

**ENDOKRİN BOZUCULARA MARUZİYETİN AZALTILMASINA
DAİR ÖNERİLER**

PROPOSALS ABOUT REDUCTION OF
EXPOSURE TO ENDOCRINE DISRUPTORS

Mehmet Emin Aydın

Atıf için: Aydın, Mehmet Emin (2022). Endokrin Bozuculara Maruziyetin Azaltılmasına Dair Öneriler. K. Şahin ve H. F. Keleştemur (Eds.). Endokrin Bozucular ve Sağlık (s. 243-258). Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. DOI: 10.53478/TUBA.978-625-8352-04-7.ch14.

ENDOKRİN BOZUCULARA MARUZİYETİN AZALTIILMASINA DAİR ÖNERİLER

Prof. Dr. Mehmet Emin Aydın

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Özet

Son yıllarda endokrin bozucular çok daha dikkat çekmektedir. Çevreye salınan endokrin bozucu kimyasallar çevrede ve ekosistemde birikerek canlıların sağlığını tehdit etmekte, bazı türlerin yok olmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada endokrin bozucu kimyasalların çevreye verildiği, özellikle endüstriyel atıksular, endüstriyel alanlardan ve kentlerden gelen yağmur suları, katı atık bertaraf tesislerinden olan sızıntılar, zirai alanlardan gelen drenaj suları ve yağmur suları endokrin bozucuları çevreye taşıyan önemli kaynaklardır. Endokrin bozucu ve zararlı kimyasalların çevrede oluşturduğu risklerin değerlendirilme yöntemleri ve maruziyetin azaltılması için yapılması gereken mevzuat düzenlemeleri hakkında bilgi verilmiştir. Çevrede, gıdalarda ve anne sütünde endokrin bozucuların araştırıldığı çalışmalardan bazılarının sonuçları verilmiş endokrin bozuculara insan ve yaban hayatının maruziyetinin azaltılması için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler

Endokrin bozucular, çevrede endokrin bozucular, dağılım, taşınım, maruziyet.

PROPOSALS ABOUT REDUCTION OF EXPOSURE TO ENDOCRINE DISRUPTORS

Abstract

Endocrine disrupting chemicals are getting more attention in recent years. Endocrine disrupting chemicals released to environment threaten the life of living organisms in environment by bioaccumulating in environment and ecosystem. In this work endocrine disrupting chemicals, their source to release environment are reviewed. Especially, industrial wastewaters run off waters from industrial areas and residential areas, leachates and drainage waters from solid waste disposal sites, run off waters and drainage waters from agricultural lands are important sources that discharge endocrine disruptors to environment. Information about risk assessment procedures for the release of endocrine disrupting chemicals to environment are given as well as procedures followed to regulate or limit the release of such chemicals into environment. Some result from the research carried out about endocrine disrupting chemicals in environment, in foods and human milk samples were also given. Some proposals were made to reduce exposure to endocrine disrupting chemicals of human and other organisms in environment.

Keywords

Endocrine disruptors, environmental endocrine disruptors, distribution, transport, exposure.

Giriş

Endokrin bozucular basit olarak normal hormonal fonksiyonları etkileyen kimyasallar veya kimyasal karışımlar olarak tanımlanabilir. Endokrin bozucular organizmadaki doğal hormonların sentezine, salgılanmasına, taşınmasına, bağlanmasına ve vücuttan atılmasına etki ederek endokrin sistemin normal çalışmasını bozarlar. Endokrin bozucular doğal ve sentetik olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Doğal endokrin bozuculara örnek olarak gıdalarda bulunan fitoöstrojenler verilebilir. Sentetik endokrin bozucular olarak PCB'ler, PBDE'ler, dioksinler/furanlar, PAH'lar, pestisitler, ftalatlar, plastikleştiriciler ve farmasötikler gibi sentetik organik bileşikler ve Cd, Pb, Hg gibi ağır metaller sayılabilir. Endokrin bozucular bitki ve gıda koruma amaçlı (pestisitler) uygulama yoluyla, endüstriyel üretim ve kullanım sırasında (PCB'ler, PBDE'ler, dioksinler gibi) veya fosil yakıtların ve organik maddelerin tam olmayan yanmaları sebebiyle (PAH'lar, dioksinler gibi) havaya suya ve toprağa karışabilirler. Endokrin bozucuların üretilmeleri sırasında oluşan emisyonlar, endokrin bozucu içeren ürünlerden buharlaşma, endokrin bozucu içeren atıkların geri dönüştürülmesi süreçlerinde ve atık bertaraf alanlarından buharlaşarak havaya, sızıntı suyu ile toprağa ve suya karışabilir. Ayrıca zirai alanlarda zararlı canlılarla mücadele amaçlı kullanılan pestisitler, herbisitler, fungusitler gibi kimyasallar uygulanmaları esnasında ve sonrasında havaya, suya ve toprağa doğrudan karışabilirler. Çevreye bu yollarla verilen endokrin bozucuların özellikle kalıcı olanları toprak, su ve havada birikmekte hava ve su yoluyla verildikleri lokasyondan çok uzak yerlere taşınabilmektedir. Çevrede biriken endokrin bozucular ekolojik sistem içerisinde birikmekte ve özellikle besin zincirinin üstünde yer alan canlılarda kritik değerlere kadar birikmektedirler (Keith, 1998; Kabir, Rahman & Rahman, 2015).

Endokrin bozucu bileşiklerin çevrede kirletici olarak bulunanları çevre endokrin bozucuları olarak anılır. Çevre endokrin bozucuları biyobirikim ve biyokonsantrasyon özelliği olan kalıcı, doğal bozunma süreçlerine dirençli bileşiklerdir. Çevre endokrin bozucuları organizma tarafından solunum, gıda, su ve temas yoluyla alındıktan sonra vücutta özellikle yağ dokularında birikir. Endokrin bozucuların birine maruz kalmaya göre birden çoğuna maruz kalınması halinde etkileri çok daha büyük olabilir. Endokrin bozucuların etkileri maruz kalınan zamana göre değişir. Endokrin bozuculara haftalar hatta yıllar önce annenin maruz kalmasıyla daha sonra gelişmekte olan embriyonun zarar görmesi söz konusudur (Keith, 1998; Kabir vd., 2015).

Çeşitli endokrin bozucu kimyasallara günlük hayatımızda hava, su ve temas yoluyla sürekli maruz kalırız. Ekolojik sistemde ve yaban hayatında görülen birçok problemin sorumlusu olarak endokrin bozucu kimyasallar gösterilebilir. Ekosistem ve yaban hayatı sadece bir çevre kirletici endokrin bozucu kimyasal değil birçok endokrin bozucu kimyasal karışımına maruz kalır.

Endokrin bozucuların bazıları çevrede biriken kalıcı özellikte değildir ancak çoğu kalıcı kirleticilerdir. Çevrede ve canlıların bünyesinde yaşam alanlarında, havada, suda, toprakta, sedimentte ve besinlerinde birikir. Atıksu deşarjları, kent ve endüstri alanlarından gelen yağmur suları, zirai alanlardan gelen drenaj ve yağmur suları endokrin bozucu kimyasalları sürekli olarak çevreye, ekosisteme taşır (Tablo 1).

Tablo 1. Çevre endokrin bozucuları ve kaynakları

Kaynak	Çevre Endokrin Bozucuları
Evsel ve endüstriyel atık su deşarjı	Metaller, OCP'ler, PAH'lar, PCB'ler, PBDE'ler, PCDD'ler, PCDF'lar, solventler, fitalatlar, farmasötikler
Zirai alanlardan gelen yağmur suları	OCP'ler, OPP'ler (DDT, dieldrin, aldrin, lindan, chlorpyrifos, atrazin, ...)
Atık deponi ve yakma tesisleri	PCDD'ler, PCDF'lar, PCB'ler, PBDE'ler, PAH'ler
Havayla taşınım	OCP'ler, PAH'lar, PCB'ler, PBDE'ler, PCDD'ler, PCDF'lar

Ayrıca petrol, petrol ürünleri, endüstride kullanılan kimyasalların depolanması, taşınması, kullanılmaları sırasında oluşan sızıntılar ve buharlaşma ile çevreye karışırlar. Kullanıldıkları bölgenin çok uzağında bulunan kutup ayılarında PCB'ler ve organik klorlu pestisitler görülmüştür (Kabir vd., 2015).

Endokrin bozucu kimyasallar genellikle klasik arıtma tesislerinde giderilemez ve arıtma tesisi çıkış suyuyla alıcı ortama deşarj edilir (Tablo 2).

Tablo 2. Çevre endokrin bozucularının klasik AAT'de giderilmeleri (Min vd., 2014; Ozaki vd., 2015; Wee & Aris. 2017).

Çevre Endokrin Bozucuları	Klasik AAT'de giderimleri (%)
Metaller (Pb, Hg, Cr, Cd, Co, Ni)	20-90
OCPs	35-80
PAHs (16 EPA PAH)	20-60
PCBs (Σ 209)	20
PBDE (Σ 8)	20-80

Zirai alanlarda kullanılan pestisit türü kimyasallara ilave olarak hayvanların büyümelerinde etkili olan estradiol, progesteron ve testostereone gibi hormonlar kullanılması halinde özellikle büyük miktarlarda hayvan yetiştirilen bölgelerde suya ve toprağa bu kimyasallar karışarak kirletirler. Değişik gruplardan endokrin bozucu kimyasalların genel olarak kullanım amaçları Tablo 3'te verilmiştir (Wee & Aris. 2017).

Tablo 3. Endokrin bozucu grupları ve kullanım amaçları (Wee & Aris, 2017).

Endokrin bozucu sınıf	Örnek	Kullanım amacı
Polihalojenli bileşikler	Poliklorlu bifeniller (PCB'ler) Polibromlu bifeniller (PBB'ler) Polibromlu difenil eterler (PBDE'ler) Perflorooktansülfonik asit (PFOS) Perflorooktanoik asit (PFOA)	Alev geciktirici Sümfaktanlar
Fenolik bileşikler	Bisfenol A (BPA) Nonylfenol (NP) Octylfenol (OP)	Plastikleştiriciler Sümfaktanlar Yağlayıcılar Parfümler Antioksidanlar Katkı maddeleri
Fitalatlar	Di-(2-ethyl) fitalat (DEHP) Di-isononyl fitalat (DINP) Di-isodecyl fitalat (DIDP) Dibutyl fitalat (DBP) Dimethyl fitalat (DMP) Diethyl fitalat (DEP)	Plastikleştiriciler Yağlayıcılar Parfümler Katkı maddeleri
Pestisitler	Triclosan Atrazin Lindan Simazin Endosülfan Diuron Diazinon Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) Dichlorodiphenyldichloroethylene (DDE) Klorprifos Quinalphos	Pest kontrolü Antimikrobiyal veya antifungal madde
Hormonlar	Estrone (E1) Estradiol (E2) 17 α -ethynylestradiol (EE2) Estril (E3) Progesterone Testosterone Phytoestrogen	Büyüme hormonu Hormon terapisi Gıda ile alınan
Farmasötikler ve Kişisel bakım ürünleri	Atenolol Acetaminophen Bezafibrate Caffeine Carbamezapine Cocaine Diclofenac Diethyltoluamide (DEET) Clofibrilic acid Gemfibrozil Ibuprofen Clarithromycin Lincomycin Naproxen Salicylic acid Sulfamethoxazole Roxithromycin	Homonal tedavi Uyusturucu Veteriner ilaç kullanımı Tarımsal kullanım

Endokrin bozucu kimyasal maddelerin çevredeki canlılar üzerine olan olumsuz etkileri ekotoksikoloji testleriyle tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Ekotoksikoloji testlerinde organizmanın kimyasal maddeye maruz bırakıldıktan sonra etkilenmesi ölçülür. Kimyasal madde veya kirlenici dozuna karşılık ölüm oranları grafiği çizilerek organizmaların %50'sinin ölümüne sebep olan konsantrasyon anlamına gelen LC₅₀ değeri belirlenir. Sucul ekolojisiyi korumak için Avrupa Birliği Ekotoksikite ve Çevre Bilim Kurulu (CSTEE) su kalite hedefi belirlemiştir (Vighi, Lloyd & Fioretti, 2002).

Su kalite hedefi sucul organizmaların yaşam evrelerinin tamamını sağlıklı bir şekilde tamamlamasına; sucul organizmaların normalde yaşadıkları alanlardan veya bir bölümünden ayrılmalarına sebep olmayacak; herhangi bir kimyasalın ortamda canlılara besin zinciri yoluyla veya doğrudan zarar verecek seviyede birikmesine engel olacak; ekosistemin fonksiyonunun değişmesine sebep olmayacak şekilde olmalıdır. Kalite hedef kavramı birçok uluslararası kuruluş tarafından benzer şekilde yapılmıştır. Atıksular özellikle endüstriyel atıksuların çevreye deşarj edilmesi ile çevreye verilen endokrin bozucu kimyasalların kontrolü için birçok ülkede deşarj edilen atıksular ve alıcı ortam olarak atıksuların deşarj edildiği yüzeysel sular kimyasal analizlerle izlenmektedir. Ancak endüstriyel atıksuların sucul ortam üzerindeki etkilerini belirlemede sadece fiziksel ve kimyasal analizlerin yeterli olmayacağı kabul edilmektedir. Atıksuların çok karmaşık birçok kirlenicinin karıştığı bir yapıda olması sebebiyle toksik etkisi olma potansiyeli olan her bir bileşiğin analizlerle belirlenmesi çok zor, zaman alıcı ve pahalı olması, dahası gerçek etkinin anlaşılabilmesi için sadece kimyasal analizlerin yetersiz olması nedenleriyle biyolojik toksisite testleri kullanılmaktadır. Toksikite testleri kimyasal bileşiklerin veya atıkların ekosisteme, ekosistemdeki canlı topluluklara ve popülasyona olan zararlı etkilerini belirlemek veya tahmin etmek için yapılır (Aydın vd., 2015).

Ülkemizde su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (SKKY) endüstriyel atıksuların kontrol edilmesi için *Lebistes reticulatus*'ın test organizması olarak kullanıldığı balık toksisite testi kabul edilmektedir. Tek bir tür test organizmasının kullanılmasının birçok dezavantajları vardır. Balık testi çok emek isteyen, sürekli çok sayıda balık beslemeyi gerektiren pahalı ve zaman alan bir testtir. İlâveten balıkların toksisite testlerinde kullanılması hayvan severler tarafından da hoş görülmeyen bir durumdur (Aydın vd., 2015).

Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için Aydın vd., (2015) kolay, ekonomik ve hassas bir şekilde endüstriyel atıksuların toksisitesini değerlendirmek üzere Tablo 4'de verilen testleri önermişlerdir. Önerilen testlerden özellikle sucul kabuklu canlıları olan *Daphnia magna* ve *Thamnocephalus platyurus*'nın test organizması olarak kullanıldığı testlerin balık toksisite testi yerine kullanılabileceği önerilmiştir.

Tablo 4. Balık ve alternatif toksisite test yöntemleri (Aydın vd., 2015).

Test	Besi seviyesi	Organizma/bitki grubu	Test tipi	Test süresi	Test kriteri	Test prensibi
Balık toksisite testi (<i>Lebistes reticulatus</i>)	İkincil tüketici	Balık	Akut	48 saat	Ölüm	Ölü ve yaşayan balıkların sayılması
Microtox (<i>Vibrio fischeri</i>)	Ayrıştırıcı	Bakteri	Akut	30 dakika	Işıma'nın azalması	Luminometre ile ışımazalması ölçülmesi
Thamnotox (<i>Thamnocephalus platyurus</i>)	Birincil tüketici	Kabuklular	Akut	24 saat	Ölüm	Mikroskop altında ölü ve yaşayan kabuklu sayımı
Daphtox (<i>Daphnia magna</i>)	Birincil tüketici	Kabuklular	Akut	48 saat	Ölüm	Mikroskop altında ölü ve yaşayan kabuklu sayımı
Protox (<i>Tetrahymena thermophila</i>)	Birincil tüketici	Protozoa	Kısa-kronik	24 saat	Büyüme azalması	Optik yoğunluk artış miktarının kontrol ile karşılaştırılması
<i>Lemna minor</i> (<i>Lemna minor</i>)	Üretici	Su mercimeği	Kronik	7 gün	Büyüme oranı	Günlük olarak yaprak sayılarının sayılması
Algaltox (<i>Selenastrum capricornutum</i>)	Üretici	Mikro-alg	Kısa-kronik	72 saat	Büyüme azalması	Optik yoğunluk artış miktarının kontrol ile karşılaştırılması
<i>Lepidium sativum</i> *	Üretici	Bahçe teresi	Kronik	3 gün	Kök uzunluğu/ Kök yüksekliği	Kök uzunluk ve yüksekliklerinin ölçümü

* *Karasal test*

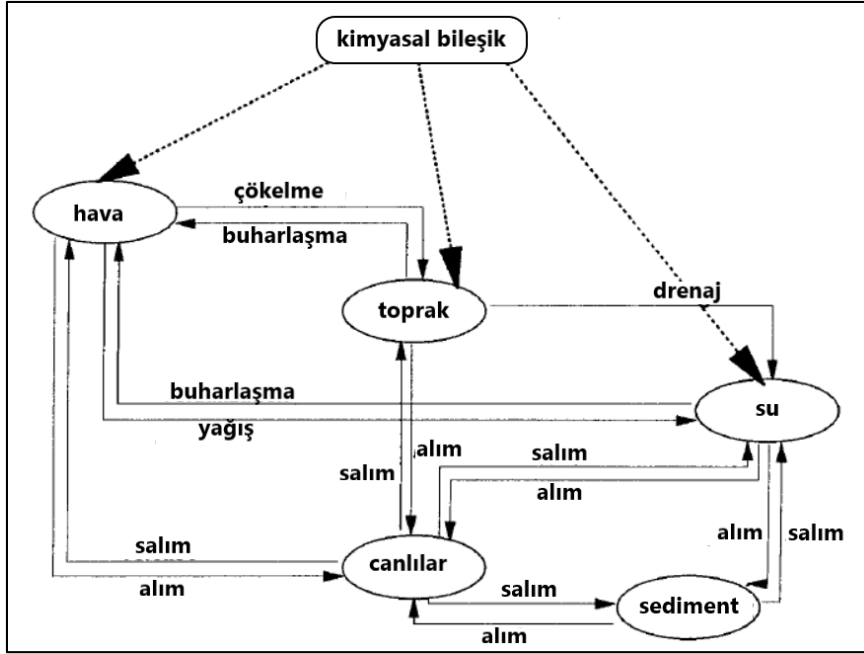
Kabul Edilebilir Günlük Alım

İnsanları toksik kimyasallara maruziyetten koruyabilmek için kabul edilebilir günlük alım (ADI) kavramı tariflenmiştir. ADI herhangi bir kimyasalın son bilimsel verilere göre herhangi bir risk oluşturmayacak şekilde ömür boyu günlük alım miktarı olarak tariflenmekte ve günlük kg vücut ağırlığı başına mg kimyasal (mg/kg) olarak verilmektedir. ADI deneysel çalışmalarla toksisite testleriyle belirlenmiş olan gözlenen etki olmayan seviye (NOEL) değerlerinin emniyet faktörlerine bölünmesiyle bulunmaktadır. İnsanların toksik kimyasallara maruziyeti hava, su ve

gıdalar yoluyla olmaktadır. Toplam günlük alım (TDI) için her üç maruziyet yoluyla alınan miktarlar göz önüne alınmalıdır. Kirleticilerin hava, su ve gıdalar yoluyla alım miktarları kimyasal bileşiğin özelliklerine ve çevredeki dağılımına bağlıdır. Uçuculuğu yüksek olan bileşikler havada daha yüksek miktarlarda bulunurken çözünürlüğü yüksek olan kimyasallar suda daha çok bulunur (Vighi vd., 2002).

Maruziyete Etki Eden Faktörler

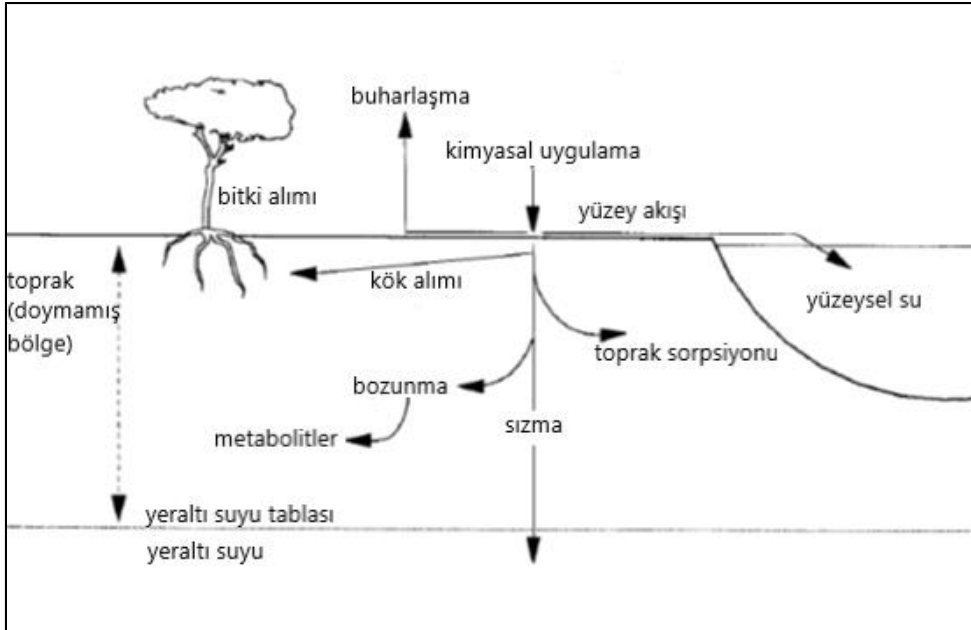
Hava, su ve toprak gibi çevre bileşenlerinde bir kimyasalın dağılım ve akıbeti kimyasalların özelliklerine çevre bileşenleri arasında dağılım özelliklerine ve doğal bozunma süreçlerinden etkilenmesine göre değişmektedir. Şekil 1'de bir kimyasalın çevrede dağılımına ve taşınımına etki eden faktörler gösterilmiştir.



Şekil 1. Kimyasalların çevrede dağılım ve taşınım yolları (Vighi vd., 2002).

Bir kimyasalın taşınımı ve dağılımı çevre şartlarına ve bileşiğin fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır. Çözünürlüğü yüksek olan bileşikler su ortamında hava ve toprağa göre daha çok bulunurken uçuculuğu yüksek olan bileşikler havada suya ve toprağa göre daha çok bulunur. Ayrıca sıcaklık, nem, güneş ışınları gibi çevre faktörleri kimyasalların çözünürlük, bozunurluk gibi fizikokimyasal özelliklerini etkilerler. Toprak hava boşlukları, su, mineral maddeler ve organik

maddelerden oluşan bir yapıdadır. Toprağın yapısı ve bileşenleri çok değişken olabilir. Kimyasal maddelerin doğrudan toprağa girdiği taşınma ve bozunma bakımından da önemli olan üst tabaka genel olarak vadoz veya doymamış bölge olarak adlandırılır. Bu bölgede toprağın boşlukları suyla dolu değildir. Doymamış bölgenin altında bütün boşlukların suyla dolu olduğu doymuş bölge yer alır. Doymuş bölgenin üst yüzeyine yeraltı suyu tablası denir. Toprak da kimyasalların taşınım ve akıbetleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Toprak da kimyasalların taşınım ve akıbeti (Vighi vd., 2002).

Topraktan kimyasallar buharlaşmayla havaya, yağmur suları ve erozyonla yüzeysel sulara, sızıntı sularıyla yeraltı sularına taşınırlar. Toprağın üst kısımlarında bulunan bakteriler kimyasalların biyolojik bozunumuna sebep olurlar. Kimyasallar topraktan veya bitki yüzeylerinden özelliklerine ve çevre şartlarına bağlı olarak havaya karışır. Bitkilerde kimyasalları bünyelerine alarak organik madde içerisinde biriktirebilirler veya biyolojik olarak parçalayabilirler. Toprakta kimyasalların dağılımı bu işlemlerin zamanla ve lokasyonla etkileşimi ile değişir.

Fizikokimyasal Özelliklerin Dağılım ve Taşınım Etkisi

Bir kimyasalın çevre bileşenleri arasında dağılımı ve taşınımını kimyasal özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Bu özelliklerden önemli olanlar suda çözünürlük (S), buhar basıncı (VP), oktanol su dağılım katsayısı (Kow), oktanol hava dağılım katsayısı (Koa), organik karbon sorpsiyon katsayısı

(Koc) olarak sayılabilir. Suda çözünürlük (S) kimyasalın suya olan ilgisinin ölçüsüdür. Buhar basıncı (VP) kimyasalın uçuculuğunu dolayısıyla havaya olan ilgisini gösterir. Henry sabiti (H) buhar basıncı ve suda çözünürlük oranı olarak verilir. $H = VP/S$ (Pa m³/mol). H kimyasalın hava ve su arasında dağılımı ile orantılıdır. Oktanol su dağılım katsayısı kimyasalın lipofilik özelliğinin ölçüsü, kimyasalın canlıların bünyesinde birikebilme özelliğinin göstergesidir.

Log Kow > 3.5 biyobirikim yapan kimyasal

3 < Kow < 3.5 düşük biyobirikim potansiyeli

Log Kow < 3 biyobirikim yapmayan kimyasal olarak kabul edilebilir.

Oktanol hava dağılım katsayısı (Koa) son zamanlarda bitkilerde biyobirikimin göstergesi olarak kabul edilmektedir (Paterson vd., 1991). Organik karbon sorpsiyon katsayısı genel olarak kimyasalın toprağa olan ilgisinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Log Koc = Log Kow – 0.21 (Karickhoff, 1981; Vighi vd., 2002).

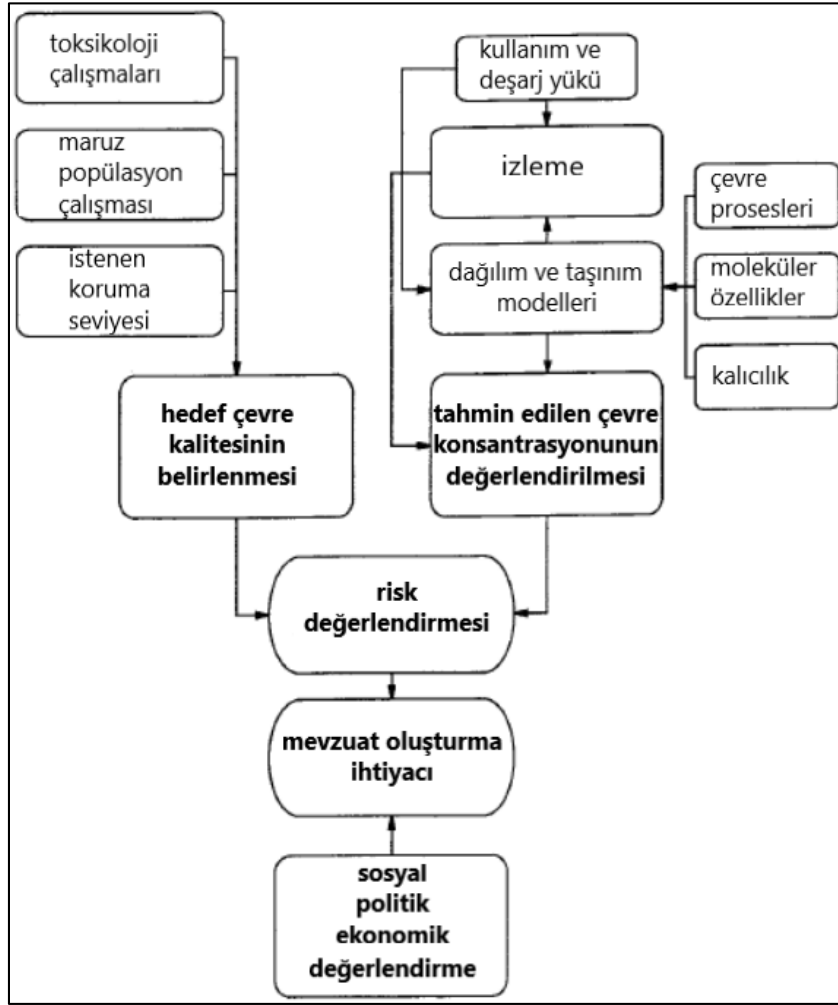
Kimyasalların özelliklerine göre çevre bileşenlerinde dağılım eğilimleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Kirleticilerin kimyasal özelliklerine göre çevrede dağılım eğilimleri (Vighi vd., 2002).

Çevre bileşenleri için ilgi	Su S (g/L)	Hava H (Pa m ³ /mol)	Toprak Log Koc	Hayvan biyokütlesi Log Kow	Bitki biyokütlesi Log Koa
Çok yüksek	>1	>10	>5	>5	>8
Yüksek*	1-10 ⁻²	10-10 ⁻¹	5-4	5-3.5	8-7
Orta*	10 ⁻² - 10 ⁻³	10 ⁻¹ - 10 ⁻²	4-2	3.5-3	7-5
Düşük*	10 ⁻³ - 10 ⁻⁵	10 ⁻² - 10 ⁻⁴	2-1	3-1	5-4
Çok düşük	< 10 ⁻⁵	< 10 ⁻⁴	<1	<1	<4

* Diğer parametre değerlerinden etkilenir.

Çözünürlüğü 1 g/L’den büyük olan bileşikler suya ilgilerinden dolayı (hidrofilik) su ortamında daha büyük miktarlarda bulunurlar. Log Kow ve Log Koc değerlerinin 6 civarında olması çok yüksek biyobirikim ve toprak sorpsiyon potansiyelinin göstergesidir. Ayrıca kimyasalın çevrede oluşturacağı riski belirlemede önemli olan diğer bir özelliği de kalıcı olma özelliğidir. Potansiyel olarak tehlikeli bir kimyasal çevreye verildiği zaman oluşturduğu riskin değerlendirilebilmesi için kimyasal ile ilgili özellikler, çevre şartları ve potansiyel olarak maruz kalacak popülasyonun özelliklerinin bilinmesi gerekir (Şekil 3).



Şekil 3. Kirleticileri çevrede oluşturduğu risk ile ilgili değerlendirme şeması (Vighi vd., 2002).

Kimyasalın canlılar üzerindeki etkileri toksikoloji veya ekotoksikoloji testleri ile; Biyobirikim özelliği gibi kimyasal özellikleri, Doğal çevre ve su kaynakları için hedeflenen kalite belirlenir. Maruz kalma ihtimali olan ve korunması istenilen popülasyon (insanlar, ekoloji veya yaban hayatı) dikkate alınarak ilgili yönetmeliklere sınır değerler konur. Kirleticilerin oluşturduğu risk analizi çevre kalite hedefleri veya standartları ile ölçülen veya modellerle tahmin edilen mevcut durum kıyaslanarak önlem alınması gerekli olup olmadığı belirlenir. Sonuç olarak konunun politik, sosyal, ekonomik yönleri de dikkate alınarak kirleticilerin önlenmesi veya sınırlandırılması için kanun, yönetmelik gibi düzenlemelerle sınır değerler belirlenir.

Daha Önce Yapılan Çalışmalarda Tespit Edilen Endokrin Bozucular

Atıksularda OCP'lerin araştırıldığı çalışma da toplam klorlu organik pestisitlerin 0.3 µg/L ile 22 µg/L arasında değişen değerlerde bulunduğu görülmüştür (Aydın, Özcan, Sarı, 2004). Atıksularda PCB'lerin araştırıldığı çalışmada PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 ve PCB180 araştırılmış toplam PCB'lerin 0.5 µg/L ile 2.4 µg/L değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir (Aydın vd., 2004). İşlem görmemiş sütlerde ve marketlerden alınan UHT sütlerde organik halojenli bileşiklerin araştırıldığı çalışmada örneklerin çoğunda γ-HCH, toplam heptaklor ve endrinin Türk Gıda Kodeksi maksimum limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir (Aydın vd., 2019). Anne sütü örneklerinde OCP'ler, PCB'ler ve PCBD'lerin araştırıldığı çalışmada toplam HCH'ler, toplam DDT'ler, toplam PCB'ler, ve toplam PBDE'ler ortalama olarak sırasıyla 22.6, 37.1, 104.9, ve 67.3 ng/g.yağ olarak tespit edilmiştir (Özcan, Tor, & Aydın, 2011). Bu çalışmalarda da gösterildiği gibi endokrin bozucular çevreden gıdalara, gıdalardan anne sütüne geçebilmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Endokrin bozuculara insanların maruziyeti hava, su, gıdalar ve temas yoluyla olmaktadır. Çevrede bulunan endokrin bozucuların azaltılması insan maruziyetini azaltacaktır. Özellikle endüstride endokrin bozucu kimyasalların kanalizasyona verilmesinin önlenmesi, kanalizasyon sisteminin endokrin bozucu ve zararlı kimyasal maddeler bakımından sürekli izlenmesi ve bu tür kirleticileri kanalizasyona verenlere yaptırım uygulanması bu kirleticilerin çevrede azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca evlerde kullanılan bu tür kimyasalların, farmasötiklerin çöpe ve kanalizasyona atılmamasına özen gösterilmelidir. Tarım alanlarında organik klorlu pestisitler ve DDT türevleri gibi kullanımı yasaklanmış pestisit kullanımının önlenmesi diğer pestisit türlerinin kullanımının kontrol altına alınması gerekir. Katı atıklar atık uzaklaştırma tekniklerine uygun şekilde bertaraf edilmeli, gelişigüzel atılmamalı, kontrolsüz olarak ruhsatlı yakma tesisleri dışında yakılmamalıdır. Zararlı atıklar zehirli, kanserojen, mutajen, endokrin bozucu vb atıklar zararlı atıklar uzaklaştırma yöntemlerine uygun tekniklerle bertaraf edilmelidir. Kanalizasyon sistemine endokrin bozucu kimyasalların atılması önlenemediği takdirde atık su arıtma tesislerine endokrin bozucuları geçirecek arıtma üniteleri eklenmelidir.

Kaynakça / References

- Aydın, M.E., Aydın, S., Tongur, S., Kara, G., Kolb, M. ve Bahadır, M. (2015). Application of simple and low-cost toxicity tests for ecotoxicological assessment of industrial wastewaters. *Environmental Technology*, 36-22; 2825-2832.
- Aydın, M.E., Özcan, S. ve Sarı, S. (2004). Organochlorine pesticides in sewerage system of Konya-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13,11b; 1303-1308.
- Aydın, M.E., Sarı, S., Özcan, S., Wichmann, H. ve Bahadır, M. (2004). Polychlorinated biphenyls in wastewater of Konya-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13,11a; 1090-1093.
- Aydın S., Aydın M. E., Bedük, F. ve Ulvi A. (2019). Organohalogenated pollutants in raw and UHT cow's milk from Turkey: a risk assessment of dietary intake. *Environmental Science and Pollution Research*, 26; 12788-12797.
- Kabir, E.R., Rahman, M.S. ve Rahman, I. (2015). A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 40; 241-258.
- Karickhoff, S. W. (1981). Semiempirical estimation of sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments and soils. *Chemosphere*, 10; 833-846.
- Keith, L.H. (1998). Environmental endocrine disruptors. *Pure and Applied Chemistry*, 70,12; 2319-2326.
- Min, Y. Zhongjian, L. Xingwang, Z. Lecheng, L. (2014). Polychlorinated Biphenyls in the Centralized Wastewater Treatment Plant in a Chemical Industry Zone: Source, Distribution, and Removal. *Journal of Chemistry*, 2014; 1-10.
- Ozaki, N. Takamura, Y. Kojima, K. Kandaichi, T. (2015). Loading and removal of PAHs in a wastewater treatment plant in a separated sewer system. *Water Research*, 80; 337-345.
- Özcan, S., Tor, A. ve Aydın, M.E. (2011). Levels of organohalogenated pollutants in human milk samples from Konya City, Turkey. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 39(10); 978-983.
- Paterson, S., Mackay, D., Bacci, E. and Calamari, D. (1991). Correlation of the equilibrium and kinetics of leaf air exchange of hydrophobic organic chemicals. *Environmental Science and Technology*, 25, 866-871.
- Vighi, M., Lloyd, R. ve Fioretti, C.S.(2002). Environmental toxicology: the background for risk assessment, Cambridge University Press.
- Wee, Y.S. ve Aris, A.Z. (2017). Endocrine disrupting compounds in drinking water supply system and human health risk implication. *Environment International*. 106; 207-233.

**Prof. Dr. MEHMET EMİN AYDIN | Necmettin Erbakan Üniversitesi |
meaydin[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6665-198X**

Mehmet Emin Aydın, Konya Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliğinden 1985 yılında mezun oldu. 1993 yılında İngiltere, Loughborough Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde suların arıtımı alanında doktorasını tamamladı. Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne 1997 yılında Doçent 2003 yılında Profesör olarak atandı. 2012 yılında Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne Profesör olarak atandı. Halen 2018 yılından beri aynı üniversitenin İnşaat Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma alanı Su Temini, atıksuların uzaklaştırılması, su kirliliği, su arıtma, PAH, PCB, Pestisitler, Kalıcı organik kirleticiler, ekotoksikoloji alanlarını kapsamaktadır. Prof. Dr. Aydın'ın Uluslararası hakemli dergilerde ve sempozyum kitaplarında 235 makalesi, Ulusal sempozyumlarda 82 bildirisi, 12 kitap bölümü ve 6 kitap editörlüğü veya ortak editörlüğü vardır.

**Prof. Dr. MEHMET EMİN AYDIN | Necmettin Erbakan University |
meaydin[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6665-198X**

Mehmet Emin Aydın has studied of Civil engineering at Selcuk University in Konya, Turkey (1980-1985) and received his PhD in 1993 in the field of drinking water treatment at Civil Engineering Department of Loughborough University of Technology in England. He is appointed as Assoc. Prof. Dr. in Environmental Engineering of Selcuk University in 1997. Since 2003, he is full Professor in Environmental Engineering initially at Selcuk University and then since 2012 in Necmettin Erbakan University in Konya, Turkey. He is working as full Professor in Civil Engineering of Necmettin Erbakan University since 2018. His teaching and research cover water supply, wastewater disposal, water pollution, water and wastewater treatment, ecotoxicology, PAHs, PCBs, pesticides, pharmaceuticals and illicit drugs in environment. Prof. Dr. Aydın published 232 papers in international peer-reviewed journals and proceedings volumes; 82 presentations in National symposiums; 12 international book chapters, 6 book editorships and co-editorships.