladığı sürece kararın doğru olacağı düşüncesinin sağlıksızlığı ve sadece ekonomik analizlerle karara varıldığında önemli varsayımların ve belirsizliklerin değerlendirmeye alınamayacağıdır. Risk yönetimi seçeneklerini değerlendirmek üzere Maliyet-Etkinlik Analizi, Maliyet-Fayda Analizi ve Karar Analizi adlı üç analiz yönteminden yararlanılmaktadır.

Maliyet – Etkinlik Analizi, belli bir hedefe ulaşmak için en düşük maliyetli yolu bulma ilkesine dayanır (Gold vd. 1996, Titenberg 1996, Weinstein ve Fineberg 1980). Bu analizde maliyetler parasal olarak hesaplanırken, etkinlik elde edilen olguların ya da kurtarılan hayat

sayısı gibi olumlu sonuçların birimleri halinde ifade edilir. Maliyet-etkililik oranı iki seçeneğin maliyetlerinin farkı, etkililiklerinin farkına bölünerek bulunur. Bu oran risk yönetiminde değerlendirilen iki seçenek arasında, bir kişinin sağlığı ya da hayatı karşılığında gereken maliyeti gösterir. Seçenekler, maliyet-etkililik oranlarına göre düşükten yükseğe doğru sıralanır ve mevcut kaynaklar tükeninceye kadar seçim yapılır. Ancak, belirlenmiş hedefin verimli olmadığı durumlarda bu yaklaşımın verimli sonuçlara ulaşması beklenemez.

Maliyet – Fayda Analizi, değerlendirilen bir seçeneğin, topluma getireceği tüm maliyetlerin ve faydaların birimlere dönüştürülüp sayılarla ifade edilmesi esasına dayanır (Titenberg 1996, Weinstein ve Fineberg 1980). Maliyetler ve faydalar parasal olarak değerlendirilir. Net fayda, toplam faydaların ve maliyetlerin farkıdır. Seçim gerektiğinde, en yüksek net faydayı sağlayan seçenek toplum için en uygun seçenektir. Bu analiz yardımıyla doğru politikalar izlenerek çok farklı seçenekler arasında karşılaştırmalar yapılabilir. Ancak bu yaklaşım sadece toplam maliyet ve toplam fayda üzerinde durduğu için dağıtımla ilgili konulara açıklık getirmez.

Karar Analizi, belirsizliğin fazla olduğu durumlarda karar alabilmek için geliştirilen sistematik bir yaklaşımdır (Weinstein ve Fineberg 1980, Keeney ve Raiffa 1976). Bir sorun ve sorunla ilgili izlenebilir yollar belirlendiği zaman, bir karar ağacı oluşturulur. Bu ağaç, yapılabilecek seçimler ve bu seçimlerin olası sonuçlarından oluşur. Gerçekleşebilecek her sonuç için bir olasılık ve bir fayda değeri belirlenir. En uygun strateji, faydayı en yükseğe çıkartabilecek stratejidir.

- **Karar Alma**

Risk Yönetimi Modeli'nin dördüncü aşaması risk yönetimi seçenekleri arasında doğru kararı vermekle ilgilidir. Bu karar genellikle bürokratlar gibi sorunu yönetmekle sorumlu kişiler tarafından ele alınır, ancak zaman zaman konuyla ilgili çeşitli gruplarla yapılan görüşmeler de kararı etkileyebilir. Karara varılmadan önce risk yöneticileri 'riskleri irdeleme' ve 'seçenekleri deneme' aşamalarında toplanan tüm bilgileri değerlendirmelidir. En uygun karar, içinde bulunulan durumun özelliklerine ve risk yönetimi hedeflerine bağlıdır.

Risk yönetimi kararları genellikle bilimsel, ekonomik ve teknik bilgilere dayalıdır. Bu kararlarda beklenen faydalar ve onlar için gereken maliyetler de önemli rol oynar. Risk yöneticileri karar alırken, politik, sosyal, yasal ve kültürel konularda hassas davranmalı, seçenekler arasında karar verirken mantıklı, pratik, kapsamlı düşünmeli, eleştirilere açık, politika ve kurumlar yönünden uyumlu olmalıdır (Fischhoff vd. 1981).

Sorunla ilgili bilginin yeterli bulunmadığı durumlarda, bilgi toplamak alınacak kararı geciktirecektir. Bu durumda risk yöneticileri gecikmeden doğabilecek riskleri, sorunun yakın zamanda sebep olabileceği risklerle karşılaştırmak zorundadır. Önlem ilkesine göre zarar olasılığının belirsiz olduğu durumlarda bile, zararı önleme yönünde düzenleyici ve önleyici etkinliklerde bulunmak gerekmektedir (Cross 1996, Hickey ve Walker 1995). Olası zararlar ve geri dönülemez durumlarla karşılaşmak yerine zamanında önlem alınmanın önemi almak gerekmektedir. (kirlilik kontrolü yerine, kirlilik önleme gibi). Bilgi değeri teknikleri, risk yönetimi kararı öncesinde belirsizlikleri azaltmanın değeri konusunda bilgi verir.

- **Eyleme Geçme**

Risk Yönetimi Modeli'nin beşinci aşaması risk yönetimi kararlarını uygulamak, yani harekete geçmektir. Üzerinde karar verilen seçenekler sırayla, etkili bir şekilde, yeni bilgileri de içine alarak uygulanır. Harekete geçecek grup, duruma bağlı olarak halk sağlığı kurumları, çeşitli toplum grupları, vatandaşlar, şirketler, sendikalar, çalışanlar ya da teknik uzmanlar olabilir.

Risk yönetimi faaliyetleri farklı şekillerde olabilsede de, burada bahsedilen Risk Yönetimi Modeli özellikle standart belirleme, kirliliği kontrol etme, halk sağlığını koruma ve çevreyi temizleme konularında alınan kararlarla ilgilidir. Risk yönetimi etkinliklerinden bazıları;

- Kullanıcıları çeşitli riskler konusunda bilgilendirme;
- Kirliliğin önlenmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi;
- Üretim koşullarını ve süreçlerini iyileştirme;
- Geri dönüşüm programlarını oluşturma;
- Çeşitli gruplara teknik yardım sağlamaktır.

- **Sonuçları Değerlendirme**

Risk Yönetimi Modeli'nin son aşaması risk yönetimi kararlarının değerlendirilmesidir. Değerlendirme konusu, risk yönetiminin önemli bir parçası olmakla birlikte zaman zaman gözden kaçmaktadır. Bu aşamada, uygulanmış olan etkinlikler ve bunların hedeflere ulaşmada ne derece etkili oldukları değerlendirilir. Değerlendirme aşamasında veriler, araştırma sonuçları, hastalık gözlemleri, maliyet ve faydaların analizi ve ilgili gruplarla tartışmalar önemli araçlardır.

Değerlendirmenin amacı risk yönetimi planının başarısı ve risk yönetimi sürecinin etkililiği konusunda bilgi vermektir. Değerlendirme, önemli veri eksikliklerini ortaya çıkarmada ve

sorunla ya da seçeneklerle ilgili yeni bilgiler edinebilme konularında önemli rol oynar. Doğru verilmiş bir karar, kaygılanılan riskler üzerinde olumlu etki yapacak ve gelecekteki yönetim kararları için yol gösterici olacaktır.

3.3.3 Risk İletişimi

EPA risk iletişimi ile ilgili birçok rapor oluşturmuştur. Bu kaynaklardan etkili risk iletişimi için gereklilikler:

- Risk iletişimi adımına toplumu dahil etmeli
- Topluma iletilmek istenen bilgi dikkatli planlanmalı ve sağlanan iletişim değerlendirilmeli
- Toplumun söylemleri ve kaygıları iyi anlanmalı
- Dürüst ve açık olmalı
- Risk iletişiminde sağlık kurumları toplumla birlikte çalışmalı
- Basın organlarının rolünü anlamalı ve iletişim sağlanmalı
- Açık ve net iletişim kurulmalıdır (Aldrich ve Griffith, 1993; Lagoy, 1994).

4. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ RİSK SÜRECİ

4.1 Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Ölçütleri

Risk ile ilgili çalışmalarda risk süreci adımları; risk değerlendirmesi, risk yönetimi ve risk iletişimidir. Yapı içi hava niteliği ile ilgili çoğu çalışma ağırlıklı olarak risk değerlendirmesi adımını ele almaktadır. Spengler' in "Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli" nde bu üç adım yeterli olmamaktadır. Bölüm 3.2' de incelenen belli başlı risk süreci çalışmalarının değerlendirilmesi Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Risk süreci çalışmalarının değerlendirilmesi

Çalışma İsmi	Bureau Veritas	Neely	Asante-Duah	Spengler	Cranor
Değerlendirme Soruları					
Çevresel analiz yapılmakta mı?					
Hangi kirleticinin değerlendirilmesi yapılacağı belirli mi?					
Risk değerlendirmesi alt adımlarla desteklenmekte mi?					
Risk yönetimi alt adımlarla desteklenmekte mi?					
Risk değerlendirmesi risk yönetimi ile kesişmekte mi?					
Model kararı var mı?					
Model kararı uygulanmakta mı?					
Risk iletişimi adımı kullanılmakta mı?					
Bilgi akışı sağlanmakta mı?					
Geri besleme kurgulanmakta mı?					

Çizelgede verilen çalışmalar belirlenmiş bir kirleticiyi risk sürecinde irdelemektedir. Yapı içi hava niteliğini olumsuz etkileyecek birçok yapı içi hava kirleticisi vardır. Bu kirleticilerin birden fazlası tek yapı içinde bulunabilmektedir. Her kirleticinin, her yapı için incelenmesi büyük zaman, emek ve maddi kayıplara yol açabilir. Yapı içi hava kirleticilerinin kaynağı yapının kendisi ve kullanıcı eylemleridir. Varolan bir yapıda kirleticilerin neler olabileceği ancak kirleticiler kaynaklarının incelenmesi ile belirlenebilir. Bu inceleme yapının iyi tanımlanması, kullanıcıların incelenmesi ve gözden kaçabilecek kirleticilerin olasılık araştırması ile tamamlanabilir. İncelemelerin sonunda hangi kirleticiler için risk

değerlendirmesi yapılacağı kararı verilebilir. Yapının tanımlanması, kullanıcıların incelenmesi, olasılık araştırması ve karar, yapı içi hava niteliği risk süreci modelinin “yapı içi hava niteliği ön araştırma” adımını oluşturur.

Ön araştırmayı izleyen adım yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesidir. Bölüm 3.3.1’ de incelenen NAS’ ın risk değerlendirmesi dört adımı bu modele uygulanabilir (Şekil 3.6). Bilgi akışını hatasız sağlayabilmek için risk değerlendirmesinin son alt adımı olan risk nitelendirmesi risk yönetimi adımının ilk alt adımı olarak modelde yerini alabilir.

Yapı içi hava niteliği risk yönetimi adımı riskler nitelendirildikten sonra ilgili standartlar ışığında kabul edilebilir risk ölçütlerinin belirlenip karara varılmasından oluşabilir.

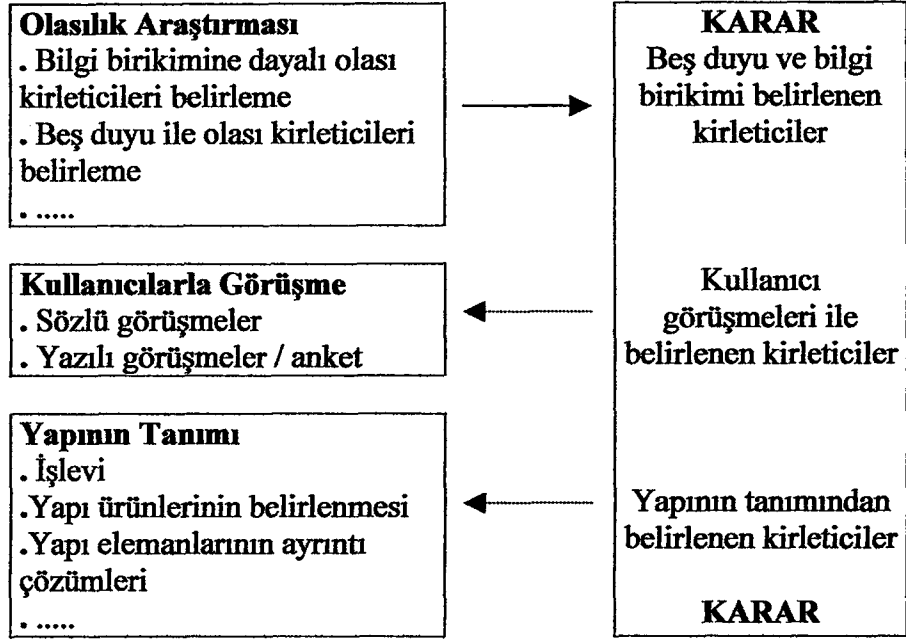
Tüm adımlarda edinilen bilgiler ve alınan kararların kuramsal olmaması ve yapıdan kaynaklanan sorunların çözümünün sağlanması amacıyla diğer risk yönetimi çalışmalarında alt adım olarak yer alan uygulama yapı içi hava niteliği risk süreci modelinde ana adım olarak yer alabilir.

Yapı içi hava niteliği risk süreci model içi bilgi akışını eksiksiz sağlayabilmek için yapı içi hava niteliği risk iletişimi ana adım olarak verilebilir.

Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli ana ve alt adımlarında geri besleme olabilmelidir.

4.2 Ön Araştırma

Yapı içi hava niteliği risk süreci modelinin ilk adımında bir ön araştırmanın bulunması diğer adımlara veri oluşturmak için gerekli görülmektedir. Varolan durumun saptanması için uygulanan bu adım yapının tanımı, kullanıcılarla görüşmeler ve olasılık araştırmasını içermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Yapı içi hava niteliği ön araştırması

4.2.1 Yapının Tanımı

Yapının kendisi, yapı içi hava kirleticileri kaynağıdır. İşlevleri farklı olan yapılar değişik gereksinimlere cevap veren yapay çevrelerdir. Kullanılan yapı ürünleri, detayları ve kullanıcı eylemleri de farklıdır. Konut olarak tasarlanan bir yapı kullanıcısı, ofis olarak tasarlanan bir yapının da kullanıcısı olabilmektedir. Ancak iki yapı kullanıcısı gereksinimleri farklı olduğu için eylemleri de farklıdır. Tasarımları sonucu seçilen yapı ürünleri ve yapı detayları da farklılık göstermektedir. Kullanıcının kendisi ve eylemleri, seçilmiş olan yapı ürünleri, yapı içinde bulunan makine ve aygıtlar, yapı elemanlarının detayları yapının işlevine bağlı olarak değişiklikler gösterir. Bunların hepsi farklı birer yapı içi hava kirleticisi kaynağıdır. Konut, ofis, hastane, fabrika vb. farklı işlevler üstlenen yapılarda oluşabilecek yapı içi hava kirleticileri farklıdır. Bu nedenle, yapı içi hava niteliği risk süreci irdelenecek yapının işlevi, kullanılan yapı ürünleri ve yapı elemanlarının ayrıntılarının tanımlanması gerekir.

4.2.2 Kullanıcılarla Görüşme

Kullanıcı sağlığı ve yapı ilişkisini irdelenebilmenin yolları; kullanıcılarla sözlü ve/ya da yazılı görüşmeler yapmaktır. Kullanıcı sayısı az ise sözlü görüşmeler yapılması olasıdır. Kullanıcı sayısı fazla ise yazılı anket soruları bırakılıp, cevaplandıktan sonra toplanarak anket yapılabilir. Kullanıcı ile yapılacak görüşmelerde sorulacak sorularla; kullanıcının varolan sağlık sorunları ve bu sorunların yapı içi hava niteliği kaynaklı olup olmadığı öğrenilebilir. Büro ve üretim yapıları için çeşitli kurumların geliştirdiği anketler bulunmaktadır. İşlevleri

farklı olan yapılar için ayrı anketler hazırlanmalıdır. Yapı içi hava niteliği risk sürecinin ilk adımı olan ön araştırmada hazırlanan anket sorularının niteliği ile kullanıcı tanımlanabilir. Hazırlanan örnek anket Ek 1’de verilmektedir.

4.2.3 Olasılık Araştırması

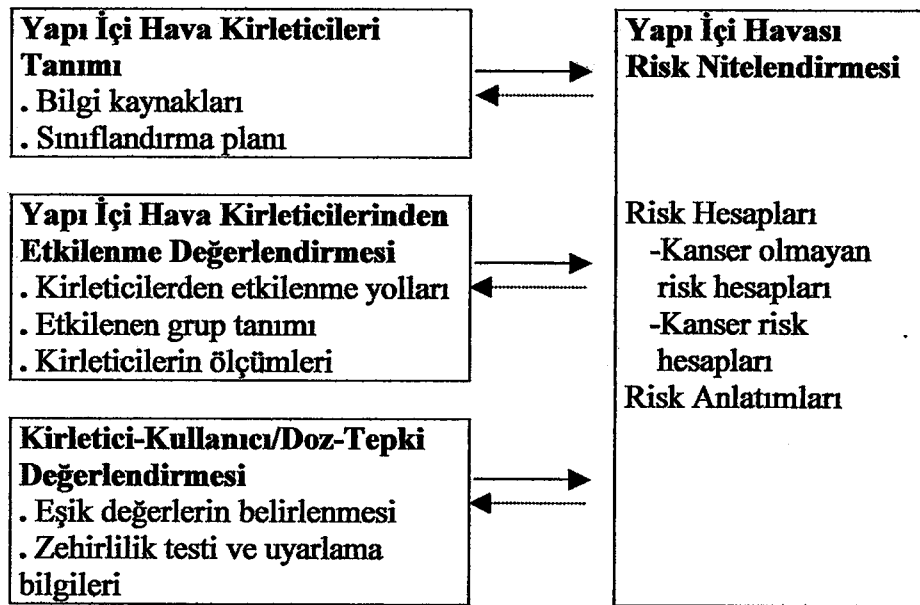
Araştırmacı, incelenecek yapıda, önce yapının bulunduğu yerden kaynaklanabilecek kirleticileri belirlemeli, sonra yapı içinde beş duyusunu kullanarak olası kirleticilerin listesini yapmalı, bu listeye önceden yapılmış olan (ön araştırma adımları) yapı tanımı ve kullanıcılarla görüşmelerden gelen verileri ekleyerek olası yeni kirleticileri belirlemelidir.

4.2.4 Ön Araştırma Kararı

Yapı içi hava niteliği risk süreci irdelenecek olan yapının olası kirleticilerinin belirlenmesi ve risk değerlendirmesi için hangi kirleticilerin değerlendirmeye girmesi gerektiği, ön araştırma kararını oluşturmaktadır.

4.3 Yapı İçi Hava Niteliği Risk Değerlendirmesi

Yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesinde, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Akademisi (NAS) nin “Federal Hükümette Risk Değerlendirmesi” raporunda dört adım kullanılmaktadır. Önerilen modelde bu dört adımın içeriği değiştirilmemiş, ancak yapı içi hava niteliği risk süreci için farklı bir anlatım oluşturulmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Yapı içi hava niteliği risk değerlendirme süreci

4.3.1 Kirleticilerin Tanımı

Bu aşama, sağlığa etkisi olabilecek ve çevrede bulunan kimyasal, fiziksel ve biyolojik ajanların tanımlanmasını içeren niteliksel bir süreçtir. Bu süreç; ajanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin toplanması, toksikolojik çalışmalarının değerlendirilmesi, hayvan ve insanların metabolik ve fizyolojik yapılarına ilişkin bilgilerinin toplanmasını içermektedir. Bu bilgilerin ışığında etkilenme sonucu oluşacak olumsuz etkinin belirlenmesine “kanıt ağırlığı” denmektedir (Patrick ve Anderson 1999). Olumsuz etki biyolojik yapının işlevsel bozukluğuna neden olmakta ya da bir organın hayatta kalma yeteneğini etkilemektedir. Bu etkiler kanser yapan ya da kanser yapmayan etkiler olarak ele alınmaktadır. Kanserojen etkiler insanlarda ya da hayvanlarda tümör oluşumuna neden olurken, kanserojen olmayan etkiler ise organ ve sinir sistemi hasarı, doğum kusurları, gelişim ve üreme zehirlenmesini içermektedir (Williams ve Burson, 1985). Kirletici tanımının yapılabilmesi için bilgi kaynaklarının incelenip, ajanların sınıflandırma planı yapılmalıdır (Williams, 2000).

4.3.1.1 Bilgi Kaynakları

Bir ajanın tehlike potansiyelini değerlendirmek için ana kaynak; bilimsel çalışmalardır. Bu bilgi kaynakları klinik ve epidemiyolojik çalışmalar, hayvan (in viro) deneyleri, hücre ve doku (in vitro) testleri ve yapı-aktivite ilişkilerini içermektedir (Masters, 1998 ve NCR, 1983). Klinik ve epidemiyolojik araştırmalar, insan topluluklarında hastalığın yayılmasını ve olayı değerlendirdiği için en çok istenilen çalışmalardır ve doğrudan kirletici tehlike bilgilerine ilişkin kaynaktır (Williams, 2000). Bu çalışmalar tasviri ve analitik çalışmalardan oluşmaktadır. Tasviri çalışmalar genellikle şüphelenilen risk faktörlerinin geçici veya mesafe dağılımını, toplumdaki hastalık oranına kıyaslayarak araştırmaktadır. Analitik çalışmalar ise kişileri ya da grupları, referans topluluğa kıyaslayarak araştırmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalarda kirleticilere duyarlı topluluklar oluşturmak gerekmektedir. Duyarlılıktaki değişiklikler, yaş, cinsiyet, genetik, beslenme, yaşam biçimi ve toplumdaki diğer sağlık sorunlarını kapsamaktadır (Patrick ve Anderson 1999). İstatistik bilgilerdeki yetersizlikler ve etik sınırlamalar epidemiyolojik çalışmaların risk değerlendirmesinde kullanılmasını olanaksızlaştırmaktadır. Örneğin büyük bir toplulukta küçük risklerin belirlenmesi zordur ve birçok riskin belirti göstermeden geçen uzun bir dönemi vardır. Bu nedenle, hayvan deneyleri insan risklerinin değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın bilgi kaynağıdır (Williams, 2000). Gözlenemeyen ters tepki düzeyi, NOAEL (no-observed-adverse-effects-level), ve en az gözlenen ters tepki düzeyini, LOAEL (lowest-observed-adverse-effects-level), belirlemek için deneyler yapılmaktadır. Deney hayvanlarında akut, subkronik ve kronik etkiler görülmektedir.

Akut etkiler kısa dönemli etkilenmeler sonucu oluşmaktadır. Subkronik etkiler doğal etkilenmeler sonucudur. Kronik etkiler ise uzun süreli (hayvanın yaşam süresinin büyük bir bölümü) etkilenmeler sonucu oluşmaktadır (Cooke, 1993; Griffin, 1994). Hayvan deneyleri sonucunda oluşan bilgilerin kullanımı tartışmalı konuları ortaya çıkarmaktadır. Yüksek dozlu kirletici verilerek yapılan hayvan deneylerinde gözlenen sonuçların, insanda daha düşük dozlarda aynı sonuçları vereceği öngörülmektedir. Hücre ve doku (in vitro) çalışmaları potansiyel mutagen ve endokrin rahatsızlıklara bilgi sağlamaktadır. Yapı-aktivite bilgisi de benzer fiziksel ya da kimyasal özellikleri olan maddeleri değerlendirmektedir (Cooke, 1993; Patrick ve Anderson 1999).

4.3.1.2 Sınıflandırma Planı

Sınıflandırma planı kanserojen maddeleri kolay tanımlamak için çeşitli kurumlar tarafından geliştirilmiştir (USEPA, 1986a). Bu planda kanıt ağırlığı yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda kanserojen maddeleri sınıflandırmak için olumlu ve olumsuz araştırmalar da dahil olmak üzere tüm bilimsel kanıtlar değerlendirilmektedir. Maddeler;

- Yeterli insan kanserojeni kanıtı varsa “insan kanserojenleri (Grup A)”
- Limitli insan kanserojeni veya yeterli hayvan kanserojeni kanıtı varsa madde, “olası insan kanserojeni (Grup B)”
- Kanserojen potansiyelini gösteren sınırlı veya yetersiz bilgi varsa ya “olabilir insan kanserojeni (Grup C)” ya da “sınıflandırılmaz (Grup D)”
- En az iki yeterli olumsuz hayvan ya da insan deney sonucu varsa “kanserojen değil (Grup E)”

olarak sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 4.1 USEPA insan kanserojen sınıflandırması (Williams, 2000).

İnsan Kanıtı	Hayvan Kanıtı				
	Yeterli	Limitli	Yetersiz	Bilgi yok	Kanıt Yok
Yeterli	A	A	A	A	A
Limitli	B1	B1	B1	B1	B1
Yetersiz	B2	C	D	D	D
Bilgi Yok	B2	C	D	D	E
Kanıt Yok	B2	C	D	D	E

Bu sınıflandırmanın yerine USEPA üç kategorili; “bilinen/olası”, “belirlenemeyen” ve “olası olmayan” sınıflandırmasını önermektedir. Bu sınıflandırmaya benzer başka bir sınıflandırmada NTP,IARC tarafından kullanılmaktadır. Bu programlar olumlu çalışmaları ele alarak, kanıtın gücü yaklaşımını kullanmaktadır (Smith vd., 1994; Williams, 2000).

4.3.2. Yapı İçi Hava Kirleticilerinden Etkilenme Değerlendirmesi

Zehirli bir maddenin insan sağlığı üzerinde risk oluşturabilmesi için insanın o maddeden etkilenmesi gerekmektedir. Etkilenme, insanın ajanla temasa geçtiği olay, insanı ve olayı birleştiren bir oluşumdur (yer ve zaman). Etkilenme değerlendirilmesi, belirli bir toplulukta, insanın bir maddeden etkilenmesinin yoğunluk, sıklık ve sürekliliğini belirleyen bir süreçtir (NRC, 1983; Cooke, 1993). 2 ana aşaması bulunmaktadır:

- İnsanın maddeden etkilenme yollarını tanımlamak
- İnsan etkilenmesinin miktarını tahmin etmek (Masters, 1998).

4.3.2.1 Etkilenme Yolları

İnsan, kirlenmiş yiyecek veya su tüketimi, havada bulunan zehirli maddelerin teneffüs edilmesi ile etkilenmektedir. Kirlenmiş kaynakla tensel temas etkilenmenin başka bir yoludur. Önceki senelerde risk değerlendirmesinin etkilenme değerlendirme adımı tek kirletici madde ile sınırlanmaktaydı. (Patrick ve Anderson 1999) Fakat insanlar bir kirleticiye ve birçok kirleticiye, bir yol veya birçok yolla etkilenmektedir. Kirletici hareket ettikçe etkilenme yolları da değişmektedir (Masters, 1998). Örneğin, endüstriyel kirletici kaynağının çevresinde yaşayan bir kişi kaynaktan çıkan hava kirleticilerini içeren havayı solumak zorunda kalacak, kaynaktan çıkan kirletici içeren toprakta yetişen sebzeleri tüketecek - ve o bölgede bulunan kirletici içeren suyu içecektir. Aynı kişi yapı içindeki farklı kimyasallardan da etkilenecektir (Patrick ve Anderson 1999).

Hangi yolla etkilenmenin yanı sıra toplulukta kimin etkilendiğinin de belirlenmesi önemlidir. Saldırıya maruz kalma olasılığı yüksek olan kişilerin tanımlanması da önemlidir. Çocuklar, yaşlılar, hamileler ve sağlığı zayıf insanlar bu kişilere örnek oluşturmaktadır (Williams, 2000).

4.3.2.2 Etkilenmeyi Ölçme

Etkilenmeyi tahmin etmek için doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki yöntem vardır. Doğrudan yöntemde kirleticinin çevredeki yoğunluğu ölçülmektedir. Dolaylı yöntemde ise matematiksel model kullanılmaktadır (Williams, 2000).

$$\text{LADD (mg/kg/gün)} = \frac{(\text{yoğunluk})(\text{solunan hava})(\text{etkilenim süresi})(\text{emme faktörü})}{(\text{ortalama süre})(\text{vücut ağırlığı})} \quad (4.1)$$

LADD	=	Hayat boyu ortalama günlük doz
Yoğunluk	=	ppm(yiyecek veya su), mg/kg(yiyecek), mg/L(su) veya mg/m ³ (hava)
Solunan hava	=	ppm(yiyecek veya su), mg/gün(yiyecek), L/gün(su) veya m ³ /gün(hava)
Etkilenim Süresi	=	gün
Emme Faktörü	=	Birim yok (hesaplarda vücut tarafından emilmiş maddenin yüzdesi kullanılır, bu değer bilinmiyorsa emme faktörü 1 kabul edilir.)
Ortalama Süre	=	gün (etkilenim süresinin ortalaması)
Vücut Ağırlığı	=	kg

Çizelge 4.2 Standart etkilenme değerlendirme varsayımları (Spengler, 2000)

Parametre	Varsayım
Hayat Süresi	70 – 74 yıl
Solunan Hava	
Yetişkin	20 m ³ / gün
Vücut Ağırlığı	
Yetişkin	70 kg
Yapıda Sürekli Bulunma	
Ortalama	9 yıl
En Çok	30 – 70 yıl

4.3.3 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Doz – Tepki Değerlendirmesi

Toksikolistlerin ana konuları güvenli ve güvenli olmayan sınır değerlerdir. Doz –teпки değerlendirilmesi, etkileyen ajanın dozu ve oluşan sağlık sorunu arasındaki ilişkinin nitelendirilmesidir. Bu süreç içinde iki önemli uyarılama yapılmalıdır.

- Yüksek dozlar karşısında oluşan etkilerin aynı grupta daha az dozlardaki sonuçlarını kestirmek
- Deney hayvanlarında gözlenen etkileri, insana etkileri belirlemek için kullanmak (Cooke, 1993).

4.3.3.1 Zehirlilik Testi

Doz – tepki değerlendirilmesi hem akut, hem de kronik sağlık tepkilerini incelemektir. Akut etkiler bir kirleticiden kısa sürede etkilenme sonucu oluşmaktadır. Test edilen hayvan türlerinin yarısı için ölümcül olan doz sınırı, akut zehirliliğin standart ölçüğüdür (LD₅₀). LD₅₀'nin düşük olması kirleticinin daha zehirli olduğunu göstermektedir. Kronik etkiler, uzun süreli etkilenme sonucu oluşan ve kalıcı ya da değiştirilemez niteliktedir. Kronik standart ölçüğü, kronik kanserojen laboratuvar deneyleri ile belirlenir. NTP tarafından belirlenmiş test için en az gereksinimleri; iki tür kemirgen hayvan, en az doz grubu ve bir kontrol grubu (doz almayan)dur. Her tür ve her grup için en az elli dişi ve elli erkek seçilmelidir. Deney sonuçlarının tamamlanması iki yılı bulmakta ve maliyeti 500.000 - 1.500.000 ABD Dolarına mal olmaktadır (Cooke, 1993; Masters, 1998).

Kronik zehirlilik testinde, uygulanabilecek en yüksek doz, “maksimum izin verilir doz” (MTD)dur. MTD, deney hayvanının sağlıksız büyüme ya da yaşam süresini kısaltmaya neden olmayan, yaşam boyu etkisi altında kaldığı dozdur. Uygulanan ikinci doz MTD’ nin ½si ya da ¼dür. Oluşacak tepkinin belirlenmesini kolaylaştırmak için deney hayvanlarına yüksek dozlar verilmektedir. 600 deney hayvanıyla yapılan çalışmalarda %5-10 oranında yüksek riske rastlanmaktadır(Masters, 1998).

4.3.3.2 Eşik Değer Etkisi (Kanserojen Olmayan)

Doz – tepki ilişkisini nitelendirmek için ajanın nasıl bir etki oluşturduğunu bilmek gerekmektedir. Kanserojen olmayanlar için belirli bir dozun altında etkilenmenin herhangi bir sağlık sorununa yol açmayacağı varsayılmaktadır. Eşik değerleri tanımlamak ve miktarını belirlemek için iki adımlı bir yöntem kullanılmaktadır (USEPA, 1989 ve Barnes, 1988). İlk

olarak NOAEL (karşı tepki gözlenemeyen yüksek doz) belirlenir. Bilgi eksiklikleri ve belirsizlikler yüzünden bu değer UF_s , belirsizlik faktörlerine bölünür. Kanserojen olmayan eşik değer etkisini belirlemede aşağıdaki denklemden yararlanılabilir (Williams, 2000).

$$RfD(\text{mg/kg/gün}) = \frac{\text{NOAEL}(\text{mg/kg/gün})}{(UF_H) (UF_A) (UF_S) (UF_L) (UF_D) (MF)} \quad (4.2)$$

UF_H	=	insandan hassas insana (10)
UF_A	=	hayvandan insana (10)
UF_S	=	supkronikten kroniğe (3'den 10)
UF_L	=	LOAEL'den NOAEL'e (3'den 10)
UF_D	=	tamamlanmamış bilgidен tamamlanmış bilgiye (3'den 10)
MF	=	profesyonel karara dayalı (3'den 10)

4.3.3 Eşik Değer Olmayan Etki (Kanserojen)

Kanserojenler için herhangi bir doz belirlenmemiştir. Her doz insana zarar vermektedir. Kanserojen etki değerlendirmesinin ana basamağı kirleticinin güç faktörünün belirlenmesidir. Güç faktörü alçak dozlardaki, doz – etki eğrisinin eğimidir. Hayvan deneyleri yüksek doz seviyeleri hakkında bilgi vermektedir. Bu yüksek doz seviyelerini alçak doz bölgelerine uyarlamak için farklı matematiksel modeller kullanılmaktadır. Bu modellerde benzer yüksek doz bilgileri girdi olarak kullanılmasına rağmen alçak doz risk çıktıları farklı sonuçlanmaktadır. Hiçbir model için güçlü bilimsel taban olmaması model seçiminin uygulanacağı ülke yasalarına göre değişmesine neden olmaktadır. Hayvan ve insan arasındaki yaşam süresi, genetik çeşitlilik ve aynı anda oluşan hastalıklar gibi farkları belirleyebilmek için bazı ayarlamalar yapılmaktadır (Williams, 2000).

4.3.4 Yapı İçi Hava Kirleticilerinin Risk Nitelendirmesi

Sağlık tepkilerinin büyüklüklerinin nitelendirmesidir. Riskin niteliksel ve nicel tahminlerini sağlamak için etkilenme ve doz – tepki değerlendirmelerinde gelişmiş bilgilerin birleştirilmesi risk nitelendirmesini oluşturmaktadır. Kanserojen ve kanserojen olmayan maddelerin nitelendirilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır (Cooke, 1993; Williams, 2000).

4.3.4.1 Risk Hesapları

- **Kanser Olmayan Riskler**

Kanserojen olmayan risklerin değerlendirilmesi, insan etkilenmesinin ajanın güvenilir sınırına oranlanmasıdır. Bu orana “tehlike bölümü (HQ)” denir (Masters 1998)

$$HQ = \frac{LADD \text{ (mg/kg/gün)}}{RfD \text{ (mg/kg/gün)}} \quad (4.3)$$

Birden fazla kirletici için risk değerlendirilmesi yapılması gerekiyorsa, tehlike bölümü her kirletici için hesaplanıp birbirine eklenerek “tehlike indeksi (HI)” elde edilir.

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n \quad (4.4)$$

Tehlike bölümü (HQ) birden büyük çıkarsa sağlık sorunu olma olasılığı vardır. Bu değer birden küçük çıkarsa belirli bir risk yok demektir ve kabul edilebilmektedir. Kanserojen olmayan kabul edilebilirlik bilimsel bir karardan çok, halk sağlığı için verilmesi gereken politik bir karardır. (Patrick ve Anderson 1999)

Kanserojen olmayan risklerin değerlendirilmesi için bir başka seçenek “hata sınırı (MOE) yöntemi”dir (Barnes 1988). Bu yöntemde

$$MOE = \frac{NOAEL \text{ (mg/kg/gün)}}{LADD \text{ (mg/kg/gün)}} \quad (4.5)$$

denklemleri kullanılmaktadır.

Yüzden büyük hata sınırı değerleri küçük riskleri temsil etmektedir.

- **Kanser Riskleri**

Kanser riskleri değerlendirilmesinde insan etkilenmesi, ajanın kanser riski oranını artırma özelliği birleşmektedir. Birden fazla etkilenme varsa, bunlardan doğan riskler toplanmaktadır. Birden fazla etkilenimde kirleticilerin birbirinden etkilenmediği varsayılmaktadır. Gerçekteki risk bu değerden fazla değildir (Williams, 2000).

$$\text{Kanser Riski} = LADD \text{ (mg/kg/gün)} \times CSF \text{ (mg/kg/gün)}^{-1} \quad (4.6)$$

4.3.4.2 Risk Anlatımları

Risk nitelendirmesi risk bilgilerinin özetlenip, sunulmasıdır. Risk yönetimi kararları bu son nitelendirmelere dayanmaktadır.

- Yıllık riske karşı hayat boyu risk: Her yıl bir kirleticiden kronik etkilenme sonucu oluşabilecek zararların belirlenmesi yıllık riski oluşturmaktadır. Hayat boyu risk hayat boyu olumsuz tepki oluşma olasılığını göstermektedir. Yıllık risk, yaşam süresi (70 yıl olarak kabul edilmiştir) ile çarpılarak “hayat boyu risk değeri” elde edilebilmektedir.
- Bireyin riskine karşı toplum riski: Birey riski, toplumdaki bir bireyin sağlık sorunu yaşama olasılığıdır. Toplum riski, belli bir toplumda oluşan vakaların sayısını belirtmektedir. Birey riski ile toplum büyüklüğünün çarpılmasının sonucu toplum riski oluşmaktadır.
- Ortalama etkilenmeye karşı maksimum etkilenme: Ortalama etkilenme riskleri, ortalama koşullarda etkilenmedir. Maksimum etkilenme riskleri ise, toplumda üst seviyede en çok etkilenen birey riskleridir.
- Mutlak riske karşı bağıl risk: :Mutlak risk belirli bir çıktının belirli bir etkilenme sonucu oluşma ihtimalidir. Bağıl risk belirli bir tehlikeden etkilenme ve etkilenmeyen şahısların risklerinin oranıdır. Bir günde bir paket sigara içen bir kişinin akciğer kanserinden ölme mutlak riski her yıl bir milyon kişiden bin iki yüz kişidir (0,12 %). Sigara için kişilerde akciğer kanseri bağıl riski ondur. Sigara içen kişilerin kanser olma riski, içmeyen kişilerden on kat daha fazladır. Belirli bir toplumda risklerin gerçek etkisini hesaplamak için mutlak risk, çeşitli sağlık sorunlarını tanımlamak için de bağıl risk kullanılmaktadır.
- Noktasal kestirime karşı risk dağılımı: Tek bir risk numarası elde etmek için her maddede tek risk rakamı kullanılması riskin noktasal tahminidir. Tüm model girdilerindeki belirsizlikleri ve/ya da çeşitliliği nitelendirmek için olasılık dağılımı kullanıldığında meydana gelir risk dağılımı (Williams, 2000).

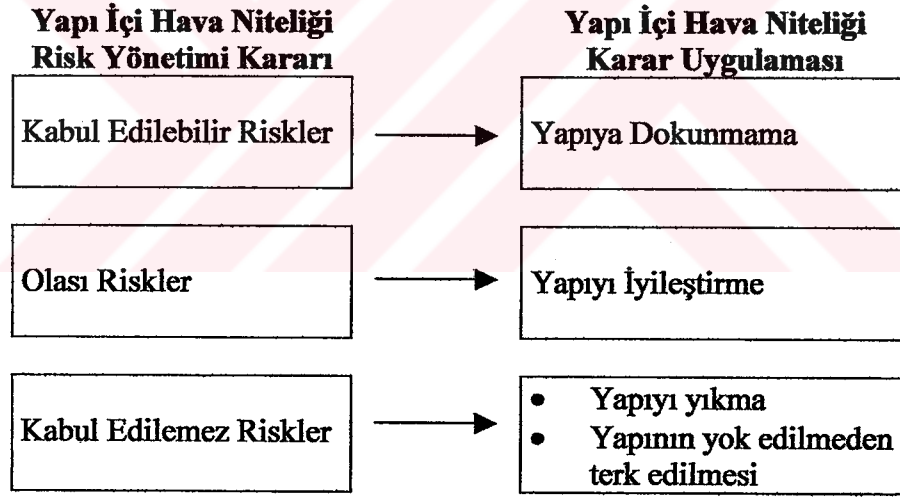
4.4 Yapı İçi Hava Niteliği Risk Yönetimi

Risk yönetimi toplumdaki risklerin düzeyi, dağılımı ve kabul edilebilirlik düzeyleri ile ilgili kararları içerir. Bölüm 3.3.2’ de söz edildiği gibi risk yönetimi kararları ile ilgili birden fazla yaklaşım vardır. Amerikan Başkanlık ve Kongresi Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi

Komisyonu tarafından oluşturulan Risk Yöntemi Modeli (Şekil 3.5) sistemin bütünü risk yönetimi olarak almaktadır. Yapı içi hava niteliği risk yönetimi, yapı içi hava niteliği risk süreci sisteminin bir adımını oluşturmaktadır. Bu nedenle yapı içi hava niteliği risk ölçütlerinin belirlenmesinin risk yönetimi adımında kullanılması uygun görülmektedir. Risklerin kabul edilebilir ölçütleri belirlenerek, karar adımı oluşturulması gerekmektedir.

4.5 Yapı İçi Hava Niteliği Risk Yönetimi Karar Uygulaması

Yapı içi hava niteliği risk yönetimi karar adımı varılan sonuçların uygulamaları, yapı içi hava niteliği risk sürecinin son adımı olarak verilmektedir. Belirlenen model, yapıların insan sağlığını olumlu ya da olumsuz etkilediğinin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır. Etkinin olumlu olması durumunda; yapıya müdahaleye gerek olmadığı, olumsuz olması durumunda ise; riskin insan sağlığı üzerindeki etkisine göre yapının iyileştirilmesi, yapının yıkılması ya da yapının yok edilmeden terk edilmesi gerekmektedir. Yapı içi hava niteliği risk yönetimi son adımı karar ile uygulama adımı Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Yapı içi hava niteliği risk yönetimi karar uygulaması

4.6 Yapı İçi Hava Niteliği Risk İletişimi

Risk iletişimi adımı sadece risk değerlendiricileri ile toplum arasındaki bir adım değildir. Risk iletişimi, risk sürecini içeren tüm adımlar arasındaki bilgi akışını sağlamaktadır. Araştırmalar sonucunda ilerlemeyi veya karardan geri dönüşlerle izlenen adımların doğruluğunu denetlemeyi, yasa ve tasarıların oluşturulması risk iletişimi adımı sağlamaktadır.

4.7 Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Modeli

Yapı içi hava niteliği risk süreci izlenen adımlarla uygulanabilir. Ön araştırma, risk değerlendirmesi, risk yönetimi, karar uygulamaları ve risk iletişimi adımları yapı içi hava niteliği risk süreci modelini oluşturan beş ana adımdır (Şekil 4.4). Risk iletişimi adımı ile elde edilen bilgiler daha sonraki çalışmalarda ve yapının tasarım aşamasında kullanılabilir. Modelin ilk ana adımı olan yapı içi hava niteliği ön araştırması örnek bir çalışma ile Ek 2' de verilmiştir.

Model;

Yapı İçi Hava Niteliği Ön Araştırması

Yapı İçi Hava Niteliği Risk Değerlendirmesi

Yapı İçi Hava Niteliği Risk Yönetimi

Uygulama

Yapı İçi Hava Niteliği Risk İletişimi adımlarını içermektedir.

1 – Yapı İçi Hava Niteliği Ön Araştırması Adımları (Şekil 4.1)

Adım 1a – Yapının Tanımı

İşlevin, yapı türlerinin, yapı elemanlarının ve ayrıntıların belirlenmesi

Adım 1b - Kullanıcılarla Görüşme

Sözlü görüşmeler, yazılı görüşmeler – Anket (Ek 1)

Adım 1c - Olasılık Araştırması

Bilgi birikimi ve beş duyu ile olası kirleticilerin belirlenmesi

Adım 1d - Karar

Risk değerlendirmesine alınacak kirleticilerin belirlenmesi

2 – Yapı İçi Hava Niteliği Risk Değerlendirmesi (Şekil 4.2)

Adım 2a - Yapı içi hava kirleticilerinin tanımı

Bilgi kaynaklarının taranması ve sınıflandırma planı içindeki yerin belirlenmesi (Çizelde 4.1)

Adım 2b - Yapı içi hava kirleticilerinden etkilenme değerlendirilmesi

Kirleticilerden etkilenme yollarının belirlenmesi, kirleticilerin ölçülmesi (Denklem 4.1 ve Çizelge 4.2)

Adım 2c - Kirletici – kullanıcı doz – tepki değerlendirilmesi

Zehirlilik testi ve uyarlamının yapılması, eşik değerlerin belirlenmesi (Denklem 4.2)

Adım 2d +3a - Yapı içi havası risk nitelendirmesi

Risk hesaplarının yapılması (Denklem 4.3, Denklem 4.4, Denklem 4.5, Denklem 4.6), risk anlatımı

3 – Yapı İçi Hava Niteliği Risk Yönetimi

Adım 3b - Yapı içi hava niteliği standartları

Değerlendirilen kirleticilere ilişkin standartların elde edilmesi (Çizelge 2.4)

Adım 3c - Kabul edilebilir risk ölçütleri

Değerlendirilen kirleticileri kabul edilebilir risk ölçütleri ile karşılaştırma (Şekil 3.8)

Adım 3d - Karar (Şekil 4.3)

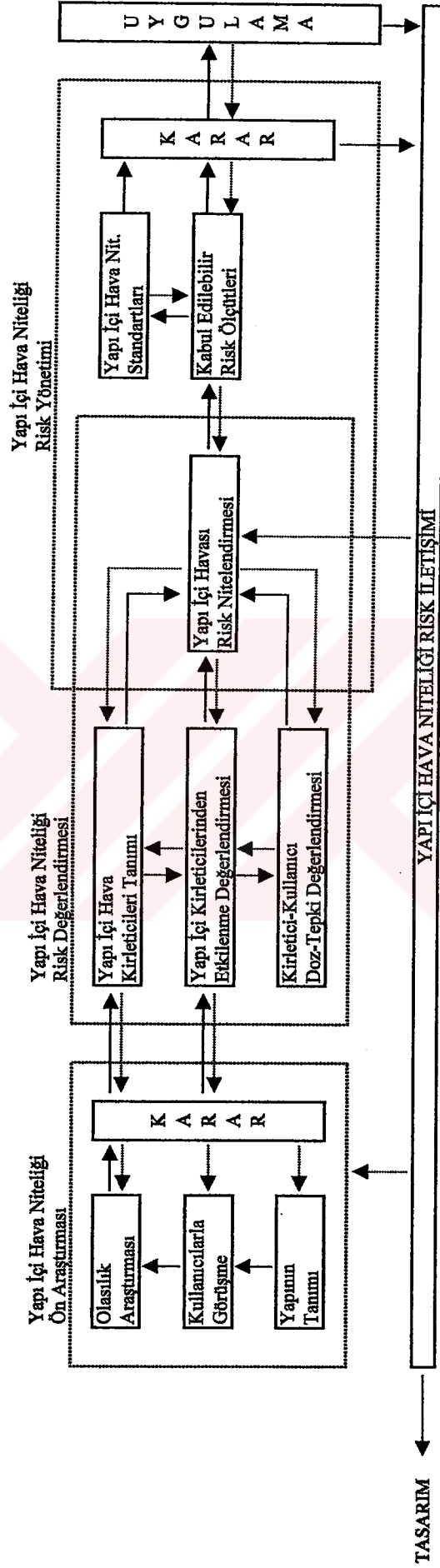
Risklerin kabul edilip edilmemesi kararının verilmesi

4 – Uygulama (Şekil 4.3)

Karara göre yapıda uygulanması gereken seçeneklere karar verilmesi

5 – Yapı İçi Hava Niteliği Risk İletişimi

Dört adımdaki bilgi iletişiminin sağlanması, sonraki çalışmalar ve yapı tasarım aşamasına bilgi iletilmesi



Şekil 4.4 Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

İnsanın temel gereksinimi yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürmesidir. İnsan, yaşamının yaklaşık %80 – 90'ını kendi ürettiği yapay çevre; yani yapılarda geçirmektedir. Yapının temel işlevi; insana gereksinim duyduğu konforlu ortamı sağlamaktır. Yapı içi hava niteliği bu ortamın oluşturulmasında önemli bir etken olmaktadır. Yapı içi hava niteliğini bozan hava kirleticileri; gazlar ve buharlar, parçacıklardır. Gazlar ve buharlar; yanıcılar (karbon monoksit, nitrojen oksitleri, sülfür dioksit, kömür dumanı vb.), uçucu organik bileşikler – VOC (formaldehit, benzen vb.), zararlı doğal gazlar (radon, ozon)dır. Parçacıklar; asılı parçacıklar, organizmalar (bakteriler, mantarlar, virüsler, vb.)dır. Her kirleticinin yapısı farklıdır, kullanıcı sağlığını farklı farklı etkilemektedir ve her kullanıcı için farklı bir risk oluşturabilmektedir. Yapı kaynaklı kullanıcı sağlık sorunlarının giderilmesi için yapının iç hava niteliğinin değerlendirilmesi, değerlendirmeyi yapabilmek için de risk sürecinin incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle yapı içi hava niteliği risk süreci için uygulanabilir bir modelin oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada model:

- Yapı içi hava niteliği ön araştırması
- Yapının tanımı
- Kullanıcılarla görüşme
- Olasılık araştırması
- Karar
- Yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesi
- Yapı içi hava kirleticileri tanımı
- Yapı içi hava kirleticilerinden etkilenme değerlendirilmesi
- Kirletici – kullanıcı doz – tepki değerlendirilmesi
- Yapı içi havası risk nitelendirilmesi
- Yapı içi hava niteliği risk yönetimi
- Yapı içi hava niteliği standartları
- Kabul edilebilir risk ölçütleri

- Karar
- Yapı içi hava niteliği risk yönetimi karar uygulaması
- Yapı içi hava niteliği risk iletişimi

adımlarından oluşmaktadır. Bu adımların, alt adımları ve birbirleri ile olan ilişkileri 4. Bölümdeki şekillerde verilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar irdelenerek model adımları yeniden düzenlenmiştir.

Yapı içi hava niteliği risk süreci modelinin uygulanması ile;

- Risk sürecinde mimarın etkin görev alarak birçok bilim dalından uzman ile birlikte çalışması (Çizelge 5.1),

Çizelge 5.1 Yapı içi hava niteliği risk süreci model kullanıcıları

YIHN* RİSK SÜRECİ MODEL KULLANICILARI		MÜHENDİS							SAĞLIK GÖREVLİLERİ	RİSK UZMANLARI
		MİMAR	İnşaat	Makine	Çevre	Kimya	Fizik		
YIHN RİSK SÜRECİ MODEL ADIMLARI										
YIHN Ön Araştırması	Yapının Tanımı	1a	×	×						
	Kullanıcılarla Görüşme	1b	×							
	Olasılık Araştırması	1c	×							
	Karar	1d	×							
YIHN Risk Değerlendirmesi	Yapı İçi Hava Kirlenmelerini Tanımlama	2a	×		×	×	×	×	×	×
	Yapı İçi Hava Kirlenmelerinden Etkilenme Değerlendirmesi	2b	×			×	×	×	×	×
	Kirlenme-Kullanıcı Doz-Tepki Değerlendirmesi	2c	×							
YIHN Risk Yönetimi	Yapı İçi Hava Niteliği Risk Değerlendirmesi	2d+3a	×							×
	YIHN Standartları	3b	×	×	×	×	×	×	×	×
	Kabul Edilebilir Risk Ölçütleri	3c	×							
	Karar	3d	×							
Uygulama	4	×	×							
YIHN Risk İletişimi	5	×								×

*Yapı İçi Hava Niteliği

- Var olan yapıların kullanıcılar için sağlıklı olup olmadığına karar verilebilmesi,

- Karar:

Kabul edilemez risk ise, riskin düzeyine göre; yapının iyileştirilmesi

yapının yok edilmeden terk edilmesi

yapının yıkılması

Kabul edilebilir risk ise; yapıya müdahale etmeme kararı alınması

gibi sonuçlar elde edilmektedir.

Geliştirilen model ile;

- Yapının çevresel analizinin detaylı olarak yapılması,
- Değerlendirmesi yapılacak kirleticilerin belirlenmesi,
- Risk değerlendirilmesi ve risk yönetiminin alt adımlarla desteklenmesi,
- Risk yönetimi adımı kararın alınması,
- Alınan kararın uygulanması,
- Risk iletişimi kullanılarak bilgi aktarımının ve geri beslemenin kurgulanması

sağlanmaktadır.

Yapı içi hava niteliği risk süreci modelinin işlevliliği ve sonraki çalışmalara ışık tutması açısından;

- Kullanıcıların yapı içi hava niteliği risk süreci konusunda bilinçlendirilmeleri,
- Yapı içi hava niteliği risk sürecinin yasal zorunluluklara dayandırılması,
- Yapı içi hava niteliği risk süreci modelini uygulayacak çalışma ekibinin oluşturulması ve kurumlaştırılması,
- Çalışmada tanımlanan yapı içi hava kirleticilerinin yapının tasarım aşamasına veri oluşturması ve yapı kaynaklı sağlık sorunlarının önlenmesi

önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Aldrich, T., Griffith, J., Gustafson, R. ve Graber, D., (1993), Public Communication, Participation, Risk Management, 240-258, Environmental Epidemiology and Risk Assessment, Van Nostrand Reinhold, New York.

Alexander, A., (1998), "How 'Absolute' is an Absolute Exclusion: Insurance Coverage for Indoor Pollution," Real Estate Weekly, 44 (48): 4.

American Lung Association of Minnesota's Indoor Air Quality Program, (2000), "Health House RX", Contractor, 47 (8): 3.

Anderson, E. L. ve Albert, R. E., (1999), Risk Assessment and Indoor Air Quality, Lewis Publishers, New York.

Andersson, K., (1998), "Epidemiological Approach to Indoor Air Problems", Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:32-39.

Andrews, J.D. ve Moss, T.R., (2002), Reliability and Risk Assessment, Professional Engineering Publishing, Londra.

Asante-Duah, D.K., (1993), Hazardous Waste Risk Assessment, Lewis Publishers, Florida.

ASHRAE, (1998), ASHRAE Temel El Kitabı – Çevre Sağlığı, (Çev., N. Demircioğlu ve M. Toksoy), Teknik Yayıncılık, İstanbul.

ASHRAE Standard, (1999), Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ANSI/ASHRAE 62-1999, Atlanta.

Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1995), "Yapının İç ve Dış Çevresinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde düzenlenen Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, 20-21 Ekim 1995, İzmir.

Balanlı, A., (1997), Yapıda Ürün Seçimi, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1997), "Yapı Biyolojisi, Mimarlık ve Çevre Hekimliği", Uluslararası Katılımlı 1. Ulusal Çevre Hekimliği Kongresi, 8-12 Aralık 1997, Ankara.

Balanlı, A., ve Tuna Taygun, G., (2002), "Polivinil Klorürün Çevreye Etkilerinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 9 – 11 Ekim, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi.

Balanlı, A., Karabiber, Z., Ünver, R., ve diğerleri, (2002), YTÜ Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı Şevket Sabancı Binasının Yapı Biyolojisi ve Yapı Fiziği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, YTÜ Araştırma Fonu Araştırma Projesi, İstanbul.

Baker-Laporte, P., Elliott, E. ve Banta, J., (2001), Prescriptions for A Healthy house, 2nd edition, New Society Publishers, Kanada.

Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, (1986), Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Bates, D.V., (1994), *Environmental Health Risks and Public Policy*, UBC Pres, Vancouver.

Bayer, C. W., (1990) "Maintaining Optimum Indoor Air Quality", *Journal of Property Management*, 55 (2): 37.

Brennan, T. M. ve Turner, W., (1999), "Indoor Air Quality Primer: What Factors and Conditions Cause Indoor Air Quality Problems and What Can You Do to Stop Them?", *Heating, Piping, Air Conditioning*, 71i5: 5.

Brookins, D. G., (1990), *The Indoor Radon Problem*, Columbia University Press, New York.

Bureau Veritas, (2001), *Risk Değerlendirme Eğitimi Notları*, Ankara.

Burr, M.L., (2000), Combustion Products, 29.3-29.25, *Indoor Air Quality Handbook*, J.D. Spengler, J.M. Samet, ve J.F. McCarthy, (Derl.), McGraw-Hill, New York.

Burrell, R., (1994) *Microbiologic Agents and Infectious Diseases*, *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 14, D.E. Banks ve D.N. Weissman (Derl.), W.B. Saunders Company.

Byrd III, D. ve Lave, L., (1987), Significant Risk is not the Antonym of de Minimis Risk. In C. Whipple (ED.), *De Minimis Risk*, Chap. 5. pp. 41-59, Plenum Press, New York.

Caldwell, R., (2000), "Doing Your Homework on Indoor Air Quality Issues", *College Planning&Management*, 3i1: 51.

Center for Health Effects of Environmental Contamination. (2000), "Residential Radon and Lung Cancer Case-Control Study", The University of Iowa.

Cheyne, A.J.T., Cox, S.J., Raw, G.J., Cayless, S.M., ve Riley, J.E., (1997), "Refinement of a Risk Assessment Procedure: Numerical Weighting of Severity of Harm and Strength of Evidence", *Healthy Buildings/IAQ'97 Global Issues and Regional Solutions Proceedings*, September 27- October 2 1997, Washington.

Cooke, C., (1993), *Environmental Epidemiology and Risk Assessment*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Colias, M., (2001), "Workplace Air Quality Gets Little Attention", *Providence Business News*, 16i22: 19.

Cone, J. E., (1998), "Indoor Environmental Quality", *The Western Journal of Medicine*, 169i6: 373.

Corn, M., (1993), *Handbook of Hazardous Materials*, Academic Press, Inc., USA.

Cothern, C.R. ve Smith, J.E., (1987), *Environmental Radon*, Plenum Press, New York.

- Cranor, C.F., (1993), *Regulating Toxic Substances*, Oxford University Press, New York.
- Cross, F.B., (1996), *Paradoxical Perils of the Precautionary Principle*, *Wash. Lee Law Rev.* 53:851-925.
- Crouch, E.A.C. ve Wilson ,R., (1982), *Risk/ Benefit Analysis*, Cambridge, MA: Ballinger.
- Cutter, S.L., (1994), *Environmental Risks and Hazards*, Prentice Hall, New Jersey.
- Çölaşlan, F., (1995), "Yapılarda Hava Kalitesi ve Enerji Ekonomisi", Makina Mühendisleri Odasınınca düzenlenen II.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 10-14 Ekim 1995, İzmir.
- Davies, B.H., (1994), *Epidemiology of Building – Associated Illness*, 483-493, *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 14, D.E. Banks ve D.N. Weissman (Derl.), W.B. Saunders Company.
- Dunford, R. E., (1994), *Your Health and the Indoor Environment; A Complete Guide to Better Health Through Control of the Indoor Atmosphere*, NuDawn Publishing, Dallas.
- Duru, S. ve Besbelli, N., (1997), "Risk Değerlendirilmesi", *Uluslar arası Katılımlı 1. Ulusal Çevre Hekimliği Kongresi*, 8-12 Aralık 1997, Ankara.
- Ellis, D., (1989), *Environments at Risk; Case Histories of Impact Assessment*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- EPA (United States Environmental Protection Agency) (1988), *Radon Reduction Techniques for Detached Houses*, EPA/625/5-87/019. North Carolina.
- EPA (United States Environmental Protection Agency) (1991), *Radon-resistant Construction Techniques for New Residential Construction*, EPA/625/2-91/032, Washington DC.
- Ernst, A.E., ve Zibrak, J.D., (1998), "Carbon Monoxide Poisoning", *N. Engl. J. Med.* 229, 1603 – 1608.
- Fanger, P. O., (1998), "Discomfort Caused by Odorants and Irritants in the Air", *Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate*, 4:81-86.
- Fiksel, J., (1987), *De Minimis Risk: From Concepts to Practise*. In C. Whipple (Ed.), *De Minimis Risk*, Chap. 1, pp. 3-7, Plenum Press, New York.
- Fink, J.N., (1998), "Fungal Allergy: from Asthma to Alveolitis", *Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate*, 4:50-55.
- Fischhoff, B.S., Lichtenstein, P. Slovic S.L., Derby ve R.L. Keeney, (1981), *Acceptable Risk*, Cambridge Univ. Press, New York.
- Foa, V., (1997), "Kent Havaındaki Benzenin Karsinojenik Potansiyeli Hakkında İtalyan Toksikoloji Öneri Komitesi Tarafından Yapılan Risk Değerlendirmesi", *Uluslar Arası Katılımlı 1. Ulusal Çevre Hekimliği Kongresi*, 8-12 Aralık 1997, Ankara.

- Graham, J.D., (1995), Historical Perspective on Risk Assessment in the Federal Government Toxicology, 102:29-52.
- Griffin, R. D., (1994), Principles of Air Quality Management, Lewis Publishers, Florida.
- Griffith, J., Aldrich, T. ve Drane, W., (1993), Risk Assessment, 212-239, Environmental Epidemiology and Risk Assessment, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Godish, T., (1995), Sick Buildings; Definition, Diagnosis and Mitigation, Lewis Publishers, Florida.
- Gold, M.R., Siegel J.E., vd., (1996), Cost – Effectiveness in Health and Medicine, Oxford Univ. Press, New York.
- Governo, D. M. ve Kavanagh, E.P., (1999), “Beyond Sick Building Syndrome”, Risk&Insurance, 28.
- Haimes, Y.Y., (1998), Risk Modeling, Assessment, and Management, Wiley-Interscience Publication, New York.
- Hansen, S.J. ve Burroughs, H.E., (1998), Managing Indoor Air Quality, Prentice Hall.
- Hickey, J.E.Jr. ve Walker, V.R., (1995), Refining the Precautionary Principle in International Environmental Law., Virginia Environ, Law J. 14: 423-454.
- Holdsworth, B. ve Sealey, A., (1992) Healthy Buildings; A Desing Primer for a Living Environment, Longman, England.
- Hoskins, J. A., (1997), “Kapalı Ortam Hava Kirliliği”, Uluslar arası Katılımlı 1.Ulusal Çevre Hekimliği Kongresi, 8-12 Aralık 1997, Ankara.
- Jarvis, D., Chinn, S., Sterne, J., ve diğerleri, (1998), “The Association of Respiratory Symptoms and Lung Function with the Use of Gas for Cooking”, EUR. Resp. J. 11, 651 – 658.
- Jones, F.E., (1994), Toxic Organic Vapors in the Workplace, Lewis Publishers, Florida.
- Jokl, M.V., (1999), “Evaluation of indoor air quality using the decibel concept based on carbon dioxide and TVOC”, Building and Environment, 35.
- Keeney, R.L. ve Raiffa, H., (1976), Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Wiley, New York.
- Kerrigan, K., (1996), “Indoor air quality examined”, South Florida Business Journal, 17(13):46.
- Khoury, S. J., (1993), Investment Management, Theory and Application, Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

Kolluru, R.V., vd, (1996), Risk Assessment: A Unified Approach., Risk Assessment and Management Handbook, Chap. 1. McGraw-Hill, New York.

Lagoy, P.K., (1994), Risk Assessment; Principles and Applications for Hazardous Waste and Related Sites, Noyes Puclications, New Jersey.

Lee, J., (2000), "Controlling Your Environment", Buildings, 94 i6:84.

Lenius, P., (1999), "Clearing the air", Contactor, 46 i9:3.

Lunsford, D., (1999), "Indoor Air Quality can Make or Break Your New Building", Memphis Business Journal, 21i28:28.

Maginn, J. L. ve Tuttle, D.T., (1983), Managing Investment Portfolios, A Dynamic Process, Warren, Gorham&Lamont, Boston.

Maroni, M. ve Lundgren, B., (1998), "Assessment of the Health and Comfort Effects of Chemical Emissions from Building Materials: the State of the Art in the European Union", Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:26-31.

Masters, G. M., (1998), Risk Assesment, Introduction to Environment Engineering and Science, Chap. 4, Prentice - Hall, New Jersey.

Meckler, M., (1996), Improving Indoor Air Quality Through Design, Operation and Maintenance, The Fairmont Press, Inc., GA.

Menkes, J. ve Frey, R.S., (1987), De Minimis Risk as a Regulatory tool. In C. Whipple (Ed.), De Minimis Risk, Chap. 2, pp.9-13, Plenum Press, New York.

Meservy, D. ve Meservy, J.A., (1993), Legal Aspects of Environmental Epidemiology, 259-265, Environmental Epidemiology and Risk Assessment, Van Nostrand Reinhold, New York.

Micallef, A., Colls, J.J. ve Caldwell, J., (1999), "Measurement of vertical concentration profiles of airborne particulate matter in indoor environments: implications for refinement of models and monitoring campaigns", International Journal of Environmental Health Research, 9.

Millette, J. R. ve Hays, S.M., (1994), Settled Asbestos Dust Sampling and Analysis, Lewis Publishers, Florida.

Molhave, L., (1998), "Principles for Evaluation of Health and Comfort Hazards Caused by Indoor Air Pollution", Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:17-25.

Molhave, L., (1998), "The Ethics of Using Human Panels in the Indoor Air ", Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:87-94.

Mottat, D. W., (1997), Handbook of Indoor Air Quality Management, Prentice Hall.

Müezzinoğlu, A., (2000), Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayıncılık, İzmir.

NAS (National Academy of Science), (1981a), Formaldehyde and Other Aldehydes, Washington, D.C..

NAS (National Academy of Science), (1981b), Indoor Pollutants, Washington, D.C..

NRC (National Research Council), (1983), Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process, National Academy Press, Washington, D.C..

NRC, Managing Indoor Air Quality: a manual for Property Managers, Public Works, Canada.

NRPB (National Radiological Protection Board), Radon. Broşür

Neely, W.B., (1994), Introduction to Chemical Exposure and Risk Assessment, Lewis Publishers, Boca Raton.

Öztürk, A., (1995), The Architectural Design Process and Indoor Air Quality, Doktora Tezi, University of Strathclyde, Glasgow.

Patrick, D. R., (1994), Toxic Air Pollution Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York.

Patrick, D. R. ve Anderson, E.L., (1999), The Elements of Human Health Risk Assessment, 35-51, Risk Assessment and Indoor Air Quality, E.L. Anderson ve E.A. Roy, (Derl.), Lewis Publishers, New York.

Pearson, D., (1989), The Natural House Book, Simon and Schuster, Fireside, New York.

Provey, J., (2001), "Fresh Air", Popular Mechanics, 178 i9:84.

Reijula, K., (1998), "Exposure to Microorganisms: Diseases and Diagnosis", Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:40-44.

Riley, J.E., Cayless, S.M., Raw, G.J., J.E. Cheyne, A.J.T. ve Cox, S.J., (1997), "Refinement of a Risk Assessment Procedure: Rating of Hazards", Healthy Buildings/IAQ'97 Global Issues and Regional Solutions Proceedings, September 27- October 2 1997, Washington.

Rooley, R., (1995), "Sick Building Syndrome – the Real Facts", Structural Survey, 13(3).

Rylander, R., (1998), "Microbial Cell Wall Constituents in Indoor Air and their Relation to Disease", Indoor Air International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 4:59-65.

Salthammer, T., (1999) Organic Indoor Air Pollutants; Occurrence, Measurement, Evaluation, Vch Verlagsgesellschaft' Mbh..

Shen, T. T. ve Schmidt, C.E., (1993), Assessment and Control of VOC Emissions from Waste Treatment and Disposal Facilities, Van Nostrand Reinhold, New York.

Singh, J., (1993), "Biological Contaminants in the Built Environment and Their Health Implications", Building Research and Information, 121(4).

Smith, C.M., Christiani, D.C. ve Kelsey, K., (1994), Chemical Risk Assessment and Occupational Health, Auburn, Connecticut.

Solberg, D. P.W., (1999), "IAQ Risk Management", Buildings, 93 i9:24.

Spengler, J. D., Samet, J.M. ve McCarthy, J.F., (2000), Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.

Spicer, C. R., (1999), "The Office Isn't the Only Place to Watch Out for IAQ Problems", Engineered Systems, 16i10:34.

Şahin, Ü., (2000), İstanbul'da 1994-1998 Hava Kirliliği Düzeyleri ile Mortalite Arasındaki İlişki, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Tahınlı, İ., Sunar, T. ve Pilatin, K.M., (1998), Tehlikeli Maddelerin Çevresel Risk Değerlendirmesi DPT Projesi Gelişme Raporu, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Tahınlı, İ., Sunar, T. ve Pilatin, K.M., (1999), Tehlikeli Maddelerin Çevresel Risk Değerlendirmesi DPT Projesi Tehlikeli Maddelerin Çevresel Risk Değerlendirme Modeli Sonuç Raporu, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Titenberg, T., (1996), Environmental and Natural Resource Economics, Harper Collins College Publishers, New York.

Tokarz, A. P., (1994), Regulatory and Legal Aspects of Indoor Air Quality and Pollution, 679-691, Immunology and Allergy Clinics of North America, 14, D.E. Banks ve D.N. Weissman (Derl.), W.B. Saunders Company.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (1997), Çevre Sağlığı – Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler, TS 12281, Ankara.

TSE , (1997), Çevre Sağlığı – Lejyoner Hastalığı'nın (Lejyonellozis) Önlenmesi İçin Alınması Gereken Tedbirler, TS 12093, Ankara.

Tucker, W.G., (2000), Volatile Organic Compounds, 31.1-31.20, Indoor Air Quality Handbook, J.D. Spengler, J.M. Samet, ve J.F. McCarthy, (Derl.), McGraw-Hill, New York.

Tünay, O. ve Alp, K., (1996), Hava Kirlenmesi Kontrolü, Mega Ajans, İstanbul.

Wadden, R. A. ve Scheff, P.A., (1983), Indoor Air Pollution: Characterization, Prediction, and Control John Wiley&Sons, , New York.

Wagner, A., (1991), Floor Covering & IAQ: Health Impacts, Prevention, Mitigation & Litigation, Cutter Information Corp., Arlington.

Weinstein, M.C. ve Fineberg, H.V., (1980), *Clinical Decisions Analysis*, Saunders, Philadelphia.

WHO (Dünya Sağlık Örgütü), (1987a), "Carbon Monoxide", *Air Quality Guidelines for Europe*, European Series 23, WHO Regional Publications, Copenhagen.

WHO (World Health Organization), (1987b), "Nitrogen Dioxide", *Air Quality Guidelines for Europe*, European Series 23, WHO Regional Publications, Copenhagen.

Williams, P.R.D., (2000), *The Risk Analysis Framework: Risk Assessment, Risk Management, and Risk Communication*, 70.3-70.38, *Indoor Air Quality Handbook*, J.D. Spengler, J.M. Samet, ve J.F. McCarthy, (Derl.), McGraw-Hill, New York.

Viscusi, W.K., (1992), *Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk*, Oxford Univ. Press, New York.

Yalçınkaya, A., (1995), *Yapı Malzemesi ve Çevre Etkileşimi*, Y.Lisans Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

Yocom, J. E. ve McCarthy, S.M., (1991), *Measuring Indoor Air Quality; A Practical Guide*, John Wiley & Sons, England.

Yu, V. L., (1995), *Legionella Pneumophila (Legionnaires' Disease)*, 2087-2094, *Principle and Practice of Infections Disease*, C. L. Mandell, J. E. Bennett ve R. Dolin (Derl.), Churchill Livingstone, USA.

Zimmerman, R., (1990), *Governmental Management of Chemical Risk: Regulatory Processes for Environmental Health.*, Boca Raton, Lewis Publishers, Florida.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] Vaizoğlu, S., Tekbaş, F. ve Evcı, D., "Kapalı Hava Kalitesi ve Sağlığa Etkisi", http://saglik.tr.net/cevre_kapali_ortam.shtml.

[2] Byrd, R., "IAQ FAQ", <http://www.elitesoft.com/sci.hvac/iaq1.html>.

[3] Levin, H., (1997), "Best Sustainable Indoor Air Quality Practices in Commercial Buildings", EBN, <http://www.ebuild.com/Greenbuilding/Halpaper.html>.

[4] EPA (United States Environmental Protection Agency), "About Combustion Pollutants", <http://www.epa.gov/iaq/asthma/triggers/combust.html>.

[5] EcoTech, "Known Sources of Indoor Air Polluters", <http://www.csn.net/ecotech/08.html>.

[6] EPA, "Natural Radiation", <http://www.epa.gov/radiation/rrpage/rrpage3.html>.

[7] EBN, (1998), "Concrete, Flyash, and the Environment-Proceedings", <http://www.buildinggreen.com/features/flyash/guidelines.html>

[8] EPA, "Radon", <http://www.epa.gov/iaq/radon/radonqa1.html>.

[9] EPA, (1994), "Model Standards and Techniques For Control of Radon in New Residential Buildings", <http://www.epa.gov/iaq/radon/pubs/newconst.html>.

[10] EHC, (1998), "Carbon Monoxide", http://www.nsc.org/EHC/indoor/carb_mon.htm.

[11] EHC, (1998), "Combustion Appliances", http://www.nsc.org/EHC/indoor/comb_app.htm.

[12] EPA, "IAQ, Formaldehyde", <http://www.epa.gov/iaq/formalde.html>.

[13] EPA, "Building a New Home Have You Considered Radon?", <http://www.epa.gov/iaq/pubs/builder.html>.

[14] EPA, (1998), "Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) VI Report: 'The Health Effects of Exposure to Indoor Radon'", <http://www.epa.gov/iaq/radon/beirvi1.html>.

[15] EPA, (1998), "Buying a New Home? How to Protect Your Family From Radon", <http://www.epa.gov/iaq/radon/pubs/rrnc-tri.html>.

[16] Aerotech Laboratories, Inc., "Bacteria", <http://www.aerotechlabs.com/iaqbact.htm>.

[17] EBN, (1993), "Cement and Concrete: Environmental Considerations", <http://www.buildinggreen.com/features/cem/cementconc.html>, EBN 2(2): March/April.

[18] EBN (Environmental Building News), (1994), "Carpeting, Indoor Air Quality, and the Environment", <http://www.buildinggreen.com/features/crpt/carpets.html>, EBN 3 (6): November/December.

[19] EBN, (1995), "Concrete as a CO₂ Sink?", <http://www.buildinggreen.com/news/concreteco2sink.html>, EBN 4(5): September/October.

[20] EBN, (1995), "Insulation Materials: Environmental Comparisons", <http://www.buildinggreen.com/features/ins/insulation.html>, EBN 4(1): January/February.

[21] EBN, (1996), "Lead and Asbestos – the Encapsulation Option", <http://www.buildinggreen.com/products/leadasbestos.html>, EBN 5(6): November/December.

[22] EHC (Environmental Health Center), (1998), "Air Quality Problems Caused by Floods", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/floods.htm>.

[23] EHC, (1998), "Alternatives to Household Chemicals", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/altchems.htm>.

[24] EHC, (1998), "Asbestos", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/asbestos.htm>.

[25] EHC, (1998), "Asthma", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/asthma.htm>.

[26] EHC, (1998), "Biological Contaminants", http://www.nsc.org/EHC/indoor/bio_cont.htm.

- [27] EHC, (1998), "Environmental Tobacco Smoke", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/ets.htm>.
- [28] EHC, (1998), "Formaldehyde", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/formald.htm>.
- [29] EHC,(1998),"Indoor Air Quality in the Home", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/iaqfaqs.htm>.
- [30] EHC, (1998), "Pesticides", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/pesticid.htm>.
- [31] EHC, (1998), "Sick building Syndrome", <http://www.nsc.org/EHC/indoor/sbs.htm>.
- [32] EPA, "Asbestos in Your Home", <http://www.epa.gov/leaweb00/pubs/asbestos.html>.
- [33] EPA, "IAQ, Asbestos", <http://www.epa.gov/iaq/asbestos.html>.
- [34] EPA, (1998), "Understanding IAQ Problems", <http://www.epa.gov/iaq/schools/tfs/guide05.html>.
- [35] EBN, (1995), "Establishing Priorities with Green Building", <http://www.buildinggreen.com/features/4-5/priorities.html>, September/October.
- [36] NTP (National Toxicology Program), (2001), "Risk Assessment Methodology", <http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/liason/factsheets/RiskAsmtFacts.html>

EK 1

YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ RİSK SÜRECİ ÖN ARAŞTIRMASI KULLANICI ANKET ÖRNEĞİ

KULLANICI BİLGİLERİ

Cinsiyet : Erkek KadınYaş : 25 altı
 25 – 34
 35 – 44
 45 – 54
 55 ve üstü

Meslek : _____

Günün _____ saatini işyerinde, _____ saatini evde, _____ dışarıda geçiriyorum.

Sigara kullanıyorum.	<input type="checkbox"/> Evet	<input type="checkbox"/> Hayır
Alerjim var.	<input type="checkbox"/> Evet	<input type="checkbox"/> Hayır
Sinüs sorunu var.	<input type="checkbox"/> Evet	<input type="checkbox"/> Hayır
Sağlık sorunlarım için doktora gittim.	<input type="checkbox"/> Evet	<input type="checkbox"/> Hayır
İlaç tedavisi görüyorum.	<input type="checkbox"/> Evet	<input type="checkbox"/> Hayır

İNCELENEN YAPI BİLGİLERİ

Yapı ile ilgili şikayetleri işaretleyiniz.

Hava akımı var.
 Sıcaklık yüksek.
 Sıcaklık değişiyor.
 Sıcaklık düşük.
 Ortam havasız.
 Ortam havası kuru.
 Kötü koku var.
 Statik elektrik var.
 Pasif sigara kullanımını var.
 Gürültü var.
 Işık yeterli değil.
 Toz ve kir var.

Yapı içinde oluşan sağlıkla ilgili şikayetlerinizi işaretleyiniz.

Geniz ile ilgili şikayetler	<input type="checkbox"/> Burun kanaması
<input type="checkbox"/> Evet	<input type="checkbox"/> Sinüs sorunu
<input type="checkbox"/> Hayır	<input type="checkbox"/> Hapşırma
	<input type="checkbox"/> Burun akıntısı

Boğaz ile ilgili şikayetler

- Evet
 Hayır

- Burun kuruması
 Başka
 Boğaz ağrısı
 Boğaz tahrişi
 Kuru öksürük
 Başka

Göz ile ilgili şikayetler

- Evet
 Hayır

- Kızarıklık
 Sulanma
 Yanma
 Kuruma
 Tahriş olma
 Görüş bozukluğu
 Başka

Deri ile ilgili şikayetler

- Evet
 Hayır

- Kuruma
 Döküntü
 Tahriş olma
 Başka

Ağrı ile ilgili şikayetler

- Evet
 Hayır

- Baş ağrısı
 Sırt ağrısı
 Kas ve eklem ağrısı
 Başka

Genel şikayetler

- Evet
 Hayır

- Uyuşukluk
 Baş dönmesi
 Baygınlık
 Konsantrasyon eksikliği
 Başka

Başka şikayetler

- Evet
 Hayır

- Solunum
 Sindirim
 Menstrüel
 Başka

Bu şikayetler ne zaman oluşuyor?

- Sabah
 Öğleden sonra
 Akşam
 Tüm gün
 Belirli bir zaman yok
 Belirli günlerde

EK 2**YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ RİSK SÜRECİ ÖN ARAŞTIRMA ÖRNEK ÇALIŞMASI**

Yapı içi hava niteliği risk süreci ön araştırma örnek çalışması İstanbul Ayazağa' da yapılmış bir fabrika kompleksinde uygulanmıştır. Çalışma, fabrikanın yönetim binasının belirli bir bölümünü kapsamaktadır. Bu bölümü içeren ölçekli kat planı ek olarak verilmektedir. Çalışmanın yapıldığı bölge planda işaretlenmiştir.

Yapının Tanımı

İşlevi: Hizmet yapısı
Açık ofis sistemi

Yapı içi sigara içimi yasak

Döşeme	: Betonarme
Döşeme kaplaması	: PVC esaslı serilebilen kaplama
Duvarlar	: Tuğla üstü sıva
Duvar kaplaması	: Sentetik esaslı boya
Bölücü duvarlar	: Alçı + cam bölmeler
Tavan	: Asma alçı parçalı tavan
Pencereler	: PVC doğrama
İç kapılar	: PVC doğrama
Aydınlatma armatürleri	: Flüoresan
Hareketli mobilyalar	: Sunta lam + metal + sentetik kumaş
Ofis makineleri	: 2 fotokopi makinesi 2 faks makinesi 20 bilgisayar 2 tarayıcı 1 yazıcı
Havalandırma sistemi	: Isıtma ve soğutma sistemi (Havalandırma yaz aylarında soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Kış aylarında merkezi sistemle kalorifer petekleri ile ısıtılmaktadır.)

Kullanıcılarla Görüşme

Ek 1'de verilen örnek anket mekanda bulunan 20 kullanıcıya yapılmıştır. Anket sonuçları tablolarla verilmektedir.

ANKET SONUÇLARI

KULLANICI BİLGİLERİ

SORULAR		SAYI	YÜZDE
Cinsiyet	Erkek	13	65
	Kadın	7	35
Yaş	25 Altı	-	-
	25-34	11	55
	35-44	9	45
	45-54	-	-
	55 ve üstü	-	-
Meslek	Yönetici	1	5
	İhracat uzmanı	16	80
	Memur	3	15
İş yerinde geçen saat	8	1	5
	9	4	20
	9,5	5	25
	10	8	40
	11	1	5
	12	1	5
Sigara kullanıyorum	Evet	7	35
	Hayır	13	65
Alerjim var	Evet	6	30
	Hayır	14	70
Sinüs sorunun var	Evet	4	20
	Hayır	16	80
Sağlık sorunlarım için doktora gittim	Evet	5	25
	Hayır	15	75
İlaç tedavisi görüyorum	Evet	2	10
	Hayır	18	90

İNCELENEN YAPI BİLGİLERİ

SORULAR		SAYI	YÜZDE
Hava akımı var	Evet	1	5
	Hayır	19	95
Sıcaklık yüksek	Evet	8	40
	Hayır	12	60
Sıcaklık değişiyor	Evet	11	55
	Hayır	9	45
Sıcaklık düşük	Evet	-	-
	Hayır	20	100
Ortam havasız	Evet	14	70
	Hayır	6	30
Ortam havası kuru	Evet	12	60
	Hayır	8	40
Kötü koku var	Evet	2	10
	Hayır	18	90
Statik elektrik var	Evet	1	5
	Hayır	19	95
Pasif sigara kullanımı var	Evet	1	5
	Hayır	19	95
Gürültü var	Evet	4	20
	Hayır	16	80
Işık yeterli değil	Evet	-	-
	Hayır	20	100
Toz ve kir var	Evet	4	20
	Hayır	16	80

KULLANICI SAĞLIK ŞİKAYETLERİ

SORULAR		SAYI	YÜZDE	ŞİKAYETLER
Geniz ile ilgili şikayetler	Evet	15	75	Sinüs sorunu (2), hapşırma (10), burun akıntısı (5), burun kuruması (8)
	Hayır	5	25	
Boğaz ile ilgili şikayetler	Evet	9	45	Boğaz ağrısı (2), boğaz tahrişi (3), kuru öksürük (7), başka (1)
	Hayır	11	55	
Göz ile ilgili şikayetler	Evet	14	70	Kızarıklık (3), sulanma (7), yanma (8), kuruma (4), görüş bozukluğu (1)
	Hayır	6	30	
Deri ile ilgili şikayetler	Evet	4	20	Kuruma (4), döküntü (1), tahriş olma (3)
	Hayır	16	80	
Ağrı ile ilgili şikayetler	Evet	17	85	Baş ağrısı (10), sırt ağrısı (12), kas ve eklem ağrısı (3)
	Hayır	3	15	
Genel şikayetler	Evet	4	20	Baş dönmesi (1), konsantrasyon eksikliği (2), başka (1)
	Hayır	16	80	
Başka şikayetler	Evet	6	30	Solunum (3), sindirim (4)
	Hayır	14	70	

KULLANICI ŞİKAYETLERİNİN OLUŞMA ZAMANLARI

ŞİKAYETLERİN OLUŞMA ZAMANLARI		SAYI	YÜZDE
Sabah	Evet	2	10
	Hayır	18	90
Öğleden sonra	Evet	4	20
	Hayır	16	80
Akşam	Evet	2	10
	Hayır	18	90
Tüm gün	Evet	-	-
	Hayır	20	100
Belirli bir zaman yok	Evet	13	65
	Hayır	7	35
Belirli günlerde	Evet	1	5
	Hayır	19	95

Olasılık Araştırması

Yapı genelinde zemin ile yapı arasında özel bir detay çözüldüğü görülmemiştir. Zeminde bulunabilecek radon gazı yapıya sızabilir.

Ön Araştırma Kararı

Yapının tanımı, kullanıcılarla görüşme ve olasılık araştırması sonucunda Çizelge 2.16'dan ve Balanlı ve Tuna Taygun' un 2002 tarihli çalışmasından yararlanılarak olası kirleticiler belirlenmiştir. Belirlenen olası kirleticiler aşağıda tablolarda verilmektedir.

1a YAPI TANIMI ADIMINDAN BELİRLENEN OLASI KİRLETİCİLER

OLASI KİRLETİCİ KAYNAĞI	OLASI KİRLETİCİ
PVC esaslı serilebilen kaplama	Benzen, karbon monoksit
Sentetik esaslı boya	VOC, formaldehit
PVC doğrama	Benzen, karbon monoksit
Yapıştırıcı (PVC esaslı serilebilen kaplama)	Tolüen
Fotokopi makinesi	Ozon
Isıtma-soğutma sistemi	Parçacıklar, bakteriler, virüsler
Hareketli mobilyalar	VOC
Alçı duvar ve tavan	VOC

1b KULLANICILARLA GÖRÜŞME ADIMINDAN BELİRLENEN OLASI KİRLETİCİLER

GÖRÜLEN SAĞLIK SORUNU	OLASI KİRLETİCİ
Geniz ile ilgili sorunlar (Sinüs sorunu, burun akıntısı, burun kuruması, hapşırma)	Azot dioksit, ozon
Boğaz ile ilgili sorunlar (Boğaz ağrısı, boğaz tahrişi, kuru öksürük)	Azot dioksit, formaldehit, ozon
Göz ile ilgili sorunlar (Görüş bozukluğu, kızarıklık, kuruma, sulanma, yanma)	Azot dioksit, kükürt dioksit, formaldehit
Deri ile ilgili sorunlar (Döküntü, tahriş olma, kuruma)	Parçacık
Ağrı ile ilgili sorunlar (Kas-eklem, baş, sırt ağrısı)	Karbon dioksit, karbon monoksit, ozon
Genel sorunlar (Baş dönmesi, konsantrasyon eksikliği)	Ozon, karbon dioksit

1c OLASILIK ARAŞTIRMASI ADIMINDAN BELİRLENEN OLASI KİRLETİCİLER

OLASI KİRLETİCİ	OLASILIK NEDENİ
Radon	Yapının bulunduğu arsaya ait radon gazı haritası bulunmadığı için

Çalışmanın yapıldığı mekanda karbon monoksit, karbon dioksit, azot dioksit, kükürt dioksit, VOC, benzen, formaldehit, tolüen, ozon ve radon gazı, parçacıklar, bakteri ve virüs olabileceği düşünülmektedir. Bu kirleticilerin modelin ikinci ana adımı olan yapı içi hava niteliği risk değerlendirmesinde ölçümlerinin yapılarak diğer adımlara geçirilmesi kararı verilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	05.03.1972	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1983-1991	Üsküdar Amerikan Lisesi
Lisans	1991-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1995-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü. Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı
Doktora	1997-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü. Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı

Çalıştığı kurumlar

1995	Prizma Mimarlık Ltd.
1995-1996	Kreatif Mimarlık Ltd.
1996-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Araştırma Görevlisi