

GÜNCELLENMİŞ VE GENİŞLETİLMİŞ İKİNCİ BASKI

KALICI ORGANİK KİRLETİCİLER VE SAĞLIK



EDİTÖR ALİ OSMAN KARABABA

ÇEVRE İÇİN
HEKİMLER
DERNEĞİ



KALICI ORGANİK KİRLETİCİLER VE SAĞLIK

Bu kitap Çevre için Hekimler Derneği'nce
GEF Küçük Destek Programı (SGP) tarafından desteklenen
TUR/SGP/OP5/Y2/STAR/POPS/12/04'nolu
"Kalıcı Organik Kirleticiler ve Sağlık Yayını" projesinin bir ürünü
olarak yayımlanmıştır.

Çevre İçin Hekimler Derneği
e-posta: cevrehekim@gmail.com

İkinci Baskı: 2014 İzmir
ISBN: 978-9944-5429-0-6

Kapak ve sayfa tasarımı: Dr. Seyfi Durmaz

Baskı: Etki Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti.
Mürselpaşa Bulv. 1266 Sk. No:4/A Basmane İzmir
Tel: 0 232 482 09 00
www.etkiyayinevi.com
etkiyayin@gmail.com

Yazarlar

Ali Osman KARABABA (Editör)

Prof.Dr. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD. Başkanı
Çevre İçin Hekimler Derneği Başkanı

Hür HASOY (Proje Sorumlusu)

Yrd.Doç.Dr. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Halk Sağlığı AD. Öğretim Üyesi
Çevre için Hekimler Derneği Yönetim Kurulu üyesi

Raika DURUSOY

Doç.Dr. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Halk Sağlığı AD. Öğretim Üyesi
Çevre için Hekimler Derneği Yönetim Kurulu üyesi

Ümit ŞAHİN

Uzm.Dr. Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi
Çevre için Hekimler Derneği Üyesi

Günay CAN

Doç. Dr. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi
Halk Sağlığı AD. Öğretim Üyesi
Çevre için Hekimler Derneği Üyesi

Seval ALKOY

Yrd.Doç.Dr. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi
Halk Sağlığı AD. Öğretim Üyesi
Çevre için Hekimler Derneği Yönetim Kurulu üyesi

Baskı Öncesi Hazırlık

Seyfi DURMAZ

Dr. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD.

İçindekiler

Sunuş	9
Teşekkür	12
Sessiz Bahar'ın Hikayesi	15
Çevre Sağlığında Ekolojik Yaklaşım.....	19
Çevresel kirleticilerin ortaya çıktığı tarihsel ve toplumsal koşullar ..	22
Çevre sağlığı ve ekoloji.....	28
Sonuç	32
Kimyasallar, Çevre ve Sağlık İlişkisi	35
Kalıcı Organik Kirleticilere Genel Bakış.....	45
Kalıcı Organik Kirleticilerin Temel Özellikleri.....	59
Kalıcı organik kirleticilerin temel özellikleri	62
Stokholm Sözleşmesi Kapsamındaki KOK'lar	63
Stokholm Sözleşmesi Kapsamındaki KOK'ların özellikleri	64
Aldrin	64
Klordan	65
DDT, DDE ve DDD	66
Dieldrin	67
Dioksinler ve furanlar	68
Endrin.....	69
Hekzaklorobenzen (HCB)	70
Heptaklor	71
Mireks.....	72
Poliklorlu bifeniller (PCB)	73
Toksafen.....	74
Alfa ve Beta Hekzaklorosikloheksan.....	76
Klordekon.....	76
Teknik Endosülfan ve izomerleri	77
Hekzabromobifenil.....	78
Hekza, Hepta ve Oktabromodifenil eterler	79
Lindan	79
Pentaklorobenzen (PeCB).....	80
Perflorooktan sülfonik asit (PFOS), tuzları ve florürü (PFOS-F)	81
Tetra ve pentabromodifenil eter (BDE)	82
HBCD	82

Kalıcı Organik Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi.....	87
KOK'ların bulaşma yolları ve birikimi.....	90
İlk 12 KOK'un sağlık etkileri.....	96
Aldrin ve dieldrin.....	96
Klordan	98
DDT, DDE ve DDD	100
Dioksinler	102
Furanlar.....	104
Endrin.....	105
Hekzaklorobenzen (HCB)	107
Heptaklor.....	109
Mireks.....	112
Poliklorlu bifeniller (PCB)	113
Toksafen.....	115
Yeni KOK'ların sağlık etkileri.....	119
Hekzaklorosikloheksanlar: alfa-HCH, beta-HCH ve Lindan	119
Klordekon.....	120
Hekza, Hepta ve Oktabromo Difenil eterler ve Tetra ve pentabromodifenil eter (PBB'ler / BDE)	122
Pentaklorobenzen (PeCB).....	123
Perflorooktan sülfonik asit (PFOS), tuzları ve florürü (PFOS-F)	125
Teknik Endosülfan ve izomerleri	127
Hekzabromosiklododekan (HBCD).....	128
Kalıcı Organik Kirleticilerin Bertaraf Yöntemleri	135
Tehlikeli atık yakma.....	137
Yakma dışı imha yöntemleri.....	139
Baz katalizli ayrıştırma/ayırışma (BCD).....	141
Seryum ile elektrokimyasal oksidasyon (CerOx)	142
Gaz Fazlı Kimyasal Redüksiyon (GPCR).....	143
Mekanokimyasal dehalojenasyon (MCD).....	144
Süper kritik su oksidasyonu (SCWO).....	145
Sodyum redüksiyon.....	146
Ball milling	147
CreaSolv	149
Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Uluslararası ve Ulusal Mevzuat.....	155
Uluslararası mevzuat	157
Stokholm Sözleşmesi.....	157

KOK'lara ilişkin 1998 Aarhus Protokolü.....	163
Kalıcı Organik Kirleticilere ilişkin 29 Nisan 2004 tarih ve 850/2004 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü.....	163
Bazı Tehlikeli Kimyasalların ve Pestisitlerin Uluslararası Ticaretinde Ön Bildirimli Kabul Usulüne Dair Rotterdam Sözleşmesi.....	165
Ulusal mevzuat.....	166
Korunma.....	178

Sunuş

Birçok kaynakta insanın "çevreyi kirlettiği ve bundan etkilendiği" yönündeki algısının 1950'li yıllardan başlayarak arttığı ve çevre bilincinin özellikle gelişmiş ülkelerde bir hayli ileri düzeyde olduğundan bahsedilmektedir. 2014 yılını bitiriyoruz artık, yani yukarıdaki iddialı cümleye göre 60 yıl geçmiş. Geri dönüp dünyaya şöyle bir göz attığımızda çevre sağlığına veya çevre bilincine dair neler görebiliriz?

Kimyasallardan oluşan bir dünyada yaşıyoruz ve kimyasallardan oluşan bir varlığız. Bu dünyada yaklaşık 100 000 kimyasal kullanıyoruz (geçmişte üretip terk ettiklerimiz hariç) ve bunlara her yıl birkaç bin tane yenilerini ekliyoruz ve bunu yaparken de kimyasalların kullanıma sunulmadan önce çevreye ve bize ne gibi zararlar vereceğini, bu zararların kabul edilir olup olmadığını neredeyse hiç bilmiyoruz. Ancak kullanım sırasında ortaya çıkan yakınmalar belli bir birikime ulaşınca konuya yönelik araştırmalar yapmaya ve önlem almaya başlıyoruz. Ancak çoğu zaman iş işten geçmiş, çevre geri dönülmez biçimde kirlenmiş ve biz de fazlasıyla etkilenmiş oluyoruz. Bu süreçte dair ilginç örneklerden birisi tarım ilaçları (pestisitler) bir başka söylemle tarım zehirleri. 20. Yüzyılın ortasından başlayarak birbiri ardısıra yeni formüllerin oluşturulduğunu, bunların ticari meta olarak piyasaya sürüldüğünü, uzmanlarca çiftçilere önerildiğini ve giderek artan miktarlarda tarımsal üretimde kullanıldığını görüyoruz. Kullanım amacı çok insancıl "giderek aratan insan sayısına koşut yeterli miktarda tarım ürünü yetiştirebilmek için tarım zararlılarıyla mücadele". Gözlediğimiz çıktı ise ekosistemlere verilen zararlar, tarım zararlılarının kullanılan kimyasallara direnç kazanması, insan sağlığına dair ciddi olumsuzluklar.

Giderek daha hızlanan bir döngüde yeni teknolojiler geliştiriyoruz ve bunların yaşamı nasıl etkileyeceklerini araştırmaya gerek duymadan bir çoğunu gündelik kullanıma sokuyoruz. Aslında yapılması gereken tam tersi. Önce bir soluklanmak, araştırmak, yarar ve zarar hanelerinde neler var bunları görmek, yarar hanesi çok ağır basıyor

ve zarar hanesindekiler önlem alınarak etkisiz hale getirilebilecek ise kullanmaya başlamak. Böylece olası riskleri yaşamdan yana etkin biçimde yönetebilmek. Ancak bunu yeterince yaptığımızı söyleme olasılığımız yok. Uluslararası bilim ortamında ABD Çevre Koruma Ajansı ve Avrupa Çevre Ajansı, raporlarında da benzer cümleler, özellikle kimyasallara yönelik olarak yer almaktadır.

Günümüzde, neredeyse geliştirdiğimiz tüm teknolojiler açısından olmazsa olmaz bir desteğe gereksinim var, enerji, özellikle de elektrik. Aslında kabul edilen ortak bir bilgimiz var, doğaya hiç zarar vermeden enerji üretebilmek pek olası değil. Ancak doğaya daha az zarar vererek üretmek olası. Gelineen noktada yenilenebilir ve yenilenemez diye sınıflandırdığımız iki farklı grup enerji kaynağı var ve gelişmiş ülkeler doğaya zarar veren enerji üretim teknolojilerini terk edip yenilenebilir kaynaklara, yani daha az zarar veren yöntemlere, rüzgar ve güneş enerjisine, yoğun olarak yatırım yapmakta. Ülkemizin enerji yatırımlarına baktığımızda ise gelişmiş ülkelerin yaptığının tersi tercihlerin gündemde olduğu görülmekte. Çevre kirliliğini en çok artırdığı tüm bilim çevreleri tarafından kabul edilen kömürle çalışan termik santrallara, çevrelerindeki ekosistemleri yerle bir eden nehir tipi santrallara, Çernobil ve Fukuşima örneklerini göre göre nükleer santrallara yatırım yapılmakta.

Bu anlamda bir başka başlık da küresel ısınma ve iklim değişikliği. Artık Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli bilim insanları tarafından sunulan kanıtlar göstermektedir ki, sürecin kaynağı insan etkinlikleri. Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarına bakıyoruz hepsi ürettiğimiz kimyasallar. Bu gazların doğaya salınmasını azaltmaya dair çalışmalar yapıp protokollar imzalanıyor, etkin biçimde uyulmamak için. Kürenin ısınmasının kolay kolay önüne geçilemeyeceği anlaşıncı da gelsin etkilerini azaltma önlemleri ve uyum çalışmaları.

Yukarıda saydığımız her şeyin, insanlığın rahatı ve refah içinde yaşaması için yapıldığından bahsediyoruz ancak tersine eşitsizliklerin giderek arttığını, toplumsal katmanlar arasındaki uçurumların büyüdüğünü, doğanın giderek daha çok kirlendiğini, çevresel nedenlere bağlı hastalık yükünün giderek arttığını

görüyoruz. Bu defa da kirlettiğimiz doğayı daha yaşanabilir(!) hale getirebilmek için kirlilikleri giderici teknolojiler üretmeye çalışıyoruz. Bu teknolojileri üretmek ve uygulamak için hem çok zaman, çok emek, çok para harcıyoruz; hem de yeterince, kimi zaman ise hiç, başarılı olamıyoruz.

Yaşadığımız ve yaşama olasılığımız bulunan olaylara bakıyoruz, tabiri caiz ise kendi sonumuzu kendimiz hazırlıyoruz.

Evet bu kitapta da bu öykünün bir başka boyutunu okuyacaksınız. Yaşama verdikleri zararlardan ötürü dünyamızda üretiminin ve doğal olarak kullanımının sonlandırılmasına ortak akıl ile karar verilen, doğada uzun süre parçalanmadan kalabildiklerinden "kalıcı organik kirleticiler, kısaca KOK'lar" olarak adlandırılan bir grup yapay kimyasalın etkilerini ve bunlara yönelik neler yaptığımızı.

Prof. Dr. Ali Osman Karababa

Çevre İçin Hekimler Derneği Başkanı

Teşekkür

Eserin oluşturulması için gerekli finansman desteğinde bulunan GEF Küçük Destek Programı'na ve yardımları için Türkiye Ofisi çalışanlarına, ayrıca kitabın KOK'lara ilişkin uluslararası ve ulusal mevzuatla ilgili olan yedinci bölümünü gözden geçirerek verdiği katkıülardan dolayı Sayın Mahmut Osmanbaşoğlu'na teşekkürü borç biliriz.

Bölüm Başlıkları ve Yazarlar

- **Sunuş**
- **Sessiz Bahar'ın Hikayesi**
- **Bölüm 1**
Çevre Sağlığında Ekolojik Yaklaşım
Ümit Şahin
- **Bölüm 2**
Kimyasallar, Çevre ve Sağlık İlişkisi
Ali Osman Karababa
- **Bölüm 3**
Kalıcı Organik Kirleticilere Genel Bakış
Hür Hassoy
- **Bölüm 4**
Kalıcı Organik Kirleticilerin Temel Özellikleri
Seval Alkoy
- **Bölüm 5**
Kalıcı Organik Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi
Seval Alkoy, Ali Osman Karababa, Hür Hassoy, Raika Durusoy
- **Bölüm 6**
Kalıcı Organik Kirleticilerin Bertaraf Yöntemleri
Günay Can
- **Bölüm 7**
Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Uluslararası ve Ulusal Mevzuat
Raika Durusoy
- **Korunma**

Sessiz Bahar'ın Hikayesi

İlk baskıdan alınmıştır

“Bir zamanlar Amerika’nın kalbinde bütün yaşamın çevresiyle ahenk içerisinde görüldüğü bir kasaba varmış. Bu kasaba, ilkbaharda yeşil tarlaların üzerinde beyaz çiçek bulutlarının gezindiği, yamaçlarında meyve bahçeleri ve yeşil buğday tarlalarının oluşturduğu bir satranç tahtasının tam ortasındaymiş. Sonbaharda, meşe, Akçaağaç ve huş ağaçları çamların arkasından yanıp parıltıyan bir renk cümbüşü yaratırmış. Tepelerde tilkiler ulur, geyikler sonbahar sabahlarının sislerinde yarı kaybolmuş halde, tarlalardan sessizce geçermiş.

Yılın büyük bölümünde, defne, kartopu ve kızılgağaçlar; büyük eğrelti otları ve kor çiçekleri yolcuların gözlerini sevinç ışıkları ile doldururmuş. Kışın bile yol kenarları sayısız kuşun, meyve çekirdekleri ve karların arasından başını uzatmış kuru yabani otların tohumlarıyla beslenmek için geldikleri cennet gibi yerlermiş. Gerçekten de tüm yazı yaban kuş çeşidi ve bolluğu ile tanınırmış, ilkbahar ve sonbaharda göçmen kuş sürüleri akmaya başladığında insanlar çok uzaklardan onları izlemeye gelirlermiş. Diğerleri tepelerden akan ve kuytulardan alabalıkların yaşadığı gölcükler oluşturan tertemiz, buz gibi derelerde balık tutmaya gelirlermiş. Bütün bunlar bölgeye ilk yerleşenlerin evlerini dikip, kuyularını açmalarından ve ahırlarını yaptıkları günlerden yıllarca önceymiş.

Gel zaman git zaman bölgeyi bir acayip afetin karanlığı sarar ve her şey değişmeye başlar. Toplumun üzerine bir uğursuz büyü çöker; tavuk sürülerini esrarengiz hastalıklar kırıp geçirir, sığır ve koyunlar hastalanıp, ölürlür. Her yerde ölümün gölgesi vardır. Çiftçiler daha çok ailelerindeki hastalıktan söz etmektedirler. Kasabada doktorlar her geçen gün hastalarında görülmeye başlayan yeni hastalıklar karşısında şaşırıp kalırlar. Ani ve açıklanamayan bir çok ölüm olmuş; bunlar sadece yetişkinlerde değilmiş; çocuklar da oyun oynarken aniden hastalanarak, birkaç saat içerisinde ölmüşler.

Garip bir dinginlik vardır. Sözgelimi, kuşlar nereye gitmiş olabilirler? Çok kişi onlardan şaşkınlık ve endişeyle söz etmektedirler. Bahçedeki kuş yemlikleri terk edilmiştir. Sağda solda görülebilen birkaç kuş can

çekişmektedir; şiddetli kasılmalarla, uçamamaktadır. Sessiz bir bahardır, bu bahar. Bir zamanlar sabahları, saka kuşları, kedi kuşları, kumrular, alakargalar, çalıkuşlarının şafak korusu ve diğer kuş seslerinin partiyonları ile canlanırken, şimdi hiç ses yoktur; sessizlik kaplamıştır tarlaları, ormanları ve bataklıkları...

Çiftliklerdeki tavuklar kuluçkaya yatmakta, fakat civciv çıkmamaktadır. Çiftçiler artık hiç domuz üretmediklerinden yakınmaktadır –yaavrular çok küçük doğmakta ve sadece birkaç gün yaşamaktadır. Elma ağaçları çiçeklenmektedir, fakat artık çiçekler arasında arılar vızıldamaktadır, tozlaşma olmadığından meyve de olmayacaktır.

Bir zamanlar çok çekici olan yol kenarları, sanki alevler kasıp kavurmuş gibi sararmış ve kurumuş bitkilerle kaplıdır. Bütün canlılar terk ettiğiinden buralar da sessizdir. Şimdi dereler bile ölmüştür. Bütün balıklar ölmüş olduğundan artık kimse oltasını alıp gitmemektedir.

Saçak altlarındaki yağmur oluklarında ve çatı kaplamaları arasında birkaç beyaz tanecikli toz lekesi görülmektedir, bu birkaç hafta önce saçaklar, çimenler, tarla ve derelere adeta kar gibi yağmıştır. Bu felaket kurbanı dünyada hayatın yeniden doğuşunu susturan ne kötü bir büyü ne de düşman saldırısıydı. insanlar bunu kendileri yapmışlardı."

*Rachel Carson – Sessiz Bahar**

Rachel Carson'un 1962'de ABD'de yayımlanan kitabı Sessiz Bahar çevre hareketleri için bir dönüm noktasıdır. Bir kitap insanın dünyada kendine verdiği rolün ve doğaya müdahalelerinin sonuçlarını insanlığa belki de ilk defa bu kadar çarpıcı, ama aynı zamanda açık ve bilimsel bir dille verebilmiştir. Sessiz Bahar'ın da aralarında bulunduğu irili ufaklı kıvılcımların 60'lı yıllar boyunca yakılmasının ardından 70'li yılların yeşil ve ekolojist hareketleri ve yerelden küresel düzeye dek genişleyen çevre mücadelesi gelmiştir.

Bir yazar, biyolog ve ekoloji bilimcisi olan Rachel Carson, doğayı incelemiş ve II. Dünya Savaşı'ndan sonra kullanılmaya başlayan tarım ilaçları üzerine büyüyen kaygıları Sessiz Bahar isimli çarpıcı bir kitapla okurlarına sunmuştu. Sessiz Bahar bir cinayet romanı gibiydi;

ortadan kalkan türlerden, kırları terk eden ve göç zamanları kasabalara uğramayan kuş sürülerinden, canlılığını yitirmiş göllerden söz eden bir cinayet romanı. Sessiz Bahar'daki katil ise DDT ve türevleriydi. Kitabını yayımladıktan iki yıl sonra kansere yenik düşen Carson, bu kitapla sadece DDT'nin ABD'den başlayarak yasaklanmasını sağlamakla kalmamış, çevre hareketinin 20. yüzyıl başlarındaki romantik ve korumacı yaklaşımını değiştirerek hareketi bir adım öteye taşımıştır. Şimdi insan hem fail, hem kurbandır. Bir yandan doğayı yok etmekte, bir yandan da kendi geleceğini ve varlığını yokoluşa sürüklemektedir. Hem de kendi ürettiği, doğaya ve ekosistemlere olduğu kadar kendi bedenine de yabancı kimyasalları hesapsızca üretilip, sınırsızca kullanarak ve çevreyi kirleterek.

Daha fazla üretim, daha fazla verim, daha fazla kâr için üretilen bu tarım ilaçlarına, yani Sessiz Bahar'daki katillere, DDT'ye, Aldrin'e, Klordan'a ve Sessiz Bahar'dan çok sonra üretilen benzer özelliklere sahip ve sadece tarım ilacı olarak değil, binlerce değişik amaçla kullanılan sayısız kimyasala bugün Kalıcı Organik Kirleticiler diyoruz.

Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK'lar), doğada bulunmayan, insan yapımı, yapısında çoğunlukla klor içeren karbon temelli (organik) bileşiklerden oluşan bir kimyasal maddeler grubudur. Çevre ve insan sağlığı için en tehlikeli kimyasal zehirlerin bir kısmı bu grupta yer alır. Oysa DDT, bulana Nobel ödülü kazandırmış, II. Dünya Savaşı sırasında ve sonrasında askerlerin, esirlerin, göçmenlerin ve hatta okul çocuklarının bitlenmeye karşı doğrudan ilaçlanmasında kullanılmış, tarım zararlılarına ve evde bulunan böceklerle karşı mücadelede mucizevi ve hiçbir zararı olmayan bir ilaç gibi görülüp sınırsızca tüketilmiş bir kimyasaldır.

Rachel Carson daha 1962'de DDT ve kalıcı organik kirleticilerin biyolojik birikim yoluyla nasıl bitkilerden hayvanlara ve insana aktarıldığını, nasıl plasentadan ve anne sütünden çocuğa geçebildiğini ve sadece böcekler değil kuşlar, memeliler ve insan için de ne kadar güçlü bir zehir olduğunu anlatmaktaydı. Aradan 35 yıl geçtikten sonra Stokholm Sözleşmesi'nin imzalanmasıyla ve başlıca

kalıcı organik kirleticilerin yasaklanmasıyla sonuçlanacak bu hikaye, aslında sadece DDT ve KOK'ların değil, kimyasal kirleticilerle ilgili algıdaki değişimin, insanlığın çevreden kaynaklanan kanser, endokrin bozukluklar, doğumsal anomaliler ve kronik hastalıklar gibi en ciddi sağlık sorunlarının nasıl ve hangi aşamalardan geçerek bilincine varabildiğinin ve neredeyse bütün bir çevre hareketinin hikayesidir.

Günümüzde küresel ısınma, üzerinde yaşadığımız gezegendeki yaşam koşullarını ortadan kaldıracabilecek bir gerçeklik haline gelmiş, ormansızlaşma, okyanusların ve denizlerin kirletilmesi, sulak alanların yok edilmesi, ozon tabakasının tahribi ve türlerin birbiri ardınca ortadan kalkması ekolojik krizi derinleştirmiş, sınırsızca kullanılan kaynaklar tükenmeye yüz tutmuştur. Sistem kendi yarattığı bu çıkmazdan kurtulmak için uluslararası hukuktan, anlaşmalardan ve sözleşmelerden yararlanmanın yollarını aramaya, insanlar ise çevre mücadelesi içinde ekolojik krizle yüzleşmeye başlamıştır.

Sessiz Bahar'ın açtığı yolda sadece DDT'nin ve bu kitapta anlatılan diğer kalıcı organik kirleticilerin değil, işte bütün bu hikayelerin izini sürmek gerekir.

1

Çevre Sağlığında Ekolojik Yaklaşım

Ümit Şahin

Çevre sağlığında ekolojik yaklaşım

Ümit Şahin

Halk sağlığında çevre, genetikle birlikte insan sağlığını etkileyen iki temel faktörden biri olarak ele alınır. Genetik, bireyin doğuştan getirdiği özelliklerdir ve değiştirilemeyen faktörler olarak kabul edilir. İçinde yaşadığımız ve etkilendiğimiz çevre ise değiştirilebilen faktörler olarak nitelenir.

Çevre geniş anlamıyla ele alındığında insanı çevreleyen (insanın içinde yaşadığı ve bireysel, toplumsal ve kültürel olarak oluşturduğu) her şeyi içine alır. Sağlığı etkileyen çevresel faktörler arasında yer verilen beslenmenin, fiziksel aktivitenin, tütün, alkol veya benzeri keyif verici maddelerin kullanımının, cinsel davranış biçimlerinin, uyku düzeninin, sağlık hizmetlerine başvurma alışkanlıklarının ve bunlar gibi bireyin yaşam biçimiyle ilgili özelliklerin ön planda yer aldığı bir matris kurulur. Araştırmalara göre sağlığı etkileyen çevresel faktörler arasında değiştirilebilir kabul edilen yaşam biçimi niteliklerinin ağırlığı, diğer çevresel faktörlerden daha fazladır. Örneğin obezite, yüksek tansiyon, kan yağlarında artış gibi risk faktörlerinin başta beslenme ve fiziksel aktivite olmak üzere yaşam biçimiyle ilişkisi kanıtlanmıştır. Aynı şekilde tütün kullanımı kanser sıklığındaki artışın bilinen en önemli nedenlerinden biridir (1).

Çevre böyle ele alındığında yaşam biçiminin yanısıra kişinin içinde yaşadığı ortamlar da değerlendirilmelidir. Kentte yaşayan insan, yaşamının önemli bir bölümünü evde ve işte geçirir. Bu nedenle ev ortamında maruz kalınacak tehditler (ev içi hava kirliliğinden, ev kazalarına kadar) ve mesleki riskler çevresel faktörler arasında önemli yer tutar. Ev ve işyerinde binalardan kaynaklanan ve işyerlerindeki üretim süreçlerinde maruz kalınan kirleticilerin dikkatle ele alınması gerekir. Ev ve iş dışında da toplumsal yaşamın her alanında, açık hava başta olmak üzere değişik ortamlarda bulunan sağlığı etkileyen faktörler çevresel sağlık riskleri yaratırlar.

Bu tür bir çevre sağlığı yaklaşımının kişinin davranışlarını esas alması ve sağlığın geliştirilmesi için bireyin yapması ve yapmaması gerekenler konusunda farkındalık kazandırmaya ve eğitim vermeye, böylece davranış değişiklikleri yaratmaya ağırlık vermesi kaçınılmazdır. Öte yandan çevre-sağlık ilişkisinin bireysel davranış değişiklikleriyle etkilenmesi çok daha zor olan, doğrudan çevresel kirleticilerin üretimi ve çevreye yayılmasıyla ilgili bir boyutu vardır. Beslenme, fiziksel aktivite ve benzeri yaşam biçimi faktörleri de büyük ölçüde kültürel ve davranış değişikliği sağlamak kolay değildir; ancak sağlığı etkileyen çevresel kirleticilerin ortaya çıkışını ve toplumun bu kirleticilere maruz kalmasına neden olan koşulları ortadan kaldırmak daha zordur. Bunun nedeni çözümün büyük ölçüde bireysel çabaya değil, ekonomik yapıdaki ve toplumsal ilişkilerdeki değişikliklere, devletin yapması gereken düzenlemelere, kısaca alınacak kamusal kararlara bağlı olmasıdır.

Çevresel kirleticilerin neler olduğu, neden ortaya çıktığı, nerelerde bulunduğu ve insan sağlığını nasıl etkilediği, insan doğa ilişkisiyle, daha doğrusu insanın doğa üzerindeki müdahaleleriyle ilgili oldukça karmaşık bir konudur. Sağlığı etkileyen yaşam biçimlerinin büyük ölçüde kültürel olması gibi, çevresel kirleticilerin ortaya çıkması ve toplumun etkiye açık olması da büyük ölçüde ekonomik ve politiktir. Bu nedenle kimyasal kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerine değinmeden önce, çevresel kirleticilerin ortaya çıktığı tarihsel ve toplumsal durumu tarif etmeye çalışacağız.

I. Çevresel kirleticilerin ortaya çıktığı tarihsel ve toplumsal koşullar

Günümüzde çevresel kirleticiler olarak sınıflandırılan bazı maddelerle doğal süreçler sonucunda da karşılaşmak mümkündür. Örneğin radon yer kabuğundan kaynaklanan doğal radyasyondur, arsenik yüzey veya yeraltı sularında doğal olarak bulunabilir, hava kirliliğinin nedenlerinden biri olan kükürt dioksit yanardağlardan atmosfere yayılabilir, ya da kanserojen bir madde olan asbest bazı topraklarda yoğun bulunur (2). Bunlar insanın doğaya müdahalesi sonucundan ortaya çıkan ya da insan tarafından sentetik olarak laboratuvarında üretilen kirleticiler değildir, ama bu maddelerin doğal ortamda insan organizmasına zarar verecek kadar yüksek düzeyde

bulunduğu yerlerde yaşayan ya da bulunan insanlar için “kirletici” gibi etki göstererek sağlığa zarar verirler.

Bugün sağlık üzerinde ciddi tehdit oluşturan çevresel kirleticilerin çoğu ise insanın doğa üzerindeki müdahalelerinin sonucunda ortaya çıkar. İnsan, tarih boyunca doğayı değiştirerek yaşamını sürdürmüş ve çeşitli uygarlıklar kurmuştur. Bugün anladığımız anlamdaki insan uygarlıklarının kurulduğu son 10 bin yıl içinde, insanın doğaya müdahalesi dört büyük tarihsel dönüm noktasında niteliksel bir değişim geçirmiştir.

Birinci dönüm noktası son büyük buzul çağının sona ermesinden sonra, M.Ö. 8000 civarında başlayarak, binlerce yıl içinde dünyanın çeşitli yerlerinde yavaş yavaş ve kademeli olarak gerçekleşmiştir. İnsanların geçim kaynaklarının, doğadan doğrudan yararlanmak anlamına gelen avcılığa ve toplayıcılığa bağımlı olmaktan çıkarak tarıma bağımlı hale gelmesine neden olan neolitik devrimin (tarım devrimi) sonucunda, insanlar tarım ve yerleşim alanları kurmak için doğaya büyük çaplı müdahalelerde bulunmuş, en başta da ormanları ortadan kaldırmaya başlamıştır.

Binlerce yıl süren bu dönemde insan uygarlıklarının yarattığı ekolojik sorunlar bugünkünden oldukça farklıydı. Her ne kadar Mezopotamya’dan Orta Amerika’ya kadar çok sayıda uygarlığın insanların doğayı tahribi sonucunda yaşanan (kimi zaman da doğal nedenlerle ilişkili) kuraklık ve toprakların tuzlanması gibi ekolojik felaketler sonucunda yıkıldığı bilinse de, bu dönemdeki ekolojik sorunlar bugünkünden farklı olarak bölgeseldi ve dünya henüz insanlar tarafından doldurulmadığı için kitlesel göçler mümkündü. Çevre kirliliği de aynı şekilde bugünkünden oldukça farklı nitelikte, sınırlı ve bölgeseldi.

Bu dönemde çevresel kirlilik büyük ölçüde insan atıklarının kontrolsüz biçimde doğaya, özellikle de akarsulara ve sulak alanlara yayılması anlamına geliyordu. Örneğin nüfusun yoğun olduğu yerlerde yerleşim yerlerinin yakınına kurulduğu akarsular kullanılamayacak derecede kirleniyor, başta kesilen hayvanların artıkları olmak üzere açıkta biriktirilen gıda atıkları, lağım birikintileri ve

Asya'nın da sömürgeleştirilmesi büyük siyasi ve ekonomik sonuçlara yol açarken, bir yandan da devasa doğal alanlar o güne dek görülmemiş ölçülerde tüketilmeye başlandı. Çok sayıda canlı türü, aşırı avlanma ve yaşam alanlarının işgali sonucunda ortadan kalktı. Büyük bir maddi zenginlik bu kıtalardan Avrupa'ya taşındı. Böylece sömürgecilik çağı da denilen bu dönemde bir ekonomik sistem olarak kapitalizm ortaya çıktı. Doğanın sınırsız bir kaynak olduğu varsayımı üzerine kurulan kapitalizm, ekolojik yıkımı artırdı.

Sömürgecilik çağında yaratılan ekolojik yıkımın boyutları hayal gücümüzü aşar. Örneğin Avrupalılar Kuzey Amerika'ya çıktıklarında kıtada 40-60 milyon kadar bizon olduğu tahmin ediliyor. Kızılderililer'in avlanma hızıyla rahatlıkla korunan bu sayı Avrupalılar'ın istilasına dayanamamış ve 19. yüzyıl sonuna doğru bizon sürüleri ortadan kalkma noktasına gelmiştir. Aynı şekilde bir zamanlar kıtanın en çok bulunan kuş türü olan yabani güvercinler tamamen ortadan kalkmıştır. Canlı türleri aşırı avlanma dışında ekosisteme yabancı türlerin ve mikroorganizmaların taşınması nedeniyle de tükeniyordu (3). Sömürgecilik döneminin sonunda yeryüzü yeni ve biyoçeşitlilik anlamında oldukça ıssız bir yer halini almıştır. Yani bu dönemde yoğunlaşan ekolojik yıkım büyük ölçüde doğanın yağmalanmasıyla ilgilidir, kimyasal kirlilik ise yine madenciliğin Güney Amerika'daki altın ve gümüş madenleri gibi devasa alanlara yayılmasıyla ilgili olarak, yine bölgesel ve sınırlı, ama daha büyük boyutlu hale gelmiştir.

Üçüncü dönüm noktası, kimyasal kirliliğin çevresel kirlilikte baskın hale gelmesini sağlayan en kritik aşamayla başlar: Sanayi devrimi. On sekizinci yüzyıldan itibaren endüstriyel üretimin yaygınlaşmasıyla birlikte o güne dek çok sınırlı olan bir kimyasal kirlilik türü sanayi kentlerinin çevresinde ve fabrikaların atıklarını boşalttıkları akarsularda, denizlerde, havada ve toprakta yaygınlaşmaya başladı. Kömürün enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla kükürt dioksit ve partikül maddeler havaya yayıldı. İlk büyük çaplı kimyasal ürün olan sodyum karbonatı üreten fabrikaların bacalarından hidrojen klorit yayılıyordu. Tekstil endüstrisinde kullanılan ilk sentetik kimyasallar olan boyalar akarsuları, sentetik olarak üretilen azotlu gübreler toprağı kirletiyordu. Kükürt dioksit ve azot oksitler asit yağmurlarına

neden olmaya başladılar. Ormanlar ve doğal yaşam alanlarıyla birlikte tarım ve hayvancılık da etkilenmeye, kimyasal atıklar doğrudan insan sağlığına zarar vermeye başladı (3).

Sanayi devrimi aynı zamanda küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının en önemlisi olan karbon dioksitin atmosferdeki yoğunluğunun artmasına neden olan dönüm noktasıdır. Atmosferdeki karbon dioksit miktarı sanayi devrimine kadar yüz binlerce yıl 280 ppm civarında sabit kalmıştır. Kömürün enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla birlikte yanmanın sonucunda ortaya çıkan rensiz ve kokusuz bir gaz olan karbon dioksit atmosferde birikmeye başlamış (karbon dioksitin atmosferde kalma süresi ortalama 100 yıldır), günümüzde 400 ppm'i geçmiştir (7). Atmosferde eser miktarda bulunan karbon dioksitin artışı herhangi bir sağlık sorunu yaratmaz. Bu nedenle yine kömür ve fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan kükürt dioksit, azot oksitler, karbon monokist ve partikül maddeler gibi tipik bir kirletici değildir. Çünkü karbon dioksit toksik değildir, ama toksik kirleticilerin çoğunda olmayan sera etkisi yaratma, yani güneş ışınlarının yeryüzüne düşmesinin sonucu olarak uzaya geri yansıyan kızıl ötesi ışınların bir kısmını tutup yeryüzüne geri yansıtma özelliği vardır. Ancak iklim değişikliği, yarattığı ekolojik, sosyal ve ekonomik etkiler nedeniyle halk sağlığı üzerinde ciddi bir risk oluşturduğu için, karbon dioksit ve diğer sera gazları dolaylı olarak kirletici olarak kabul edilmelidir ve bugün örneğin ABD'nin Çevre Koruma Ajansı EPA, karbon dioksiti halk sağlığını tehdit eden bir kirletici olarak tanımlamıştır (8).

Dördüncü dönüm noktası, sanayi devriminin yarattığı çevre kirliliğinin nitelik ve boyut değiştirmesidir. Doğada bulunmayan, insan tarafından laboratuarda üretilen hidrokarbon bazlı sentetik kimyasallar ve atomun parçalanmasıyla açığa çıkan büyük miktarlarda radyasyon 20. yüzyılda ortaya çıktı. Böylece yepyeni bir çevresel kirlilik biçimi doğdu ve insanın doğa üzerindeki müdahalelerinin yarattığı sağlık etkileriyle ilgili (şimdilik) son dönüm noktasını oluşturdu. Sadece bu kimyasal ve radyoaktif kirliliğin önceki dönemlerde görülen biyolojik ve kimyasal kirliliğe eklenmesi değil, sorunun boyutlarını büyük ölçüde artırması da önemlidir.

Laboratuvarda sentezlenen hidrokarbon bazlı sentetik kimyasalların sayısı 100 binleri bulmuştur ve çoğunun sağlık üzerindeki etkileri bilinmeyen bu maddeler sadece sanayide değil, doğrudan tüketiciye erişen ürünlerde de yaygın bir şekilde (bileşen ya da kalıntı olarak) bulunmaya başlamıştır (9).

Sentetik kimyasallar, gıdalarda hem katkı maddesi (hatta bazen ürünün kendisi), hem de tarım ilacı vb. kalıntısı olarak ya da ambalaj malzemelerinden gıdaya bulaşarak yaygın biçimde bulunmasının yanı sıra, ev eşyalarından yapı malzemelerine, giyeceklerden elektrikli aletlere kadar her yerde, yaygın bir şekilde bulunmakta ve insanlar tarafından solunum, sindirim veya cilt yoluyla alınmaktadır. Geçmişte yerkabuğundan kaynaklanan düşük düzeyleri dışında varolmayan radyoaktif kirlilik ise, nükleer denemelerden, nükleer silahlardan ve nükleer santral kazalarından, ya da kaza olmadan gerçekleşen radyasyon sızıntılarından ve radyoaktif atıklardan kaynaklanmakta, yıllarla milyon yıllar arasında değişen bir süre çevrede kalarak uzun süreli kirlilik yaratmaktadır (10).

Yirminci yüzyıldan itibaren ortaya çıkan ve ağır metaller gibi doğada bulunan kirleticilerin üzerine eklenen sentetik kimyasallar ve radyoaktif maddeler, dokularda birikerek* ve uzun mesafelere taşınarak çevre kirliliğinin küreselleşmesine neden olmuşlardır. Üstelik bu kez kalkınma düşüncesinin, sanayinin ve ticaretin de küreselleşmesiyle, bu maddelerin dünyanın büyük bir kısmında kullanılması, üretilmesi ve tüketilmesi mümkün olmuştur. Dolaşısıyla 20. yüzyılda başlayan ve günümüzde giderek yayılan çevre kirliliği, insanların ve doğanın daha önce karşılaşmadığı boyutta bir sağlık etkisi yaratmaktadır.

Yirminci yüzyılda önce petrol, sonra da doğal gazın enerji kaynağı olarak kömürün yanına eklenmesi, kıtalararası ticaret ve turizm, artan küreselleşme, nüfus artışı ve tüketim toplumunun ortaya çıkışı sera gazlarının salınımı ve atmosferdeki birikimini de katlanarak artırmıştır. Sanayi devriminden bu yana salınan sera gazlarının yarısından fazlası 1970'lerden bu yana salınmıştır. Küresel sıcaklık artışının büyük kısmı da son 30-40 yıl içinde gerçekleşmiştir (11).

Ayrıca tamamı yirminci yüzyılda, sanayi toplumunun küreselleşmesiyle yaygınlaşan ozon tabakasının incelmeye, ormansızlaşma, biyolojik çeşitliliğin azalması gibi diğer küresel ekolojik sorunların da halk sağlığına olan etkileri nedeniyle çevre sağlığı kapsamında ele alınmaları gerekir.

Çevre sağlığı, işte ağırlıklı olarak insanın doğaya yönelik müdahalesi ve daha çok da endüstriyel üretimden kaynaklanan kimyasal ve radyoaktif (ve iyonizan olmayan radyasyon ve gürültü gibi diğer fiziksel) kirleticilerle ve elbette eski çağlardan bu yana çevremizden eksik olmayan biyolojik kirleticilerin sağlık üzerinde yarattığı etkilerle ve bunların önlenmesi ve zararsızlaştırılmasıyla ilgilenir. Çevre sağlığı yaklaşımında insan davranışlarına öncelik veren “insan çevresi” anlayışından, daha ekolojik bir çevre anlayışına geçmek, konuyla ilgili araştırmaların da, uygulama ve politika oluşturma süreçlerinin de daha bütünsel ve sorun odaklı olmasını sağlayacaktır.

II. Çevre sağlığı ve ekoloji

Ekoloji bilimi doğanın işleyişini açıklamayı amaçlar. Doğanın kendi kendisini düzenleme ve örgütlenme ilkelerinin bilimi olarak da tanımlanan ekolojide, kavramlar birbiriyle etkileşim içinde bulunan bağımlı parçaların oluşturduğu bir bütün olarak tanımlanan sistem yaklaşımıyla ele alınır. İnsan da doğanın bir parçası olarak ekosistemin işleyişine dair kurallara tabidir.

Ekolojide doğa bir arada bulunan nesnelerin toplamından çok, süreçlerin daha derinde oluşturdukları bir bütün olarak görülür ve bu bütün sürekli değişim halindedir. Ekolojik sistemlerde tüm süreçlerin diğer tüm süreçlerle ilişki halinde olduğu ve bu süreçlerin sistem içinde sistemler şeklinde katmanlaşmış oldukları kabul edilir. İnsan, içinde bulunduğu ve/veya yaşamını sürdürmek için bağımlı olduğu ekosistemle sınırlı olsa da, ekosistemlere diğer canlılardan çok daha büyük çaplı müdahalelerde bulunur. Ekosistemler, insan etkinlikleriyle oluşan bozulmaları absorbe edebildikleri ve dengeleyebildikleri sürece ve o yönde değişirler. Bir ekolojik sistem toplam çeşitliliğini ve başta karmaşıklık olmak üzere, bu çeşitliliği mümkün kılan sistematik organizasyonu yitirmezse bütünlüğünü sürdürür (12). Ekolojide bütünsel yaklaşım esastır ve indirgemeci yöntemler

sorunları saptamak için kullanışlı olabilse de, sorunları çözmek için ekosistemdeki tüm ilişkilere sistem yaklaşımıyla, bütünsel bir şekilde bakmak gerekir.

Çevre sağlığına insan merkezli ve indirgemeci bir şekilde yaklaşıldığında, alınacak önlemler ekolojik ilkelere aykırı olabilir. Bu da başka çevre sağlığı sorunlarının oluşması, ya da yaşam alanlarının diğer canlılar ve ekosistemin bütünü aleyhine değişmesi sonucunu doğurabilir. Bu nedenle ekolojik yaklaşımın doğanın kendi işleyişini esas alması gerekir.

Barry Commoner'ın ekoloji biliminin ilkelerini popüler bir dille özetlediği ekolojinin dört kanunu bu anlamda yol gösterebilir. Commoner'a göre ekolojinin kanunları şunlardır (13).

- 1- *Her şey diğer her şeyle bağlantılıdır.* Ekolojik ağda bir noktadaki küçük bir bozulma, uzak bir noktada, geç bir dönemde çok büyük etkilerle kendini gösterebilir.
- 2- *Her şey bir yerlere gitmek zorundadır.* Doğada atık yoktur. Her şey taşınır, dönüşür, bir döngüde yerini alır.
- 3- *Doğa en iyisini bilir.* Doğa üzerinde insan eliyle yapılan büyük çaplı her müdahale doğa için eninde sonunda yıkıcı olabilir.
- 4- *Her şeyin bir bedeli vardır.* Her kazanım bir maliyet oluşturur. Bedel ödemekten kaçınılamaz, ancak geciktirilebilir.

Aldo Leopold'un toprak etiği de, doğayla insan ilişkilerinde neyin doğru, neyin yanlış olduğuna dair yol gösterici sınırları belirler. Aldo Leopold yeryüzünde insan da dahil tüm canlıların ve yaşamlarının bağımlı olduğu toprağın, insan merkezci etiğin tanımladığı insan toplumunun aksine bir biyotik toplum oluşturduğunu öngörür ve her türlü insan etkinliğini, biyotik toplum için "iyi" ve "doğru" olup olmadığı terazisinde tartar. Leopold'a göre "Bir şey, biyotik toplumun bütünlüğü, stabilitesi ve güzelliğini koruma eğiliminde bulunduğu takdirde doğru, tersi durumda yanlıştır." Biyotik toplumun yurttaşı olmayı öneren Leopold, doğal sistemlerde içsel bir "iyilik" olduğunu söyler ve kaynakları insan yararına kullanmak için biyotik toplumun bütününe saygı duymayı şart koşar (14).

Bu tür bir ekolojist bakış açısıyla yaklaştığımızda, “en iyisini bilen” doğanın, ya da “içsel bir iyilik” taşıyan doğal sistemlerin kurallarına aykırı, işleyişine saygı duymaktan uzak, ödenen bedelleri ise tüm biyotik toplumun değil, sadece insanın -kısa dönemli- çıkarlarına uygun olup olmadığına göre değerlendiren üretim ve tüketim biçimlerinin yarattığı çevre sağlığı sorunlarını, kökenlerine inerek kavramak ve aynı sorun yaratıcı bakış açısını tekrarlayan teknik çözümleri değil, bütünsel ve kalıcı bir yaklaşımı benimsemek mümkün olur.

Kalıcı organik kirleticiler konusunda bu ekolojik yaklaşımın en çarpıcı örneklerinden biri, klorlu bileşiklerin yakılmasıyla oluşan dioksin ve furanlardır. Çevre sağlığı sorunu yaratan toksik atıkların içinde bulunan klorlu kalıcı organik bileşikleri ortadan kaldırmak veya depolama sorununu aşmak için yakmak, bu grupta bulunan en toksik ve kanserojen kalıcı organik kirleticilerin, (başka bir şekilde üretilmeyen) dioksin ve furanların ortaya çıkmasına; uzun mesafelere taşınabilen ve canlı dokularında biriken bu maddeler, ortadan kaldırılmaya çalışılan sorunun küreselleşmesine ve kalıcılığına neden olur. Ekolojik bir bakış açısı, bu tür hataların tekrarlanmasını ve norm haline gelmesini önlemek için zorunludur.

Aynı şekilde sadece insan çevresini ima eden bir çevre sağlığı anlayışı yerine ekolojik sistemlerin bütünsel sağlığını dikkate alan bir ekosistem sağlığı anlayışı da meselenin kavramsallaştırılmasında önem taşır. Enerji akımları, kimyasal madde döngüleri ve popülasyon dinamikleriyle birbirine bağlı olan canlı ve cansızlardan oluşan ekosistemler, stabil ve sürdürülebilir olduğunda, zaman içinde dış ve iç streslere direnç gösterip özerkliğini ve organizasyonunu sürdürüp aktif kalabiliyorsa sağlıklı demektir. Burada ekosistemi oluşturan tek tek bireylerin sağlığı değil, ekosistemin bütününe işlev ve yapı olarak sürdürülebilir olması anahtar kavramdır.

Bir ekosistemin sağlıklı olup olmadığı tek bir türün durumuna, türlerin sayımı ve envanterine, ya da tek bir değere göre ölçülemez. Varlığını sürdüren bir çeşitlilik, ekosistemi devam ettirecek sağlam bir besin zinciri ve döngüsü, trofik yapıyı sürdürecektir bir enerji akışı, istenmeyen durumları kontrol eden geri besleme mekanizmaları ve toksik etkileri onarma kapasitesinin olması ekosistemin varlığını

sürdürmesini sağlar. Ekosistemler için sağlık sadece hastalık yokluğu olarak değil, bir homesostasis durumu olarak, çeşitlilik ve karmaşıklık olarak, stabilite ya da esneklik (resilience) olarak, dinçlik ve gelişebilme yeteneği olarak ve sistem bileşenleri arasındaki denge olarak tanımlanır (15).

Her ne kadar ekolojistler öncelikli olarak -insan etkinliklerinin de olduğu- doğal ekosistemlerin sağlığını saptamak, değerlendirmek ve tedavi yöntemlerine karar vermek için geliştirmiş olsalar da, ekosistem sağlığı yaklaşımı çevre sağlığına ekolojik yaklaşım açısından şu noktalarda önemli katkılarda bulunur:

- 1- **Bütüncül yaklaşım:** Ekosistemde yer alan bir bireyin sağlığını ekosistemdeki diğer bireylerden (diğer türler ya da aynı türün diğer bireyleri) ayrı görmez. Bu yaklaşımın önemi insanı ve yaşadığı çevreyi bütünsel bir sistem olarak görmesidir, yoksa tek taraflı kaynak akışıyla tanımlanan bir üretim bandı olarak değil. İnsan sağlığı, içinde yaşadığı ekosistemin toplam sağlığını tehlikeye atan yöntemlerle korunamaz.
- 2- **Denge ve kararlılığın vurgulanması:** Denge ancak etkileşimin ve sistemin olduğu yerde söz konusudur. Bu yaklaşım insanı çevresindeki doğadan ayrı gören anlayışa taban tabana zıttır. Dengenin insan "lehine" bozulduğu kentsel çevrede ortadan kalkın kararlılık, ancak daha da yapay önlemler alınarak korunmaya çalışılır. Daha fazla yapay doğa, daha büyük çevre sorunlarına ve insan sağlığına yönelik yeni ve bilinmeyen tehditlere neden olur.
- 3- **Çeşitlilik ve karmaşıklığa atfedilen önem:** Ekosistemin çeşitliliği ortadan kaldırılarak, genetik havuz daraltılarak, canlıların genetik yapıları değiştirilerek daha sağlıklı bir çevre yaratılamaz. Bataklıkların (sulak alanların) kurutulması, büyük ekosistemleri sular altında bırakan barajların inşası, monokültür anlayışıyla yapılan tarım ve ormancılık gibi örnekler çeşitliliğe zarar vererek, ekosistem ve insan sağlığını tehdit eder.
- 4- **Esneklik:** Organizma dış uyaranlara karşı bir noktaya kadar uyum sağlama, yanıt üretme ve kendini savunma yeteneğine sahiptir.

Aynı şey bir üst karmaşıklık düzeyindeki ekosistemler, hatta en üst karmaşıklık düzeyindeki ekosfer ve biyosfer için de geçerlidir. Ekosistem sağlığı için olduğu kadar insan sağlığı için de önemli olan, bu esneklik kapasitesini zorlayacak düzeyde bir dış etkinin ortaya çıkmamasıdır. Gen havuzunun daralması anlamına gelen çeşitliliğin azalması da esnekliği ve böylece dış şartların değişmesine karşı uyum kapasitesini azaltır.

- 5- **Sürdürülebilirlik:** Tüm ekoloji biliminin özeti sayılabilecek bu kavram, doğanın, ekosistemin bütününden en küçük canlının yaşam koşullarına kadar, varlığını sürdürmesi anlamına gelir.

III. Sonuç

Çevre sağlığına ekolojik bir bakış açısıyla yaklaşırken, soracağımız soruların genel çerçevesini şu şekilde çizebiliriz: Bireyin ve/veya toplumun sağlığını olumsuz etkileyen bir çevre sorununu ele alırken önce kirleticinin fiziksel, kimyasal ya da biyolojik bir kirletici mi olduğunun ve fiziksel-kimyasal-biyolojik niteliklerinin tanımlanması; doğal çevreden mi, insan etkinliklerinden mi kaynaklandığının ortaya konması; insan etkinliklerinden kaynaklanan kirleticilerin doğada bulunan bir madde mi, laboratuarda üretilen sentetik bir bileşik, ya da radyoaktif bir izotop mu olduğunun anlaşılması gerekir. Daha sonra kirleticinin bulunduğu ortam ya da ortamlar (atmosfer, iç ortam havası, işyeri ortamı, içme suyu, akarsu ve göller, deniz, toprak, bitkiler, hayvanlar, gıdalar, canlı doku vb.) ve bu ortamlarda nasıl depolandığı, ne kadar süre kalıcı olduğu ve hangi mekanizmalarla temizlendiği anlaşılmalı; kirleticinin çevreye nereden yayıldığı (fabrika atıklarının deşarjı, baca gazı, egzoz gazı, atık depolama, atık yakma, atık ticareti, gıda üretim ve işleme süreçleri vb.), alıcı ortama nasıl ulaştığı ve atmosferde, akarsu, göl ve denizlerde ne ölçüde ve hangi şekillerde yayıldığı tespit edilmeli; kirleticiden ilgili topluluğun genelinin mi, yoksa belli bir yerde veya belli koşullarda yaşayanların, belli işyerlerinde çalışanların ya da bu işyerlerinin yakınında yaşayanların veya belli üretim süreçlerinin içinde ya da yakınında bulunanların mı etkilendiği ortaya konmalı; kirleticinin miktarı mümkünse hem deşarj noktasındaki (örneğin emisyon miktarı), hem de alıcı ortamdaki konsantrasyonu olarak belirlenmelidir.

Kirleticinin miktarı, uluslararası standartlarda gösterilen maruziyet eşik ya da sınır değeriyle karşılaştırılmalı, ancak kullanılan sınır değeri, yıllar içindeki değişimi göz önünde tutularak, birden fazla kaynak kullanılarak ve eleştirel biçimde ele alınmalıdır. İlgili kirleticiye maruz kalan topluluğun demografik özellikleri, özellikle risk grupları (çocuklar, hamileler, kronik hastalığı olanlar, yaşlılar, vb.) ve yer değiştirme paternleri belirlenerek değerlendirilmeli, insanların kirleticilere hangi yolla (solunum, sindirim veya cilt) ve hangi ortamlardan (içme suyu, toprak, tarımsal ürünler, gıda, dış veya iç ortam havası, ev veya işyeri, akarsu, göl ya da deniz suyu ve bu ortamlarda yakalanan/yetiştirilen su ürünleri vb.) maruz kaldıkları ortaya konmalıdır. Bütün bu değerlendirmeler yapıldıktan sonra kirleticinin neden olabileceği sağlık sorunlarının, maruz kalma biçiminin oluşacak sağlık sorunlarının niteliği ve şiddetiyle bağlantısı ve canlı dokudaki olası birikim yolları da düşünülerek, değerlendirilmesi mümkün olacaktır.

Sorunun çözümü yine ekolojik yaklaşımla, ekosistemin işleyiş biçimi göz önüne alınarak, en az atık, en düşük risk ve önlem ilkesi göz önüne alınarak bulunmalıdır. Kalıcı Organik Kirleticiler, insan eliyle laboratuvarlarda, ya da bu tür maddelerin yakılmasıyla ikincil olarak üretilen ve tüm dünyaya yayılarak yaygın bir biyolojik birikime uğrayan ve ciddi sağlık sorunlarına yol açan sentetik kimyasal kirleticiler olarak, sorunun tanımlanmasından çözümüne kadar ekolojik bir yaklaşımın uygulanması gereken önemli ve özgün bir çevre sağlığı sorunu oluşturmaktadır.

** Biyolojik birikim sentetik kimyasallara özgü değildir, ancak başta bu kitabın konusu olan Kalıcı Organik Kirleticiler olmak üzere dokularda birikme kapasitesi yüksek kimyasallar, insanın ve tüm canlıların vücutlarında kimyasal kirleticileri ve radyoaktif izotopları kalıcı olarak taşımaları sonucunu doğurmuştur.*

Kaynaklar

1. Moeller DW. Environmental Health, 3rd Ed. Cambridge, Massachusetts: Harward University Press, 2005
2. Yassi A, Kjellst rm T, de Kok T, Guidotti TL. Basic Environmental Health. New York: Oxford University Press, 2001
3. Ponting C. A New Green History of the World: The Environment and the Collapse of Great Civilizations, Rev. Ed. USA: Penguin Books, 2007
4. Freese B. Coal: A Human History. USA: Penguin Books, 2004
5. Fagan B. The Long Summer: How Climate Changed Civilization. London: Granta Books, 2004
6. Crosby AW. D nya Benimdir: Avrupa Ekolojik Emperyalizmi 900-1900.  eviren: Bilgi Altınok, İstanbul: Kitap Yayınevi, 2004
7. NOAA. CO2 at NOAA's Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm. In: NOAA Earth System Research Laboratory Global Monitoring Division [online]. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/news/7074.html> Erişim: 10.08.2014
8. EPA. EPA: Greenhouse Gases Threaten Public Health and the Environment (Release date: 12.07.2009). In: EPA United States Environmental Protection Agency web site. <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/0/08D11A451131BCA585257685005BF252> Erişim: 10.08.2014
9. Connell DW. Basic Concepts of Environmental Chemisty, 2nd Ed. USA: Taylor and Francis Group, 2005
10. Caldicott H. N kleer Enerji   z m Değil.  eviren: Korol Diker, İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi, 2014
11. Mann ME, Kump LR. Dire Predictions: Understanding Global Warming. Portland: DK Publishing, 2009
12. Boughey AS. Fundamental Ecology. Scranton, Pennsylvania: Intext Educational Publishers, 1971
13. Commoner B. Closing Circle: Confronting the Environmental Crisis. London: Lowe and Brydon Ltd., 1971
14. Leopold A. A Sand County Almanac and Sketches Here and There. New York: Oxford University Press, 1989
15. Schaeffer DJ, Cox DK. Establishing Ecosystem Treshold Criteria. In: Costanza R, Norton BG, Haskell BD. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Washington: Island Press, 1992, s:157-169

2

Kimyasallar, Çevre ve Sağlık İlişkisi

Ali Osman Karababa

Kimyasallar, çevre ve sağlık ilişkisi

Ali Osman Karababa

Kimyasal maddelerden oluşan kocaman bir gezegende, dünyada yaşıyoruz. Dünyada var olan canlı ve cansız tüm varlıklar ve biz insanlar da dahil, kimyasallardan oluşuyoruz. Bu nedenle tüm yaşamımız boyunca kimyasallarla iç içeyiz ve onlardan etkilenmeye hazırız.

Eldeki kanıtlara göre çevresel faktörler Dünya Sağlık Örgütüne (DSÖ) bildirilen tüm hastalıkların %80'den fazlasından sorumlu olup, dünyadaki tüm ölümlerin %25'i yine çevresel nedenlere atfedilebilmektedir (1).

Environmental Protection Agency (EPA) verilerine göre ABD'de kayıtlı kimyasal sayısı 80 000 olup, her yıl bu sayıya 2000 yeni kimyasal katılmaktadır (2,3). Bu kimyasallar tüm sanayi sektörlerinde, gıda ürünlerinde, kişisel bakım ürünlerinde, farklı alanlarda kullanılan temizlik ürünlerinde ve daha sayılamayacak kadar çok geniş yelpazede kullanılmaktadır. Bunun bir farklı anlamı da çok sayıda değişik kaynaktan alıcı ortamlara ulaşp, bu ortamlar aracılığıyla veya besin döngülerine girip tüketilen gıdalarla başta insanlar olmak üzere tüm canlılara ulaşabiliyor olmalarıdır.

Ancak bu kimyasalların çoğunun çevre ve sağlığımız üzerindeki etkilerini bilmiyoruz. Bunlara üretim, dağıtım, depolama, kullanım ve bertaraf süreçlerinde veya bunlar toprak, su ve havamızda kirletici olarak yer aldıklarında maruz kalmaktayız (3).

ABD'nde kimyasallara maruz kalma ile ilişkilendirilen kurşun zehirlenmesi, astım, kanser ve gelişmeyle ilgili engellilikler gibi çocukluk dönemi sorunlarının maliyetinin 54 milyar dolardan fazla olduğu bildirilmektedir (4). Kimyasallara evlerde, okullarda, işyerlerinde ve toplumsal yaşamın olduğu her yerde maruz kalmaktayız. Bu maruz kalışların belirlenmesi ve kontrolü zordur (4).

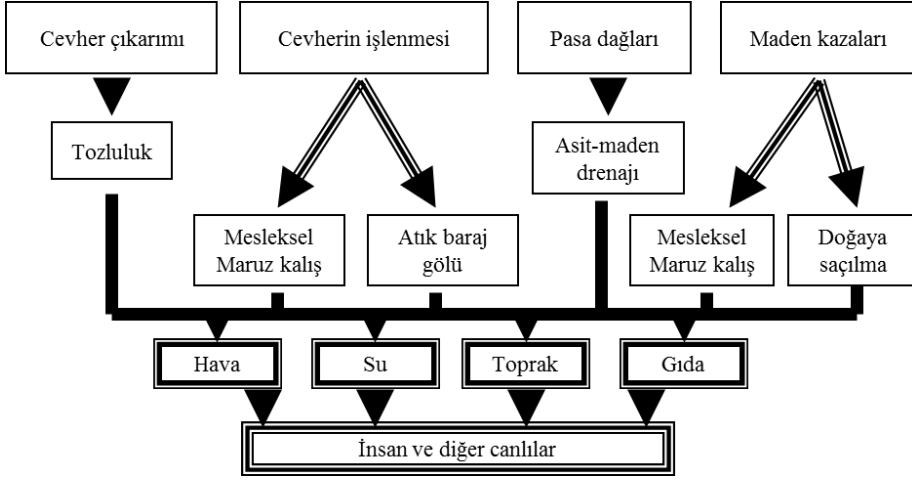
Ayrıca kazalar sonucu da kimyasallara maruz kalılabilmektedir. Dünyada çok sayıda kişinin ölümüne ve hastalanmasına neden olan yine çok sayıda endüstriyel kaza gerçekleşmiştir ve gerçekleşmeye de devam etmektedir. Bunların en bilinenlerinden birisi de Hindistan'ın Bhopal kentinde 1984 yılında gerçekleşen kazadır. Tarım ilacı üreten bir fabrikada olan toksik kimyasal (metilizosiyanat) sızıntısı sonucu 500.000 kişi etkilenmiştir. Etkilenenlerin 3800'ünün hemen kaza sırasında öldüğü, sonraki günlerde ölenlerle sayının 10.000-20.000 kişiye ulaştığı bildirilmiştir. İzleyen 20 yılda 20.000 kişinin daha öldüğü ve 120.000 kişinin de ciddi sağlık sorunları bulunduğu bildirilmektedir (5).

Günümüzde, kanser nedeni olarak bilinen en azından 150 kimyasal ve biyolojik etken vardır. Bunların çoğu çalışma ortamında bulunmakta ve kansere neden olmaktadır. Bu etkenlere maruz kalış, daha güvenli malzemenin kullanılması, kapalı çalışma ortamı oluşturulması, havalandırma gibi koruyucu önlemler alınarak önlenabilir (6).

Maden işletmeleri kullandığı teknoloji ve kimyasallar nedeniyle çevre ve insan sağlığına ciddi boyutlarda zarar verir. Maden işletmeleri, kapasitelerinin büyüklüğü, cevherin çıkarılmasında kullanılan yöntemler ve cevherin işlenmesi süreçlerinde kullanılan kimyasal teknikler göz önünde bulundurulduğunda genel olarak çevre mevzuatımızda birinci sınıf gayrisihhi (insan sağlığına ve çevreye en çok zarar veren) müessese olarak nitelenirler.

Maden cevherinin çıkarılması ve işlenmesi sürecinde en önemli sorunlardan birisi de alıcı ortamlara ağır metal karışmasıdır. Şirketlerin çevre etki değerlendirme raporları gözden geçirildiğinde, işlenen cevherin içinde, elde edilmek istenen maden yanında başta arsenik olmak üzere kurşun, cıva, antimon, kobalt, çinko vb. metal ve metaloid bileşiklerinin de bulunduğu görülmektedir. Şekil 1'de görülen akış içinde alıcı ortamlara ulaşması ve buradan da insanlar ve diğer canlılar tarafından alınması söz konusudur. Sözü edilen ağır metallerin insan sağlığı üzerinde farklı organ ve dokularda kanser oluşumuna kadar giden çok ciddi etkileri bulunmaktadır.

Şekil 1. Maden çıkarılması ve işlenmesi sürecinde ağır metal kirliliğinin oluşumu

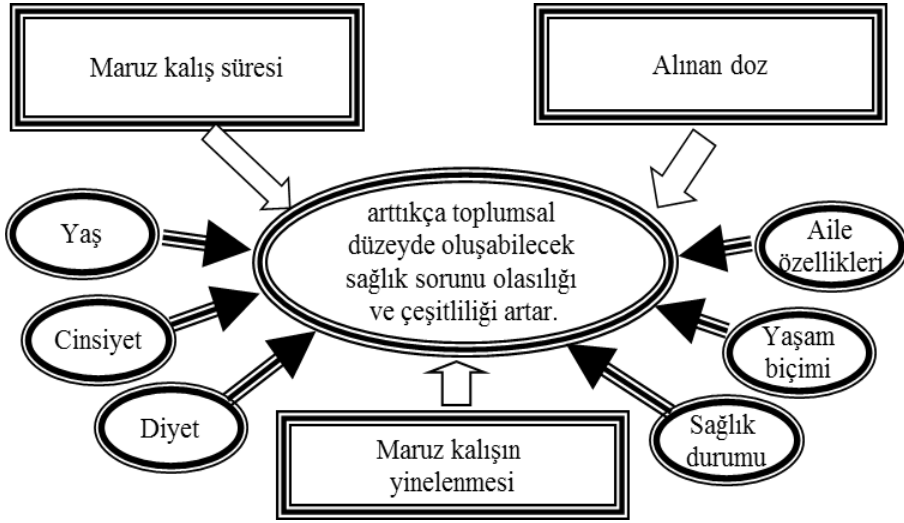


Altın madeni işletmelerinde cevherden altının ayrıştırılmasında ister kapalı sistem isterse açık sistem (yığın liçi) uygulamalarında olsun sodyum siyanür kullanılmaktadır. Sodyum siyanür cevherin içinden mikron düzeyinde ölçülebilen büyüklükteki altını ayırırken aynı zamanda cevherin içindeki zararsız ağır metal bileşiklerini de parçalayıp zararlı element formuna dönüştürmekte ve altın karışımının içinden alındıktan sonra bunlar atık baraj gölünde depolanmaktadır.

Diğer yandan kimi maden cevheri çıkarılan alanlarında sülfütlü minerallerin bulunması nedeniyle asit-maden drenajı (asit-kaya drenajı) adı verilen bir olay gerçekleşmektedir. Bu süreçte sülfütlü minerallerin içindeki kükürt nemli ortamda bakteriyolojik katkılarla sülfrik asite dönüşerek pasa yığınları içindeki arsenik, kurşun, cıva, antimon, kobalt, çinko vb. metal ve metaloidlerin zararsız bileşik yapılarını bozarak zararlı element formuna dönüştürür (7). Yağmur suları ile pasa dağlarının yıkanması sonucunda, söz konusu metal ve metaloidler, üzerinde yığılı bulundukları toprağa ve bu toprak kitlelerinin içinde bulunan yeraltı su kaynaklarına (akifer) ulaşır kirletirler. Sonuçta bu suyu içmek ve kullanmak durumunda olan toplumlarda tüketilen suyun kirlilik düzeyine (alınan doz), bu suyun tüketilme süresine ve bu sürecin tekrarlanma sıklığına bağlı olarak

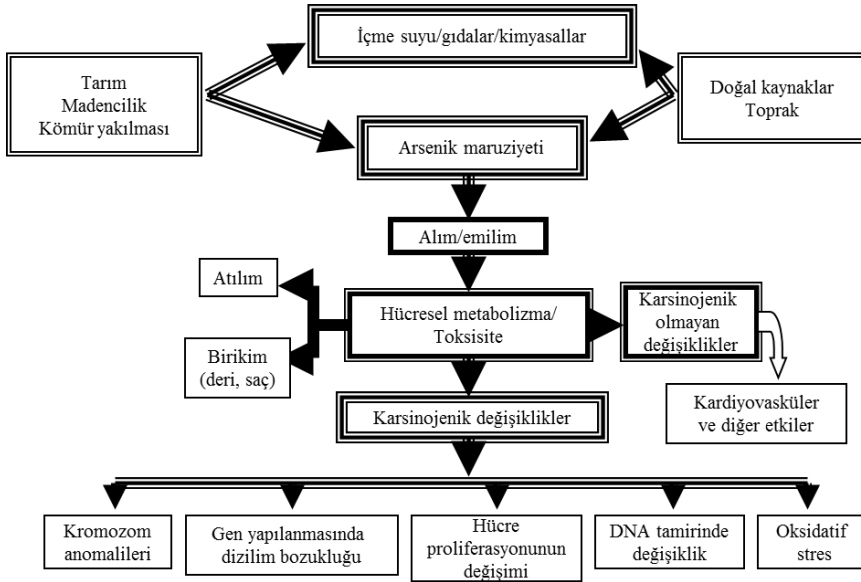
artan oranda sağlık sorunlarının ortaya çıkması beklenir. Bireysel zellikler ise sonucun olumsuzluğunu artıran veya azaltan faktörler olarak rol oynarlar (ekil 2).

Şekil 2. İnsanın evresel etkenlerden etkilenmesini değiştiren faktörler (8)



Madencilik ve maden işletmelerinden kaynaklanan evre kirliliği tartışılırken kuşkusuz ilk akla gelen arsenik olmaktadır. Arsenik bileşikleri yer kabuğunda oldukça yaygın bulunduğundan, madencilik etkinliklerinde çevreye yayılan atıklar içinde başta gelmektedir. Yapılan araştırmalar arseniğin ciltte keratoz, renk değişikliği ve kanser; diyabet, özellikle alt ekstremitede periferik damar hastalığı (kılcal damar dolaşımını bozarak) ve buna bağlı olarak ayakta ülserasyon, self amputasyon ve gangren; erken doğum, ölü doğum ve kendiliğinden düşük; farklı sistem ve organ kanserleri gibi sağlık sorunlarına neden olduğunu göstermektedir (8). Şekil 3’de doğal ve yapay kaynaklardan su ve gıdalara geçip ve insanlar tarafından alındığında etkilenme ve toksisite yollarının neler olduğu ve nasıl sağlık sorunlarına yol açtığı görülmektedir (9). Bu etkileşim sonucunda kanser gelişimi üzerine yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalardan bazılarının zeti Tablo 1’de görülmektedir.

Şekil 3. İnsanlarda arsenik'e maruz kalış kaynakları ve değişik arsenik toksisitesi yolları (9)



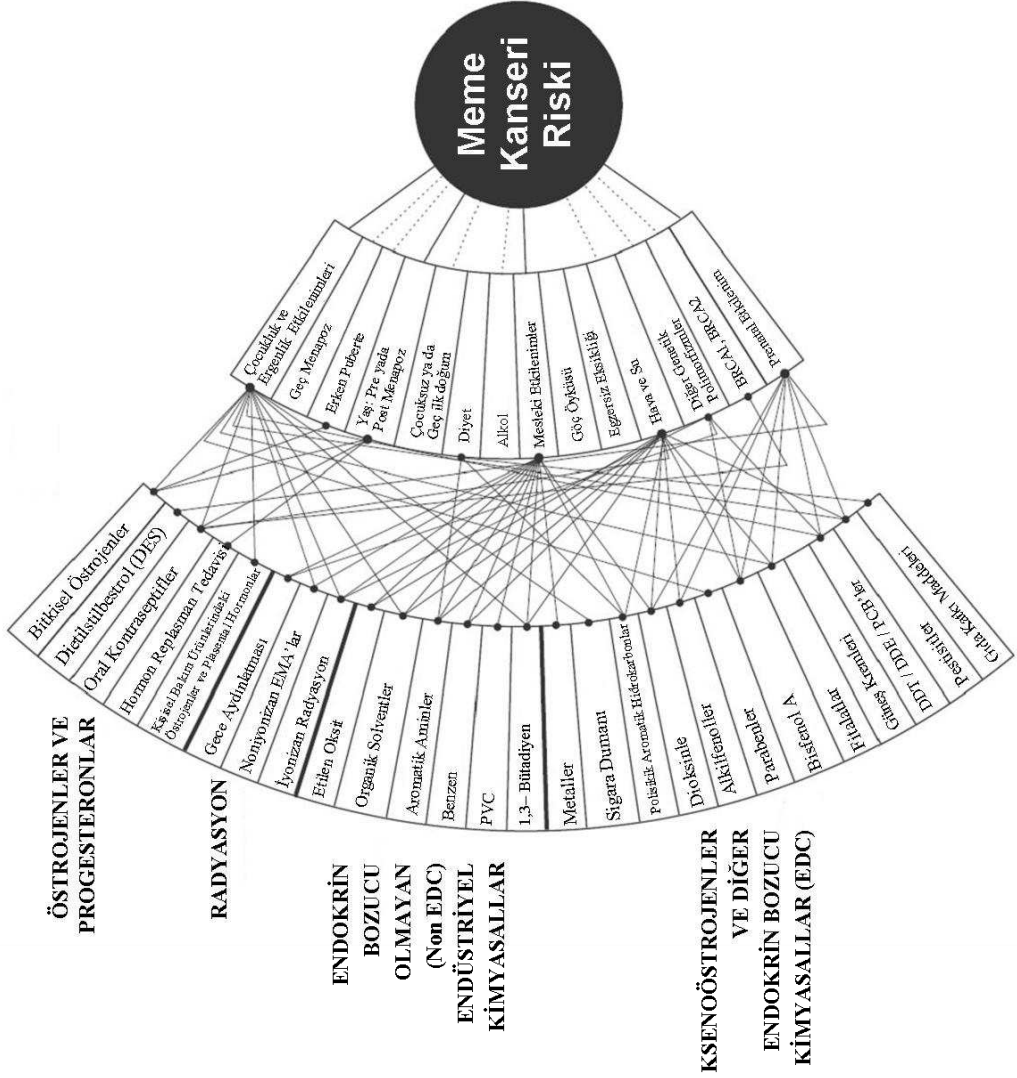
Tablo 1. Arseniğe maruz kalmaya bağlı kanser oluşumu üzerine yapılmış farklı araştırma sonuçlarının özeti (10)

Araştırma türü, ilk yazar, yıl	Kanserin görüldüğü organ						
	Deri	Mesane	Akciğer	Böbrek	Burun	Karaciğer	Prostat
Ekolojik araştırmalar							
Tseng 1968	x						
Wu 1989	x	x	x	x	x	x	x
Chen 1990	x	x	x	x	x	x	x
Guo 1997		x		x			
Hopenhayn-Rich 1996, 1998	x	x	x	x			
Smith 1998	x	x	x	x		x	
Kohort araştırmaları							
Cuzick 1992	x	x	x			x	
Tsuda 1995		x	x			x	
Chiou 1995		x	x				
Ölgu kontrol araştırmaları							
Bates 2004	x						

İnsanlar ve doğadaki hayvanlar her gün geniş çeşitlilikteki kimyasalı yiyeceklerle, su yoluyla, hava yoluyla ya da derilerinden absorbe ederek vücutlarına almaktadır. Aynı kimyasaldan etkilenim birden çok kaynaktan olabilir. Örneğin hava, su, gıda yoluyla ya da bir ürünün kullanılmasıyla bir kimyasal madde vücuda alınabilir. Tüm alınan kimyasalın kümülatif birikimi sonuçtaki sağlık etkisine sebep olmaktadır. İnsanlar farklı topluluklar halinde yaşarlar ve sağlık, beslenme ve sosyal durumları farklılık gösterir. Sağlık ve yaşam biçimi değişkenleri kimyasallarla birleşir ve bunlara sosyal faktörler de eklenir ve sonuç olarak bir kimyasaldan etkilenimin sağlık sonuçları tüm bu nedensellik içinde oluşur. Bu bağlamda meme kanseri nedenselliği incelendiğinde (Şekil 4) radyasyon, östrojen ve progesteronlar, endokrin bozucu olan ve olmayan kimyasallar gibi etkenlerin yaşamın farklı evrelerinde, farklı yollardan süreci etkilediği; bunların yanında genetik nedenlerin, yaşam biçiminin, mesleğin, beslenme alışkanlıklarının, göç öyküsünün varlığının, hava ve su kirliliğinin de meme kanseri oluşumuna katkıda bulunabileceği görülmektedir.

Ne yazık ki, risk değerlendirmeleri sadece bir kimyasalın belli bir zamandaki durumunu inceler ve yukarıda çizilen büyük resmi ihmal eder. Çoklu kimyasal ajanlara olan bu kombine edilmiş etkilenim gözardı edildiğinde kimyasalın oluşturabileceği sağlık etkileri de hafife alınıp gözden kaçırılmış olur. Bu nedenle çok kaynaklı ve kombine kimyasal etkilenim ve diğer katkıda bulunun faktörler gözönüne alınarak değerlendirmeler yapılmalıdır (11).

Şekil 4. Meme kanseri nedenselliğinin karmaşıklığı. (11)



Not: Çizgiler, risk faktörleri ve etkilenimlerle, meme kanseri arasındaki pek çok ilişkiyi işaret etmektedir.

Kaynaklar:

1. Prüss-Üstün A, Corvalan C. Preventing Disease Through Healthy Environment. WHO, 2006.
Chemical Toxicity Testing Going Digital
<http://www.epa.gov/sciencematters/june2011/toxicity.htm>
Erişim tarihi : 12.4.2014
2. About The NTP <http://ntp.niehs.nih.gov/?objectid=7201637B-BDB7-CEBA-F57E39896A08F1BB>
Erişim tarihi : 12.4.2014
3. ATSDR. Safeguarding Communities from Chemical Exposures. 2007.
4. Broughton, E. The Bhopal disaster and its aftermath: A Review Environmental Health: A Global Access Science Source 2005, 4:6.
5. WHO. Global Health Risks. Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks. 2009.
6. Toxicological Profile for Arsenic. U.S. Department of Health and Human Services, 2007.
7. Roy P., Saha A. Metabolism and toxicity of arsenic: A human carcinogen. Current Science, Vol. 82, No. 1, 10 January 2002.
8. Arsenic in Drinking Water. National Research Council, Subcommittee on Arsenic in Drinking Water, p.85, 1999.
9. UN. Climate change.
<http://www.un.org/en/globalissues/climatechange/>
Erişim tarihi: 1.11.2013
10. Janssen S, Sass J, Schettler T, Solomon G. Strengthening Toxic Chemical Risk Assessments to Protect Human Health. NRDC ve SEHN, 2012.
11. Gray, J. State of evidence 2010. Breast Cancer Fund.
<http://www.breastcancerfund.org/assets/pdfs/publications/state-of-the-evidence-2010.pdf>
Erişim tarihi 1.11.2013

3

Kalıcı Organik Kirleticilere Genel Bakış

Hür Hassoy

Kalıcı Organik Kirleticilere Genel Bakış

Hür Hassoy

Sentetik kimyasallar, laboratuvarlarda yirminci yüzyılın başından beri üretilmektedir. Özellikle 1940'lar ve 1950'lerden sonra sayıları hızla artmıştır. Artık dünyada her yerde ve her insanın dokusunda bu kimyasallara rastlamak mümkündür. Okyanuslar, hava, toprak, bitkiler, hayvanlar ve insanlar elli yıldır büyük ve kontrolsüz bir kimya deneyinin gönülsüz katılımcılarıdır. Kimyasal devrim; ekin zararlılarını ortadan kaldırarak ve tarım ürünlerinde verimliliği arttırarak insanlığa geçici yararlar sağlamıştır. Ancak, ekolojik döngülere çok büyük zararlar vermiştir. Kimyasallar, doğaya bir defa salındıktan sonra toksik reaksiyonlara neden olur. Yıllarca çevrede kalarak, kullanıldıkları yerlerden binlerce kilometre öteye taşınıp, uzun vadede sağlığı ve ekolojik yaşamı tehdit etmektedir (1). Yaygın olarak kullanılan kimyasal bileşikler, üretimleri sırasında işyeri ortamını, üretim ve kullanımları sırasında da hava, su ve toprağı kirletmektedir. Kimyasal kirleticiler, esasında doğada, canlı organizmalarda bulunmayan, canlı dokuda yeri ve işlevi olmayan, biyolojik olarak yabancı maddelerdir. Bu maddeler; metabolizmayı bozar, hormon gibi davranır, hücre gelişimine ve üreme sistemine zarar verir. Kanser gelişimine neden olarak sağlık üzerinde zararlı etkiler oluşturur (2).

Kimyasal maddelerin, özellikle kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar) olarak adlandırılan bir sınıfı endişe uyandırmaktadır. Bu sınıf, üzerinde nispeten daha iyi çalışılmış, zararlı etkileri bir ölçüde bilinen, yapı ve davranış biçimleriyle insan sağlığı ve çevre için diğerlerine göre çok daha ciddi tehdit oluşturma özelliğine sahip olan maddelerden oluşmaktadır (2). Farklı kimyasal ailelerden gelen binlerce KOK bulunmaktadır. Örneğin teorik olarak klorlanma düzeyleri ve pozisyonlarına göre farklılaşan 209 poliklorlubifenil bulunmaktadır. KOK'lar uzun yarı ömürlüdür. Toprakta, suda ve havada bulunurlar. Çevre'de kalıcı etki gösterirler. KOK'ların yarı ömürleri ile belirlenen "kalıcılık" özelliğı ile ilgili herhangi bir görüş birliğı olmamakla birlikte, pratikte on yıllarca toprakta ve birkaç gün de atmosferde kalabilmektedirler. KOK'lar tipik olarak su sevmeyen (hidrofobik) ve yağ

seven (lipofilik) kimyasal maddelerdir. Canlılarda lipitlerin yapısına girerek yağ dokusunda depolanırlar. Yavaş yıkılmalarından ve besin zincirlerine girmelerinden dolayı canlılarda kalıcı özellik göstermektedirler. KOK'lar çevresel sıcaklıklarda gaz formuna geçebilirler. Toprak, bitki örtüsü ve sulardan uçucu hale geçen KOK'lar atmosfere karışıp, buharlaşma-çökelme döngüsü içinde, dirençli yapıları sayesinde çok uzak mesafelere de taşınır. Stabil yapıları ve uygun atmosfer koşullarında gaz formuna geçme eğilimleri uzun mesafelere taşınmalarına, yıkılmaya olan dirençleri ve lipofilik olmaları da besin zincirlerinde biyo-akümülyasyona neden olur. KOK'ların kalıcı olmalarının en önemli nedeni doğada yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmeleri ve yavaş yıkılmalarıdır (3).

KOK'ların sağlık ve çevre açısından riskleri değişkenlik göstermekle beraber dört ortak özellikleri bulunur (1).

- 1) Yüksek oranda toksiktirler.
- 2) Kalıcıdır, daha az toksik formlara dönüşmesi yıllar hatta on yıllar alır.
- 3) Buharlaşıp su ve hava yoluyla uzak mesafelere taşınırlar.
- 4) Yağ dokusunda birikirler (biyo-akümülyasyon).

Küresel anlamda KOK'ların yönetimi için belirli yasaklar dışında 90'lı yıllara kadar, ciddi bir adım atılmamıştır. Sanayi atıklarının yönetimi, bertaraf edilmesi, çevre ve insan sağlığına olabilecek zararları ve taşınımına ilişkin önlemler içeren Basel sözleşmesi, tehlikeli atıkları sınır ötesine taşımak ve bertaraf etmek üzere 5 Mayıs 1992'de yürürlüğe girmiştir. Türkiye, bu sözleşmeye 22 Haziran 1994 tarihinden beri taraftır. Bazı Tehlikeli Kimyasallar ve Pestisitlerin Uluslararası Ticaretinde Ön Bildirimli Kabul Usulüne Dair Rotterdam Sözleşmesi, 10 Eylül 1998'de imzalanmış, 24 Şubat 2004'te yürürlüğe girmiştir. Türkiye Rotterdam Sözleşmesi'ni aynı tarihte imzalamıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Yönetim Konseyi, 1995 yılında aldığı kararla, Uluslararası Kimyasallar Yönetimi Kuruluşu'ndan (IOMC) on iki KOK'un öncelikli olarak değerlendirilmesini talep etmiştir. Bu çalışma neticesinde, UNEP ilk etapta on iki kimyasal için uluslararası bağlayıcılığı olan bir anlaşma kararı almış (4), dünya ülkeleri 22 Mayıs 2001'de İsveç'in Stokholm kentinde bir araya gelmiştir. Kimyasalların üretimini, kullanımını, salınımını ve depo-

lanmasını ortadan kaldırmayı amaçlayan uluslararası anlaşmaya imza koymuştur. Stokholm Sözleşmesi olarak anılan bu anlaşma, ekolojik mücadele açısından çok önemli bir başarı olarak kayda geçilmiştir. Belirli on iki toksik KOK'un azaltılması ve ortadan kaldırılması ilk etapta hedeflenmiştir. Tespit edilen ilk on iki kimyasal "Onikiler Çetesi" (dirty dozen) olarak anılmıştır. Türkiye, Stokholm Sözleşmesi'ni 23 Mayıs 2001'de imzalamış ve kirleticilerin üretimi, taşınması, depolanması, çevreye salınması gibi konulardaki yükümlülüklerine 2006 yılında başlamıştır. 5871 sayılı kanun (Resmi Gazete: 14.04.2009, No.27200) (5), TBMM'nin onayından geçmiştir. Bakanlar Kurulunca kabul edilerek yayımlanmıştır (Resmi Gazete:30.07.2009, No.27304) (6). Sözleşme, 12 Ocak 2010 tarihinde Türkiye için resmen yürürlüğe girerek, ardından 17 Mayıs 2004'te de uluslararası yasa niteliğini kazanmıştır. Dünya genelinde 2014 itibarıyla 152 imzacı ve 179 taraf ülke bulunmaktadır. Harita 1'de Stokholm Sözleşmesine taraf olan ve olmayan ülkeler sunulmuştur.

Stokholm Sözleşmesi'nin beş önemli amacı şöyle sıralanmaktadır;

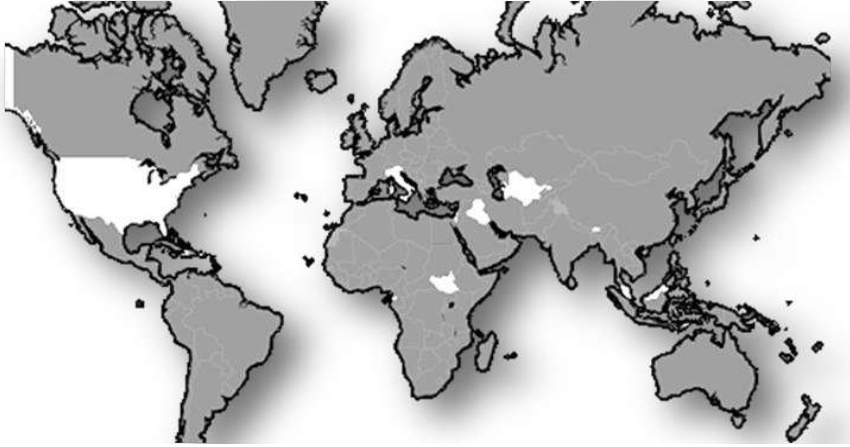
1. Tehlikeli KOK'ları elimine etmek
2. Daha güvenli alternatiflere geçişi desteklemek
3. Yeni KOK'ları kontrol altına almayı hedeflemek
4. KOK içeren eski ekipmanları ve stokları temizlemek
5. Dünya genelinde KOK'lardan temizlenmiş bir dünya için birlikte çalışmak

Sözleşmeye taraf olan ülkeler, "KOK İnceleme Komitesi"nin (POPRC; Persistent Organic Pollutants Review Committee) önerdiği kalıcılık, biyo-akümüleyasyon, çevrede uzun süre taşınabilme potansiyeli ve olumsuz sağlık etkileri gibi ölçütleri doğrultusunda yeni kimyasalların da bu listeye eklenebileceğini öngörmektedir (8).

Dördüncü taraf ülkeler konferansında (4-8 Mayıs 2009), dokuz yeni kimyasal sözleşmeye ilave edilmiştir. Beşinci taraflar konferansında ise (25-29 Mayıs 2011), endosülfan ve ilişkili izomerleri sözleşmeye eklenmiştir. Altıncı taraflar konferansında da (28 Nisan-10 Mayıs 2013) heksabromosiklododekan (HBCD) sözleşme kapsamına alınmıştır. Tablo 1'de KOK'ların Stokholm Sözleşmesine eklenme sırasına göre dağılımları sunulmuştur. Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP),

klorlu naftalinler (PCNs), heksaklorobutadien (HCBD), pentaklorofenol tuzları ve esterleri, (PCP), dekabromodifenileter (Deka-BDE) ve dikofolün durumu ise halen KOK İnceleme Komitesi'nde görüşülmeye devam etmektedir.

Şekil 1. Stokholm Sözleşmesine taraf olan ve olmayan ülkeler (7)



■ Taraf □ Taraf Değil

Tablo 1. KOK'ların Stokholm Sözleşmesi'ne eklenme sırasına göre dağılımları (9)

KOK	Eklenme Tarihi
Aldrin, klordan, DDT, dieldrin, endrin, heptaklor, heksaklorobenzen, mireks, toksofen, poliklorlubifeniller (PCBs), poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve poliklorlu dibenzofuranlar (PCDD/PCDF)	2001 yılında kabul edilen ilk on iki KOK
Alfa-heksaklorosikloheksan (α -HCH), beta-heksaklorosikloheksan (β -HCH), klordekon, heksabromobifenil, heksabromodifenil eter ve heptabromodifenil eter -ticari okta bromodifenil eter- (Ticari okta-BDE), lindan, pentaklorobenzen (PeCB), perflorooktan sulfonik asit ve tuzları ve perflorooktan sulfonil florid (PFOS), tetrabromodifenil eter ve pentabromodifenil eter (Ticari-Penta BDE)	4-8 Mayıs 2009

Endosülfan ve ilişkili izomerleri	25-29 Mayıs 2011
Hekzabromosiklododekan (HBCD)	28 Nisan - 10 Mayıs 2013
Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP), klorlu naptalinler (PCNs), heksaklorobutadien (HCBD), pentaklorofenol tuzları ve esterleri, (PCP), dekabromodifenileter (Deka-BDE), dikofol	KOK İnceleme Komitesi'nde görüşülenler

KOK İnceleme Komitesi, bir kimyasalın sözleşmenin ekli listesinde yer alabilmesi için, Stokholm Sözleşmesi'nin sekizinci maddesi uyarınca, taraf ülkelerce önerilen kimyasal maddeyi değerlendirir. Süreç beş adımda gerçekleşir. İlk adımda bir taraf ülke, bir kimyasalın Stokholm Sözleşmesi'nin A, B, C listelerinden birine girmesi önerisiyle komisyon sekreteryasına başvuruda bulunur. Sekreteryaya bilgileri inceler. Komisyonun görüşüne sunar. İkinci adım tarama fazıdır. Komisyon öneriyi inceler. Sözleşmeye ek D maddesinde belirtilen tarama kriterlerine göre incelemesini yapar. Üçüncü adımda ise komisyonca, öneriler yeterli görülmüşse taraf ülkeler ve gözlemcilerden ek E maddesine dayanarak önerinin incelenmesi ve kimyasal ile ilgili risk profilinin çıkarılması istenir. Komisyon, risk değerlendirme profiline dayanarak söz konusu kimyasalın uzun mesafeli taşınması sonucunda çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri olup olmadığına ve küresel düzeyde bir müdahalenin gerekli olup olmadığına karar verir. Dördüncü adımda, risk yönetimi değerlendirilir. Komisyon önerinin görüşülmesine devam edilmesi yönünde karar vermişse, taraf ülkeleri ve gözlemcileri ek F maddesinde belirtilen sosyo-ekonomik durumla ilgili değerlendirmenin yapılmasını ve bir risk yönetimi değerlendirmesinin geliştirilmesini ister. Beşinci ve son adımda kimyasalın ek A, B veya C listelerinde yer alıp almayacağına karar verilir (10).

Bir kimyasal maddenin ek A, B, C, listelerinde yayınlanması için taraf ülkelerin oy birliğine ihtiyaç vardır. Oy birliği sağlanamadığında kimyasallar söz konusu listelere alınmaz. Uzun süre listeye girmesi beklenen kimyasallar olabilmektedir. Bu noktada kimya endüstrisinin ve bazı ülkelerin ekonomik çıkarları doğrultusunda süreç uzayabilmektedir.

Stokholm Sözleşmesi kapsamında (on ikisi eski ve on biri yeni olmak üzere) yirmi üç kadar kalıcı organik kirletici kimyasal, özellikleri ve kullanım alanları dikkate alınarak üç ayrı grup altında toplanır.

1. Pestisitler
2. Sanayi kimyasalları
3. Kasıtsız üretimden kaynaklanan KOK'lar

KOK'lar ya güçlü bir pestisit ya da endüstriyel kimyasal olarak karışımıza çıkarlar. Bunların dışında kalan bir grup ise istemsiz olarak üretilenler, yani bir üretim sırasında yan ürün olarak çıkanlardır. Sözleşmenin ek'leri dikkate alındığında KOK'ların bir başka şekilde üç grupta sınıflandığı görülmektedir. Ek-A Bertaraf edilmesi ve yasaklanması gereken KOK'ların olduğu gruptur. Ek-B Sınırlama, kısıtlama gerektiren KOK'ların bulunduğu gruptur. Ek-C'de ise istemsiz üretilen ve azaltılması gereken KOK'lar bulunmaktadır. Stokholm Sözleşmesi ek'lerinde listelenen yirmi üç KOK, Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. KOK'ların Stokholm Sözleşmesi'nin eklerindeki yerlerine, türlerine ve CAS numaralarına göre dağılımı (1, 4)

Ek A Bertaraf, yasaklama			
Türü	KOK adı	Orijinal adı	CAS numarası
♣	Aldrin	Aldrin	30-9-00-2
♣/♦	Alfa heksaklorosikloheksan	Alfa hexachlorocyclohexane	319-84-6
♣/♦	Beta heksaklorosikloheksan	Beta hexachlorocyclohexane	319-85-7
♣	Klordan	Chlordane	57-74-9
♣	Klordekon	Chloredecone	36355-01-8
♣	Dieldrin	Dieldrin	60-57-1
♣	Endrin	Endrin	72-20-8
♣	Heptaklor	Heptachlor	76-44-8
♠	Hekzabromobifenil	Hexabromobiphenyl	36355-01-8
♠	Hekzabromodifenil eter ve Heptabromodifenil eter	Hexabromodiphenyl ether, Heptabromodiphenyl ether	68631-49-2 189084-68-2

♣/♠	Hekzaklorobenzen	Hexachlorobenzene (HCB)	118-74-1
♣	Lindan	Lindane	58-89-9
♣	Mireks	Mirex	2385-85-5
♣/♠	Pentaklorobenzen	Pentachlorobenzene	608-93-5
♠	Poliklorlu bifeniller	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	Farklı CAS numaralarına sahiptir
♣	Teknik Endosülfan ve ilgili İzomerleri	Technical endosülfan and its related isomers	115-29-7
♠	Tetrabromodifenil eter ve pentabromodifenil eter	Tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether	Farklı CAS numaralarına sahiptir
♣	Toksofen	Toxaphene	8001-35-2
Ek B Sınırlama, kısıtlama			
♣	DDT	DDT	50-29-3
♠	Perflorooktan sülfonik asit ve ilgili tuzları, Perflorooktan sülfonil florid	Perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl flüoride (PFOS), (PFOS-F)	Farklı CAS numaralarına sahiptir
Ek C İstemsiz üretim, azaltma			
♦	Dioksinler	Dioxins	Farklı CAS numaralarına sahiptir
♦	Furanlar	Furans	Farklı CAS numaralarına sahiptir
♦	Hekzaklorobenzen	Hexachlorobenzene (HCB)	118-74-1
♦	Poliklorlu bifeniller	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	Farklı CAS numaralarına sahiptir
♦	Pentaklorobenzen	Pentachlorobenzene	608-93-5

♣Pestisit ♠Endüstriyel kimyasallar ♦Yan Ürünler

KOK'ların geçmişte kullanım alanları (1, 4, 11, 12)

Aldrin: Termitler, çekirgeler, mısır kök kurdu ve diğer böcek zararlılarını öldürmek için toprağa uygulanan bir pestisit.

Alfa heksaklorosikloheksan: İnsektisit olarak kullanımı yıllar önce aşamalı olarak durdurulmuştur. Ancak bu kimyasal lindan üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır (Bir ton lindan üretimi sırasında altı ile on ton arasında alfa-heksaklorosikloheksan ortaya çıkmaktadır).

Beta heksaklorosikloheksan: Alfa ile aynı kullanım şekline ve özelliklere sahiptir.

Klordan: Termit kontrolünde yoğun olarak kullanılmıştır. Çeşitli tarım ürünleri için geniş spektrumlu böcek öldürücü olarak kullanılmıştır.

Mireks: Daha çok karınca türü böceklerle uygulanan bir böcek öldürücüdür. Ayrıca alev geciktirici olarak da plastik, lastik ve elektrik ekipmanlarında kullanılmıştır.

Klordekon: Mireks ile kimyasal olarak ilişkili bir sentetik, klorlu organik bileşiktir. Bu kimyasal esas olarak 1950'lerin başlangıcında zirai pestisit olarak kullanılmıştır. Günümüzde üretimi yoktur.

Dieldrin: Esas olarak termitler ve tekstil zararlılarını kontrol etmek için kullanılan dieldrin, böcek kaynaklı hastalıklar ve tarım yapılan topraklarda yaşayan böceklerin kontrolü için kullanılmıştır.

Endrin: Pamuk ve tahıl gibi bitkilerin yaprakları üzerine püskürtülmektedir. Aynı zamanda, fareler, tarla faresi ve diğer kemirgenleri kontrol etmek için de kullanılmaktadır.

Lindan: Ektoparazitlerle savaşıma konusunda hem tarım hem de hayvancılık için geniş çapta kullanılmaktadır. Son zamanlarda üretimi çok az yerde devam etmektedir.

Heptaklor: Öncelikle toprak böcekleri ve termitleri öldürmek için kullanılan heptaklor daha sonra pamuk böcekleri, çekirgeler, diğer ekin zararlıları ve sıtma taşıyan sivrisinekleri öldürmek için daha yaygın olarak kullanılmıştır.

Hekzabromobifenil: Endüstriyel bir kimyasaldır. Esas olarak 1970'lerde alev geciktirici olarak kullanılmıştır. Son zamanlarda kullanımı ve üretimi gözlenmemiştir.

Hekzabromodifenil eter ve heptabromodifenil eter: Tetra, penta, hekza ve hepta BDE'ler içeren polibromodifenil eterler, organik maddelerin yanmasını bastırmakta ya da inhibe etmektedir. Okta BDE

üretiminin ana komponentleri olarak geçen bu organik kimyasallar, iş ekipmanlarının muhafazalarında alev geciktirici olarak kullanılmaktadır.

Hekzaklorobenzen (HCB): Bir pestisit olmasının yanında, dioksinleri ve furanları doğuran kimyasal işlemlerin sonucunda, yan ürün olarak açığa çıkar. Bitki mantarlarının öldürülmesinde kullanılmıştır.

Pentaklorobenzen: Önceleri PCB'li ürünlerde ve fungusit olarak kullanılmıştır. Kimyasal ara madde olarak hala kullanılabilir (örnek: kuintozen üretimi). Ayrıca termik ve endüstriyel işlemler sırasında istenmeden üretilir. Bazı çözücülerin yapısında da bulunur.

Poliklorlu bifeniller (PCBs): Bu bileşikler, başlıca elektrik transformatörleri ve kapasitörlerinin içinde ısı alış veriş sıvısı olarak, ısı değişim sıvıları, boya katkı maddesi, karbonsuz kopya kağıtları, izolasyon maddeleri ve plastikler olmak üzere sanayi'de pek çok alanda kullanılmaktadır. PCB'ler, endüstriyel kimyasallar olmalarının yanı sıra, yan ürünlerdir.

Teknik endosülfan ve ilgili izomerleri: Kene ve akarlar için olan bir pestisit türüdür.

Tetrabromodifenil eter - pentabromodifenil eter: Yangın söndürücülerin içeriğine eklenmektedir.

Toksofen: Camphechlor olarak da adlandırılan bu böcek öldürücü; pamuk, tahıl taneleri, fındık, meyve ve sebzelere uygulanır. Ayrıca, çiftlik hayvanlarında kene ve akarları kontrol etmek için kullanılmaktadır.

DDT: En iyi bilinen KOK olan DDT, İkinci Dünya Savaşı sırasında vektörlerle bulaşan sıtma, tifüs gibi hastalıklara karşı asker ve sivilleri korumak için kullanılmıştır. Halen bazı ülkelerde sıtmayı kontrol etmek için uygulanmaya devam edilmektedir.

Perflorooktan sülfonik asit (PFOS), (PFOS-F): PFOS, kasıtlı olarak üretilir. Bazı pestisitlerin istenmeyen bir ayrışma ürünüdür. PFOS'un mevcut kasıtlı kullanımları şunlardır: Elektrik ve elektronik parçalar, yangın söndürme köpüğü, fotoğraf görüntüleme, hidrolik sıvılar ve tekstil.

Dioksinler: Bu kimyasallar eksik yanma nedeniyle ya da bazı böcek ilaçları ve diğer kimyasalların üretimi sırasında istenmeden üretilmektedir. Dioksin ek olarak, metallerin geri dönüşümü, kağıt hamuru yapımı ve kağıt beyazlatma süreçlerinde serbest kalabilmekte-

dir. Dioksin ayrıca otomobil egzozu, sigara dumanı, odun ve kömür dumanında da bulunmaktadır.

Furanlar: Bu bileşikler, dioksinlerin üretildiği süreçlerde istenmeden üretilir. Aynı zamanda PCB'lerin ticari karışımlarında bulunur. Atık yakma tesisleri ve otomobillerden salındıkları da gözlemlenmiştir. Furanların yapısal ve toksik özellikleri dioksinlere benzer.

Hekzabromosiklododekan: Plastik katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

KOK'ların üretimi ve kullanımı hakkında doğru ve güvenilir bilgi elde etmek güçtür. Küresel ölçekte kaynaklar ve emisyonlar hakkında çok az niceliksel bilgi mevcuttur. KOK'ların atmosferde ya da okyanuslarda taşınmasına ilişkin bilgilerimiz sınırlıdır. Doğru ve güvenilir bilgilerin elde edilmesi, KOK'ların kaderini etkileyecektir (13, 14).

Kaynaklar

1. United Nations Environment Programme. Ridding the World of Pops: A Guide To The Stockholm Convention On Persistent Organic Pollutants, 2010.
2. Şahin Ü, Alkoy S. Kalıcı Organik Kirleticiler ve Sağlık. İstanbul: Çevre İçin Hekimler Derneği, 2006.
3. Jones KC, de Voogt P. Persistent organic pollutants (POPs): state of the science Environmental Pollution 100 1999; 209 221.
4. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi Ulusal Uygulama Planı. Ankara, Şubat 2014.
5. Resmi Gazete [internet]. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi'nin Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair 5871 sayılı Kanun
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/04/20090414-19.htm>
Erişim 28 Mart 2014
6. Resmi Gazete [internet]. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi, Erişim 28 Mart 2014
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/07/20090730-2.htm>
7. UNEP. Stockholm Convention Protecting human health and the environment from organic pollutants.
<http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatories/tabid/252/Default.aspx> Erişim: Mayıs 2014
8. Persistent Organic Pollutants Edited by Stuart Harrad, Blackwell Publishing Ltd, 2010
9. UNEP. Stockholm Convention Protecting human health and the environment from organic pollutants.
<http://chm.pops.int/default.aspx> Erişim: Mart 2014
10. Handbook for effective participation in the work of the POPs Review Committee Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants United Nations Environment Programme International Environment House Geneva, Switzerland February 2009
11. Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response United States Environmental Protection Agency.
<http://www.epa.gov/international/toxics/pop.html>

Erişim: Mayıs 2014

12. Wikipedia The Free Encyclopedia

<http://en.wikipedia.org/wiki/Pops> Erişim: Mayıs 2014

13. Breivik K, Vestreng V, Rozovskaya O, Pacyna JM. Atmospheric emissions of some POPs in Europe: a discussion of existing inventories and data needs. *Environmental Science & Policy* 2006;9, 663e674.

14. Lohmann R, Breivik K, Dachs J, Muir D. Global fate of POPs: Current and future research directions *Environmental Pollution* 2007;150, 150e165.

4

Kalıcı Organik Kirleticilerin Temel Özellikleri

Seval Alkoy

Kalıcı organik kirleticilerin temel özellikleri

Seval Alkoy

Kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar), insan sağlığı ve çevre için zararlı olabilen kimyasal maddelerden bir sınıfı tanımlamak için kullanılan bir terimdir (1). Bu maddeler, karbon temelli organik bileşikler olup; “polisiklik aromatik hidrokarbonlar” ve “halojenli hidrokarbonlar” olmak üzere iki önemli alt grubu vardır. Halojenli hidrokarbonların içerdiği organoklorlu gruplar, bu bileşiklerin zor parçalanmalarına ve daha kalıcı olmalarına neden olmaktadır (2).

Suda düşük, yağda yüksek çözünürlüğe sahiptirler. Temel olarak insan eliyle üretilmiş bileşikler olup, bilinen en tehlikeli kimyasal zehirlerdir.

KOK'lar, çoğunlukla insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkar; yani antropojeniktirler. Temel olarak laboratuvarlarda sentez edilerek üretilen yapay kimyasallar olup; normal şartlarda doğada bulunmamaktadırlar. Ticari olarak üretilip pestisit (canlı kıran), gübre, gıda katkı maddesi, ilaç, deterjan, ambalaj, yapı malzemesi, yakıt veya hammadde olarak, sanayide ve günlük yaşamımız içinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Her yıl kimya endüstrisi tarafından piyasaya sürülen yeni kimyasal maddelerin sayısı bine yakındır. Bu kadar yaygın olarak kullanılan kimyasal bileşikler üretimleri sırasında işyeri ortamını, üretim ve kullanımları sırasında açığa çıkan atıklarla da hava, su ve toprağı, yani yaşadığımız çevreyi kirletirler.

KOK'lar, ticari olarak üretilmelerinin yanı sıra, endüstriyel süreçlerde veya yakma işlemlerinin sonucunda istenmeyen ürün veya atık olarak da açığa çıkarlar (1). KOK'lar, çevrede kalıcı olan, besin zinciri ile biyolojik olarak biriken ve yoğunlaşan; çevre ve insan sağlığı üzerinde istenmeyen etkilere yol açan kimyasallardır. Bu bileşiklerin çoğu büyük miktarlarda kullanılmış veya kullanılmakta olup; daha önce hiç üretilmedikleri ve kullanılmadıkları yerlere/uzun mesafelere taşınmaları nedeniyle tüm dünya için tehdit oluşturmaktadırlar (3).

Kimyasalların çevredeki davranışı, onların kimyasal ve fiziksel özellikleri ve çevrenin doğası/yapısı tarafından belirlenir. Fiziksel ve kimyasal özellikler de molekül yapıları ve moleküldeki atomların doğası/yapısı tarafından tayin edilir (2). KOK'ların aşağıda yer alan temel özellikleri de, sahip oldukları kimyasal ve fiziksel özellikleri tarafından belirlenir.

I. Kalıcı Organik Kirleticilerin Temel Özellikleri

Stokholm Sözleşmesine göre KOK'lar temel olarak aşağıdaki özelliklere sahip maddelerdir:

1. KOK'lar insan kaynaklıdır (antrophogenic).

İnsanlar tarafından üretilir ve/veya insan aktiviteleri sonucu çevreye salınırlar (1,4).

2. KOK'lar kalıcıdır (persistence).

Havada, toprakta, suda, sedimentlerde ve canlı ortamlarda bulunduklarında, kolay parçalanmazlar/bozunmazlar ve çevrede uzun süre kalırlar (1,3,4).

3. KOK'lar uzun mesafelere taşınabilirler (potential for long-range environmental transport).

Hava, su ve göçmen türler aracılığı ile çevrede uzun mesafelere taşınıp, kullanıldığı yerlerden/kaynağından uzakta bile endişe verici düzeylerde birikebilirler (1,3-5).

4. KOK'lar biyolojik olarak birikirler (bio-accumulation).

KOK'larla bulaşmış küçük türleri yiyen daha büyük canlı türlerinde (besin zincirinde) birikerek, çevrede biyolojik olarak endişe verici düzeyde birikirler. Özellikle balıklarda ve deniz memelilerinde yüksek düzeyde bulunurlar (1,3-5).

5. KOK'lar lipofiliktirler (lipophilic).

KOK'lar suda düşük-yağda yüksek çözünürlüğe sahiptirler. Canlı organizmalarda yağ dokusunda ve/veya yağlı dokularda depolanırlar (5).

6. KOK'lar insan ve çevre için son derece toksiktirler ve istenmeyen sonuçlara yol açabilirler (adverse effects).

Çevresel etkilenimin bir sonucu olarak, çevre ve/veya insan sağlığı üzerinde istenmeyen etkiler yol açma potansiyeline sahiptirler (1,4). Bu bileşikler, doğada bitki ve hayvanların büyüme ve gelişmesini etkiler; üreme yeteneğinde azalmaya, doğum kusurlarına, davranış değişikliklerine ve ölüme neden olabilirler. İnsanlar için kanserojen olduklarına ve endokrin ve bağışıklık sistem üzerinde bozucu etki gösterdiklerine dair kanıtlar söz konusudur (3). Bazı yazarlar, bazı KOK'ların insanlarda meme kanserinin etyolojisinde önemli bir risk faktörü olduğunu düşünmektedir (2).

II. Stokholm Sözleşmesi Kapsamındaki KOK'lar

KOK'lar, kaynaklarına göre üç farklı grupta değerlendirilir:

1. DDT gibi pestisitler
2. PCB'ler gibi endüstriyel kimyasallar
3. Dioksin gibi yanmayla açığa çıkan yan ürünler

KOK'lar sorununu çözmeyi amaçlayan uluslararası bir antlaşma olan Stokholm Sözleşmesi, en yaygın olarak kullanılan ya da açığa çıkan ve zararlı etkileri en iyi bilinen 12 kalıcı organik kirleticinin öncelikli olarak ortadan kaldırılmasını hedeflemiştir (4). Bu kimyasallar, üç grup içinde şöyle sıralanabilirler (Bunlardan Hekzaklorobenzen hem pestisit olarak kullanılır, hem endüstriyel bileşiktir, hem de atık olarak açığa çıkar; PCB'ler ise önemli bir endüstriyel bileşik olmakla birlikte atık olarak da açığa çıkarlar):

Pestisitler

- | | |
|-------------|---------------------|
| 1. Aldrin | 6. Endrin |
| 2. Klordan | 7. Dieldrin |
| 3. Mireks | 8. Heptaklor |
| 4. DDT | 9. Hekzaklorobenzen |
| 5. Toksafen | |

Endüstriyel Bileşikler

9. Hekzaklorobenzen
10. Poliklorlu Bifeniller (PCB'ler)

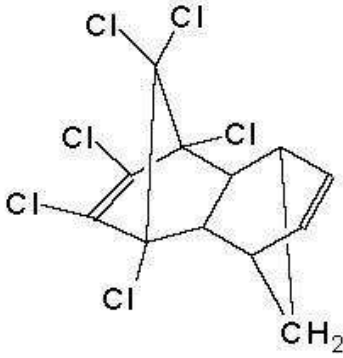
İstenmeyen Endüstriyel Yan Ürünler (Atıklar)

9. Hekzaklorobenzen
10. Poliklorinli Bifeniller (PCB'ler)
11. Poliklorlu Dibenzo-P-Dioksinler (Dioksinler)
12. Poliklorlu Dibenzo-P-Furanlar (Furanlar)

III. Stokholm Sözleşmesi Kapsamındaki KOK'ların Özellikleri

Aldrin (6,7)

Kimyasal Yapı



Molekül formülü $C_{12}H_8Cl_6$ olan Aldrin'in kimyasal ismi 1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4:5,8-dimethanonaphthalene'dir. Aldrec, Aldrex, Aldrex 30, Aldrite, Aldrosol, Altos, Compound 118, Drinox, Octalene, Seedrin vb. ticari isimler ile bilinen Aldrin, saf haldeyken beyaz renkte, kokusuz kristal şeklindedir.

Aldrin, beyaz karınca, tahıl kurdu, pirinç zararlıları ve çekirgeler gibi toprak böceklerinin kontrolünde kullanılan bir pestisittir. Mısır ve patates gibi ürünlerin beyaz karıncalardan etkin bir şekilde korunmasında yaygın olarak kullanılmıştır.

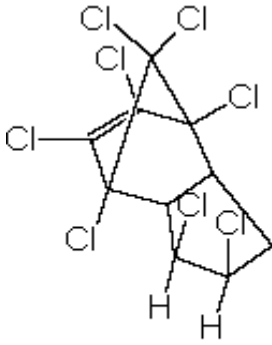
Aldrin, bitkiler ve hayvanlar tarafından hızla kimyasal olarak kendisine benzeyen Dieldrin'e metabolize edilir. Sonuç olarak, Aldrin kalıntıları bitki ve hayvanlarda nadir olarak çok küçük miktarlarda bulunur; saptanan Dieldrin ise her iki bileşiğin toplam yoğunluğunu gösterir.

Toprağa sıkıca tutunur ve yer altı sularına sızmaya karşı çok dirençlidir. Buharlaşıma, topraktan yok olmasında önemli bir yoldur. Dirençli yapısına ve sudan etkilenmemesine bağlı olarak Aldrin ve dönüştüğü diğer bileşikler, biyolojik olarak birikirler.

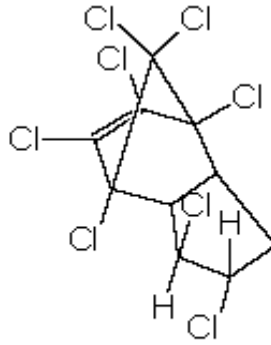
ABD’de 1950’lerden itibaren böcek öldürücü olarak kullanılmış, 1972’de bu amaçla kullanımından vazgeçilse de, 1987’ye dek karınca öldürücü olarak kullanmaya devam edilmiştir. 1987’de EPA tarafından tümüyle yasaklanmıştır.

Klordan (8,9)

Kimyasal Yapı



Cis



Trans

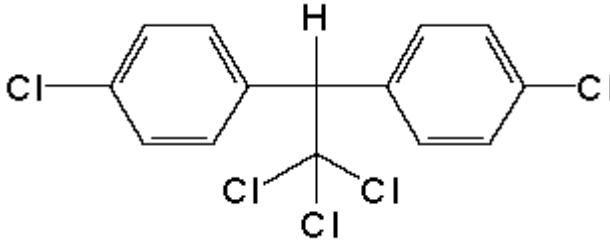
Molekül formülü $C_{10}H_6Cl_8$ olan Klordan’ın kimyasal ismi 1,2,4,5,6,7,8,8-octachloro-2,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methano-1H-indene’dir. Aspon, Belt, Chlориandin, Chlorkil, Chlordane, Corodan, Cortilan-neu, Dowchlor, HCS 3260, Kypchlor, M140, Niran, Octachlor, Octaterr, Ortho-Klor, Synklor, Tat chlor 4, Topichlor, Toxichlor, Veliscol-1068 vb. ticari isimlerle bilinen Klordan, yeşil-kahve renkte akışkan bir sıvıdır. Klorunkine benzeyen keskin bir kokusu vardır.

Klordan geniş etki alanına sahip bir böcek öldürücüdür. Sebzeler, tahıllar, mısır, yağlı tohumlar, patates, şeker kamışı, şeker pancarı, meyveler, fındık-ceviz, pamuk ve hint keneviri dahil olmak üzere tarımda yaygın olarak kullanılır. Ayrıca beyaz karıncaların yok edilmesinde de kullanılır. EPA tarafından ABD’de kullanımı 1988 yılında tümüyle yasaklanmıştır.

Toprakta 20 yıldan fazla kalabilen Klordan, suda az, organik çözücülerde iyi çözünür. Yarı buharlaşıcıdır ve bunun sonucu olarak atmosfere karışabilir. Kimyasal özellikleri nedeniyle uzun mesafelere taşınabilir ve buralardaki su, hava ve canlılarda tespit edilebilir.

DDT (dichlorediphenyltrichloroethane), DDE (dichlorediphenyldichloroethane) ve DDD (10,11)

Kimyasal Yapı



DDT

Molekül formülü $C_{14}H_9Cl_5$ olan DDT'nin kimyasal ismi 1,1'-(2,2,2-Trichloroethylidene) bis (4-chlorobenzene)'dir. Agritan, Anofex, Arkotine, Azotox, Bosan Supra, Bovidermol, Chlorophenothan, Chloropenothane, Clorophenotoxum, Citox, Clofenotane, Dedelo, Deoval, Detox, Detoxan, Dibovan, Dicophane, Didigam, Didimac, Dodat, Dykol, Estonate, Genitox, Gesafid, Gesapon, Gesarex, Gesarol, Guesapon, Gyron, Havero-extra, Ivotan, Ixodex, Kopsol, Mutoxin, Neocid, Parachlorocidum, Pentachlorin, Pentech, PPzeidan, Rudseam, Santobane, Zeidane, Zerdane vb. ticari isimler ile bilinen DDT, kokusuzdan hafif güzele kadar değişen bir kokuya sahip olup; renksiz kristal veya beyaz pudramsı görünümündedir.

DDT İkinci Dünya Savaşı sırasında, askerleri ve sivilleri sıtma, tifüs ve diğer vektörlerle bulaşan hastalıklara karşı korumak üzere dünyanın her yerinde kullanılmıştır. Savaştan sonra değişik tarımsal ürünlerin ve vektörlerle bulaşan hastalıkların kontrolunda kullanılmış olup; halen üretilmekte ve aynı amaçlarla bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Zararlı çevresel etkileri konusunda (özellikle yabani kuşlardaki) büyümekte olan endişeler, ciddi kısıtlamaları getirmiş ve 1970'lerin başında birçok gelişmiş ülkede yasaklanmıştır. DDT'nin

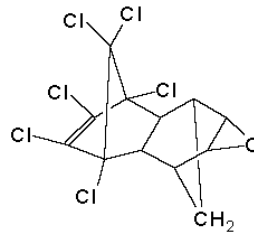
ABD’de 1972’de yasaklanmadan önceki en yaygın tarımsal kullanımı, pamukta olmuştur. Halen birçok tropikal ülkede sıtma ve tifüs ile mücadele programlarında yaygın olarak, doğrudan insanlara püs-kürtülerek kullanılmaktadır.

DDT, doğada uzun süre kalıcıdır, suda çözünmez; fakat organik çözücülerde iyi çözünür. Uygulandıktan 10-15 yıl sonra bile toprakta bulunur. Biyolojik olarak ileri derecede birikme-çoğalma özelliğine sahiptir. Suda çözünmeme, değişmeden kalma ve yarı baharlaşıcılık gibi kimyasal özellikleri nedeniyle atmosfere yayılır, uzun mesafelere taşınır ve DDT ve parçalanma ürünleri dünyanın her yerinde bulunur ve kalıntılara kutuplarda bile rastlanır.

Yağ dokusuna olan eğilimi nedeniyle DDT (ve parçalanma ürünleri) biyolojik birikim ile yağlı dokularda yoğunlaşmış olarak bulunur; dünyanın her yerinde yağlı gıdalarda tespit edilir ve besin zinciri ile insanlar tarafından alınır.

DDT’nin parçalanma ürünleri olan 1,1-dichloro-2,2-bis (4-chlorophenyl) ethane (DDD veya TDE) ve 1,1-dichloro-2,2bis (4-chlorophenyl) ethylene) (DDE) de çevrede her yerde bulunur ve asıl bileşikten daha kalıcıdır. Bu ürünlerden DDE’nin ticari kullanımı yoktur; ancak DDD de geçmişte pestisit olarak kullanılmış ve daha sonra yasaklanmıştır.

Dieldrin (7,12) **Kimyasal Yapı**



Moleküler formülü C₁₂

H₈Cl₆O olan Dieldrin’in kimyasal ismi 3,4,5,6,9,9-Hexachloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro-2,7:3,6-dimetanonaph[2,3-b]oxirene’dir.

Alvit, Dieldrite, Dieldrix, Illoxol, Panoram D-31, Quintox vb. ticari isimler ile bilinen Dieldrin, beyaz kristal veya solgun sarı renkli görünümde olup; kokusuz veya hafif kokuludur.

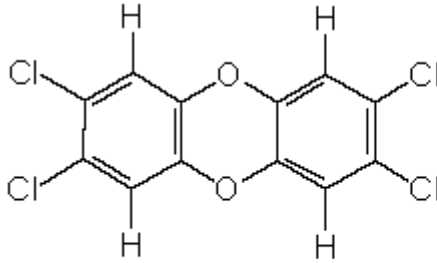
Diieldrin, tarımda toprak zararlılarının ve hastalıklara neden olan vektörlerin yok edilmesinde kullanılmıştır. Ancak vektörlere karşı kullanımı, çevresel ve insan sağlığı ile ilgili endişeler nedeniyle birçok ülkede yasaklanmıştır. Günümüzdeki temel kullanımı, beyaz karıncalar, tahtakurusu ve tekstil zararlılarına karşı mücadele ile sınırlıdır. Diieldrin toprağa sıkıca tutunur ve yer altı sularına karışmaya dirençlidir. Buharlaşıma, önemli bir topraktan yok olma mekanizmasıdır.

Diieldrin kalıntıları havada, suda, toprakta, balıkta, kuşlarda, insan dahil memelilerde ve insan sütünde tespit edilmektedir. Aldrin çevrede ve organizmalarda hızla Diieldrin'e dönüştüğü için, tespit edilen Diieldrin her iki bileşiğin toplam yoğunluğu kadardır.

Dioksinler ve Furanlar (13-15)

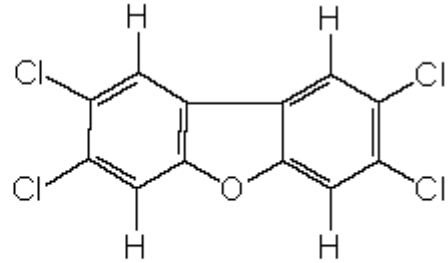
(Polychlorinated dibenzo - p - dioxinler (CDD'ler) ve Furanlar (CDF'lar))

Kimyasal Yapı



2,3,7,8-TCDD

Dioxin



2,3,7,8-TCDF

Furan

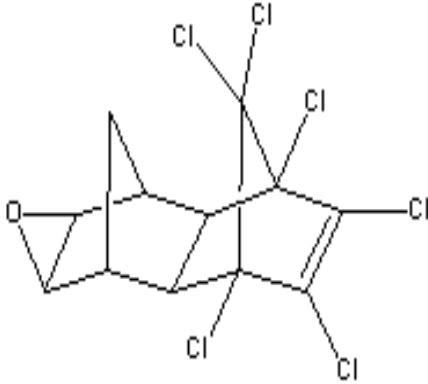
Dioxinler ve Furanlar, kimyasal yapıları ve özellikleri birbirine çok benzeyen iki grup bileşiktir. Dioksin'in olası 75 izomeri ve Furan'ın olası 135 izomeri vardır. Dioxin'ler saf haldeyken kristal yapıda ve kokusuzdur. Furanlar ise, kokusuz, solid yapıdadır.

Genellikle suda çözünmez; yağlara meyilli ve son derece kalıcıdır. Havaya salındıklarında uzak mesafelere taşınırlar ve dünya'nın her yerinde bulunurlar.

Dioksinler ve Furanlar ticari amaçla üretilmiş bileşikler değildirler ve bilinen kullanımları yoktur. Diğer kimyasal ürünlerin üretiminde istenmeyen yan ürün olarak açığa çıkarlar. Dioksinler, pestisitler ve diğer klorlu bileşiklerin yapımı sırasında çevreye salınabilirler. Furanlar ise temeldepoliklorlu bifenillerle (PCB) bulaşık olarak bulunurlar. Dioksinler ve Furanlar çeşitli atıkların yakılması ve kimyasal ürünlerin sentezi ve kullanımı ile bağlantılıdır. Hastane ve belediye atıkları ile tehlikeli atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan emisyonlarda, araba emisyonlarında, odun ve kömür yakılması sonucu oluşan dumanlarda Dioksinler ve Furanlar tespit edilmektedir.

Endrin (16,17)

Kimyasal Yapı



Molekül formülü $C_{12}H_8Cl_6O$ olan endrin'in kimyasal adı 3,4,5,6,9,9,-Hexachloro-1a,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro-2,7:3,6-dimethanonaphth[2,3-b]oxirene'dir.

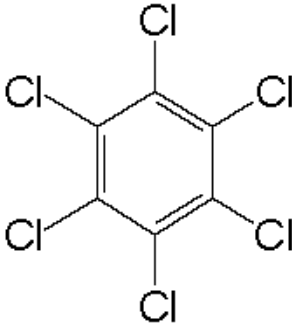
Compound 269, Endrex, Hexadrin, Isodrin Epoxide, Mendrin, Nendrin vb. ticari isimler ile bilinen Endrin, solid haldeyken beyaz renkte ve kokusuz; kristal haldeyken hafif kimyasal kokulu ve açık sarı-kahve renkli görünümündedir.

Endrin, pamuk ve tahıl gibi ürünlerde kullanılan bir böcek öldürücüdür. Aynı zamanda fare ve sıçanların yok edilmesinde de kullanılır. Hayvanlar tarafından hızla metabolize edilir; aynı yapıdaki benzer bileşiklerle aynı ölçüde yağ dokusunda birikmez.

Buharlaşma yoluyla atmosfere yayılabilir ve topraktan sızıp yüzey sularına karışabilir. Endrin'in topraktaki yarılanma ömrü, bölgesel koşullara bağlı olarak 12 yıla kadar uzayabilir. Suda çözünmemek, çevrede değişmeden kalmak ve yarı buharlaşıcılık gibi kimyasal özellikleri nedeniyle uzun mesafelere taşınabilir, kutuplarda bile tespit edilebilir. Endrin'e maruz kalmada toplum için ana kaynak gıdalardaki kalıntılardır.

Hekzaklorobenzen (HCB) (18,19)

Kimyasal yapı



Molekül formülü C_6Cl_6 olan HCB'nin kimyasal ismi Hexachlorobenzene'dir.

Amaticin, Anticarie, Bunt-cure, Bunt-no-more, Co-op hexa, Granox, No bunt, Sanocide, Smut-go, Sniecotox vb. ticari isimlerle bilinen HCB beyaz kristaller ya da şeffaf solid görünümündedir.

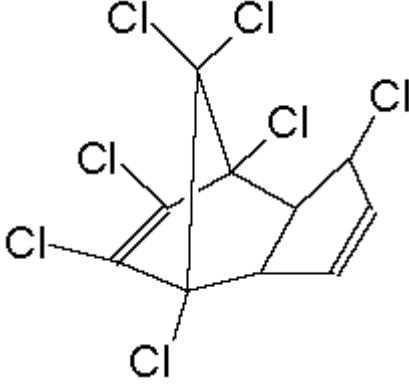
HCB ilk olarak 1945 yılında tohumların iyileştirilmesinde özellikle buğday mantarlarının kontrolü için kullanılmaya başlanmış bir fungusittir (mantar öldürücü). HCB, aynı zamanda karbon tetraklorür, perkloroetilen, trikloroetilen ve pentaklorobenzen de dahil olmak üzere endüstriyel kimyasalların üretiminde açığa çıkan bir yan ürünüdür.

HCB, suda çözünmeye karşı dirençli iken organik çözücüler içinde ise kolayca çözünür. Yarı uçuculuk özelliğinin bir sonucu olarak atmosfere yayılır ve uzak mesafelere taşınır. Parçalanmaya/ bozunmaya karşı ise son derece dirençlidir ve ileri derecede kalıcıdır. Yüzey sularında 3-6 yıl varlığını sürdürebilir. Çevrede her yerde bulunur ve

her tür gıdada saptanabilir; canlı organizmaların yağ dokusunda biyolojik olarak birikime uğrar.

Heptaklor (20,21)

Kimyasal yapı



Molekül formülü $C_{10}H_5Cl_7$ olan Heptachlor'un kimyasal ismi 1,4,5,6,7,8,8-Heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanol-1H-indene'dir.

Aahepta, Agroceres, Baskalor, Drinox, Drinox H-34, Heptachlorane, Heptagran, Heptagranox, Heptamak, Heptamul, Heptasol, Heptox, Soleptax, Rhodiachlor, Veliscol 104, Veliscol heptachlor vb. ticari isimlerle bilinen Heptaklor, kâfur benzeri kokulu, sarımsı beyaz renkte kristal veya mumsu katı (solid) yapıdadır.

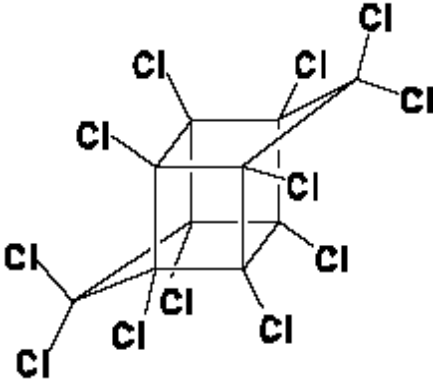
Heptaklor, asıl olarak toprak böceklerine ve karıncalara karşı kullanılan bir pestisittir. Ayrıca, pamuk böceklerine, çekirgelere, bazı tahıl böceklerine karşı ve sıtma ile savaşta da kullanılır.

Heptaklor suda zor, organik çözücülerde ise kolaylıkla çözünür. Buharlaşıma özelliğine sahiptir ve bunun sonucu olarak da atmosferde parçalanır. Sudaki sedimentlere kolayca tutunur; canlı organizmaların yağlı dokularında biyolojik olarak yoğunlaşır. Suda az çözünme, yüksek düzeyde kararlılık/değişmezlik ve yarı uçuculuk özelliklerinin bir sonucu olarak Heptaklor, uzak mesafelere taşınabilir. Bu nedenle kutuplardaki sularda ve canlılarda tespit edilmiştir. Heptaklor'un topraktaki yarılanma ömrü ılıman iklimlerde iki yılı bulur.

Bir parçalanma ürünü olan heptachlor epoksit, heptaklor kadar toksiktir ve hayvanların yağ dokusunda depolanır. Ayrıca, heptaklor epoksit de, heptaklor gibi kutuplardaki hava, su ve canlılarda saptanmaktadır.

Mireks (22,23)

Kimyasal yapı



Molekül formülü $C_{10}Cl_{12}$ olan mireks'in kimyasal ismi 1,1a,2,2,3,3a,4,5,5a,5b,6-dodecachloro-1,3,4-metheno-1H-cyclobuta[cd]pentalene'dir.

Dechlorane, Ferriamicide, GC 1283 vb. ticari isimlerle bilinen mireks, beyaz kristal görünümde, solid yapıda ve kokusuzdur.

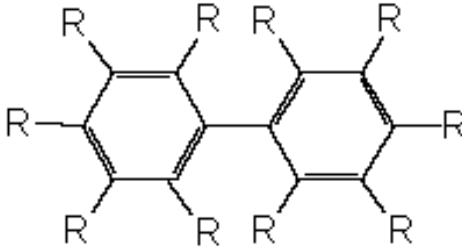
Mireks, çevrede doğal olarak bulunmayan, pestisit olarak üretilmiş kimyasal bir bileşiktir. Daha çok değişik tipteki karıncalara, yaprak kemirgenlerine ve eşek arılarına karşı kullanılmıştır. Ayrıca plastikler, kauçuk, boya ve elektrikli malzemelerde yanmayı geciktirici olarak da kullanılmıştır.

Mireks parçalanmaya karşı son derece dirençlidir, suda çözünmez ve biyolojik olarak birikme ve çoğalma gösterir. Suda çözünmemesine bağlı olarak sulardaki sedimentlere sıkıca tutunur. Mireks, 10 yılı aşan yarılanma ömrü ile en kalıcı ve dirençli pestisitlerden biri olarak bilinir.

Yağlı dokulara düşkünlüğü ile birlikte kalıcılığı, Mireks'in organizmalarda biyolojik olarak birikmesi için gereken koşulları sağlar. Mireks ile bulaşmış sularda yaşayan veya diğer bulaşık hayvanları yiyen balıklarda veya diğer canlılarda biyolojik olarak birikir. Atmosferde uzak mesafelere pek fazla taşınmaz. Toplumun geneli için Mireks'e maruz kalmanın temel yolu et ve balık başta olmak üzere besinlerdir.

Poliklorlu Bifenil'ler - (PCB'ler) (24,25)

Kimyasal yapı



Aroclor, Pyranol, Pyroclor, Phenochlor, Pyralene, Clophen, Elaol, Kanechlor, Santotherm, Fenchlor, Apirolino, Sovol vb. ticari isimlerle bilinen PCB'ler klorlanmış hidrokarbonlu bileşiklerdir ve bilinen 209 çeşidi vardır. PCB'ler yağlı sıvı ya da katı şekilde ve renksiz ya da açık sarı renktedir.

PCB'ler, 1930'dan beri elektrik endüstrisi, karbonsuz kopya kağıtları ve plastikler gibi geniş bir alanda kullanılmıştır. Kimyasal olarak inert, ısınmaya dirençli ve yanmaz oluşu, düşük buhar basıncı ve yüksek yalıtkanlığı PCB'lerin endüstriyel uygulamalarda yer almasına neden olmuştur. Transformatörlerde soğutucu veya kayganlaştırıcı olarak ve kolay yanmadıkları için yalıtkan olarak kullanılmışlardır.

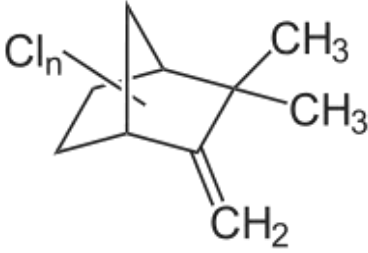
PCB'ler çevrede, suda çözünmüş olarak bulunmaktan ziyade, toprağın organik bileşenleri, sedimentler ve biyolojik dokular veya sucul sistemlerde dağılmış organik karbon şeklinde bulunurlar. PCB'ler düşük buhar basıncına rağmen yüzey sularından buharlaşırlar.

PCB'lerin toksik özelliklerini klor atomlarının sayısı ve konumu belirler. Suda az çözündükleri, ileri derecede kalıcı ve yarı uçucu ol-

dukları için uzak mesafelere taşınırlar ve bunun sonucu olarak da kutuplardaki hava, su ve canlılarda bile bulunurlar. İnsanlar genellikle PCB'lere gıdalar, özellikle de balıklar yoluyla maruz kalırlar.

Toksafen (26,27)

Kimyasal yapı



Molekül formülü $C_{10}H_{10}Cl_8$ olan Toksafen'in kimyasal adı da "Toxaphene" dir. Yüzlerce klorlu bileşikten oluşan bir karışımdır.

Alltex, Alltox, Attac 4-2, Attac 4-4, Attac 6, Attac 6-3, Attac 8, Camphechlor, Camphochlor, Camphoclor, Chemphene M5055, chlorinated camphene, Chloro-camphene, Clor chem T-590, Compound 3956, Huilex, Kamfochlor, Melipax, Motox, Octachlorocamphene, Penphene, Phenacide, Phenatox, Phenphane, Polychlorocamphene, Strobane-T, Strobane T-90, Texadust, Toxakil, Toxon 63, Toxyphen, Vertac 90% vb. ticari isimlerle bilinen Toksafen, sarı renkli, mumsu solid görünümde ve klor/terpen benzeri kokuludur.

Toksafen temel olarak pamuk, tahıl tohumları, meyveler ve sebzelerde kullanılan bir pestisittir. Ayrıca yaşam alanlarındaki kene ve uyuz böceklerinin, göllerde istenmeyen balıkların yok edilmesinde kullanılmıştır. Toksafen, 1949 yılında kullanılmaya başlanmış ve 1982 yılına kadar ABD'de böcek öldürücü olarak en yaygın kullanılan pestisitlerden biri olmuştur.

Suda çözünmez, topraktaki yarılanma ömrü, toprağın tipine ve iklime bağlı olarak 12 yıla kadar çıkabilir. Suda yaşayan canlılarda ve memelilerde biyolojik olarak yoğunlaşır ve atmosferde taşınır. Suda düşük çözünme, yüksek kalıcılık ve yarı buharlaşma gibi kimyasal özellikleri nedeniyle uzun mesafelere taşınır ve kutuplarda bile tespit edilir.

Toplumun geneli için temel maruz kalma yolu gıdalardır.

V. Yeni eklenen KOK'lar

Bu kimyasallar üç grupta toplanabilir (Bazıları yalnızca bir grupta yer alırken, bazıları birden fazla grupta yer almaktadır):

Pestisitler:

1. Alfa heksaklorosikloheksan
2. Beta heksaklorosikloheksan
3. Klordekon
4. Teknik Endosülfan ve izomerleri
5. Lindan
6. Pentaklorobenzen

Endüstriyel kimyasallar:

6. Pentaklorobenzen
7. Hekzabromobifenil
8. Hekzabromodifenil eter ve Heptabromodifenil eter
9. Perflorooctan sulfonik asit, Perflorooctan sulfonil florid ve tuzları
10. Tetrabromodifenil eter ve Pentabromodifenil eter (ticari pentabromodifenil eter)

İstenmeyen / yan ürünler:

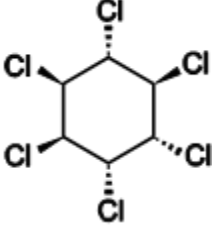
- (1.) Alfa heksaklorosikloheksan
- (2.) Beta heksaklorosikloheksan
- (6.) Pentaklorobenzen

Yeni KOK'lar ve özellikleri aşağıda sunulmuştur.

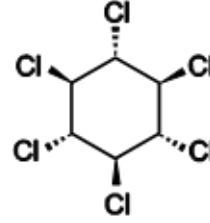
Alfa Hekzaklorosikloheksan (Alpha-HCH) ve Beta Hekzaklorosikloheksan (Beta-HCH) (28)

Alpha-HCH (Karar SC-4/10) ve beta-HCH (Karar SC-4/11) Ek A listesinde yer almaktadır

Kimyasal yapı



Alpha heksaklorosikloheksan



Beta heksaklorosikloheksan

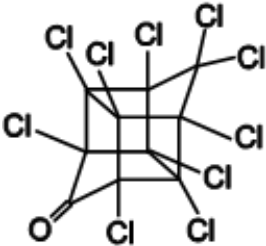
İnsektisit (böcek öldürücü) olarak kasıtlı üretimi yıllar önce aşamalı olarak durudurulmuş olmasına rağmen, alpha-HCH ve beta-HCH'nin kasıtsız üretimi, Lindan'ın üretimi sırasında istenmeyen / yan ürün (Lindan'ın yan ürünü) olarak hala devam etmektedir.

Alpha-HCH ve beta-HCH, günümüzde yalnızca Lindane üretimi sürecinde istenmeyen/yan ürün olarak açığa çıkarlar. Ayrıca, kontamine bölgelerden ve depolanma alanlarından da salınmaya (çevreye karışmaya) devam etmektedirler.

Klordekona (28)

Ek A listesinde yer almaktadır (Karar SC-4/12).

Kimyasal yapı



Ticari adı Kepone ve GC-1189 olan klordekon, kimyasal olarak Stokholm Sözleşmesi Ek A listesindeki pestisitlerden mireks ile ilgilidir.

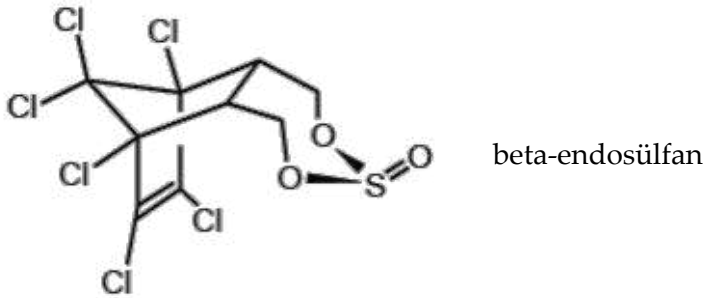
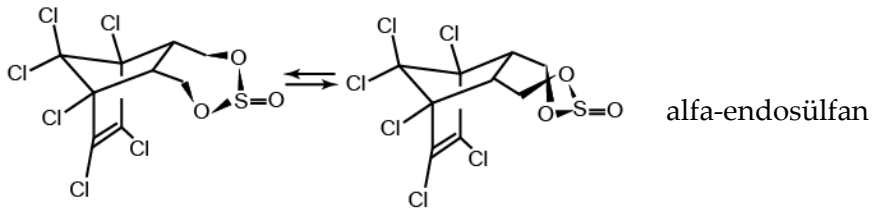
Klordekon, özellikle tarımsal pestisit olarak kullanılan, insan yapımı klorlu bir organik bileşiktir. İlk kez 1951 yılında üretilmiş ve 1958 yılında ticari olarak piyasaya sürülmüştür. Günümüzde kimyasal olarak üretimi ve kullanımı bildirilmemektedir.

Klordekon çevrede son derece kalıcıdır. Sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak biyolojik birikime uğrama ve yoğunlaşma potansiyeline sahiptir ve uzak mesafelere taşınabilir. Birçok ülke satışını ve kullanımını yasaklamıştır.

Teknik Endosülfan ve izomerleri (28,29)

Ek A listesinde yer almaktadır (Karar SC-5/3).

Kimyasal yapı



Endosülfan'ın iki izomeri vardır: alfa ve beta-endosülfan. Her ikisi de biyolojik olarak aktiftir. Teknik endosülfan ise temel olarak bu iki izomerin bir karışımıdır.

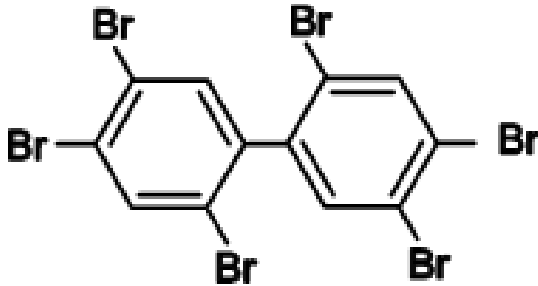
Geniş spektrumlu bir böcek öldürücü olarak endosülfan çok çeşitli zararlı canlıları kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. En büyük kullanıcıları Arjantin, Avustralya, Brezilya, Çin, Hindistan, Meksika, Pakistan ve ABD olup bunların dışında 21 ülke daha Endosülfan kullandığını bildirmiştir. Endosülfan kullanımı 60 ülkede yasaklanmış veya aşamalı olarak yasaklanacaktır. Ne var ki bu durumda bile, yasaklanacak miktar mevcut küresel kullanımın ancak %45'ini oluşturmaktadır.

Endosülfan'ın kimyasal ve kimyasal olmayan alternatifleri, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan pek çok ülkede mevcuttur. Bu alternatiflerin uygulamaya konduğu ülkelerde endosülfan yasaklanmıştır veya aşamalı olarak yasaklanacaktır. Bununla birlikte bazı ülkelere alternatiflerinin kullanımı zor ve/veya pahalıdır ve yasaklanması zaman alacaktır.

Hekzabromobifenil (28)

Ek A listesinde yer almaktadır (Karar SC-4/13)

Kimyasal yapı



FireMaster BP-6 ve FireMaster FF-1 ticari isimleri ile bilinen Hekzabromobifenil, bromlanmış bifeniller grubuna ait bir bromlanmış hidrokarbondur.

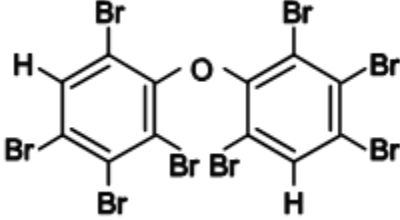
Hekzabromobifenil, yanmayı geciktirici olarak özellikle 1970'lerde kullanılmış endüstriyel bir kimyasaldır. Pek çok ülkede artık ne üretilmekte ne de kullanılmaktadır.

Bu kimyasal, çevrede son derece kalıcıdır; biyolojik olarak ileri derecede birikme ve uzak mesafelere taşınma özelliğine sahiptir. Yerine kullanılabilecek ucuz ve uygun alternatifleri vardır. Bu KOK'un kullanımını kısıtlayan pek çok ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler mevcuttur.

Hekzabromodifenil eter (hekzaBDE) ve Heptabromodifenil eter (heptaBDE) - Ticari oktabromodifenil eter - (oktaBDE) (28)

Ek A listesinde yer almaktadır (Karar SC-4/14); ancak kimi özel muafiyetlere sahiptir.

Kimyasal yapı



Hekzabromodifenil eter ve heptabromodifenil eter, ticari oktabromodifenil eterin temel bileşenleridir.

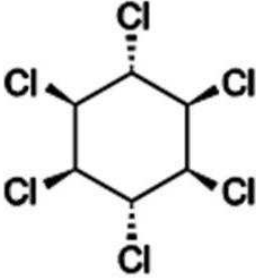
OktaBDE'nin ticari bileşimi son derece kalıcıdır. Biyolojik olarak ileri derecede birikme ve gıdalarda yoğunlaşma potansiyeline sahiptir ve uzak mesafelere taşınabilir. Parçalanması debrominasyon (hidrojenli aromatik halkada brom atomunun yer değiştirmesi) yoluyla olur ve bu esnada diğer bromodifenil eterler ortaya çıkar. Bu bromodifenil eterlerin daha toksik olduğu düşünülmektedir ve tetraBDE, pentaBDE, hekzaBDE ve heptaBDE'nin öncülleridir.

Alternatifleri olmasına rağmen hala bu kimyasalları içeren ürünlerin kullanıldığına dair yayınlar mevcuttur.

Lindan (28)

Ek A listesinde yer almaktadır (Karar SC-4/15). Ancak baş biti ve uyuzun kontrolünde ilaç olarak kullanılmak üzere kimi özel muafiyetlere sahiptir.

Kimyasal yapı



Lindan (gama-HCH)

Lindan, heksaklorosikloheksanın (HCH) gama izomerinin ortak adıdır. HCH'nin alfa-, beta-, gama-, delta- ve epsilon-HCH olmak üzere beş ana izomeri olan bir karışımdır.

Lindan geniş spektrumlu bir böcek öldürücü olarak hem tohum, toprak, yaprak, ağaç ve odunlarda böceklerle karşı, hem de insan ve hayvanlardaki dış parazitlere karşı kullanılmaktadır. Son yıllarda Lindan üretimi hızla azalmış; yalnızca birkaç ülkede üretimi hala devam etmektedir.

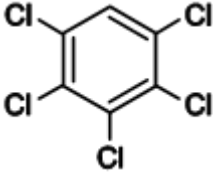
Lindan, kalıcıdır; gıda zincirinde biyolojik olarak kolayca birikir ve hızla yoğunlaşır ve uzak mesafelere taşınabilir.

Baş biti ve uyuz kontrolü için ilaç olarak kullanımı dışında alternatifleri vardır. Birçok ülkede Lindan'ın üretimi, kullanımı ve izlenmesine dair yasal düzenlemeler mevcuttur.

Pentaklorobenzen (PeCB) (28)

Ek A ve C listelerinde yer almaktadır (Karar SC-4/16)

Kimyasal yapı



Pentaklorobenzen (PeCB)

PeCB, hidrojen atomlarının bir ya da daha fazla klor atomunun yerine geçtiği, benzen halkası ile karakterize, klorobenzen grubundan bir bileşiktir.

PeCB, PCB'lerde, boyalarda, fungusit (mantar öldürücü) olarak, yangın geciktirici olarak kullanılmıştır. Bunların yanı sıra yanma esnasında, termal işlemler sırasında ve endüstriyel süreçlerde istenme-

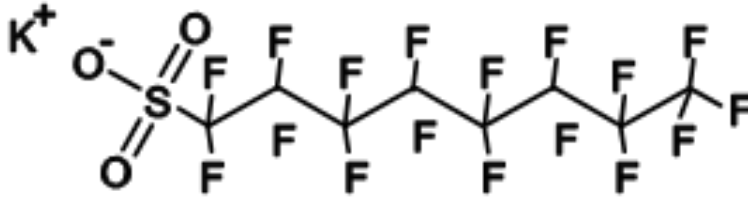
yen/yan ürün olarak da açığa çıkabilir. Ayrıca pestisitler veya çözücüler gibi ürünlerin içinde karışık olarak da bulunabilir.

PeCB günümüzde artık istemli olarak üretilmemektedir. Çünkü ana üretici ülkeler, yıllar önce, daha verimli ve maliyet-etkin alternatifleri olduğu gerekçesi ile PeCB üretiminden vazgeçmiştir. İstenmeyen/yan ürün olarak orta çıkışı ise “En İyi Teknikler ve En İyi Çevresel Uygulamalar (Applying Best Available Techniques and Best Environmental Practices)” ilkelerinin uygulanması ile azaltılabilecektir.

Perflorooktan sülfonik asit (PFOS), tuzları ve perflorooktan sülfonil florid (PFOS-F) (28)

Ek B listesinde yer almaktadır (Karar SC-4/17); ancak kimi özel muafiyetlere sahiptir.

Kimyasal yapı



Perflorooktan sülfonik asit, tuzları ve perflorooktan sülfonil florid

PFOS, genellikle tuz olarak kullanılan veya daha büyük polimerlerin yapısına katılan, tümüyle florlanmış bir anyondur.

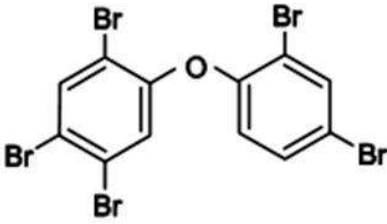
PFOS ve onunla yakından ilişkili bileşikler, perfloroalkil sülfonat maddelerinin de dahil olduğu geniş bir ailenin üyesidirler. PFOS kasıtlı olarak üretilmiş olabileceği gibi, insan kaynaklı kimyasalların bozunması sırasında istenmeyen/yan ürün olarak açığa çıkmış da olabilir.

PFOS diğer KOK'lar gibi yağlı dokulara yönelmek yerine kan ve karaciğer proteinlerine bağlanmaktadır. Buna rağmen, son derece kalıcıdır ve biyolojik olarak birikme ve yoğunlaşma özelliklerine sahiptir. Diğer KOK'lar gibi toksiktir ve uzak mesafelere taşınabilir.

Kimi uygulamalar için uygun alternatifleri olmasına rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerde PFOS'un alternatiflerine geçmek zaman alacaktır. Çünkü fotoğraf görüntüleme, yarı iletken ya da havacılık hidrolik sıvıları gibi bazı uygulamalar için PFOS'un teknik olarak uygun alternatifi henüz mevcut değildir.

Tetrabromodifenil eter (tetraBDE) ve pentabromodifenil eter (pentaBDE) - (ticari pentabromodifenil eter) (28)

Kimyasal yapı



Ek A listesinde yer almaktadır (Karar SC-4/18); ancak kimi özel muafiyetlere sahiptir.

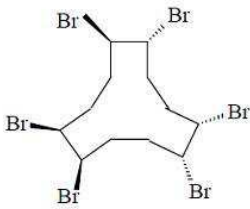
Tetrabromodifenil eter ve pentabromodifenil eter, ticari pentabromodifenil eterin ana bileşikleridir.

PentaBDE'nin ticari karışımı çevrede son derece kalıcıdır; biyolojik olarak birikicidir ve çevrede uzak mesafelere taşınma potansiyeline sahiptir. Dünyanın her yerinde insanlarda bu kimyasallar saptanmaktadır.

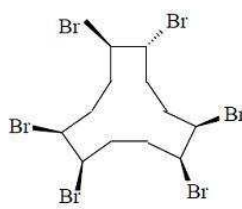
Uygun alternatifleri vardır ve birçok ülkede bu kimyasalların yerine kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bunların da insan sağlığı ve çevre üzerinde zararlı etkileri vardır. Polibromodifenil eter türdeşleri (tetra BDE, penta BDE, hexaBDE ve heptaBDE), organik maddelerin yanmasını baskılamak için ek alev geciktirici olarak kullanılmaktadır.

Hekzabromosiklododekan (HBCD)

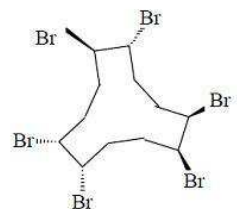
Kimyasal yapı



alfa-HBCD



beta-HBCD



gama-HBCD

Ticari (teknik) HBCD (t-HBCD), başlıca alfa, beta ve gama-HBCD stereoizomerlerinden oluşan bir kimyasal karışımdır. HBCD başlıca binalarda ısı yalıtımında kullanılan polistiren köpüklerde alev geciktirici olarak kullanılır. Tekstil alanında mobilya ve oto döşemelerinde, ayrıca elektrikli aletler gibi diğer ürünlerde de alev geciktirici olarak kullanılmaktadır (30).

HBCD kalıcıdır, toksiktir ve biyoakümülyasyon ve uzak mesafelere taşınma özellikleri vardır (31). Üretimi ve kullanımı esnasında çevreye karışmasının yanı sıra, kentsel katı atık depolama alanlarında, atık döşemelerden de hava ve suya önemli miktarda HBCD karıştığı belirlenmiştir. Bu nedenle atık döşemelerin de elektronik atıklar gibi işlem görmesini öneren bir yayın bulun-maktadır (32).

Stokholm Sözleşmesi'nin 2013 yılı Mayıs ayında gerçekleşen Taraflar Konferansı'nda sözleşmenin A-Yasaklama eki kapsamına alınması kararlaştırılmıştır. Alternatif olarak yerine kullanılabilecek kimyasallar bulunmaktadır.

Kaynaklar

1. The UNDP-GEF POPs Resource Kit
<http://www.ntn.org.au/cchandbook/library/documents/popskit.pdf>
Erişim: Mart 2014
2. PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (An Assessment Report on: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane Heptachlor-Hexachlorobenzene Mirex-Toxaphene Polychlorinated Biphenyls Dioxins and Furans_ L. Ritter, K.R. Solomon, J. Forget Canadian Network of Toxicology Centres 620 Gordon Street Guelph ON Canada and M. Stemeroff and C.O'Leary Deloitte and Touche Consulting Group 98 Macdonell St., Guelph ON Canada)
<http://www.pops.int/documents/background/assessmentreport/en/ritteren.pdf> Erişim: Mayıs 2014
3. http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/convention_text/UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-FULL.English.PDF Erişim: Mayıs 2014
4. What are Persistent Organic Pollutants (POPs)
<http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/capacity-building-for-the-implementation-of-multilateral-environmental-agreements/the-stockholm-convention/facts-and-figures/what-are-persistent-organic-pollutants-pops.html> Erişim: Mayıs 2014
5. <http://www.who.int/ceh/capacity/POPs.pdf> Erişim: Mayıs 2014
6. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#ALDR>
7. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts1.pdf> Erişim: Mayıs 2014
8. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#CHLO>
9. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts31.pdf> Erişim: Mayıs 2014
10. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#DDT>
11. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts35.pdf> Erişim: Mart 2014
12. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#DIEL>

13. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#POLYDIOX>
14. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts104.pdf> Erişim: Mart 2014
15. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts32.pdf>
16. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#ENDR>
17. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts89.pdf> Erişim: Mayıs 2014
18. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#HEXA>
19. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts90.pdf> Erişim: Mayıs 2014
20. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#HEPT>
21. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts90.pdf> Erişim: Mayıs 2014
22. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#MIREX>
23. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts66.pdf> Erişim: Mayıs 2014
24. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#POLYBI>
25. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts17.pdf> Erişim: Mayıs 2014
26. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#TOXA>
27. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts94.pdf> Erişim: Mayıs 2014
28. <http://chm.pops.int/Implementation/NewPOPs/FAQs/tabid/762/Default.aspx> Erişim: Mayıs 2014
29. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts41.pdf> Erişim: Mart 2014
30. Arnot J, McCarty L, Armitage J, Toose-Reid L, Wania F, Cousins I. An evaluation of hexabromocyclododecane (HBCD) for Persistent Organic Pollutant (POP) properties and the potential for adverse effects in the environment. European Brominated Flame Retardant Industry Panel (EBFRIP)'a sunulan rapor, 26 Mayıs 2009

31. Schechter A, Szabo DT, Miller J, Gent TL, Malik-Bass N, Petersen M, Paepke O, Colacino JA, Hynan LS, Harris TR, Malla S, Birnbaum LS. Hexabromocyclododecane (HBCD) Stereoisomers in U.S. Food from Dallas, Texas. *Environmental Health Perspectives* 2012; 120(9): 1260-1264
32. Stubbings WA, Harrad S. Extent and mechanisms of brominated flame retardant emissions from waste soft furnishings and fabrics: A critical review. *Environment International* 2014; 71: 164–175

5

Kalıcı Organik Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

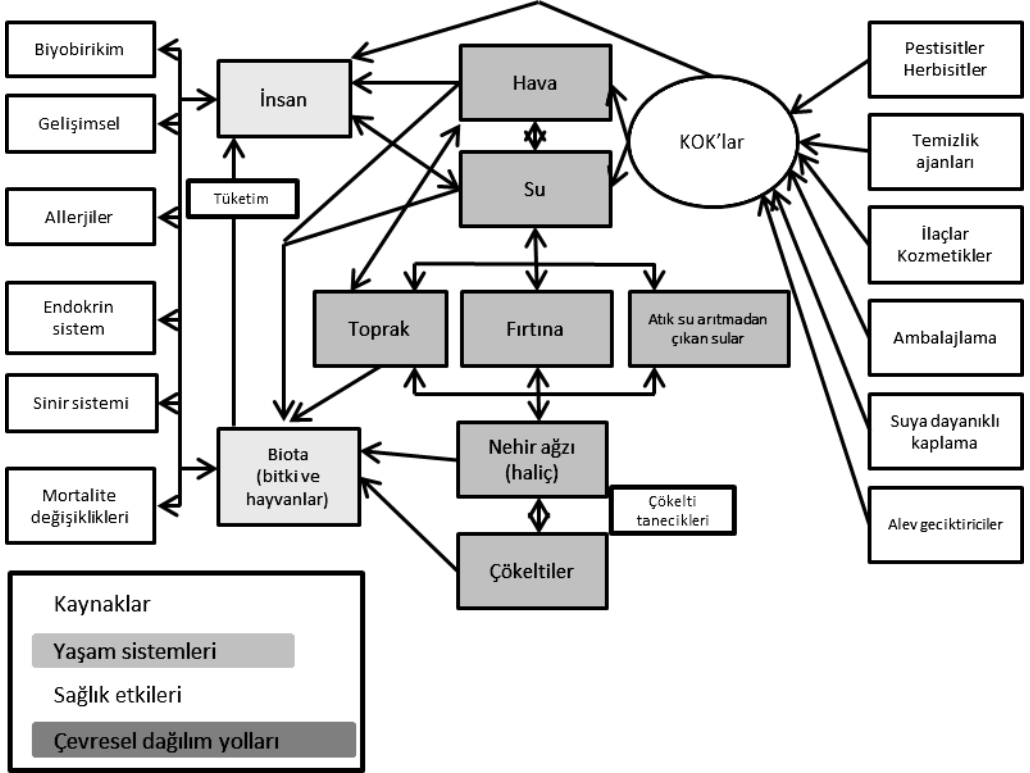
Seval Alkoy
Ali Osman Karababa
Hür Hassoy
Raika Durusoy

KOK'ların insan sağlığı üzerine etkileri

Seval Alkoy, Ali Osman Karababa

Çevrede doğal olarak bulunmayan, tümüyle insanlar tarafından üretilmiş KOK'ların "toksik (zehirli) olma, kalıcılık (doğada uzun süre kimyasal yapısı değişmeden/bozunmadan kalabilme) ve canlı dokularda biyolojik olarak birikebilme (biyoakümülyasyon)" olarak özetlenebilecek temel özellikleri, insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ortaya çıkışında da belirleyici rol oynamaktadır. KOK'lar, üretimleri ve kullanımları sırasında veya atık olarak çevreye (doğal çevreye, yaşama veya işyeri ortamına) yayılırlar. Bulundukları çevrede havaya, toprağa ve suya karışırlar (Şekil1).

Şekil 1. KOK'ların kaynakları, çevrede dağılımı ve insanda etkileri (1)



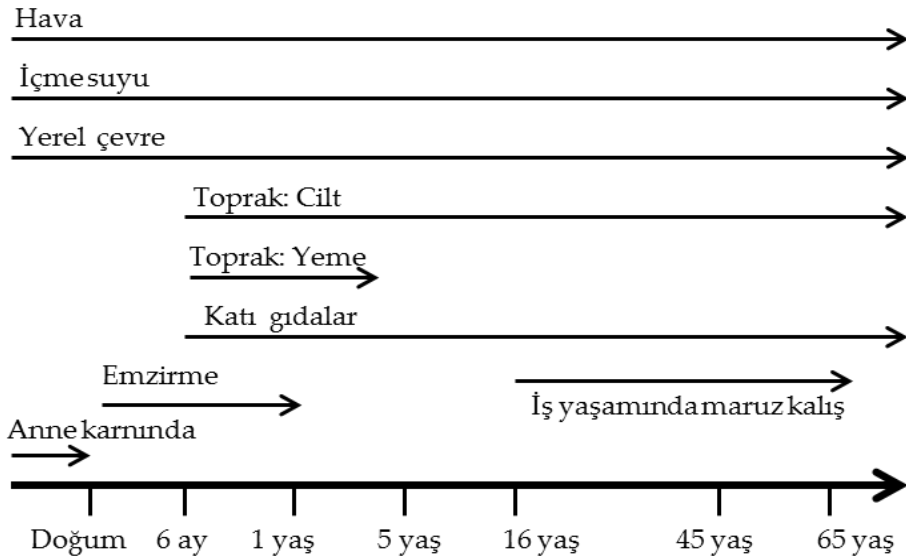
Bu ortamlardaki konsantrasyonlarını, çevreye salınan miktarın (doz) yanı sıra, maddenin suda ve yağlı dokulardaki çözünme derecesi, uçuculuk/buharlaşıma yeteneği ve bozunma/parçalanma hızı belirlemektedir.

KOK'ların bulaşma yolları ve birikimi

KOK'lara, bu bileşiklerle bulaşmış havayı soluyarak, besinleri yiyerek, sıvıları içerek veya deri teması yoluyla maruz kalınabilir. Yani insan vücudunda KOK'larla ilk karşılaşan organlar akciğerler, sindirim sistemi veya deridir. Buralardan emilerek kan dolaşımı yoluyla diğer organ ve dokulara ulaşan KOK'ların bir bölümü, bir süre sonra idrar veya dışkı yoluyla vücut dışına atılmakta, geri kalan bölümü ise yağ dokusunda birikerek uzun yıllar vücutta kalmakta, çok yavaş parçalanarak, parçalanma ürünleri vücut dışına atılmaktadır.

KOK'lar hem ilk alındığı sırada, hem de vücutta kaldığı süre boyunca sağlık için zararlı etkilere neden olmaktadır.

Şekil 2. Kalıcı organik kirleticilere yaşam boyu maruz kalış yolları (3)

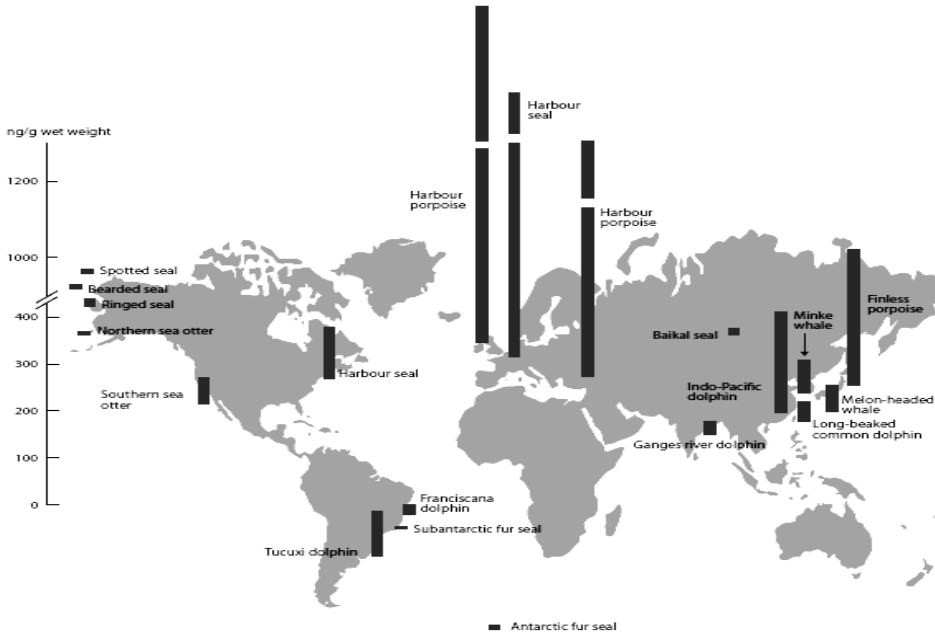


KOK'lara maruz kalış süreci gözden geçirildiğinde; annenin hava, su ve gıdalarla aldığı KOK'ların bir bölümünün plasental yolla bebeğe

aktarıldığı bu nedenle maruz kalışın anne karnında başladığı kabul edilir. Anne bebeğini emzirirken süreç devam eder. Bebek ek gıda alamaya, toprakla temas etmeye hatta kimi zaman toprak yemeye başladığında maruz kalış alanları genişler. Yaşamın sonuna kadar hava, su ve gıdalarla alınan KOK'lara çalışma ortamından alınanlar da eklenince süreç tamamlanmış olur (Şekil 2).

Canlılar tarafından alınan KOK'lar, özellikle yağ dokusunda biyolojik birikime uğrar ve besin zincirinin üst basamaklarına çıkıldıkça bu birikim katlanarak artar. Örneğin su canlılarında KOK miktarı, yaşadıkları su ortamındaki miktardan binlerce kat daha yüksek olabilmektedir. Bu savı destekleyen Şekil 2'de; ayı balığı, yunus ve balina gibi memelilerin karaciğerlerinde bir hormon bozucu olan PFOS yoğunluğu görülmektedir. PFOS yoğunluğunun 1200 ng/g gibi oldukça yüksek düzeylere kadar çıkabildiği görülmektedir.

Şekil 3. Deniz memelilerinin karaciğerlerinde PFOS konsantrasyonu (ng/g yaş ağırlık). (2)

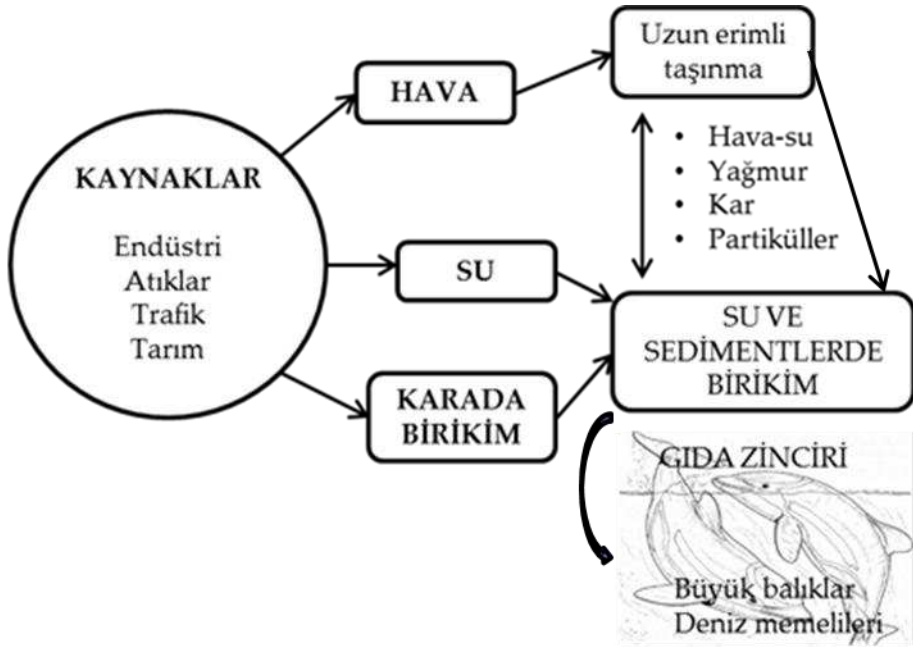


Şekil 3'de görüldüğü gibi endüstriyel tesislerden, trafikten, atıklardan ve tarımsal etkinliklerden kaynaklanan KOK'lar üç alıcı ortam olan hava, su ve toprağı kirletip (özellikle toprakta birikir), rüzgar

hareketleriyle uzak mesafelere taşınarak yayılır ve sonunda besin zinciri ile canlılara ulaşarak etki gösterirler (2).

KOK miktarı bu canlıları yiyerek beslenen diğer canlılarda yine katlanarak artar ve besin zincirinin en üst basamaklarında (balina, fok, kutup ayısı, insan vb.) en yüksek düzeye ulaşır.

Şekil 3. Kalıcı organik kirleticilerin doğadaki döngüsü (3)



KOK'lara maruz kalındığında zararlı etkilerin ortaya çıkışını bu bileşiklere hangi dozda, ne kadar süre ve nasıl maruz kalındığı belirler. Bir canlının maruz kaldığı KOK düzeyi ne kadar yüksek ise, sağlık etkilerinin ortaya çıkma riski ve oluşturduğu tablonun ağırlığı da o kadar yüksektir.

KOK'lar kısa sürede ve yüksek dozda zehirlenme tablosu ve ölüme neden olabilirken, daha uzun sürede ve daha düşük dozda başta sinir sistemi, üreme sistemi ve bağışıklık sistemi üzerinde olmak üzere kronik sağlık etkilerine yol açabilmektedir. Ayrıca, "en zehirli" olarak kabul edilen KOK'ların tümü Uluslararası Kansere Ajanları (IARC)

tarafından değişik derecelerde “kanserojen” olarak kabul edilmektedir. KOK’ların zararlı sağlık etkilerinin ortaya çıkışını, maruz kalınan doz ve süre dışında maruz kalınan başka kimyasallar, yaş, cinsiyet, diyet, ailevi özellikler, yaşam tarzı ve sağlık durumu da etkilemektedir.

Tablo 1. Bazı KOK’ların risk gruplarına göre olası sağlık etkileri (4)

Toplumsal sağlık etkileri	Etkiden sorumlu olması olası KOK’lar	Risk altındaki toplum katmanı	Kaynak (kurum/ ilk yazar adı, yılı)
Kanser	DDT, Toksafen, 2,3,7,8-TCDD, Mireks, HCH, PCB’ler, HCB	Öncelikle yetişkinler (meme kanseri, prostat ve testis kanseri), bazı çocukluk dönemi kanserleri	IARC 1987, Prins 2008
	Klordekon	Prostat kanseri ile olası ilişki	Multigner 2010
Doğurganlık üzerine etki	PCB’ler, bazı dibenzodioksinler ve dibenzofuranlar	Cenin (canlı doğanlar), yenidoğanlar (genital ve diğer doğumsal anomaliler), doğurganlık çağındaki kadınlar	Gilman 2009
	PentaBDE		Harley 2010
Büyüme geriliği	PCB’ler, bazı dibenzodioksinler ve dibenzofuranlar	Cenin, yenidoğanlar ve çocuklar (yenidoğanların boy, kilo, baş çevresi)	Dewailly 2003
Nörolojik bozukluklar	PCB’ler, bazı dibenzodioksinler ve dibenzofuranlar	Cenin ve çocuklar (kavrama, dikkat süresi, hafıza)	Gilman 2009
		Yetişkinler (Parkinson ve Alzheimer hastalıkları)	Landrigan 2005, Weisskopf 2010
Davranışsal gelişme bozukluğu	PCB’ler, bazı dibenzodioksinler , pentaBDE	Çocuklar, yetişkinler (dikkat eksikliği sorunu, öğrenme güçlüğü)	Herbsterman 2010, Roze 2009

Bağıışıklık sisteminin baskılanması	PCB'ler, bazı dibenzodioksinler ve dibenzofuranlar	Yenidoğanlar, çocuklar (artmış kulak enfeksiyonu ve soğuk algınlığı ve hastalıklara direnç), yetişkinler (bağıışıklık sisteminin baskılanması)	Gilman 2009
Kardiyovas küler etkiler	PCB'ler	Çocuklar ve yetişkinler (kan basıncı ve kalp atım hızında değişiklikler)	Dewailly 2003, Gilman 2009
Tiroid üzerine etkiler	PCB'ler, PFOS, PBDES	Perimenopozal dönemdeki kadınlar (hipotiroidizm)	Gilman 2009, Sowers 2003, Canaris 2000
Metabolik sorunlar	Tüm KOK'lar	Yetişkin kadın ve erkekler (diyabet ve obezite)	Longnecker 2001, Rylander 2005, Vasiliu 2006
Kemik hastalıkları	PCB'ler, Dioksinler, HCH	Yetişkin erkek ve kadınlar (osteomalazi, osteoporoz)	Alveblom 2003, Cote 2006

KOK'lar kısa sürede ve yüksek dozda zehirlenme tablosu ve ölüme neden olabilirken, daha uzun sürede ve daha düşük dozda başta sinir sistemi, üreme sistemi ve bağıışıklık sistemi üzerinde olmak üzere kronik sağlık etkilerine yol açabilmektedir. Ayrıca, "en zehirli" olarak kabul edilen KOK'ların çoğu Uluslararası Kanseri Ajansı (IARC) tarafından değişik derecelerde "kanserojen" olarak kabul edilmektedir. KOK'ların zararlı sağlık etkilerinin ortaya çıkışını, maruz kalınan doz ve süre dışında maruz kalınan başka kimyasallar, yaş, cinsiyet, beslenme tarzı, ailesel özellikler, yaşam tarzı ve sağlık durumu da etkilemektedir.

KOK'ların bazılarının hormon bozucu etkilerinin olduğu saptanmıştır. Tablo 2'de hormon bozucu KOK'ların bu anlamda vücudumuzda oluşturdukları etkileri verilmiştir. KOK'ların sağlık etkilerini ortaya koyma konusunda güçlük yaratan nokta sürecin karmaşıklığıdır. İlginç olan, tabloda görüldüğü gibi aynı kimyasalın birden fazla hormon bozucu etkiye sahip olmasıdır.

Tablo 2. KOK'ların hormon bozucu etkileri (2)

Etki	KOK'lar
Östrojenik	DDT, Dieldrin, Endosülfan, PCB'ler
Anti-östrojenik	Dioksinler, PCB'ler
Anti-androjenik	DDT
Anti-tiroid	Dioksinler, PCB'ler
Anti-progestin	DDT, PCB'ler

Epidemiyolojik araştırmalar KOK'ların hormon bozucu etkileriyle ilişkili olarak hormonlarla ilişkili kanserlere de (meme, prostat, testis) neden olduğunu göstermektedir.

KOK'lar üretildikleri ve kullanıldıkları yerlerden çok uzaklara taşınabildikleri için, zararlı sağlık etkileri açısından tüm insanlar risk altındadır. Ancak hamile kadınlar, bebekler, çocuklar ve çalışanlar özel risk gruplarını oluşturmaktadır. Plasenta yoluyla ve anne sütü ile bebeklere ve çocuklara geçtiği için, insanoğlu yaşamının en erken döneminde(hatta henüz dünyaya gelmeden) bu zehirli maddelere maruz kalmaya başlamaktadır. Süt, yağlı bir besin olduğu, bebekler ve çocuklar yetişkinlerden daha fazla miktarda süt içtiği ve vücut kütleleri yetişkinlerden daha küçük olduğu için birim ağırlık başına maruz kaldıkları KOK düzeyi yetişkinlerden çok daha yüksektir. Bu da, KOK'ların zararlı sağlık etkileri açısından, bebek ve çocukların taşıdıkları riski arttırmaktadır.

KOK'lar yeryüzünde bulunmayı sürdürdüğü sürece, bir insan bebekliğinden başlayarak yaşamı boyunca sürekli artan miktarlarda KOK'lara maruz kalacaktır. Bunun sonucunda günümüzdeki bebek ve çocukların, ebeveynlerinden daha uzun süre ve daha yüksek dozda KOK'lara maruz kalacağını ve bundan kaynaklanacak sağlık etkilerinin daha fazla ve daha ciddi olacağını söylemek mümkündür.

İnsanların KOK'lara maruz kalıp kalmadığı, bu kişilerin vücutlarından alınan kan, idrar, dışkı, anne sütü ve yağ dokusu gibi örneklerde yapılan laboratuvar incelemeleri ile tespit edilebilir. Bu testler, ancak özel ekipmanla donatılmış laboratuvarlarda yapılabildiği için rutin

olarak kullanılamamaktadır. Ayrıca, KOK'ların varlığı tespit edilse bile, çoğu kez ne zaman maruz kalındığını, zararlı sağlık etkilerinin ortaya çıkıp çıkmayacağını veya ne derece ciddi sonuçlara yol açabileceğini söylemek mümkün değildir.

Bu genel bilgiler KOK'ların hemen hemen tümü için geçerli olsa da, sağlık etkileri yönünden her KOK'un farklı özellikleri vardır ve yol açtıkları sağlık sorunları arasında da farklar söz konusudur.

I. İlk 12 KOK'un sağlık etkileri

Aldrin ve Dieldrin

Aldrin ve Dieldrin, öncelikle böcek öldürücü olarak kullanılmış, birbirine benzer yapıdaki iki bileşiğin sık kullanılan isimleridir.

Bu iki bileşikten genellikle birlikte söz edilir. Çünkü aldrin çevreye veya vücuda girdiğinde hızla dieldrine dönüşür. Bu nedenle bu maddelerin varlığı araştırılırken, aldrin kalıntıları bitki ve hayvanlarda nadir olarak ve ancak çok küçük miktarlarda bulunur; saptanan dieldrin ise her iki bileşiğin toplam yoğunluğu kadardır.

Aldrin ve dieldrin, toprakta, suda, kullanıldığı ev ortamında ve tehlikeli madde depolama alanlarının yakınındaki bitki ve hayvanlarda bulunurlar. Toprağa sıkıca tutunur; buharlaşma, topraktan yok olmasında önemli bir yoldur. Dieldrin, toprakta ve suda çok yavaş parçalanır ve değişmeden yıllarca kalır. Dirençli yapısına ve sudan etkilenmemesine bağlı olarak aldrin ve dönüştüğü diğer bileşikler, canlı dokularında biyolojik olarak birikirler.

Nasıl Maruz Kalınır? Aldrin ve dieldrine genellikle mesleki olarak veya besinler yoluyla maruz kalınır. Bitkiler dieldrini topraktan alırlar. Balıklar ve diğer hayvanlar ise dieldrin ile bulaşmış besinleri yiyerek vücutlarına aldıkları dieldrini büyük miktarlarda yağ dokularında taşırlar. İnsanlar, bu kimyasallarla bulaşmış sularda yakalanmış midye ve balıklar, bitkiler, süt ürünleri ve etler yoluyla ya da su, hava ve tehlikeli atıklarla kirlenmiş toprak yoluyla aldrin ve dieldrine maruz kalırlar. Cilt ve solunum yoluyla maruz kalma, böcek

öldürücü olarak kullanıldığı zamanlarda yaygınken, günümüzde de geçmişte böcek veya karınca öldürücü olarak aldrin ve dieldrin uygulanmış olan evlerde yaşayanlar bu kimyasalların kalıntılarına maruz kalabilmektedirler.

Mesleki olarak aldrine maruz kalma, dieldrin ve endrin ile bağlantılıdır. Ayrıca besinler hala en önemli maruz kalma yoludur ve anne sütü ile beslenen bebeklerin de, anneden geçen aldrin ve dieldrine maruz kaldığı bildirilmektedir.

ABD’de pastörize sütlerde en sık rastlanan ikinci pestisit dieldrindir. Kanada’da evcil hayvan yağlarının ve yumurtaların %1,5’inde dieldrin kalıntıları saptanmıştır. Dieldrin İspanyol etlerinde de saptanmıştır. Mısır’da anne sütüyle beslenen bebeklerin günde 1,22 µg/kg dieldrin aldığı tahmin edilmektedir. Vietnam’da ve Hindistan’da ise günlük aldrin ve dieldrin alımının kişi başına ortalama 19 µg olduğu hesaplanmıştır (günlük kabul edilebilir miktar 60 kg ağırlığında bir kişi için 6,0 µg’dır).

Vücuda alınan aldrin ve dieldrinin parçalanma ürünleri büyük ölçüde dışkı ve idrar ile dışarı atılmaktadır. Bununla birlikte bu maddelerin bir kısmı vücutta yağ dokusunda birikmekte ve yıllarca vücutta kalmaktadır.

Sağlık Etkileri: Aldrin ve dieldrin, insan sağlığını benzer yolla etkiler. Her ikisi de insanlar için zehirlidir; yetişkin bir erkek için öldürücü doz yaklaşık 5 gramdır.

Üretim sırasında aldrin ve dieldrine maruz kalan veya kaza ile ya da kasten yüksek dozda bu bileşikleri yiyen veya içen kişilerde zehirlenme belirti/bulguları ortaya çıkar. Bu kişilerde konvülsiyon (sara nöbeti benzeri kasılmalar) veya diğer sinir sistemi belirtileri ve böbrek hasarları meydana gelir, zehirlenme ölümle sonuçlanabilir.

Aldrin ve dieldrine orta düzeyde maruz kalındığında uzun süreli baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, halsizlik ve kaslarda kontrol edilemeyen hareket ve kasılmalar gözlenir. Bazı duyarlı kişilerde kan hücrelerinde yıkım yaptığı da bildirilmektedir.

Aldrin, dieldrin ve endrinin bağışıklık yanıtını etkilediğine dair bilgiler mevcuttur. Ayrıca anne sütü yoluyla aldrin ve dieldrine maruz kalan çocuklara potansiyel etkileri de dikkate alınmalıdır.

Kanser yapar mı? Aldrin ve dieldrin deney hayvanlarındaki bazı kanıtlar nedeniyle IARC tarafından olası kanserojen (IARC, Grup 3) olarak kabul edilmektedir. Aldrin, dieldrin ve endrine birlikte maruz kalma halinde karaciğer ve safra yolları kanserlerinde anlamlı artışlar kaydedilmiştir.

Klordan

Klordan geniş etki alanına sahip bir pestisittir. Sebzeler, tahıllar, mısır, yağlı tohumlar, patates, şeker kamışı, şeker pancarı, meyveler, fındık, ceviz, pamuk ve Hint keneviri gibi ürünler için tarımda yaygın olarak kullanılmıştır. Ayrıca beyaz karıncaların yok edilmesinde de kullanılır.

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), ABD’de 1978’den önce pestisit olarak da kullanılan Klordan’ın, over kanseri riski endişesi, yağ dokusunda birikmesi, çevrede kalıcılığı ve doğal yaşam için oluşturduğu tehlike nedeniyle tarımsal ürünlerde pestisit olarak kullanımının durdurulmasına, 1988’de ise karıncalara yönelik kullanımından da vazgeçilip kullanımının tümüyle önlenmesine karar vermiştir.

Toprakta 20 yıldan fazla kaldığı bilinen Klordan, suda az, organik çözücülerde iyi çözünür.

Yarı buharlaşıcıdır ve bunun sonucu olarak atmosfere karışabilir. Atmosferde ışık ve bazı kimyasallarla tepkimeye girerek bozunur, uzun mesafelere taşınabilir. Klordan halen bazı balıkların, kuşların, memelilerin ve hemen hemen tüm insanların dokularında tespit edilebilmektedir.

Nasıl Maruz Kalınır? Yaygın olarak kullanıldığı yıllarda üretiminde ve uygulanmasında çalışan kişiler klordana yüksek dozda maruz kalırken, günümüzde kullanımı sınırlandırıldığı için bu olasılık düşüktür, ancak insanlar düşük dozda da olsa maruz kalmaya devam

etmektedir. Bunun dışında besinlerden, örneğin klordanla bulaşmış sulardan yakalanan balık ve midyelerin yenmesiyle maruz kalınabilir. Bu iki yol dışında, Japonya ve ABD’de yıllar önce karıncalara karşı klordan kullanılmış evlerde konutların iç ortam havasında klordan saptanmıştır. ABD’de 50 milyondan fazla kişinin böyle evlerde yaşadığı ve iç ortam havasını soluyarak klordana maruz kaldıkları bildirilmektedir.

Ayrıca tehlikeli maddelerin depolandığı alanların yakınlarında bulunan kişiler, klordan bulaşmış toprağa dokunarak veya topraktan buharlaşarak havaya karışmış klordanı soluyarak da maruz kalabilirler.

Sağlık Etkileri: Vücuda giren klordanın önemli bir bölümü dışkı ve idrar yoluyla vücut dışına atılır, vücutta kalan miktar ise yağ dokusunda birikir ve parçalanıp atılması yıllar sürer.

Klordana maruz kalmaya bağlı sağlık etkileri sinir sistemi, sindirim sistemi ve akciğerlerde ortaya çıkar. Ağız yoluyla alınan büyük miktarda klordan, konvülsiyonlara (sara benzeri kasılmalar) ve ölüme neden olabilir. Konvülsiyonlar, cilt yoluyla uzun süre yüksek dozda klordana maruz kalanlarda da ortaya çıkabilir. Ağız veya solunum yoluyla yüksek dozda alındığında baş ağrısı, aşırı uyarılma, bilinç bulanıklığı, halsizlik ve görme sorunları gibi değişik sinir sistemi etkilerine neden olabilir. Ayrıca kusma, mide krampları, ishal ve sarılık da ortaya çıkabilir.

Mesleki olarak maruz kalmaya bağlı şiddetli zehirlenme belirtileri görülmekte, klordana maruz kalmış kişilerde bağışıklık sistemi üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu bildirilmektedir. Ayrıca kan hücrelerinde bazı değişikliklere ve kansızlığa neden olabildiği de belirtilmektedir.

Klordan’ın parçalanma ürünleri insanda kan, idrar, dışkı, anne sütü ve yağ dokusunda tespit edilebilir. Fakat bu, bize ne kadar süre önce maruz kalındığını ve sağlık etkilerine neden olup olmayacağını göstermez.

Kanser yapar mı? İnsanlarda kanser yaptığına dair yeterli kanıt olmamakla birlikte, deney hayvanlarında kanser yapıcı olduğuna dair mevcut kanıtlar nedeniyle IARC tarafından olası kanserojen (IARC, Grup 2B) olarak kabul edilmektedir.

DDT, DDE ve DDD

DDT'nin ABD'de 1972'de yasaklanmadan önceki en yaygın tarımsal kullanımı pamukta olmuştur. Halen birçok ülkede sıtmanın yayılmasına neden olan sivrisineklerin yok edilmesinde kullanılmaktadır.

DDT suda çözünmez; fakat organik çözücülerde iyi çözünür. Yarı buharlaşıcıdır ve bunun sonucu olarak da atmosfere yayılır. Çevrede her yerde bulunur ve kalıntılarına kutuplarda bile rastlanır. Yağ dokusuna olan eğilimi nedeniyle, diğer KOK'lar gibi tüm canlıların yağ dokusunda yoğunlaşmakta ve birikmektedir.

DDT'nin parçalanma ürünleri olan DDD (veya TDE) ve DDE de çevrede her yerde bulunur ve asıl bileşikten daha kalıcıdır. Bu ürünlerden DDE'nin ticari kullanımı yoktur; ancak DDD de geçmişte pestisit olarak kullanılmış ve daha sonra yasaklanmıştır.

DDT pestisit olarak kullanımı sırasında; DDE ve DDD ise DDT'nin parçalanma ürünü olarak çevreye yayılır. Bu parçalanma güneş ışığı etkisiyle hızla gerçekleşir. Toprağa bulaşan DDT ise mikroorganizmalar tarafından çok yavaş olarak (2-15 yılda) bu ürünlere parçalanır. Çok az bir kısmı yer altı sularına geçer ve suda kolay çözünmez. DDT ve özellikle DDE, bitkilerde ve kuşların, balıkların ve diğer hayvanların yağlı dokularında artarak birikir.

Nasıl maruz kalınır? DDT üretimi ve uygulamasında çalışan kişiler mesleki olarak maruz kalabilirler. Ayrıca DDT ve onunla bağlantılı bileşikler, çevrede son derece kalıcıdır, uygulandıktan 10-15 yıl sonra bile toprakta bulunurlar, uzun mesafelere taşınırlar. Bunun sonucu olarak DDT ve parçalanma ürünleri dünyanın her yerinde bulunurlar.

DDT ve parçalanma ürünleri ileri derecede biyolojik olarak birikme özelliğine sahiptir. Bu nedenle yağlı dokularda yoğunlaşmış olarak

bulunur; dünyanın her yerinde yağlı gıdalarda tespit edilir ve besin zinciri ile insanlar tarafından alınırlar.

Kök ve yaprakları yenen sebzeler, yağlı etler, balıklar ve kümes hayvanları gibi DDT ve parçalanma ürünleri ile bulaşmış gıdaların yenmesi insanlar için en yaygın DDT'ye maruz kalma yoludur. Örneğin Vietnam'da bir kişinin, günlük ortalama 19 µg DDT ve parçalanma ürünü aldığı tahmin edilmektedir.

Bir başka maruz kalma yolu, tehlikeli kimyasal maddelerin bulunduğu alanların yakınlarında bulunanlar için DDT ve parçalanma ürünlerinin karıştığı havayı solumak ve suları içmektir. Bu alanlar, bu kimyasalları çok miktarda barındırdığı için, bu şekilde maruz kalınan doz, besinlerle alından daha yüksektir.

DDT ayrıca insan sütünde de bulunur. DDT ve parçalanma ürünlerine maruz kalan annelerin bebekleri de anne sütü ile bu kimyasallara maruz kalırlar. Örneğin, Papua Yeni Gine'de emziren annelerin sütünden alına örneklerin % 100'ünde DDT saptanmıştır. Mısırlı emziren kadınların da sütünde DDT belirlenmiş olup; anne sütü ile beslenen bebeklerininbu yolla her gün, kilogram başına ortalama 6,90 µg DDT'ye maruz kaldığı bildirilmektedir (FAO'nun yetişkin insanlar için izin verdiği kabul edilebilir en yüksek değer ise günlük 20,0 µg/kg'dır).

Sağlık Etkileri: DDT temel olarak sinir sistemini etkiler. Kaza ile büyük miktarda DDT'yi ağız yoluyla alan kişilerde aşırı uyarılmışlık hali, titremeler ve konvülsiyon (sara nöbeti benzeri kasılmalar) ortaya çıkar.

Deriye bulaşmasının, hastalık veya tahrişe yol açmadığı bildirilmektedir. DDT üretiminde çalışan işçilerde, karaciğer ve safra yolları kanserlerine bağlı ölümlerde anlamlı olmayan bir artış ve beyin – damar hastalıklarına bağlı ölümlerde anlamlı artış gözlenmiştir.

Ayrıca, bağışıklık sistemi üzerinde (özellikle hüморal bağışıklık yanıtında) baskılayıcı olabileceği belirtilmektedir.

DDT gibi böcek öldürücüler östrojen hormonu benzeri etki ile üreme işlevlerinde değişikliklere yol açarlar. İnsanlar dışında balıklarda da benzer etkiler gözlenmektedir. Örneğin Güney Kaliforniya kıyıları ve Great Lakes’de, DDT ile cinsiyet değişimleri ve dişileşme yönünde değişiklikler arasında bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Yine DDT ve parçalanma ürünü olan DDE’nin de dahil olduğu organoklorlu böcek ilaçları ile meme kanseri riski arasında bir ilişkiden de söz edilmektedir.

Laboratuvar testleri yağ dokusu, kan, idrar, meni ve anne sütünde DDT, DDE ve DDD’yi tespit edebilmektedir. Bu testler maruz kalınan düzeyi de gösterebilir; ancak sağlık etkileri meydana gelip gelmeyeceğini göstermez.

Kanser Yapar mı? IARC, insanlardaki kanser yapıcı kanıtları yeterli bulmamakla birlikte, deney hayvanlarında kansere yapıcı etkisini gösteren yeterli kanıtlar olduğu için DDT’yi ve parçalanma ürünlerini insanlar için olası kanserojen (IARC, Grup 2B) olarak sınıflamaktadır.

Dioksinler

Dioksinler, genellikle klorlanmış dioksinler olarak da bilinen bir ailedir ve 75 farklı tipi vardır. Genellikle suda çözünmez, yağlara meyilli ve son derece dirençlidirler. Bu bileşiklerden en toksik ve en iyi incelenmiş olanı 2,3,7,8-TCDD’dir.

Nasıl Maruz Kalınır? Diğer organoklorlu bileşiklerde olduğu gibi, dioksinlerin de ana kaynağı gıdalardır. Toplumun geneli için dioksin alımının %90’ı, yenen etler, süt ürünleri ve balıktan kaynaklanmaktadır. ABD’de yapılan bir araştırmada, yetişkinlerin günlük 0,3-3,0 pgTeq/kg dioksin aldığı tahmin edilmiştir. Bu miktarın Kanada’da 1,52, Almanya’da 2 ve Hollanda’da 1 pgTeq/kg olduğu tahmin edilmektedir. İçilen su ve solunan havadan da, düşük düzeyde de olsa dioksinlere maruz kalmak mümkündür. Yine bazı pestisitlerin cilde teması da dioksinlere maruz kalmaya yol açabilir.

Bunların yanı sıra, Dioksinleri de içeren tehlikeli madde depolama alanlarının veya atık yakma tesislerinin yakınlarında yaşayanlar,

dioksinleri de içeren bazı pestisitlerin üretiminde ve atık yakma tesislerinde çalışanlar da dioksinlere maruz kalma tehlikesi altındadırlar.

Sağlık Etkileri: En çok bildirilen sağlık etkisi, büyük miktarda 2,3,7,8-TCDD'ye maruz kalan kişilerde görülen ve "klor akne" olarak adlandırılan bir tablodur. Bu yüzde ve gövdenin üst kısmında akne benzeri lezyonlarla karakterize bir cilt hastalığıdır. Ayrıca karaciğer hasarını gösteren kan ve idrar değişiklikleri de gözlenir.

Yüksek konsantrasyonda dioksinlere maruz kalmak, uzun vadede şeker metabolizmasında ve hormon düzeylerinde değişikliklere neden olabilir. Bunların yanı sıra, her olguda nedensel bir ilişki saptanmasa bile periferik sinirlerde bozukluklar, yorgunluk, depresyon, kişilik değişiklikleri, hepatit, karaciğerde büyüme, anormal enzim düzeyleri ve porfiria gibi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır.

1520 işçi üzerinde yürütülen bir araştırmada solunum sistemi kanserleri ve yumuşak doku tümörlerine bağlı ölümlerde anlamlı derecede yükseklik saptanmıştır. İtalya'da Seveso kentinde yaşanan bir endüstri kazasının ardından kaza bölgesinde gençler izlenmiş ve tiroid kanserleri ve myeloid lösemide artış gözlenmiştir.

Ayrıca deneysel çalışmalar dioksinlerin, dişi ve erkek farelerin üreme sistemleri üzerinde çeşitli istenemeyen etkilerin ortaya çıkmasına neden olduğunu göstermiştir. Dioksin, bilinen en zehirli maddelerden biri olup, insan bağışıklık sistemine de zarar vermektedir.

Yağ dokusu, kan ve anne sütünde dioksinlerin varlığını gösterebilen laboratuvar testleri mevcuttur. Ancak bunlar rutin olarak kullanmaya elverişli testler değildir ve dioksinlere ne zaman maruz kalındığını göstermezler.

Kanser yapar mı? Dioksinler, IARC tarafından kesin kanserojen (IARC, Grup 1) olarak sınıflandırılmaktadır.

Furanlar

Kimyasal yapıları ve özellikleri dioksinlere çok benzeyen kimyasal bileşiklerdir. Furanların çevre ve sağlık için değişik derecelerde zararlı 100'den fazla farklı tipi vardır. Genellikle suda çözünmezler, yağlara meyilli ve son derece dirençlidirler.

Furanlar da, dioksinler gibi ticari amaçla üretilmiş bileşikler değildirler ve bilinen kullanımları yoktur. Diğer kimyasal ürünlerin üretimi ve kağıt beyazlatma süreçlerinde istenmeyen yan ürün olarak açığa çıkarlar. Ayrıca hastane ve belediye atıkları ile tehlikeli atıkların yakıldığı atık yakma tesislerinden çevreye yayılırlar. Bunların yanı sıra furanlar otomobil egzozlarında, odun ve kömür yakılması sonucu oluşan dumanlarda da tespit edilmektedir. Furanlar, temelde PCB'lerle bulaşık olarak bulunurlar.

Furanlar havada buhar veya partikül olarak bulunurlar. Buharlaşmış furanlar atmosferdeki diğer kimyasalların parçalanma ürünleridir. Havada yağmur ve kara da karışabilir. Irmak ve göl diplerinde sedimentlere ve toprağa yapışabilir. Balıklarda biriken miktarı, sudaki veya sedimentlerdeki miktardan binlerce kat daha fazladır. Toprakta yer altı sularına geçmediği kabul edilmektedir.

Nasıl Maruz Kalınır? Diğer organoklorlu bileşiklerde olduğu gibi, furanların da ana kaynağı gıdalardır. Hayvanlar ve insanlar yedikleri gıdalarla furanlara maruz kalırlar. Et, balık ve süt gibi bulaşık gıdaların yenmesi, günlük olarak alınan furanların % 90'ının nedenidir.

Furanlarla bulaşmış havanın solunması, suyun içilmesi ve toprakla temas edilmesi yoluyla da furanlara maruz kalınabilir. Süt kartonları, kahve filtreleri ve tamponlar da, çok düşük düzeylerde de olsa furan kaynağı olabilir. Ayrıca işyeri ortamındaki havanın solunması ile de furanlara maruz kalınabilir.

Sağlık Etkileri: Solunum ve dokunmayla furanlara maruz kalmanın yol açtığı sağlık etkileri pek bilinmemektedir. Furanlarla bulaşmış gıdalara kaza ile maruz kalma sonucu ortaya çıkan sağlık etkileri daha iyi incelenmiştir. Bu kişilerde maruz kalınan furan miktarı,

normal bir diyet veya çevreden maruz kalınabilecek olan miktardan çok daha fazladır. Furanlar cilt ve gözlerde tahrişe, aknelere, cilt renginde koyulaşmaya, gözde akıntı ve göz kapaklarında şişmeye neden olur. Her olguda nedensel bir ilişki saptanmasa bile periferik sinirlerde bozukluklar, yorgunluk, depresyon, kişilik değişiklikleri, hepatit, karaciğerde büyüme, anormal enzim düzeyleri ve porfiria gibi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Furanlara maruz kalmış annelerden doğan bebeklerde cilt irritasyonu ve öğrenme güçlüğü görülür.

Furanlarla zehirlenme kusma, ishal, kansızlık, daha sık akciğer enfeksiyonları, uyuşukluk, sinir sistemi etkileri ve orta derecede karaciğer değişikliklerine neden olur.

Furanlar, bilinen en zehirli maddeler arasında olup, insan bağışıklık sistemine de zarar vermektedir.

Kanser Yapar mı? İnsanlarda kanser yapıp yapmadığı kesin olarak bilinmemekle birlikte, hayvan deneylerinde besinlerle birlikte uygulandığında kanser oluşturduğu gösterildiği için furanlar, IARC tarafından olası kanserojen (IARC, Grup 2B) olarak sınıflandırılmaktadır.

Endrin

Endrin, pamuk ve tahıl gibi tarım ürünlerinde kullanılan bir böcek öldürücüdür. Aynı zamanda fare ve sıçanların yok edilmesinde de kullanılır. Hayvanlar tarafından hızla metabolize edilir, aynı yapıdaki benzer bileşikler kadar yağ dokusunda birikmez. Buharlaştırma yoluyla atmosfere yayılabilir. Endrin suda iyi çözünmez. Yeraltı ve yüzey sularında bulunsada çok düşük miktarlardadır. Nehir ve göllerin diplerindeki sedimentlere sıkıca tutunur. Tarımda pestisit olarak kullanıldığı yerler ve zamanlar dışında havada bulunmaz. Endrinin çevredeki kalıcılığı, yerel koşullara son derecede bağlıdır. Bazı tahminlere göre toprakta 10 yıldan fazla kalmaktadır.

Endrin yüksek sıcaklıkta veya ışıktada endrin keton ve endrin aldehide parçalanır. Bu iki maddenin çevreye salınıp salınmadığı bilinmemektedir.

Nasıl Maruz Kalınır? Endrinin topraktaki yarılanma ömrü, bölgesel koşullara bağlı olarak 12 yıla kadar uzayabilir. Suda çözünmemek, çevrede değişmeden kalmak ve yarı buharlaşıcılık gibi kimyasal özellikleri nedeniyle uzun mesafelere taşınabilir, kutuplarda bile tespit edilebilir. Endrin düzeyleri, suda yaşayan canlılarda artarak sudaki miktarın çok üzerine çıkabilir.

Endrine maruz kalmada toplum için ana kaynak gıdalardaki kalıntılardır. Gıdalar dışında, tehlikeli atık depolama alanlarının yakınlarında yaşayanlar havadan, sudan veya topraktan endrine maruz kalabilir. Yine bu alanlara yakın yaşayan çocuklar, endrinle bulaşmış toprağı yiyerek de maruz kalırlar. Anne sütü, bebeklerin endrine maruz kalmasında önemli bir yoldur.

Sağlık Etkileri: Endrine maruz kalma, ciddi merkezi sinir sistemi hasarlarından ölüme kadar değişen zararlı etkilere neden olabilir. Ağız yoluyla büyük miktarda endrin alanlarda, birkaç dakika veya saat içinde konvülsiyonlar (sara benzeri kasılmalar) ve ölüm gelişir.

Endrin ile zehirlenme belirtileri baş ağrısı, baş dönmesi, sinirlilik, bilinç bulanıklığı, bulantı kusma ve konvülsiyondur. Aldrin, dieldrin ve endrin üretiminde çalışan işçilerde yapılan bir çalışmada, kazara kısa zamanda yüksek doza maruz kalanlar dışında kanda endrin bulunmamıştır. Aldrin, dieldrin ve endrin üretiminde çalışan işçilerle yapılan bir başka çalışmada ise, karaciğer ve safra yolları kanserlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır. Ayrıca bağışıklık yanıtını baskıladığına dair de bazı kanıtlar vardır.

Hayvan deneyleri, endrinin ana hedefinin merkezi sistemi olduğunu doğrulamaktadır. Yine bazı hayvan deneylerinde doğum anomalileri (özellikle anormal kemik oluşumu) görülmektedir.

Endrini tıbbi testler ile kan, anne sütü ve yağlı dokularda tespit etmek olanaklıdır. Fakat bu testler, rutin olarak kullanılmaz, çünkü sadece özel ekipmanlara sahip laboratuvarlarda yapılabilirler. Ayrıca bu testler, kişinin endrine maruz kaldığını doğrulasa da, hangi tipte ve ciddiyette sağlık etkileri ortaya çıkacağını söyleyemez.

Kanser Yapar mı? IARC, insanlarda sınırlı kanıtlar ve fakat deney hayvanlarında mevcut kanıtlar nedeniyle endrini (Grup 3) olarak sınıflamaktadır.

Hekzaklorobenzen

Hekzaklorobenzen (HCB) ilk kez 1945'te tohumların iyileştirilmesinde (özellikle buğday mantarlarının kontrolünde) kullanılmaya başlanan bir mantar öldürücüdür. Bunun dışında havai fişek, sentetik kauçuk ve cephane yapımında da kullanılmıştır. Aynı zamanda karbon tetraklorür, perkloretilen, trikloretilen ve pentaklorobenzen gibi sanayi kimyasallarının yapımı sırasında yan ürün olarak da ortaya çıkar. Bazı pestisitlerin formülüne karıştığı da bilinmektedir. Ayrıca kentsel atıkların yakılarak yok edilmesi sırasında küçük miktarlarda da olsa açığa çıkar.

HCB çevrede doğal olarak bulunmaz; suda zor, organik çözücülerde ise kolayca çözünür. Uçucu özelliktedir; bunun sonucu olarak da atmosfere karışabilir. Bozunmaya karşı son derece dirençlidir, çok yavaş parçalanır ve çevrede uzun süre kalır. Suda kolay çözünmez; sedimentlere ve dip çamurlarına yerleşir. Toprağa kuvvetlice tutunur, toprakta ve yüzey sularında 3-6 yıl boyunca kalıcıdır. Normal koşullar altında pek fazla buharlaşmaz; ancak hava yoluyla uzak mesafelere taşınabilir. Kutuplardaki sularda ve canlılarda bile tespit edilmektedir.

Canlı organizmaların yağ dokularında biyolojik olarak birikime uğrar. Balıklarda ve diğer suda yaşayan canlılarda çoğalır; bu canlılarda suda bulunan miktarlardan kat kat fazla HCB bulunur.

Nasıl Maruz Kalınır? HCB çevrede her yerde bulunur ve tüm gıdalarda tespit edilmektedir.

Balık, et, süt ve süt ürünleri gibi HCB ile bulaşık gıdaları yiyerek ve bulaşık suları içerek düşük düzeylerde maruz kalınabilir. Bulaşık havayı soluyarak, bulaşık toprağa dokunarak veya toprak yeme ile de maruz kalınabilir. HCB'ye maruz kalmış annelerin bebeklerine anne sütü ile geçmektedir. HCB'nin kullanıldığı veya üretim sürecinde istenmeyen ürün olarak açığa çıktığı fabrikalarda çalışanlarda

mesleki olarak da maruz kalınır. İspanya'da incelenen et ve et ürünlerinden alınan tüm örneklerde tespit edilen iki organoklorlu kimyasal bileşikten biri HCB'dir; domuz etinde 8 – 49 ppb, kuzu etinde 178 ppb olarak ölçülmüştür. Bir izleme programında Kolorado sığır etlerinden elde edilmiş 241 serum örneğinden 13'ünde ortalama 3,1 ppb HCB tespit edilmiştir. ABD'de pastörize sütler üzerine yapılan bir çalışmada 806 süt örneğinden 8'inde HCB tespit edilmiştir. Hindistan'da bir gıda araştırmasında yağ ve sütte 1,5 – 9,1 ng/g; balık ve karideslerde 28 ng/g ortalama HCB konsantrasyonu bulunmuştur ve kişi başına günlük alınan HCB'nin 0,13 µg olduğu tahmin edilmektedir. Vietnam'da gıdalarda ortalama HCB kalıntısının baklagillerde 0,28 ng/g, havyarda 27 ng/g olduğu bulunmuştur ve kişi başına günlük alımın 0,10 µg olduğu tahmin edilmektedir.

Sağlık Etkileri: HCB'nin insan üzerindeki etkilerine dair en kayda değer olay, 1954 ve 1959 yıllarında ülkemizde, Doğu Anadolu'da HCB ile ilaçlanmış tohumluk buğdayı yiyen kişilerde ortaya çıkmıştır. Bu ilaçlı tohumluk buğdayı yiyen hastalar, ışığa duyarlı deri lezyonları, deri renginin koyulaşması (hiperpigmentasyon), kılınma, mide sorunları, güçsüzlük, porfiriüri (kırmızı renkli idrar) gibi belirtiler göstermişlerdir. Yaklaşık 3 – 4 bin kişide gelişen ve "Porfiria Turcica (Türk Porfirisası)" olarak adlandırılan bu tablo, kan yapımında rol alan bir maddedeki bozulmadan kaynaklanır. Etkilenen kişiler arasında ölüm hızı %14'e ulaşmıştır. HCB, plasenta ve anne sütü yoluyla bu buğdaydan yiyen annelerin çocuklarına da geçmiştir. Bu kadınlardan doğan bebeklerde "pembe yara" gelişmiş, güçsüzlük ve konvülsiyonlar (sara benzeri kasılmalar) görülmüş ve yaklaşık %95'inin öldüğü rapor edilmiştir. İki yaşından büyük çocuklarda pembe yara gelişmemiş, ama bu çocukların sonraki yaşamlarında deri, sinir sistemi ve kemik anomalileri ortaya çıkmıştır. HCB'ye maruz kalan bu kişilerden 32'siyle yapılan bir çalışma, salgından yirmi yıl sonra porfirianın hala devam ettiğini göstermiştir.

HCB'ye mesleki olarak maruz kalan çalışanlar üzerinde yapılan küçük bir kesitsel çalışmada, 1-4 yıl maruz kalma ile ilişkili deri porfirisası veya başka istenmeyen etkilere dair herhangi bir kanıt bulunamamıştır. Hayvanlar üzerinde deneysel çalışmalar, besinler yoluyla uzun süre HCB'ye maruz bırakılan hayvanlarda karaciğer,

tiroid bezi, sinir sistemi, kemik, böbrekler, kan, bağışıklık ve endokrin (hormonal) sistemde hasarların meydana geldiğini ortaya koymuştur.

HCB'yi tıbbi testler ile kan, idrar, anne sütü ve dışkıda tespit etmek olanaklı, fakat ne zaman ne miktarda HCB'ye maruz kalındığını söylemek olanaksızdır. Ayrıca sağlığa zararlı etkilerin çıkıp çıkmayacağı da söylenemez. Bu testler rutin olarak kullanılamaz; çünkü ancak özel ekipman bulunan laboratuvarlarda yapılabilir.

Kanser Yapar mı? HCB'nin insanlarda kansere yol açtığına dair kanıtlar yeterli değildir. Ancak hayvanlarda karaciğer, böbrek ve tiroid kanserlerine neden olduğu gösterilmiştir.

Bu nedenle IARC, HCB'yi insanlar için olası kanserojen olarak kabul etmekte ve Grup 2B olarak sınıflamaktadır (IARC, Grup 2B).

Heptaklor

Heptaklor, asıl olarak toprak böceklerine ve karıncalara karşı kullanılan bir pestisittir. Pamuk böceklerine, çekirgelere, bazı tahıl böceklerine karşı ve sıtma ile savaşta da kullanılır.

Heptaklor suda zor, organik çözücülerde ise kolaylıkla çözünür. Buharlaşıma özelliğine sahiptir ve bunun sonucu olarak da atmosferde parçalanır. Sudaki sedimentlere kolayca tutunur; canlı organizmaların yağlı dokularında biyolojik olarak yoğunlaşır. Suda az çözünme, yüksek düzeyde kararlılık/değişmezlik ve yarı uçuculuk özelliklerinin bir sonucu olarak heptaklor, uzak mesafelere taşınır ve kutuplardaki sularda ve canlılarda tespit edilir. Heptaklorun toprakta yarılanma ömrü ılıman iklimlerde 2 yılı bulur.

Heptaklor, bakteri ve hayvanlarda heptaklor epoksida parçalanır. Alınan heptaklorun %20'si çevrede ve vücutta heptaklor epoksida dönüşür. Bu bileşiklerin her ikisi de, karıncaları yok etmek için heptaklor kullanılmış evlerin havasında, toprakta, çözünmüş olarak yüzey ve yer altı sularında veya tehlikeli madde depo alanlarının yakınlarında bulunabilir. Ayrıca heptaklor epoksid, tehlikeli madde depo alanlarının yakınlarındaki bitki ve hayvanlarda bulunabilir.

Heptaklor, çiftçiler tarafından veya evlerde/binalarda pestisit olarak kullanılırken toprağa, havaya ve yüzey sularına karışmıştır. Ayrıca tehlikeli madde depolama alanlarından havaya, toprağa, yer altı ve yüzey sularına karışmış olabilir. Heptaklor toprağa çok güçlü bir şekilde yapışır ve yavaşça buharlaşarak havaya karışır. Heptaklor suda kolayca çözünmez; heptaklor epoksid ise suda heptaklordan daha kolay çözünür ve suda yavaşça buharlaşır. Heptaklor ve heptaklor epoksid, üretildikleri, kullanıldıkları ve çevreye salındıkları yerlerden uzaklara rüzgarla taşınabilir.

Bir parçalanma ürünü olan heptaklor epoksid, heptaklor kadar toksiktir ve hayvanların yağ dokusunda depolanır. Bazı çalışmalar heptaklor epoksida maruz kaldıktan 3 yıl sonra bile heptaklor epoksidin insan vücudunda hala ölçülebildiğini göstermiştir.

Heptaklor, 1953'ten 1974'e dek çiftçiler tarafından tarımda veya evlerin/binaların ilaçlanmasında pestisit olarak kullanılmıştır. ABD'de artık pestisit olarak kullanılmasa da hala karıncaları yok etmek amacıyla ve transformatörlerde kullanılmaktadır.

Nasıl Maruz Kalınır? Heptaklor ve heptaklor epoksida maruz kalma en sık, bu kimyasallarla bulaşık gıdaların (balık, midye, süt ürünleri, et ve kümes hayvanları) yenmesi ile gerçekleşir. Bebekler ve çocuklar anne sütü veya inek sütü içerek bu bileşiklere maruz kalırlar. Küçük çocukların içtiği süt miktarı yetişkinlerden daha fazladır ve eğer bu sütler heptaklor veya heptaklor epoksid ile bulaşık ise, onların maruz kaldığı miktar yetişkinlerden daha fazla olabilir.

Heptaklor ve heptaklor epoksid içeren tehlikeli madde depolama alanlarının yakınlarındaki suyu içerek, havayı soluyarak veya bulaşık toprağa dokunarak da maruz kalınabilir.

Karıncaları yok etmek için evlerini heptaklor ile ilaçlayan kişiler de hava yolu ile heptaklora maruz kalırlar. Heptaklor ile ilaçlamada çalışanlar hava ve cilt yolu ile heptaklora maruz kalırlar.

Heptaklor toprakta heptaklor epoksida dönüştükten sonra havaya geçer. Bu havayı soluyan kişiler de, heptaklor epoksida maruz kalır-

lar. Yani insanlar heptaklor ve heptaklor epokside yiyerek ve içerek, solunumla ve dokunarak maruz kalırlar. Bunun dışında plasenta yoluyla doğrudan doğmamış bebeğe veya anne sütü ile çocuğa da geçebilir.

Vücuda giren heptaklor vücutta heptaklor epoksid ve diğer parçalanma ürünlerine dönüşür ve bir kısmı, birkaç gün sonra dışkı ve idrar yolu ile vücuttan atılır. Atılmayıp vücutta kalan kısım ise yağ dokusunda depolanır ve uzun süre kalır; çok yavaş olarak vücuttan atılır.

Heptaklor ABD ve Avustralya'da sığırların kanında tespit edilmiştir. Amerika'da sığırlardan elde edilen 241 örneğin 30'unda (%12,4), Avustralya'da ise % 0,02'sinde heptaklor tespit edilmiştir. Vietnam'da kişi başı günlük heptaklor alımının 0,25 µg; Hindistan'da 0,07 µg olduğu tahmin edilmektedir.

Sağlık Etkileri: İnsanda heptaklor ile meydana gelmiş kaza veya intihar amaçlı zehirlenmeye dair bilgi yoktur. Hayvanlarda zehirlenme belirtileri titremeler ve konvülsiyondur (sara benzeri kasılmalar).

Heptaklor ve endrin üretimi yapan fabrikalarda çalışan işçilerde, mesane kanserlerinde anlamlı ölçüde artış bulunmuştur. Ancak ölüm sayıları sınırlı olduğu için, bu bulguları yorumlamak zordur.

Solunum yolu ile, heptaklor ve heptaklor epoksid ile bulaşık gıdaları yiyerek veya sıvıları içerek heptaklor ve heptaklor epokside maruz kalan insanlardaki sağlık etklilerine dair güvenilir araştırmalar yoktur. Solunum yolu ile maruz kalmış hayvanlarda etkilerini araştıran çalışmalar da yoktur. Yiyecek ve içeceklerle heptaklor ve epoksidine maruz kalan hayvanlarda ise karaciğer hasarı, aşırı uyarılma ve doğurganlıkta azalma gözlenmiştir. Hayvan çalışmaları, gebelikte ve bebeklikte maruz kalınan heptaklor ve epoksidine beyin işlevlerini nasıl etkilediğini göstermektedir. Ancak heptaklor ve epoksidine maruz kalan insanlarda da aynı yol ile benzer etkilerin ortaya çıkıp çıkmadığı bilinmemektedir.

Bazı hayvan deneyleri genç hayvanların gebelik ve bebeklik dönemlerinde heptaklor ve heptaklor epoksidin maruz kalmaya çok duyarlı olabildiğini göstermektedir. Bu hayvanlarda sinir sistemi ve bağışıklık işlevlerinde değişiklikler olduğu bulunmuştur. İnsanlarda da benzer etkilerin olduğuna dair kimi kanıtlar vardır.

Yüksek dozda maruz kaldıktan sonra heptaklor ve heptaklor epoksidin kan, yağ, anne sütü ve beden dokularında varlığını gösteren tıbbi testler vardır. Fakat bu testler rutin kullanım için uygun değildir. Ayrıca bu örneklerde heptaklor ve heptaklor epoksid bulunsa bile, bunlara ne zaman maruz kalındığı ve sağlık için zararlı etkilerinin ortaya çıkıp çıkmayacağını söylemek olanaksızdır.

Kanser Yapar mı? İnsanlarda kanıtlar her ne kadar yetersiz olsa da, deney hayvanlarda yeterli kanıtlar nedeniyle IARC, heptakloru insan için olası kanserojen olarak sınıflamaktadır (Grup 2B).

Mireks

Mireks, çevrede doğal olarak bulunmayan, pestisit olarak üretilmiş kimyasal bir bileşiktir.

Nasıl Maruz Kalınır? Toplumun geneli için mirekse maruz kalmada temel yol gıdalar; özellikle et, balık ve av etleridir. Tehlikeli madde depolama alanlarının yakınlarında yaşayan balık ve diğer hayvanların yenmesiyle de maruz kalınır. Tehlikeli madde depolama alanlarının yakınlarında yaşayan annelerin bebekleri de anne sütü yoluyla mirekse maruz kalabilir. Mireks ile bulaşmış toprağa dokunmak veya yemek de mirekse maruz kalmanın bilinen yollarındandır. Suda zor çözündüğü ve az buharlaştığı için içilen su ve solunan havadan Mireks'e maruz kalınmayacağı düşünülmektedir.

Sağlık Etkileri: Mireksin sağlıklı kişileri nasıl etkilediği bilinmemektedir. İnsan yağ dokusunda mireksin varlığı tespit edilmiş olmakla birlikte, mirekse maruz kalma sonucu ortaya çıkmış zararlı etkileri bildiren çalışmalar mevcut değildir. Hayvan deneylerinde ağız yoluyla mirekse yüksek dozda maruz kalındığında mide, barsak, karaciğer, böbrek, göz ve tiroid gibi organlar ile sinir ve üreme sistemlerinde hasar oluştuğu gösterilmiştir.

Kan, dışkı, yağ ve anne sütünde mireks varlığını ölçebilen tıbbi testler olmakla birlikte, bu testler rutin kullanım için uygun değildir. Çünkü, ancak özel ekipman bulunan laboratuvarlarda yapılabilirler.

Kanser Yapar mı? İnsanlarda yeterli kanıtlar olmasa da, deney hayvanlarında yeterli kanıtlar nedeniyle mireks, IARC tarafından insan için olası kanserojen olarak kabul edilmektedir (Grup

Poliklorlu bifeniller

Poliklorlu bifeniller (PCB'ler) klorlanmış hidrokarbonlu bileşiklerdir ve bilinen 209 çeşidi vardır. PCB'ler katı yapıda olabileceği gibi, yağlı sıvılar şeklinde de olabilirler.

Çevrede biriktikleri ve sağlığa zararlı etkileri olduğu için, PCB'lerin üretimi ABD'de 1977 yılında durdurulmuştur. Buna rağmen, bu tarihten önce üretilmiş eski floresan ışıklı lambalar, elektrikli aletler, mikroskoplar ve hidrolik yağlar PCB'leri içerebilir.

Üretildikleri ve kullanıldıkları süre boyunca, taşınmaları sırasında kazara dökülerek/sızarak veya PCB'leri içeren ürünlerin yanması ile PCB'ler sulara ve toprağa karışmışlardır. PCB'ler, endüstriyel atıkların ve tüketicilerin attığı ürünlerin yasadışı ve uygunsuz şekilde toplandığı tehlikeli atık depolama alanlarından, PCB'leri içeren eski elektrikli transformatörlerden, bazı atıkların yakıldığı atık yakma tesislerinden hala çevreye yayılabilirler.

PCB'ler çevrede hemen parçalanmazlar ve çok uzun süre kalırlar. Depolandıkları ve çevreye karıştıkları yerlerden daha uzak mesafelere taşınabilirler. PCB'ler suda az miktarda çözünebilirler; ancak en çok organik partiküllere ve su diplerindeki sedimentlere tutunurlar. Aynı zamanda çok güçlü bir şekilde toprağa yapışırlar. PCB'ler suda balıklar ve küçük organizmalar tarafından ve bu canlıları besin olarak kullanan diğer hayvanlar tarafından alınırlar. PCB'ler balıklarda ve diğer deniz memelilerinde birikir ve sudakinden binlerce kat daha yüksek düzeylere ulaşır.

Nasıl Maruz Kalınır? Toplumun geneli için PCB'lere maruz kalmada ana kaynak gıdalar, özellikle bulaşık sulardan tutulan balıklar, et ve

süt ürünleridir. Bunun dışında, eski floresan lambalar, TV ve buzdolabı gibi 30 yıl veya daha önce üretilmiş elektrikli aletlerin kullanımı ile de maruz kalınabilir. Ayrıca, tehlikeli atık depolama alanlarının yakınında havayı soluyarak ve bulaşık suları içerek, işyerinde PCB içeren elektrikli aletlerin yapımında veya tamiri sırasında da PCB'lere maruz kalınabilir.

1986-1988 arasında Ontario'da (Kanada) çiftlik hayvanlarında yürütülen bir çalışmada, yağlı dokulardan alınan örneklerin %8,5'inde 0,30 mg/kg'a varan miktarlarda PCB kalıntıları tespit edilmiştir. Vietnam'da gıdalar üzerine bir araştırmada, en yüksek PCB düzeyleri balıklarda (760 ng/g) ve midyelerde (1.400 ng/g) bulunmuştur. Vietnam tipi beslenmede PCB'lerin ana kaynağı tahıllar (pirinç dahil) ve sebzelerdir ve kişi başına diyetle alınan günlük miktar 3,7 µg'dır. Hindistan'da gıdalar üzerine bir çalışmada, en yüksek PCB düzeyleri balıklarda bulunmuştur (ortalama 330 ng/g). Burada da PCB'lerin ana kaynağı tahıllar ve bitkisel yağlar olup; diyetle günlük alınan miktar kişi başına 0,86 µg'dır.

Sağlık Etkileri: PCB'lerin toksik özellikleri, klor atomlarının sayısı ve pozisyonu ile ilgilidir. Bu nedenle bazı PCB'ler, dioksinlere ve furanlara benzerler ve benzer etkilere neden olurlar.

PCB'lere maruz kalma ile ilişkili olarak, karaciğer enzimlerinde değişimler, karaciğerde büyüme ve deride etkilenmeler bildirilmiştir. Bu istenmeyen sağlık etkileri yüksek kan düzeylerine bağlıdır. Fazla miktarda PCB'lere maruz kalmış kişilerde gözlenen sağlık etkileri akne ve kızarıklık gibi deri lezyonlarıdır. PCB'lere maruz kalan çalışanlarda yürütülen çalışmalar karaciğer hasarı ve idrar değişikliklerine işaret etmektedir.

Topluma ilişkin araştırmalarda genellikle PCB'lere maruz kalmış annelerin bebekleri incelenmiş; cilt ve karaciğer etkileri ile pek karşılaşılmamıştır. Fakat, işyerinde veya bulaşık gıdaları yiyerek yüksek düzeyde PCB'lere maruz kalan kadınların bebeklerinin, maruz kalmayan kadınların bebeklerinden daha düşük doğum ağırlığı ile doğdukları gösterilmiştir. Ayrıca, bu bebekler davranış testlerinde anormallikler (kas kontrolü ve yakın/uzak bellek)

göstermektedir. Plasenta veya anne sütü ile PCB'leri alan bu bebeklerde bağışıklık sistemi de etkilenmektedir.

Japonya'da 1968'de ve Tayvan'da 1979'da PCB'lerle bulaşmış pirincin yenmesi ile çok sayıda kişi PCB'lere maruz kalmıştır. Buna bağlı olarak, göz kapaklarında şişme, göz salgılarında artış, tırnaklarda ve mukozalarda pigment artışı, zaman zaman yorgunluk hissi, bulantı ve kusma gibi belirti ve bulgular gözlenmiştir. Bunların ardından, deride kabalaşma ve deri renginde koyulaşma, deride akne benzeri lezyonlar ve ikincil stafilokok enfeksiyonları sıklığında artış ortaya çıkmıştır. Tayvan'da, bu salgında PCB'lere maruz kalan annelerden doğan çocuklarda anne karnında büyüme geriliği, bilişsel gelişmede gerilik, davranışsal sorunlar, pigment artışı, tırnaklarda ve süt dişlerinde şekil bozukluğu görülmüştür.

Hayvan deneylerinde, gıdalarla büyük miktarda PCB'lere maruz kalan hayvanlarda karaciğer hasarı ve ölüm görülmüştür. Deney hayvanlarında, asıl etkiler kronik olarak maruz kalmayla ortaya çıkmıştır. Karaciğerde, deride, bağışıklık ve üreme sistemlerinde, sindirim kanalında ve tiroid bezinde PCB'lere maruz kalma ile ilgili etkiler gözlenmiştir.

Kanser Yapar mı? Mesleki olarak PCB'lere maruz kalanlarda, PCB'lerin karaciğer ve safra yolları kanserleri ile ilişkisini gösteren bazı araştırmalar mevcuttur. Elektrikli kondansatör yapımında çalışan kadın ve erkek işçilerde kanser ölümlerinde anlamlı artışlar görülmüştür. Erkek işçilerde kan hücrelerinden kaynaklanan kanserler ve sindirim sistemi kanserlerinde anlamlı bir artış; akciğer kanserinde anlamlı olamayan bir artış gözlenmiştir. İnsanda kanser yaptığına dair sınırlı kanıtlar ve deney hayvanlarında kanser yaptığına dair yeterli kanıtlar nedeniyle IARC, PCB'leri olası kanserojen olarak kabul etmektedir (Grup 2A).

Toksafen

Tehlikeli atık depolama alanlarından çevreye; buharlaşma ile havaya karışabilir. Suda iyi çözünmediği için havada, toprakta ve göllerin dibindeki sedimentlerde yüzey sularından daha fazla bulunur.

Nasıl Maruz Kalınır? Toplumun geneli için temel maruz kalma yolu

gıdalardır. Bulaşık balık ve midyeleri yiyerek, bulaşık suları içerek alınabildiği gibi, tehlikeli madde depolama alanlarının yakındaki kişiler solunum yolu ile; bebek ve çocuklar bulaşık toprağı yiyerek toksafene maruz kalabilir.

Sağlık Etkileri: Soluyarak, yiyerek veya içerek yüksek düzeyde Toksafen'e maruz kalanlarda karaciğer, sinir sistemi ve böbrek hasarları gelişebilir, hatta ölüm görülebilir. İnsanların çoğı düşük düzeyde Toksafen'e maruz kalmış olabilir; ancak düşük dozda maruz kalmış kişileri nasıl etkilediğine dair bilgi yoktur.

Deney hayvanlarında yiyerek veya içerek Toksafen'e maruz kalındığında karaciğer, böbrek, böbreküstü bezi ve bağışıklık sistemi etkileri gözlenmiştir. Ayrıca, gebeliğinde Toksafen'e maruz bırakılan hayvanların yeni doğan bebeklerinin gelişimini de etkilediğı bildirilmiştir.

Kanser Yapar mı? Kanserojen olduğuna dair insanda yeterli kanıt olmasa da, deney hayvanlarında kanıtlar nedeniyle IARC, toksafeni, insan için olası kanserojen olarak kabul etmektedir (Grup 2B).

Kaynaklar

1. P.Vlahos, K.Beitler, P.Bertash, G. Jacobson. Where Do POPs Come From and Where Do They Go in the Coastal Environment?
<http://cosee.umaine.edu/coseeos/workshops/escc1009conceptmap04.htm> Erişim Nisan 2014
2. Bergman A, Heindel JJ, Jobling S, Kidd KA, Zoeller RT. State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012, Inter-Organization Programme For The Sound Management Of Chemicals,WHO-UNEP, 2013.
3. World Health Organization. Children's Health and the Environment, WHO Training Package for the Health Sector.
<http://www.who.int/ceh/capacity/Lead.pdf>
4. Gilman A, Jenssen BM. Impact of climate change on toxicological and ecotoxicological effects of POPs exposure. "Climate Change and POPs: Predicting the Impacts" içinde. UNEP/AMAP, 2011.
5. The UNDP-GEF POPs Resource Kit
<http://www.ntn.org.au/cchandbook/library/documents/popskit.pdf>
Erişim: Mart 2014.
6. Ritter L, Solomon KR, Forget J, Stemeroff M, O'Leary C. Persistent Organic Pollutants: An Assessment Report on: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane Heptachlor-Hexachlorobenzene Mirex-Toxaphene Polychlorinated Biphenyls Dioxins and Furans.
<http://www.pops.int/documents/background/assessreport/en/ritteren.pdf> Erişim: Mart 2014.
7. Stockholm Convention On Persistent Organic Pollutants
http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/convention_text/UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-FULL.English.PDF Erişim: Nisan 2013.
8. What are Persistent Organic Pollutants (POPs)
<http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/capacity-building-for-the-implementation-of-multilateral-environmental-agreements/the-stockholm-convention/facts-and-figures/what-are-persistent-organic-pollutants-pops.html> Erişim: Nisan 2014.
9. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#ALDR>
Erişim: Mart 2013.

10. Aldrin and Dieldrin <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts1.pdf> Erişim: Mart 2014.
11. Substance Profiles for the POPs, IOMC, POPs Assessment Report, Dec.1995: Chapter 6
<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#CHLO>
Erişim: Mart 2014.
12. Chlordane. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts31.pdf> Erişim: Mart 2014.
13. DDT. <http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html#DDT>
Erişim: Şubat 2014.
14. DDT, DDE and DDE. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts35.pdf>
Erişim: Mart 2014.
15. Chlorinated Dibenzo-P-Dioxins (CDDs).
<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts104.pdf> Erişim: Nisan 2014.
16. Chlorodibenzofurans (CDFs).
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts32.pdf> Erişim: Nisan 2014.
17. Endrin. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts89.pdf> Erişim: Mart 2014.
18. Hexachlorobenzene.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts90.pdf> Erişim: Nisan 2014.
19. Mirex And Chlordecone. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts66.pdf>
Erişim: Mart 2014.
20. Polychlorinated Biphenyls. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts17.pdf>
Erişim Nisan 2014.
21. Toxaphene. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts94.pdf> Erişim: Nisan 2014.
22. The new POPs under the Stockholm Convention.
<http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/capacity-building-for-the-implementation-of-multilateral-environmental-agreements/the-Stokholm-convention/facts-and-figures/nine-new-pops.html> Erişim: Nisan 2014.

II. Yeni KOK'ların sağlık etkileri

Hür Hassoy, Raika Durusoy

Hekzaklorosiklohekzanlar

- Alfa-hekzaklorosiklohekzan (alfa-HCH),
- Beta-hekzaklorosiklohekzan (beta-HCH),
- Lindan (gama-HCH)

Alfa-hekzaklorosiklohekzan uzun yıllar böcek öldürücü olarak kullanılmıştır ve yıllar içinde kullanımı ortadan kalkmıştır. Günümüzde lindan üretimi sırasında istemsiz olarak oluşumu devam etmektedir. Her 1 ton lindan üretimi sırasında 6-10 ton civarında alfa ve beta-HCH izomerleri oluşmaktadır. Bu nedenle çevrede alfa-HCH ve beta-HCH bol miktarda bulunmaktadır.

Lindan, gama-HCH'nin yaygın olarak bilinen ismidir. Lindan, tarımsal uygulamalarda geniş spektrumlu böcek ilacı olarak kullanılmıştır. Veteriner hekimlik ve tıp alanlarında özellikle ektoparazitlere karşı kullanım alanı bulmuştur. Lindan üretimi son yıllarda hızla azalmıştır ve sadece birkaç ülkede hala üretildiği bilinmektedir. Lindanın mevcut üretimi azalsa da, uzun yıllar yaygın kullanılmış olmasından dolayı dünya çapında bu maddeyle kontamine atıklar miras kalmıştır (1, 2, 3).

KOK Özellikleri: Hekzaklorosiklohekzan soğuk bölgelerde suda yüksek oranda kalıcı özellik göstermektedir. Özellikle kutuplarda, çevrede ve besin zincirlerinde birikmektedir. Bu kimyasalın uzak mesafelere taşınabilme potansiyeli vardır (4). Lindan kalıcıdır, gıda zincirinde kolayca biyoakümüle ve biyokonsantre olur. Uzun mesafelere taşınabildiğini gösteren kanıtlar mevcuttur. Lindan, özellikle soğuk bölgelerde, deniz çevresinde yüksek konsantrasyonlarda bulunur (5).

Nasıl Maruz Kalınır? İnsanlarda başlıca etkilenim yolları yutma, soluma ve deri temasıdır. Toplum, potansiyel pestisit kalıntıları ile kirlenmiş gıda maddelerinin tüketimi ile maruz kalmaktadır. Genelde yağlı ürünlerde daha yüksek düzeylerde bulunmaktadır.

Turşu ve çiğ mantarda da yüksek miktarda bulunmuştur. Şampuan ve losyonlardan da dermal yolla bulaş gerçekleşebilmektedir. Lindanın, uyuz ve bit tedavisi için kullanılan ecza ürünlerinin içinde bulunması insanlarda etkilenimin önemli bir kaynağını oluşturmuştur. Lindana gıda kaynaklı maruz kalmanın önemli bir yolu da yüksek oranda hayvansal yağ içeren ürünlerin tüketimidir (3, 4).

Sağlık Etkileri: HCH izomerleri dünyanın hemen her yerinde insan yağ dokusunda, kanda ve anne sütünde saptanmıştır. Özellikle kutup bölgelerinde ve büyük göllerin çevresinde yaşayan kişilerde bu kimyasalların çeşitli vücut sıvılarında birikimi daha belirgindir (6). Alfa- HCH nörotoksikite yapma potansiyeli en yüksek olan izomerdir. Alfa ve beta HCH'nin deney hayvanlarında karaciğer büyümesi ve karaciğer tümörü yaptığı gösterilmiştir. İnsanlarda etkilenim sonrası bağışıklık sisteminin baskılandığı ve hayvan deneylerinde de bağışıklık sisteminin etkilendiği gözlenmiştir. Hormon düzensizliklerinin tetiklediği infertilite ve düşük de gözlenmiştir. Anne karnında büyüme geriliği ve kansızlık (aplastik anemi) ile de ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Lindanın nörotoksik, hepatotoksik, immunotoksik olduğu, üreme ve gelişmeye etkileri olduğu deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır. İnsanlarda akut zehirlenme durumunda lindanın ciddi nörolojik etkilere sebep olacağı bildirilirken, kronik zehirlenmede hematolojik etkiler olabileceği belirtilmektedir (3).

Kanser Yapar mı? Hayvanlar için karsinojen olduğunu gösteren kanıtlar yeterli düzeydedir. Yüksek doz HCH'nin fare ve sıçan karaciğerlerinde nodüler hiperplazi ve hepatoselüler karsinom yaptığı gösterilmiştir. Epidemiyolojik çalışmalar alfa ve beta HCH'ye maruz kalış sonrasında artmış meme kanserine işaret etmektedir. Yapılan çalışmalar HCH ile kanser gelişiminin muhtemelen non-genotoksik mekanizmayla oluştuğunu göstermiştir. Alfa, beta ve gama heksaklorosikloheksan, IARC tarafından insanlar için olası kanserojen (Grup 2B) olarak sınıflandırılmıştır (2).

Klordekon

Klordekon, sentetik organik klorlu bir bileşiktir ve en çok tarımda pestisit olarak kullanılmıştır. İlk olarak 1951 yılında üretilmiş ve ticari

satışı 1957 yılında başlamıştır. Yaprak yiyen böceklerle, karıncalara, sineklerin larvalarına karşı kullanılmıştır. Muz, narenciye, tütün, süs çalıları, çim, torf ve çiçeklerde de kullanılmıştır. Günümüzde bu kimyasalın bildirilen kullanımı ve üretimi yoktur. Klordekon ayrıca mireks adlı diğer bir KOK'un yıkım ürünüdür (4, 6).

KOK özellikleri: Klordekon çevrede yüksek düzeyde kalıcıdır, biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon potansiyeli, yani biyolojik dokularda birikme ve doğada bulunduğundan çok daha yüksek konsantrasyonlara çıkma potansiyeli yüksektir ve fiziksel-kimyasal özellikleri ve modelleme verilerine göre çok uzak mesafelere taşınma potansiyeli yüksektir. Suda yaşayan canlılar için çok toksiktir (4).

Nasıl Maruz Kalınır? İnsanlar klordekona başlıca soluma, sindirim ve deri teması yollarıyla maruz kalabilirler. Çevrede çok stabildir ve hiçbir yıkım ürünü belirlenememiştir.

Sağlık Etkileri: Klordekonun üretiminin durdurulduğu 1975 yılında, üretiminin yapıldığı bir tesisteki işçilerin yarısında sinir sisteminin etkilendiğini gösteren sinirlilik, baş ağrısı, huzursuzluk, yakın hafızada zayıflık, titreme, hızlı rasgele göz hareketleri, kas güçsüzlüğü, denge, koordinasyon ve konuşma bozuklukları gibi belirtiler saptanmıştır. Ek olarak, bazı erkek işçilerin sperm sayısında azalma saptanmıştır ve klordekona maruz kalımları sonra erdikten sonra uygulanan tedaviyle ancak 5-7 yıl sonra normal düzeye gelmiştir. Yüksek düzeyde klordekona maruz kalan bazı işçilerin derilerinde döküntüler, karaciğerlerinde büyüme ve eklem ağrıları görülmüştür. Maruz kalan işçilerin kanlarında klordekon 11,8 µg/mL'ye varan düzeylerde belirlenmiştir (6, 7). Deney hayvanları üzerinde yapılan araştırmalarda da karaciğer, sinir sistemi ve erkek üreme sistemi hasarları saptanmış, daha yüksek düzeylerde maruz kalan hayvanlarda böbrek ve dişi üreme sistemi hasarları da belirlenmiştir (7).

Kanser Yapar mı? İnsanlar için olası kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (4). Besin yoluyla klordekon verilen fare ve sıçanlarda karaciğer kanseri (hepatoselüler karsinom) ortaya çıkmıştır (6). IARC

tarafından insanlar için olası kanserojen (Grup 2B) olarak sınıflandırılmıştır.

Polibromlu bifenileterler (PBB ler)

- **Hekzabromodifenil eter ve heptabromodifenil eter-ticari okta bromodifenil eter (okta-BDE) ve**
- **Tetrabromodifenil eter ve pentabromodifenil eter-ticari pentabromodifenil eter (penta-BDE)**

Hekzabromodifenil eter ve heptabromodifenil, ticari okta bromodifenil eterin (okta-BDE) başlıca bileşenlerini oluşturur. Polibromludifenil eterler genellikle sentetik fiber maddelerin ve plastiklerin içinde yanmadan korumak amaçlı olarak kullanılmıştır. Ev ve işyerlerinde elektrikli cihazların içinde, cilalarda, kaplama malzemelerinde, otomobil döşemelerinde de alev almayı önleyici madde olarak kullanılmaktadır (5).

KOK Özellikleri: Ticari octa-BDE karışımı yüksek oranda kalıcıdır. Biyoakümülyasyon ve gıda zincirinde biyomagnifikasyon potansiyeli yüksek olan bir kimyasaldır. Uzak mesafelere taşınma potansiyeli yüksektir. Tek parçalanma yolu debrominasyon ve diğer bromodifenil eterlerin üretimi sırasındadır. BDE'lere alternatif kimyasallar genellikle mevcuttur. 2004 yılına kadar Hollanda, Fransa, ABD, Japonya, İngiltere ve İsrail'de üretildiği bilinmektedir. Bu tarihten sonra üretimi yasaklanmıştır. Güncel üretimi ile ilgili bilgi olmamasına karşın, halen kullanımda oldukları bildirilmektedir. Uzun mesafelere taşınabilme özelliği Alp'lerdeki göllerde tespit edilmeleriyle doğrulanmıştır. Bu kimyasallar tüm bölgelerde yaşayan insanlarda gösterilmiştir (4).

Nasıl Maruz Kalınır? İnsanlar PBB'lere başlıca sindirim, solunum ve deri yoluyla maruz kalırlar. ABD Michigan bölgesinde 1973-1974 yılları arasında 8.000 - 12.500 kişinin PBB'ler ile kontamine et, süt, tereyağı, peynir ve yumurta tüketmeleri nedeniyle etkilendikleri belirlenmiştir. Bölge halkının %90'ının kanında PBB'ler tespit edilmiştir. Bu kimyasallar stabiliteilerini koruduğu ve yavaş elimine edildiği için bu kişilerde etkilenimin hayat boyu sürmesi söz konusudur.

Sağlık Etkileri: Memeliler de dahil olmak yaban hayatındaki canlılarda toksik etkilerinin olduğu kanıtlanmıştır. Hekzabromobifenil eterlerin 1970 li yıllarda ABD Michigan da hayvan yemlerinin içine gıda katkı maddesi olarak eklenilmesi sonucunda binlerce çiftlik hayvanının kaybına ve bölgede yaşayan kişilerin etkilenmelerine sebep olunmuştur.

Kanser yapar mı? Yapılan hayvan çalışmaları, polibromlubifenillerin insanlar için kanseojen olduklarını gösteren yeterli kanıtlar sunmaktadır. Hayvan çalışmalarında penta, hekza ve hepta bromobifenil izomerlerinin karşımı olan kimyasal madde kullanılmıştır (ticari ismi FireMasterFF-1). Fare ve sıçanlara ağız yoluyla verilen PBB'lerin karaciğer tümörü yaptığı gösterilmiştir. PBB izomerlerinin ticari karışımının fare ve sıçan midelerine uygulanması sonrasında her iki cinsiyette de karaciğer kanseri (hepatoselüler karsinom) ve safra yolları tümörü (kolanjiyo karsinom) oluşturduğu gösterilmiştir. Ayrıca PBB'lere maruz kalmanın lenfoma ve sindirim sistemi kanserleri ile ilişkili olduğu da gösterilmiştir (6, 8). IARC tarafından insanlar için olası kanseojen (Grup 2B) olarak sınıflandırılmıştır.

Pentaklorobenzen (PeCB)

Benzen halkasındaki hidrojen atomlarının bir ya da daha fazla klor ile yer değiştirmesiyle klorobenzenler adlı molekül grubu meydana gelir. Pentaklorobenzen de bu grubun bir üyesidir. Polikarbonlubifenil içeren ürünlerde, boyarmadde taşıyıcısı olarak, fungusit olarak, alev geciktirici olarak kullanılmıştır. Kimyasal madde olarak üretimine uzun yıllar önce son verilmiştir. Çek cumhuriyeti, Almanya, Litvanya, Mauritius, Türkiye, Kanada gibi pek çok ülke bu kimyasalı üretmediklerini ve kullanmadıklarını bildirmişlerdir (9). Kuintozen (quintozen) üretimi sırasında kimyasal ara madde olarak meydana gelir. PeCB yanma, termal ve endüstriyel işlemler sırasında istenmeden üretilmektedir. Özellikle tam yanmama sonucu oluşur ve son yıllarda çevreye karışmasının en önemli nedeni budur. Çözücü ya da böcek öldürücü gibi ürünlerin içinde de bulunabilmektedirler (4).

KOK Özellikleri: Pentaklorobenzen çevrede kalıcı özellik gösterir. Yüksek oranda biyoakümüle olmaktadır. Uzun mesafelere taşınma potansiyeli bulunmaktadır. İnsanlar için orta derecede toksik özellik gösterirken, suda yaşayan organizmalar için çok toksiktir (5).

Nasıl Maruz Kalınır: Pentaklorobenzenin üretildiği veya kullanıldığı işyerlerinde solunum ya da deri yoluyla çalışanlara geçebilmektedir. Kuintozenin üretildiği ve kullanıldığı yerlerde de maruz kalma durumu söz konusudur. Toplum ise ortam havasından, gıda alımı yoluyla ve içme suyu yoluyla maruz kalabilir. Pentaklorobenzen anne sütünde tespit edilmiş ve insan plasentasında birikebildiği gösterilmiştir. Ayrıca insanlarda abdominal ve böbrek çevresi yağ dokularında ve meme dokusunda tespit edilmiştir (9).

Sağlık Etkileri: Pentaklorobenzen sıçan ve fareler üzerinde test edilmiştir. Ağız ve deri yoluyla uygulanarak oluşan akut toksisite sonuçlarına göre her iki tür için de yaşamsal işlevlerde azalma ve titreme gözlenmiştir. Sıçanların böbrek, karaciğer ve böbreküstü bezlerinde genişleme saptanmıştır. Mide mukozasının hiperemik olduğu ve mide-bağırsak sisteminin hafif kırmızımsı görüldüğü, porfiri benzeri bir görünüm aldığı hem sıçan hem farelerde gözlemlenmiştir. Pentaklorobenzen, Avrupa ESIS veri tabanında "yutulduğunda zararlı" (R22) olarak sınıflandırılmıştır. Sub-kronik toksisite ile ilgili testler fare ve sıçanlarda gerçekleştirilmiştir. Karaciğer büyümesi ve karaciğer hücrelerinde hipertrofi, erkek cinsiyette böbreklerde büyüme ve renal hyalin damlacık oluşumu gözlenmiştir. Farklı dozlarda yapılan deneylerde; erkeklerde renal tübüler atrofi, interstisyel lenfositik infiltrasyon gözlenirken, dişilerde böbreküstü bezi ve böbrek dokusunda büyüme gözlenmiştir. Her iki cinsiyette de hemoglobinin düzeyinde azalma ve beyaz kan hücrelerinde artış saptanmıştır. Ayrıca tirod hormon düzeylerinde etkilenmeler ve anormal sperm görülme sıklığında da artış saptanmıştır. Anneye toksik olmayan dozlarda embriyoya veya fetüse (cenine) toksik olduğuna dair bazı kanıtlar vardır.

Kanser Yapar mı? Pentaklorobenzenin insanlar üzerine etkilerine dair yapılmış epidemiyolojik çalışmalar bulunmamaktadır. Yapılan sınırlı sayıdaki in vitro ve in vivo çalışmada genotoksik olduğunu

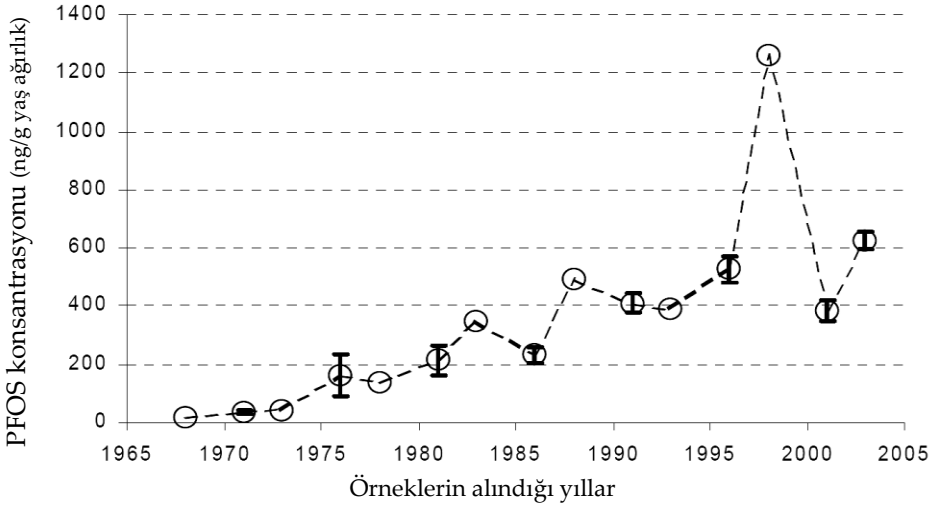
gösteren bir bulguya rastlanmamıştır. IARC ve Avrupa ESIS veritabanı tarafından insanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmamıştır (9).

Perfloro-oktan sülfonat (PFOS), PFOS tuzları ve perfloro-oktan sülfonil florür (PFOS-F)

PFOS, insan yapımı olan, doğada doğal olarak bulunmayan, tamamıyla florlanmış bir anyondur. Anyon olduğu için kendine özgü bir Chemical Abstracts Service (CAS) kayıt numarası yoktur ancak öncülü sülfonik asitin ve ticari olarak kullanılan PFOS tuzlarının CAS numaraları vardır. Tuz olarak veya daha büyük polimerlerin yapısında bulunur. PFOS hem istemli olarak üretilir, hem de ilgili yapay kimyasalların yıkımı esnasında istemsiz olarak açığa çıkar. Avrupa Birliği yasal düzenlemelerinde molekül formülü $C_8F_{17}SO_2Y$ olan bütün bileşikler bu kapsamda ele alınmaktadır (Y =OH, metal veya diğer tuz, halojen tuzu, amit ve polimerler dahil diğer türevler). Hem suyu, hem yağı itici özelliklerinden dolayı PFOS'un kullanım alanları yaygındır ve elektrik-elektronik parçaları, yangın söndürme köpüğü, fotoğrafla görüntüleme, hidrolik sıvıları ve tekstil alanlarını içermektedir. PFOS halen birkaç ülkede üretilmektedir (4,10).

KOK özellikleri: PFOS çok ileri düzeyde kalıcıdır ve önemli düzeyde biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon özellikleri vardır. Örnek olarak, İsveç'te 35 yıl boyunca örneklenen deniz papağanı (*Uria aalge*) yumurtalarında 1968 yılında 25 ng/g yağ ağırlık olan PFOS düzeyi 2003 yılında 614 ng/g'a çıkarak 25 kat artış göstermiştir (Şekil 1). PFOS, diğer KOK'lardan farklı olarak yağlı dokulara dağılmak yerine kanda ve karaciğerdeki proteinlere bağlanır. Çok uzak mesafelere taşınma potansiyeli vardır ve Stokholm Sözleşmesi'nin toksisite kriterlerini sağlamaktadır (4,10).

Şekil 1. Baltık Denizi'nde 1968-2003 yılları arasında alınan deniz papağanı (*Uria aalge*) yumurta örneklerinde ölçülen PFOS düzeyleri



Nasıl Maruz Kalınır? Yaygın biçimde etkilenmeye yol açan olası maruz kalma yolları, gıda ve suyla sindirim yoluyla, ticari ürünlerin kullanımı esnasında veya havada uzak mesafelere taşınabilen PFOS içeren taneciklerin solunum yoluyla alımı şeklindedir. Güncel bilgiler ışığında, balık ve balıkçılık ürünleri, insanların başlıca PFOS kaynağı durumundadır (11, 12). Geçmişte dünyada en fazla PFOS üretimini yapan ülke olan ABD’de artık bu kimyasalın üretimi durdurulmuştur, ancak bazı kısıtlı alanlarda kullanımına izin verilmektedir. Geçmiş üretim işlemleri sırasında büyük miktarlarda PFOS havaya, toprağa ve suya karışmıştır. PFOS, aynı zamanda ilgili bileşiklerin yıkımı sonucu oluşan kararlı bir son üründür. Çeşitli ülkelerde hem toplumdan alınan kan örneklerinde, hem doğal ortamda yaşayan hayvan örneklerinde PFOS’un saptanmış olması, bu kimyasala yaygın biçimde maruz kalındığını göstermektedir. Florokimyasal üretimi yapılan fabrikaların çevresinde yaşayanlarda ve işçilerde PFOS düzeyleri daha yüksek bulunmuştur (11, 13).

Sağlık etkileri: Toksikolojik araştırmalar, ağız yoluyla alındıktan sonra PFOS’un emiliminin gerçekleştiğini ve özellikle serum, böbrek ve karaciğerde biriktiğini göstermektedir. İnsanda yarılanma ömrü,

farklı çalışmalara göre 2-9 yıl arasında değişmektedir, bu nedenle birikerek vücutta zararlı etkiler oluşturabilecek düzeylere çıkabilmektedir. Hayvan deneylerinde PFOS'un gelişimsel, üreme sistemiyle ilgili, meme dokusunun gelişimi ve nöroendokrin sistemle ilgili olumsuz etki potansiyeli saptanmıştır. PFOS'un yağ ve lipoprotein metabolizmasını bozabileceğine dair bulgular vardır (11).

Kanser Yapar mı? PFOS'a uzun süre maruz kalmanın sıçanların karaciğerinde tümör gelişmesine yol açabileceğine dair çalışmalar bulunmaktadır. İnsanlarda PFOS'a maruz kalma ile mesane kanseri arasında ilişki saptanmıştır. Ancak her iki olası ilişkinin kanıtlanabilmesi için daha ileri araştırmaların yapılması gerekmektedir (11). PFOS henüz DSÖ-IARC veya ABD-EPA tarafından kanserojen olarak sınıflandırılmamıştır.

Teknik endosülfan ve ilgili izomerleri

Endosülfan, ekin zararlıları, çeçe sineği, büyükbaş hayvanların ektoparazitlerine karşı ve ahşap koruyucu olarak 1950'li yıllardan bu yana kullanılan bir böcek öldürücüdür. Endosülfanın iki izomeri vardır: alfa ve beta. İkisi de biyolojik olarak aktiftir. Teknik endosülfan, iki izomerin, az miktarda başka kalıntılar da içeren bir karışımıdır. Geniş spektrumlu bir böcek öldürücü olarak günümüzde kahve, pamuk, pirinç, soya gibi çeşitli ekinlerin zararlılarına karşı kullanılmaktadır. Brezilya, Çin, Hindistan, İsrail ve Güney Kore'de yılda toplam 18-20 bin ton endosülfan üretilmektedir. Kolombiya, ABD. ve bazı Avrupa ülkelerinde üretimden kaldırılmıştır. En yüksek miktarda endosülfan kullanan Arjantin, Avustralya, Brezilya, Çin, Meksika, Pakistan ve ABD'de yıllık kullanılan toplam miktarı 15 bin tondur. Ek olarak 21 ülke daha endosülfan kullanımı bildirmektedir (4). Türkiye'de endosülfan içeren tarım ilaçlarının üretim ve ithali 30 Haziran 2007 tarihinden itibaren yasaklanmış, mevcut ilaçların da 1 Ocak 2008 tarihinden itibaren kullanımı yasaklanmıştır (14).

KOK Özellikleri: Endosülfan atmosferde, sedimentte ve suda kalıcıdır. Biyoakümüasyonu olur ve uzak mesafelere taşınma potansiyeli vardır. Yoğun kullanıldığı alanlardan çok uzaklarda dahi, örneğin Kuzey Kutup Bölgesi'nde hava, sediment, su ve canlılarda saptanmıştır (4).

Nasıl Maruz Kalınır? Endosülfan ile kontamine olmuş besinlerin yenmesi, havanın solunması, suyun içilmesi yollarıyla maruz kalınır. Toplumun başlıca maruz kalma yolu gıdalardır. Endosülfan püskürtülen toprağa, meyvelere, bitkilere dokunulduğunda deri yoluyla da az miktarda vücuda geçişi olur. Endosülfan uygulayanlar, uygun koruyucuları kullanmazlarsa soluma veya deri teması yoluyla maruz kalabilirler (15).

Sağlık Etkileri: Endosülfan insanlar için toksiktir ve doğumsal anomaliler, zekâ geriliği, tarım işçilerinde ve köylülerde ölümlerle ilişkilendirilmiştir (4). Endosülfan toksisitesinden en çok etkilenen organ, sinir sistemidir. Hangi yoldan maruz kalınırsa kalınsın, yüksek düzeyde maruz kalındığında hiperaktiviteye ve konvülsiyonlara (sara nöbeti) yol açar. Ağır zehirlenmeler ölümlle sonuçlanabilir.

Uzun yıllar boyunca düşük düzeyde endosülfana maruz kalan insanlar üzerinde yürütülmüş araştırma bulunmamaktadır. Hayvan araştırmaları, kontamine gıdaların beslenme yoluyla uzun süre alınmasının özellikle böbrekleri etkilediğini göstermektedir (15).

Kanser Yapar mı? Araştırmalarda mesleki olarak ve çevreden endosülfana maruz kalmanın kansere yol açtığına dair bulgu saptanmamıştır. Hayvan araştırmalarında da endosülfan kansere yol açmamıştır. DSÖ-IARC veya ABD-EPA tarafından kanserojen olarak sınıflandırılmamıştır (15).

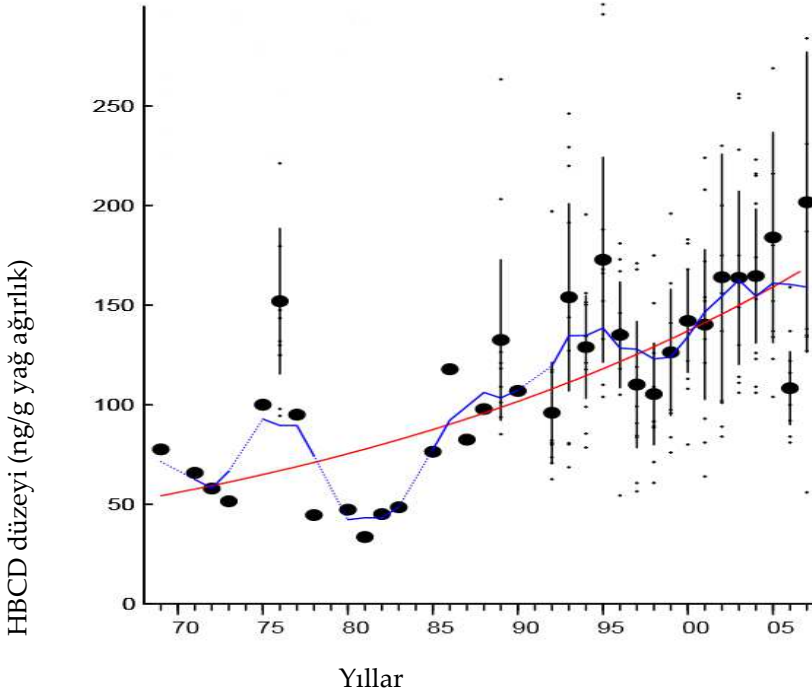
Hekzabromosiklododekan (HBCD)

HBCD, ısı yalıtımı sağlayan polistiren köpüklerde, mobilya ve oto döşemeciliğinde ve elektrikli aletlerde kullanılan bromlu bir alev geciktiricidir. Ticari (teknik) formu başlıca alfa, beta ve gama olmak üzere stereoizomerlerinin karışımından oluşur ve bu stereoizomerlerin farklı biyolojik özellikleri vardır. Daha yaygın olan formu gamadır ve vücuttan hızla atılır ancak alfa formunun yağ dokusunda birikme özelliği vardır (16).

KOK Özellikleri: HBCD kalıcıdır, toksiktir ve biyoakümülyasyon ve uzak mesafelere taşınma özellikleri vardır (16). İsveç Doğa Tarihi

Müzesi'nin Baltık Denizi'nde Stora Karlsö'den 1968-2007 yılları arasında aldığı toplam 197 deniz papağanı yumurta örneğinde yaptığı analizlere göre HBCD düzeyi yıllık ortalama %3 artarak 40 yılda yaklaşık 50ng/g'dan 160 ng/g yağ ağırlığa yükselmiştir (Şekil 2) (17).

Şekil 2. Baltık Denizi'nde 1968-2007 yılları arasında alınan deniz papağanı yumurta örneklerinde yıllara göre ortalama HBCD düzeyi (ng/g yağ ağırlık). Eğim=%3,0 (1,9-4,0), $R^2=0,51$, $p<0,001$ (17).



Nasıl Maruz Kalınır? HBCD, üretimi esnasında dış ortama da salınarak ve tüketici ürünlerinden bozunarak çevreye karışır. İnsanlar, HBCD içeren tozları soluyarak ve toz ve gıdaları besin yoluyla alarak maruz kalırlar (16). Kentsel katı atık depolama alanlarında, atık döşemelerin hava ve suya önemli miktarda HBCD karışmasına neden olduğunu derleyen ve atık döşemelerin de elektronik atıklar gibi muamele edilmesini öneren bir yayın bulunmaktadır (18).

Sağlık Etkileri: Bromlu alev geciktiricilerden PBDE ve HBCD'ye dair toksikoloji verileri bulunmaktadır. Deney hayvanlarında yürütülmüş

olan bu araştırmalar karaciğer, tiroid hormon dengesi, üreme ve sinir sistemlerinin başlıca hedefler olduğu ve sinir sistemi gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin olduğu saptamıştır (19). Örneğin sıçanlar üzerine yürütölen bir araştırmada anne karnındayken HBCD'ye maruz bırakılan sıçanların yeni doğduklarında daha tepkisel olduğu, gençken ön ayaklarının yakalama kuvvetinin daha az olduğu, ileri yaşta da dikkatlerini uzun süre yönlendiremedikleri ve arka ayaklarında ilerleyici işlev kaybı oluştuğu, dolayısıyla HBCD'nin yaşamın farklı evrelerinde farklı bulgulara yol açan gelişimsel bir nörotoksin olduğu belirlenmiştir (20).

HBCD'nin insan bedeni üzerine etkilerine dair yapılmış araştırmalar çok azdır ve çeşitli sınırlılıklar içermektedir. Örneğin 2014 yılında yayımlanan ve bromlu alev geciktiricilerin insan sağlığı üzerine etkilerini derleyen bir çalışma, kriterlerine uygun bulunduğu 36 araştırmayı derlemeye dahil etmiştir (21). Bu araştırmalardan sadece biri HBCD ile ilgilidir: Norveç'te doğumdan ortalama bir ay sonra 193 anneden alınan anne sütü örneklerinde HBCD düzeyinin, doğan bebeklerden üçüncü günde alınan tam kan örneklerindeki TSH (tiroid bezini uyaran hormon) düzeyiyle ilişkisi saptanmamıştır (22) ve maruz kalınan HBCD düzeyini, bebeklerin TSH düzeyi ölçümünden önce ya da aynı zamanda değil, bir ay sonra ölçmek gibi bir sınırlılığı vardır. Dolayısıyla HBCD için ancak toksikolojik araştırmalarda etki saptanan dokulara zarar verme olasılığından bahsedilebilir.

Kanser Yapar mı? HBCD üzerine henüz yeterli araştırma olmadığı için kansere yol açıp açmadığına dair bilgi yoktur.

Kaynaklar

1. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting Addendum Risk profile on beta hexachlorocyclohexane Geneva, 19–23 November 2007,
2. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting Addendum Risk profile on alpha hexachlorocyclohexane, Geneva, 19–23 November 2007,
3. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting Addendum, Risk profile on lindane, Geneva, 6–10 November 2006,
4. The new POPs under the Stockholm Convention, Nine new POPs <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>
5. Guidelines For Reviewing And Updating The NIP Under The Stockholm Convention On POPs GEF Council Meeting, November 16–18 2010, Washington, D.C.
https://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/documents/C.39.Inf.5%20Guidelines%20for%20NIP.Final_.pdf
6. Report on Carcinogens, Twelfth Edition 2011, U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service National Toxicology Program
7. EPA. Toxicological review of chlordecone (Kepone). EPA/635/R-07/004F. Washington, 2009
8. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting Risk profile on commercial octabromodiphenyl ether, Geneva, 19–23 November 2007
9. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting Risk profile on pentachlorobenzene, Geneva, 19–23 November 2007.
10. UNEP. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Addendum: Risk profile on perfluorooctane sulfonate Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Persistent Organic Pollutants Review Committee Second meeting, Geneva, 6–10 November 2006. UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5).

- 11.EPA. Emerging Contaminants Fact Sheet: PFOS and PFOA.
http://www2.epa.gov/sites/production/files/201404/documents/fact_sheet_contaminant_pfos_pfoa_march2014.pdf Erişim: 17 Eylöl 2014.
- 12.Squadrone S, Ciccotelli V, Favaro L, Scanzio T, Prearo M, Abete MC. Fish consumption as a source of human exposure to perfluorinated alkyl substances in Italy: Analysis of two edible fish from Lake Maggiore. *Chemosphere* 2014;114:181-6.
- 13.Gómez-Canela C, Fernández-Sanjuan M, Farrés M, Lacorte S. Factors affecting the accumulation of perfluoroalkyl substances in human blood. *Environ Sci Pollut Res Int* 2014;Aug28 [Epub ahead of print]
- 14.Ziraat Mühendisleri Odası. Endosölfan yasağı tarım sektörünü böldü.
http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=6391&tipi=24&sube=0 Erişim: 8 Ekim 2014.
- 15.ATSDR. Endosölfan. Division of Toxicology and Human Health Sciences ToxFAQs. Haziran 2013
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts41.pdf> Erişim 19 Eylöl 2014.
- 16.Schechter A, Szabo DT, Miller J, Gent TL, Malik-Bass N, Petersen M, Paepke O, Colacino JA, Hynan LS, Harris TR, Malla S, Birnbaum LS. Hexabromocyclododecane (HBCD) Stereoisomers in U.S. Food from Dallas, Texas. *Environmental Health Perspectives* 2012; 120(9): 1260-1264.
- 17.Swedish Museum of Natural History, The Department of Contaminant Research. Comments Concerning the National Swedish Contaminant Monitoring Programme in Marine Biota, 2008.
<http://www.nrm.se/download/18.61d98c3a11a91af311a80001279/1367705036627/Marina+programmet+2008.pdf> Erişim 18 Eylöl 2014.
- 18.Stubbings WA, Harrad S. Extent and mechanisms of brominated flame retardant emissions from waste soft furnishings and fabrics: A critical review. *Environment International* 2014; 71: 164–175.
- 19.Fromme H, Hilger B, Kopp E, Miserok M, Völkel W. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), hexabromocyclododecane (HBCD) and “novel” brominated flame retardants in house dust in Germany. *Environment International* 2014; 64: 61-68.

20. Miller-Rhodes P, Popescu M, Goeke C, Tirabassi T, Johnson L, Markowski VP. Prenatal exposure to the brominated flame retardant hexabromocyclododecane (HBCD) impairs measures of sustained attention and increases age-related morbidity in the Long-Evans rat. *Neurotoxicology and Teratology* 2014; 45: 34–43.
21. Kim YR, Harden FA, Toms LML, Norman RE. Health consequences of exposure to brominated flame retardants: A systematic review. *Chemosphere* 2014; 106: 1–19.
22. Eggesbo M, Thomsen C, Jorgensen JV, Becher G, Odland JO, Longnecker MP. Associations between brominated flame retardants in human milk and thyroid-stimulating hormone in neonates. *Environmental Research* 2011; 111: 737–743.

6

Kalıcı Organik Kirleticileri Bertaraf Yöntemleri

Günay Can

Kalıcı organik kirleticileri bertaraf yöntemleri

Günay Can

KOK'lar dünyanın pek çok yerinde gelecek kuşaklar için kötü bir miras olarak bulunmaktadır. PCB'ler, organik klorlu pestisitler, bromlanmış alev geciktiriciler ve florlu kimyasallar insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. KOK'ların sürdürülebilir yöntemlerle bertarafı veya geri dönüşümsüz dönüştürülmesi gerekir. KOK'ların imhası aşağıdaki kriterleri karşılayabilmelidir (1).

- İmha verimlilik oranı (destruction efficiency - DE) yüksek olmalıdır (gaz, sıvı ve katı tüm girdileri ve çıktıları dikkate alarak)
- İşlemden kaynaklanan kontrolsüz salınım olmamalı ve imha sürecinde oluşan atıklar toksik olmamalıdır
- Normal oda sıcaklığı ve basınç altında çalışan, daha az enerji gerektiren sistemler tercih edilir
- Atık yok etmede kullanılan madde veya katalizörler de toksik olmayan, raf ömürleri uzun, saklamaları kolay ve ucuz olmalıdırlar (2).

KOK'ların bertarafı önemli bir sorun olarak durmaktadır. KOK'ların bertarafı genellikle iki başlık altında incelenmektedir. Yakma ve yakma dışı teknolojiler.

I. Tehlikeli atık yakma

Geçtiğimiz yıllarda, yakma işlemi organik kirleticilerin yok edilmesi için ana yöntem olmuştur. Ancak bu yöntem bazı sorunlar yaratmaktadır.

Organik bileşiklerin 850°C den daha yüksek sıcaklıkta yakılması ile yeterli türbülans ve aşırı oksijen koşullarında karbondioksit ve su gibi toksik olmayan ürünler oluşur. Bununla birlikte halojen içeren, PCDD/F ön-maddeleri (özellikle PCB, klorofenoller, klorobenzenler ve diğer aromatik klorlu bileşikler) ve benzer şekilde bromlanmış bileşikler ve bunları içeren atıklar yakıldığında yan yollardan toksik maddelerin üretilmesi kaçınılmazdır (3,4,5).

Yönetmeliklerin daha sıkı bir şekilde uygulanmasıyla, daha etkili hava kirliliği kontrolü ve gaz emisyonlarının izlenmesi, havaya serbest bırakılan PCDD/F'lerin hatırı sayılır biçimde azalmasına yol açmıştır. Ancak atığın işlemden geçirilmesi sırasında serbest kalan tamamlanmamış yanma ürünleri havada serbest kalabilir ve tehlikeli atık yakma tesislerinden kaynaklanan atıklar, yakma fırını tesisi etrafında kontaminasyona yol açabilir (6).

Yakmanın yüksek maliyetli olması sınırlayıcı bir faktördür. Özellikle yakma fırınlarıyla birlikte en gelişmiş kirlilik kontrol cihazlarıyla gözlem ve kontrol altına alınması ve yanma ürünü kalıntılarının işlenmesi (zararsız hale getirilmesi) maliyeti artırmaktadır (7,8).

Tehlikeli atıkların yakılması için tesise transferi de maliyeti yükseltmektedir. Tehlikeli atıkların üretildikleri tesislerden belirli merkezlerde kurulan yakma tesislerine taşınması, mevzuat gereği gereksinime göre üretilmiş özel araçlarla taşımayı, taşınırken konuyla ilişkili ruhsat ve ek önlemlerin alınmasını gerektirdiğinden maliyet artmaktadır.

Türkiye'de tehlikeli atık yakma fırınlarının (fabrikaları) sayısal azlığı ve buna bağlı olarak kapasitenin üretilen tehlikeli atık miktarı için yetersiz kalması nedeniyle 2000'li yıllarda giderek artan miktarda tehlikeli atık çimento fabrikalarında alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır.

Çimento fabrikalarında klinker fırınları 1450°C veya daha yüksek sıcaklıklarda çalışır. Ancak KOK'ların yakılması için bazı teknik gereksinimler karşılanmalıdır. Ayrıca bu tesislerde atık yakılmasının imha verimliliğinin yeterliliği kanıtlanamamıştır. Ayrıca etkin bir işlem için masrafı karşılama, besleme ve izleme ekipmanlarına ihtiyaç vardır (1).

Bu güne kadar yakma için (tehlikeli atık yakma fırınları veya çimento fabrikaları gibi) yapılan kapsamlı değerlendirmeler imha verimliliğinin yeterli olmadığı yönündedir (9). Bunun yanında yapılan bazı testler, yakmanın sağladığı imha verimliliğinin kimi yanmasız teknolojilerden daha düşük olduğu yolundadır (1).

Bu komplikasyonlarla birlikte, toplumsal muhalefet tehlikeli atıkların ve KOK'ların imhasında alternatif ve yanmasız yöntemlerin geliştirilmesine yol açmaktadır.

II. Yakma dışı imha yöntemleri

Yakma dışı teknolojiler, Stokholm Sözleşmesi ve Mevcut En İyi Teknolojiler (Best Available Techniques- BAT) ile En İyi Çevresel Uygulamalar (Best Environmental Practices-BEP) gereksinimlerini karşılamak zorundadır (10).

- Kapalı sistemler ve yüksek imha verimlilik oranına (DE) sahip olmalıdır
- Ticari olarak mevcut kullanılan teknolojiler olmalıdır
- Kanıtlanmış izlem sonuçları olmalıdır

İmha işlemleri esasen kapalı sistemler olmalıdır. Yani KOK'lar ve diğer maddelerin imhası sonucunda açığa çıkan atıkların (gaz, sıvı veya katı) kontrol altına alınabilmesi ve gerekirse tekrar analiz edilmesi veya imha sürecinin yeniden başlatılabilmesi gereklidir.

Toplam imha verimliliği KOK'lar ve diğer maddeler için %100'e yaklaşmalıdır. Sadece KOK kaynaklı gaz emisyonunu değil aynı zamanda sıvı, katı atıkların da etkili bir şekilde imhasını içermelidir. Güncel teknolojik yaklaşıma göre imha verimliliği en azından % 99.9999 olmalıdır (1).

Yakma dışı teknolojilerin avantajları arasında düşük çevresel etki, taşınabilirlik ve ölçeklenebilirlik, çeşitlilik - ayarlanabilir uygulamalar ve son ürünlerin yararlı olması sayılabilir.

Bu teknolojiler kullanıldığında fiziksel ve kimyasal işlemlerle KOK'lar daha az zararlı maddelere dönüşürler.

Yakma dışı teknolojiler KOK'ların imhasında teknik, çevresel ve ekonomik olarak uygun çözümler getirebilir.

Bununla birlikte gelişmiş ülkelerde kullanılmayan veya izin verilmeyen yöntemler gelişmekte olan ülkelere de kullanılmamalı ve çifte standart kabul edilmemelidir.

KOK'ların bertarafı için mükemmel bir yöntem yoktur. Her özel durumda kullanılacak teknoloji seçileceği zaman birçok kriter rol oynar. KOK'ların bertarafı için bazal verimlilik ölçütü kimyasalların parçalanma sürecinin etkinliğidir.

Kullanılan teknolojinin maliyeti önemli bir etkidir. Maliyetler, maddenin KOK içeriğinin değişkenliğine, maddenin hacmine ve taşıma uzaklığına göre önemli ölçüde farklılık gösterir. İlk yatırım maliyeti yüksek olabilir fakat yakma yaklaşımına göre mümkün gözükmese de son zamanlarda geliştirilen ve daha az optimize edilmiş teknolojilerin uygulama maliyetleri gelecekte düşebilir (1,8).

KOK'ların bertarafında kullanılan teknolojilerinin değerlendirilmesinde önemli bir kriter, işlem sırasında diğer toksik ürünlerin potansiyel oluşumudur. PCDD/F'ler tehlikeli atıkların yakılması sırasında oluşabilirler. Ancak, bir dizi yanmasız teknoloji için operasyon şartları, ilgili öncülleri varsa, PCDD/F'leri ayrıca oluşturma potansiyeline sahiptir (7).

Bertaraf teknolojisine karar verilirken diğer ekonomik, sosyal, çevresel ve teknik kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar (6),

- Teknolojinin tespit edilen organik karbon oranı ve atığa ön muamele uygulanma gerekliliği ile atığın içerisinde bulunduğu fiziksel formda muamele edebilme kapasitesi
- Kurulumun kapasitesi
- Lokal uygulanabilirlik
- Atığın taşınabilirliği ve tesislerin hareket edebilme özelliği
- Tesisin güvenilirliği ve bakım onarımı
- İkincil atığın hacmi ve anstabil periyotlar, kapalı sistem tasarımları dahil olmak üzere bütün durumlarda ürünün toksik tepkime içeriği
- Teknolojinin uygulanması ile ilişkili riskler (yükleme esnekliği, kontrol, acil durum yönetimi, tesisin sökülebilmesi)
- Halk tarafından kabul edilebilirlik
- Toksik ürünlerin oluşmaması

Günümüzde KOK'ların imhasında kullanılan çok sayıda yakma dışı teknoloji bulunmaktadır. Geniş ölçüde ticari kullanıma ve deneyime sahip olunan yöntemler arasında Gaz fazlı kimyasal redüksiyon (GPCR), Baz katalizli ayrıştırma (BCD), Sodyum Redüksiyon (SR), Süper Kritik Su Oksidasyonu (SCWO), Plasma Arc (PLASCON) ve Piroлиз vardır (11).

Bunların dışında ticari kullanım aşamasına yakın / geliştirilmekte olan olan Molten Salt Oksidasyon, Solvated Electron Technology, Ball Milling, GeoMelt Process, Silver II Hydrodechlorination teknolojileri de KOK'ların bertarafında kullanılabilecek diğer yöntemlerdir.

Baz katalizli ayrıştırma/ayırışma (BCD)

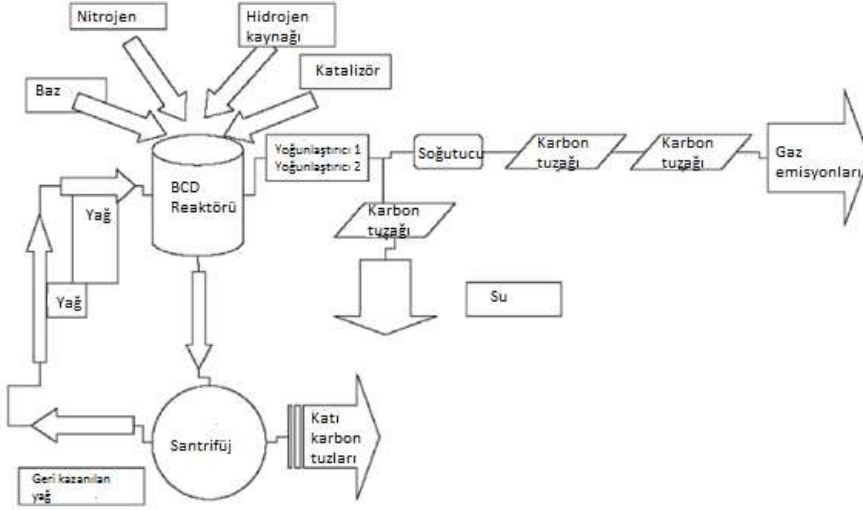
ABD-EPA tarafından geliştirilmiş sistem iki aşamadan oluşur. İlki işlem ortamında dekontaminasyon için 200-400 °C sıcaklıklar arasında indirekt ısıtılmış termal desorpsiyon (yayılma), ardından desorpsiyonla elde edilen konsantreler ya da saf kimyasallar şeklindeki KOK'ların kimyasal tepkimelerle yıkılması. Sodyum hidroksit de dahil olmak üzere seçilmiş kimyasallar, bir reaktörün içinde 236°C kadar ısıtılmış ve konsantre edilmiş kirleticiyle karıştırıldığında, dehalojenizasyon meydana gelir. Eğer taşıyıcı yağlar (bitkisel yağlar) yok edilme/kullanma kriterlerini taşııyorsa, bu reaktöre geri döndürölür ve yeniden ısıtılır (12). Bu teknoloji, özellikle PCB'ler ve PCDD/F'ler ile kontamine olmuş sıvı, katı, sulu çamur (çöp, toprak, çamur) ve sedimentleri arındırabilir. Bu yöntem %30'un üzerinde PCB'ler ile kirlenmiş atıkların bertarafında kullanılabilir. Bu teknoloji sabit ya da hareketli birimler olarak tasarlanabilir (11).

Daha eski tesislerle karşılaştırıldığında, bugünün tesisleri filtrasyon ve çıkış gazı temizleme sistemleri ile donatılmıştır. Emisyon konsantrasyonlarının daha az olduğu bildirilmiştir ve yayılan çıkış gazının toplam kütlesi boyut olarak yanma fırınlarından (çöp fırınlarından) daha azdır (11).

Bir baz katalizli ayrıştırma/ayırışma reaktörü günde 2-12 ton KOK işleyebilir ve modüllerin sayısı arttırılarak daha yüksek verim elde edilebilir. Rutin işlem ve araştırmalarda PCB'ler, OCP'ler ve

PCDD/F'ler için yüksek imha verimliliği (%99,9999) gösterilmiştir (11). Baz katalizli ayrıştırma yönteminin işlem süresi kısa, enerji gereksinimi az, işletme ve bakım maliyetleri görece düşüktür. Baz katalizli ayrıştırma sisteminin iş/işletme maliyetinin yanma fırınlarına göre %25'ten daha az olduğu düşünülmektedir (1).

Şekil 1. PCB'li yağların bertarafında BCD diyagramı (12)



BCD, dioksin / furan oluşumuna yol açan oksidasyon işlemleri içermez, çevre açısından güvenlidir. Tehlikeli maddelerin taşınmasına gerek kalmadan değişik ebatta ve mobil olarak kurulabilmesi avantajlıdır (12). PCB'ler, klorlu dioksinler, pestisitler gibi değişik atıklara uygulanabilir. ABD, Meksika, Avustralya, Japonya, İspanya gibi ülkelerde uzun zamandır kullanılmaktadır. Olumsuz yönleri ise işlemin kompleks olması, kalifiye eleman gerektirmesi, maliyetin fazla olabilmesidir (12).

Seryum ile elektrokimyasal oksidasyon (CerOx)

CerOx teknolojisi endüstriyel süreçler ve laboratuvar atıklarından kaynaklanan, su veya sıvı içinde dilüe olmuş toksik kimyasallar, pestisitler, herbisitler, PCB'ler gibi tehlikeli organik atıkları karbondioksit ve suya dönüştürerek imha edebilen bir elektrokimyasal süreçtir (12).

Bu kimyasal süreç seryum elektrokimyasal temeline dayanmaktadır. Artı 4 değerli Seryum iyonlarının organik bileşiklerle oksidasyonuna dayanır. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin imha verimliliği klorlu pestisitler, için % 99,995 ten fazladır (12).

Dioksin oluşma potansiyelin az olması, normal atmosferik basınçta ve 100° C sıcaklıkta operasyon yapılması, farmakolojik, biyoteknolojik atıklar gibi geniş yelpazede kullanılabilmesi, işletim kolaylığı, kompakt, taşınabilir ve kolay kurulabilmesi önemli avantajlarıdır (12).

Ticari ölçekte kullanım deneyimin fazla olmaması, verimliliğine ait belirsizliklerinin olması, inorganik madde bulunan sıvılarda etkinliğinin az olması olumsuz yanlarıdır.

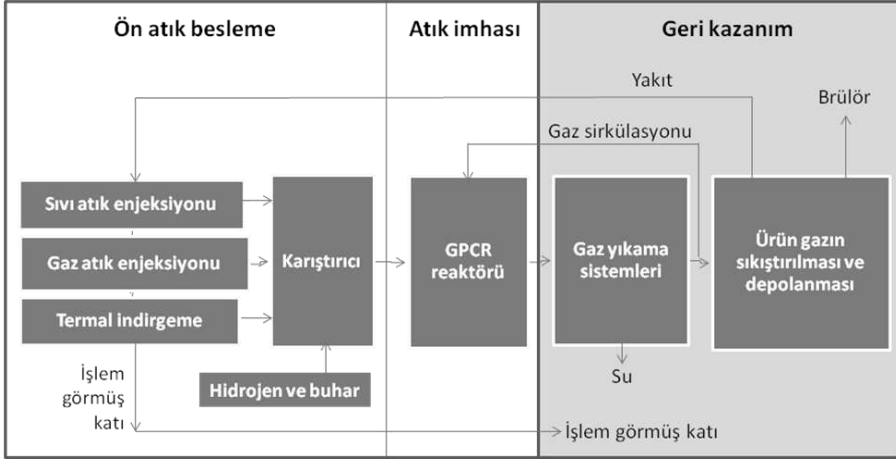
Gaz Fazlı Kimyasal Redüksiyon (GPCR)

Bu teknoloji, 850 °C ya da daha yüksek sıcaklıkta ve düşük basınçta hidrojenle, organik bileşiklerin gaz fazlı kimyasal redüksiyonunu içerir. Organik bileşenler sonuçta metan, hidrojen klorürü (daha sonra nötralize edilen) ve düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonların küçük miktarlarına indirgenir. PCB'ler, dioksin / furan, HCB , DDT için yüksek imha verimliliği kanıtlanmıştır. DDT, HCB, PCB transformatörler, kapasitörler ve yağlar dahil tüm KOK'ların bertarafında kullanılabilir. Bütün emisyon ve kalıntılar analiz ve yeniden işlem için tutulabilir. Gaz emisyonlarında dioksin ve furan saptanmamıştır. Metodolojinin konfigürasyonu modülerdir (6,12).

Gerektiğinde tüm emisyon ve artıklar yakalanarak yeniden işlenebilir. PCDD/F'ler bu işlemde gaz formundaki ürünlerde tespit edilmemiştir, ancak reaksiyon kabının ısıtılmasında kullanılan doğal gaz brülöründe (gaz memesi) düşük dozda tespit edilmiştir. Bu da süreçte KOK'ların izlerinin kalabileceğini göstermektedir (13).

Avustralya ve Kanada'da işleyen tesislerden Eco Logic grubundan elde edilen imha verimlilik verilerine göre imha oranları PCB'ler için >%99,999, DDT ve HCB içinse >% 99,9995dir (14).

Şekil 2. GPCR sürecinin genel organizasyon şeması (12)



Mükemmel yıkım verimliliği ve düşük çevresel etki, KOK'lar da dahil olmak üzere uzun süreli ticari işletme ve belgenmiş veri, üretilen katı atıkların nispeten düşük miktarlarda olması, üretilen gazların yeniden kullanılabilir olması, teknolojinin her tür atığı işleyebilmesi, değişik büyüklükte ve taşınabilir olması önemli avantajlarıdır (12).

Prosesin karmaşık ve emek yoğun olması, yüksek nitelikli ve eğitilmiş personel gerekmesi, düşük ölçekli veya konsantrasyonu az atıklarda maliyet etkinliğinin az olması olumsuz yönleridir (12).

Mekanokimyasal dehalojenasyon (MCD)

MCD yöntemi PCB'lerin ve diğer organik klorlu kirleticilerin üst hidrokarbonlarına yüksek verimlerde yıkılmasını sağlayan mekanokimyasal dehalojenasyon reaktörleridir. İndirgeyici dehalojenasyon, bir alkali metal ve düşük asidik hidrojen kaynağı varlığında ortaya çıkar. Yüksek düzeyde konsantrasyon veya saf kimyasalların yanı sıra kontamine materyallere de, durumları ne olursa olsun uygulanabilir (15). Kirleticiler, kontamine bir materyalin içerisinde direkt olarak elimine edilirler. Mekanokimyasal bozulma düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmesine rağmen, bir zerrecik katı bir yüzey ile yüksek hızda çarpıştığı zaman, öğütülmüş materyalin içerisinde birkaç bin santigrat dereceyi bulan sıcaklıklar görülür. Nihai ürün tozu, ileri işlemlere gereksinim duyabilir (16).

Mekanokimyasal indirgeme, maliyet etkindir ve ayrıca düşük enerji tüketimine bağlı olarak çevresel avantajlar sunmaktadır. ılımlı tepkime koşulları ve kapalı sistemin tasarımına bağlı olarak, çevreye zararlı emisyonu beklenmemektedir (11,15).

İmha verimliliğinin %99,99 olduğu tahmin edilmektedir. Katı veya sıvı matrislerde PCB'lerin, (laboratuvar çalışmalarına dayanarak) dakikalar ile saatlerden oluşan periyotlarda tespit edilemeyen seviyelerine parçalanabildiklerini ortaya koymaktadır. Şimdilik bu teknoloji ile ilgili orta yıkım ürünleri ve endüstriyel operasyon altında diğer önemli parametreleri hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Teknolojinin imha verimliliği ve işlemde gereken ajanların miktarı ile toksisiteleriyle ilgili ana sorular ayrıca varlığını sürdürmektedir. Yeni Zelanda'da bir alanda pestisit ile kontamine olmuş topraklarda uygulandığında, topraktaki pestisit seviyelerini yüzde 90'ın altına düşürmüştür. İşlenmiş toprakta işlem ajanlarının sorun olacak düzeyde kalması ihtimali ve işlem süresinde havaya olası PCDD/F'lerin salınımı ile ilgili endişeler bulunmaktadır (17).

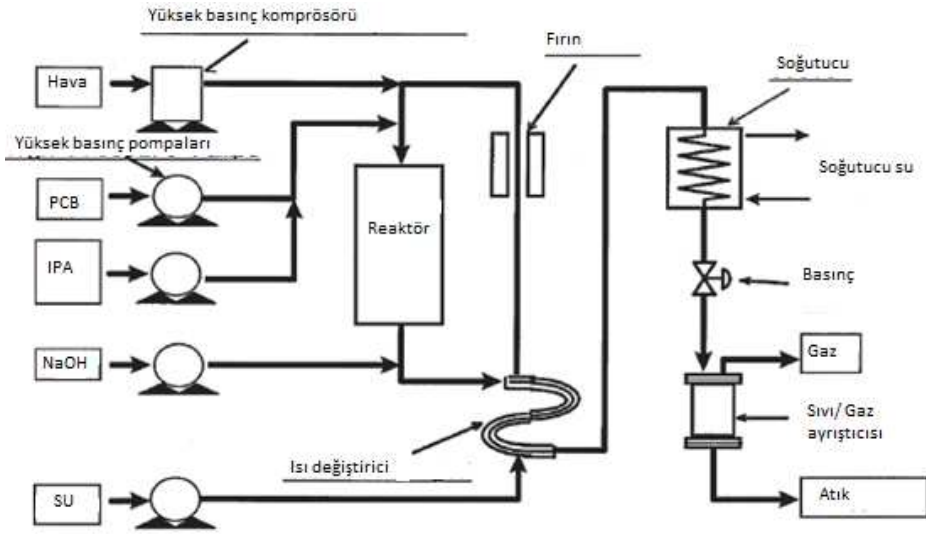
Süper kritik su oksidasyonu (SCWO)

Birçok kimyasal imha teknolojisi, hidroksil radikallerinin organik bileşiklerle tepkimesine dayanır. Süper kritik su içinde, organik kirleticiler suda yüksek derecede çözünür hale gelir ve eklenen oksidanla hızlıca tepkime verir. Son bozulma ürünleri karbondioksit, su, mineral asitler ve tuzlardır. Suyun süper kritik fazı yüksek sıcaklık ve basınç koşulları altında meydana gelir (örneğin 374 °C ve 24-28 MPa) (18,19). Artık gazlar, azot oksit, sülfürik asit ya da partikül içermez ve 10 ppm'den daha az karbon monoksit taşır (20). SCWO yüksek veya düşük konsantrasyonda PCB'ler, pestisitler ve tehlikeli askeri atıklar gibi kirleticilerle kontamine sıvı, katı, yarı katı (toprak ve çamur) maddelerin imhası için uygundur. Teknoloji yüksek derecede taşınabilir (21).

SCWO tesislerinde korozyona/yıpranma-bozulmaya dirençli malzemeler kullanılmaktadır. Tüm emisyonlar ve kalıntılar gerektiğinde yeniden işleme sokulmak üzere yakalanabilir (18).

Teknolojinin verimliliği konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Maksimum %20'lik organik kontaminasyon içeren atıklar için SCWO'nun yakma fırınlarından çok daha az maliyetli olduğu düşünülmektedir. Bazı işletme ve işlem sorunları nedeniyle SCWO'nun sanayide kullanımı şu anda sınırlıdır. Bununla birlikte yeni teknolojilere yatırımın geliştirilmesi, yakma teknolojisinin şu anki teknik sınırlamalarını kaldırmaktan, potansiyel olarak daha üstündür (19,21).

Şekil 3. SCWO ünitesi (12)



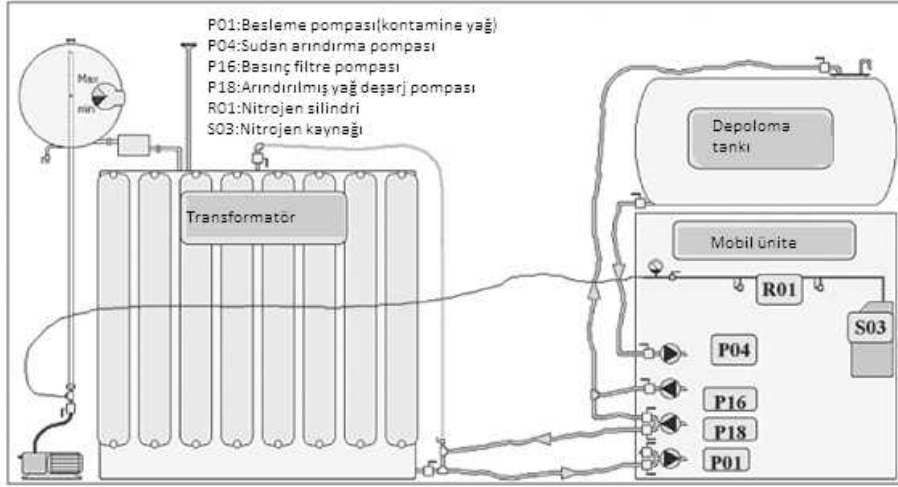
Çok düşük emisyon miktarları, nispeten düşük maliyet, yüksek DE ve DRE oranları olması avantajlarını oluşturmaktadır. Klorlu atıklarda korozyon sorunları, yüksek sıcaklık ve basınca yönelik güvenlik önlemlerinin arttırılmasını gerektirmesi ve katı organik atıklar için uygun olmaması olumsuz yönleridir (12).

Sodyum redüksiyon

Bu taşınabilir ya da sabit teknoloji, transformatör yağlarından elde edilen PCB'lerin düşük ya da yüksek içeriklerinin in-situ çıkarılması için yaygın olarak kullanılır. Temel prensip, PCB'lerin indirgenmesi ile mineral yağların içindeki metalik sodyumun dağılmasıdır. Bu teknoloji için imha verimliliği raporlanmamıştır ve kalıntıların karakterizasyonu üzerine mevcut bilgi yetersizdir. Ayrıca,

dönüştürücülerin gözenekli materyallerinin içerisinde PCB'lerin kalıntıları ile ilgili endişeler vardır. Ancak, bu yöntem iki dekattan daha uzun süredir PCB'lerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (6,11,12).

Şekil 4. Sodyum Redüksiyon Şeması (12)



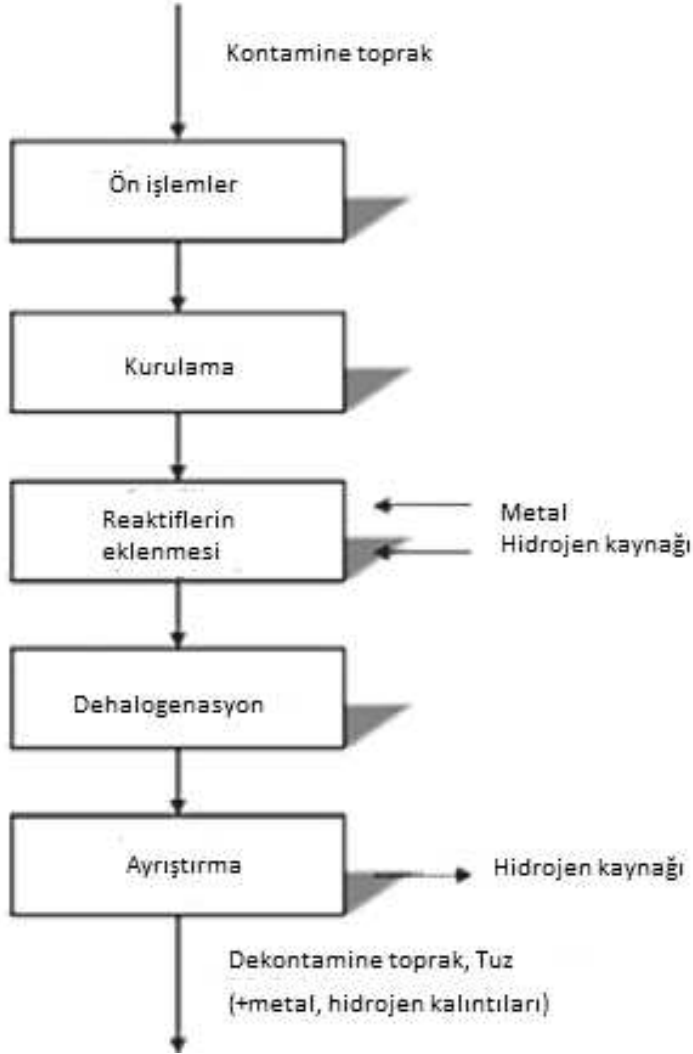
Ekipman basit ve taşınabildirir. İndirgeyici ortam ve düşük sıcaklık dioksin oluşumunu önler, çok düşük emisyon miktarı ve düşük maliyeti vardır; proseten geçirilen PCB'ler gerekirse tekrar işlenebilir. Yüksek güvenlik önlemleri gerektirmesi dezavantajıdır.

Ball Milling

Bu tip teknoloji iki benzer işlem ile temsil edilmektedir. Yeni Zelanda kökenli Mechanochemical Destruction (MCD) prosesi ve Almanya kökenli Dehalogenation by Mechanochemical Reaction (DMCR) prosesi.

DMCR teknolojisi son yıllarda birçok Avrupa şirketince toprakların dekontaminasyonunda ve yağların imhasında başarıyla uygulanmaktadır (12). Ball Milling işlemi klorlu bileşikler (PCB'ler, pestisitler) ile bir tepkime maddesi arasında redüksiyonu başlatmak için mekano-kimyasal enerjiyi kullanır. Tepkime maddesi olarak kalsiyumoksit, magnezyum, sodyum, ya da diğer metaller ya da oksitler kullanılabilir.

Şekil 5. DMCR işlemiyle kontamine alanların temizlenmesi akış diyagramı(12)

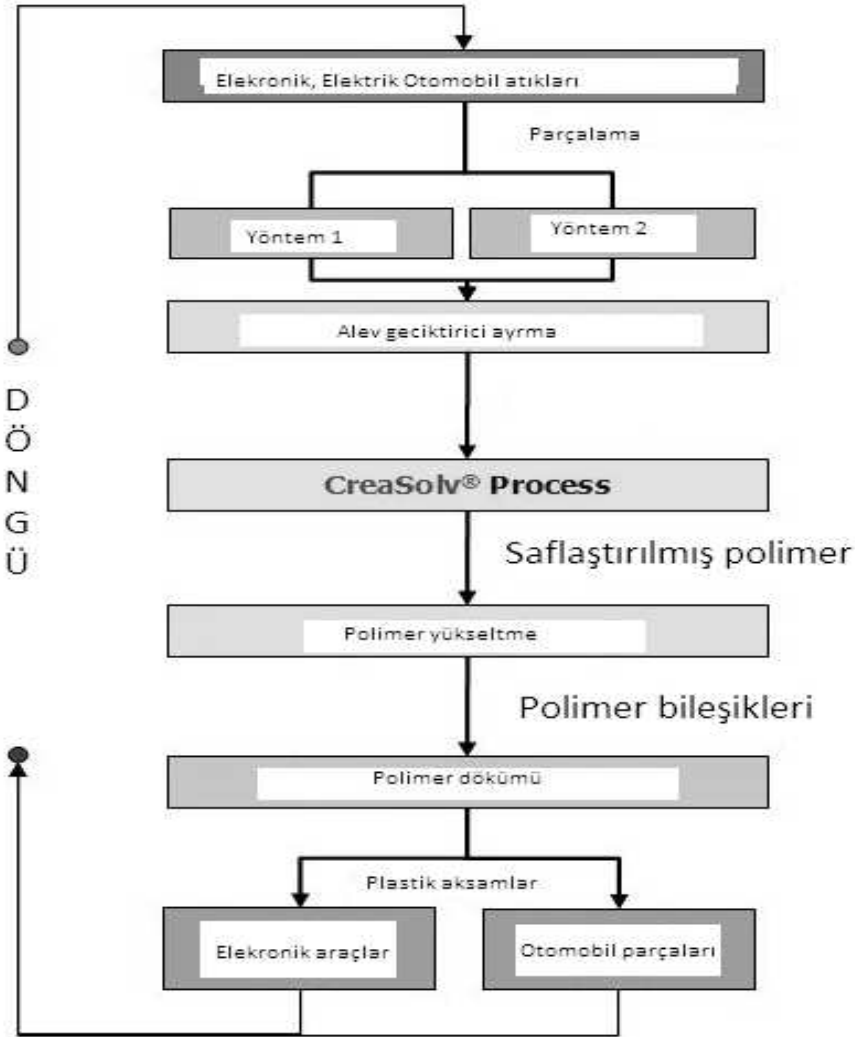


Avantajları arasında düşük sıcaklık gerektirmesi nedeniyle dioksin gibi yeni kirleticiler üretmemesi, yüksek güvenlik ve gaz emisyonun az olması sayılabilir. Gürültü ve titreşim olması, görece geç tepkime zamanı, yüksek elektrik tüketimi olumsuz özellikleri arasında sayılabilir(12).

CreaSolv

Bromlu alev geciktiriciler (BFR) CreaSolv işlemi ile atık plastiklerden uzaklaştırılır. Plastik atıklarda spesifik polimerler, özel (patentli) çözücüler aracılığıyla seçici olarak çözünür ve daha sonra başka bir özel (patentli) formülasyon ile çöktürülür. Bunu diğer atıkların ön-ayrılması takip eder, böylece çözücü ekstraksiyonuna giren besleme materyali, iyileştirilen plastik tipini yüksek bir oranda (genellikle $\geq 75\%$) içerir (22).

Şekil 6. CreaSolv işlem diyagramı (24)



Süreç (proses), laboratuvarında ve pilot tesis ölçeklerinde uygulanmıştır. Örneğin, bataryanın çıkarılmasının ardından, tüketici sonrası cep telefonları işleminden geçirilerek çözülün polimer partikülleri ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama işlemleri için uygundur. Başka bir örnekte, genişletilmiş polistiren atığı, tekrar kullanılabilen polisitren üretmek için pilot ölçekte başarı ile işlenmiştir. Pratikte bu saf polistiren ile yarışabilir (23).

Eski KOK stoklarının yakılması halen en çok kullanılan ortadan kaldırma yöntemi olmasına rağmen, temiz olarak nitelendirilemez, yüksek maliyetleri konusunda da endişeler vardır, imha etkinliği konusunda bilgi eksikliği vardır ve bu KOK stokları nakledilemezler. Taşınabilen, bölgesel uygulanabilen, sürdürülebilir ve kullanılmayan KOK'ları makul fiyatlara yok eden teknoloji bu kimyasalların yok edilmesinde çığır açan buluş demektir (16).

Yanmasız teknolojiler gibi yenilikleri getirmek için bazı durumları garanti altına almak gerekir (6):

- uzun süreli kaynak eldesi
- güçlü çevresel bilinçlilik
- siyasal destek ile bilimsel araştırmaların arttırılması ve devamlı teknolojik gelişmelerin benimsenmesi için kaynak sağlamak gerekir.

Aynı zamanda, özellikle geliştirici ve satıcı firmalar tarafından bazı önemli bilgiler mevcut durumda sağlanmalıdır (örneğin; yıkım işlemi sırasındaki potansiyel PCDD/F'lerin kurulumu) (9). Yürütülen teknolojinin bağımsız gelişmeleri ve veriler paylaşılmalıdır. Teknolojilerin uygulanabilirliği ve devamlılığı, kısıtlı altyapılı ve geleneksel tedarik servislerin eksik olduğu bölge ve şehirlerde, yapılan gerçek alan denemeleri ile geliştirilmelidir (16).

Kaynaklar

1. Rahuman M.M.S.M, Pistone L, Trifiro F, Miertus S. Destruction technologies for polychlorinated biphenyls (PCBs). ICS-UNIDO PUBLICATIONS. Nov. 2000.
2. Derek F. Laine, I. Francis Cheng. The destruction of organic pollutants under mild reaction conditions:A review Microchemical Journal 85 (2007) 183–193
3. Huang H, Buekens A. Chemical kinetic modeling of de novo synthesis of PCDD/F in municipal waste incinerators. Chemosphere. 2001 Sep;44(6):1505-10.
4. Yasuhara A, Katami T, Shibamoto T. Formation of dioxins from combustion of polyvinylidene chloride in a well-controlled incinerator. Chemosphere. 2006 Mar;62(11):1899-906. Epub 2005 Oct 5.
5. Cieplik MK, De Jong V, Bozovic J, Liljelind P, Marklund S, Louw R. Formation of dioxins from combustion micropollutants over MSWI fly ash Environ Sci Technol 2006 Feb 15;40(4):1263-9.
6. Solution pour la destruction des dechets des POP. IPEN Factsheet. http://ipen.org/pdfs/ipen_pops_destruction_factsheet-fr.pdf Erişim Mart 2014
7. DOE, 1999. Waste Incineration at the Savannah River Site,U.S. Department of Energy Audit Report. DOE/IG-0453.(1999)
8. Haglund P., 2007. Methods for treating soils contaminated with polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and other polychlorinated aromatic compounds. Ambio 36,467–474.
9. Weber R., 2007. Relevance of PCDD/PCDF formation for the evaluation of POPs destruction technologies – Review on current status and assessment gaps. Chemosphere 67, 109–117.
10. Fuerhacker M, EU Water Framework Directive and Stockholm Convention: Can we reach the targets for priority substances and persistent organic pollutants? Environ Sci Pollut Res Int. 2009 Aug;16 Suppl 1:S92-7. doi: 10.1007/s11356-009-0126-4. Epub 2009 Apr 1.
11. United Nations Environment Programme The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF Final – GF/8000-02-02-2205 Review Of Emerging, Innovative Technologies For The

Destruction And Decontamination Of POPs And The Identification Of Promising Technologies For Use In Developing Countries

http://archive.basel.int/techmatters/review_pop_feb04.pdf Erişim Nisan 2014

12. Zinoviev S, Fornasiero P, Lodolo A, Miertus S. Non-combustion Technologies for POPs Destruction Review and Evaluation. International Centre For Science And High Technology United Nations Industrial Development Organization, Trieste, 2007.
13. UNEP, 2003. Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Persistent Organic Pollutants as Wastes. UNEP/CHW/OEWG/1/INF/6 25, March 2003.
14. Eco Logic, 2002. Contaminated Soil and Sediment Treatment Using the GPCRTM/TORBED®Combination. October 2002, <http://www.torftech.com> Erişim Nisan 2014
15. Birke V., Mattik J., Runne D., 2004. Mechanochemical reductive dehalogenation of hazardous polyhalogenated contaminants. Journal of Materials Science 39, 5111–5116.
16. International HCH and Pesticides Association (IHPA), 2008. Obsolete pesticides. A „burning“ question. Conference report, Utrecht, The Netherlands, September 2008
17. Parliamentary Commissioner for the Environment (PCE), 2010. Investigation into the remediation of the contaminated site at Mapua – Update Report. <http://www.pce.parliament.nz/assets/Uploads/PCE-Mapua-update4.pdf> Erişim Nisan 2014
18. EPA, 2005. Reference Guide to Non-combustion Technologies for Remediation of Persistent Organic Pollutants in Stockpiles and Soil, EPA-542-R-05-006, December 2005, Washington DC, <http://www.clu-in.org/POPs>
19. Veriansyah B., Kim J.D., 2007. Supercritical water oxidation for the destruction of toxic organic wastewaters: A review. Journal of Environmental Sciences 19, 513–522.
20. Environment Australia, 1997. Appropriate technologies for the treatment of scheduled wastes. Review Report No 4, November 1997, www.environment.gov.au

21. Marulanda, V. & Bolaños, G., 2010. Supercritical water oxidation of a heavily pcb-contaminated mineral transformer oil: Laboratory-Scale data and economic assessment. *The Journal of Supercritical Fluids*, 54(2), 258–265
22. Malcolm Richard, G., Mario, M., Javier, T., & Susana, T., 2011. Optimization of the recovery of plastics for recycling by density media separation cyclones. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(4), 472–482.
23. Mäurer, A.; Knauf, U., 2005. Recycling of EPS-waste to expandable polystyrene. FAKUMA Forum 2005. Friedrichshafen, 20 October 2005.
http://www.creacycle.de/images/stories/2005.10.20_fakuma_eps-loop.pdf?phpMyAdmin=3YWg3TY3Fwx5szw4jjy1vC6g8tf&phpMyAdmin=168fc401cb4cc955191a9e0c52e0d626
Erişim Mart 2014
24. <http://www.creacycle.de/en/pilot-plant.html>
Erişim Mart 2014

7

Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Uluslararası ve Ulusal Mevzuat

Raika Durusoy

KOK'lara ilişkin uluslararası ve ulusal mevzuat

Raika Durusoy

KOK'lara ilişkin temel uluslararası mevzuat Stokholm Sözleşmesi olup Uzun Menzilli Sınır Aşan Hava Kirliliği (CLRTAP) Sözleşmesi altında yer alan KOK Protokolü de KOK'larla ilgili bölgesel düzeyde (UNECE) uygulanan bir diğer mevzuattır. Uluslararası düzeyde Avrupa Birliği'nin de KOK'lara ilişkin uluslararası mevzuatın birlik yasalarına göre uygulanmasına yönelik bir tüzüğü bulunmaktadır. Ulusal düzeyde ise mevzuatın Stokholm Sözleşmesi'yle uyumuna dair bazı yasal bileşenler mevcut olmakla birlikte uluslararası yükümlülüklerin tamamen yerine getirilebilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. KOK'lara ilişkin mevzuat, uluslararası ve ulusal düzeyde olmak üzere aşağıda ele alınmaktadır.

I. Uluslararası Mevzuat

1. Stokholm Sözleşmesi

KOK'ların prototipi olan DDT gibi pestisitlerin yasaklanması süreci 1970'li yıllarda başlamış olsa da, genel anlamda KOK'ları hedefleyen bir anlaşma, Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) 1997 yılında yaptığı bir çağrının ardından gündeme gelmiştir. Toplanan hükümetler arası müzakere komitesi çalışmalarını üç yılda tamamlamış ve 22 Mayıs 2001'de sözleşme kabul edilmiştir. Anlaşmayı imzalayan ülkelerden 50.sinin sözleşmeyi iç yasama yoluyla onayladığı (taraf olduğu) 17 Şubat 2004'ü izleyen 90. gün olan 17 Mayıs 2004 tarihinde Stokholm Kalıcı Organik Kirleticiler Sözleşmesi yürürlüğe girmiştir (1). Sözleşmenin amacı, insan sağlığını ve çevreyi KOK'ların olumsuz etkilerinden korumaktır. Sözleşme bazı KOK'ların kullanımını yasaklarken bazılarını kısıtlama getirmekte, bazılarının da azaltılmasını öngörmektedir. Ayrıca, KOK'ları ortadan kaldırmaya veya salınımlarını azaltmaya odaklanmakta, bazı kimyasalların belirli kullanım alanları için aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması için çaba gösterilmesini garanti altına almaktadır (2).

Stokholm Sözleşmesi, dinamik bir yapıya sahiptir. Yürürlüğe girdiği tarihte kirli düzine olarak adlandırılan 12 KOK'u kapsamaktayken bilimsel bulguların artması ve kimyasallara yönelik envanter ve sınıflandırma çalışmalarının yaygınlaşmasıyla birlikte zamanla önemi anlaşılan ve kapsama alınması gerektiği düşünülen kimyasal maddelerin sözleşme kapsamına alınması taraf ülkelerce önerilebilmekte ve değerlendirme süreci neticesinde listeye eklenebilmektedir. Sözleşme'nin karar organı olan Taraflar Konferansı'nın 4 - 8 Mayıs 2009 tarihlerinde gerçekleştirilen dördüncü oturumunda dokuz yeni KOK'un sözleşme kapsamına eklenmesi kararı alınmıştır. 25 - 29 Mayıs 2011 tarihlerinde gerçekleştirilen beşinci konferansta da endosülfan ve izomerleri listeye eklenmiştir (3). Son olarak ise, 28 Nisan - 10 Mayıs 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilen altıncı konferans ile sözleşme ekine hekzabromosiklododekan (HBCD) eklenmiştir. Böylece sözleşme kapsamında yer alan KOK sayısı 23 olmuştur.

Sözleşmenin www.pops.int (ve chm.pops.int) adresinden ulaşılabilen resmi internet sayfası, sözleşmeyle ilgili güncel haberleri, gelişmeleri, sözleşme kapsamına alınan yeni KOK'ları, KOK'larla ilgili çeşitli sınırlamaların yürürlüğe gireceği tarihleri vb. duyurmaktadır. Mart 2014 itibarıyla sözleşmeyi imzalayan ülke sayısı 152, taraf olan ülke sayısı ise 179'dur. Avrupa Birliği de sözleşmeyi imzalamıştır. Sözleşmeyi imzaladığı halde henüz onaylamamış olan ve onaylanması yönünde işlem yapmamış olan ülkeler arasında ABD, Haiti, İsrail, İtalya, Malezya, Malta bulunmaktadır (4). **Türkiye** Stokholm Sözleşmesi'ni 2001 yılında imzalamış, Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin (TBMM) 2009 yılında onaylamasının ardından **2010** yılında ülkede yürürlüğe girmiştir.

Stokholm Sözleşmesi'nin kapsadığı 23 KOK kimyasal, özellikleri ve kullanım yerleri dikkate alınarak 3 ayrı grup altında toplanabilir. Bunlar; pestisitler (böcek ilaçları), sanayi kimyasalları ve kasıtsız üretilen KOK'lardır. Aynı zamanda, Sözleşme'nin üç farklı ekine göre de sınıflandırılabilirler (Tablo 1) (2).

Tablo 1. Sözleşme kapsamında yer alan 12 eski ve 11 yeni KOK'un özelliklerine ve sözleşmenin hangi ekine tabi olduklarına göre dağılımı (2)

Ek A Yasaklama	Aldrin ♣	Klordan ♣	Klordekon ♣
	Dieldrin ♣	Endrin ♣	Heptaklor ♣
	Hekzabromobifenil ♠	Hekzabromobifenil eter ve hekzabromodifenil eter ♠	Hekzaklorobenzen (HCB) ♣ ♠
	Alfa heksaklorosikloheksan ♣	Beta heksaklorosikloheksan ♣	Lindan ♣
	Mireks ♣	Pentaklorobenzen ♣ ♠	Poliklorlubifeniller (PCB) ♠
	Teknik endosülfan ve ilişkili izomerleri ♣	Tetrabromodifenil eter ve pentabromodifenil eter ♠	Toksafen ♣
	Hekzabromosiklodekan (HBCD) ♠		
Ek B Kısıtlama	DDT ♣	Perfluorooctan sulfonic asit (PFOS), tuzları ve perfluorooctan sulfonil florid ♠	
Ek C Azaltım	Poliklorludibenzo-p-dioksinler (PCDD) ♦	Poliklorludibenzofuranlar (PCDF) ♦	Hekzaklorobenzen (HCB) ♦
	Pentaklorobenzen ♦	Poliklorlubifeniller (PCB) ♦	

♣Pestisit ♠Sanayi kimyasalı ♦Kasıtsız üretim

Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi'nin temel hükümleri beş ana başlıkta ele alınabilir (2):

i. Kontrol Önlemleri

a. İsteyerek üretilen KOK'lara ilişkin kontrol önlemleri

- Ek-A'da yer alan 18 KOK'un üretim ve kullanımının yasaklanması, bu kirleticilere maruz kalımın ve çevreye salıverilmelerinin önlenmesi/en aza indirilmesi,
- PCB, heksabromobifenil ile (tetra-penta-hekza-hepta) bromodifenileter üretiminin derhal durdurulması ve 2025 yılına kadar PCB içeren malzemelerin kullanımının yasaklanması,
- Yüksek miktarda PCB içeren malzemelerin yasaklanmasına öncelik verilmekle birlikte 50 ppm'den fazla PCB içeren malzemelerin belirlenmesi, etiketlenmesi ve kullanımına son verilmesi için gerekli çabanın gösterilmesi,
- Atıkların çevreye uyumlu yönetimi hariç PCB içeren malzemelerin ticaretine izin verilmemesi ve tekrar kullanım için 50 ppm'den fazla PCB içeren sıvıların geri kazanımının yasaklanması,
- 2028 yılına kadar PCB'li atıkların çevreye uyumlu yönetiminin sağlanması,
- 2030 yılına kadar (tetra-penta-hekza-hepta) bromodifenileter için istisnaların ortadan kaldırılması ve her bir taraf ülkenin (tetra-penta-hekza-hepta) bromodifenileter ya da içeren madde ihracatında o ülkenin sınır değerlerine uyması ve istisna taleplerini sekretaryaya bildirmesi,
- Uluslararası taraflar konferansına beş yılda bir ilerleme raporlarının verilmesi
- Ek B'de yer alan, DDT ve PFOS'ların istisnai bildirimde bulunan ülkeler hariç diğer ülkeler tarafından üretiminin ve kullanımının yasaklanması,
- Stokholm Sözleşmesi Ek A ve B'de yer alan kimyasalların ticaretinin sınırlandırılması ve sadece çevreye uyumlu durumlara yönelik ithalat veya ihracat izninin verilmesi,
- Yeni veya mevcut sanayi kimyasalları ve pestisitlerinin KOK özellikleri bakımından Stokholm Sözleşmesi Ek D'deki kriterlere göre izlenmesi için düzenli değerlendirme programlarının oluşturulması,

b. İstenmeden üretilen KOK'lara ilişkin kontrol önlemleri

- Ek-C'de yer alan, dioksin/furan, HCB, ve PCB'ler ve PeCB'nin alıcı ortama salıverilmelerinin en aza indirilmesi ve mümkünse tamamen yok edilmesi,

- Sözleşme yürürlüğe girdikten sonra 2 yıl içinde eylem planlarının hazırlanması ve uygulanması,
- Mevcut ve planlanan salıverilmelerin değerlendirilmesi, çevreye salıverilmelerin azaltılması için stratejilerin geliştirilmesi, eylem planlarının uygulanması için program oluşturulması, çevreye salıverilmelerin yönetimi için mevcut kanunların veriminin ve politikaların değerlendirilmesi, stratejilerin başarısının her 5 yılda bir gözden geçirilmesi ve uluslararası taraflar konferansına rapor verilmesi,
- Gerçekçi ve anlamlı miktarda çevreye salıverilmelerin azaltılmasını sağlayabilmek için mevcut, uygun ve uygulanabilir önlemlerin alınmasının özendirilmesi,
- Ek-C'de yer alan KOK'ların oluşmasını ve çevreye salıverilmesini önlemek için gelişmenin özendirilmesi ve mümkünse alternatif veya geliştirilmiş malzeme, ürün ve üretim süreçlerinin kullanımının teşvik edilmesi,
- Ek-C Bölüm II ve III'te listelenen endüstriyel kaynak kategorilerinde Mevcut En İyi Teknikler (Best Available Techniques - BAT) ve En İyi Çevresel Uygulamalar (Best Environmental Practices - BEP) kullanımının teşvik edilmesi ve Sözleşme Yürürlüğe girdikten sonra 4 yıl içinde yeni KOK kaynaklarında uygulanabilir BAT kullanımına başlanması,

c. Stok ve atık KOK'lara ilişkin kontrol önlemleri

- Kullanılan KOK stoklarının, KOK içeren ürün, madde ve atıklarının belirlenebilmesi için stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması,
- Stokların atık kabul edilene kadar güvenli, etkili ve çevreye uyumlu yönetimi ve atıkların çevreye uyumlu yönetimine uygun olarak muamelesi, toplanması, taşınması ve depolanması için gerekli önlemlerin alınması ve içindeki KOK'ların parçalanarak atıkların bertaraf edilmesi veya uluslararası kural, standart ve rehberler dikkate alınarak çevreye uyumlu yönetiminin sağlanması,
- KOK'ların alternatif olarak, direkt ya da tekrar kullanılmasına, geri kazanım ve geri dönüşümüne izin verilmemesi,
- Uluslararası kurallar dikkate alınmadan (Basel Sözleşmesi gibi) bu maddelerin sınır ötesi taşınmasına izin verilmemesi,
- Kirlenmiş alanların belirlenmesine yönelik strateji geliştirmek için çaba sarf edilmesi ve ıslah çalışması yapılacaksa çevreye uyumlu yapılması,

ii. Sözleşmeye Yeni KOK'ların Eklenmesi

- Ülkeler tarafından KOK adayı olarak gösterilen maddelerin üzerinde Ek-D'de belirtilen anlaşılmış işlemlere göre değerlendirilmesi,

iii. Genel Yükümlülükler

- Ulusal odak noktasının atanması: Stokholm Sözleşmesi'nin 9. Maddesine göre taraf ülkeler, KOK'ların üretimi, salınması, azaltılması, ortadan kaldırılması, KOK'lara alternatif olabilecek maddeler konusunda bilgi alışverişi amacıyla ulusal odak noktaları atamalıdır.
- Temmuz 2014 itibarıyla Sözleşme'nin internet sitesinde ülkemizin ulusal odak noktası olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kimyasalların Yönetimi Dairesi Başkanı belirtilmektedir (5).

Türkiye'nin Stokholm Sözleşmesi Ulusal Odak Noktası
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kimyasallar Yönetimi Daire Başkanı
Tel: +90 312 5863015
Santral: +90 312 586 30 00
E-posta: oky@csb.gov.tr

- Halkın bilgilendirilmesi, bilinçlendirilmesi ve eğitiminin sağlanması için gerekli önlemlerin alınması,
- KOK'lar ve alternatifleri için izleme, araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması,

iv. Uygulama Planları

- Ulusal uygulama planının oluşturulması,
- Sözleşme ülke için yürürlüğe girdikten sonra iki yıl içinde uygulama planının taraflar konferansına sunulması,
- Sözleşmenin taraflar konferansında alınacak kurallara göre uygulama planının güncellenmesi,

v. Finansal ve teknik yardım

- Gelişmekte olan ve geçiş ekonomisine sahip olan ülkelere teknik ve finansal yardım sağlanması,
- İhtiyacı olan ülkelerde kapasite oluşturma ve teknoloji transferinin sağlanabilmesi için bölgesel ve alt bölgesel merkezler kurulması,
- Gelişmekte olan ve geçiş ekonomisine sahip ülkelerin sözleşmeye ilişkin uygulama maliyetlerini karşılayabilmeleri için gelişmiş ülkelere-

rin, yeni ve ek finansal kaynaklar yaratmaları ve bunları ya ikili ilişkilerle ya da sözleşmede tanımlanan bağış, imtiyaz gibi diğer mekanizmalarla alıcı ülkelere aktarması (6),

2. KOK'lara ilişkin 1998 Aarhus Protokolü 1998 Aarhus Protokolü ya da daha genel kullanılan ismi ile KOK Protokolü, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun (BM/AEK) belirli hava kirleticilerinin insan sağlığı ve çevreye olan etkilerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için 1979 yılında Cenevre'de imzaya açtığı Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Sözleşme altında yer alan sekiz adet protokolden biridir. BM/AEK Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (USHKS) 1983 yılında yürürlüğe girmiş ve Türkiye bu sözleşmeyi 23 Mart 1983 tarih ve 17796 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararı ile onaylayarak taraf olmuştur. Ancak, KOK protokolüne taraf olunmamıştır.

Protokol, hava kirliliğinin önlenmesine yoğunlaşmakla birlikte KOK özelliği gösteren kimyasalların yasaklanmasını, kısıtlanmasını, atıklarının çevreye uyumlu bir şekilde bertarafını öngören yükümlülükler de içermektedir. Stockholm Sözleşmesi ekinde yer alan KOK'ların tamamı KOK protokolünde de yer almaktadır. Ancak protokolde Sözleşme'ye ek olarak poliaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) da yer almaktadır (7, 8).

3. Kalıcı Organik Kirleticilere ilişkin 29 Nisan 2004 tarih ve 850/2004 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü

- Avrupa Birliği, 2004 yılında, Stockholm Sözleşmesi ve KOK Protokolü'nün birlik içerisinde etkin bir şekilde uygulanabilmesi için bir uygulama tüzüğü olan 850/2004/EC sayılı KOK Tüzüğü'nü yayımlamıştır. Tüzük, uluslararası mevzuattan kaynaklanan yükümlülüklerin yerine getirilebilmesi için üye ülkelerin görev ve sorumluluklarını içeren çerçeve bir mevzuattır. KOK Tüzüğü, bu iki sözleşmenin ötesinde daha geniş kapsamlı ve daha katı kurallar içeren bir mevzuattır ve uluslararası kabul görmüş başka KOK'ların da kapsama alınmasını öngörmektedir.
- KOK'ların büyük bir kısmı artık kullanımda olmadığı için tüzük sanayici ya da kullanıcılar için herhangi bir etkiye sahip değildir. An-

cak, yeni eklenen KOK'lar piyasada kullanılmakta ya da kısmen de olsa üretilmekte olduğu için bunların tespit edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, tüzük piyasada bulunan KOK özelliği gösteren kimyasalların tespitinde öncelikli olarak AB REACH Tüzüğüne ve Biyosidal ve Bitki Koruma Ürünleri direktiflerine atıfta bulunmaktadır.

- Tüzük ayrıca, ellerinde KOK atıkları veya stokları bulunduranlar için de kontrol önlemleri ortaya koymaktadır. Bu durum dioksin/furan ya da diğer KOK yan ürünleri salınımı yapan sanayi tesisleri için de geçerlidir.
- Kontrol önlemlerinin amacı kasıtsız üretimden kaynaklanan KOK salınımlarının ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesidir. Bu önlemler AB'de uygulanmakta olan IPPC ve Atık Yakma Direktiflerine dayanmaktadır. Bunlara ek olarak, Tüzük üye ülkelerin bu salınımlarına ilişkin bir envanter oluşturmasını ve bu konuda bir eylem planı hazırlamalarını da zorunlu kılmaktadır. KOK salınımlarının azaltılmasında BAT ve BEP kriterlerinin uygulanması gerekmektedir. Atıklar ve stoklar için ise geri dönüşüm ve yeniden kullanım yasaklanmış olup bu kimyasalların geri dönüşsüz bir şekilde bertarafı zorunludur (9).
- Ulusal mevzuatımız henüz AB KOK tüzüğü ile uyumlu değildir ve uyum çalışmaları devam etmektedir (2).

KOK'ların kaynaklarından biri olan atıkların yakılmasıyla ilgili iki AB direktifinin ulusal mevzuatımıza uyumuyla ilgili çalışmalar yapılmıştır:

1. 2001/80/EC - Büyük Yakma Tesislerinden Havaya Belirli Kirleticilerin Emisyonlarının Sınırlanmasına ilişkin Direktif (10)
 2. 2000/76/EC Atıkların Yakılmasına ilişkin Avrupa Parlamentosu'nun ve Konsey Direktifi
- "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik" 6 Ekim 2010 tarih ve 27721 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (10).

4 Bazı Tehlikeli Kimyasalların ve Pestisitlerin Uluslararası Ticaretinde Ön Bildirimli Kabul Usulüne Dair Rotterdam Sözleşmesi

Diğer ülkelerde yasaklanmış veya büyük ölçüde kısıtlanmış olan kimyasalları ithal eden ülkelerin bu kimyasalların gelecekte yapılacak olan ithalatlarını reddetmesine olanak sağlayan bir “ön bildirimli kabul” usulü 1980’li yılların sonunda geliştirilmiş ve 11 Eylül 1998’de imzalanan Rotterdam Sözleşmesi ile yasal olarak bağlayıcı bir usul haline gelmiştir (11). Uluslararası alanda 24 Şubat 2004 tarihinde yürürlüğe giren sözleşmeyi Türkiye ilk gün imzaladığı halde henüz mecliste onaylanmamıştır ve ulusal olarak yürürlüğe girmemiştir (12). Sözleşmenin Türkçe metni ilgili bakanlık tarafından hazırlanmıştır (13), metin meclise de sunulmuştur ancak 2011’de kanunlaşması planlanan metnin süreci henüz tamamlanmamış ve ülkemiz sözleşmeye henüz taraf olmamıştır.

Rotterdam Sözleşmesi, yasaklanmış veya büyük ölçüde kısıtlanmış kimyasalları ve büyük ölçüde tehlikeli pestisit formülasyonlarını kapsamaktadır. Sözleşmenin amacı, Ek III’ünde belirtilen kimyasalların özelliklerine ilişkin bilgi alışverişini kolaylaştırarak, ithalatı ve ihracatıyla ilgili ulusal karar verme sürecini oluşturmayı sağlayarak ve bu kararları taraf ülkelere duyurarak; bunların insan sağlığına ve çevreye verebilecekleri olası zararlardan korunmayı ve bu kimyasalların çevreyle uyumlu bir biçimde kullanılmalarını teminen uluslararası ticaretinde taraf ülkeler arasında paylaşılmış sorumluluğu ve işbirliği çabalarını artırmaktır (13). Ancak Rotterdam Sözleşmesi, hem tüm ülkelerin sözleşmeye katılımını teşvik etmediği, hem de sözleşmeye taraf olmayan ülkelerle olan ticarete bir sınır getirmediği için kimi yazarlarca eleştirilmektedir. Örneğin tehlikeli kimyasallar ve pestisitlerin en büyük üreticilerinden olan ABD, 11 Eylül 1998’de imzaladığı sözleşmeye halen taraf değildir ve ABD’den ihraç edilmek istenen tehlikeli kimyasallar konusunda ithalatçı tarafa bildirim yapma zorunluluğu bulunmamaktadır. Ancak, yine de ABD Federal İnsektisit, Fungisit ve Rodentisit Kanunu’na (FIFRA) göre bir pestisit ABD’de ruhsatlı olmaması halinde, ihracatı gerçekleştirecek olan kişi/firma, ürünü kargoya vermeden önce ithalatçı tarafı bu pestisit ABD’de ruhsatlı olmadığına dair uyarıda bulunmak zorunda olduğu için ön bildirim mekanizması kullanılmaktadır. Diğer

önemli bir pestisit ve tehlikeli kimyasal üreticisi olan Avrupa Birliği ise Rotterdam Sözleşmesi'ne taraftır (11).

II. Ulusal Mevzuat

Türkiye Stokholm Sözleşmesi'ni 23 Mayıs 2001 tarihinde imzalamıştır. “Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi'nin Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair 5871 sayılı Kanun” TBMM’de 2 Nisan 2009 tarihinde onaylanmış ve 14 Nisan 2009 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanmıştır (14). Bakanlar Kurulu onayının ardından sözleşme metni, 30 Temmuz 2009 tarihli Resmi Gazete’nin Milletlerarası Antlaşma bölümünde yayımlanmıştır (15). Sözleşme, 12 Ocak 2010 tarihinde, dolayısıyla küresel ölçekte yürürlüğe girişinden beş yıl sonra Türkiye’de yürürlüğe girmiştir (2). Türkiye’nin Ulusal Uygulama Planı 2008 yılının Ocak ayında yayınlanmış, 2014 yılının Şubat ayında da güncellenmiştir.

Stokholm Sözleşmesi kapsamında Türkiye’nin yükümlülüklerini yerine getirebilmek için farklı kurumlar tarafından mevzuat çıkarılmış ve uygulanmıştır. Bu mevzuatın listesi ve açıklamaları Tablo 2’de yer almaktadır (2).

Tablo 2. KOK'lara ilişkin ulusal mevzuat

Mevzuatın Adı Tarihi ve Sayısı KOK Yönetimi ile Uyumluluk
Çevre Kanunu 11.08.1983 / 2872 Madde 2’de Tehlikeli Kimyasalların tanımı yer almaktadır. Kanunun 13. maddesi tehlikeli kimyasalların belirlenmesi, üretimi, ithalatı, atık konumuna gelinceye kadar geçen süreçte kullanım alanları ve miktarları, etiketlenmesi, ambalajlanması, sınıflandırılması, depolanması, risk değerlendirilmesi, taşınması ile ihracatına ilişkin usul ve esasların Bakanlıkça çıkarılacak yönetmeliklerle belirleneceğini düzenlemektedir. Kanunun 20. Madde (y) bendi tehlikeli kimyasallar ve bu kimyasalları içeren eşyayı bu kanunda ve ilgili yönetmeliklerde belirtilen

usul ve esaslara, yasak ve sınırlamalara aykırı olarak üreten, işleyen, ithal ve ihraç eden, taşıyan, depolayan, kullanan, ambalajlayan, etiketleyen, satan ve satışa sunanlar için idari ceza miktarını düzenlemektedir. Geçici Madde 2 – Kanunda belirtilen ilgili yönetmeliklerin yürürlük tarihinden önce kimyasal maddelerin ithalinin Bakanının onayına tabi olduğu belirtilmektedir.
Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesinin Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun 02.04.2009 / 5871 Stokholm Sözleşmesinin Türkiye tarafından onaylandığını gösteren Kanun
Tehlikeli Atıkları Kontrol Yönetmeliği 14.03.2005 / 25755 KOK'lar ile kirlenmiş atıkların yönetimi hakkında genel ilkeler belirtilmektedir.
Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği 26.11.2005 / 26005 Doğrudan KOK'lardan ve/veya KOK'larla kirlenmiş atıklardan kaynaklanan su kirliliğinin belirlenmesi ve azaltılması ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
PCB-PCT İçeren Ekipmanların Kontrolü Yönetmeliği 27.12.2007 / 26739 PCB içeren eşyaların bertarafı ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
Kimyasalların Envanteri ve Kontrolü Hakkında Yönetmelik 26.12.2008 / 27092 Kimyasalların üretimi ve ithalatı hakkında veri toplanması ve sunulması ile bu kimyasallardan kaynaklanan riskin kontrol altına alınması ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması, Ambalajlanması ve Etiketlenmesi Hakkında Yönetmelik 26.12.2008 / 27092 Çevrenin korunması amacıyla tehlikeli maddelerin sınıflandırılmasının, ambalajlanmasının ve etiketlenilmesinin yönetimi ve kontrolü ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.

Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği 30.07.2008 / 26952 Atık yağların PCB içeriğinin sınırlandırılması, PCB içeren yağların yakılmasının önlenmesi ve bu yağların çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmesinin sağlanması ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
Tehlikeli Maddelere ve Müstahzarlara İlişkin Güvenlik Bilgi Formlarının Hazırlanması ve Dağıtılması Hakkında Yönetmelik 26.12.2008 / 27092 Çevreyi ve insan sağlığını korumak amacıyla, potansiyel KOK'lar ile ilgili güvenlik bilgi formlarının hazırlanması ve dağıtılması hakkında ilkeler belirtilmektedir.
Bazı Tehlikeli Maddelerin, Müstahzarların ve Eşyaların Üretimine, Piyasaya Arzına ve Kullanımına İlişkin Kısıtlamalar Hakkında Yönetmelik 26.12.2008 / 27092 PCB ve PBB'lerin üretim, kullanım, ithalat ve ihracatının kısıtlanması ve yasaklanması ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği 03.07.2009 / 27277 Sanayi tesislerinden kaynaklanan KOK emisyonlarının kontrolü ve emisyonlardaki PCDD/PCDF ve PCB konsantrasyonları için limit değerlerin belirlenmesi ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik 08.06.2010 / 27605 KOK'lar ile kirlenmiş veya kirlenmiş olabilecek alanların belirlenmesi, temizlenmesi ve bu sahaları sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda izlenmesi ile ilgili yöntem ve ilkeler belirtilmektedir.
Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik 18.08.2010 / 27676 Bazı KOK'ları barındıran tesislerde oluşabilecek büyük endüstriyel kazaların önlenmesi için düzenli ve verimli olarak alınması gereken önlemler ve ilkeler belirtilmektedir.
Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği 30.11.2012 / 28483 KOK'lar için sudaki sınır değerleri (çevre kalite standartları) belir-

lemektedir, KOK'ların su ve çökeltide takibinin önemi vurgulanmaktadır.
Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği 22.05.2012 / 28300 PCB, PBB ve PBDE içeren elektrikli ve elektronik eşyaların bertarafı hakkındaki ilkeleri belirlemekte ve PBB ve PBDE'lerin elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanımı yasaklanmaktadır.
Bitki Koruma Ürünleri Kontrol Yönetmeliği 20.05.2011 / 27939 Yönetmeliğin 36. Maddesi uyarınca sertifikaları doğrulanmamış olan pestisitlerin üretimi, ithalatı ve satışı durdurulmaktadır. Stockholm Sözleşmesi'nde KOK olarak listelenmiş veya listelenecek olan pestisitlerin yasaklanması ve aşamalı olarak durdurulması bu yönetmelik kapsamında tamamlanmaktadır.
Bitki Koruma Ürünlerinin Sınıflandırılması, Ambalajlanması ve Etiketlenmesi Hakkında Yönetmelik 25.03.2011 / 27885 Yönetmeliğin 22. Maddesi uluslararası organizasyonlarca yasaklanmış pestisitlere ait sertifikaların Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından iptal edildiğini ve bunun KOK Sözleşmesi'nde listelenen pestisitlerin yasaklanması doğrultusunda ilk adım olduğu belirtilmektedir.
Bitki Koruma Ürünlerinin Toptan ve Perakende Satılması ile Depolanması Hakkında Yönetmelik 10.03.2011 / 27870 Yönetmeliğin 15. Maddesi uyarınca KOK'lar grubuna giren pestisitler yasaklanmaktadır.
Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği 2008/26 Sayılı Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ 17.05.2008 / 26879 Tebliğin Ek-6'sı dioksin (PCDD'ler) ve PCDF'lerin toplamı ve dioksin benzeri PCB'lere ilişkin gıda maddeleri limit değerlerini içermektedir.
Kozmetik Yönetmeliği 23.05.2005 / 25823 Yönetmeliğin 7. Maddesi kozmetik ürünlerinde α-HCH kullanımı yasaklanmaktadır.

Çevrenin Korunması Yönünde Kontrol Altında Tutulan Kimyasalların İthalat Denetimi Tebliği 30.12.2012 / 28513 Tebliğin Ek-1'inde, PCB'ler de dahil olmak üzere, listelenen kimyasalların ithalatı yasaklanmaktadır.
Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik 05.07.2008 / 26927 Üretiminden bertarafına kadar KOK'lar ile kirlenmiş atıkların yönetimi ile ilgili genel ilkeler belirlenmektedir.
Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik 26.03.2010 / 27533 PCB'ler ile kirlenmiş atıkların depolanması ile ilgili ilkeler belirlenmektedir.
Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik 06.10.2010 / 27721 PCB gibi bazı atıkların ve tehlikeli maddelerin yakılması ile ilgili genel ilkeler belirlenmektedir.
Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik 12.08.2013 / 28733 İşyerlerinde kullanılan kimyasalların sağlık ve güvenlik önlemlerine ilişkin standartlar getirmektedir.

Türkiye'nin Stokholm Sözleşmesi bağlamında uluslararası taahhütleri ile bunlara ilişkin mevcut yasa ve diğer mevzuat, Ulusal Uygulama Planı'nda karşılaştırılmaktadır. Tablo 3'te sadeleştirilmiş biçimde sunulan bu incelemeye göre 99 maddeden 49'unun ulusal mevzuatta karşılığı belirtilmiştir. Bu da ülkemizde mevzuat uyumluluğu konusunda çabaların sürdürülmesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 3. Stokholm sözleşmesi yükümlülükleri ve Türkiye’de yürürlükte ilgili mevzuat varlığı (2)

Madde No	Madde içeriği	Ulusal mevzuat*
3.1.a.i.	Ek A'da yer alan KOK'ların üretiminin yasaklanması	Mevcut
3.1.a.ii.	Ek A'da yer alan KOK'ların ithalat ve ihracatının yasaklanması	Mevcut
3.1.b.	Ek B'da yer alan KOK'ların üretimin ve kullanımının sınırlandırılması	Mevcut
3.2.a.i.	Ek A ve B'de yer alan KOK'ların ithalatı yalnızca uzaklaştırma amaçlı ise	Mevcut
3.2.a.ii.	Ek A ve B'de yer alan KOK'ların ithalatı kullanım amaçlıdır ve buna izin verilmişse	Mevcut
3.2.b.	Ek A ya da B'de yer alan KOK'lara muafiyet tanınmış ise bunlar,	-
3.2.b.i.	Çevresel yönden güvenli uzaklaştırma amacıyla ihraç edilmişse	Mevcut
3.2.b.ii.	bunları kullanmasına izin verilen bir taraf ülkeye ihraç edilmişse	-
3.2.b.iii.	taraf olmayan bir ülkeye ihraç edilmişse, (sertifikasyon)	-
3.2.c.	Ek A'da yer alan KOK'lar için muafiyet kalıntı geçerli değil ise, yalnızca uzaklaştırma amacıyla ihraç edilmişse	Mevcut
3.3.	Yeni pestisit ve sanayi kimyasalların tescili durumunda yeni kimyasal maddelerin imalat ve kullanımının eğer Ek D'nin §1 kriteri karşılanmışsa engellenmesi	Mevcut
3.4.	Yeni pestisit ve sanayi kimyasalların tescili durumunda, halen kullanılmakta olan kimyasal maddelerin yürütme takdiri yapıldığında Ek D'nin §1 kriterine dahil edilmesi	Mevcut
3.5.	Eğer muafiyet tanınmışsa imalat ya da kullanım esnasında maruz kalınma ve emisyonunun asgari düzeye indirilmesinin sağlanması (standart ve esaslar)	-
4.	Eğer muafiyet talebinde bulunulmuşsa bunun güncellenmesi ve geri çekilmesi işlemleri	-

5.a.	Ek C'de yer alan KOK'lara yönelik bir eylem planının iki yıl içerisinde oluşturulması	-
5.a.i.	Ek C'de yer alan KOK'ların envanterleri	-
5.a.ii.	Yasa ve politikaların amaca hizmet edebilirliğinin değerlendirilmesi	-
5.a.iii.	Yükümlülüğün yerine getirilmesi stratejileri (i ve ii)	-
5.a.iv.	Stratejilere ilişkin bilgilendirme ve eğitim esasları	-
5.a.v.	Stratejilerin her 5 yılda bir gözden geçirilmesi işlemleri	-
5.a.vi.	Bu eylem planının uygulanma takvimi	-
5.b.	Emisyonların azaltılması ya da kaynağında ortadan kaldırılmasının teşviki	Mevcut
5.c.	Modifiye malzeme, mamul madde ve proseslerin teşviki	-
5.d.	Yeni kaynaklarda 4 yıl içinde BAT/BEP kullanımının zorunlu kılınması (Ek C Bölüm II)	-
5.e.i.	Mevcut kaynaklarda BAT/BEP kullanımının teşviki (Ek C Bölüm II ve III)	Mevcut
5.e.ii.	Yeni kaynaklarda BAT/BEP kullanımının teşviki (Ek C Bölüm III)	Mevcut
5.g.	Emisyon sınır değerleri ve performans standartları kullanılabilir	Mevcut
6.1.a.i.	Ek A ve B stoklarının tespitine yönelik stratejilerin geliştirilmesi	-
6.1.a.ii.	Ek A, B ya da C'de yer alan maddeleri içeren mamul, madde ve atıkların tespitine yönelik stratejilerin geliştirilmesi	Mevcut
6.1.b.	Ek A ve B stoklarının belirlenmesi	Mevcut
6.1.c.	Stokların (Ek A ve B) çevresel yönden güvenli biçimde yönetimi	Mevcut
6.1.d.i.	Atık mamul ve maddeler, çevresel yönden güvenli biçimde elleçlenmeli, toplanmalı ve taşınmalıdır	Mevcut
6.1.d.ii.	Atık mamul ve maddeler geriye dönüşsüz biçimde uzaklaştırılmalıdır	Mevcut
6.1.d.iii.	Yeniden kazanıma izin verilmemelidir	Mevcut
6.1.d.iv.	Atıklar, mamul ve maddeler sınırlar ötesine ilgili kuralların dışında taşınmamalıdır	Mevcut
6.1.e.1.	Kirletilmiş alanların (Ek A, B ve C) tespitine yönelik stratejilerin geliştirilmesi	Mevcut

6.1.e.2.	Kirletilmiş alanların iyileştirilmesi çevresel yönden güvenli biçimde yapılmalıdır	Mevcut
7.1.a.	Ulusal Uygulama Planının (UUP) oluşturulması	Mevcut
7.1.b.	UUP'in 2 yıl içinde sunulması	Mevcut
7.1.c.	UUP'in dönemsel olarak gözden geçirilmesi, (sıklığa henüz karar verilmemiştir)	Mevcut
7.2.	UUP'in hazırlanması ve güncellenmesinde STK katılımı	Mevcut
7.3.	UUP'in sürdürülebilir kalkınma stratejisine katılması (gerekli görüldüğü durumda)	-
8.1.	Ek A, B ve/veya C'de yer alması için kimyasal madde önerilerinin sunulması (gerekli görülürse)	-
9.1.a.	KOK kullanımı, imal ve emisyonunun azaltılması ya da ortadan kaldırılmasına dönük bilgi alışverişinin kolaylaştırılması	Mevcut
9.1.b.	KOK'lara ikame maddeler hususunda bilgi akışının kolaylaştırılması	-
9.2.	Sekreteryaya dahilinde bilgi akışının sağlanmasına dönük mekanizmanın oluşturulması	-
9.3.	KOK'lar odak noktasının oluşturulması	Mevcut
9.5.	Sağlıkla ilgili bilgiler gizli tutulmamalıdır	-
10.1.a.	Karar vericiler arasındaki bilinçliliğin artırılması	Mevcut
10.1.b.	KOK'larla ilgili tüm bilgilerin kamuya sağlanması	-
10.1.c.	Kadınlar, çocuklar ve toplumun en az eğitilmiş kesimleri için eğitsel programlar geliştirilmesi ve yürütülmesi	Mevcut
10.1.d.	KOK'larla ilgili konularda kamuoyu katılımı	Mevcut
10.1.e.	İşçiler, bilim adamları, eğiticiler, teknik ve idari personelin eğitimi	Mevcut
10.1.f.	Eğitsel malzemelerin geliştirilmesi ve değiş-to-kuşu	Mevcut
10.1.g.	Bilgilendirme ve eğitim programlarının geliştirilmesi ve yürütülmesi	Mevcut
10.2.	Bilinçliliğin artırılması faaliyetlerine ilişkin bilgilere kamunun erişiminin ve bu bilgilerin güncelliğinin temini	Mevcut
10.3.	Yöneticilerin bilinçliliğinin artırılması yönünde çalışmaya teşvik edilmesi	Mevcut
10.4.	Bilgilendirme merkezlerinin oluşturulması	-
10.5.	Bilgi yayılımı için PRTR kullanımı	-

11.1.	Aşağıdaki hususlarda Ar-Ge ve izlemenin özendirilmesi	-
11.1.a.	Kaynaklar ve çevreye emisyonlar	-
11.1.b.	Mevcudiyeti, düzeyleri ve insan ve çevredeki yönelimleri	-
11.1.c.	Çevresel taşınım ve davranış	-
11.1.d.	İnsan sağlığına ve çevreye olan etkiler	Mevcut
11.1.e.	Sosyo-ekonomik ve kültürel etkiler	-
11.1.f.	Emisyonların azaltılması ve/veya ortadan kaldırılması	-
11.1.g.	Uyumlaştırılmış envanterler ve analitik yöntemler	-
11.2.a.	Uluslararası programların desteklenmesi ve geliştirilmesi	-
11.2.b.	Ulusal bilimsel ve teknik kapasitelerin güçlendirilmesi	-
11.2.d.	Üreme sağlığına olan etkilerin hafifletilmesi için Ar-Ge'ye başvurulması	-
11.2.e.	Ar-Ge sonuçlarının ulaşılabilir ve güncel tutulması	-
11.2.f.	Ar-Ge bilgilerinin depolanması ve bakımının özendirilmesi	-
15.1.	Etkinliğin raporlanması	Mevcut
15.2.a.	Üretim, ithalat ve ihracata ilişkin istatistiki veriler	Mevcut
15.2.b.	İthal ve ihraç edilen ülkelerin listesi (Ek A ve B)	Mevcut
15.3.	Sıklığa henüz karar verilmemiştir	-
Ek A, Bölüm II		
a.	PCB kullanılan teçhizatın tespiti, etiketlenmesi ve 2025 itibarıyla kullanımdan kaldırılması	Mevcut
a.i.	PCB'lerin %10'u 5 litreden fazla	Mevcut
a.ii.	PCB'lerin %0,05'i 5 litreden fazla	Mevcut
a.iii.	PCB'lerin %0,005'i 0,05 litreden fazla	Mevcut
b.	Maruz kalma riskinin	Mevcut
b.i.	Yalnızca kusursuz çalışan teçhizat kullanılarak	Mevcut
b.ii.	Gıda üretilen ya da işlenen işyerlerinde teçhizatın kullanılmaması suretiyle	-
b.iii.	Elektrik arızalarına karşı önlem olarak ve düzenli muayene yapmak suretiyle azaltılması	Mevcut
d.	PCB'lerin %0,05'den fazla geri kazanımına izin verilmemesi	Mevcut

e.	2028 itibarıyla PCB'lerin ortadan kaldırılması	Mevcut
f.	PCB içeren açık sistemlerin tespiti	Mevcut
g.	Her 5 yılda bir PCB'lerin ortadan kaldırılması hususunda ilerleme raporu hazırlanması	-
Ek A, Bölüm IV, V		
1.a.	KOK-PBDE'leri içeren veya içirme ihtimali olan müstahzarın geri dönüşümü çevreye uyumlu yapılması	Mevcut
1.b.	KOK-PBDElerin ülke içinde satışına izin verilen seviyeden fazla içeren müstahzarın ihracatının durdurulması	Mevcut
1.c.	KOK-PBDE'lerin muafiyet talebinin Sekreteryaya yapılması	-
Ek B, Bölüm II		
1.	PFOS ve türevlerinin üretim ve kullanımının yasaklanması	-
2.	PFOS ve türevlerinin üretiminde Ek C'deki Mevcut En İyi Teknikler ve En iyi Çevresel Uygulamaların dikkate alınması	-
3.	Her 4 yılda bir PFOS ve türevlerini üretiminde bu maddelerin kullanımının azaltılmasına dair ilerleme raporu sunulması	-
4.a.	PFOS ve türevlerinin kullanıldığı üretim proseslerinde alternatif uygun bulunduğu kullanılması teşviki	-
4.b.	PFOS ve türevlerine dair eylem planı oluşturulması	-
4.c.	PFOS ve türevlerine dair güvenli kimyasal veya kimyasal olmayan alternatifler geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmaları için teşvik mekanizması oluşturulması	-
5.	PFOS ve türevlerinin kullanımının devam ettirilmesi için uygun teknik, bilimsel, çevresel ve ekonomik bilgilerin derlenerek özel istisnalara başvurulması	-
6., 7.	PFOS ve türevlerinin listelenen sektörler hariç tespit edilen başka bir uygulamasının Stockholm Sekreteryası'na 2015 tarihine kadar bildirilmesi	-

* İlgili mevzuatın ismi, tarihi ve sayısı Ulusal Uygulama Planı'nda belirtilmektedir.

Kaynaklar

1. Şahin Ü, Alkoy S. Kalıcı Organik Kirleticiler ve Sağlık. İstanbul: Çevre İçin Hekimler Derneği, 2006.
2. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi Ulusal Uygulama Planı. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014.
3. Stokholm Convention [internet], The new POPs under the Stokholm Convention.
<http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx> Erişim 29 Mart 2014
4. Stokholm Convention [internet], Countries, Status of Ratifications, Parties and Signatories.
<http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatories/tabid/252/Default.aspx> Erişim 29 Mart 2014
5. Stokholm Convention [internet], Country Contacts, Turkey.
<http://chm.pops.int/Countries/ContactPoints/tabid/304/Default.aspx> Erişim 23 Temmuz 2014
6. Stokholm Convention [internet], Convention Text as Amended in 2009 and 2011.
<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> Erişim 31 Temmuz 2014
7. BM/AEK (UNECE) [internet]. Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs). http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.html Erişim 23 Temmuz 2014
8. Orhan G. Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları: Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve Protokolleri Karşısında Türkiye'nin Konumu. Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi 2012;20(1):123-150.
9. Avrupa Birliği [internet], Regulation (EC) No 850/2004 of The European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on Persistent Organic Pollutants and Amending Directive 79/117/EEC
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0850:20100826:EN:PDF> Erişim 24 Temmuz 2014
10. T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı [internet]. AB Çevre Müktesebatına Uyum Çalışmaları.

- http://www.abgs.gov.tr/files/SEPB/cevrefaslidokumanlar/abcevre_muktesebatinauyumcalismalari.pdf Erişim 28 Mart 2014
- 11.Öztürk E, Çobanoğlu N. Çevresel Biyoetik Açısından Ön Bildirimli Kabul Sistemi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2013, 4(2): 51-72
- 12.Rotterdam Convention [internet] Status of ratifications
<http://www.pic.int/Countries/Statusofratifications/tabid/1072/language/en-US/Default.aspx> Erişim 7 Ağustos 2014
- 13.T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kimyasallar Yönetimi Dairesi Başkanlığı [internet].
http://www.kimyasallar.cevreorman.gov.tr/docs/sozlesmeler/rotterdam_tr.doc Erişim 7 Ağustos 2014
- 14.Resmi Gazete [internet]. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi'nin Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair 5871 sayılı Kanun
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/04/20090414-19.htm>
Erişim 28 Mart 2014
- 15.Resmi Gazete [internet]. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stokholm Sözleşmesi
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/07/20090730-2.htm> Erişim 28 Mart 2014

Korunma

Yeryüzünün her köşesinde var olabilen bu kimyasal zehirlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak, olası ise yok etmek için çeşitli önlemler almak mümkündür.

Yaşayan tüm canlılar için alınacak asıl koruyucu önlemler, dünyamızda KOK'ların üretilmesi ve kullanımının durdurulması ve mevcut KOK'ların zararlı olmayacak şekilde yok edilmesidir. Bunun sağlanabilmesi için kitabın 7. Bölümünde söz edilen uluslararası sözleşmelerin tüm devletler tarafından eksiksiz uygulanması için politik iradenin ortaya konması gereklidir. Ayrıca bu bağlamda, devletlerin hızla kendi mevzuatlarını söz konusu sözleşmelere uygun hale getirmeleri de gerekmektedir. Ardından mevzuatın uygulanabilmesi için uygulayıcıların uyum eğitimi almaları, laboratuvar teknolojilerinin gerekli analizleri yapabilmeleri için uygun teknolojiyle donatılmaları da alınacak önlemler arasında sayılabilir. Sözleşmelerin gerektirdiklerinin yapılabilmesi için sıkı denetimlerin yapılması ve kaçak veya uygunsuz kullanımı saptanan KOK'larla ilgili yaptırımların uygulanması, tespit edilen KOK'ların 6.bölümde de bahsedilen bertaraf yöntemleriyle, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Toplumsal düzeyde, KOK'ların zararlı etkilerinden korunabilmek için ise aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Toplumsal farkındalığın artırılması için etkin bir bilgilendirme kampanyasının yürütülmesi (paneller, kamu spotu, örgün eğitimin farklı kademelerinde ders konusu yapılması vb).
- Sivil toplum kuruluşları ve demokratik kitle örgütlerinin farkındalığın artırılmasında (kendi üyelerine ve topluma yönelik) görev almasının sağlanması.

KOK'ların bazılarının endüstriyel üretim süreçlerinde istenmeden ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu bağlamda riskin bulunduğu işyerlerinde kolektif bireysel korunma önlemlerinin alınması gereklidir. Kimyasal maddelerle üretim yapan tesislerin, kullandıkları hammaddeler ve üretim esnasında açığa çıkan kimyasallar arasında KOK bulunup bulunmadığına dikkat etmesi, tespit ettikleri ham-

maddelerin yerine KOK olmayan alternatiflerini kullanmaları, açığa çıkardıkları KOK'ları bertaraf etmeleri gerekmektedir.

Bireysel olarak KOK'ların sağlık açısından zararlı etkilerinden korunmak için, etkilerinin sınırlı olduğu bilinmekle beraber, aşağıda belirtilen önlemler alınmalıdır:

- Pestisitlerin uygulanması sırasında koruyucu giysi, maske, gözlük, eldiven kullanılması
- Bu bileşiklerle bulaşmış et, süt ve kümes hayvanlarının yenmemesi
- Bulaşık sulardan yakalanmış su ürünlerinin yenmemesi ve yemek üzere küçük balıkların tercih edilmesi
- Tehlikeli madde/atık depolama alanlarından uzakta yaşamak, bu civardaki toprak ve su ile temas etmemek (özellikle çocukların korunması), bu çevredeki besinleri yememek ve suları içmemek,
- Çiğ tüketilecek sebze ve meyvelerinin iyice yıkanması
- KOK içeren atık oto döşemesi, polistiren köpük veya böcek öldürücü ile olası bir temas söz konusu ise kişilerin ellerini iyice yıkaması