



KAPALI ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

Dr. Çağatay GÜLER

Prof. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD.

Giriş

Gelişmiş ülkelerde kapalı ortam hava kirliliği 1970'li yıllarda petrolün pahalalanması nedeniyle enerji harcanmasını azaltmaya yönelik önlemlerin alınmaya başlamasıyla daha büyük oranda gündeme gelmiştir(1). Bu ülkelerde yapılan çalışmalar özellikle binanın yapım aşamasında alınacak bazı önlemlerin sorunun azaltılmasını ya da önlenmesini sağlayabileceğini göstermiştir.

Başlıca kapalı ortam problemleri

- Sıcaklık, nem, havalandırma vb. iklimlendirme gibi çevresel etmenler,
- Psikososyal etmenler,
- Müköz membranlar, üst solunum yolları, merkezi sinir sistemiyle ilgili yakımlar,
- Biyolojik ve fiziksel etkilenim.

Yapılan çalışmalar insan yaşamının %70'inin kapalı ortamda geçtiğini göstermektedir. Burada kapalı ortam terimi konutları, okulları, resmi binaları, taşıtları kapsamaktadır. Eğer işyeri de eklenecek olursa insan hayatının hemen hemen %90'ı kapalı ortamda geçmektedir (2,3).

Konutlar, işyerleri, resmi binalar, okullar içerisindeki hava ve "iklim" koşulları genel olarak "ev içi ya da bina içi" havası olarak adlandırılmaktadır. Bir çok kaynakta ev içi ve bina içi hava kirliliğinin konut sağlığı ile bir arada ele alınmasının nedeni budur (4,6).

"Ev içi ve bina içi kirlilik" ifadesi bina içerisindeki yapay iklim özellikleri, kirletici öğeler ve ortaya çıkan her türlü çevre kirleticilerini kapsamaktadır. Dolayısıyla kapalı ortam hava kirliliği terimi konut, sinema, tiyatro vb. kamuya açık yerler, okullar ve işyerlerini kapsamaktadır.

Başlıca kapalı ortamları oluşturan barınaklar insanların fizik, psikolojik ve temel sağlık gereksinim-

lerini yerine getirmek zorundadır. Fizik koşullar arasında içinde yaşayanları aşırı soğuk ve sıcak etkisinden koruması, havasının temiz kalması, nemin önlenmesi, yeterli güneş ışığı alması, uygun aydınlatılması, günlük hayatın gereksinimlerini sağlayacak büyüklükte olması, kolay temizlenebilmesi sayılabilir.

Değişik iklim koşulları kişilerin rahat çalışabilmesini ve yaşayabilmesini engelleyebilir. Havadaki nem oranının yüksek olması, aşırı soğuk ve sıcak etkisi yapay atmosfer koşullarını gerekli kılmaktadır.

Bina içi atmosferi içte kullanılan maddeler, malzemelerden meydana gelen sızıntı ve yayılmaların yanı sıra dış ortam kirleticilerinden de kolayca etkilenebilmektedir. Endüstriyel bölgelerin, çöplük alanlarının, tozlu ortamların yakınlarında yapılan binalara söz konusu kirleticilerin değişik yollarla girebilmesi mümkündür. Isıtma sistem ve araçlarından yanmaya yada sistem yetersizliklerine bağlı olarak yayılan sızıntılar da bir diğer kirlenme nedenidir.

Isıtma ve Havalandırma

İnsan dış ortam ısı değişikliklerinden kendisini koruyabilmek için giyecek ve barınaklardan yararlanır. Gerektiğinde en basitinden en karmaşığına kadar ısıtma teknolojilerinden yararlanır. Isıtma teknolojisi daha çok sahip olduğu ekonomik düzey ve kapalı ortamın yapı standardı ile ilişkili bir değerdir. Dış ortam değişiklikleri ne olursa olsun insan vücut ısısını sabit tutmak zorundadır. Kuşkusuz kapalı ortamların temel işlevlerinden birisi kişinin aşırı dış ortam etkilerinden korunmasını sağlamaktır.

İnsan vücudunda ısı kaybını belirleyen faktörler havanın sıcaklığı, havanın göreceli nem oranı, duvar, döşeme ve benzerlerinin sıcaklığıdır.



Binanın havalandırması bina içi ve bina dışı sıcaklıkla yakından ilişkilidir. Yapay iklimlendirme sistemleri aşırı dış ortam iklim özelliklerinden bina içindekileri korumayı amaçlar. Ancak bunu sağlayacak sistemin yetersizliği de doğrudan kapalı ortam hava kirliliği nedeni olabilir.

Hava Hareketi

Kış aylarında 8-10 m/dk, yazın ise 13-27 m/dk hız istenir özelliktedir. Ancak bu özellik hava hareketinin kaynağı ile bağlantılıdır. Ortamla ilgili aşırı sıcaklık değerleri hava hareketlerinin etkisini değiştirir. Yapay sistemlerde kişi bunu kendi termal konforuna göre ayarlamaktadır.

Yaz aylarında havanın soğutulması ve neminden arındırılması istenen bir durumdur. Bu açıdan pencereler gereğinde hava akımını sağlayabilecek biçimde yerleştirilmelidir. Yatay ve dikey açılma özelliği olan pencereler daha istenen bir pencere tipidir.

Özellikle kışın uzun süre kapalı kalınan ortamlarda kokunun önlenilmesine yetecek hava değişimi gerekir. Çevreden bina içerisine koku girmesi engellenmelidir. Deodorant, özellikli kimyasal maddeler kapalı ortam atmosferi açısından sakıncalıdır.

Kapalı ortamda niteliği değişen havanın taze hava ile değiştirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Kişi başına, metreküp olarak saatte değişmesi gereken hava miktarı, kapalı ortamın fiziksel özellikleri, mevsim ve iklime göre farklılık gösterir.

Ortamdaki her canlı solunumla havaya karbondioksit verir. Bitkiler güneş ışığı almaları durumunda ultraviyole etkisiyle yaptıkları fotosenteze bağlı olarak havayı temizleyici etki yapar. Ancak güneş ışığı olmadığı zaman ortam havasına önemli miktarda karbondioksit yükü aktarırlar. Terleme sonucu deriden buharlaşan bir takım organik maddeler, evcil hayvanların sindirim sistemi salgıları, solunumla havaya atılan bir takım mikroorganizmalar, ortam havasına karışmaktadır. Kullanılan ısınma teknolojisi, yakıtın tipi, baca özellikleri ortam havasına oldukça kirlenici bir takım gazların ve partiküllerin karışmasına neden olabilir. Saatte kişi başına 100 metreküp havaya gereksinim bulunmaktadır. Kişi başına 25-39 metreküplük hava hacmi, bu değeri sağlayabilmek için saatte üç kez değişmek zorundadır (7). Organik maddeler cinsine göre farklı limit

değerlere sahiptir. Genel olarak metreküpte dört miligramı aşmaması gerekir. Kuşkusuz dış ortam hava kirliliği ölçütleri kapalı ortam için de geçerlidir. Ancak konutta etkilenme sürekliliği ve birikme özelliği çok daha büyük tehlike yaratmaktadır. Konut atmosferinde karbon monoksitin % 0.005'i, işyerlerinde ise %0.01'i aşmaması istenir (8).

Sürekli ölçüm yapma olanağı olmadığından söz konusu kriterlerden çok vücut kokusunun rahatsız edici ilk algılama değeri hava kirliliğinin ölçütü olarak alınmaktadır. Burun 20 saniyeden başlayarak ortam kokusuna alışır. Duyarsız hale gelir. Bu nedenle ortama ilk girildiğindeki algılama önemlidir.

Aydınlatma

Görme çevredeki cisimlerden yansıyan ışınların gözümüze ulaşması ile sağlanmaktadır. Aydınlatmanın amacı kişilerin yaptıkları işin ve yaşadıkları ve çalıştıkları ortamın ayrıntılarını görebilmekte yardımcı olmaktır. Kapalı ortam içerisindeki eşya yerleşim düzeni, seçilen döşeme malzemesinde kullanılan renkler, perdeler, ortamın aydınlanma özelliğine sanıldığından çok daha fazla etki yapmaktadır (9).

En ideal ışık doğal ışık yani güneş ışığıdır. Gündüz güneş ışığından yeterince yararlanılmalıdır. Ancak bu her zaman mümkün olmaz. Bu durumda yapılan işin özelliğine göre yeterli aydınlanma sağlayacak ışık kaynaklarından yararlanılmalıdır (9).

Işık şiddeti azsa görme güçlüğü ortaya çıkar. Eğer fazla ise bu kez gözlerin kamaşmasına ve görme sinirinin aşırı uyarılmasına bağlı rahatsızlık ortaya çıkar. Işık homojen dağılmak zorundadır. Uygun yönlendirilmeli, gölge yapmamalı, titreşimli olmalıdır. Bu koşulları en iyi sağlayan ışık güneş ışığıdır.

Aydınlatma cisimlerin kolayca fark edilmesini, çevrenin güvenli ve hoşagider özellik kazanmasını sağlar.

Işık miktarı çalışma ve hareket alanı yüzeyinde-

Çalışma amaçlı aydınlanma derecesi belirlenirken

- Cisimlerin büyüklüğü,
- Cisim ve zemin arasındaki renk farkı,
- Dikkat edilmesi gereken ayrıntının derecesi,
- Gereken görüş keskinliği,
- Kişinin görme yeteneği önemlidir.



ki aydınlanmayı belirler. Işık kaynağının yerleşimi ve tipi de bunda etkilidir.

Yetersiz aydınlanma kazalara ve iş veriminin düşmesine neden olur. Gözler çabuk yorulur. İş verimi düşer (9).

Merdivenlerin 30, oturma odalarının 80 lüks aydınlatma değerine sahip olması gerekir. Dershanelerde bu değer 60 lüks dolayında olmak zorundadır. İşyerlerinde 100-3000 lüks arasında değişen değerler verilmektedir. Ancak bütün bu değerler yapılan işin niteliğine göre farklılık gösterir.

Gürültü

Evde gürültünün 50 desibeli, yatak odasında ise 30 desibeli, işyerinde ise 80 desibeli aşmaması gerekir. Duvarların konut birimleri arasında gürültü geçmesini engelleyecek özellikte malzemeden ve yapılması gerekir. Yürüme ve ev içerisinde eşyaların taşınmasına bağlı gürültülerin uygun yapı teknolojisiyle 15 desibel azaltılması mümkündür. Çimento tabanlar, hava kaynaklı gürültüleri engeller ancak yapısal gürültüleri önlemez. Boru sistemlerinin ek gürültü yapmayacak biçimde bağlanması ve tasarlanması gerekir. Oturma ve yatak odası duvarlarına boru döşenmemelidir.

Diğer Fiziksel Olumsuz Etkiler

Konutta yada kapalı ortamda fiziksel zararlı etkiler arasında toksik gazları, solunabilir özellikteki asılı parçacıkları, asbest liflerini, iyonlaştırıcı radyasyon (özellikle radon), iyonlaştırıcı olmayan radyasyon ve sigara dumanını sayabiliriz (2,4,6, 10). Sigara dumanının içerisinde benzen, ksilen, etil benzen ve stiren bulunmaktadır (2, 5, 6). Organik yükü fazla sularda kaynatıldığında, kloroform çıkmaktadır. Deodorantların ve mantar öldürücülerinin içerisinde p-diklorobenzen vardır. Bu durumda

bir yandan dış ortamı kirleten öğeler ya da dış ortam kirliliği bina içi havayı etkilerken, kapalı ortamdaki araç gereç, malzeme ve yaşama koşullarına bağlı önemli kirleticiler de bulunmakta, bunlar sürekli olarak birikmektedir. İnşaat malzemeleri, yanan yakıtlar, giyecek ve dokumalar, petrol ürünleri, pestisitler, toprak, değişik tüketim ürünleri, kimyasal maddeler, bitkiler, mikroorganizmalar, hayvanlar kapalı ortam havasının kirlenmesine neden olabilmektedir (2, 4,6, 10). Havanın tozlar, polenler ve mikroorganizmalarla kirlenebilmesi mümkün olabilmektedir. Endüstriyel olarak gelişmiş olan ülkelerde başlıca kapalı ortam kirleticisi olan öğeler Tablo-1' de sıralanmıştır(7,11).

Bu tabloda verilmiş olan maddelerden sigara dumanı, radon ve türevleri ile büyük bir olasılıkla formaldehit kanserojendir.

Radon

Radon giderek daha büyük oranda ilgi çekmektedir. Radon atmosferde bulunan radyoaktif bir gazdır. U238 serisinden bir izotoptur. Ra226'nın radyoaktif bozunumu sonucu oluşmaktadır(12). Biyosferde bol bulunur. Radyum toprakta, kayalarda ve bazı inşaat malzemelerinde çok fazla miktarda bulunmaktadır. Çalışma ortamında yüksek doz radyumun bulunmasına bağlı olarak bronkojenik karsinoma geliştiğini ileri süren kaynaklar vardır (2, 10,11,13,14).

Radon kapalı ortamda çevreye yayıldığında giderek miktarı arttığından düşük dozda bile etkileme rizikosunu artmaktadır. Çevrede ve toprak tabanda bol miktarda bulunmaktadır(12). Gelişmiş ülkelerde radon etkisinin azaltılmasına yönelik önlemleri açıklayan halka yönelik kaynaklar hazırlanmıştır (15).

Tablo-1: Kapalı ortam kirleticilerinin kaynakları ve konsantrasyonları

Kirletici	Kaynak	Konsantrasyon sınırı
Solunabilir parçacıklar	Tütün dumanı, sobalar, spreyleyler, ocaklar	0.05-0.7 mg/m ³
Karbonmonoksit	Sobalar, ocaklar, gazlı ısıtıcılar, şofbenler	1-115 mg/m ³
Nitrojendioksit	Gazlı ocaklar, sigara	0.05-1.0 mg/m ³
Kükürtdioksit	Kömür yanması	0.02-1.0 mg/m ³
Karbondioksit	Solunum, yanma	600-9.000 mg/m ³
Formaldehit	Köpük levha, halı yapıştırıcıları, yalıtım malzemeleri, sunta	0.06-2.0 mg/m ³
Benzen, toluen vb.diğer organik buharlar	Çözücüler, yapıştırıcılar, resin ürünleri, aerosol spreyleyler	0.01-1.0 mg/m ³
Ozon	Elektrik arki, UV ışık kaynakları	0.02-0.4 mg/m ³
Radon ve türevleri	İnşaat malzemeleri	10-3.000 Bq/m ³
Asbest	İzolasyon, yangın ve sıcaktan koruyucu malzemeler	1 + lif/cm ³
Mineral lifleri	Değişik araç ve gereç ve donanım	100-10.000 /m ³



New Jersey Halk Sağlığı Birimi akciğer kanserli 400 kadın ve 400 kontrolle ilgili olarak yaptığı karşılaştırmalı değerlendirmede litrede 2 pCi'lik bir etkilenimin kanser riskini artırdığını belirlemiştir (16). US-Environ Mental Protection Agency Birleşik Çevre Koruma (EPA) litrede 4 pikokorülik değerlerin düzeltici çalışmaları gerektirdiğini belirtmektedir (17-18). Sigara ve radonun aynı ortamda birlikte bulunması akciğer kanseri riskinin çok artmasına neden olmaktadır (12,16).

Kapalı ortam radon konsantrasyonunun azaltılması için çatlakların kapatılması, zemin toprağının çimento ile kaplanması, hava akımının odanın üst tarafından yere doğru olması gibi önlemlere başvurulabilir. Havalandırma ve karbon süzücülerden geçirilerek sudaki radon konsantrasyonu azaltılabilir. Bina yapım malzemelerinde radyoaktif içeriği düşük maddeler kullanılmalıdır. Havanın süzülmesinde elektrostatik çökeltme yapan temizleyiciler, mekanik filtreler, negatif iyon jeneratörü tipi temizleyiciler kullanılabilir.

Formaldehit

Formaldehit insan vücuduna yiyecek ve içeceklerle, solunum yoluyla ve deriden emilerek girebilmektedir. Solunum ve gastrointestinal traktustan kolayca emilen formaldehit metabolize edilmektedir. Deoksiribonükleik Asit (DNA) dahil bir çok molekülle etkileşmekle birlikte hızla formik aside oksitlenmekte, daha sonra normal biyokimyasal döngüler aracılığı ile karbondioksit ve suya metabolize olmaktadır.

Köpük yalıtım maddeleri (üre formaldehit), bazı tutkallarda kullanılan reçinelerden, sigara, çığ ve pişmekte olan yiyeceklerden ortam havasına yayılabilmektedir. Formaldehit reaktantları ile işlenen bazı dokumalarda daha sonra ortama formaldehit yayabilir. Gaz ocaklarının yanması sırasında, odun sobalarından ortama formaldehit karışabilmektedir. Dış ortam havasına egzoz gazları ile karışan bu madde, buradan da kapalı ortama girebilir (2,10,11,14).

Formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır ve 8 saatlik ağırlıklı ortalama etkilenim sınırı 1 ppm olarak belirlenmiştir (2, 19).

Havalandırma hızının artırılması, amonyak gazı ile ortamın tütsülenerek formaldehit ile birlikte heksametilen tetramin oluşumunun sağlanması, derin olmayan tabaklara alüminyum hidroksit konularak formaldehitin indirgenmesinin sağlanması formaldehitin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Formal-

dehitli reçinelerin düşük sıcaklıklı ve nemli ortamda kullanılması, sıkıştırılmış ağaç ürünlerinin formaldehit salıncının önlenilmesi için kaplama (poliüretan cilalar da ortama formaldehit salabilirler); aktive karbon, aktive alüminyum oksit, kalsiyum karbonat, potasyum permanganata batırılmış seramik materyallerle havadaki formaldehitin soğurulması, havanın suyla yıkanarak formaldehitin suya geçmesinin sağlanması oldukça yarar sağlayabilir.

Karbondioksit

Solunum ve yanma olayı sonucu ortam havasına karışan bir gazdır. Karbondioksit asfiksi nedeni olan bir maddedir. Yüksek konsantrasyonlarda fizyolojik stres nedenidir. Kapalı ortamda yanmanın önlenilmesi, havalandırma, gerektiğinde karbondioksit emici maddelerin kullanılması yöntemler arasındadır.

Konut içi yakma oranının azaltılması, sigara içilmesinin engellenmesi, havalandırma başlıca yöntemlerdir. Bazen karbondioksit soğurucu maddelerden de yararlanılabilmektedir. Kapalı ortamın havalandırma olanağının az yada sınırlı olduğu durumlarda bu amaçla monoetanolin gibi karbondioksit tutucu maddelerden yararlanılmaktadır (denizaltılarda olduğu gibi).

Karbonmonoksit

Karbonmonoksit yetersiz yanma olayı sonucu oluşan bir gazdır. Havadan çok az hafiftir ve renksiz, kokusuz özelliktedir. Karbonmonoksit öldürücü özelliği olan bir zehirdir (20). Ülkemizde de başlıca banyo havasında artması sonucu can kayıplarına neden olabilmektedir (21). Kanda hemoglobinle karboksihemoglobin yapmak üzere birleşir. Karbonmonoksitin hemoglobine olan affinite yüksekliği birleşmeyi kolaylaştırırken ayrılmayı güçleştirir. Vücutta karbondioksit ve oksijen taşınma mekanizmasını olumsuz etkiler. Anginalı hastalarda %2.9-4.5 oranında anginayı agreve ederken, sağlıklı kişilerde %5-20 oranında önemli yan etkilere yol açar. Kanda %20-40 arasındaki karboksihemoglobin şiddetli baş ağrısı, %40 ve üstü uyku hali, konvulsiyon ve komaya neden olur (22,23).

Karbonmonoksitin azaltılmasında yanma etkinliğinin artırılması, havalandırma, sigara içmenin önlenmesi en etkin yoldur. Yakma sıcaklığının yükseltilmesi yanma etkinliğini artırır. Ancak bu kez nitrojenoksit oluşumunu da artırabilir. Dış ortamdaki egzoz gazlarının konut ortamına girmesi engellenmelidir.



Nitrojenoksitler

Yanma olayı sırasında havanın oksijeni ile nitrojeninin sıcaklık etkisine bağlı olarak reaksiyona girmesi sonucu ortaya çıkan nitrojen bileşikleridir. Nitrojenmonoksit, nitrojendioksit ve N_2O gibi gazları kapsamaktadır. Oksidan bir etken olan nitrojen dioksit kırmızı kahverengi renkte bir gazdır ve müköz zarları tahriş eder. 50 ppm nitrojendioksit kronik akciğer hastalığına neden olurken, 150 ppm ölüm nedenidir. EPA dış ortam etkilenebilirlik sınırını 0.05 ppm olarak belirlemiştir (24).

Yanma ile ortaya çıkan miktarın azaltılması, ocakların yanma ısısının düşürülmesi, ocakların başlıklarının amaca uygun biçimde değiştirilmesi, yanma gazlarının emilmesi, havalandırmanın artırılması, nitrojenoksitlerin reaktif yüzeylerle temasının artırılması en etkin uygulamalardır. Havanın içerisindeki nitrojenoksitlerin zamana bağlı azaltılmasında oksitlenebilir bazı maddelerle temasla sağlandığı düşünülmektedir (2).

Kükürtdioksit

Kükürt dioksit kükürt içermekte olan yakıtların yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Özellikle gazyağı, kömür, petrol ve doğal gazın yanması sonucu kükürt dioksit ortaya çıkmaktadır. Kükürt dioksit zehirli bir gazdır ve astımlı kişiler diğerlerine göre daha duyarlıdır. 0.75 ppm veya altındaki değerlerde bile hafif astımlı kişilerde hava yolu direncinin iki katına çıktığı belirlenmiştir.

Kükürdü düşük yakıt kullanılması en önemli önlemlerden birisidir. Kent havasındaki miktarın kükürt dioksit miktarının azaltılması açısından da en önemli yaklaşım budur (2, 20). Küçük hacimli yerlerde kükürt dioksiti absorbe eden maddeler de yararlı olabilir.

Solunabilir Parçacıklar

Parçacıkların solunum yolunda birikmesinde parçacık büyüklüğü ve parçacıkların şekli etkilidir.

Solunabilir parçacıklar sıvı damlacıklar veya katı parçacıklar halinde olabilir. Yanma ürünleri, asbest lifleri bunların en önemlilerini oluşturmaktadır. 0,6-0,7 mikrometrelik partiküller burunla larenks arasında tutulmaktadır. Burun silindiğinde, hapşırığımızda bunlar 1-2 gün içerisinde atılmaktadır. Trakeobronşiyal bölgede biriken partiküller ise 7 mikrometreye kadar boyutta olan parçacıklardır. Bu bölgede parçacıkların birikiminde hıza bağlı sıkışma, sedimantasyon ve çok küçük parçacıklar için ise Brown hareketleri etkilidir. Bu parçacıkların bu bölgeden uzaklaşmaları genellikle 24 saat içerisinde olmaktadır (14,25).

Akciğerlerde ve parankimada biriken partikül fraksiyonu 0.7 mikrometre büyüklükteki partiküller için 0, 0.01 mikron büyüklüğündeki partiküller için 0.9 dur. 0.5 mikrometrelik partiküller için bir minimuma inmektedir. Bu bölgeden partiküllerin uzaklaştırılmasında parçacıkların kan dolaşımına geçmeleri, lenfatik sistemle uzaklaştırılmaları, siliyalı havayollarında ise fagositozla olmaktadır(14,25).

Daha önce belirtildiği gibi liflerin düzensiz biçimleri, birikmelerinde uzunluklarından daha etkilidir (26). Liflerin akciğerde birikiminde uzunluğundan çok, çapının belirlediği düşme hızı etkili olmaktadır. Diğer etken ise sedimantasyondur. 3.5 mikrometrelik bir çapın, 10 mikrometrelik bir aerodinamik çap oluşturduğu belirlenmiştir (26). 3.5 mikrometrelik çap genellikle akciğerde biriken lif çapının üst sınırını oluşturmaktadır. Motor yanma ürünleri ya da kapalı ortamlarda, hava hareketinin yetersiz olduğu garaj vb. gibi bölgelerde submikron büyüklükte kurşun parçacıkları bulunmakta, aromatik hidrokarbonların yarısından daha fazlası ise 1.1 mikrometreden küçük parçacıklar tarafından absorbe edilmektedir.

Asbest

Asbest ısıya dayanıklı, lifler halinde ayrışma özelliği gösteren hidrosilikat mineral grubunu tanımlamaktadır. İnşaat endüstrisinde ısı yalıtımında, sürtünmeye direnci artırmak için yaygın kullanılmaktadır. Gastrointestinal sistem ve akciğerlerde kansere, akciğerlerde asbestos olarak tanımlanan fibroz hastalığa yol açmaktadır. Tipik asbest lifleri 0.1-10 mikrometre uzunluğundadır. Asbest liflerinin akciğer kanserine yol açma nedeni bilinmemektedir. Ancak sigara içenlerde asbestin kanser yapabilme riski büyük oranda artmaktadır. Asbest liflerinin geniş yüzeyine absorbe edilen kanserojenlerin akciğer dokusu ile uzun süre temasına olanak verdiği, ya da asbest liflerinin karsinogenlerin DNA ile reaksiyona girmelerinde katalitik etki yaptığı düşünülmektedir. Asbest dışında kullanılan yalıtım maddelerinden cam yünüyle ilgili kuşku giderek artmaktadır.

Tavan, duvar ve boru izolasyonunda yaygın olarak kullanılması nedeniyle bunların aşınması durumunda konut havasına bol miktarda asbest liflerinin karışabildiği görülmektedir. Asbest yalıtım maddelerinin aşınma durumunda alınması ya da bunların ortama yayılışlarını engelleyecek ince bir filmle kaplanması gerekmektedir (2).

Kurşun

Konuttaki kurşun parçacıklarının konsantrasyonu, çevre havasının özellikle egzoz gazlarıyla kir-



lendiği durumlarda, duvarların kurşunlu boyalarla boyanması halinde, kurşunlu maddelerle kaynak yapıldığında artabilmektedir. Kurşun içme suyu, yiyecek ve havadaki tozlar aracılığı ile insan vücuduna girebilir.

Kurşunun uzaklaştırılması amacıyla havalandırmanın artırılması, süzme gibi uygulamalar yarar sağlayabilir.

Ağaç Tozları, Odun Tozları

Kapalı ortamda hızar tozu (odun tozu) tehlikeli olabilir. Hızar tozu, talaş, fındık kabuğu yakılması durumunda söz konusu tozlar artabilir.

Ev Tozları

Kapalı ortamlarda ayrıca “ev tozu” olarak tanımlanan bir takım tozlar vardır. Ev tozunun bileşiminde, yiyecek ve yiyecek hazırlama artıkları, insan ve hayvanların kıl ve deri döküntüleri, doku malzemeleri, mobilya ve inşaat malzemesi döküntüleri, temizleyici bileşiklerden çevreye yayılmakta olan aerosoller, cilalar vb. gibi diğer kimyasal maddeler, çiçek ve saksılardan yayılan humus, toprak, mantar parçacıkları, mineral tanecikleri bulunmaktadır (2). Ev tozları dış ortamdan toplanan tozlara göre daha mutajenik özelliktedir. Kapalı ortamlarda aerosollerin kullanımı özellikle tehlikeli olabilmektedir. Aerosollerin içerisindeki maddelerin çoğu doğrudan temas halinde ve solunum yoluyla alındığında toksik etki yapmaktadır. Kapalı ortam içerisinde aerosol kullanımından kaçınılmalı, aerosoller ancak iyi havalandırılan ortamlarda kullanılmalıdır.

Yüksek ısı değerlerinde yemek pişirilmesi, mutajenik ve kanserojenik bir çok bileşiğin konut ortamına geçmesine yol açabilir. Bunlar arasında polinükleer aromatik hidrokarbonlar, heterosiklik aminler, 1-nitropiren sayılabilir. Pişirme ısısının azaltılması, ortamın iyi havalandırılması, pişirme sırasında aspiratör kullanılması ile en aza indirilebilmektedir.

Buharlaştırılabilir Organik Bileşikler

Buharlaştırılabilir bazı organik bileşikler iritan, nörotoksik veya kanserojen etki yapabilmektedir. Bunlar sudaki klordan, kapalı ortamda kullanılan cilaya, dış ortam havasından, ayakkabı boyasına kadar bir çok nedenle kapalı ortama girebilmektedir. Yeni binalarda yaşayanlarda görülen genel bitkinlik, ya da hasta bina sendromundakine benzer bellek yetersizliği, duyuşsal irritasyon durumlarının

dan bu maddelerin sorumlu olabileceği düşünülmektedir (2).

Kapalı ortam dışında kullanılan pestisitler, kapalı ortama girebildiği gibi, kapalı ortam içinde kullanılan pestisitlerde önemli boyutta tehlikeli partiküllerin oluşumuna yol açabilir. Pestisitlerin büyük çoğunluğunun kanserojenik olduğu bilinmektedir. Çoğu kez pestisit kapalı ortam içi konsantrasyonu kapalı ortam dışı konsantrasyonundan daha yüksek olmaktadır.

Pentaklorofenoat, kreozot, krom arsenatlı ağaç koruyucularının mobilyaların yapımında kullanılan malzeme için kullanılması ABD’de istenmemektedir. Bakır ve çinko naftanatlar daha az etkili ama daha az toksik maddelerdir. Fenol formaldehitte birlikte uygulanan borakslı kereste koruyucuları etkili ve göreceli olarak çok daha az toksik etkiye sahiptir(2).

Sigara Dumanı

Sigara dumanının içerisinde karbondioksit, karbonmonoksit, nitrojenoksitler, poliaromatik hidrokarbonlar ve ileri derecede toksik bir çok madde bulunmaktadır. Sigara dumanında iki türlü duman akımı bulunmaktadır. Bunlardan birisi “ana duman akımı” “çekilen duman” sigarayı içenin akciğerlerine giden dumanı belirlemektedir. Diğeri ise yanan uçtan çıkan dumandır. Sigaranın ucundan çıkan dumanın toksik madde konsantrasyonu çekilen dumandakinden çok daha yüksektir. Sigara içenin akciğerine giden havada bulunan duman içerisinde aşağı yukarı 3.800 bileşen varken, sigaranın ucundan çıkan dumanın içerisinde ise bu bileşenlerin miktarı 300-400 daha fazladır(27).

Kapalı ortamda sigara içiminin azaltılması, ventilasyonunun artırılması, yüksek etkinlikte filtresi olan elektrostatik araçlar, negatif iyon jeneratörleri bir oranda yararlı olabilir.

Odun Dumanı

Ocak ve şöminelerden çıkan odun dumanının içerisinde de bir çok toksik madde vardır. Bunlar arasında asetaldehit, asetik asit, alüminyum, kalsiyum, karbonmonoksit, klor, formaldehit, hidrokarbonlar, demir, magnezyum, manganez, nitrojenoksitler, fenoller, fosfor, polisiklik organik maddeler, potasyum, silisyum, sodyum, kükürt oksitler, titanyum sayılabilir. Bazı çalışmalar gelişmekte olan ülkelerde odun dumanına etkilenim ile, kronik akciğer hastalığı arasında belirgin ilişki bulunduğunu



göstermektedir (17).

Odun yanma ürünleri, üst solunum yolları için güçlü iritan etkiye sahiptir. Ayrıca yanma sonucu ortaya çıkan bir takım parçacıkların mutajen özellikleri vardır. Polinükleer aromatik hidrokarbonlar genellikle kanserojenik özellikte maddelerdir.

Odun yanma etkinliğinin artırılması, soba yakma tekniğinin geliştirilmesi, baca çekiminin artırılması, etkin havalandırma en önemli yöntemler arasındadır.

Biyolojik Kirleticiler

Konut ortamında mantar ve sporları, toksinleri, bakteriler, virüsler, böcek ve akar dışkıları, hayvan atıkları, bitkilerden kaynaklanan polenler patojenik, toksijenik ve alerjik etki yapabilir. Nem kontrolü ve temizlik büyük oranda bunların oranını düşürmektedir.

Tüberküloz etkeni genellikle karanlık ve tozlu ortamlarda uzun süre dayanmaktadır. Legionella, özellikle su ile soğutulan iklim düzenleyici sistemlerde, durgun su borularında, duş borularında yaşamaktadır. Akarlar ise örtü, yastık ve az silinen döşemelerde bulunmaktadır. Astıma yol açmaktadırlar. Organik tozlar ve polenler de buna katkı yapmaktadır.

Eğer kapalı ortam kirli ise bir çok etken fekal oral yolla bulaşabilmektedir. Yine ortamda bir takım kurtçuklar ve kemiricilerde varsa bu tip bulaşmalar daha kolay olmaktadır. Hastalık etkenleri açıktaki yiyeceklerde kolayca üreyebilmektedir. Bu nedenle yiyecek saklama ve işleme koşulları konut standartlarından söz edilirken zorunlu olarak gündeme getirilir. Aynı ortamda yaşama nedeniyle kapalı ortamda bulunanlar arasında bir takım hastalıkların yayılışı da daha kolay olmaktadır.

Aşırı kalabalık ortam ve kötü yaşama koşullarına bağlı olarak aynı kapalı ortamı paylaşan kişilerde hastalıkların yayılışı daha kolay olmaktadır.

Konutlarda boru bağlantı özelliklerinin kirli suların geri emilmesini ve bina boru sistemine dağılmasını önleyecek özellikte olması gerekir.

İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon

Özellikle düşük frekanslı elektromanyetik radyasyondan kaynaklanan iyonlaştırıcı olmayan radyasyon, yüksek voltaj hatlarına yakın yaşamakta olan çocuklarda kanser insidansında artım olduğu

sonucuna varan çalışmalar nedeniyle giderek daha büyük oranda ilgi çekmektedir (28). Elektrik bataniyeleri dışında, evde kullanılan araçlarla çocukların etkisinde kaldığı iyonlaştırıcı olmayan radyasyona bağlı kanser ilintisi gösterilmemiştir (29). Bu konuda çelişkili görüşler ileri sürülmektedir. Mikrodalga fırınlarla, televizyonun bu açıdan güvenli olduğu belirtilmektedir (7).

Ozon

Ültraviyole ışığı kullanmakta olan fotokopi makinelerinde ozon konsantrasyonu oldukça yüksektir. Oldukça toksiktir ve bazı fotokopi makineleri bu nedenle önemli sorunlar yaratabilmektedir. Belirgin kokusu nedeniyle varlığı hemen fark edilebilir.

Su Buharı

Kapalı oramdaki yüksek su buharı mantar üremesini artırması nedeniyle önemli olabilir.

Kaynaklar

1. Moseley, C. Indoor Air Quality Problems, Journal of Environmental Health, 19-21. November / December 1990.
2. Cooke, T. F. Indoor Air Pollutants, A. literature Review, Reviews on environmental health, 9, 3, 1991.

EPA büyük binalarda hava kalitesinin sağlanmasında sekiz kademeli bir eylem planı önermektedir (30)

- Bir bina içi hava kalite yöneticisi atanmalıdır,
- Binanın hava kalitesinin başlangıçtaki durumu var olan kayıtlara ve doğrudan gözlem sonuçlarına dayanılarak belirlenmelidir,
- Var olan ve olası bina içi hava kalitesi problemleri kaynak ve havalandırma bağlantılı olarak ortaya konmalıdır,
- Bina personeli ve yaşayanlar bina içi hava kalitesiyle ilgili olarak eğitilmelidir,
- Bir uygulama planı yapılmalıdır. Bu binayla ilgili birimlerin bakım ve idamesini de kapsamalıdır,
- Potansiyel olarak önemli kirletici kaynakların yönetimiyle ilgili süreç belirlenmelidir,
- Kiracı, yönetici ve sakinlerle iyi bir bina içi hava kalitesi sağlanmasındaki rolleri ile ilgili olarak iletişim kurulmalıdır,
- Ortaya çıkacak bina içi hava kalitesi sorunlarına müdahale ile ilgili süreç tanımlanmalıdır.



3. Spangler, J. D., Sexton, K. Indoor air pollution: A public health perspective, *Sciencve*, 221, 9-17, 1983.
4. Güler, Ç. Kapalı Ortam Havası ve Konut Sağlığı, *Ekonomik Denge*, 4, 20, 44-48, Ekim 1999.
5. Güler, Ç. Konut Sağlığı ve Yapay Çevre, *Konutta Kalite Teoman Aktüre*(Ed), Mesa, 47-88, Ankara, 1994.
6. Güler, Ç. Konut Sağlığı ve Kapalı Ortam Havası, *Sağlık, Toplum ve Çevre Bülteni*, 4, 38, 1-12, Şubat 1994.
7. Last, J. M., Wallace R. B. Maxcy-Rosenau-Last, *Public Health and Preventive Medicine*, Appleton and Lange, 13. ed. Norwalk, 1992.
8. Indoor air quality, organic pollutants, Euro Reports and Studies No. 111, WHO Regional Office for Europe, 1987.
9. Güler, Ç., (ed), Vaizoğlu, S. A., Tekbaş, Ö. F., Surlu, B. A., *Ergonomiye giriş (Ders notları)*, Ankara tabip Odası, Ankara, 26-30 Kasım 2001.
10. Vaizoğlu, S. A., Tekbaş, Ö. F., Evcı, D., Kapalı ortam hava kalitesi. sağlık etkileri ve alınması gereken önlemler, *sted*, 9, 11, 417-419, 2000.
11. Last, J. M., Housing and Health (R. B. Wallace, (Ed), Maxcy-Rosenau-Last, *Public Health and Praeventive Medicine*, 14. Ed. pgs777-780,), Appleton and Lange, Stamford, Connecticut, 1998.
12. Harley, N. H., Harley, J. H. Potential lung cancer risk from indoor radon exposure, *Ca, A Cancer Journal for clinician*, 40, 5, 265-275, sept/oct, 1990.
- 13.-NCRP: evaluation of Occupational and exposures to Radon and Radon Daughters in the United States, National Council on Radiation Protection Report No. 78, Bethesda, Md, National Council on Radiation Protection, 1984.
14. Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No. 9*, Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Tc Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7572-57-8, Ankara 1994.
15. EPA, Radon Reduction Methods, a Home owners Guide. US environmental Protection Agency Report OPA-86-005. asington DC. Environmental Protection Agency, 1986.
16. Schoenberg, J, Klotz, J. A case control study of radon and lung cancer among New Jersey Women, New Jersey State Department of Health Technical Report, Phase 1,, Trenton NJ, NJDH, 1989.
17. EPA indoor Air Quality Implementation Plan, Washington, D. C., EPA/600/6-87/002a, 1987.
18. Kerr, R. A. The deadliest pollutant, *240*, 606-608, 1988.
19. Report on the consensus Workshop on Formaldehyde. National Center for Toxicology Research, EHP environ Health Perspect, 58, 323-381, 1984.
20. Air Quality Guidelines, Regioal Report Series 23, WHO, Copenhagen, 1987.
21. Tekbaş, Ö. F., Vaizoğlu, S. A., Evcı, E. D., Yüceer, B., Güler, Ç., Carbonmonoxide Levels in bathrooms Using Hot Water Boilers, *Indoor Built Environ*, 10, 167-171, 2001.
22. Amman, H. M., Berry, M. A., Childs, N. E., Mage, D. T. Health effects associated with indoor air pollutants, EPA/600/D-87/324, Washington DC, October, 1987.
- 23.EPA Indoor Air Quality Implementation Plan, EPA/600/8-87/014, Washington DC, June, 1987.
24. Fisk, W. J., Spencer, R. K., grimsrud, D. T. Offerman, F. J., Pedersen, B., Sextro, R. Indoor air quality Control Techniques, Noyes, Data Corp., Park Ridge, NJ., 1987.
25. Phalen, R. F., Raabe, O. G., Aerosol Particle Size as a factor in pulmonary toxicity, Paper No. 23, AD-AO 11872, NTIS, U. S. Dept. of Commerce, 353-365, 1974.
26. Timbrell V., Human Exposure to Asbests, Dust Control and Standards, *AN. N NY Acad Sci*, 132, 255-x273, 1965.
27. Srole, L. et al. Mental Health in Metropolis: The Mid Town Manhattan Study, McGraw-Hill, NY, 1962.
28. Wertheimer, N., Leeper, E. electrical wiring confugurations and childhood cancer, *Am. J. Epidemiol*, 109, 273-284, 1979.
29. Savitz, D., John, E. M., Kleckner, R. C. Magnetic Field Exposure from electric appliances and childhood cancer, *Am. j. epidemiol*, 131, 763-773, 1990.
30. EPA, The Building Air Quality Action Plan, EPA, Publication No., 402-K-98-001, Washington, D.C., 1998. ●