

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128201

**TEHLİKELİ ATIK YAKMA TESİSİ DİOKSİN
EMİSYONLARININ DOĞADAKİ DAĞILIMLARININ
MODELENMESİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

DOKTORA TEZİ

**TE YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Çevre Yük. Mühendisi Aykan KARADEMİR

ANA BİLİM DALI: ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

EKİM 2002

128201

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEHLİKELİ ATIK YAKMA TESİSİ DİOKSİN
EMİSYONLARININ DOĞADAKİ DAĞILIMLARININ
MODELLENMESİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

DOKTORA TEZİ

Çevre Yük. Mühendisi Aykan KARADEMİR

ANA BİLİM DALI: ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

EKİM 2002

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEHLİKELİ ATIK YAKMA TESİSİ DİOKSİN
EMİSYONLARININ DOĞADAKİ DAĞILIMLARININ
MODELLENMESİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

DOKTORA TEZİ

Çevre Yük. Müh. Aykan KARADEMİR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24.06.2002

Tezin Savunulduğu Tarih : 17.10.2002

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Mithat BAKOĞLU

(.....)

Üye

Prof. Dr. Mirali S. ALOSMAN

(.....)

Üye

Prof. Dr. Savaş AYBERK

(.....)

Üye

Prof. Dr. Meral ARCA

(.....)

Üye

Yrd. Doç. Dr. İkbâl KOYUNCU

(.....)

ÖZET

İZMİT KLİNİK VE TEHLİKELİ ATIK YAKMA TESİSİ DİOKSİN EMİSYONLARININ DOĞADAKİ DAĞILIMLARININ MODELLENMESİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Aykan KARADEMİR

Anahtar Kelimeler: Atık yakma, dioksin, maruz kalma, modelleme, risk.

ÖZET: Bir bertaraf yöntemi olarak atık yakma, Türkiye gündemine, İzmit Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi'nin (İZAYDAŞ) 1997'de işleme açılmasıyla girmiştir. Bu tarihten itibaren tesisin çevreye etkileri yoğun bir şekilde tartışılmaya başlanmış, başta dioksinler olmak üzere, tesisten kaynaklanabilecek çeşitli kimyasallar çevrede yaşayan insanlarda kaygılara neden olmuştur. Dioksinler, son derece güçlü kanserojen kimyasallar olup, çevresel ortamlara insan faaliyetleri sonucu salınırlar. Çevresel ortamlardaki dioksinler, çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle başka ortamlara taşınabilmekte ve solunum, besin zinciri vb. maruz kalma yollarıyla insanlara ulaşabilmekte ve sağlık risklerine yol açmaktadır.

Bu çalışmada, İZAYDAŞ tesisi dioksin emisyonlarının doğadaki dağılımları ve taşınımı modellenerek, bu emisyonların yörede yaşayan insanlar üzerinde oluşturacağı sağlık riskleri değerlendirilmiştir. Bunun için öncelikle, bir hava dağılım modeli (ISCST3) yardımıyla dioksinlerin dağılımı ve toprağa birikimi belirlenmiş, daha sonra da çeşitli modeller yardımıyla bitkisel ve hayvansal ürünlere transferi tahmin edilmiştir. Maruz kalma senaryoları ise bölgede yaşayan alıcılar kentli, yarı-kentli, köylü ve HMEI olmak üzere dört ayrı alıcı grubu ve her bir grup için yaşlara göre belirlenen beş ayrı alt-grup için üretilmiştir. Bu senaryolar temelinde tüm alıcı grup ve alt-grupları için günlük dozlar belirlenmiştir. Geçmişten gelen dozlar ise bölgede farklı noktalardan alınan toprak örneklerinde dioksin analizleri yapılarak, modelin bu değerler temelinde yeniden çalıştırılmasıyla bulunmuştur. Son olarak bu dozların yarattığı sağlık riskleri değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmada bölgedeki geçmiş kaynaklı dioksin dozlarının $4-12 \text{ pg. kg}^{-1}$ vücut ağırlığı $\cdot \text{gün}^{-1}$ arasında olduğu tahmin edilmiş, bu dozların WHO ve US EPA yaklaşımlarına göre sınır değerlerden yüksek oldukları belirtilmiştir. İZAYDAŞ kaynaklı dozlar, en kötü durumda bile bu dozların yaklaşık olarak 1/5000'i civarında kalmıştır. Başta bitkiler olmak üzere, yerel olarak tüketilen besinlerin insanlar için en önemli maruz kalma yolu olduğu belirlenmiştir. Son olarak uzun bir süre boyunca yoğun bir çevre kirliliğinin yaşandığı bölgede, geçmiş kaynaklı dozların belirlenmesine yönelik çalışmaların önemi vurgulanarak bu çalışmaların bir an önce yapılması önerilmiştir.

ABSTRACT

MODELLING AND RISK ASSESSMENT OF DIOXIN EMISSIONS FROM IZMIT CLINICAL AND HAZARDOUS WASTE INCINERATOR

Aykan KARADEMIR

Key Words: Waste Incineration, Dioxins, Exposure, Modeling, Risk.

ABSTRACT: Waste incineration as a disposal method came into consideration in Turkey for the first time, when Izmit Clinical and Hazardous Waste Incinerator (IZAYDAS) started to operate in 1997. Environmental effects of the plant, especially dioxin emissions, have become the subject of public discussion since that time. Dioxins are among the most potent “man-made” carcinogens ever studied and they are released to the environment from anthropogenic facilities. Dioxins in the environment could be transferred from one medium to another by various physical, chemical and biological processes and come into contact with humans via several exposure pathways such as inhalation, food chain etc. creating serious health risks.

Fate and transport of dioxin emissions from IZAYDAS were modelled and their potential health risks were assessed in the study. Firstly, dioxin concentrations in ambient air and deposition to the soil were determined by an air dispersion model (ISCST3). Then, their transfer to some plant groups and animal tissues was predicted by several models. Exposure scenarios were produced based on four receptor groups (urban, semi-urban, farmer and HMEI) and five sub-groups determined according to ages. Daily intakes of dioxins via exposure pathways were determined based on these scenarios for each group and sub-group. On the other hand, background doses were predicted based on the dioxin analyses of soil samples taken from the different points in the pilot region.

Background doses were predicted between 4-12 pg. kg⁻¹ body weight. day⁻¹, which are higher than the WHO and US EPA limit values. Incremental doses originating from IZAYDAS emissions were about 1/5000 of the background doses even for the most conservative scenarios including worst-case assessments. Food chain, i.e., the consumption of locally-produced foods was determined to be the most significant exposure pathway for all receptor groups. Finally, the importance and necessity of the studies on the determination of background doses in such a heavily-polluted area was emphasized.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Risk değerlendirme çalışması, farklı disiplinlere açılan, çok yönlü ve geniş kapsamlı bir süreci ifade eder. Bu süreç, kimyasalların doğadaki hareketine, toksikolojik etkilerine, maruz kalma senaryolarına, riskin belirlenmesine, değerlendirilmesine ve yönetimine ilişkin geniş bir veri tabanı ve bilgi birikimini gerektirir. Ülkemizde, risk değerlendirme sürecinin her aşamasında boşluklar mevcuttur ve bunlar, bu çalışmada da tüm şiddetiyle hissedilmiştir. Buna rağmen, konunun önemi ve ciddiyeti, bu çalışmanın yapılmasının başlıca itici gücü olmuştur ve buna benzer başka çalışmalara da bir kapı açması umulmaktadır. Dolayısıyla, her aşamada karşılaşılan güçlükleri yenmek için çok sayıda insanın yardımı, emeği ve desteği gerekmiştir. Bunlar, bir teşekkürle geçiştirilemeyecek kadar değerli çabalardır.

Hiç bitmeyecek gibi duran bilgisayarla programlama çalışmaları başta olmak üzere çalışmanın her aşamasında bilgi ve emeklerini esirgemeyen Öğr. Gör. Fatih TAŞPINAR'a;

University of Newcastle Upon Tyne'daki çalışmalarımda finansal destek sağlayan TÜBİTAK-NATO'ya;

Newcastle'da bulunduğum süre içinde tüm sorunlarımla ilgilenen Sinan UYANIK ve University of Newcastle Upon Tyne Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. G. K. ANDERSON'a;

Tüm çalışma boyunca gösterdiği emek, samimiyet ve anlayış için Prof. Dr. Meral ARCA'ya;

Çalışmada karşılaştığım güçlüklerde, her zaman değerli bilgi, yardım ve destekleri ile zorlukların aşılmasını ve çalışmanın ilerlemesini sağlayan Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Savaş AYBERK'e;

Tüm çalışma boyunca sınırsız bilgi ve desteğiyle çalışmayı yönlendiren, farklı bakış açıları sağlayan ve değeri ölçülemeyecek katkılar yapan danışman hocam, Yrd. Doç. Dr. Mithat BAKOĞLU'na;

Çalışma boyunca bana karşı gösterdikleri sabır ve anlayış için eşim Tarlan'a ve aileme;

Ve çalışmanın yükünü benimle birlikte çekmiş olan ve burada adlarımı saymadığım için kendilerine özür borçlu olduğum pek çok kişiye,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aykan KARADEMİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
TABLolar DİZİNİ	xxi
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. RİSK DEĞERLENDİRMESİ.....	5
2.1. Risk Kavramı ve Tanımlar	5
2.2. Risk Tahmini	9
2.2.1. Etkinliğin Tanımlanması.....	9
2.2.2. Tehlikenin Tanımlanması	9
2.2.3. Sonuçların Tanımlanması	10
2.2.4. Sonuçların Büyüklüğünün Tahmini	10
2.2.5. Sonuçların Olasılığının Tahmini	11
2.3. Riskin Değerlendirilmesi.....	11
2.4. Riskin Algılanması.....	12
2.5. Risk Yönetimi	14
BÖLÜM 3. İNSİNERATÖRLERİN PCDD/F EMİSYONLARININ RİSK DEĞERLENDİRMESİ	16
3.1. Giriş.....	16
3.2. ABD ve Kanada’da Risk Değerlendirmesi	16
3.3. Avrupa’da Risk Değerlendirmesi.....	24
3.4. Günümüzdeki Durum.....	27

BÖLÜM 4.POLİKLORLU DİBENZO DİOKSİN VE FURANLAR	28
4.1. Yapı ve Bileşim.....	28
4.2. Dioksin Benzeri Toksikiteye Sahip Diğer Bileşikler.....	29
4.3. Uluslar Arası Toksik Eşdeğerlikler	30
4.4. Dioksinlerin Çevrede Dağılımları	32
4.5. Dioksinin Kaynakları	33
4.6. Dioksin Benzeri Bileşiklerin Çevreye Salınmalarının Tahmini.....	35
4.7. Dioksinlerin Toksik Etkileri.....	43
4.7.1. Genel Açıklamalar	43
4.7.2. Klorakne.....	43
4.7.3. Kanserojenlik	44
4.7.4. Üreme ve Gelişme Etkileri.....	46
4.7.5. Bağışıklık Toksikitesi	46
4.8. Tolere Edilebilir Doz.....	47
4.9. Kabul Edilebilir Risk.....	48

BÖLÜM 5. İZMİT KLİNİK VE TEHLİKELİ ATIKLARI YAKMA VE ENERJİ ÜRETİM TESİSİ (İZAYDAŞ) PROSES TANITIMI	50
5.1. Yakma Tesisi.....	50
5.2. Ara Depolama	52
5.3. Yakma	52
5.3.1. Döner fırın.....	52
5.3.2. İkinci Yakma Odası.....	53
5.4. Boiler Sistemi.....	53
5.5. Atık Gaz Temizleme Sistemi	53
5.6. Kül ve Cüruf Toplama Sistemi	55

BÖLÜM 6. METODOLOJİNİN TANIMLANMASI.....	56
6.1. Risk Değerlendirme Çalışmasının Çerçevesi.....	56
6.1.1. Etkinliğin Tanımlanması.....	56
6.1.2. Tehlikenin Tanımlanması	58
6.1.3. Sonuçların Tanımlanması	58
6.1.3.1 Maruz Kalma Yolları.....	58
6.1.3.2 Çalışmada Ele Alınan Maruz Kalma Yolları.....	59
6.1.4. Sonuçların Büyüklüğünün Tahmini.....	59
6.1.4.1 Alıcıların Karakterize Edilmesi	59
6.1.4.2 Sağlığa Etkilerinin Değerlendirilmesi	60
6.1.5. Sonuçların Olasılığının Tahmini.....	60
6.1.6. Riskin Değerlendirilmesi	61
6.1.7. Risk Yönetimi	61
6.2. Kullanılan Risk Değerlendirme Metodolojisi	62
6.2.1. Giriş.....	62
6.2.2. Maruz Kalma Modellerine Genel Bakış	63
6.2.3. İZAYDAŞ İçin Bir Maruz Kalma Çerçevesinin Belirlenmesi	65
6.3. Metodolojinin Tanımlanması	71
6.3.1. Hava Dağılım Modelinin Seçimi	71
6.3.2. İZAYDAŞ Kaynaklı PCDD/F'lerin Dağılımında ISCST3 Modeline Özgü Parametreler.....	73
6.3.2.1 Pilot Bölge	73
6.3.2.2 Alıcılar	75
6.3.2.3 Meteorolojik Veriler	78
6.3.2.4 Yöreye Özgü İklim Parametreleri.....	80
6.3.2.4.1 Minimum Monin-Obukhov Uzunluğu – Kararlı Koşullar	80
6.3.2.4.2 Yüzey Pürüzlülük Uzunluğu/Ölçüm Alanı/Uygulama Alanı	81
6.3.2.4.3 Öğle Vakti Albedosu.....	82
6.3.2.4.4 Bowen Oranı	83
6.3.2.4.5 Antropojenik Isı Akısı.....	85
6.3.2.4.6 Yere Absorplanan Net Radyasyon Fraksiyonu	86

6.3.3. ISCST3 Modeli Seçenekleri.....	87
6.3.3.1 Modelleme Türü	87
6.3.3.1.1 Konsantrasyon.....	88
6.3.3.1.2 Kuru Birikim	89
6.3.3.1.3 Islak Birikim.....	95
6.3.3.2 Havadaki PCDD/F Konsantrasyonlarının Gaz/Partikül Fazlarına Ayrışması.....	101
6.3.3.3 Dağılım Katsayısı	107
6.3.3.4 Üstel Bozunma.....	108
6.3.4. Topraktaki PCDD/F Miktarlarının Tahmini	108
6.3.5. Yüzey Suları ve Sedimentlerdeki PCDD/F Konsantrasyonları	114
6.3.6. Bitkilerdeki Konsantrasyonların Tahmini.....	120
6.3.6.1 Kökler Yoluyla Maruz Kalma	122
6.3.6.2 Doğrudan Birikim.....	125
6.3.6.3 Havadan-Yaprağa Transfer.....	128
6.3.7. Hayvan Dokularındaki PCDD/F Konsantrasyonları.....	131
6.3.8. Balıklardaki PCDD/F Konsantrasyonları.....	137
6.3.9. Anne Sütündeki PCDD/F Konsantrasyonları.....	138
6.3.10. Dozların Tahmin Edilmesi	141
6.3.10.1 Dozların Tahmin Edilmesinin Metodolojisi	141
6.3.10.2 PCDD/F Konjenerlerinin Alım Oranları	143

BÖLÜM 7. ALICILARIN TANIMLANMASI VE MARUZ KALMA

PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	148
7.1. Çalışmanın Genel Kapsamı.....	148
7.2. Çalışmanın Tanımı	149
7.2.1. Genel Yaklaşım.....	149
7.2.2. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyonları	150
7.2.3. Maruz Kalma Senaryoları	159
7.3. Tehlikenin Tanımlanması.....	161
7.3.1. Risk Altındaki Nüfusun Tanımlanması.....	161
7.3.2. Potansiyel Maruz Kalma Yolları.....	164
7.3.2.1 Risk Altındaki Nüfusun Yeri	164

7.3.2.2	Maruz Kalma Frekansı, Süresi ve Ortalama Zamanı.....	167
7.3.2.3	Solunum Yoluyla Maruz Kalma.....	170
7.3.2.3.1	Ortam Havaındaki PCDD/F Konsantrasyonlarının Solunması	170
7.3.2.3.2	Solunum Oranı ve Solunumun Biyolojik Olarak Etkinliği	171
7.3.2.4	Toprağın Yutulması.....	172
7.3.2.4.1	Toprak Yutulma Oranı	172
7.3.2.4.2	Topraktan Alınan PCDD/F'lerin Biyolojik Olarak Etkinliği	172
7.3.2.4.3	Maruz Kalma Frekansı	173
7.3.2.5	Gıdaların Tüketimi.....	173
7.3.2.6	Tüketim Verilerinin Değerlendirilmesi	177
7.3.2.7	Vücut Ağırlıkları.....	178
BÖLÜM 8. MODELLEME SONUÇLARI		179
8.1.	Hava Dağılım Modeli Sonuçları	179
8.1.1.	Modelleme Seçenekleri.....	179
8.1.2.	Ortalanma Zamanı Seçenekleri.....	180
8.1.3.	Diğer Seçenekler	181
8.1.4.	Kaynağa İlişkin Seçenekler.....	182
8.1.5.	Alıcılara İlişkin Seçenekler.....	184
8.1.6.	Dağılım Modellemesi Sonuçları	184
8.1.6.1.	Konsantrasyon (Gaz) Seçeneği.....	184
8.1.6.2.	Konsantrasyon + Islak Birikim (Gaz) Seçeneği	193
8.1.6.3.	Konsantrasyon (Partikül) Seçeneği.....	197
8.1.6.4.	Konsantrasyon + Kuru Birikim (Partikül) Seçeneği.....	198
8.1.6.5.	Konsantrasyon + Kuru Birikim + Islak Birikim (Partikül) Seçeneği.....	202
8.2.	Havadaki Konsantrasyonların Tahmini.....	209
8.3.	Kuru Birikim	212
8.4.	Islak Birikim.....	215
8.5.	Topraktaki Konsantrasyonların Tahmini	221

8.5.1. Ekili Olmayan Topraklar.....	221
8.5.2. Ekili Topraklar	222
8.6. Yüzey Suları ve Sedimentlerdeki Konsantrasyonların Tahmini	225
8.7. Bitkilerdeki Konsantrasyonların Tahmini.....	228
8.7.1. Tahıllardaki Konsantrasyonların Tahmini	228
8.7.2. Otlardaki Konsantrasyonların Tahmini.....	231
8.7.3. Meyvelerdeki Konsantrasyonların Tahmini.....	235
8.7.4. Yapraklı Sebzelerdeki Konsantrasyonların Tahmini	238
8.7.5. Baklagillerdeki Konsantrasyonların Tahmini	241
8.7.6. Diğer Sebzelerdeki Konsantrasyonların Tahmini	244
8.7.7. Yer Altı Bitkilerindeki Konsantrasyonların Tahmini	247
8.8. Et ve Et Ürünlerindeki Tahmini Konsantrasyonlar.....	250
8.8.1. Etteki Konsantrasyonların Tahmini	250
8.8.2. Et Ürünlerindeki Konsantrasyonların Tahmini	254
8.8.3. Sakatattaki Konsantrasyonların Tahmini	255
8.8.4. Hayvansal Yağlardaki Konsantrasyonların Tahmini	257
8.9. Süt ve Süt Ürünlerindeki Konsantrasyonların Tahmini	258
8.9.1. Sütteki Konsantrasyonların Tahmini	258
8.9.2. Süt Ürünlerindeki Konsantrasyonların Tahmini	260
8.10. Tavuk ve Tavuk Ürünlerindeki Tahmini Konsantrasyonlar	262
8.10.1. Tavuk Etindeki Konsantrasyonların Tahmini	262
8.10.2. Yumurtadaki Konsantrasyonların Tahmini.....	265
8.11. Balıklardaki Tahmini Konsantrasyonlar	267
8.12. Maruz Kalınan Konsantrasyonların Tahmini.....	269
8.12.1. Kentli Alıcılar İçin Tahmin Edilen Günlük PCDD/F Dozları	269
8.12.1.1 Kentli Yetişkinler.....	269
8.12.1.2 Kentli 11-16 Yaş Arası Alıcılar	278
8.12.1.3 Kentli 6-11 Yaş Arası Alıcılar.....	281
8.12.1.4 Kentli 1-6 Yaş Arası Alıcılar	284
8.12.1.5 Kentli Bebekler.....	287
8.12.1.6 Kentli Alıcılara İlişkin Genel Değerlendirme.....	288
8.12.2. Yarı-Kentli Alıcılar İçin Tahmin Edilen Günlük PCDD/F Dozları	290

8.12.2.1	Yarı-Kentli Yetişkinler	290
8.12.2.2	Yarı-Kentli 11-16 Yaş Arası Alıcılar	293
8.12.2.3	Yarı-Kentli 6-11 Yaş Arası Alıcılar	296
8.12.2.4	Yarı-Kentli 1-6 Yaş Arası Alıcılar	299
8.12.2.5	Yarı-Kentli Bebekler	302
8.12.2.6	Yarı-Kentli Alıcılara İlişkin Genel Değerlendirme	305
8.12.3.	Köylü Alıcılar İçin Tahmin Edilen Günlük PCDD/F Dozları	306
8.12.3.1	Köylü Yetişkinler.....	306
8.12.3.2	Köylü 11-16 Yaş Arası Alıcılar.....	309
8.12.3.3	Köylü 6-11 Yaş Arası Alıcılar.....	312
8.12.3.4	Köylü 1-6 Yaş Arası Alıcılar.....	315
8.12.3.5	Köylü Bebekler.....	318
8.12.3.6	Köylü Alıcılara İlişkin Genel Değerlendirme.....	321
8.12.4.	HMEI İçin Tahmin Edilen Günlük PCDD/F Dozları	322
8.12.4.1	Yetişkin HMEI.....	322
8.12.4.2	11-16 Yaş Arası HMEI.....	325
8.12.4.3	6-11 Yaş Arası HMEI.....	328
8.12.4.4	1-6 Yaş Arası HMEI.....	331
8.12.4.5	Bebek HMEI.....	334
8.12.4.6	HMEI'ya İlişkin Genel Değerlendirme	337
BÖLÜM 9. GEÇMİŞ KAYNAKLI PCDD/F DOZLARI.....		339
9.1.	Genel Durum.....	339
9.2.	Türkiye'deki Durum.....	340
9.3.	Topraklardaki PCDD/F Konsantrasyonları.....	341
9.3.1.	Numune Alma Yerleri.....	341
9.3.2.	PCDD/F Analizleri.....	342
9.3.3.	PCDD/F Analiz Sonuçları ve Değerlendirme.....	343
9.4.	Geçmiş Kaynaklı Dozların Belirlenmesi.....	350
9.4.1.	Havadaki Referans PCDD/F Konsantrasyonlarının Tahmini	350
9.4.2.	Gıda Ürünlerindeki Referans PCDD/F Konsantrasyonlarının Tahmini	353
9.4.3.	Alıcı Gruplarına Göre Tahmini Referans PCDD/F Dozları.....	357

BÖLÜM 10. MARUZ KALINAN DOZLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	359
10.1. Referans Dozların Değerlendirilmesi.....	359
10.2. İZAYDAŞ Kaynaklı PCDD/F Katkı Dozlarının Değerlendirilmesi....	362
10.3. Duyarlılık Analizi.....	367
10.4. Parametrelerin Belirsizliği.....	369
10.5. Modeldeki Belirsizlikler.....	370
10.6. Doğal Süreçlerin Değişkenliği	371
10.7. Riskin Algılanması.....	376
10.8. Risk Yönetimi	377
10.8.1. İZAYDAŞ İnsineratörü'nün Değerlendirilmesi.....	377
10.8.2. PCDD/F Emisyon Sınır Değerlerine Uyulması	380
10.8.3. Tesis Performansının Optimizasyonu.	384
10.8.4. Yönetim Sistemleri	385
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	387
KAYNAKLAR	393
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

- A : Hayvan dokularındaki konjener konsantrasyonu (mg konjener. kg⁻¹ hayvan dokusu);
- ABS : Vücuda absorplanan PCDD/F fraksiyonu, (birimsiz)
- Af : Hayvan dokusundaki yağ fraksiyonu (birimsiz).
- AKM : Havadaki askıda katı madde ($\mu\text{g.Nm}^{-3}$)
- AT : Dozun ortalandığı zaman süresi (maruz kalma süresine eşdeğer, y)
- Ba : Hayvanlar için biyokonsantrasyon faktörü (birimsiz)
- BCF : Biyokonsantrasyon faktörü (birimsiz)
- BD : Toprağın hacimsel yoğunluğu (kg.m^{-3})
- BSAF : Biota-sediment birikim faktörü (birimsiz)
- Br : Bitki/toprak biyokonsantrasyon faktörü, [(mg konjener.kg⁻¹ bitki dokusu (kuru ağırlık))/(mg konjener.kg⁻¹ toprak)].
- Bv : Bitkiler için havadan-yaprağa biyotransfer faktörü [(mg konjener.kg⁻¹ bitki dokusu)/(mg konjener.kg⁻¹ hava)].
- B_{vol} : Hacimsel havadan-yaprağa biyotransfer faktörü (birimsiz)
- BW : Vücut ağırlığı (kg)
- c : Junge sabiti (atm.cm)
- CDI : Kronik günlük doz ($\text{mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$)
- C_f : Balıktaki konsantrasyon (mg konjener.kg⁻¹)
- C_m : Süt ve süt ürünlerindeki toplam konsantrasyon (ng.kg^{-1})
- C_{mm} : Anne sütündeki konjener konsantrasyonu (mg konjener.kg⁻¹ süt)
- C_p : Bileşiğin havadaki partikül fazındaki konsantrasyonu (fg.m^{-3})
- C_v : Bileşiğin havadaki gaz fazındaki konsantrasyonu, (fg.m^{-3})
- CS : Kirleticinin topraktaki kütleli fraksiyonu (mg.kg^{-1})
- C_{sed} : Konjenerin sedimentlerdeki konsantrasyonu (mg.kg^{-1})
- C_{ssed} : Konjenerin askıdaki sedimentlerdeki konsantrasyonu, (mg.kg^{-1})
- CS_{ws} : Havza toprağındaki konjener konsantrasyonu. (mg.kg^{-1})
- Cy : Modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu (fg.m^{-3}).
- C_{wat} : Konjenerin sudaki konsantrasyonu (mg.l^{-1})
- D : Toplam birikim ($\text{mg.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$)
- D_a : Konjenerin havadaki difüzyon katsayısı ($\text{cm}^2.\text{s}^{-1}$)
- d_c : Etkilene bölgenin çapı (m).
- DF_g : Yaprağın kuru ağırlık fraksiyonu (birimsiz)
- DI : Yaprağın yaş ağırlık bazındaki yoğunluğu (g.l^{-1})
- DL : Su kütleline ortalama uzaklık (m)
- Dyd : Kuru birikim oranı ($\text{fg. m}^{-2}.\text{y}^{-1}$)
- Dyw : Partiküllerin yıllık ıslak birikim oranı ($\text{fg.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$)
- Dwg : Gazların yıllık ıslak birikim oranı ($\text{fg.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$)
- E : Zenginleşme oranı, (birimsiz)
- ER_w : Toplam havza erozyonu (kg.y^{-1})
- ED : Maruz kalma süresi (y)
- EF : Maruz kalma frekansı (sıklığı) (d.y^{-1})
- ER : Konjenerin emisyon oranı (pg.s^{-1})

ET	: Maruz kalma süresi (h.d^{-1})
F	: Maruz kalma bölgesinde yerel olarak yetişen ve hayvanlar tarafından tüketilen bitkilerin fraksiyonu (birimsiz)
Fr	: Emisyon oranında konjenerin fraksiyonu (birimsiz)
Fw	: Islak birikimle gelen konjenerlerin bitki yüzeyine yapışan fraksiyonu (birimsiz)
f_{df}	: Alınan dioksinlerin vücuttaki yağda depolanan fraksiyonu (birimsiz)
f_{mf}	: Annenin vücut ağırlığındaki yağ fraksiyonu (birimsiz)
f_{mm}	: Anne sütündeki yağ fraksiyonu (birimsiz)
H	: Henry Kanunu katsayısı ($\text{atm.m}^3.\text{mol}^{-1}$)
ING	: Toprak, su ya da gıda ürünleri ile alınan doz ($\text{ng.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$)
INH	: Solunum yoluyla alınan doz ($\text{ng.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$)
IR	: Solunum veya sindirim oranı ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$, mg.d^{-1} vs)
kdeg	: Bozunma kaybı katsayısı, (y^{-1})
kp	: Kirleticinin bitki yüzeyinden giderilme sabiti (y^{-1})
ks	: Topraktaki toplam kayıp sabiti (y^{-1})
kslr	: Sızıntı ve yüzey yıkanması kaybı katsayısı (y^{-1})
ksv	: Uçuculaşma (<i>volatilizasyon</i>) kaybı katsayısı (y^{-1})
Ke	: Denge katsayısı ($\text{s.cm}^{-1}.\text{y}^{-1}$)
Kd_s	: Toprak/su bölüm katsayısı (ml.g^{-1})
Kd_{ssed}	: Askıdaki sediment-su bölüm katsayısı (l.kg^{-1})
K_{sr}	: Yağışın yüzey suyuna dönüşme oranı (birimsiz)
K_t	: Gaz fazı kütle transfer katsayısı (m.y^{-1})
K_p	: Gaz-partikül bölümlenme katsayısı ($\text{m}^3.\mu\text{g}^{-1}$)
K_{oa}	: Oktanol-hava bölümlenme katsayısı (birimsiz)
K_{oc}	: Organik karbon bölüm katsayısı, (ml.g^{-1})
K_{ow}	: Oktanol-su bölümlenme katsayısı (birimsiz)
L_{dep}	: Su kütlesine doğrudan birikim (mg.y^{-1})
L_{dif}	: Toprağa atmosferik difüzyon akısı ($\text{pg.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$)
m	: Annenin maruz kaldığı ortalama dioksin miktarı, ($\text{mg konjener.kg}^{-1}$ vücut ağırlığı. d^{-1})
M	: Belirli bir maruz kalma yolundan alınan günlük dioksin dozu (mg.d^{-1})
OC_{sed}	: Sedimentteki organik karbon fraksiyonu (birimsiz)
OC_{ssed}	: Askıdaki sedimentlerdeki organik karbon fraksiyonu (birimsiz)
p	: Yıllık ortalama yağış (m.y^{-1})
P	: Bitkilerdeki toplam konjener konsantrasyonu (mg.kg^{-1} kuru ağırlık)
Pd	: Bitkilerde doğrudan birikimde kaynaklanan konjener konsantrasyonu
Pr	: Bitkilerde kökten alımdan kaynaklanan konjener konsantrasyonu
Pv	: Bitkilerde havadan-yaprağa transfer kaynaklı konjener konsantrasyonu
Q_e	: Kirleticinin emisyon oranı (pg.s^{-1})
Q_p	: Hayvan tarafından tüketilen bitki grubu fraksiyonu (birimsiz)
Q_s	: Hayvan tarafından yenen toprak fraksiyonu, (birimsiz)
P_L	: Bileşiklerin yarı-soğuk buhar basıncı (atm)
P_s	: Bileşiğin buhar basıncı (atm)
r	: Partikülün çapı (cm)
R	: İdeal gaz sabiti ($\text{l.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
RCF	: Yer altı bitkilerinde organik kimyasallar için kök konsantrasyon faktörü (l toprak suyu. kg^{-1} bitki dokusu)
Rp	: Kesişme fraksiyonu (birimsiz)

S_{ca}	: Gaz fazı için Schmidt sayısı (birimsiz)
SD	: Sediment alma oranı (birimsiz)
SF	: Kanserojenlik eğim faktörü ($kg.d.mg^{-1}$)
S_T	: Atmosferik partiküllerin yüzey alanı ($cm^2.cm^{-3}$)
T	: Ortalama yıllık sıcaklık (K^0)
T_{ss}	: Sudaki toplam askıdaki katılar ($mg.l^{-1}$)
T_p	: Bitkinin yenilebilir kısmının hasadına kadar bitkinin birikime maruz kaldığı süre (y)
T_{50}	: Konjenerlerin yarı ömrü (y)
t_{50}	: Kirleticinin anne vücudundaki yarılanma ömrü, (d)
t	: Toplam birikim süresi (y)
T_m	: Bileşiğin erime sıcaklığı (0K)
u	: Ortalama rüzgar hızı, ($m.s^{-1}$)
V_d	: Partikül hızı, ($cm.s^{-1}$)
V_{fx}	: Su kütesine gelen yıllık debi ($l.y^{-1}$)
$V_{G_{bg}}$: Bitkiler için deneysel düzeltme faktörü, (birimsiz)
WA_t	: Havza alanı (m^2)
W_c	: Partiküller için yıkanma katsayısı (birimsiz)
W_g	: Gazlar için yıkanma katsayısı (birimsiz)
X_c	: Birim toprak kaybı ($kg.m^{-2}.y^{-1}$)
Y_p	: Bitkinin yenilebilir ürününün hasat oranı, (kg kuru ağırlık. m^{-2})
Z	: Toprak karışım derinliği (m)
f_p	: Bir bileşiğin partiküllere bağlı fraksiyonu, (birimsiz)
f_s	: Erozyonla gelen sedimentin askıdaki fraksiyonu (birimsiz)
f_v	: Buhar fazı fraksiyonu (birimsiz)
f_{om}	: Partiküllerin organik fraksiyonu (birimsiz)
ρ_a	: Havanın yoğunluğu, ($g.cm^{-3}$)
ρ_s	: Toprağın yoğunluğu ($kg.m^{-3}$)
ρ_p	: Partikül yoğunluğu, ($g.cm^{-3}$)
μ_a	: Havanın viskozitesi ($g.cm^{-1}.s^{-1}$)
v	: Havanın kinematik viskozitesi, ($cm^2.s^{-1}$)
χ/Q_n	: Nominal (birim) emisyon oranı başına modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu [$(fg/m^3)/(ng/s)$]

EU	: European Union.
ISCST	: Industrial Source Complex Short Term.
İZAYDAŞ	: İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıkları Yakma ve Enerji Üretim Tesisi.
US EPA	: Environmental Protection Agency.
TAKY	: Tehlikeli Atıklar Kontrol Yönetmeliği
WHO	: World Health Organization.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Risk değerlendirmesi ve yönetimi genel şeması (DoE 1995).....	8
Şekil 3.1. Çeşitli maruz kalma yollarının toplam kanserojenlik riskine katkısı (Levin et. al.; 1991)	20
Şekil 4.1. PCDD ve PCDF'lerin Temel Yapısı.....	28
Şekil 5.1. İzaydaş Yakma Tesisi Proses Akım Şeması.	51
Şekil 6.1. PCDD/F emisyonlarının insanlara ulaşma yolları.	57
Şekil 6.2. Çalışmada ele alınan maruz kalma yolları	67
Şekil 6.3. Çalışmada ele alınan pilot bölge.	74
Şekil 6.4. Pilot Bölgede Arazi Kullanımları	76
Şekil 6.5. Pilot Bölge İçinde Nüfus Yoğunluğuna Göre Tanımlanmış Alıcı (Reseptör) Gridleri.....	77
Şekil 6.6. WRLPLOT ile Hazırlanan, 2000 Yılı Verileri için Rügar Gültü.....	79
Şekil 6.7. Yarı-uçucu kimyasalların bitkilere bulaşma yolları.....	120
Şekil 6.8. İnekler için kirletici transferinin şematik gösterimi	132
Şekil 7.1. Modellemeye temel oluşturan minimum, ortalama, maksimum ve limit emisyon oranları.	158
Şekil 8.1. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için 1-saatlik dağılım grafiği.	186
Şekil 8.2. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama dağılım grafiği.	187
Şekil 8.3. Ortalanma süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (C _{ymax}) grafiği.	188
Şekil 8.4. Ortalanma sürelerine göre maksimum konsantrasyon noktalarının uzaklıkları	189

Şekil 8.5. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için 1-saatlik dağılım değerlerinin % 98'lik santil grafiği.....	191
Şekil 8.6. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için bir alıcıya (alıcı no. 2075) ait 1-saatlik değerlerin büyüklük sıralaması.....	192
Şekil 8.7. Konsantrasyon + ıslak birikim (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama ıslak birikim grafiği.....	194
Şekil 8.8. Konsantrasyon + kuru birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama konsantrasyon dağılım grafiği.....	199
Şekil 8.9. Konsantrasyon + kuru birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama kuru birikim grafiği.....	200
Şekil 8.10. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama konsantrasyon dağılım grafiği.....	203
Şekil 8.11. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama kuru birikim grafiği.....	204
Şekil 8.12. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama ıslak birikim grafiği.....	205
Şekil 8.13. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama toplam (kuru+ıslak) birikim grafiği.....	206
Şekil 8.14. Limit emisyon oranı için konjenerlerin havadaki tahmini konsantrasyon ve fazları.....	211
Şekil 8.15. Limit emisyon oranı için konjenerlerin kuru birikimi.....	214
Şekil 8.16. Limit emisyon oranı için konjenerlerin ıslak birikimi.....	217
Şekil 8.17a. Limit emisyon oranı için konjenerlerin toprağa toplam birikimleri ve birikim türleri.....	219
Şekil 8.17b. Limit emisyon oranı için ekili olmayan (Z=1 cm) ve ekili (Z=15 cm) topraklarda hesaplanan PCDD/F konjener konsantrasyonları.....	224
Şekil 8.18. Limit emisyon oranında Körfez'de su (C _{wat}), sedimentler (C _{sed}) ve askıdaki sedimentlerde (C _{ssed}) İZAYDAŞ etkisiyle beklenen PCDD/F konjener konsantrasyonları.....	227
Şekil 8.19. Limit emisyon oranı için tahıllardaki tahmini PCDD/F konsantrasyonları ve alım yolları.....	230

Şekil 8.20. Limit emisyon oranı için otlardaki tahmini PCDD/F konsantrasyonları dağılımı ve alım yolları.	234
Şekil 8.21. Yer altı bitkilerinde tahmin edilen PCDD/F konsantrasyonları dağılımı.	248
Şekil 8.22. Limit emisyon oranında sığır ve koyun etlerinde tahmin edilen PCDD/F konsantrasyonları dağılımı.	253
Şekil 8.23. Limit emisyon oranında sakatatta tahmin edilen PCDD/F konsantrasyonları dağılımı.	256
Şekil 8.24. Limit emisyon oranı için sütte beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.....	259
Şekil 8.25. Limit emisyon oranı için tavuk etinde beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.....	264
Şekil 8.26. Limit emisyon oranı için yumurtada beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.....	266
Şekil 8.27. Limit emisyon oranı için balıklarda beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.....	268
Şekil 8.28. Limit emisyon oranında kentli yetişkinler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).	276
Şekil 8.29. Limit emisyon oranında kentli 11-16 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	279
Şekil 8.30. Limit emisyon oranında kentli 6-11 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	282
Şekil 8.31. Limit emisyon oranında kentli 1-6 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	285
Şekil 8.32. Limit emisyon oranında kentli bebekler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).	288
Şekil 8.33. Kentli alıcı grupları için yaşa göre günlük doz grafiği.	288
Şekil 8.34. Limit emisyon oranında yarı-kentli yetişkinler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).	291
Şekil 8.35. Limit emisyon oranında yarı-kentli 11-16 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	294
Şekil 8.36. Limit emisyon oranında yarı-kentli 6-11 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	297

Şekil 8.37. Limit emisyon oranında yarı-kentli 1-6 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	300
Şekil 8.38. Limit emisyon oranında yarı-kentli bebekler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	303
Şekil 8.39. Yarı-kentli alıcı grupları için yaşa göre günlük doz grafiği.....	305
Şekil 8.40. Limit emisyon oranında köylü yetişkinler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	307
Şekil 8.41. Limit emisyon oranında köylü 11-16 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	310
Şekil 8.42. Limit emisyon oranında köylü 6-11 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	313
Şekil 8.43. Limit emisyon oranında köylü 1-6 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	316
Şekil 8.44. Limit emisyon oranında köylü bebekler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	319
Şekil 8.45. Köylü alıcı grupları için yaşa göre günlük doz grafiği.	321
Şekil 8.46. Limit emisyon oranında yetişkin HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).	323
Şekil 8.47. Limit emisyon oranında 11-16 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	326
Şekil 8.48. Limit emisyon oranında 6-11 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	329
Şekil 8.49. Limit emisyon oranında 1-6 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).....	332
Şekil 8.50. Limit emisyon oranında bebek HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).	335
Şekil 8.51. HMEI alıcı grubu için yaşa göre günlük doz grafiği.	337
Şekil 9.1. Alikahya (No:2) ve Doğanlı (No:4) yörelerinden alınan toprak örneklerindeki PCDD/F konjener dağılımları.	346
Şekil 9.2. Otlarda tahmin edilen mevcut konsantrasyonlar ve konjener dağılımı.	355

Şekil 9.3. Et ve sütte tahmin edilen mevcut PCDD/F konsantrasyonları ve konjener dağılımı.....	356
Şekil 10.1. Alıcı gruplarının maruz kaldıkları referans dozlar.....	359
Şekil 10.2. Alıcı gruplarının kümülatif olarak maruz kaldıkları referans dozlar.	360
Şekil 10.3. Limit emisyonunda alıcı gruplarının maruz kalacakları tahmini dozlar.	363
Şekil 10.4. Limit emisyonunda alıcıların hayat boyu maruz kalacakları katkı dozlar.	363
Şekil 10.5. Yetişkin köylü alıcıların PCDD/F emisyon oranlarına göre maruz kalacakları dozlar (TEQ bazında).....	364



TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Yedi Evsel Atık İnsineratörü Risk Değerlendirmesinde Maruz Kalma Yollarının Özeti (Levin et. al.;1991)	21
Tablo 3.2. Bitkilerde 2,3,7,8-TCDD Kirliliğinde Birikim, Yapraktan Alım ve Kökten Alım Yollarının Yüzde Değerleri (Hattermer-Frey and Travis, 1991)	23
Tablo 3.3. Tipik Bir Evsel Atık İnsineratörünün Yakınında Yaşayan Bireylerin Günlük Ortalama 2,3,7,8-TCDD Alımlarına İlişkin Tahminler (Hattermer-Frey and Travis, 1991)	24
Tablo 4.1. PCDD ve PCDF Homolog ve Konjenerleri	29
Tablo 4.2. Dioksin Benzeri PCB'ler. (US EPA, 1992)	30
Tablo 4.3. Uluslararası Toksik Eşdeğerlik Faktörleri (I-TEFler).	31
Tablo 4.4. Çeşitli Ülkeler İçin Atmosfere Atılan PCDD/F Tahmini Değerleri (US EPA, 1994)	39
Tablo 4.5. ABD'deki Dioksin Kaynaklarının Çok Ortamlı Olarak Tahmini (US EPA, 1994)	40
Tablo 6.1. Rüzgar Hızı Frekans Sayısı	78
Tablo 6.2. Rüzgar Hızı Frekans Dağılımı	79
Tablo 6.3. Arazi Kullanım Türlerine Göre Minimum Monin-Obukhov Uzunlukları	80
Tablo 6.4. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Yüzey Pürüzlülük Uzunlukları	81
Tablo 6.5. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Albedo Değerleri (m).	83
Tablo 6.6a. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Günlük Bowen Oranları-Kuru Koşullar	84
Tablo 6.6b. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Günlük Bowen Oranları-Ortalama Koşullar	84
Tablo 6.6c. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Günlük Bowen Oranları-İslak Koşullar	84

Tablo 6.7. Bazı Şehirler İçin Ortalama Antropojenik Isı Akısı (Qf) ve Net Radyasyon (Q*) Değerleri.....	86
Tablo 6.8. Çalışmada Kullanılan Yöre-Özgü İklim Parametreleri.....	87
Tablo 6.9. Evsel Atık Yakma Tesisleri İçin Tipik Partikül Büyüklüğü Kategorileri (US EPA, 1994).....	90
Tablo 6.10. Partikül Büyüklüğüne Bağlı Olarak Sürüklenme Katsayıları.....	97
Tablo 6.11. PCDD/F Konjenerlerine Ait Erime Sıcaklıkları, Katı ve Yarı-Soğuk Buhar Basınçları.	105
Tablo 6.12. Farklı Modelleme Yaklaşımlarına Göre Havadaki PCDD/F'lerin Partiküle Bağlı Fraksiyonları.....	107
Tablo 6.13. Ürün, Kesişme Fraksiyonu ve Maruz Kalma Süreleri (MAFF, 1995)	127
Tablo 6.14. Çeşitli Hayvanlar İçin Tüketim Verileri	135
Tablo 6.15. Biyokonsantrasyon Faktörleri.....	136
Tablo 6.16. Biyokonsantrasyon Faktörleri (Baj) İçin Yağ Fraksiyonları	137
Tablo 7.1. İZAYDAŞ İnsineratörü'nün Baca Gazı Özellikleri (Bakoğlu et al., 2002)	151
Tablo 7.2. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyonları (Bakoğlu et al., 2002)	152
Tablo 7.3. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyon Faktörleri (Bakoğlu et al., 2002)	153
Tablo 7.4. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyon Oranları (Bakoğlu et al., 2002)	154
Tablo 7.5. Modelde Kullanılan PCDD/F Emisyon Oranları.....	157
Tablo 7.6. Çeşitli Alıcı Grupları İçin Maruz kalma Yolları ve Davranış Örneklerinin Özeti	166
Tablo 7.7. Kimyasallara Maruz Kalma Süreleri Bakımından Belirsizlik Dağılımı Fonksiyonları.....	169
Tablo 7.8. Pilot bölgedeki günlük diyet ve yerel besin fraksiyonları	174
Tablo 7.9. Alıcı Grupları İçin Tüketim Miktarları.....	176
Tablo 8.1. Konsantrasyon (Gaz) Seçeneğinde Nominal Emisyon Oranı (Qn=1 ng-TEQ.s-1) İçin Modelleme Değerleri.....	185

Tablo 8.2. Konsantrasyon + ıslak birikim(gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için modelleme değerleri.	196
Tablo 8.3. Konsantrasyon (Partikül) Seçeneğinde Nominal Emisyon Oranı (Qn=1 ng-TEQ.s-1) İçin Modelleme Değerleri.....	197
Tablo 8.4. Konsantrasyon +kuru birikim(partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için modelleme değerleri.	201
Tablo 8.5. Konsantrasyon +kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için modelleme değerleri.....	207
Tablo 8.6. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahmin Edilen Havadaki Maksimum Konjener Konsantrasyonları.....	210
Tablo 8.7. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahmin Edilen Partikül (Dyd) ve Gaz (Ldif) Kuru Birikim Miktarları.....	213
Tablo 8.8. Partikül ve Gaz Fazındaki PCDD/F Konjenerleri İçin Yıkanma Oranları.....	215
Tablo 8.9. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahmin Edilen Partikül (Dyw) ve Gaz (Dwg) Islak Birikim Miktarları.....	216
Tablo 8.10.Farklı Emisyon Oranlarında PCDD/F Konjenerleri İçin Toplam Birikim Oranları.....	218
Tablo 8.11.Ekili Olmayan Topraklar İçin (Z=1 cm) Farklı Emisyon Oranlarında Topraktaki Tahmini PCDD/F Konsantrasyonları.....	221
Tablo 8.12.Ekili Topraklar İçin (Z=15 cm) Farklı Emisyon Oranlarında Topraktaki Tahmini PCDD/F Konsantrasyonları.....	222
Tablo 8.13.Değişik Emisyon Oranları İçin Suda (Cwat), Sedimentlerde (Csed) ve Askıdaki Sedimentlerde (Csed) Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları.....	226
Tablo 8.14.Değişik Emisyon Oranları İçin Tahıllardaki Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.....	229
Tablo 8.15.Değişik Emisyon Oranları İçin Otlardaki Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.....	232
Tablo 8.16.Değişik Emisyon Oranları İçin Meyvelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.....	236
Tablo 8.17.Değişik Emisyon Oranları İçin Yapraklı Sebzelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.....	239

Tablo 8.18. Değişik Emisyon Oranları İçin Baklagillerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.....	242
Tablo 8.19. Değişik Emisyon Oranları İçin Diğer Sebzelere Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.....	245
Tablo 8.20. Farklı Emisyon Oranlarında Yer Altı Bitkilerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	247
Tablo 8.21. Farklı Emisyon Oranlarında Sığır ve Koyun Etlerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	252
Tablo 8.22. Farklı Emisyon Oranlarında Et Ürünlerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	254
Tablo 8.23. Farklı Emisyon Oranlarında Sakatatta Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	255
Tablo 8.24. Farklı Emisyon Oranlarında Hayvansal Yağlarda Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	257
Tablo 8.25. Farklı Emisyon Oranlarında Sütte Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	258
Tablo 8.26. Farklı Emisyon Oranlarında Süt Ürünlerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	261
Tablo 8.27. Farklı Emisyon Oranlarında Tavukta Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	262
Tablo 8.28. Farklı Emisyon Oranlarında Yumurtada Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	265
Tablo 8.29. Farklı Emisyon Oranlarında Balıklarda Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları	267
Tablo 8.30. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Solunum Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları	270
Tablo 8.31. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Toprak Yutma Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları.....	271
Tablo 8.32. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Bitki Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları.....	272
Tablo 8.33. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Et ve Et Ürünleri Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları....	273

Tablo 8.34. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Süt ve Süt Ürünleri Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları ..	274
Tablo 8.35. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Tavuk ve Yumurta Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları.....	275
Tablo 8.36. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)	276
Tablo 8.37. Limit Emisyon Oranında Kentli Yetişkinler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.	277
Tablo 8.38. Kentli 11-16 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	278
Tablo 8.39. Limit Emisyon Oranında Kentli 11-16 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	280
Tablo 8.40. Kentli 6-11 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	281
Tablo 8.41. Limit Emisyon Oranında Kentli 6-11 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	283
Tablo 8.42. Kentli 1-6 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	284
Tablo 8.43. Limit Emisyon Oranında Kentli 1-6 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	286
Tablo 8.44. Kentli 0-1 Yaş Arasındaki Bebeklerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	287
Tablo 8.45. Limit Emisyon Oranında Kentli Bebekler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.	289
Tablo 8.46. Yarı-Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	290
Tablo 8.47. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli Yetişkinler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	292
Tablo 8.48. Yarı-Kentli 11-16 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	293
Tablo 8.49. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli 11-16 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.	295

Tablo 8.50. Yarı-Kentli 6-11 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	296
Tablo 8.51. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli 6-11 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.	298
Tablo 8.52. Yarı-Kentli 1-6 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	299
Tablo 8.53. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli 1-6 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	301
Tablo 8.54. Yarı-Kentli 0-1 Yaş Arasındaki Bebeklerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	302
Tablo 8.55. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli Bebekler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.	304
Tablo 8.56. Köylü Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)	306
Tablo 8.57. Limit emisyon oranında köylü yetişkinler için maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları.	308
Tablo 8.58. Köylü 11-16 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	309
Tablo 8.59. Limit Emisyon Oranında Köylü 11-16 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	311
Tablo 8.60. Köylü 6-11 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	312
Tablo 8.61. Limit Emisyon Oranında Köylü 6-11 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	314
Tablo 8.62. Köylü 1-6 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	315
Tablo 8.63. Limit Emisyon Oranında Köylü 1-6 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.....	317
Tablo 8.64. Köylü 0-1 Yaş Arasındaki Bebeklerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında).....	318
Tablo 8.65. Limit emisyon oranında köylü bebekler için maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları.	320

Tablo 8.66. Yetişkin HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)	322
Tablo 8.67. Limit Emisyon Oranında HMEI Yetişkinler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları	324
Tablo 8.68. 11-16 Yaş Arası HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)	325
Tablo 8.61. Limit emisyon oranında 11-16 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları	327
Tablo 8.70. 6-11 Yaş Arasındaki HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)	328
Tablo 8.71. Limit Emisyon Oranında 6-11 Yaş Arası HMEI İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları	330
Tablo 8.72. 1-6 Yaş Arasındaki HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)	331
Tablo 8.73. Limit Emisyon Oranında 1-6 Yaş Arası HMEI İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları	333
Tablo 8.74. 0-1 Yaş Arasındaki HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)	334
Tablo 8.75. Limit Emisyon Oranında Bebek HMEI İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları	336
Tablo 9.1. Toprak Numunelerindeki PCDD/F Konsantrasyonları (ng.kg-1 yaş toprak)	343
Tablo 9.2. Havadaki Referans PCDD/F Konsantrasyonları ve Birikimleri	352
Tablo 9.3. Gıda Ürünlerindeki Tahmini Referans Konsantrasyonlar	354
Tablo 9.4. Alıcı Gruplar İçin Tahmin Edilen Referans PCDD/F Dozları	358
Tablo 10.1. Limit Emisyonadaki İZAYDAŞ Kaynaklı Katkı Dozları ve Referans Doza Göre Yüzdeleri	362
Tablo 10.2. PCDD/F Dozlarının Alıcılar Üzerinde Oluşturacağı Yaşam Boyu Kanser Riskleri.	366
Tablo 10.3. % 10'luk Artışa Göre Modelin Giriş Parametrelerine Duyarlılığı.	368

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Risk değerlendirmesi kavramı, “insanların çevresel tehlikelere maruz kalmasından doğan potansiyel sağlık etkilerinin karakterizasyonu” olarak tanımlanmaktadır. Tanımı itibarıyla çevre ile halk sağlığı disiplinlerini bir araya getiren bu kavram, insanların, çevre kirliliği nedeniyle maruz kaldıkları risklerin belirlenmesini, karakterize edilmesini, değerlendirilmesini ve sonuçta, bu risklere ilişkin kararlar alınmasını içerir. Süreç, değerlendirme konusu etkinliğin tanımlanması, bu etkinlikten kaynaklanan çevre kirliliğinin neden olacağı tehlikelerin tanımlanması, bu tehlikelerin getireceği sonuçların tanımlanması, sonuçların büyüklük ve olasılıklarının tanımlanarak oluşan riskin değerlendirilmesi ve risk hakkında kararlar vermeyi ifade eden risk yönetimi aşamalarından oluşur.

Bu çalışmada İzmit Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi (İZAYDAŞ) dioksin emisyonlarına ilişkin risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında önce dioksin benzeri bileşikler hakkında bilgiler verilerek yapıları, özellikleri, oluşma şekilleri, kaynakları ve oluşturdukları sağlık etkileri kısaca açıklanmıştır. Daha sonra çalışmaya konu olan İZAYDAŞ İnsineratörü tanıtılarak proses akışı ve üniteleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Tesisin dioksin emisyonlarının oluşturacağı risklerin tahmini için yapılan baca gazı dioksin analizler temelinde minimum, ortalama, maksimum ve bu tür tesisler için belirlenen dioksin sınır değeri bazında limit emisyon oranları belirlenmiştir. Bu emisyonların çevrede yaşayan insanlara etkilerini belirlemek için maruz kalma yolları tanımlanmış ve bu yollara ilişkin modelleme çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle US EPA onaylı bir hava dağılım modeli (ISCST3) yardımıyla bu emisyonların atmosferdeki dağılımı ve toprağa birikimleri tahmin edilerek toprakta neden olacakları konsantrasyonlar belirlenmiştir. Havada ve toprakta tahmin edilen dioksin konsantrasyonlarından hareketle, çeşitli bitki grupları ile bu bitkileri tüketen hayvanlarda ve hayvansal ürünlerde meydana gelecek konsantrasyonları tahmin etmek için modelleme çalışmaları yapılmıştır.

Tesis çevresinde yaşayan alıcılar, yaşayış ve tüketim alışkanlıkları bakımından kentli, yarı-kentli ve köylü grupları olmak üzere üç gruba; bu gruplar da fizyoloji, davranış ve tüketim özelliklerine göre bebekler, 1-6, 6-11 ve 11-16 yaş arası çocuklar ve yetişkinler olarak beş alt-gruba ayrılmışlardır. Bunlara ek olarak tüm maruz kalma yollarından maksimum derecede etkilenecek varsayıma dayalı bir alıcı grubu daha değerlendirilmiştir. Alıcı grup ve alt-gruplarına ilişkin davranış ve tüketim özellikleri bölgede yapılan anket çalışmaları ile belirlenmiştir. Bu anket çalışmalarında ayrıca tüketilen besin gruplarının yerel olarak elde edilen ve dolayısıyla bölgedeki dioksinlerden etkileneceği varsayılan fraksiyonları da belirlenmiştir. Bu bilgiler yardımıyla alıcı gruplarının bitkisel ve hayvansal ürünlerin tüketimi, solunum vb. yollarla maruz kalacakları dioksin dozları belirlenmiştir.

Risk değerlendirme sürecinin sonunda ise belirlenen dozların meydana getireceği sağlık riskleri değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. İZAYDAŞ kaynaklı dioksin emisyonları nedeniyle oluşan bu risk, insanların tesisten bağımsız olarak maruz kaldıkları geçmiş kaynaklı riskler üzerinde bir katkı değeri oluşturmaktadır. Geçmiş kaynaklı riskleri belirlemek içinse, İzmit'te dört ayrı noktadan toprak numuneleri alınmış ve dioksin analizler yapılmıştır. Elde edilen değerler, risk değerlendirme sürecinde kullanılan yaklaşımlar ile aynı şekilde modellenerek geçmiş kaynaklı dioksin riskleri tahmin edilmiştir. Buradan hareketle tüm alıcı grupları için toplam dioksin riski belirlenerek değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak, gerek risklerin sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi, gerekse meydana gelen risklerin azaltılması için gelecekte yapılması gereken çalışmalar hakkında öneriler sunulmuştur.

Çalışmanın iki bakımdan önemli olduğu düşünülebilir. İlki, böyle bir çalışmanın Kocaeli'nde yapılmış olmasıdır. Kocaeli, 1970'lerden beri yoğun bir sanayileşme sürecine girmiş ve bunun sonucu olarak diğer illerden önemli derecede göç alarak nüfusu artmıştır. Yoğun sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak gelişen hızlı kentleşme neticesinde ekonomik açıdan Türkiye'nin en ileri kentlerinden birisi olmuştur. Ancak, artan çevre sorunlarının giderek daha çok hissedildiği ve daha sık gündeme geldiği son yılları hesaba katmazsak, bu sanayileşme ve kentleşme sürecinde çevre sorunlarına yeterince önem verilmemiş ve sonuçta kent her türden çevre sorununun yoğun derecede yaşandığı ve yaşam kalitesinin ekonomik düzeyle

uyuşmadığı bir bölge haline gelmiştir. Çok çeşitli sanayi sektörlerinden kaynaklanan ve arıtılmadan çevreye atılan katı, sıvı ve gaz atıklar yüzünden hava, toprak ve su kirliliği yüksek düzeylere çıkmıştır. Son yıllarda alınan önlemler, uygulanan geniş kapsamlı projeler vb. çalışmalarla birlikte azalma eğilimine girmiş olsa da, yöredeki çevre kirliliği hala önemli bir seviyededir ve etkilerin giderilmesi çok uzun yıllar alacaktır. Zaten İZAYDAŞ da, bölgede büyük miktarlarda üretilen klinik ve endüstriyel tehlikeli atıkların bertarafı sorununa bir çözüm bulmak amacıyla, İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından uygulanan Entegre Çevre Projesi kapsamında kurulmuştur.

Sınırları dahilinde yaşayan herkesin çevre sorunlarından şikayet ettiği Kocaeli'nde böylesi bir risk değerlendirme çalışmasının yapılması, hem risklerin şikayet bazından çıkarılıp, onun yerine matematik ve istatistik terimleriyle ifade edilerek bilimsel temele oturtulması, hem de bu tür çalışmalara bir kapı açması bakımından önemlidir. İnsanların çevre sorunlarından kaynaklanan sağlık risklerinin bilimsel temelde belirlenmesi, bu risklerin azaltılması için alınacak önlemleri göstermesinin yanı sıra, bölgede gelecek için yapılan planlama çalışmalarına da katkısı olacaktır. Şöyle ki, kurulması planlanan bir etkinlik, yaratacağı çevre ve sağlık riskleri bakımından da değerlendirilebilecek ve kararlar buna göre alınabilecek ya da değiştirilebilecektir.

Öte yandan bu çalışma, her türden çevre sorununu yoğun bir şekilde yaşayan bölge için, yapılması gereken başka risk çalışmalarını teşvik edecek, bunlara bir yaklaşım sağlayacaktır. Kaynakları ve çevresel ortamlardaki varlıkları çok iyi bir şekilde karakterize edilmemiş olsa da, yine de bilinen ve çevre ve insan sağlığı için risk oluşturacakları kabul edilen çeşitli kirleticilere yönelik olarak yapılacak diğer risk değerlendirme çalışmaları, bölgenin kirlilik envanterinin çıkarılması ve risklerin belirlenerek önlemler alınması sürecinde önemli rol oynayacaklardır. Bu çalışmalar, bunlara ek olarak yerel ve ulusal bazda risk değerlendirme ve risk yönetimi süreçlerinin standartlaşmasına katkıda bulunacaklardır.

Çalışmanın öneminin diğer boyutu ise konusuna, yani dioksin ve benzeri bileşiklere ilişkindir. Dioksinler ve sağlık etkileri, ülkemizde gündeme İZAYDAŞ İnsineratörü'nün faaliyete geçmesi ile gelmiştir. Doğadaki varlıkları tamamen

antropojenik faaliyetlere dayanan bu bileşikler, son derece güçlü kanserojen bileşikler olarak kabul edilmektedirler. Dioksinler çok çeşitli sanayi işlemlerinden kaynaklanabilseler de, genel olarak en büyük kaynaklarının evsel ve endüstriyel yakma tesisleri olduğu düşünülmektedir.

Dioksinlerin doğadaki varlığı ve zararlarının ortaya çıkması 1970'lerin sonunda olmuştur. Özellikle gelişmiş ülkelerde, yaklaşık 100 yıllık bir geçmişi olan atık yakma işlemleri sonucu hava ve toprakta yüksek seviyelerde dioksin konsantrasyonları gözlenmiş ve bunların sağlık risklerinin değerlendirilmesi sonucu dioksin emisyonları için son derece küçük sınır değerler belirlenmiştir. İnsineratörler, buna uygun olarak yeni yakma teknolojileri ya da ek kirlilik kontrol sistemleri ile donatılmış; bir çok tesis de kullandıkları teknolojinin eski oluşu, kirlilik kontrol sistemlerinin dioksinleri tutmaya uygun olmayışı vb. nedenlerle kapatılmıştır. Dioksinlere ilişkin risk değerlendirme çalışmaları da bu süreçte hız kazanmıştır.

Bu bakımdan şimdilik Türkiye'nin ilk ve tek insineratörü olan İZAYDAŞ'la birlikte dioksinlerin de gündeme gelmiş olması doğaldır. Dolayısıyla tesisten kaynaklanan dioksin emisyonlarının çevrede yaşayan insanlar için oluşturacağı sağlık risklerinin belirlenmesi, hem tesis hakkında bilimsel açıdan sağlıklı bir yargıya varılmasını kolaylaştıracak, hem de olası bir yüksek risk sonucunda zaman kaybetmeksizin önlemler alınmasını ve riskin azaltılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, insanların tesis hakkındaki, genel olarak her ikisi de bilgisizlikten kaynaklanan, zararlarını abartma ya da küçümseme yaklaşımlarını da belirli bir oranda ortadan kaldıracaktır.

Son olarak şunu da belirtmek gerekir ki, yaklaşık 40 yıldır çeşitli tür ve ölçeklerde pek çok sanayi kuruluşunu barındıran bu bölgede dioksin benzeri bileşiklerin tek kaynağı İZAYDAŞ değildir. Bu, çalışma kapsamında yapılan toprak analizleri ile bir ölçüde ortaya çıkmış olsa da, bölgede hava, toprak, su ve sedimentler gibi çevresel ortamlarda yapılacak dioksin analizleriyle daha da açıklığa kavuşacaktır. Dolayısıyla bölgede yaşayan insanlar, İZAYDAŞ'tan bağımsız olarak da, dioksin etkisine maruz kalmaktadırlar ve hatta, bunlar için de ayrı bir çalışmanın yapılması gerekmektedir. Böylelikle, tehlikeli atıklar ve çevresel etkilerine ilişkin daha doğru ve daha bütünlüklü yaklaşımlar elde edilebilecektir.

BÖLÜM 2. RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Risk değerlendirme, “insanların çevresel tehlikelere maruz kalmasından doğan potansiyel sağlık etkilerinin karakterizasyonu” olarak tanımlanır. Bu işlem, risklerin tahmini ve değerlendirilmeleriyle birlikte risk değerlendirme sürecindeki belirsizliklerin karakterizasyonunu da kapsar (DoE 1995a; Valberg et al. 1996). Risk değerlendirme tehlikeli atıklarla ilgili çevre ve sağlık sorunlarının anlaşılması için iyi bir araçtır ve tehlikeli atık yönetimine ilişkin kararların doğru bir şekilde alınabilmesi için sağlam bir temel sağlar. Bunlara ek olarak, birtakım kararların alınmasında halk sağlığının dikkate alınmasını ve buna uygun alternatifler geliştirilmesini teşvik eder.

2.1. Risk Kavramı ve Tanımlar

Klasik anlamda risk, “bir zarardan ya da kayıptan olumsuz anlamda etkilenme olasılığı” olarak tanımlanır. Dolayısıyla tanımlanmış bir tehlikenin meydana gelme olasılığı, ya da frekansı ile bunun sonuçlarının büyüklüğünün bir bileşimini gösterir. Riskler, mevcut (background) risk, katkısız (incremental) risk ve toplam risk olarak üçe ayrılabilirler. Mevcut risk, söz konusu risk kaynağı olmaksızın da, insanların maruz kaldığı riski ifade ederken, katkısız risk, bu kaynağın neden olduğu riski, toplam risk ise bu ikisinin toplamını gösterir.

Tehlike ise, “belirli koşullarda zarara yol açabilecek bir özellik veya durum” olarak tanımlanır. Bu bağlamda sonuç için de, “insan sağlığının veya yaşadığı çevrenin niteliğinde, kısa veya uzun vadede tamiri olanaksız bir etki yaratan bir tehlikenin gerçekleşmesi durumunda oluşacak kötü etkiler ya da zarar” tanımı yapılır. Olasılık ise, genelde nicelik terimleriyle birlikte kullanılmasına rağmen, “bir şansın matematiksel ifadesidir”. Bu tanım, özel bir olayın belirli bir zaman süresinde, veya birçok olası olaylar arasında gerçekleşmesine dayanır.

Risk ve tehlike terimleri sıklıkla birbiri ile karıştırılır. Tehlike, tanımlayıcı bir terimdir ve atığın zarara neden olma kapasitesini gösterir, dolayısıyla riskin kaynağıdır. Bir atık tarafından oluşturulan tehlike, onun toksisitesi, hareketliliği ve kalıcılığı gibi birçok değişkene bağlıdır. Bu atığın çevresel ortama atılması bir tehlike oluşturur, ancak, bu atık, maruz kalma olayı gerçekleşmeksizin bir risk oluşturmaz (LaGrega et al. 1994).

Tahmin ve değerlendirmenin klasik anlamları, riskin yukarıdaki tanımıyla birlikte ele alınırsa, diğer kavramların tanımlarına da ulaşılabilir. Risk tahmini, “meydana gelme olasılığı dikkate alınan kasıtlı bir eylemin getirileri ya da sonuçları” ile ilgilidir. Kasıtlı eylem, bir ürünün üretimi ve kullanımı, bir tesisin açılması ve işletimi gibi girdileri, yararları, atıkları, yan ürünleri, emisyonları söz konusu olan herhangi bir etkinliktir. Risk değerlendirme ise, “tahmin edilen riskin, bu riskten etkilenen alıcılar için ne derece önemli olduğunun belirlenmesi” anlamına gelir. Bu bakımdan riskin algılanması unsurunu içerir. Riskin algılanması, “bir kişi ya da grubun risk hakkındaki bütünlüklü görüşü” olup hissetme ve karar verme süreçlerini içerir (DoE 1995a). Riskin insanlar tarafından algılanışı, genellikle uzmanlarınkinden çok daha farklı olur. Örneğin tehlikeli atık bertarafı yapılan yörelerin oluşturduğu risk EPA uzmanlarına göre “düşük” seviyede bulunurken halkın görüşü “yüksek” olmakta; buna karşılık tüketicilerin zararlı kimyasallara maruz kalması EPA tarafından “yüksek risk” olarak tanımlanırken halkın görüşü “düşük” olabilmektedir (LaGrega et al, 1994). Bunun gönüllü katılım, açık yarar görememe, yanlış bilgilenme gibi birçok nedeni olabilmektedir, ancak riske ilişkin karar verme süreçlerinde dikkate alınması gerekir.

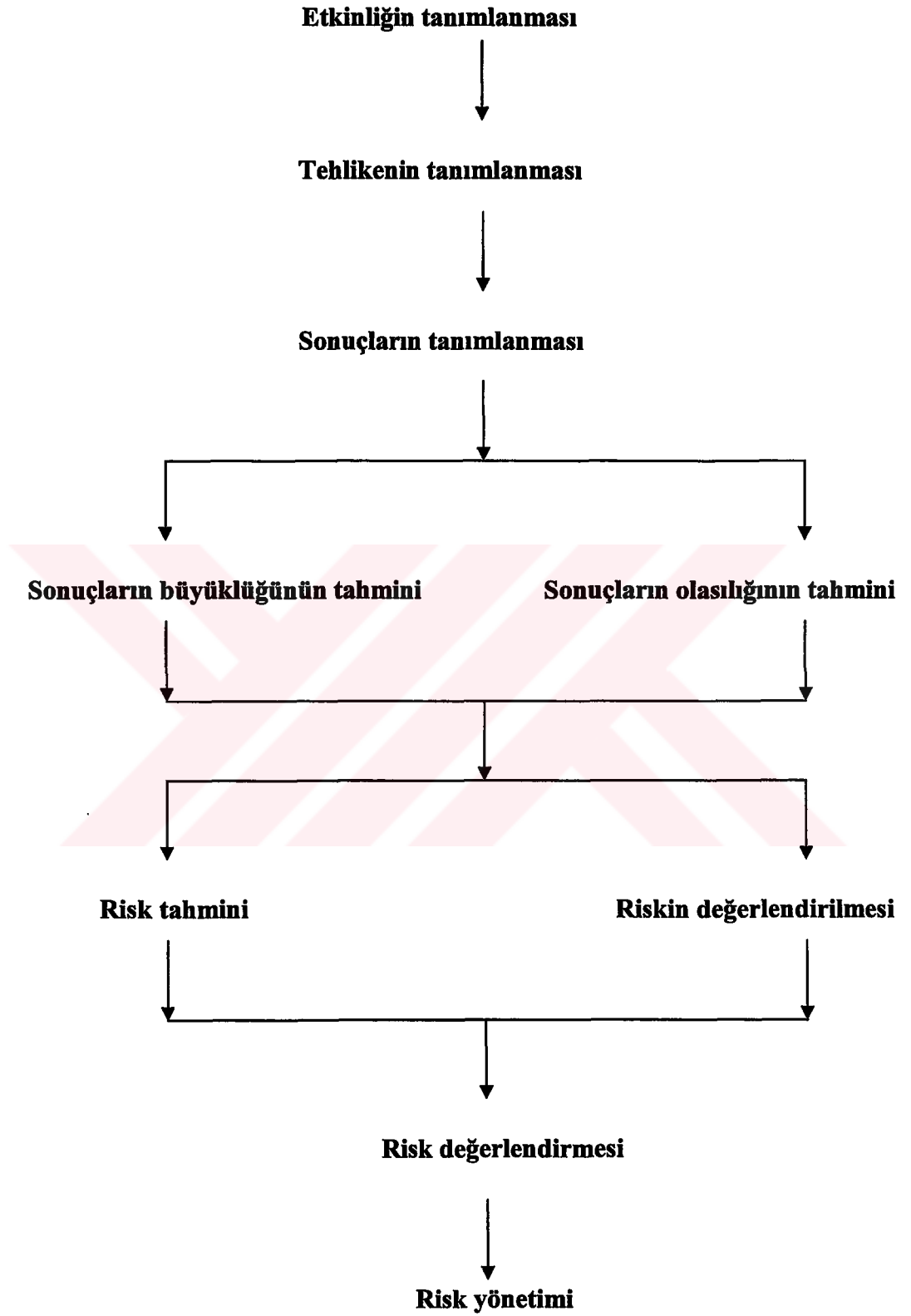
Risk yönetimi ise, “risklerin kabul edilmesi ya da değiştirilmesi konusunda kararlar alma” sürecini ifade eder. Risk yönetimi, risklerle ilgili verilecek olası kararlarda fayda ve maliyet analizlerinin çıkarılmasını da kapsar. Ancak unutulmamalıdır ki, burada ekonomik faydaların ötesinde, çevresel risklerin azaltılması gibi daha genel ve daha önemli faydalar söz konusudur.

Risk değerlendirilmesiyle ilgili DoE (1995a) yaklaşımı, risk çalışmaları için resmi bir ereve çizmektedir. Bu ereve iki ana kısımdan oluşur: risk değerlendirmesi (risk tahmini ve değerlendirmesi) ile risk yönetimi. Risk tahmini beş aşamadan oluşur:

- I. Aşama: Etkinliğin tanımlanması
- II. Aşama: Tehlikenin tanımlanması
- III. Aşama: Sonuçların tanımlanması
- IV. Aşama: Sonuçların büyüklüklerinin tahmini
- V. Aşama: Sonuçların olasılıklarının tahmini

Risk değerlendirmesinin ikinci aşamasında ise tahmin edilen riskin önemi değerlendirilir. Son olarak da, riskin tolere edilebilirliği ya da değiştirilebilme olanakları hakkında karar verilen bir süreç olarak risk yönetimi uygulanır. Tüm süreç denemeye ve değiştirilmeye açıktır; şöyle ki, istenen amaçlar kabul edilebilirlikleri bakımından değerlendirilebilecekleri gibi, hesaplanan riskin yönetilmesi yoluna da gidilebilir. Risk değerlendirme ve yönetimine ilişkin bu ereve Şekil 2.1'de gösterilmektedir:

Son olarak, risk değerlendirme ile ilgili kavramların sürdürülebilir kalkınma kavramına bağlanması gerekmektedir. “Gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılamalarını tehlikeye atmaksızın şimdiki ihtiyaçların karşılanmasını sağlayacak bir kalkınma” anlamına gelen sürdürülebilir kalkınma kavramı, şimdiki ve gelecek kuşakların karşılaştıkları/karşılaşacakları çevresel risklerin tahmini, değerlendirilmesi ve –gerekliyorsa- önlemler alınması sürecini kapsayan risk değerlendirilmesi çalışmalarının temel bir dayanak noktasını oluşurmaktadır.



Şekil 2.1. Risk değerlendirmesi ve yönetimi genel şeması (DoE 1995a).

2.2. Risk Tahmini

2.2.1. Etkinliğin tanımlanması

Herhangi bir risk değerlendirmesinin niteliği, söz konusu etkinlik ve bunun çevreye etkileri üzerindeki bilgi birikiminin miktarına bağlıdır. Bu, belirli madde ve organizmaların karakteristikleri, etkinliği oluşturan işlem ve süreçlerin bileşenleri vb. hakkındaki bilgi ve deneyimleri kapsar. Çevrenin etkinlikten önceki ve sonraki durumu hakkındaki kapsamlı bilgiler de buna dahildir. Kısacası, tanımlama ne kadar bütünlüklü olursa, karar alma süreci de o kadar kolay olacaktır.

Bir tesis özelinde bu tanımlar, (1) tesis kurulmadan önce yörenin fiziksel özellikleri, ekolojisi, hidrolojisi, sosyal yapısı vb., (2) işletmede kullanılacak ve proses sonrası atılacak kimyasalların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, çevredeki organizmalara etkisi, (3) tesisin kuruluşu sürecindeki mühendislik faaliyetleri, arazi düzenlemeleri vb. işlemlerin çevreye etkisi, tesisin işleyişi sırasında oluşacak atıkların etkileri, ve (4) ilk maddede sayılan unsurların tesis kurulduktan sonraki durumunu kapsar. Bu tanımların ayrıntılı bir şekilde ortaya konması, belirli olmayan konularda yapılan kabullerin belirtilmesi, geri-besleme ve sürekli izleme süreçlerini de kolaylaştıracaktır.

2.2.2. Tehlikenin tanımlanması

Genel olarak çevreye atılan kimyasalların zararlarının tanımlanmasıdır. Bu da kimyasalların belirli fiziksel ve kimyasal özellikleri, yanabilirlikleri, mutajenlikleri, toksisiteleri vb.ni kapsar. Çevreye etki edecek şey sadece kimyasal maddeler olmayabilir. Bazı mikroorganizmalar patojenik olabilir. Ayrıca tehlike coğrafi konumla ilgili de olabilir: yer altı suyunun kirliliğine yol açan topografik ya da jeolojik koşullar vb. Ancak tehlikeli atık bertarafı ile ilgili faaliyetlerde çevre açısından tehlike oluşturan unsurlar çeşitli kimyasallardır. Risk değerlendirmesi, çevrede hangi kimyasalların var olduklarını, konsantrasyonları ve dağılımlarını, ortamdaki hareketini ve olası etkilerini kapsar.

2.2.3. Sonuçların tanımlanması

Bir işlemin potansiyel sonuçları öncelikle tanımlanan tehlikeler yardımıyla belirlenir. Spesifik bir sonuç, ancak bir tehlike gerçekleştiği zaman ortaya çıkar, bu da sadece alıcı ortamın gerekli karakteristiklere sahip olması ve/veya proseste bir aksaklık meydana geldiğinde olur. Bir sonucun tanımlanması, tehlike ile bu tehlikenin etkileyeceği alıcı ortamın karakteristiklerinin bileşimine dayanır. Bu özellikler iklime, coğrafyaya, kullanıma vb. bağlı olabilir.

Alıcı ortamların ya da insanların bir maddeye maruz kalması, farklı maruz kalma rotaları tahmin edilerek belirlenir. Örneğin insanlar için bu rotalar, solunum, deri üzerinden absorpsiyon, kirlenmiş gıda ve suların sindirimi vb. yollar olabilir. Maruz kalma, bir maddenin üretimi, kullanımı ve nihai bertarafı sırasında oluşabilir ve tüm bu durumlar için düşünölmelidir. Maruz kalmanın değerlendirilmesi kirleticilerin ortama nasıl salındıkları ve alıcılara hangi yollarla ulaştıklarının belirlenmesiyle başlar. Daha sonra genel ve hassas alıcı grupları belirlenerek maruz kalma yolları ortaya konulur.

Alıcıların kirleticilere maruz kalması belirli bir olaylar zinciri ile olur. Kimyasalların üzerinden alıcılara ulaştıkları bu zincir genelde çevresel rota (*pathway*) olarak adlandırılır. Kimyasalların doğadaki hareketi ve transferini tanımlayan bu rotalar bir kaynak, çevreye yayılma mekanizması, taşınım, transfer ve dönüştürme mekanizmaları, maruz kalma noktası, alıcı ve maruz kalma biçimi gibi elemanlardan oluşurlar.

2.2.4. Sonuçların büyüklüğünün tahmini

Tanımlı itibarıyla, gerçekleşen bir tehlikenin sonuçları, insan sağlığı ya da çevre üzerindeki kötü etkilerdir. Bazı durumlarda bu sonuçların büyüklüğünü nicelik olarak belirlemek, hatta parasal terimlerle ifade etmek mümkündür. Sonuçların büyüklüğünün belirlenmesinin imkansız olduğu durumlarda ise, yarı-nicel (*semi-quantitative*) yaklaşımlar benimsenerek tahminler yapılabilmektedir.

Bu tür tahminlerde maruz kalma kavramı yardımcı olabilmektedir. Kimyasal bir madde söz konusu ise, insanlar bu maddeye çeşitli yollarla maruz kalabilirler. Her rota için maruz kalmanın yoğunluğu, süresi ve derecesi dikkate alınmalıdır. Sonuçların önemi belirlenirken bebekler, şeker hastaları vb. hassas gruplar düşünülmesi gerekebilir.

Sonuçların büyüklüğü düşünülürken, sadece insanların ele alınmaması gerekir. Zira gerçekleşen bir tehlikeden zarar gören canlı organizmalar, özel ya da korunması gereken canlılar olabilir. Besin zinciri vasıtasıyla insanlara ulaşabilen canlılar da ayrıca ele alınmalıdır.

2.2.5. Sonuçların olasılığının tahmini

Bir tehlikenin gerçekleşme olasılığının ya da frekansının tahminidir. Genel olarak risk değerlendirmelerinde yapılan hesaplar, değişkenlerin sabit değerler oldukları fikrine dayalı determinist bir temele dayanır. Bu sabitlerin kullanılması genelde tutucu kabullere yol açar. Bu yolla elde edilen sonuçlar genelde istatistiksel nokta tahminleridir ve mevcut durumun küçük bir kısmını temsil edebilir. Bu yaklaşımın getirdiği sorunları çözmek için, bazı giriş değerlerini, bilinen ya da tahmin edilen olasılık dağılımlarından alınan değişkenler olarak kabul eden istatistiksel modeller geliştirilmiştir. Ancak olasılık tahminleri oldukça güç işlemlerdir ve hangi olay ve parametrelere uygulanacağı, dikkatli bir seçim gerektirir.

2.3. Riskin Değerlendirilmesi

Tahmin edilen riskin ne derece önemli olduğu hakkında karar verme sürecidir. Sonuçların ciddiyeti hakkında düşünülürken ele alınacak ilk faktör, çevrenin bu etkilere dayanabilme kapasitesi, yani sürdürülebilirliğin etkilenip etkilenmeyeceğidir. Yaşayan çevre, insanların etkinlikleri, ya da iklim değişikliği, deprem gibi doğal nedenlerle ortaya çıkan değişimlere sürekli bir şekilde adapte olan dinamik bir süreçtir. Bu bakımdan sonucun büyüklüğü değerlendirilirken, bunun normal çevresel değişimleri aşp aşmadığı, eğer aşıyorsa, bu etkilerin zamanla kaybolup

kaybolmayacağı, yani çevre açısından bir iyileşme sürecinin meydana gelip gelmeyeceği göz önüne alınmalıdır. Bu konularda belirsizlikler varsa, ya da potansiyel olarak ciddi riskler söz konusuysa, birtakım önlemler almak gerekebilir.

Değerlendirme, tanımlanan tehlikelerin ve tahmin edilen risklerin önem ya da değerinin belirlenmesi olduğu için riskin algılanması ile algılanan risk ve faydalar arasında bir denge sağlanmasını da kapsar. Ancak risk ve faydaların, ve hatta yaşam kalitesi gibi elle tutulamaz değerlerin algılanması, kişi ve gruplara göre değiştiği için risk, maliyet ve faydalar üzerinde bir denge oluşturmak çok kolay değildir.

Risklerden doğan zararın tahmini zor olsa da, bu risklerin değerlendirilmesi çoğunlukla daha zordur. Bunun nedeni bilgi ve tecrübenin kısmen sonuçlara ve bunların olasılıklarına ilişkin uygun değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlaması, buna karşılık risk değerlendirmesinin tolere edilebilir risk hakkında karar verilmesini gerektirmesidir. Kamuoyu, endüstri ve çevre grupları, tüketiciler vb. toplulukların tolere edilebilir risk hakkında farklı görüşleri olduğu için, bu gruplarca yapılan risk değerlendirmeleri de farklı sonuçlar verir.

Bu konudaki diğer bir güçlük de sonuç ve faydaların her zaman aynı kişiler tarafından paylaşılmamasıdır. Bu da, adil bir değerlendirme için yargı ve kararların kimin tarafından yapılması gerektiği konusunu zorlaştırır. Bu da riskin algılanmasının daha öznel alanına işaret eder.

2.4. Riskin Algılanması

Riskin algılanması, riskin öneminden ayrı bir olgudur; ilki öznel, ikincisi ise nesnel bir durumdur. Bir bireyin riski algılamasını etkileyen başlıca faktörler şunlardır:

- a) Tanışıklık: İnsanlar tanıdık eylemleri, kendileri için az bilinen eylemlerden daha az riskli bulurlar.
- b) Kontrol: İnsanlar kendi kontrolleri altındaki eylemleri, başkaları tarafından kontrol edilen eylemlerden daha az riskli bulurlar. Örneğin, istatistikler tersini

söylemesine rağmen, hemen herkes için araba kullanmak uçağa binmekten daha az risklidir. İnsanlar genellikle kendi kontrolleri altında olmayan olaylarda daha fazla korunma talep ederler.

c) Yer olarak yakınlık: Bir faaliyetin yakınındaki insanların maruz kaldığı risk, genelde, diğer insanlardan daha fazla olsa da, insanlar yakın oldukları riskleri olduğundan büyük, uzakta olduklarını ise olduğundan küçük olarak algırlar. Bu Nimby Sendromu olarak da bilinir.

d) Zaman olarak yakınlık: İnsanlar hatırladıkları olayların risklerini abartmak, hatırlamadıkları olaylarınkileri ise küçümseme eğilimindedirler. Deprem riskleri karşısında alınan tavırların zamanla değişmesi ve unutulmaya yüz tutması iyi bir örnektir.

e) Bilinmeyenden korkma faktörü: İnsanlar anlamadıkları olgulara ilişkin riskleri büyütme eğilimindedirler. Örneğin makinelerle ilgili riskler pek dikkate alınmazken radyasyon konusu insanlarda korku yaratabilmektedir. İnsanlar anlamadıkları olgulara ilişkin daha fazla koruma talep ederler.

f) Ölçek faktörü: Medya, toplandığında büyük bir sonuç yaratan çok sayıdaki küçük olaylardan ziyade, büyük bir sonuç yaratan tek bir olayla ilgilenir. Ülkemizdeki her yıl binlerce kişinin ölümüne yol açan, buna karşılık kamuoyunda pek gündeme gelmeyen trafik kazaları bunun en güzel örneğidir.

g) Gönüllü katılım: İnsanlar karar alma sürecine katıldıkları olayları az riskli bulurlar. Örneğin bir birey için gönüllü olarak katıldığı bir eylem daha az riskli olarak görülürken, aynı eylem dışarıdan empoze edilmişse daha riskli görülebilmektedir.

h) Riskin kaynağı: Riski oluşturan neden, doğal bir süreç ya da madde ise riskin daha az olduğu düşünülür. Suni madde ve olaylar her zaman daha riskli kabul edilir.

i) Süreçteki adalet: Riskin ortaya çıkma sürecinde genelde adaletsizlik olarak kabul edilen olaylar varsa algılanan risk yüksektir. Süreç ne kadar adil işlerse risk de o kadar az kabul edilir. Bu, özellikle risk ve faydanın farklı gruplar tarafından paylaşıldığı durumlarda çok önemlidir.

Bu faktörlere başkaları da eklenebilir. Özellikle bazı konular doğrudan riskli olarak algılanabilmektedir. Tehlikeli atıklar bu konuların başında gelmekte olup bunlara ilişkin tüm işlemler, her koşulda insanlar tarafından çok riskli olarak kabul edilebilmektedir.

Sonuç olarak karar verici kişiler ile bölgede yaşayan insanlar arasında problemin tanımlanması, gerçeklerin değerlendirilmesi ve kararların alınması konularında bilgi ve algılama farklılıkları mevcuttur. Bu konularda karar vericilerden nesnel değerlendirmeler yapmaları beklenir Ancak DoE (1995a) yaklaşımı, bunun idealize edilmiş bir görüş olduğunu, ve kararların alınma sürecinin tam olarak nesnel olamayacağını belirtir. Buna göre, nesneliği sağlayacak kesin bilgiler genelde mevcut olmadığı için risk tahmini ve değerlendirmesi de öznelidir. Dolayısıyla kararlar alınırken, riskin insanlar tarafından algılanışının da dikkate alınması, yanlış bilgilenmenin mümkün olduğunca azaltılması için çalışmalar yapılması, alınan kararların gerekçelerinin insanlara iyice anlatılması, insanların mümkün olduğunca karar alma süreçlerine dahil edilmesi, kısacası *risk iletişimi*, büyük önem taşımaktadır.

2.5. Risk Yönetimi

Risk yönetimi, daha önce de belirtildiği gibi riskler hakkında kararlar verme sürecidir. Bu süreçte risklere ilişkin olarak çeşitli alternatifler, inisiyatifler ve eylem planları değerlendirilerek uygun olanlar seçilir. Risk yönetimi, riskle ilgili konularda politik, sosyal, ekonomik ve teknik bilgilerin geliştirilmesini, analiz edilmesini, yasal gerekliliklerle karşılaştırılmasını ve sonuçta, söz konusu risk için en uygun kararların verilmesini gerektirir (LaGrega et al. 1994; Morgenstern et al. 2000).

Risk yönetimi, risk değerlendirme aşamasından sonra gelse de, risk yöneticileri genel olarak risk tahmincilerinden ve risk değerlendirmesini yapan kişilerden farklı kişilerdir. Pratikte, riskin değiştirilmesine, daha doğrusu azaltılmasına yönelik olarak alınan her karar, riskin değerlendirilmesi sürecini bu karar bazında yeniden başlatır. Bu da risk yönetiminin, bir deneme-yanılma döngüsünün içine sokar. Dahası, risk değerlendirmenin herhangi bir aşamasında, faaliyetin, bir tehlikeye neden olduğu açık olan bir kısmında bir iyileştirme yapılabilir. Bu durum risk yönetimini, deneme-yanılma döngüsünün başlatıcısı yerine, onun bütünleyici bir parçası yapar.

Öte yandan, risk yönetiminde bir riskin tolere edilebileceğine dair bir karar verilmesi, uygun bir sürekli izleme (monitoring) etkinliğinin yanı sıra ayrı bir işlev olarak riskin kontrolünü gerektirir. Sürekli izleme, risk hakkında düzenli araştırmaları ve ölçümleri kapsar. Riskin kontrolü ise, sürekli izleme çalışmalarında meydana gelen bir sapmada, ya da tehlikenin açıkça ortaya çıktığı ilk anda gündeme gelir. Bu bakımdan, sürekli izleme çalışmaları, olaya uygun zamanda müdahale edilmesi için gereken koşulların sağlanmasını da içerir.

BÖLÜM 3. İNSİNERATÖRLERİN PCDD/F EMİSYONLARININ RİSK DEĞERLENDİRMESİ

3.1. Giriş

Poliklorlu dibenzo dioksinler (PCDD) ve poliklorlu dibenzo furanlar (PCDF) ilk olarak Olie et al. (1977) tarafından insineratör emisyonlarında bulunan iz organikler olarak tanımlanmışlardır. Bu keşif İtalya'nın Seveso kentindeki ICMESA tesisinde meydana gelen ve dünya çapında büyük yankı uyandıran TCDD sızıntısı ile aynı zamanda meydana gelmiştir. Bu gelişmeleri Kanada, Avrupa ve ABD'de evsel atık yakma tesisleri üzerinde yapılan ve önceki çalışmalarını doğrulayan çalışmalar izlemiştir (Lustenhouwer et al., 1980; Cleverly, 1984). 1980'lerin başlarında ise PCDD/F'lerin çevresel ortamlara salınmasının halk sağlığı üzerindeki potansiyel önemlerinin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesi ABD, Kanada ve bazı Avrupa ülkelerindeki yasa koyucu otoriteleri bu maddelerden kaynaklanabilecek tehlikelerin belirlenmesi için harekete geçirmiştir. PCDD/F'lere ilişkin ayrıntılı bilgiler Bölüm 4'te verilmiştir.

Bu bölüm, ABD ve Kanada ile Avrupa ülkelerinde, insineratörlere uygulanan risk değerlendirmesinin tarihçesi ve bunun PCDD/F emisyonları için nasıl yapılması ve neleri içermesi gerektiğini kapsamaktadır.

3.2. ABD ve Kanada'da Risk Değerlendirmesi

ABD ve Kanada'da evsel atık yakma insineratörlerine ilişkin olarak ilk numune alma ve analiz etme çalışmaları 1970'lerin sonları ve 1980'lerin başlarında Amerikan Çevre Koruma Dairesi (US EPA 1981) ve Eiceman et al. (1979)'un yayınları ile başlar. Başlangıçta risk değerlendirme çalışmaları daha çok 2,3,7,8-TCDD veya toplam TCDD emisyonlarının atmosfere sürekli salınması ile bu baca emisyonlarının

solunması ile ilgili potansiyel riskler üzerine yoğunlaşma eğilimindedir. US EPA altı evsel atık yakma tesisinden kaynaklanan toplam TCDD emisyonlarının neden olduğu kanserojenlik riskini (solunma yolu ile) değerlendirmiştir (US EPA 1981). Bu değerlendirmede 2,3,7,8-TCDD dışındaki bütün izomerlerin 2,3,7,8-TCDD ile aynı kanserojenlik potansiyeline sahip olduklarını kabul etmektedir. US EPA, bu ve diğer tutucu kabullerle birey yaşamı kanserojenlik riski için maksimum üst sınır olarak 4.6×10^{-5} değerini hesaplamış ve bu değer de önemsiz olduğu yargısına varmıştı. Ancak bu çalışmada insineratör emisyonlarından etkilenen gıdaların tüketilmesi gibi potansiyel olarak daha önemli maruz kalma yollarının ihmal edilmesi, bu tahmin değerinin daha sonraki risk değerlendirmesi çalışmaları tarafından dikkate alınmasını güçleştirmiştir.

Kanada'da Environment Canada (1983) tarafından yapılan çalışmalar, PCDD/F emisyonları ve bunların sağlık etkileri hakkında elde edilen bilgileri özetleyerek bunlara ilişkin ulusal bir emisyon çalışması yapılmasını önermiştir. Bu çalışmalarda insineratörler potansiyel olarak önemli PCDD/F emisyon kaynakları olarak tanımlanmıştır.

1983 yılında solunum dışındaki diğer maruz kalma yollarının (özellikle de bu kimyasalların besin zinciri yoluyla alınmalarının) önemini farkına varıldı (Garten and Trabalka, 1983). Bunun ardından Holton et al. (1984) tarafından, özel olarak insineratör emisyonlarını konu alan çok yönlü bir maruz kalma değerlendirme modeli geliştirildi. Bu modelin metodolojisi bir tehlikeli atık insineratöründen kaynaklanan emisyonların halk sağlığına etkilerini temel olarak üç maruz kalma yolu üzerinden değerlendirmekte idi:

- a) insineratör emisyonlarının doğrudan solunumu,
- b) çıkan kimyasalların bitkiler ve toprak üzerine birikiminin ardından besin zinciri yoluyla alınması
- c) suyun sindirimi.

Bu besin zinciri modeli, daha önceki maruz kalma ve risk değerlendirme metodolojilerine göre önemli bir ilerleme anlamına geliyordu. Holton et al.(1984)'te

önerilen bu besin zinciri modeli, gerekli arındırmalarıyla birlikte, radyonüklidlerin tarımsal ürünler ve oradan da insanlara ulaşmasının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş modellere dayanıyordu (Baes et al.; 1984).

Çoklu maruz kalma yollarını dikkate alan en erken insineratör risk değerlendirme çalışmalarından biri de, Fred C. Hart Associates (1984)'in, New York City'deki Brooklyn Navy Yard'da bulunan 3000 t.gün⁻¹ kapasiteli bir evsel atık insineratörünü konu alan çalışmasıdır. Kentsel bir bölgenin içinde olduğu için bu değerlendirme besin zinciri yolunu içermiyordu, ancak solunum, kirlenmiş toprak ve tozların sindirimi ve bunlarla temas yoluyla maruz kalma yollarını incelemekteydi. Daha ayrıntılı düzenlenmiş başka bir değerlendirme çalışması da Lipskiy (1989) tarafından yapılan ve PCDD/F'lerin emisyon karakteristikleriyle ilgili olarak elde edilen son bilgileri ve bunlardan çıkarılmış maruz kalma denklemlerini içeren çalışmadır.

1987'de US EPA evsel atık insineratörlerinin sağlık riskinin değerlendirilmesine ilişkin olarak resmi bir metodoloji yayınladı (US EPA, 1987a; US EPA, 1987b). Bu metodoloji şu yolları kapsamaktaydı:

- a) Solunum
- b) Tozların sindirimi
- c) Toprak ve su ile temas
- d) Gıda ürünlerinin sindirimi
- e) Suyun sindirimi

Maruz kalmanın değerlendirilmesi ise Holton et. al.(1984)'te önerilen bir denge modeline dayanmaktaydı.

Levin et. al. (1991)'de ise 1986 ile 1989 arasında ABD ve Kanada'da yapılan 21 risk değerlendirme çalışması (bunlardan 1987'den sonra yapılanlar US EPA protokolüne dayanmaktaydı) karşılaştırıldı. Bu çalışmalarda metodoloji (ya da kullanılan matematiksel algoritmalar) genel olarak aynı olmakla birlikte risk değerlendirmelerinin dayandığı bazı kabullerde belirgin farklılıkların bulunduğu açıkça görüldü. Levin et. al.(1991) bu çalışmalardan yedisi üzerine yoğunlaşarak

çeşitli maruz kalma yollarının PCDD ve PCDF'lerin (toksik eşdeğerlik olarak) neden olduğu toplam kanserojenlik riskine katkılarını karşılaştırdı. Şekil 3.1. bu karşılaştırmanın sonuçlarını gösterirken, Tablo 3.1 de değerlendirmede göz önünde tutulan maruz kalma yollarını özetlemektedir.

Bu verilerden aşağıdaki temel sonuçlar çıkarılabilir:

- PCDD ve PCDF'lerin toprak ile temas, su ile temas ve tozların yutulması yoluyla alınması toplam olarak PCDD/F emisyonlarından kaynaklanan toplam kanserojenlik riskinin % 2'sinden daha azını oluşturmaktadır.
- Doğrudan olmayan bütün maruz kalma yollarının toplam riske katkısı, doğrudan maruz kalma yolundan (solunum) en az iki kat daha fazladır.
- Broome County değerlendirmesinde PCDD/F'lerin hayvan ürünleriyle, et ve süt ürünlerinin tüketimi ile alınması, diğer maruz kalma yollarına göre çok baskındır.

Bu sonuçlar, günümüzde evsel atık insineratörlerinin risk değerlendirmelerinde kabul edilen yaklaşımla da uyum içindedir. Gerçekten de, tozların yutulması ile su ve toprak ile temas yolları, diğer yollara göre son derece küçük katkı payları nedeni ile, insanların PCDD/F'lere maruz kalmasının değerlendirildiği çalışmalarda genellikle ihmal edilirler.

	Sander	Spadra (gerçek)	Spadra (en kötü)	Lander	Brooklyn	Phila. (ort.)	Phila. (max.)	Millikan (1. Çal.)	Millikan (2. Çal.)	Brooma Co. Brooma Co	(A)	(B)
70							Balık					
60												
50												
40	Sebzeler		Solumun			Balık			Et Ürün.	Et Ürün.		Sebzeler
30	Sebzeler					Sebzeler		Solumun	Balık			
20	Anne Sütü	Solumun Sebzeler		Solumun Anne Sütü				Solumun	Anne Sütü	Süt Ürün. Solumun		Süt Ürün. Balık
10	Anne Sütü	Anne Sütü		Anne Sütü	Balık Sebzeler		Sebzeler	Anne Sütü		Sebzeler		
5	Solumun	Balık		Toprak Temas	Toprak Temas	Solumun		Süt Ürün.	Süt Ürün. Sebzeler	İçme Suyu		İçme Suyu
2	Temas Toprak	Balık Toprak	Sebzeler Toprak				Temas Toprak	Sebzeler				
1		Temas										
0.5				İçme Suyu						Temas		Temas
0.2					Toprak							
0.1	Balık		Toprak		Toprak	Solumun Tozlar						
0.05	Hazır Gıda							Temas	Temas Toprak			
0.01												

Şekil 3.1. Çeşitli maruz kalma yollarının toplam kanserojenlik riskine katkısı (Levin et. al.; 1991)

Tablo 3.1. Yedi Evsel Atık İnsineratörü Risk Değerlendirmesinde Maruz Kalma Yollarının Özeti (Levin et. al.;1991)

Evsel Atık İnsineratörleri	Solunum		Sindirim				Temas			
	Toprak	Su	Süt Ürün.	Et Ürün.	Sebzeler	Balık	Anne Sütü	Hazır Gıda	Toprak	Su
Sander	X	X	b	b	X	X	X	X	X	b
Spadra	X	X	a	b	X	X	X	X	X	a
Lancer	X	a	a	a	X	X	X	b	X	b
Brooklyn Navy Yard	X	X	a	a	X	X	X	b	X	b
Philadelphia Naval Base	X	a	b	a	X	X	b	b	X	b
Miliken	X	a	X	a	X	a	X	b	X	a
Broome County	X	X	X	X	X	X	a	b	X	b

X-Maruz kalma yolu olarak tanımlanmış.
a- Çalışma alanı için önemli bir maruz kalma yolu olmadığı belirtilmiş.
b- Aynı bir maruz kalma yolu olarak tanımlanmamış.

ABD’de yapılan bazı risk değerlendirme çalışmalarında elde edilen, balık tüketime kaynaklı PCDD/F alımlarının görece yüksekliği ise oldukça belirsizdir. Zira risk değerlendirmelerinde Hipotetik Olarak En ok Etkilenen Birey (HMEI) yaklaşımını öneren 1987 Protokolü’nde balıkların sindirimi yoluyla maruz kalmaya ilişkin hesaplamaların, balıklarda olması beklenen PCDD/F emisyonlarını ve HMEI tarafından tüketilen kirlenmiş balık miktarını olması gerekenden çok daha fazla bir Şekilde tahmin ettiği belirtilmiştir.

Bunu izleyen yıllarda yapılan çalışmalar 1987’de tanımlanan metodoloji kullanılarak, özellikle insineratör emisyonlarına besin zinciri yoluyla dolaylı olarak maruz kalınması üzerine yoğunlaştı. Oysa 1987 metodolojisi kirleticilerin bitkilere transferinde sadece kökler yoluyla transferi göz önüne alırken, Holton et. al. (1984) ve Travis et. al. (1986)’da buna ek olarak kirleticilerin yer yüzeyine birikmesi ve yer-üstü bitkilerinin yüzeylerinde tutulması da ele alınmıştı. Buna ilaveten Travis and Hattemer-Frey (1988)’de kirletici buharlarının yer-üstü bitkileri tarafından doğrudan absorplanmasının da hesaba katılmasını önerdiler. Sonuçta, Travis et. al. (1988) tarafından bu üç bitki alım yolu birleştirilerek evsel atık insineratörleri emisyonlarına ilişkin olarak bir besin zinciri modeli oluşturuldu. Bu model, otların hayvanlar tarafından sindirilmesine ek olarak, ineklerin otlama esnasında bir miktar toprağı yutmalarını da kapsamaktaydı. PCDD/F’ler konusunda ise model, daha önceki modeller gibi sadece 2,3,7,8-TCDD ile ilgilenmekteydi.

Besin zinciri yolunun daha ayrıntılı bir incelenmesi ise, bu yolun 2,3,7,8-TCDD ve kadmiyum için ne derece geçerli olduğunu gösteren kısmi bir geçerlilik çalışması ile birlikte Hattemer-Frey and Travis (1991) tarafından sunuldu. Bu çalışmada risk değerlendirmesi sadece 2,3,7,8-TCDD üzerinden değil, PCDD/F karışımlarının toksisitesini belirtmek amacıyla kullanılan uluslar arası toksik eşdeğerlikler (I-TEQ) üzerinden yapıldı. Hattemer-Frey and Travis (1991)’den alınan Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 yer-üstü bitkileri için havadan-yaprağa transferin kökten alıma göre, ve PCDD/F’lerin insanlar tarafından alınmasında besin zinciri yolunun solunuma göre daha baskın olduğunu doğrulamaktadır. Besin zinciri yolunda da hayvan ve süt ürünleri en önemli besin grubunu oluşturmaktadır.

Tablo 3.2. Bitkilerde 2,3,7,8-TCDD Kirliliğinde Birikim, Yapraktan Alım ve Kökten Alım Yollarının Yüzde Değerleri (Hattemer-Frey and Travis, 1991)

Bitki Adı	TCDD Kons. (fg/g KA)*	Birikim Yüzdesi (%)	Yapraktan Alım Yüzdesi (%)	Kökten Alım Yüzdesi (%)
İnsanlar tarafından tüketilen ürünler				
Patates	0.3	0	0	100.0
Yapraklı Bitkiler	110.0	60	39	0.3
Baklagiller	49.1	12	88	0.7
Köklü Bitkiler	0.3	0	0	100.0
Meyveler	76.8	45	54	0.4
Tahıllar	0.3	0	0	100.0
Hayvanlar tarafından tüketilen ürünlerin ağırlıklı-ortalama konsantrasyonları				
Yemler	150.0	71	29	0.2
Tahıllar	0.3	0	0	100.0
* femtogram/gram kuru ağırlık				

US EPA (1990)'da insineratör emisyonlarına dolaylı yollardan maruz kalınmasının yarattığı sağlık risklerinin değerlendirilmesine yönelik olarak gözden geçirilmiş bir metodoloji yayınlandı; bunu daha da ayrıntılı bir çalışma izledi (US EPA, 1993). US EPA'nın önerdiği nihai model ise 1994'te yayınlandı (US EPA, 1994). Bu metodolojide ortaya konan temel değişiklikler şunlardı:

- Evsel atık insineratörleri emisyonlarının gaz ve partikül fazlarının ayrı ayrı modellenmesi.
- PCDD/F'lerin gaz halindeki ve partikül madde üzerindeki birikimlerinin ayrı ayrı hesaplanması.
- 2,3,7,8-konumlu tekil izomerlerin birikimlerinin, çevredeki dağılım, transfer ve alımlarının ayrı ayrı hesaplanması.

US EPA (1994)'te tanımlanan besin zinciri metodolojisine ilişkin bir geçerlilik çalışması, PCDD/F'lerin hava-toprak/ot-et ürünleri-insan yolu üzerinden alınmalarına göre Lorber et. al (1994) ve Lorber (1995) tarafından gerçekleştirildi.

Tablo 3.3. Tipik Bir Evsel Atık İnsineratörünün Yakınında Yaşayan Bireylerin
Günlük Ortalama 2,3,7,8-TCDD Alımlarına İlişkin Tahminler (Hattemer-
Frey and Travis, 1991)

Maruz Kalma Yolu	Günlük Alım (pg/gün)*	Toplam Günlük Alımdaki Yüzdesi
Meyve ve sebzeler	0.14	3.9
Patates	0.001	0.03
Yapraklı bitkiler	0.06	1.7
Baklagiller (taze)	0.008	0.22
Baklagiller (kuru)	0.007	0.18
Köklü bitkiler	0.0002	0.01
Bahçe meyveleri	0.067	1.8
Süt ve süt ürünleri	0.72	19.7
Etler (toplam)	2.43	65.9
Sığır	1.95	53.0
Sığır ciğeri	0.37	10.0
Domuz	0.018	0.5
Kümes hayvanları	0.086	2.4
Koyun	0.001	0.01
Yumurtalar	0.08	2.1
Toprağın sindirimi	0.06	1.6
Solunum	0.25	6.8
Toplam	3.68	100
* pikogram/gün		

3.3. Avrupa'da Risk Değerlendirmesi

1980'lerin başında ise bazı Avrupa ülkeleri evsel atık insineratörlerden çıkan PCDD/F'lere ilişkin ilk risk değerlendirme çalışmalarını başlattılar. Bunlardan en önemlisi Danimarka hükümeti tarafından yapılan ve solunumun yanında dolaylı maruz kalma yollarını inceleyerek besin zincirinin insanların toplam PCDD/F alımları içindeki olası baskın yerine ilk olarak işaret eden çalışmadır. Bu çalışmada ortam havasındaki (yer seviyesinde) PCDD/F konsantrasyonu ($X \text{ pg.m}^{-3}$) ile birikim oranı ($Y \text{ pg.m}^{-2}.\text{gün}^{-1}$) değerlerinden günlük alım miktarının hesaplanması için aşağıdaki algoritmalar kullanıldı:

- Solunum ile alım: 20 X;
- Süt ve süt ürünleri ile alım: 2.5 Y;
- Et ürünleri ile alım: 0.5 Y;
- Sebzeler yoluyla alım: 0.9 Y.

Bu çalışmada Danimarka'da bulunan evsel atık insineratörleri, insanların PCDD/F alımlarına yaptıkları katkı bakımından, $5 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{gün}^{-1}$ 'lük Tolere Edilebilir Günlük Alım (TDI) değeri baz alınarak bir sıralamaya tabi tutuldu.

Yasal düzenlemeler konusunda ikinci büyük çalışma ise İsveç'te yapıldı. 1985'te Çevre Koruma Dairesi İsveç'te yeni kurulmakta olan evsel atık insineratörlerine yönelik bir moratoryum yayınladı ve İsveç'teki 25 insineratörün 15'inde baca gazı ölçüm çalışmalarını başlattı (Bergvall, 1987). Ölçümlere ve insanların tahmin edilen alım miktarlarına dayanılarak aşağıdaki emisyon limitleri uygulamaya konuldu:

Eski tesisler: $0.5-2 \text{ ng (Eadon TEQ.m}^{-3}\text{)}$;
Yeni tesisler: $0.1 \text{ ng (Eadon TEQ.m}^{-3}\text{)}$.

Eadon TEF'leri ise şu şekilde tanımlanmıştı:

- 2,3,7,8-TCDD: 1
- 2,3,7,8-PeCDD'lerin toplamı: 0.033
- 2,3,7,8-TCDF: 0.33
- 2,3,7,8-PeCDF'lerin toplamı: 0.33
- 2,3,7,8-HxCDF'lerin toplamı: 0.01
- Diğer 2,3,7,8-konumlu konjenerler:0

Çevre Koruma Dairesi'nin bu emisyon sınır değerlerini belirlerken, bu konudaki teknolojiyi geliştirmeye yönelik bir bakış açısı benimsemiş olması önemlidir; yoksa konulan bu sınır değerler $0.1 \text{ ng I-TEQ.m}^{-3}$ 'ün üzerindeki PCDD/F emisyonlarının halk sağlığı açısından bir risk oluşturduğu anlamına gelmiyordu.

Avrupa'daki ülkeler, ABD'nin tersine, evsel atık insineratörlerine uygulanacak sistematik bir risk değerlendirme metodolojisi geliştirmemişlerdir. Bu durumun tek istisnası, Hollanda Ulusal Halk Sağlığı ve Çevre Koruma Enstitüsü'nün uzun çalışmalar sonucunda oluşturdukları teorik ve sürekli izlemeye yönelik etkinliklerdir. Bu çalışmalar, evsel atık insineratörlerinin PCDD/F emisyonlarının süt üzerinden insanlara ulaşmasının doğurduğu sağlık riskleri üstünde yoğunlaşan bir özet raporu halinde yayınlandı (Slob et al., 1993a). Daha sonra geliştirilen ve CHAIN olarak adlandırılan bu maruz kalma modeli (Slob et al., 1993b; Slob and Van Jaarsveld, 1993), üç bileşenli yarı-dinamik bir modeldir:

- PCDD/F'lerin yer yüzeyindeki ortam havası konsantrasyonlarını kısa vadeli (bir saat) olarak tahmin eden ve belirli bir zaman süresince kümülatif birikim oranlarını hesaplayan bir atmosferik model;
- İklim koşullarında bir ay süresince meydana gelebilecek değişiklikleri de hesaba katarak aylık bazda toprak ve otlar üzerindeki PCDD/F konsantrasyonlarını tahmin eden bir otlama modeli;
- Şimdiki ve daha önceki aylardaki PCDD/F alımlarının ağırlıklı ortalamasından hareketle aylık bazda sütteki PCDD/F konsantrasyonlarını tahmin eden bir inek modeli.

CHAIN modeli tamamen dinamik bir model değildir, zira PCDD/F'lerin transfer faktörleri (toprak/inek, ot/inek, vb.) herhangi bir aylık sürede durağan durum şartlarına ulaşıldığını kabul etmekteydi.

Bu modelin önemli bir niteliği de, özellikle belirsiz olan iki model parametresini, sütte gözlenen PCDD/F konsantrasyonlarını model ile uyuşturarak kalibre etmesidir. Bu işlem sonucunda model, iyi bir tahmin yeteneğine ulaşmıştır. Örneğin, kapatılan evsel atık insineratörlerinin etrafında bulunan çiftliklerden alınan sütlerdeki PCDD/F konsantrasyonlarında kesin bir azalma gözlenmiştir.

3.4. Günümüzdeki Durum

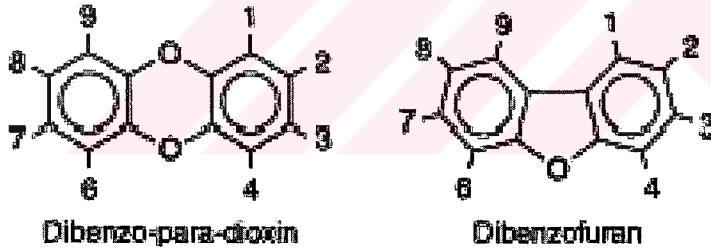
Son yıllarda PCDD/F'lerin çevresel ortamlardaki hareketine ilişkin modelleme çalışmaları hız kazanmıştır. Özellikle evsel ve endüstriyel atıkların yıllardır yakma yöntemi ile bertaraf edildiği ülkelerde, insineratörlere yakın yerlerde yaşayan insanların maruz kaldıkları dozların belirlenebilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Hatta konunun ciddiyeti nedeniyle ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından bu tür çalışmalara resmi bir çerçeve çizen, kullanılacak yöntemleri öneren ve çalışmalar hakkında ayrıntılı değerlendirmeler içeren raporlar yayınlanmıştır. Uluslar arası bazda WHO (1997, 1999) EC (1999), ulusal bazda ise İngiltere'de HMIP (1996), ABD'de US EPA (1994) bu çalışmalara örneklerdir.

Bunlara ek olarak PCDD/F'lerin kaynaklarına, dağılımına, doğadaki hareketine, toksisitesine ve risk değerlendirmesine ilişkin olarak bilim adamlarınca yapılan çalışmalar son yıllarda giderek artmıştır. Bu çalışmalardan bazıları tüm risk değerlendirme süreci için yaklaşımlar sunmaktadırlar (Zemba et al., 1996; Eduljee and Gair, 1996; Valberg et al, 1996; Nouwen et al, 2001). Bunun yanında, özellikle yapılan risk değerlendirme çalışmalarında önemli olduğu ortaya çıkan transfer yolları üzerinde yoğunlaşan daha özel çalışmalar da vardır. Örnek olarak PCDD/F'lerin havadaki dağılımı ve gaz/partikül fazlarına ayrılmasıyla ilgili olarak (Kao and Venkataraman, 1995; Chrostowski, 1996; Basham and Whitwell, 1999; Lohmann et al, 2000; Oh et al, 2001); havadan yaprağa transfer (Lorber and Pinsky, 2000; Meneses et al, 2001) hayvan besinlerinden süte transfer (Slob et al, 1995; Douben et al, 1997; Sweetman et al, 1999) çalışmaları verilebilir. Bu çalışmalardan metodoloji kısmında yeri geldiğinde bahsedilecektir.

BÖLÜM 4.POLİKLORLU DİBENZO DİOKSİN VE FURANLAR

4.1. Yapı ve Bileşim

“Dioksin” terimi çoğunlukla kimyasal bakımdan poliklorlu dibenzo-para-dioksinler (PCDD) ve poliklorlu dibenzofuranlar (PCDF) olarak bilinen bileşik grubunu belirtmek için kullanılır. Bu bileşikler oksijen atomları ile birbirine bağlanmış iki benzen halkasından oluşurlar. PCDD’lerde benzen halkaları iki oksijen köprüsü ile bağlanmış iken, PCDF’lerde benzen halkaları bir karbon bağı ve bir oksijen köprüsü ile bağlıdırlar. Şekil 4.1 PCDD ve PCDF’lerin temel yapısal formülleriyle birlikte, benzen halkaları üzerinde klor veya diğer halojen atomlarının hidrojen atomları ile yer değiştirebilecekleri konumların sayılandırılma biçimlerini de göstermektedir.



Şekil 4.1. PCDD ve PCDF’lerin Temel Yapısı

Klor atomlarının sayısı ve konumlarına göre birbirinden farklılaşan toplam 75 PCDD ve 135 PCDF bulunmaktadır. Tekil PCDD ve PCDF’ler konjener olarak adlandırılırken (toplam 210 tane), aynı sayıda klor atomuna sahip konjener grupları homolog olarak adlandırılmaktadır. Homolog gruplarına ait konjener sayıları Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Homolog gruplarını belirtmek için genellikle kısaltmalar kullanılır; örneğin, tetrakloro (dört klorlu) DD ve DF’ler sırasıyla TCDD ve TCDF’ler olarak kısaltılırken, olası tüm sekiz konumunda da klor bulunan oktakloro konjenerler de aynı sırayla OCDD ve OCDF olarak kısaltılırlar.

Tablo 4.1. PCDD ve PCDF Homolog ve Konjenerleri.

Homolog(Kısaltma)	Konjener Sayısı	
	PCDD	PCDF
Monokloro (M)	2	4
Dikloro (D)	10	16
Trikloro(Tr)	14	28
Tetrakloro(T)	22	38
Pentakloro(Pe)	14	28
Hekzakloro(Hx)	10	16
Heptakloro(Hp)	2	4
Octakloro(O)	1	1
TOPLAM	75	135

4.2. Dioksin Benzeri Toksikiteye Sahip Diğer Bileşikler

Klorlu dioksinlerin dışında, dioksin benzeri bir toksisiteye sahip oldukları düşünülen iki bileşik türü daha mevcuttur. Bunlar bromlu dioksinler ile bazı poliklorlu bifenil türleridir (US EPA, 1994).

a) Polibromlu Dibenzo Dioksinler ve Furanlar

Poliklorlu dibenzo dioksin ve furanlarda klor atomunun yerine brom atomunun bağlanması ile oluşan dioksin ve furan türleridir. Polibromlu dibenzo dioksinler PBDD; furanlar ise PBDF olarak kısaltılırlar. PCDD/F'lerde olduğu şekilde bunlarda da değişik konum ve sayılarda 75 PBDD ve 135 PBDF mevcuttur. PBDD/F'lerin PCDD/F'lere benzer bir toksisiteye sahip oldukları düşünülse de, bu konuda yapılan çalışmalar klorlu dioksinlere nazaran henüz çok yetersizdir özellikleri ile çevrede dağılımları ve sağlık etkileri konusunda bilgi birikimi son derece sınırlıdır.

b) Poliklorlu Bifeniller

Dioksinler gibi halojenli aromatik hidrokarbonlar sınıfından olan poliklorlu bifeniller (PCB'ler olarak da bilinir), PBDD/F'lerin aksine, üzerlerinde çok araştırma yapılmış ve doğadaki dağılımları ve sağlık etkileri geniş bir şekilde tanımlanmıştır. Ancak, olası toplam 209 PCB konjenerinde sadece 11 tanesinin dioksin benzeri bir toksisiteye sahip olduğu sanılmaktadır. Bu dioksin benzeri bileşikler, ortho

konumuna birden fazla bağlanma olmayan dört veya daha fazla klor atomuna sahip konjenerlerdir. Bu bileşikler, halkaları aynı düzlemde dönebildikleri için (eğer dönüşleri ortho konumuna bağlı klor atomları tarafından bloke edilmemişse) bazen koplana PCB'ler olarak adlandırılırlar.; dioksin benzeri PCB'ler ise Tablo 4.2'de gösterilmişlerdir.

Tablo 4.2. Dioksin Benzeri PCB'ler. (US EPA, 1992).

Konjener Adı
3,3',4,4'-tetra PCB
3,4,4',5 -tetra PCB
2,3,3',4,4'-penta PCB
2,3,4,4',5 -penta PCB
2,3',4,4',5 -penta PCB
3,3',4,4',5 -penta PCB
2,3,3',4,4',5 -hekza PCB
2,3,3',4,4',5' -hekza PCB
2,3',4,4',5,5' -hekza PCB
3,3',4,4',5,5' -hekza PCB
2,3,3',4,4',5,5' -hepta PCB

4.3. Uluslar Arası Toksik Eşdeğerlikler

2,3,7 ve 8 numaralı konumlarında klor atomu bulunan PCDD ve PCDF konjenerleri; özellikle de 1977'de Seveso'daki ICMESA tesisinden çevreye yayılan tetrakloro DD konjeneri 2,3,7,8-TCDD çevresel açıdan özel bir öneme sahiptir. 2,3,7 ve 8 no.lu konumlarında klor bulunan 17 adet PCDD ve PCDF arasında 2,3,7,8-TCDD en toksik bileşik olup; bu bakımdan, Toksik Eşdeğerlik Faktörü, ya da kısaca TEF olarak adlandırılan toksisite sıralamasında 1.0 değerine sahiptir. Diğer 2,3,7,8-konumlu konjenerlere ise, 2,3,7,8-TCDD'nin TEF değeri esas alınarak daha düşük TEF değerleri verilmiştir. Dolayısıyla, PCDD ve PCDF bileşiklerinin bir karışımının 2,3,7,8-TCDD'ye göre toksisitesi, karışımda bulunan 2,3,7,8-konumlu konjenerlerin konsantrasyonlarının bu bileşiklere ait TEF değerleriyle çarpılması yoluyla ifade edilebilmektedir. Elde edilen sonuçlar Toksik Eşdeğerlikler (TEQ) olarak adlandırılır, birimi ise tekil konjenerlerin konsantrasyonlarının ifade edildiği birim ile aynıdır. Karışımın toplam TEQ değeri ise tekil TEQ'lerin toplanması ile elde edilir.

Bu konuda birçok toksisite sıralaması şeması geliştirilmiş olmakla birlikte uluslar arası olarak kabul edilen şema, TEF değerlerinin Uluslararası TEF Değerleri, ya da I-TEFler, olarak belirtildiği NATO/CCMS (1988) şemasıdır. 17 adet 2,3,7,8-konumlu PCDD ve PCDF konjenerine ait I-TEF değerleri Tablo 4.3'te sunulmuş olup bir numunede bulunabilecek diğer bütün konjenerlerin TEF değeri 0.0 olarak kabul edilmiştir. Sonuçta, bir PCDD ve PCDF karışımında, tekil TEQ değerlerinin uluslararası sistem kullanılarak toplanması ile elde edilen değer de karışımın Uluslararası Toksik Eşdeğerliği, ya da I-TEQ değeri olarak adlandırılır.

Tablo 4.3. Uluslararası Toksik Eşdeğerlik Faktörleri (I-TEFler).

Konjener	I-TEF
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01
OCDD	0.001
2,3,7,8-TCDF	0.1
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01
OCDF	0.001

TEQ şemasının PCDD ve PCDF'lerin bir karışımının toksisitesinin ölçümü olduğu unutulmamalıdır. PCDD ve PCDF bileşiklerinin atmosfere salındıktan sonraki taşınımı, doğada izlediği yollar ve canlılar tarafından alınması ise buhar basıncı, degradasyon potansiyeli, biyokonsantrasyon faktörü vb. gibi konjenere özgü fiziko-kimyasal özelliklere bağlıdır. TEQ şemasındaki 17 konjenerin göreceli oranları, tekil konjenerin çevredeki kaderine bağlı olarak, deşarj oldukları zamandan maruz kalma noktasındaki nihai alıma kadar değişime uğrayabilir. Dolayısıyla atmosfere salınmaları sonrası neden olabilecekleri çevresel etkileri değerlendirirken bir toplam

TEQ değerinden ziyade her tekil konjenerin kaderi ve taşınımmını ayrı ayrı değerlendirmek gerekebilir. (HMIP, 1996).

Dioksin benzeri bir toksisiteye sahip olan PBDD/F'ler ve belirli PCB türleri için henüz herhangi bir TEF değeri belirlenmemiştir. Özellikle PCB'ler için bir TEF alışması EPA tarafından sürdürülmekte ise de bu konuda resmi bir EPA politikası henüz oluşmamıştır (US EPA, 1994).

4.4. Dioksinlerin evrede Dağılımları

PCDD/F'lerin çevredeki dağılımları ve uğradıkları dönüşümlere ilişkin olarak laboratuvar, çevresel ortamlar ve sürekli izleme araştırmalarının sürekli artmasına karşılık, çevresel açıdan tehlikeli bu bileşiklerin dağılımları ve taşınmaları henüz tam olarak anlaşılabilmif değildir. PCDD/F bileşikleri, yüksek lipofilikleri ve sudaki çözünürlüklerinin düşüklüğü nedeniyle toprak, sediment ve su ortamlarında temel olarak partiküller ve organik maddelere bağlı olarak bulunurlar. Araştırmacıların dioksin benzeri bileşiklerin buhar ve partikül fazları arasındaki dağılımını değerlendirdikleri ortam havası sürekli izleme çalışmalarının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, daha yüksek klorlu, hekza ve hepta konjenerlerin temelde havadaki partiküllere bağlı, tetra ve penta konjenerlerin ise, baskın olmasa da, önemli ölçüde buhar fazında bulduklarını ortaya çıkarmıştır. Bu sonuç, Bidleman (1988) tarafından teorik olarak modellenen buhar/partikül ayrışması ile de uyumludur. Dioksin benzeri bileşikler bir partikül madde üzerine sorplandıktan sonra çok az bir desorbe olma ya da uçuculaşma potansiyeli gösterirler. Öte yandan şimdiye kadar yapılan çalışmalarda tetra ve daha yüksek CDD/F konjenerlerinin çevresel koşulların çoğunda son derece kararlı bir yapıları olduğu grlmştir. Bu konjenerlerin çevresel açıdan uğrayabilecekleri en önemli dönüşümün gaz fazındaki sorplanmamış türlerin hava/toprak, ya da su/hava ara yüzeylerinde, ya da organik çözücülerle ilişkili olarak fotodegradasyona uğramaları olduğu düşünülmektedir. Atmosfere herhangi bir şekilde salınan PCDD/F bileşikleri hem fotodegradasyon hem de birikim yoluyla uzaklaştırılırlar. Olduğu yerde toprağa gmlme, yeniden süspanse olarak havaya karışma ya da erozyonla birlikte su kütlelerine taşınma, toprağa sorplanan PCDD/F bileşiklerinin dağılmasının en baskın yollarıdır. Su kütlesine

giren PCDD/F'ler de partiküllerle birlikte çökerek sedimentlere gömülürler. Bu bakımdan bu bileşiklerin çevredeki son duraklarının sedimentler olduğu düşünülmektedir.

Dioksin benzeri toksisiteye sahip 11 koplanar PCB türünün çevredeki hareketleri konusunda da çok az spesifik bilgi mevcuttur. Ancak bu PCB'lerin fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında elde edilen bilgiler, diğer PCB türlerinin çevredeki yaygın varlıkları ve kalıcılıkları hakkındaki bilgilerle birlikte düşünüldüğünde, bu koplanar PCB'lerin de genellikle toprak ve sedimentlerde bulunduğunu ve ısı ve kimyasal olarak kararlı yapıda olduklarını göstermektedir. PCB'ler toprak ve su yüzeylerinde uçuculaşma yoluyla havaya karışırlar ve hava hareketleriyle dağılırlar. Daha sonra da yeniden toprak ve su üzerinde birikirler. Su kütlelerinde sediment hareketleriyle dağılırlar. Çok hızlı süreçler olmamalarına rağmen, .PCB'lerin çevredeki yaygın varlıklarından bu mekanizmaların sorumlu olduğu kabul edilir. Fotodegradasyon yoluyla daha az klorlu konjenerlere parçalanma ve ardından yavaş anaerobik ve/veya aerobik biyodegradasyona uğrama süreçleri ise PCB'lerin çevrede yok olmalarının başlıca yoludur (US EPA, 1994).

4.5. Dioksinin Kaynakları

Eski insanların dokularından alınan örneklerin analizi bugünkü insanlara göre çok düşük PCDD/F düzeyleri göstermiştir. ABD'de endüstriyel merkezlerin yanında bulunan göllerin sedimentlerinin analizi ise dioksin ve furanların 1920'ye kadar oldukça düşük seviyelerde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmalar PCDD/F konsantrasyonlarındaki artışın 1920'lerde başladığını ve 1970'lere kadar sürdüğünü göstermektedir. Bu tarihten sonra konsantrasyonlarda bir azalma gözlenmiştir. Bu eğilimin doğal süreçlerdeki değişikliklerle herhangi bir ilişkisi olmayıp klorofenol üretimi eğilimindeki değişikliklerle uyum gösterdiği belirlenmiştir. Buradan hareketle dioksin benzeri bileşiklerin çevredeki varlığının insan faaliyetleri sonucu oluştuğu sonucunu çıkarabiliriz (US EPA, 1994).

Bu kısımda dioksinlerin oluşum ve emisyonları ile çevreye salındıkları olası kaynaklar hakkında bilgiler verilecektir.

a) Yanma Sırasında Oluşma Teorileri

PCDD/F'lerin çevreye yanma prosesleri kaynaklı emisyonları, birbirini dışlamayan üç temel teori ile açıklanabilir: (1) yakılan atığın içinde bulunması, (2) öncüllerden oluşması, ve (3) de novo oluşumu. Bu teoriler şu şekilde özetlenebilir:

(1) Yakma sistemine beslenen atık madde PCDD/F içeriyor olabilir ve bunun bir kısmı yanma ısısınca sağlanan ısıl gerilimden etkilenmeyip bacadan atmosfere atılır. Bu teori, dioksin ve furan oluşumunun en doğru açıklaması sayılmasa da (bu emisyonların oluşumunda diğer iki kuramın baskın olduğu düşünülür) dioksin benzeri PCB'lerin emisyonunu açıklayabileceği sanılan en basit teoridir.

(2) PCDD/F'ler öncül bileşiklerin ısıl parçalanmaları ve ardından moleküler olarak yeniden düzenlenmeleri sonucu oluşabilirler. Bu öncül bileşikler yapısal olarak PCDD/F moleküllerine benzeyen klorlu aromatik hidrokarbonlardır. Tanımlanan öncül bileşikler arasında poliklorlu bifeniller (PCB'ler), klorlu fenoller (CP'ler) ve klorlu benzenler (CB'ler) bulunmaktadır. PCDD/F'lerin oluşumunun öncül bir bileşiğin kondense olarak uçucu kül partiküllerinin yüzeyindeki tutunma bölgelerine adsorplanması sonucunda olduğu düşünülür. Uçucu kül partiküllerinin yüzeylerindeki aktif bölgeler kimyasal reaksiyonları teşvik ederek PCDD/F'lerin oluşumuna yol açar. Bu reaksiyonların partiküllere sorbe olmuş inorganik klorürlerin varlığı ile katalizlendiği gözlenmiştir. 250-450 °C aralığındaki sıcaklıkların bu reaksiyonların oluşması için gerekli bir koşul olduğu; bundan daha düşük ya da daha yüksek sıcaklıkların ise prosesi engellediği tanımlanmıştır. Dolayısıyla, öncül teorisi sıcaklıkların bu aralıkta olduğu, yakma sisteminin çıkış kısmına ve yakma odasının yüksek sıcaklıklı bölgesinin dışına odaklanır. Bu kısımlar, organik maddelerin yanmasından kaynaklanan gaz ve buharların bacaya, ısı eşanjörüne, kaynama kazanlarına ya da hava kirliliği kontrol ekipmanlarına doğru hareket ederken soğumaya uğradığı bölümlerdir.

(3) PCDD/F'ler, (2)'de tanımlanan, ve soğuk bölge denen kısımlarda de novo olarak sentezlenirler. Bu teoriye göre PCDD/F'ler, moleküler yapı bakımından kendilerine benzemeyen maddelerden oluşmaktadırlar. Daha açıkça söylenirse, bunlar öncül maddeler değildir ve petrol ürünleri, klorlu plastikler (PVC'ler), klorlu olmayan plastikler (polistiren), selüloz, lignin, kok, kömür, partikül karbon ve hidrojen klorür gazı gibi birbirinden farklı maddelerdir. PCDD/F oluşumu, bir klor vericisi (pre-dioksin molekülüne bir klor atomu sağlayan bir molekül) ile bir kimyasal ara maddenin klorlanması, yani öncülün oluşmasını gerektirir. (2) ve (3) no.lu teoriler arasındaki temel farklılık, (2)'de beslenen atıkta bir öncül madde olması gerekiyor iken, (3)'te öncül olarak tanımlanmayan ayrı bir maddenin yanması sonucunda önce öncüllerin, ve sonunda da dioksin benzeri moleküllerin oluşmasıdır (US EPA, 1994).

4.6. Dioksin Benzeri Bileşiklerin Çevreye Salınmalarının Tahmini

Klorlu ve bromlu dioksin ve furanlar, laboratuvarlardaki kimyasal analizlerde kullanılmak üzere üretilmeleri haricinde hiçbir zaman kullanım amaçlı olarak üretilmemişlerdir. Onun yerine çeşitli yakma süreçlerinin ve kimyasal işlemlerin yan ürünü olarak ortaya çıkmışlardır. Dioksin benzeri bileşikler çevreye birçok kaynaktan ve kaynağına göre değişen miktarlarda atılırlar. Bu bakımdan dünyadaki bütün çevresel ortamlarda bulunurlar. Bu bileşiklerin tüm çevresel ortamlarda görülmesi, birçok kaynağın varlığına ve uzun vadeli bir taşınımın olabileceğine işaret etmektedir. Bu konudaki asıl güçlük, belirli bir yerde yerel kaynaklar ile uzaktaki kaynakların görelî etkilerinin nasıl ayırt edilip karşılaştırılacağıdır. Bu konuda endüstriyel bir bölgede yerel kaynakların, kırsal bir bölgede ise uzak kaynakların baskın olacağı kabul edilebilse de, baca yüksekliği, rüzgar durumu, yerel emisyonların büyüklüğü vb. faktörler bu karşılaştırmayı etkileyebilir.

Dioksinlerin çevreye yayılmalarına neden olan kaynaklar temelde dört bölüm olarak incelenebilir:

1. Endüstriyel ve Evsel Prosesler: Dioksin benzeri bileşikler kağıt endüstrisinde, odun hamurunda doğal olarak bulunan fenolik bileşiklerin klorlanması sonucu oluşabilmektedirler. Bu endüstri son yıllarda PCDD/F oluşumunu en aza indirmek için gerekli proses değişikliklerini yapmış ise de, geçmişte, kağıdın ağartılması işlemlerinde klor kullanılmasından kaynaklanan dioksin oluşumları, üretilen kağıtta olduğu kadar endüstrinin sıvı ve katı atıklarında da PCDD/F varlığına yol açmıştır. Ek olarak bazı durumlarda evsel atık çamurunda da dioksin olduğu saptanmıştır.

2. Kimyasal Üretim ve Proses Kaynakları: Dioksin benzeri bileşikler, klor ve klorlu fenoller, PCB'ler, fenoksi herbisitler, klorlu benzenler, klorlu alifatik bileşikler, klorlu katalizörler ve halojenli difenil eterler gibi klorlu bileşiklerin üretimi sırasında yan ürün olarak oluşabilmektedirler. Her ne kadar pek çok klorlu fenolik ara madde ve ürünün, bu arada PCB'lerin de üretimi 1970'lerin sonunda ABD'de yasaklanmış ise de, ürünlerin kullanılmaya devam etmesi ve bu bileşiklerin bertarafı, çevreye PCDD/F'ler ve PCB'lerin atılmasına neden olabilmektedir.

3. Yakma ve İnsinerasyon Kaynakları: Dioksin benzeri bileşikler klor verici bileşiklerin mevcut olduğu pek çok yanma prosesinin sonucunda çevreye atılabilmektedirler. Bu prosesler, evsel katı atıkların, çamurların, klinik ve tehlikeli atıkların yakıldığı atık insineratörleri,; yüksek sıcaklıklı çelik üretimi, ergitme işlemleri ve hurda metal geri kazanım fırınları gibi metalürji işlemleri, ve enerji üretimi için kömür, odun, petrol ürünleri ya da kullanılmış lastik yakılması gibi işlemlerdir.

4. Rezervuar Kaynaklar: Bu bileşiklerin kalıcı ve hidrofobik yapıları, toprakta, sedimentlerde, organik maddede birikim yapmalarına ve atık bertarafı alanlarında yıllarca bozunmadan kalmalarına neden olur. "Rezervuar" denilen bu ortamlardaki dioksin bileşikleri tozlar veya sedimentlerin yeniden süspanse olarak taşınmasıyla doğada yeniden dağılırlar. Bunlar, global düzeyde önemli bir kaynak olmamakla birlikte, yerel bazda önem kazanabilirler. Örneğin, sedimentlerden uçuculaşma ile doğal yollardan, ya da bir takım sondaj işlemleri sonucunda dioksin ortaya çıkabilir. Birikim yoluyla havadan yapraklar üzerine gelen dioksinler orman yangınlarında ya da yaprak kompostlama işlemlerinde yeniden hareketlilik kazanabilirler.

Dioksinlerin olası kaynakları hakkında elde edilen bilgiler son yıllarda iyice artmıştır ve buna paralel olarak emisyon oranlarını azaltmak üzere pek çok proses değişikliği hayata geçirilmiştir (Rappe, 1992). Örnek olarak otomobilde kurşunsuz yakıtların kullanılmaya başlanması (katalitik konvertör kullanımı ve yakıtlara katılan halojenli katkı maddelerinin azaltılması ile birlikte), kağıt endüstrilerindeki proses değişiklikleri, insineratörler için yeni emisyon standartlarının konulması ve yeni kirlilik kontrol tekniklerinin geliştirilmesi ve klorlu fenollü ara ürün ve ürünlerin üretilmesinin azaltılması verilebilir.

Tablo 4.4 Almanya, Avusturya, İngiltere, Hollanda, İsviçre ve ABD'deki tahmini PCDD/F emisyonlarını göstermektedir (US EPA, 1994). Avusturya dışındaki diğer ülkelerde evsel atık insineratörlerinin önemli bir dioksin kaynağı olduğu görülmektedir. Klinik atık insineratörleri, odun yakılması ve metal ergitme/safılaştırma işlemleri de önemli kaynaklar arasındadırlar. Rappe (1992) ve Lexen et al. (1992)'de, demir ve demir dışındaki diğer metallerin ergitme ve safılaştırma işlemlerinin İsveç'teki mevcut dioksin kaynaklarının en büyüğü olduğu öne sürülmektedir. Rappe (1992), çeşitli endüstriyel işlemlerde yapılan değişiklikler ile İsveç'teki dioksin emisyonlarının 1985'teki 400-600 g I-TEQ.yıl⁻¹'dan 1991'de 100-200 g I-TEQ.yıl⁻¹'a düşürüldüğünü belirtmiştir.

ABD'de yapılan tahminler ise ilk olarak US EPA (1994)'de bir araya getirilmiştir. Bu ülkedeki emisyon tahminlerine ilişkin ayrıntılı bir tablo da yine aynı kaynakta ortaya konulmuştur (Tablo 4.5). Bu tabloda her kaynak için havaya, suya, toprağa ve ürüne yönelik ayrıntılı tahminler (veriler güvenilir ve yeterli olduğu müddetçe) verilmektedir. Buradaki "ürünler" terimi dioksin benzeri maddeler içeren ve kullanımları sonucunda çevreye dioksin atılmasına neden olabilecek ürünleri tanımlamaktadır. Tahminler her emisyon kaynağı için bir "emisyon faktörü" (örn. G TEQ/kg işlenen ürün) ve bir "üretim" (örn. kg yıllık üretilen madde miktarı) üzerinden yapılmıştır. Her emisyon kaynağı için bu iki terime ilişkin elde edilen bilgilerin nicelik ve niteliği değişik olduğu için, tahmin değerleri "yüksek", "orta" ve "düşük" şeklinde bir güvenlik sıralamasına tabi tutulmuşlardır. Ek olarak bu

tahminlerin belirsizliği her kaynak için bir orta ya da “en iyi tahmin” değerinin yanında olası düşük ve yüksek tahmin değerleri de sunulmuştur (US EPA,1994).



Tablo 4.4. Çeşitli Ülkeler İçin Atmosfere Atılan PCDD/F Tahmini Değerleri (US EPA, 1994)

Emisyon Kaynakları	Almanya (g TEQ.y ⁻¹)	Avusturya (g TEQ.y ⁻¹)	İngiltere (g TEQ.y ⁻¹)	Hollanda (g TEQ.y ⁻¹)	İsviçre (g TEQ.y ⁻¹)	ABD (g TEQ.y ⁻¹)
Endüstriyel ve Eysel Prosesler						
Kağıt Endüstrisi	-	4	-	-	1-5	2.7
Eysel Çamur İnsinerasyonu	0.01-1.1	<1	-	0.3	-	23
Kimyasal Üretim İşlemleri						
Organik Kimyasallar	-	-	-	0.5	-	-
Yakma ve İnsinerasyon Kaynakları						
Eysel Atık İnsinerasyonu	5.4-432	3	1150	382	90-150	3000
Tehlikeli Atık İnsinerasyonu	0.5-72	6	11	16	<1	35
Klinik Atık İnsinerasyonu	5.4	4	32	2.1	2-3	5100
Çimento Fırınları	-	-	-	-	-	350
Metallürji İşlemleri						
Lastik Yakma	-	-	-	-	-	0.3
Demir Ergitme/Saflaştırma	1.3-18.9	19 ^a	-	30	6-16	-
Diğer Metalleri Ergitme/Saflaştırma	38-380	-	-	-	-	230
Atık Elektrik Kablolarının Geri Kazanımı	-	-	-	1.5	-	-
Varil İşlenmesi	-	-	-	-	2-14	1.7
Güç/Enerji Üretimi						
Kurşumlu Benzin Kullanımı	7.2	<1 ^b	613 ^b	7.0 ^b	-	-
Kurşunsuz Benzin Kullanımı	0.8	-	-	-	-	1.3
Dizel Yakıt Kullanımı	4.6	-	-	-	3-22	86
Oduun Yakma	-	70	16	12	-	40 ^c ;320 ^d
Kömür Yakma (Isınma Amaçlı)	1.1	<1 ^e	989	3.7	-	-
Kömür Yakma (Endüstriyel Amaçlı)	-	-	301	-	-	-
Kömür Yakma (Kullanım Amaçlı)	-	-	199	-	-	-
Petrol Yakma (Isınma Amaçlı)	1.2	-	2	-	-	-
Kar Kömürü Yakma (Isınma Amaçlı)	1.8	-	-	-	-	-
TOPLAM	67-926	<109	3870	484	100-200	9200

^a Tüm metallürji işlemleri için.

^b Toplam yakıt türleri için.

^c Eysel ısınma amaçlı

^d Endüstriyel kullanım için.

^e Toplam kömür yakma işlemleri için.

Tablo 4.5. ABD'deki Dioksin Kaynaklarının Çok Ortamlı Olarak Tahmini (US EPA, 1994)

Emisyon Kaynakları	Çeşitli Çevresel Ortamlara Emisyonlar (g TEQ/yıl)															
	Hava				Su				Toprak/Depolama Alanları				Ürün			
	Düşük	Orta	Yüksek	GD ^a	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yük.	GD
Endüstriyel ve Evsel Prosesler																
Kağıt endüstrisi	b	b	b	-	74	110	150	H/H	71	100	140	H/H	110	150	210	H/H
Arıtma tesisleri	c	c	c	-	-	-	-	-	150	210	290	H/H	2.5	3.6	5.0	H/H
Kimyasal Üretim ve Prosesler																
Klorofenoller	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG	-	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-
Klorobenzenler	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG	-	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-
Alifatik klorlu bileşikler	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioxazine boya/pigment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pestisitler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yakma ve İnsinerasyon Kaynakları																
Evsel atık insineratörleri	1300	3000	6700	H/M	NEG	NEG	NEG	-	410	1800	4000	M/M	NA	NA	NA	-
Tehlikeli atık insineratörleri	11	35	110	M/L	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
Klinik atık insineratörleri	1600	5100	16000	M/L	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
Kraft black sıvı kazanları	0.9	2.7	4.3	H/M	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
Evsel çamur insineratörleri	10	23	52	H/M	NEG	NEG	NEG	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
Karbon reak. Fırınları	0.06	0.1	0.3	L/M	NEG	NEG	NEG	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-
Çimento fırınları	110	350	1100	H/L	-	-	-	-	7.6	24	76	H/L	-	-	-	-

Tablo 4.5 (devam). ABD'deki Dioksin Kaynaklarının Çok Ortamlı Olarak Tahmini (US EPA, 1994)

Emisyon Kaynakları	Çeşitli Çevresel Ortamlara Emisyonlar (g TEQ/yıl)															
	Hava				Su				Toprak/Depolama Alanları				Ürün			
	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD
Metalurji Prosesleri																
Demir ergitme/saflaştırma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG
İkincil bakır ergitme/saflaş.	74	230	740	H/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG
İkincil kurşun ergitme/saflaş.	0.7	1.6	3.5	M/M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG
Atık elektrik kablo, geri kaz.	NEG	NEG	NEG	-	NEG	NEG	NEG	-	NEG	NEG	NEG	-	NEG	NEG	NEG	NEG
Varil işleme	0.5	1.7	5.4	L/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NEG	NEG	NEG
Güç/Enerji Üretimi																
Lastik yakma	0.1	0.3	1.0	H/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA
Kurşunlu benzol kul.	^a	^a	^a	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA
Kurşunsuz benzol bul.	0.4	1.3	4.1	H/L	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA
Dizel kullanım	27	85	270	H/L	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA
Oğun yakma (ısıma))	13	40	63	H/M	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA
Oğun yakma (endüstriyel)	100	320	1000	H/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA
Kömür yakma (ısıma)	-	-	-	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA
Kömür yakma (endüstriyel)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA
Kömür yakma (kullanım)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA

Tablo 4.5 (devam).ABD'deki Dioksin Kaynaklarının Çok Ortamlı Olarak Tahmini (US EPA, 1994)

Emisyon Kaynakları	Çeşitli Çevresel Ortamlara Emisyonlar (g TEQ/yıl)															
	Hava				Su				Toprak/Depolama Alanları				Ürün			
	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD	Düşük	Orta	Yüksek	GD
Petrol yakma (ısıma)	-	-	-	-	NA	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
Kar kömürü yakma (ısın.)	-	-	-	-	NA	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
Rezervuar Kaynaklar																
PCP ^a uygulanan yüzeyler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orman yangınları	27	86	270	M/L	NA	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	-
TOPLAM	3300	9300	26000	-	74	110	150	-	1000	2100	4500	-	110	150	220	-

^a GD: Güvenlik derecesi. İlk harf "üretim" tahminine, ikinci harf ise "emisyon faktörü" ne ilişkindir. (H: yüksek derecede güvenilir; M: orta derecede güvenilir; L: düşük derecede güvenilir tahminleri gösterir.)

^b Kraft black sıvı kazanlarına bakınız.

^c Eysel çamur insineratörlerine bakınız.

^d ABD'de kurşunlu benzin kullanımı yasaklanmıştır.

^e Pentaklorofenol.

NA: Uygun değil, NEG: İhmal edilebilir derecede düşük, BOŞLUK: Tahmin için yeterli veri yok.

4.7. Dioksinlerin Toksik Etkileri

4.7.1. Genel Açıklamalar

Toksikolojik literatürün değerlendirilmesi bakımından dioksin ve benzer bileşiklerin hayvanlar ve tahminen insanlarda, yeterli dozda olması durumunda geniş spektrumda etki üretme kabiliyetleri olduğu bilinmektedir. Dioksin benzeri bileşiklere devamlı maruz kalmaya bağlı olarak insanlarda nispeten birkaç kronik etki gözlenmiştir. Epidemiyolojik veriler şu faktörler nedeniyle sınırlıdır: Genel nüfus için birden çok, spesifik bireysel dioksin etkisinin ölçülememesi; daha yüksek derecede maruz kalmış gruplar hakkındaki çalışmaların azlığı; sonuçların seyrek, maruz kalmanın düşük ve çalışılan grubun küçük olduğu durumlarda dioksine maruz kalmış ve görece maruz kalmamış gruplar arasındaki farklılıkların yeterince belirlenememesi, ve tüm potansiyel olarak maruz kalma etkilerinin miktarlarını belirlemedeki zorluklar (US EPA 1994b).

4.7.2. Klorakne

Klorakne ve benzeri dermatolojik değişiklikler geniş çapta TCDD ve diğer dioksin benzeri bileşiklerin etkileri olarak tanımlanmaktadır. Klorakne, yüksek seviyede dioksine maruz kalmayı takip eden aylar içerisinde gelişen, acı veren akne benzeri bir durumdur. Birçok birey için, maruz kalmanın devam etmemesi halinde bu durum kaybolur. Diğerleri için yıllarca sürebilir.

Klorakne devamlılığının süresi 25 yıl olduğu halde 40 yılın üzerinde süren klorakne devamlılığı durumları gözlenmiştir. Hangi dozda hangi kloraknenin oluştuğunu tespit etmek için çok az veri vardır. Mesleki çalışmalardan elde edilen veriler göstermektedir ki klorakne devamlılığı yüksek derecede maruz kalma ile, uzun zaman aralığında ve erken yaşlarda başlaması ile bağlantılıdır. Akut maruz kalma veya kronik düşük seviyede maruz kalma, eğer klorakne ile sonuçlanıyorsa, birkaç aydan birkaç yıla kadar süren bir iyileşme durumu ile sonlanır.

4.7.3. Kanserojenlik

EPA'nın 1988'deki TCDD ve benzeri bileşiklerin kanserojenliğine bağlı insan veri tabanını incelemesinden beri birçok yeni ölüm oranı çalışmaları tamamlanmıştır. Bunlardan en önemlileri Fingerhut tarafından 5172 işçi ile 1991 yılında yapılan çalışma, Monz tarafından 1583 işçi ile 1991 yılında yapılan çalışma, Zober tarafından 247 işçi ile 1990 yılında yapılan ufak çalışma ve 18 000'den daha fazla işçi ile Saracci tarafından 1991 yılında yapılan çalışmalardır. Bu çalışmaları yorumlamada bir belirsizlik olduğu halde (çünkü, bütün potansiyel yıpratıcı etkiler ortadan kaldırılamamakta ve diğer kanserojenlerle tesadüfen maruz kalma mümkün olmaktadır), bütün çalışmalar dioksin ve benzeri bileşiklere maruz kalma ile kanser ölümlerindeki artış arasında bir bağ olduğunu göstermektedir. Saracci'nin çalışması dışındaki diğer çalışmalar, etki dozunu belirlemeye olanak veren bazı maruz kalma bilgilerine sahiptir. Buna ek olarak, Bartazzi (1993)'te Seveso'daki klorofenoksi herbisitleri, klorofenoller ve dioksinlere maruz kalan kadınlar hakkında daha sınırlı sonuçlar mevcuttur (US EPA 1994b).

Epidemiolojik çalışmalardan elde edilen veri tabanları tartışmalar yaratsa da, bu kanıtlar laboratuvar verilerini destekleyerek TCDD'nin kanser ölümlerini çeşitli şekillerde artırdığını göstermektedirler. Hiçbir çalışmada bütün engeller bertaraf edilemediği halde mesleki maruz kalmaların bilinen kaynağa uzaklığı ve yakınlığı bazı bilgiler ile birleştirilerek dioksine maruz kalma ile insan vücudunun kabul edebileceği değer ve kanser arasındaki pozitif bağ belirlenmiştir. Bu veriler tek başına dioksine maruz kalmanın kanserojen etkiye katkıda bulunan bir rol oynadığını göstermekle birlikte dioksine maruz kalma ile kanser artışlarındaki kesin olmayan ilişkiyi onaylamamaktadır. Bu nedenle insanda kanser tehlikesinin değerlendirilmesi, bütün var olan hayvanların değerlendirilmesi ve maruz kalmış insan topluluklarından elde edilen verileri kapsamak zorundadır.

Epidemioloji verilerinin analizi, dioksine daha yüksek derecede maruz kalmış olan yetişkin erkekler üzerinde yapılan çalışmaların dioksin benzeri bileşiklerin potansiyel multisid kanserojenler olarak kabul edilmesi yönünde bir görüşü ortaya çıkarmıştır. Dioksin benzeri bileşiklere maruz kalmış kadınlar ve çocuklarla ilgili çok az veri

vardır. Bu konuda bir belirsizlik olsa da kanser bulguları ile laboratuvar hayvanlarıyla yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar genellikle tutarlıdır.

Diğer taraftan, dioksin ve benzer bileşiklerin kanserojenliği hakkında hayvanlar zerinde yapılan çalışmalardan elde edilen kapsamlı veri tabanları mevcuttur. Farelerin her iki cinsi üzerinde uygulanan uzun süreli biyo-özümlemeli uygulamalara dayandırılan laboratuvar alışmaları, 2,3,7,8 TCDD'nin kanserojen olduğuna dair yeterince kanıt sunmaktadır. Bütün alışmalar, pozitif sonuç üretmiştir. Bunlar, TCDD'nin uygulandığı alanlardan daha uzak alanlarda tümör etkisini arttırarak ve izin verilen maksimum dozun çok altında çok aşamalı kanserojen olduğu sonucuna işaret etmektedir. TCDD aynı zamanda TCDD'nin öldürücü etkilerine karşı nispeten dayanıklı olan hamsterler üzerinde de kanserojen etki göstermiştir. Diğer dioksin benzeri bileşiklerin kanserojenliğini kanıtlamak için bir kaç araştırma yapılmıştır. Bunlar genellikle bu bileşiklerin birikim ve toksisite niteliklerinin TCDD ile benzer olduğunu ve dolayısıyla aynı şekilde kanserojen olduklarını belirtmektedirler (US EPA 1994b).

TCDD'nin uzun süreli kanser biyo-çözümlemelerinde tam bir kanserojen olduğunun ispatına ek olarak, birçok dioksin benzeri PCDD'lerin ve PCDF'lerin de, birçok PCB'ler gibi, kemirgenlerin karaciğer ve derilerinde iki aşamalı (başlangıç-ilerleme) tümör ilerletici olduğu kanıtlanmıştır. Başka bir alışma, TCDD'nin düşük konsantrasyonlarında, canlı insan hücresi kültüründe neoplastik taşınım özelliğine sahip olduğunu kanıtlamıştır. Dioksin ve benzer bileşiklerin genotoksik olarak kabul edilmediği dönemlerde, yapılan deneysel veriler ve modellemeler, bunlara dolaylı olarak maruz kalmış hücrelerde geri dönüşümü olmayan genetik değişiklikler üretme konusunda faal olabileceği sonucunu ileri sürmektedir. Bütün bu veriler dioksin ve benzeri bileşiklerin en az birkaç durum altında insan üzerinde muhtemelen kanserojen olduğuna dair var olan kanıtları doğrulamaktadır.

Özetle, dioksin ve benzeri bileşiklere maruz kalmış insan toplulukları üzerinde yapılan çalışmalarda oluşan veriler, hayvanlarda yapılan ve epidemiolojik çalışmalarla birlikte, bu bileşiklerin insan üzerinde kanserojen etkilerinin olduğu yönündeki kamıyı güçlendirmektedir (US EPA 1994b).

4.7.4. Üreme ve gelişme etkileri

Hayvanlarda üreme ve gelişmeyi etkileyen bir toksisiteye sebep olan dioksin ve benzeri bileşiklerin potansiyel riskleri yıllar öncesinden tanımlanmıştır. Günümüzdeki laboratuvar çalışmaları da göstermektedir ki, şekil değişikliğine sebep olan gelişmenin insanlarda oluşma ihtimali ve etki seviyesi daha az belirgin olduğu halde, laboratuvardaki hayvanlarda TCDD etkisi daha açıktır. Geçerli yaklaşıma göre, hayvan sistemlerinde dişi ve erkek üreme toksisitesi, belirli TCDD'ye maruz kalma seviyelerinde gözlemlenmektedir. Balık ve kuşlarda gelişme toksisitesine sebep olan en düşük etkili tahrip edici TCDD ve memelilerde geniş bir etki aralığı üreten en düşük etkili kabul edilebilir TCDD konsantrasyonları literatürde mevcuttur. Risk belirleme sürecine ilişkin önemli bir gerçek de şudur ki, geniş çeşitlilikteki gelişme olayları, çaprazlama üç omurgalı sınıfı ve her bir sınıfın içindeki birçok özellik bazında yapılan çalışmalarda, dioksinin özel gelişme aşamalarında çok sayıdaki kritik gelişme olaylarını bozucu potansiyele sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişiklikler sadece embriyoda ölümlerin artmasına yol açmayıp aynı zamanda organ sistemlerinin yapılarında ve fonksiyonlarında geri dönüşümü olmayan bozulmalara da sebep olabilir.

Balıklar, kuşlar ve memelilerde, TCDD ve benzeri türlere maruz kalmayı takiben oluşan ve gelişmeyi etkileyen toksisite, muhtemelen insanlarda da aynı seviyede oluşacaktır. İnsanların üreme ve gelişme fonksiyonlarındaki ters etkilere nasıl ve hangi seviyede tepki vereceğini kesin olarak ifade etmek mümkün değildir. Geleneksel toksisite çalışmaları insanlar için hiçbir kötü etkinin gözlenmediği düzeyin (NOAEL) $1 \text{ ng. kg}^{-1} \text{ vücut ağırlığı.gün}^{-1}$ civarında olduğunu göstermektedir.

4.7.5. Bağışıklık toksisitesi

Kimyasalların potansiyel toksik etkilerinin bağışıklık sistemi ile alakası, bağışıklık sisteminin iyileşmede oynadığı kritik rolden doğmaktadır. Bastırılmış bağışıklık fonksiyonlarının kanser gibi hastalıklara ve bunların etkilerinin artmasına sebep olabileceği belirtilmiştir. Bağışıklık sisteminin, TCDD ve yapısal bileşiklerinin toksisitesi için bir hedef olduğunu ispatlayan kanıtlar mevcuttur. Bu kanıtlar çeşitli

hayvan türlerinde yapılan sayısal çalışmalardan elde edilmiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, bazı bağışıklık toksisitesi etkilerinin, düşük seviyeli dioksine maruz kalmalarda oluşabileceğini ileri sürmektedir. Dolayısıyla insanlar için de bağışıklık sistemi üzerinde dioksinin doğrudan veya dolaylı etkileri olabileceği varsayılmaktadır (US EPA 1994b).

4.8. Tolere Edilebilir Doz

Dioksinlere maruz kalma açısından bir “tolere edilebilir doz” (TDI) olup olmayacağı hakkında US EPA ile Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) yaklaşımları farklıdır. US EPA, PCDD/F’leri “güçlü kanserojenler” olarak nitелеmekte ve bu tür bileşikler için bir TDI değerini olmayacağını, “sıfır risk”in ancak “sıfır doz” ile mümkün olabileceğini ileri sürmektedir (HMIP 1996). EPA, bunun yerine Bölüm 4.9’da açıklanan “kabul edilebilir risk” kavramına dayalı istatistiksel yaklaşımı benimsemiştir.

WHO’nun PCDD/F’lere ilişkin olarak kabul ettiği TDI değeri $10 \text{ pg-TEQ.kg}^{-1}$ vücut ağırlığı.gün⁻¹’dir. Ancak WHO bu değeri, “maruz kalmayı azaltmak için gösterilebilecek her çaba gösterilmelidir” yaklaşımıyla, hayvanlarda yapılan çalışmalarda elde edilen “gözlenen en küçük etki düzeyi” (LOAEL) değerinin 10 belirsizlik faktörüne bölünmesiyle bulunan “hiçbir kötü etkinin gözlenmediği düzey” (NOAEL) olarak, $1-4 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ aralığına çekmiştir (WHO 1999, van Leeuwen et al, 2000). Hatta bu yaklaşım Alman Federal Sağlık Bakanlığı tarafından benimsenmiş ve TDI değeri $1 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ olarak kabul edilmiştir (Alawi et al, 1996).

4.9. Kabul Edilebilir Risk

Kanserojen bileşiklerin neden olduğu risk için EPA istatistiksel bir yaklaşımla “kabul edilebilir risk” tanımını benimsemektedir. 1970’lerden beri değişmeyen bu yaklaşıma göre, kanserojen maddeler için 10^{-4} (on binde bir) ile 10^{-6} (milyonda bir) aralığındaki yaşam boyu kanser riski değerlerini “kabul edilebilir risk” olarak tanımlamaktadır.

EPA 1×10^{-6} değerini bir hareket noktası olarak kabul etmektedir, ki bu, bunun üzerindeki risklerin kabul edilebilir olması için hafifletici nedenler olması gerektiği anlamına gelmektedir. Ancak bu değer son derece küçük olup üzerinde gerçek gözlemler yapılması çok güç hatta imkansızdır. (Valberg et al, 1996). ABD’de yapılan istatistiklere göre ölüm riskini aynı oranda, yani milyonda bir artıran eylemlerden bazıları şunlardır: 1.4 tane sigara içmek ya da sigara içen birisiyle iki ay yaşamak (kanser, kalp hastalıkları); yarım litre şarap içmek (siroz); New York ya da Boston’da iki gün geçirmek (hava kirliliği); bisikletle 15 ya da arabayla 50 km yolculuk etmek (kaza); iyi bir hastanede göğüs röntgeni çekirmek (radyasyon kaynaklı kanser); 100 adet kömürde kızartılmış biftek yemek (benzo(a)pyrene kaynaklı kanser) vb. Şunu da belirtmek gerekir ki, tüm kanser olayları ölümle sonuçlanmadığından dolayı, kanser riski ölüm riski ile aynı değildir.

Diğer yandan 10^{-6} ’lık risk değeri, EPA’nın tehlikeli atık depolama alanlarından kaynaklanan katkısız kanser risklerini azaltma yönündeki çalışmalarda, hedef olarak belirlediği değerdir. Bu değer, yine ABD’de bir insanın ömür boyu kanser olma riski olan 0.25 (% 25) ile karşılaştırıldığında çok küçüktür. Ancak yine de, tüm insanları değil de, sadece tehlikeli atık alanlarının yakınında oturan insanları ilgilendirdiği için bilimsel açıdan anlamlı bulunmaktadır (LaGrega et al, 1994).

Bu yaklaşımda ömür boyu kanser riski, kimyasalın günlük dozu ile kimyasala özgü kanserojenlik eğim faktörünün çarpılmasıyla bulunur. Bu çarpım, bu kimyasala ömür boyu maruz kalınmasından doğan kanser olasılığını verir (LaGrega et al, 1994):

$$\text{Risk} = \text{CDI} \times \text{SF} \quad (4.1)$$

Burada;

CDI = Kronik günlük doz ($\text{mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$),

SF = Kanserojenlik eğim faktörü, (kg.d.mg^{-1}).

EPA tarafından dioksinler için verilen kanserojenlik riski, ya da eğim faktörü $100\ 000\ \text{kg.d.mg}^{-1}$ 'dir. Bu değerin, oldukça aşırı bir durumu gösterdiği, insineratör emisyonlarından kaynaklanan küçük dozlar için daha düşük bir değerin daha gerçekçi olacağı yolunda eleştiriler mevcut olsa da (Zemba et al, 1996), bu yargı henüz deneysel çalışmalarla doğrulanamamıştır ve halen kullanılmaktadır.

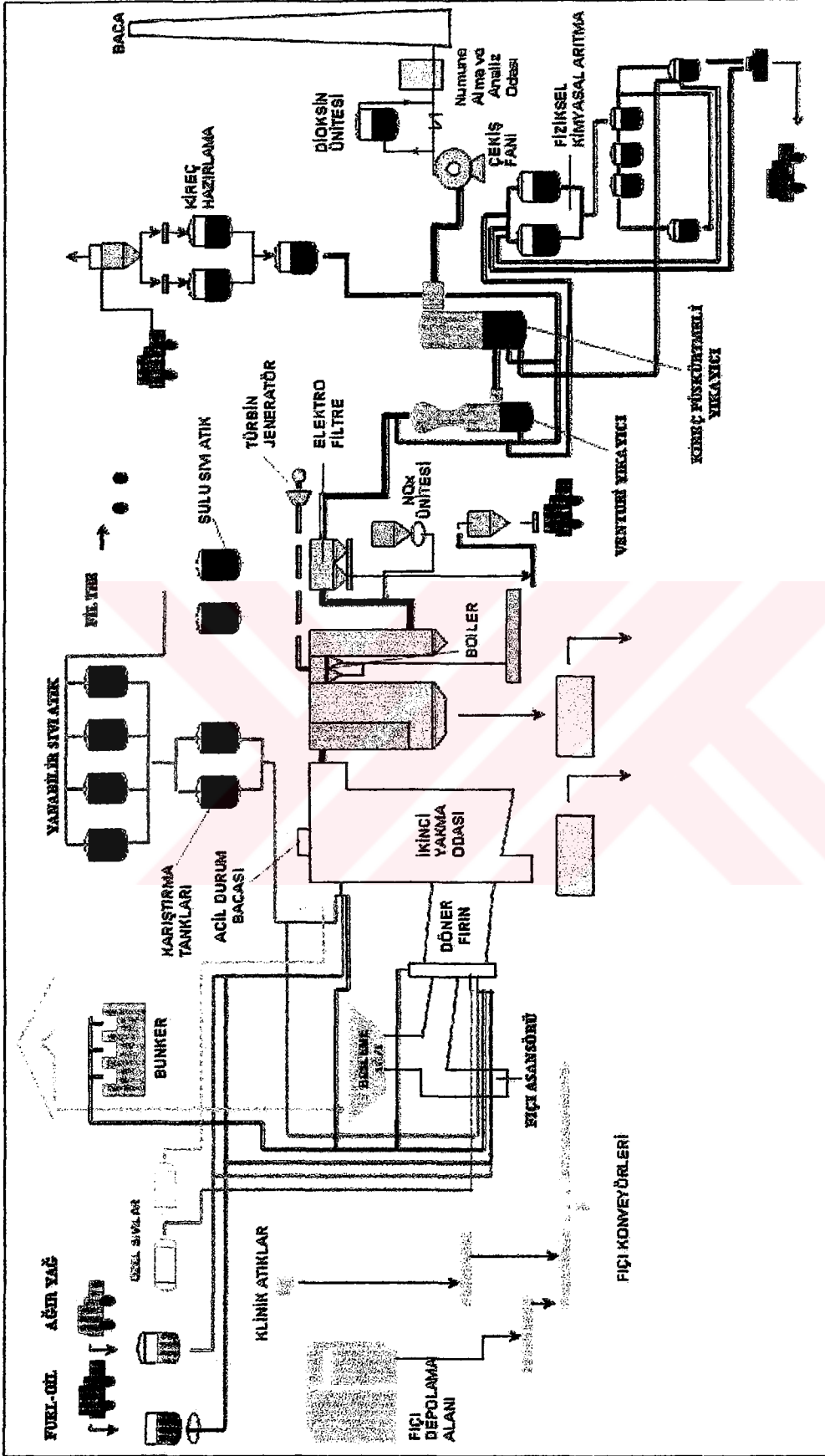


BÖLÜM 5. İZMİT KLİNİK VE TEHLİKELİ ATIKLARI YAKMA VE ENERJİ ÜRETİM TESİSİ (İZAYDAŞ) PROSES TANITIMI

İZAYDAŞ tesisi, İzmit' in 15 km doğusunda ortalama yükseltisi 130 m olan bir tepe üzerinde, 40.000 m²'si "Yakma Tesisi" olmak üzere toplam 800.000 m²'lik bir alanda kurulmuştur. Baca yüksekliği 65 m'dir. İZAYDAŞ'ı düzenli depolama alanları ve yakma tesisi olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır. Tesis kapasitesi 35.000 ton.yıl⁻¹ olup performans testlerini takiben devreye alındığı 28 Kasım 1997 tarihinden itibaren yaklaşık % 20 randımanla çalışabilmektedir (Oktor 2001). Atıkların yakılması amacıyla sadece ilimiz Kocaeli' den değil aynı zamanda Bolu, Sakarya, Yalova, Bilecik ve Bursa civarından da atık kabul edilmektedir.

5.1. Yakma Tesisi

Yakma tesisi; endüstriden kaynaklanan atıklar; ilaç-hastane atıkları, plastik ve lastik atıkları, kozmetik atıklar, kullanılmış yağ, petrokimya atıkları, gres ve yağlı atıklar, solvent, boya, atık boya döküntüleri, yapıştırıcı ve yapışkan, boya ve arıtma çamurları gibi doğa, canlı ve yeraltı suları için tehlikeli atıkların bertaraf edildiği bir tesistir. Civa ve civa bileşikleri, patlayıcı ve radyoaktif maddeler, mezbaha atıkları, dışkı ve kadavralar tesise kabul edilmezken, her atığın tesis laboratuvarlarında görünüş, koku, kıvam, yağ-su-çamur oranı, yanma, halojen miktarı, kalorifik değer, pH, iletkenlik gibi parametreleri analiz edilmektedir. Tesisin kapasitesi ise 35.000 ton/yıldır. Beş ana bölümden oluşmaktadır: Ara Depolama, Yakma, Buhar ve Enerji Üretme Sistemi, Atık Gaz Temizleme Sistemi, Kül ve Cüruf Toplama Sistemi. Tesisin proses akım şeması Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. İzaydaş Yakma Tesisi Proses Akım Şeması (İZAYDAŞ 1999).

5.2. Ara Depolama

Yakma tesisi, bunker (yanabilir katı ve cüruflar için), tank çiftliği (sıvılar için) ve fiçı deposu (fiçı ile bertaraf edilecekler için) olmak üzere üç ayrı özellikte ara depolama alanına sahiptir.

5.3. Yakma

Yakma işleminin en önemli verisi şüphesiz yakma menüsüdür. Yakma işlemi atığın depolama alanlarından yakma menüsündeki miktarlarda beslenmesi ile yapılmaktadır. Yakma menüsü, laboratuvar tarafından yaklaşık %48.8 katı atık, %24.4 yanabilir sıvı atık, %12.2 sulu atık, %9.8 fiçı, %2.4 özel sıvı atık ve %2.4 klinik atık olacak şekilde hazırlanır ve kontrol odası operatörlerince uygulanır. Yakma tesisi menü kompozisyonu \cong 4100 kg/h olarak dizayn edilmiştir. Emisyonların yasal limitler düzeyinde veya altında olması için belirli bazı kirleticilerin atık gaz içinde minimum konsantrasyonda olmasına dikkat edilmelidir. Bu amaçla yakma menüsü, klor max %4, iyot, brom, flor max. %5, fosfor max. %1, ağır metal max. %1 olacak şekilde hazırlanır. Atıkların yakılarak bertarafı, birbirine bağlı yatay silindirik döner fırın ve dikey silindirik ikinci yakma odası olmak üzere iki kademedir oluşmaktadır.

5.3.1. Döner fırın

Gövdesi 25 mm çelik saçtan yapılmış, içi refrakter tuğla ile kaplanmış olan döner fırın yaklaşık % 1 eğimli yatay silindirik ve ekseni etrafında tahrik motoru ile dönen bir sistemdir. Bertaraf işlemine başlanabilmesi için döner fırının ısısının 850-875 °C'ye çıkarılması sistemin ön koşulu olup bu işlem fuel-oil ile yapılmaktadır. Döner fırın ısı 425-450 °C'lere ulaştığında, ekseni etrafında dönme hareketi otomatik olarak başlamakta ve bertaraf etme işlemi sırasında atık miktarı ve özelliğine göre devir hızı kontrol odası operatörlerince ayarlanmaktadır. Bu hız genelde 5-8 devir/h seçilirken gerekli hallerde 30 devir/h'lere çıkarılmaktadır ki, bunun en önemli sebebi atığın aksenel karışması ve iyi bir hava karışımına ulaştırılmasıdır. Tam yanmanın sağlanabilmesi ve iyi bir hava karışımının temini için bunkerden emme fanları ile sekonder hava döner fırına verilir. Döner fırında % 8'lik oksijen otomatik olarak sağlanır. Döner fırına transfer edilen atıkların 900-1100 °C' de yakılması ile cüruf

çıkışı 100-150 dakikalık periyotlarla gerçekleşir. Dolayısıyla atıkların döner fırın ısısı ile her adımda tam ve defalarca karşılaşması sağlanır. Bu ilk kademe yakma sonucu % 15 civarında artık yanamayan cüruf, döner fırın ve ikinci yakma odası birleşim yerinden ıslak cüruf konveyörüne dökülerek konteynerlere alınır. Döner fırında yakılan atıklardan çıkan atık gazın buradan ikinci yakma odasına geçişi 10-15 saniyelik bir sürede tamamlanır (Çetin 2001).

5.3.2. İkinci yakma odası

Döner fırına bitişik ve dikey silindirik konumda olan ikinci yakma odası, döner fırından gelen atık gazın daha yüksek ısıda yakılarak tam parçalanması amacı ile 1050-1200 °C işletme ısısına sahiptir. Ayrıca her yakma odasına özel sıvı, sulu sıvı, yanabilir sıvı atıklarla, tank çiftliğindeki azotla hava korunması yapılan tanklardan ve titreşimli ızgaradan gelen kullanılmış azotun taşıdığı buharlaşma sonucu açığa çıkan inert gaz da lenslerle alınarak bertaraf edilir. İkinci yakma odası da döner fırında olduğu gibi içi ısı yalıtım amaçlı refrakter tuğla ile kaplanmıştır.

5.4. Boiler Sistemi

Boiler sistemi; 2500 m² soğutma yüzeyine sahip radyasyon, süper heater ve ekonomazer bölümleri ile steam dramdan oluşmuştur. Demineralize bölümünde üretilen maksimum 0.2 µs/m iletkenliğindeki, anyon ve kationlarından arındırılmış su boiler sistemde sirküle edilir. İkinci yakma odasından 1100-1200 °C'de gelen atık gaz bu bölümde şok soğutmaya uğrarken radyasyon ve süper heater bölümlerinde çekiçleme, ekonomazer bölümünde ise bilyalama sistemleri ile boru yüzeylerine yapışan tozlardan temizlenerek iyi bir ısı transferi sağlanır. Radyasyon ve süper heater boru yüzeylerinden çekiçleme sistemi ile ve ekonomazer bölümünde bilyalama sistemi ile dökülen tozlar kapalı ve ısıtmalı konveyör bant ile kül silosuna alınır. Atık gaz, sistemi terk ederken 170-200 °C'ye soğutulmuş olurken 27 ton/h, 350 °C ve 40 bar'da elde edilen buhar türbin-jeneratöre girmektedir. Boiler sisteminden çıkan atık gaz, temizleme sistemine gelir (Çetin 2001).

5.5. Atık Gaz Temizleme Sistemi

Tesis maliyetinin $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturan bölüm; elektrostatik filtre, venturi yıkayıcı ve acil su sistemi, kireç püskürtmeli yıkayıcı, fiziksel/kimyasal arıtma, çekiş fanı, baca gazı analiz odası, baca ünitelerinden oluşmaktadır.

a) Elektrostatik Filtre: İki bölümden oluşan, ihtiva ettiği elektrotlarda 60.000 voltluk gerilimle atık gazın toz içeriğinin % 99'unu tutan sistemdir. Elektrotla tutulan toz çekişleme sistemi ile dökülerek ısıtma donanımlı kapalı konveyör sistemi ile kül silosuna taşınır.

b) Venturi Yıkayıcı: 170-200 °C' de gelen atık gaz yıkama sıvısı ile ters akış prensibine göre temasa geçerek su buharlaşması nedeniyle doyma sıcaklığına kadar soğumaktadır. Soğutma prosesinde baca gazı yıkama sıvısı ile temasa geçtiğinde HCl, HF, Br ve Zn, Fe, Hg gibi ağır metaller absorbe edilmekte ve bunun sonucunda yıkama sıvısının pH'ı 0.5-1.5'a kadar düşmektedir. Yıkama sıvısı % 10'luk Ca(OH)₂ ihtiva etmekte olup, 2 sirkülasyon pompası ile (1'i yedek) sirküle ettirilmektedir. Zamanla kirlenen yıkama sıvısının bir kısmı, sistemden çekilerek fiziksel ve kimyasal arıtma ünitesine gönderilmektedir. Venturi yıkayıcısını aşırı ısıya karşı korumak için 10 m³'lük su tankı ve iki adet püskürtme nozulundan oluşan acil su sistemi mevcuttur.

c) Kireç Püskürtmeli Yıkayıcı: Atık gaz, pH'ı 5.5-6 olan yıkayıcıya üstten girerek (% 10 kireç konsantrasyonlu) yıkama sıvısı ile ters akış prensibine göre karşılaşır. Kükürtlü bileşikler oksidasyon havası ile sülfatlı bileşiklere yükseltgenerek tutulur. HCl ve HF' nin geri kalanı atık gazdan temizlenir. Yıkama çözeltilisi sürekli olarak hidrosiklona gönderilmekte ve kirlilik yükü istenen değerden yüksek olduğunda otomatik olarak fiziksel ve kimyasal atıksu arıtma ünitesine yönlendirilerek yıkama çözeltilisinin yenilenmesi sağlanmaktadır.

d) Fiziksel ve Kimyasal Atıksu Arıtma Ünitesi: Atık gaz temizleme sistemindeki proseslerden kaynaklanan atıksuların kirleticilerden arıtılması için kurulmuştur. Fiziksel ve kimyasal atıksu arıtma ünitesinde, atıksular arıtma işlemlerine tabii tutularak atıksu kirlilik yükü alıcı ortam giriş standartlarına indirgenmektedir.

e) Ana Emme Fanı: Baca gazının sistem içerisinde emilerek atmosfere verilmesi ile beraber yakma sistemini negatif basınç altında tutarak sızdırmazlığı sağlamaktadır.

f) Baca Gazı Analiz Odası: Tesiste, fiziksel ve kimyasal olarak temizlenen gaz, bacadan atmosfere verilmeden önce baca gazı emisyonlarının sürekli olarak izlenmesi amacı ile kurulmuş olan baca gazı analiz odasına alınır. Burada CO, CO₂, HCl, HF, SO_x, NO_x, TOC, toz, H₂O ve O₂ gibi emisyon parametrelerinin analizi yapılır ve ölçümler iki dakikada bir otomatik olarak kaydedilir. Bu değerlerden elde edilen yarım saatlik ortalama değerler modem vasıtası ile Kocaeli Valiliği Çevre İl Müdürlüğü, İzmit Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı ve İzaydaş Genel Müdürlüğü'nde kurulmuş olan bilgisayarlara gönderilir. Böylece ölçüm sonuçlarını her an denetim altında tutmak mümkün olmaktadır.

Baca; atık gaz temizleme sisteminden geçen gazlar, baca tarafından atmosfere atılmaktadır (Çetin 2001).

5.6. Kül ve Cüruf Toplama Sistemi

Tesiste açığa çıkan kül ve cüruf, tartım ve analiz sonuçları çerçevesinde ya depolanmak üzere düzenli depolama alanlarına ya da tekrar yakılmak üzere bunkere alınır (Çetin 2001).

BÖLÜM 6. METODOLOJİNİN TANIMLANMASI

6.1. Risk Değerlendirme Çalışmasının Çerçevesi

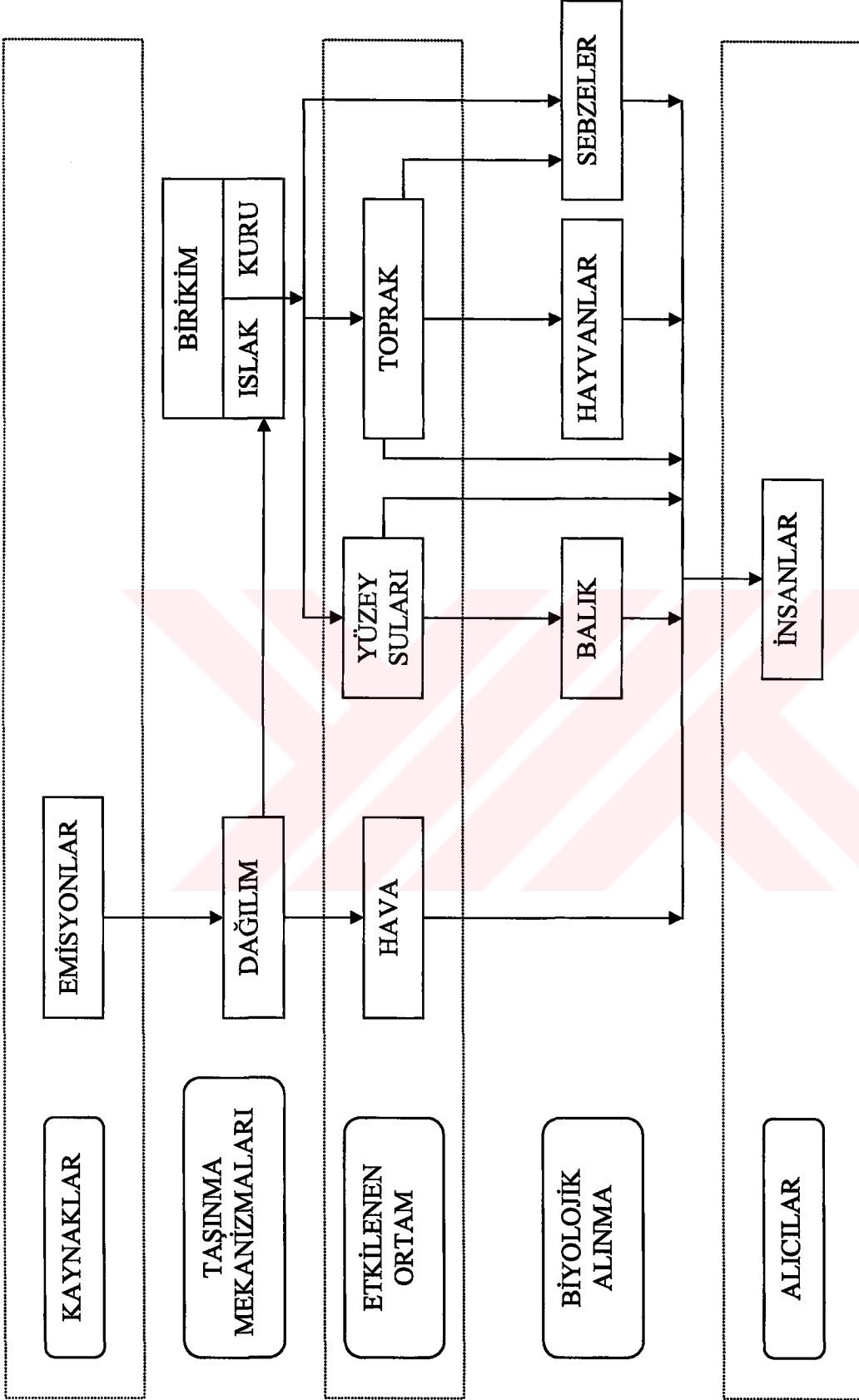
6.1.1. Etkinliğin tanımlanması

Bu çalışmanın amacı İZAYDAŞ Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi'nden çıkan poliklorlu dibenzo dioksin ve dibenzo furanların çevrede dağılımlarının ve insanlara ulaşma yollarının matematiksel modellerle ifade edilmesi, çeşitli maruz kalma senaryolarının ortaya konulması, bu modeller ve senaryolar yardımıyla insanların maruz kalabilecekleri dioksin ve furan miktarının belirlenmesi ve sonuçta bu emisyonlara ilişkin genel bir risk değerlendirme çalışmasının yapılmasıdır. Tesisle ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 5'te sunulmuştur.

Bu çerçevede tesisteki PCDD/F emisyonlarının, tesisin günlük normal işleyişi sırasında sürekli oldukları kabul edilmiştir. Etraftaki nüfusun bu emisyonlardan etkilenmesinin ise şu şekilde olacağı düşünülmüştür:

- PCDD/F'ler tesisin günlük normal performansı sırasında atmosfere atılırlar.
- Bu kimyasallar atmosferde dağılarak yer yüzeyi üzerinde birikim yaparlar. Yer yüzeyindeki hava, toprak ya da su gibi çevresel ortamlar bu birikimden etkilenirler ve sonuçta PCDD/F konsantrasyonları artar.
- Sebzeler, hayvanlar ve balıklar gibi biyolojik canlıların bu maddelere maruz kalmaları sonucu insanlar tarafından tüketilen gıda ürünlerinde PCDD/F birikimi meydana gelir.
- İnsanlar aşağıdaki yollardan biri ya da birden fazlası yoluyla bu kimyasallara maruz kalabilirler: doğrudan solunum, kirlenmiş toprak ve suyla temas, ve kirlenmiş su, toprak ve gıda ürünlerinin sindirimi.

Bu yollar Şekil 6.1'de özetlenmiştir.



Şekil 6.1. PCDD/F emisyonlarının insanlara ulaşma yolları.

6.1.2. Tehlikenin tanımlanması

Tehlikenin tanımlanması, tehlikeye yol açabilecek kimyasalların özelliklerinin, bu kimyasalların çevrede zarara neden olabilecekleri koşulların, ve süreçle ilişkili yerel özellikler (jeolojik yapılar, kullanım alanları vb.) ile kimyasalların bu yerel koşullara nasıl bir etkisinin olabileceğinin ortaya konulmasını içerir.

Bu çalışmanın odaklandığı PCDD/F bileşiklerinin yapıları ve insan sağlığına etkileri Bölüm 4'te verilmiştir. Çevrede dağılımları ise bu bölümde açıklanacaktır.

6.1.3. Sonuçların tanımlanması

6.1.3.1 Maruz kalma yolları

PCDD/F'lerin atmosfere salınmalarının ardından olumsuz bir çevresel ya da sağlık etkisine yol açabilmeleri olasılığı, risk altındaki alıcıların bu emisyonlara herhangi bir yolla maruz kalıp kalmayacağını ve, eğer kalıyorsa, maruz kalan bu insanların kirlenmiş hava, toprak, su ve gıdalar gibi, çevrede birikme yoluyla PCDD/F'lerle kirlenmiş ürünlerle temas miktarının bir fonksiyonudur. Bu bakımdan “spesifik bir sonuç, ancak, alıcı ortamlar gerekli karakteristik özelliklere sahip olduklarında ya da işlem veya süreç başarısızlığa uğradığında, söz konusu tehlikenin gerçekleşmesiyle ortaya çıkar” (DoE 1995a).

Ancak, verili bir kaynak ve kimyasal maddenin emisyon mekanizmaları varsa bile, bütünlüklü bir maruz kalma yolunun ortaya çıkabilmesi için üç koşulun daha oluşması gerekir:

- kimyasalların içinde taşınabilecekleri bir alıcı ortam,
- bu kimyasallardan etkilenmiş ortamla insanların bir temas noktası olması,
- bu temas noktasında da bir maruz kalma yolunun mevcut olması.

Bütün potansiyel maruz kalma yolları bu karakteristikler bakımından değerlendirilir ve sadece bunların tümüne de sahip olan maruz kalma yollarının etrafta yaşayan insanlar için potansiyel bir risk oluşturacağı kabul edilir.

6.1.3.2 Çalışmada ele alınan maruz kalma yolları

Kirleticilerin insanlara başlıca ulaşma yollarını üçe ayırabiliriz:

- Doğrudan maruz kalma yolları: insineratörden çıkan emisyonların etkilediği havanın solunması
- Dolaylı maruz kalma yolları : kirleticilerden etkilenmiş gıdaların, suyun ve toprağın sindirimi
- Dolaylı maruz kalma yolları : kirlenmiş çevresel ortamlarla (su ve toprak) temas.

Bu çalışmada doğrudan ve dolaylı yolları kapsayan toplam sekiz adet maruz kalma yolu üzerinde durulacaktır. Bu yollarla ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 6.2'de verilecektir.

6.1.4. Sonuçların büyüklüğünün tahmini

6.1.4.1 Alıcıların karakterize edilmesi

Risk çalışmalarında, çeşitli maruz kalma yollarına ilişkin olarak maruz kalmanın yoğunluğu, süresi ve derecesinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesinin yanı sıra etkilenecek insan topluluklarının da çeşitli gruplara ayrılarak ayrı ayrı değerlendirilmeleri gerekir. Bu bakımdan çalışma bölgesindeki kimyasallara maruz kalma tehlikesi altında bulunan insanların uygun alt-gruplara bölünmesi risk değerlendirmesinin önemli bir kısmını oluşturur. Bu çalışmada da metodolojinin uygun derecede esnek olması amacıyla belirli sayıda insan grupları belirlenmiş ve Bölüm 7'de tartışılmıştır.

Bu sınıflandırmada, her alıcı grubunun, kendisine ait alt-grupların davranış özelliklerini ve etkinliklerini yansıtacak bir maruz kalma faktörü ile temsil edilebileceği düşünülmüştür. Bu şekilde, insineratörün yakınında yaşayan insanların emisyonlara maruz kalma dereceleri ve aldıkları kirletici miktarları, emisyonlara maruz kalan alıcı gruplarının etkinlikleriyle bunlara ilişkin maruz kalma yollarının bir bileşimi sonucunda ortaya çıkacaktır.

6.1.4.2 Sağlık etkilerinin değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı açısından sonuçta varılacak nokta kimyasalların insan sağlığı üzerinde yol açabilecekleri olumsuz etkilerdir. İnsineratörlerden kaynaklanan PCDD/F emisyonlarına maruz kalınmasından doğan sonuçların büyüklüğü iki şekilde tanımlanabilir:

- Günlük Kabul Edilebilir Doz (TDI) değerinin, ya da mevcut günlük PCDD/F alım miktarının bir fraksiyonu olarak,
- Potansiyel sonuçları bakımından, bir olasılık olarak.

Çalışmada her iki yaklaşım da değerlendirilmiştir.

6.1.5. Sonuçların olasılığının tahmini

Risk değerlendirmesinin bu aşaması, ortaya çıkarılarak tanımlanan tehlikenin olasılığının ve frekansının tahminini kapsar. Bu olasılık, tesis ekipmanlarında ya da işleyişinde bir sorun çıkması olasılığı olabileceği gibi, kimyasallardan kaynaklanan kötü sağlık etkilerinin oluşma olasılığı da olabilir. Birden fazla risk ile karakterize edilen bölgeler veya olaylar için toplam risk, ayrı ayrı tehlikelerden kaynaklanan risklerin bir bileşimi olacaktır. DoE (1995a)'da tanımlandığı şekilde, riskin, tehlikenin göreceli olasılığı ve sonucun büyüklüğü açısından karakterize edilmesi için basit bir tanımlayıcılar matrisinin kullanılması, bu çalışmada da benimsenmiştir.

6.1.6. Riskin değerlendirilmesi

Riskin değerlendirilmesi, tüm çalışmanın ikinci aşaması olup tahmin edilen riskin önemi hakkında bir yargıya varılmasını kapsar. Bölüm 4'te tanımlanan ve Avrupa ülkelerince kabul edilen WHO yaklaşımına göre PCDD/F'lerin toksikliklerinin değerlendirilmesi, bu bileşikler için Günlük Kabul Edilebilir Doz (TDI) aralığı olan 1-4 pg. kg⁻¹ vücut ağırlığı. gün⁻¹ temelinde bir eşik değerin belirlenmesini kapsar. İnsineratör emisyonlarına maruz kalınmasından doğan katkı değeri bu TDI değerine göre karşılaştırılarak değerlendirilir. EPA yaklaşımında ise risk, olasılık terimleriyle ifade edilir. Çalışmada her iki yaklaşım da göz önüne alınmıştır.

6.1.7. Risk yönetimi

Risk yönetimi risklerin tolere edilebilirlikleri veya değiştirilebilirlikleri hakkında kararlar verme sürecidir. Bu çalışmada risk yönetimi, iki farklı ve geniş strateji üzerinden yapılabilir:

- Proses tasarımı, işletim biçiminde ya da kirlilik kontrol ekipmanlarında değişiklikler veya iyileştirmeler yapmak; bu mümkün değilse de tesisi kapatmak suretiyle PCDD/F emisyonlarının azaltılması,
- Kimyasalların dağılımının sınırlanması ya da belirli seçilmiş gıda ürünlerinin kullanılması yoluyla kimyasallara maruz kalmanın azaltılması.

Bu iki strateji içinde de belirli öncelikler olabilmektedir. Örneğin, Bolsover'deki PCDD/F emisyonlarına maruz kalma olayında, sütlerdeki PCDD/F emisyonları Maksimum Kabul Edilebilir Konsantrasyon değeri olan 0.7 ng-TEQ. kg⁻¹ süt değerini aşınca belirli çiftliklerden elde edilen sütler piyasadan çekilmiştir. Aynı nlem, Hollanda'da da, iki evsel atık insineratrnn rüzgar yönünden etkisinde bulunan çiftlikler için alınmıştır. Yine Hollanda'da başka iki evsel atık insineratörü de, bacadaki emisyon değerlerinin kabul edilebilir sınırları aştığına karar verildikten sonra kapatılmıştır (DoE 1995a).

Öte yandan son 10-20 yılda PCDD/F emisyonlarının önemi ve çevreye etkileri daha belirgin bir şekilde ortaya çıktıkça hem ABD’de hem de Avrupa’da (gerek Avrupa Birliği, gerekse ayrı ayrı ülkeler bazında) yeni ve daha sıkı emisyon sınır değerleri benimsenmiş ve bu da, yeni tesislerde daha verimli ve teknolojik olarak daha ileri hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanılmasına, eski tesislerde ise proses ve kirlilik kontrolü konusunda iyileştirmeler yapılmasına neden olmuştur (DoE 1995a; HMIP 1996).

6.2. Kullanılan Risk Değerlendirme Metodolojisi

6.2.1. Giriş

İnsineratör emisyonlarının insan sağlığına etkilerini karakterize etmeyi amaçlayan bir risk değerlendirme çalışması aşağıda sıralanan adımlardan oluşur:

- İnsineratör emisyonlarının ölçümü ya da tahmini,
- Kimyasalların atmosferde taşınmasının ve toprak üzerine birikim yaparak toprak, su ve biyotaya ulaşmasının modellenmesi; maruz kalma noktasında, çevresel ortamlar üzerinde bulunabilecek konsantrasyonlarının tahmin edilmesi,
- Kimyasallardan etkilenmiş ortamlarla temas eden insanların bu kimyasallardan ne kadar alacaklarının hesaplanması,
- Bu şekilde alınan dozun herhangi bir sağlık etkisine yol açıp açmayacağına ilişkin olarak öneminin değerlendirilmesi.

Burada sunulan ikinci adım, yukarıda sunulan risk değerlendirme çerçevesinin de ikinci adımı olup maruz kalma yollarının tanımlanıp matematiksel olarak ifade edilmesini içerir. Bu bölümde maruz kalma noktalarından alınabilecek günlük potansiyel PCDD/F dozlarının tahmininde kullanılacak algoritmalar sunulmuştur.

6.2.2. Maruz kalma modellerine genel bakış

Maruz kalma modellerinde genel olarak iki tür modelleme yaklaşımı benimsenir: dinamik modeller ve durağan durum ya da denge modelleri.

a) Dinamik Modeller

Dinamik modeller, özellikle nükleer maddeler alanında, radionüklitlerin çeşitli besin zincirleri boyunca izledikleri yolun belirlenmesi amacıyla geliştirilmişlerdir. Bu sektörde zaman içinde, gerek saha gerekse laboratuvar ölçeğinde çok sayıda çalışma yapılması ile bu konudaki bilgi birikimi artmış ve modeller de yüksek bir sofistikasyona ulaşmışlardır. Dinamik modeller, kimyasalların bir ortamdan diğerine transferini, bu kimyasala ve transfer rotasına özgü bir zamana-bağlı hız sabiti aracılığıyla ifade ederler. Bu bakımdan bu modeller, kirlenici transfer rotalarının önemine göre belirlenen ön-kabuller yapmazlar. Sürekli ya da kısa süreli (ani veya kaza sonucu olan) emisyonları modelleyebildikleri gibi zamana bağlı maruz kalma karakteristiklerini de (örneğin kirlenici transferinde mevsimsel değişiklikler, ya da bir tesisin kapatılmasından sonra gıda ürünlerinden ya da başka çevresel ortamlardan maruz kalınan kirlenici miktarının ve/veya bu yollara maruz kalma sürelerinin azalma hızı gibi). Bu modeller, limit halinde, denge modellerine dönüşürler.

Yukarıda sayılan büyük avantajlarının yanı sıra, kimyasalların çevrede zamana-bağlı hareketlerini tanımlamak için bunu destekleyen çok sayıda kinetik veriye ihtiyaç duyulması ve modellerin karmaşıklığı da bu tür modellerin dezavantajlarını oluşturur. Radyonüklitler için yaklaşık 50 yıllık çalışmanın oluşturduğu büyük bir veri tabanının varlığına rağmen, PCDD/F'ler gibi organik kanserojenler için bu tür bir bilgi birikimi henüz söz konusu değildir.

b) Denge Modelleri

Denge modelleri dinamik modellere göre daha basittirler ve kimyasalların bir ortamdan diğerine transferinde durağan duruma ulaşıldığı varsayımından hareket ederler. Kimyasalların hava/toprak, hava/bitki, toprak/bitki ve bitki/hayvan gibi ara yüzeylerde hareketi, kimyasala ya da kimyasal sınıfına, ve belirli bir bitkisel veya

hayvansal gıdaya özgü, statik transfer faktörleri ya da katsayılar ile karakterize edilir. Katsayılarla ifade edilme durumunda, daha da ileri bir basitleştirmeye başvurularak, bir kimyasalın hayvan besinindeki ve hayvandaki yağ dokuları veya hayvansal üründeki konsantrasyonları (örn. süt) arasında belli bir orantıyı gösteren biyokonsantrasyon faktörleri (BCF) kullanılabilir.

Denge modellerinin dezavantajları şunlardır (Garten and Trabalka, 1983)

- Belli bir kimyasalın çeşitli çevresel birimlerdeki konsantrasyonları arasında durağan bir durumun varlığının kabul edilmesi, emisyon veya maruz kalma süresince henüz dengeye ulaşamadığı durumlar için beklenmesi gereken sonuçlardan daha yüksek sonuçlara yol açabilir. Bu durumda denge modelleri Çevresel birimler arasındaki PCDD/F transferini olduğundan daha fazla olarak tahmin eder.
- Bu modellerde A çevresel biriminden B çevresel birimine transfer faktörü, kimyasalın B'deki durağan durum konsantrasyonunun A'daki durağan durum konsantrasyonuna basitçe oranı olarak ifade edilir. Oysa bu sayısal değer, kimyasalın çevredeki konsantrasyonunun değişebilirliğine bağlı olarak önemli ölçüde belirsizlik içerebilir.
- Denge modelleri emisyon miktarlarında değişimler olmasına (örneğin kısa bir süre boyunca kaza sonucu ya da ani bir şekilde emisyon değişimlerine), veya maruz kalma yollarında meydana gelen değişiklikleri takiben maruz kalınan miktarlardaki geçici değişikliklere, uzun zaman dilimleri olmadığı sürece izin vermez.

Bölüm 3'te sözü edilen CHAIN modeli ayrı tutulursa, insineratör emisyonlarının risk değerlendirilmesi için geliştirilen tüm maruz kalma modelleri, insineratörlerin günlük normal işleyişleri süresince sürekli olarak çıkan PCDD/F emisyonlarının çevredeki taşınımı ve hareketini, durağan durumdaki çevresel koşullar için modellemiştir. Bunun nedeni, bu modelleri daha ileriye taşıyabilecek bir veri tabanının, hem PCDD/F'lerin zamana-bağlı özelliklerinin tam olarak bilinmesi, hem de zamana bağlı saha ölçümlerinin varlığı bakımından henüz çok yetersiz oluşudur.

Dolayısıyla denge modelleri, emisyon karakteristikleri, ortamdaki konsantrasyonlar ve maruz kalma yollarındaki geçici değişimlerin ortalama etkilemediği kabul edildiğinde, tesislerin günlük normal işleyişlerinden çıkan emisyonların değerlendirilmesine ve uzun vadeli maruz kalma süreçlerine (örneğin bir ömür boyu) uygulanabilecek en iyi modellerdir.

Bu çalışmada da İZAYDAŞ İnsineratörü'nün günlük normal işleyişi sırasında sürekli bir şekilde ortaya çıkan PCDD/F emisyonları ve bunların etkileri inceleneceğinden, bu emisyonların havadaki dağılımları dışındaki hareketlerini temsil etmek üzere denge modellerinin kullanılması benimsenmiştir. Bu karar, uygun algoritmalar geliştirmenin de temeli olacaktır.. tesis emisyonlarında, meteorolojik koşullarda ve maruz kalma potansiyellerinde meydana gelebilecek değişimler ise, maruz kalma potansiyelinin istatistiksel belirsizlik analizine tabi tutulması yardımıyla göz önünde bulundurulacaktır.

6.2.3. İZAYDAŞ için bir maruz kalma çerçevesinin belirlenmesi

Bacadan atmosfere atılan PCDD/F emisyonları havada dağılırlar ve toprak, yüzey suları ve bitkiler gibi değişik çevresel ortamlara üzerine farklı oranlarda birikim yaparlar. İnsanların bu kimyasallara maruz kalma potansiyelini tahmin etmek için, maruz kalmanın beklendiği noktalarda 2,3,7,8-konumlu konjenerlerin her birinin çevresel konsantrasyonunun ayrı ayrı belirlenmesi gerekir. Her potansiyel maruz kalma yolu için, konsantrasyonların tahmini, PCDD/F'lerin çevrede ve bu konsantrasyonlardan etkilenen ortamlardaki taşınımını gösteren taşınım ve hareket modelleri kullanılarak yapılır.

Bu bölümde, çalışmada kullanılacak modeller, modellerin dayandığı algoritmalar ve konjenerlere özgü fiziksel ve kimyasal veriler sunulmuştur. Bu modellerin başlıca kaynakları Hattemer-Frey and Travis (1991), US EPA Rehberleri (1990, 1994), Lorber et al. (1994), Lorber (1995), HMIP(1996) vb. çalışma ve raporlar olup yeri geldiğinde belirtilecektir.

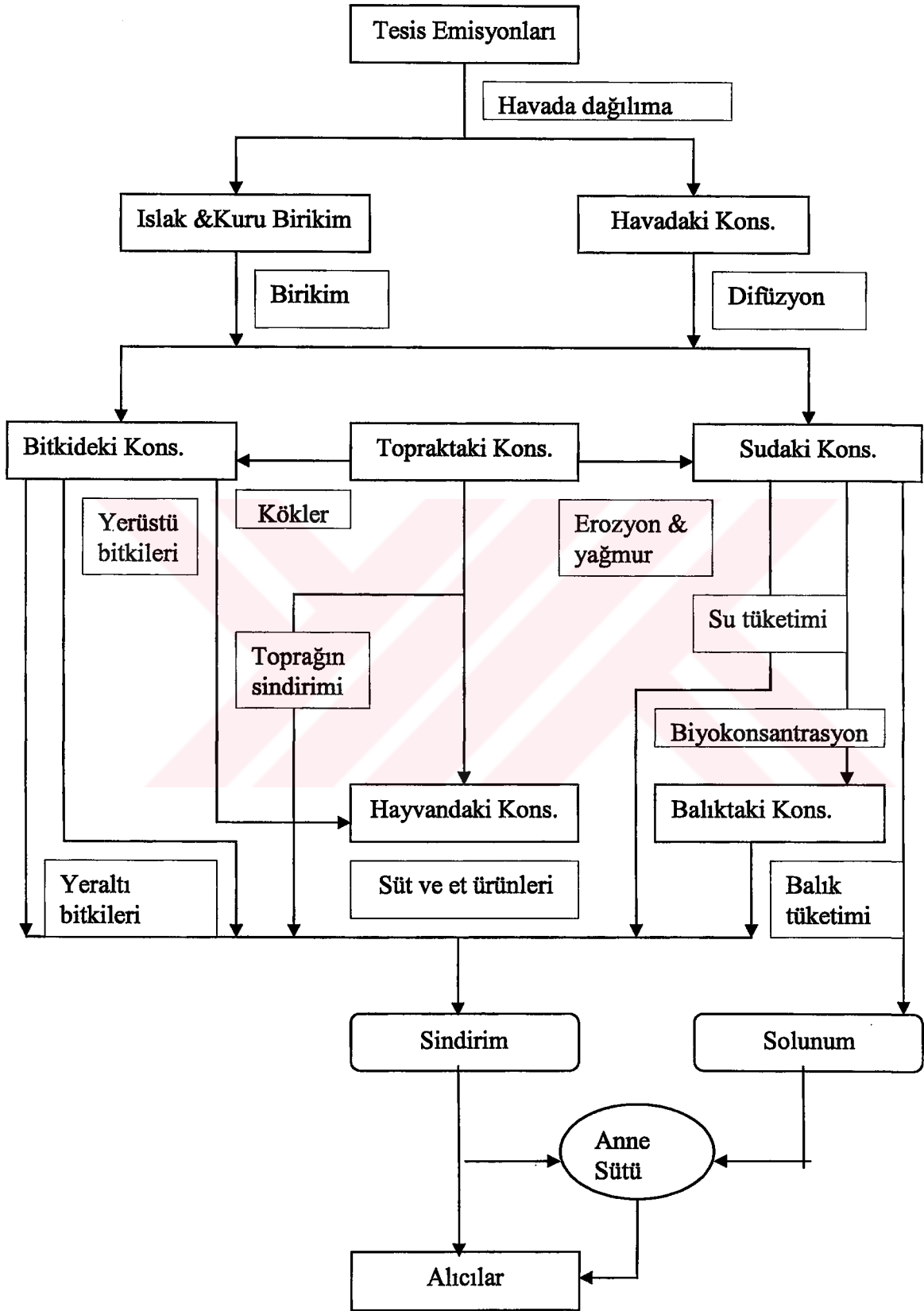
İZAYDAŞ İnsineratörü'nden çıkan dioksin toksisitesine sahip on yedi adet 2,3,7,8-konumlu PCDD/F izomerlerinin emisyon oranları belirlendikten sonra, aşağıdaki modelleme aşamalarını kapsayan bir maruz kalma değerlendirmesi yapılmıştır:

- Havadaki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini,
- PCDD/F'lerin yer yüzeyine birikiminin tahmini,
- Topraktaki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini,
- Yüzey suları ve sedimentlerdeki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini,
- Bitkilerdeki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini,
- Hayvan dokularındaki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini,
- Balıklardaki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini,
- Anne sütündeki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini.

Daha önce yapılmış modelleme çalışmalarından elde edilen bilgilere göre doğrudan ve dolaylı maruz kalma yollarını kapsayan toplam yedi adet maruz kalma yolu tanımlamak mümkündür. Bu yollar;

- havanın solunumu,
- toprağın sindirimi,
- sebze ve meyvelerin sindirimi,
- hayvan ürünlerinin sindirimi,
- süt ve süt ürünlerinin sindirimi,
- kimyasallardan etkilenen bir suda yakalanan balıkların sindirimi,
- anne sütünün sindirim

yollarından oluşmaktadır. Bu çalışmada ele alınan tüm bu yollar Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Çalışmada ele alınan maruz kalma yolları

Bunların dışında dört yol daha ele alınmış ancak model kapsamına dahil edilmemiştir:

a) Su ve Toprak ile Temas Yoluyla PCDD/F Adsorpsiyonu

Kirlenmiş toprak ve su ile deri teması yoluyla PCDD/F adsorpsiyonu diğerlerine göre oldukça önemsiz bir maruz kalma yolu olup, bir çok insineratör risk değerlendirme çalışmasında kapsam dışı tutulmuştur. Bu çalışmada da temas ile bulaşma yolu değerlendirilmeye alınmayacaktır.

b) PCDD/F'lerin Yeraltı Suyu Kaynaklarına Etkisi

Bu konuda iki ayrı maruz kalma yolu mevcuttur:

- Toprak yüzeyi üzerine birikim yapan PCDD/F'ler yağmur ya da başka herhangi bir yüzey suyu yardımıyla çözünüp topraktan yer altı sularına sızabilir. Bu durumda eğer yer altı suyu, herhangi bir yerde içme suyu olarak kullanılıyorsa insanlar için bir sağlık riski oluşturabilir.
- Düzenli depolama alanlarına depolanan insineratör küllerinde bulunan PCDD/F'ler, depolama alanının altındaki akifere sızarak yer altı suyuna ulaşabilirler ve yine aynı şekilde potansiyel bir sağlık tehlikesi oluştururlar.

Çalışmalar, bu yollarla yer altı suyu kirlenmesi potansiyelinin son derece sınırlı olduğunu göstermiştir (US EPA 1987a). Bölgede içme suyu olarak yer altı suları kullanılmadığından bu olasılık değerlendirilmemiştir. Ancak kullanılan içme sularında da belirli miktarda PCDD/F kirliliği olabilir.

İkinci yola ilişkin olarak ise, İZAYDAŞ İnsineratörü'nün kül, cüruf ve atıksu çamuru kekleri (çamur kekleri % 30 oranında susuzlaştırılıp depolanmaya uygun hale getirildikten sonra) endüstriyel atıklar için özel olarak hazırlanmış depolama alanına depolanmaktadır. Depolama alanında sızdırmazlık sağlandığı için bu yolla yeraltı suyu kirlenmesi ihtimali de son derece düşüktür. Bu bilgiler ışığında yeraltı suyunun

PCDD/F kirliliğine maruz kalarak insanlar için bir sağlık riski oluşturma yolu çalışma kapsamının dışında tutulmuştur.

c) Yıkayıcılardan Yüzey Sularına Deşarj Edilen PCDD/F Emisyonlarının Bu Suları Kullanan İnsanlara Etkisi

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, ıslak yöntemler kullanan hava kirliliği kontrol ünitelerinden çıkan atıksularda son derece küçük miktarlarda PCDD/F konsantrasyonları olduğu ortaya çıkmıştır. Bu deşarjlar kanalizasyona ya da nehir veya haliçler gibi başka açık sulara deşarj edilmektedir. Bu durumda kimyasallara maruz kalma ihtimali, deşarjlar herhangi bir arıtmaya uğramadan doğrudan açık su kaynaklarına verildiğinde daha çok olacaktır. Maruz kalma yolları ise bu şekilde kirlenmiş sular ile temas (ki bunun önemli bir maruz kalma yolu olmadığı belirtilmişti) ya da deşarjın olduğu noktanın yakınındaki su ve sedimentlerden beslenen balıkların tüketilmesinden oluşur.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nün iki adet ıslak yıkayıcısından çıkan kirli sular tesisin arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra kanalizasyona verilmekte ve buradan da İzmit Entegre Evsel Arıtma Tesisi'nde ikinci kez arıtıldıktan sonra İzmit Körfezi'ne deşarj olmaktadır. Islak yıkayıcılardan çıkan atıksularda PCDD/F'lerin belirlenmesine yönelik bugüne kadar herhangi bir çalışma yapılmamış olsa da, bu atıksuların, Körfez'e deşarj edilmeden önce iki arıtma tesisinden geçeceği göz önünde bulundurulursa konsantrasyonların çok az olması beklenebilir. Dolayısıyla risk değerlendirme çalışmasında bu maruz kalma yolu da çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

d) Kirlenmiş Uçucu Küllerin İnsineratör Dışında Havaya Dağılımları

İnsineratöre 250 m'lik bir uzaklık içindeki toprak ve otların, insineratörün belirli birimlerinden (özellikle ESP'den kül boşaltılması sırasında) kaçak olarak ortaya çıkan ve çok az miktarda da olsa PCDD/F içeren uçucu küllerin rüzgar etkisiyle havada dağılması sonucu PCDD/F kirliliğine uğramaları yolunu ifade eder. Bu

koşullar altında küllerdeki PCDD/F konsantrasyonlarının doğrudan temas ya da yerel besin zinciri üzerinden insanlara transfer olma potansiyeli mevcut olacaktır.

Ancak HMIP (1996)'da da belirtildiği gibi, bu tür bir tesis-dışı kirlilik potansiyelinin varlığı, tesisin bakımının iyi yapılamaması ve küllerle ilgili işlemlerin yanlış ve dikkatsiz bir şekilde yapılmasından kaynaklanır. Tesis yönetimlerinin gerekli önlemleri almaları ve küllerle ilgili işlemlerin, işlem kolaylığı ve çalışanların sağlığı bakımında doğru seçilmiş modern tekniklerle yapılması küllerin kontrolsüz bir biçimde tesis dışına çıkmalarını önleyecektir. İyi bir kül toplama sisteminde küller ya ıslak biçimde, ya da tamamen kapalı kaplar içinde, herhangi bir rüzgar etkisine maruz kalmadan depolanacakları alana taşınacaklarından, bu tür bir kirlenme ihtimali de en aza inmiş olacaktır. Tesis yönetim biçimleri ve kullanılan teknikler, tesisten tesise değişeceğinden, bu şekilde meydana gelen kül kaçaklarının karakterize edilmesi mümkün değildir.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nde yakma üniteleri ve ESP'den çıkan küller, tamamen kapalı sistemlerle alınıp depolama alanına taşındıkları için bu tür kaçakların oluşması ihtimali son derece küçüktür. Dahası, gerek yakma birimlerinden, gerekse ESP'den kül boşaltılan bölgeler, tesis binalarıyla ve tesisin dış duvarı ile çevrili olduklarında herhangi bir rüzgar etkisinden uzaktırlar. Bu bakımdan, bu tür kül kaçakları olsa dahi, rüzgar yardımıyla tesis dışına taşınmaları mümkün değildir.

Sonuç olarak, bu yolla PCDD/F kirliliğine maruz kalma olasılığı da son derece düşük bulunmuş ve bu yol, çalışmada değerlendirilmemiştir. Ancak, bu tür kaçaklar en çok, tesis yakınında yaşayan insanlardan çok, tesiste çalışan işçileri etkileyeceğinden, iyi ve modern bir tesis işletme pratiğinin gereği olarak tesis bakımının düzenli olarak yapılmasının ve kül boşaltma işlemleri sırasında gerekli önlemlerin alınmasının önemi vurgulanmıştır.

Bu bölümde ilk üç maddede üzerinde durulan temas, yeraltı ve yerüstü suları yoluyla maruz kalma yolları, daha geniş biçimiyle Ek-1'de tartışılmıştır. Aynı ekte, temas ve yeraltı suları yollarına ilişkin değerlendirmeler ve açık sulara PCDD/F deşarjı ile ilgili algoritmalar da mevcuttur.

6.3. Metodolojinin Tanımlanması

Bundan sonraki bölümlerde, nokta kaynak konsantrasyonlarından çeşitli çevresel ortamlardaki konsantrasyonlarının tahmin edilmesine yönelik hareket ve taşınım modelleri tartışılacaktır. Bu tartışmalar, 2,3,7,8-konumlu on yedi PCDD/F izomerinin emisyon noktasından atmosfere ve oradan da maruz kalma noktalarındaki çevresel ortamlara taşınımını kapsamaktadır.

6.3.1. Hava dağılım modelinin seçimi

Herhangi bir bacadan atmosfere salınacak kirletici emisyonlarının havadaki dağılımları ve neden olacakları ortam havası konsantrasyon değerleri hava dağılım modelleri yardımıyla tahmin edilir. Bu modeller, bir yörede geçmişteki herhangi bir periyotta gözlenen meteorolojik koşulları baz alarak, mevcut emisyon oranlarını ve bu emisyonların atmosfere salındıkları yükseklikleri kapsayan belirli formüller yardımıyla kirleticinin atmosferde nasıl bir dağılıma uğrayacağını tahmin ederler. Bu konulardaki bilgi birikiminin zamanla artması ve modelleme tekniklerinin de artan bilgisayar olanaklarıyla gelişmesi ile birlikte bu modeller gittikçe daha ileri seviyelere ulaşmış ve kirleticinin dağılımı ile ilgili daha gerçekçi tahminler yapılmaya başlanmıştır. İstatistiksel süreçlerin de modellere katılmasıyla kirletici dağılımları hakkında daha ayrıntılı tahminler yürütme olanağı doğmuştur. Ancak unutmamak gerekir ki, kullanılan modele, modelin uygulandığı yörenin spesifik özelliklerine ve model dahilinde yapılan kabullere göre belirli sapmaların meydana gelmesi , ya da özellikle bazı konularda bilgi birikiminin yetersizliği nedeniyle henüz doğruluğu genel olarak kabul edilmiş bir modelleme prosedürünün geliştirilmemiş olması nedeniyle gerçekçi tahminlerden uzaklaşma olasılığı her zaman söz konusu olabilir. Bu uzaklaşma, gözlenebilecek değerden çok büyük bir değer tahmini şeklinde olabileceği gibi (tutucu tahmin), aksine, bu değerden çok daha küçük bir değer tahmin edilmesi şeklinde de olabilir. Birinci durum, kirletici kaynaklı tehlikenin büyütülmesine neden olurken, ikinci durum, riskin küçümsemesine yol açar. Her iki durumun da kendine özgü dezavantajları vardır. Kısaca söylemek gerekirse, riskin büyütülmesi, aşırı derecede sıkı önlemler alma yoluna sevk edeceği

için zaman, çaba ve kaynak israfına yol açabilir. Riskin küçümsenmesi ise yeterli derecede (veya hiç) önlem almamaya yol açarak yörede yaşayan insanları tehlikeye atabilir.

Kirleticilerin havadaki hareketleri ve dağılımları, emisyon oranları, baca yükseklikleri ve meteorolojik koşulların yanı sıra kirleticinin spesifik (fiziksel, kimyasal, termodinamik vs.) özelliklerine de bağlıdır. Mevcut modeller daha çok partiküller, SO₂ vb. genel kirleticilerin dağılımları için kullanıldığından bu özelliklerden bir kısmını dikkate almaktadır. Dioksinler gibi özellikle 1970'li yılların sonlarında dünya gündemine gelmiş ve eser miktarları nedeniyle ölçme ve sürekli izleme teknikleri çok fazla zaman ve para gerektiren gazlar için özel bir hava dağılım modeli henüz yoktur. Onun yerine mevcut modeller dioksinlerin özelliklerine göre modifiye edilerek kullanılmaktadır.

Hava dağılım modelleri, risk değerlendirme çalışmalarında son derece önemli bir yer tutar, zira maruz kalma yollarına ilişkin tüm tahminler bu modellerin sonuçlarına dayanır. Bu bakımdan önce bacadan atmosfere atılan kirleticinin emisyon oranı belirlenir. Risk değerlendirme çalışmalarının çoğunda durağan-durum Gauss bulutu (GP-*Gaussian plume*) modelleri kullanılır. Bu modeller saatlik meteorolojik verileri kullanarak havadaki uzun ve kısa vadeli kirletici konsantrasyonlarını tahmin ederler. Halen çok sayıda GP modeli mevcut olup dünya çapında kirletici dağılımlarının modellenmesinde kullanılmaktadır. Dahası GP modelleri, yaklaşık 25 yıldır ABD çevre yasalarının bir parçası olup bilimsel ve teknik çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu modellerden bir çoğu EPA tarafından geliştirilmiş ve onaylanmıştır (US EPA, 1995; Zemba et al., 1996).

COMPLEXI, ISCST (Industrial Source Complex Short-Term), COMPDEP (COMPLEXI ve ISCST'nin birleşimi), ISCST2 ve ISCST3, ISC PRIME ve ISC AERMOD bu modellerden bir kaçı olup çoğu EPA tarafından geliştirilmiş ve onaylanmıştır. Dioksinler ile ilgili risk değerlendirmelerinde de bu modeller kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak Zemba et al (1996)'da COMPDEP kullanılmış iken, Basham and Whitwell (1999) ve Lorber et al. (2000) gibi daha yeni çalışmalarda ISCST3 kullanılmıştır. COMPDEP, . ISCST3'e göre daha eski olup

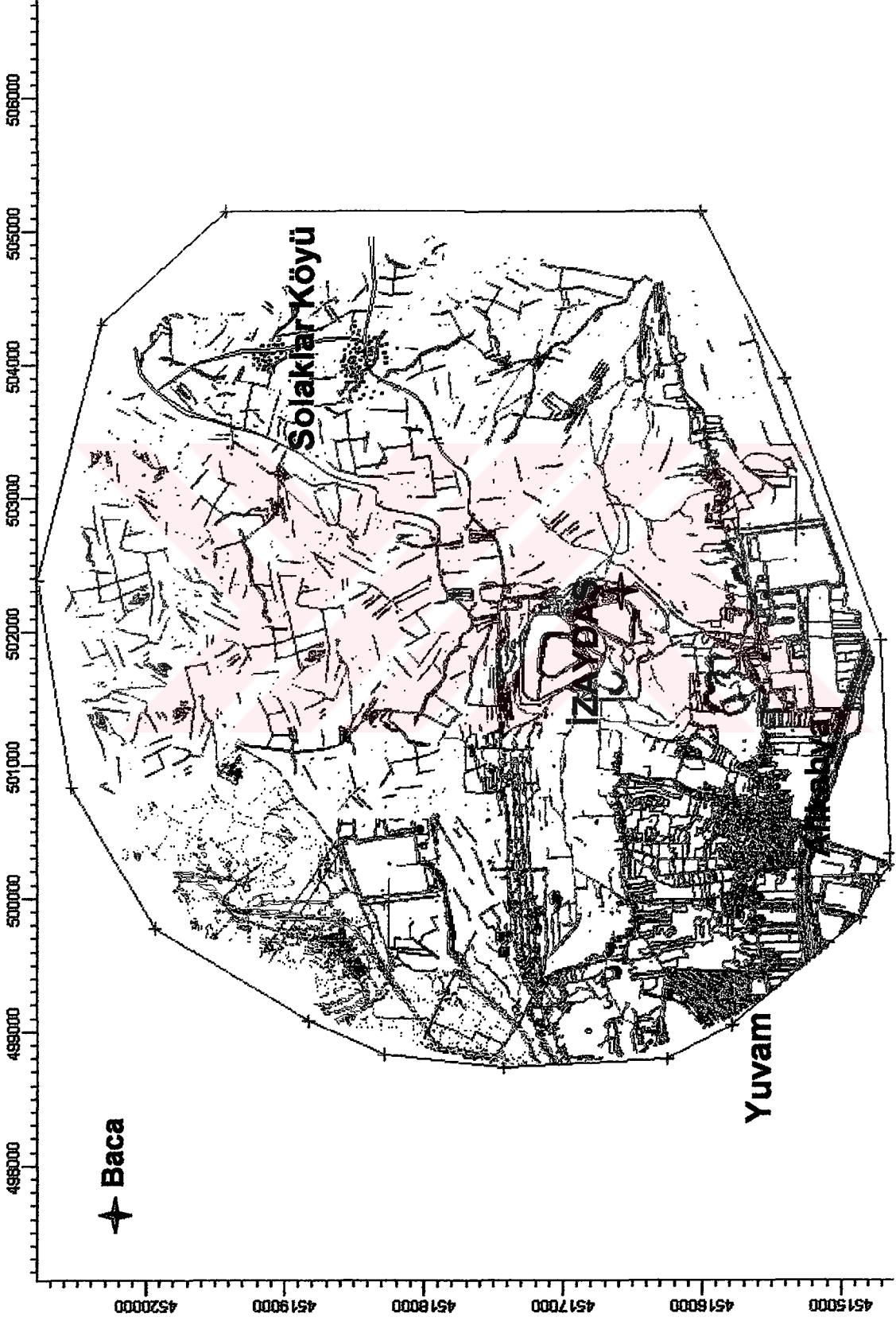
artık yasal uygulamalarda EPA tarafından önerilmemektedir ancak bazı risk değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır (Zemba et al., 1996).

Bu çalışmada hava dağılım modeli olarak ISCST3 (Lakes-Environmental Software) kullanılmıştır. ISCST3'te yer alan formüller ve modelin ayrıntılı bir şekilde anlatımı US EPA (1995)'te verilmiştir. Lorber et al. (2002)'de bu modelin kısa süreli olaylara nazaran uzun vadeli (örneğin yıllık) tahminlerde daha iyi bir performans gösterdiği belirtilmiştir.

6.3.2. İZAYDAŞ kaynaklı PCDD/F'lerin dağılımında ISCST3 modeline özgü parametreler

6.1.2.1 Pilot bölge

PCDD/F'lerin dağılımı ve risk değerlendirmesi için seçilen pilot çalışma bölgesi, İZAYDAŞ emisyonlarının neden olacağı ortam havası konsantrasyonu ve birikimin maksimum değerlerine ulaşması beklenen noktaları kapsayacak şekilde, baca merkezli yaklaşık 6 km çapında bir bölge olarak belirlenmiştir. Şekil 6.3'te görülen bu bölge, kuzeydoğuda, tesise yaklaşık 1000 m uzaklıktaki Solaklar Köyü'nü; güneyde, tesise yaklaşık 1000 m uzaklıktaki Alikahya Beldesi'ni ve güneybatıda, tesise yaklaşık 1500 m'de bulunan Yuvam-Akarca Konutları'nın bir kısmını kapsamaktadır. Son yıllarda tesisin batı kısmında da yoğun bir konut yapımı süreci gözlenmektedir.



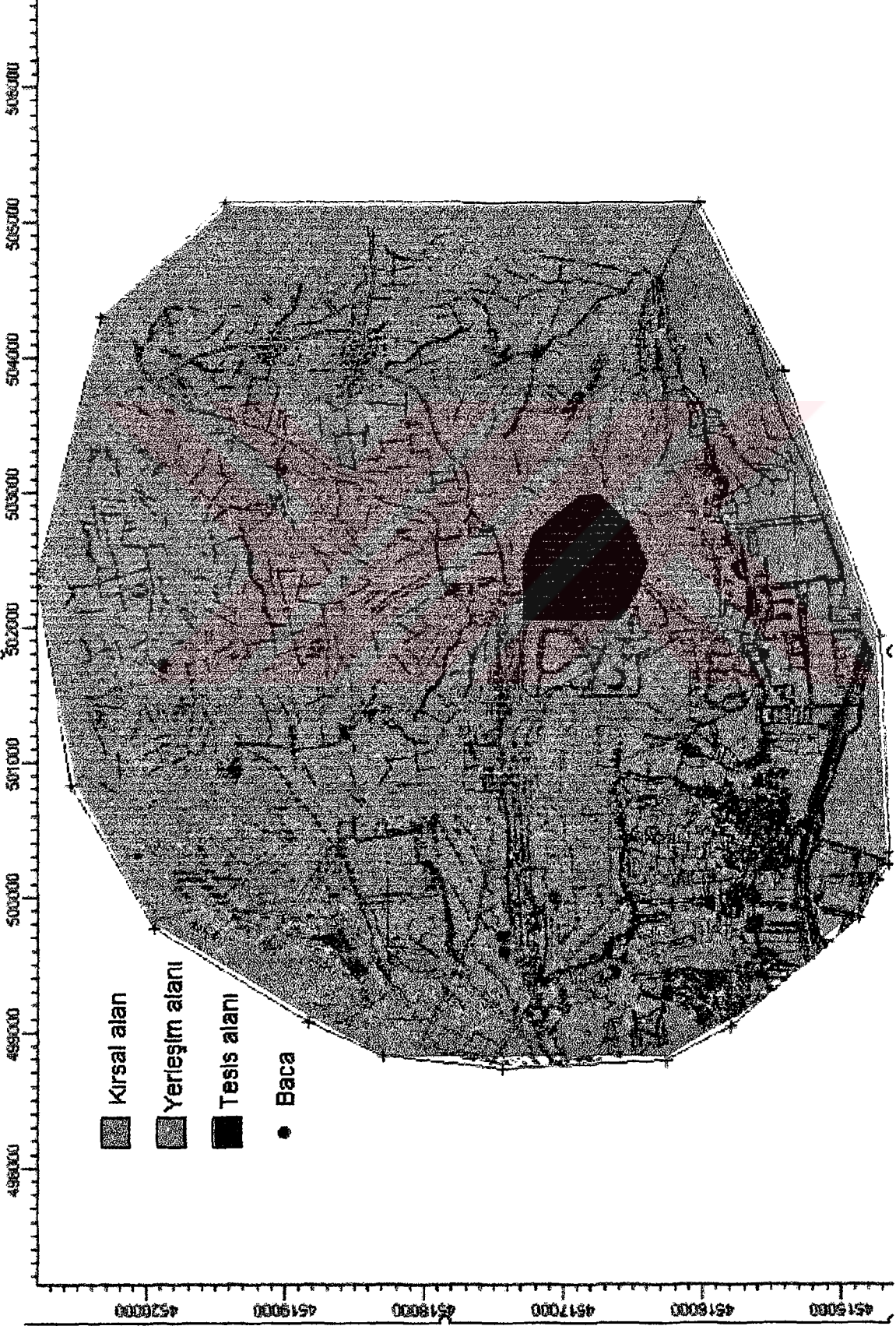
Şekil 6.3. Çalışmada ele alınan pilot bölge.

Pilot bölgenin büyük bir bölümünü kırsal alanlar oluşturmaktadır. Yerleşim alanları güneydeki Alikahya ve güneybatıdaki Yuvam Konutları'dır. Alikahya Beldesi genelde az katlı yapıların baskın olduğu bir kasaba görünümünde olup nüfus yoğunluğu ve gelir düzeyi olarak yarı-kentsel bir yerleşim bölgesi özelliği taşımaktadır. Yuvam ise çok katlı yapıların sık bir şekilde yer aldığı bir toplu konut alanı olup gelir düzeyi görece daha yüksek, kentsel bir yerleşim özelliğindedir. Kırsal alanların büyük bir bölümü ekili arazi olup, bu arazide çeşitli tahıl, sebze ve meyve türleri yetiştirilmektedir. Geriye kalan kısım ise otlaklardan oluşmaktadır. Pilot bölgedeki arazi kullanımları Şekil 6.4'te verilmiştir. Modeldeki hesaplamalarda pilot bölgenin % 75'inin kırsal, % 15'inin yarı-kentsel (Alikahya), % 10'unun da kentsel (Yuvam) yerleşim alanı olduğu kabul edilmiştir. Kırsal alanın % 70'i ekili arazi, % 30'u da otlaklar olarak alınmıştır.

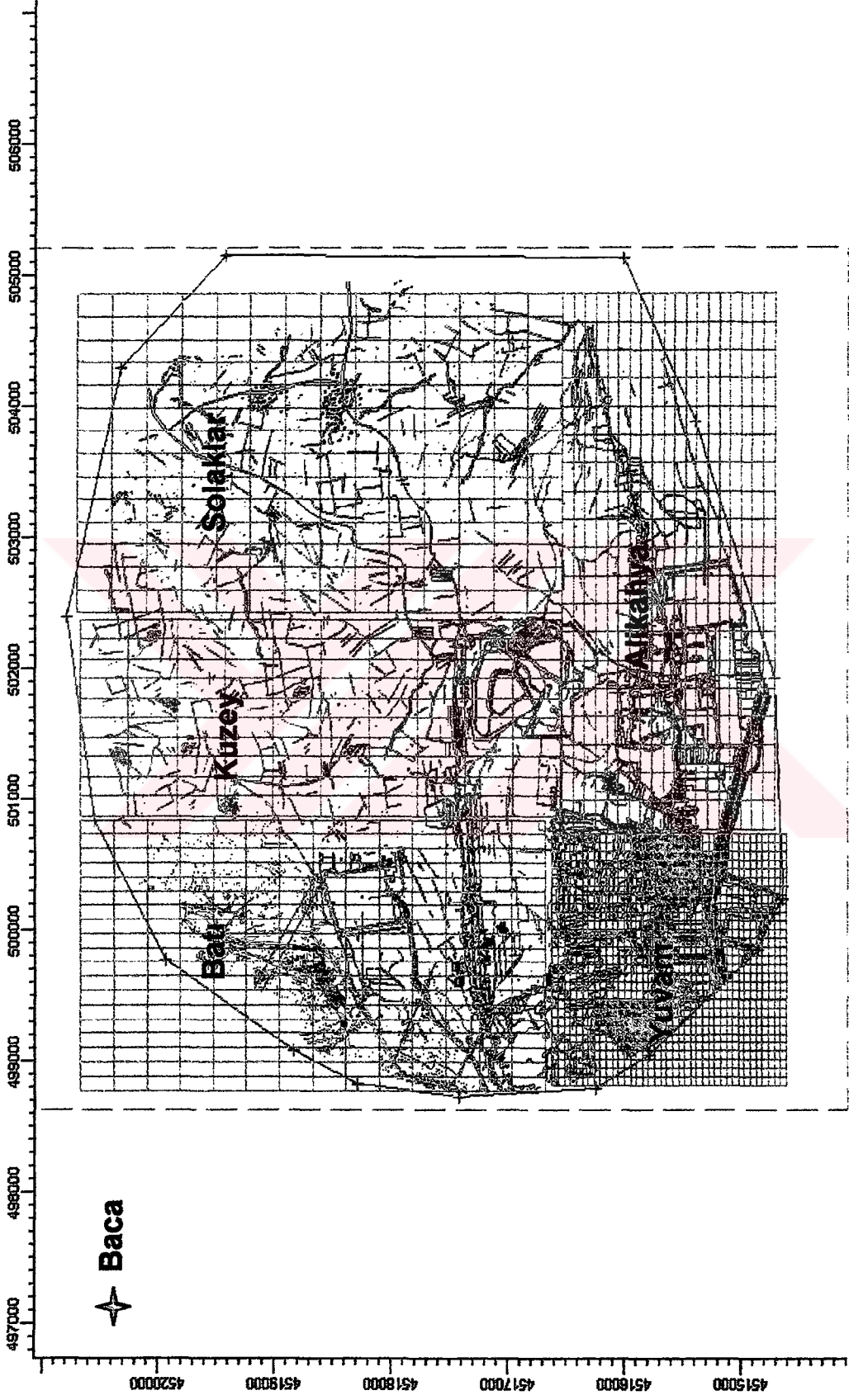
6.1.2.2 Alıcılar

Genel olarak tesisin emisyonlarından etkilenecekleri tahmin edilen kişilerdir. Bu bağlamda Solaklar Köyü'nde yaklaşık 500, Alikahya Beldesi'nde 5 000 ve Yuvam-Akarca Konutları'nda ise 10 000 kişi yaşamakta olup belirlenen pilot bölge ilk ikisinin tamamını, Yuvam Konutları'nın ise yarıya yakınına kapsamaktadır. Dolayısıyla pilot bölgedeki toplam nüfus 10 000 civarındadır. Modelde Solaklar, Alikahya ve Yuvam'da yaşayan insanlar sırasıyla kırsal, yarı-kentsel ve kentsel nüfus olarak adlandırılmış ve tüketim, beslenme, günlük yaşam vb. biçimleri de bu ayrıma göre ifade edilmiştir. Alıcılara ilişkin alt-gruplar ve bu grupların davranış biçimleri Bölüm 7'de ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Öte yandan pilot bölgede yaşayan insanlar, her ne kadar en yüksek risk grubu olarak tanımlansalar da, dioksinlerin doğada uzun süre bozunmadan kalarak besin zincirine girdikleri ve çoğu risk çalışmasında besin zincirinin baskın dioksine maruz kalma yolu olarak belirlendiği göz önünde bulundurulursa bu bölgenin dışında yaşayan insanların da bu emisyonlardan önemli derecede etkilenebilecekleri sonucuna varılabilir. Buradan hareketle model için alıcı noktaları belirlenirken tüm pilot bölge temel alınmış ve pilot bölge üzerindeki her yer alıcı ortam olarak tanımlanmıştır (Şekil 6.5).



Şekil 6.4. Pilot bölgede arazi kullanımları



Şekil 6.5. Pilot Bölge İçinde Nüfus Yoğunluğuna Göre Tanımlanmış Alıcı (Reseptör) Gridleri

6.1.2.3 Meteorolojik veriler

ISCST3 modeli meteorolojik veri olarak saatlik bazda yıllık veri kullanmaktadır. Modelde kullanılmak üzere Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı olan ve İzmit Merkez Bağçeşme Mahallesi'nde bulunan Kocaeli Meteoroloji İstasyonu (İstasyon No. 17066) tarafından kaydedilen 2000 yılı meteorolojik verileri kullanılmıştır. Bu veriler saatlik sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü ve basınç ile günlük bulut yükseklikleri ve yağış ölçümlerini içermektedir. Günlük değerlerin saatlik değerlere dönüştürülmesinde enterpolasyon ve rasgele tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen saatlik değerler PCRAMMET için uygun formatlarda (SCRAM, CD-144, TD-3240 vb.) yeniden üretilmiş ve ISCST3 için uygun meteoroloji dosyaları elde edilmiştir. Karışım yükseklikleri ise meteorolojik istasyonlarda ölçülmediği için ISCST3 modeli tarafından sağlanan bir işlemci yardımıyla hesaplanarak elde edilmiştir.

Rüzgar verileri ISCST3 Modeli kapsamındaki WRLPLOT işlemcisi tarafından işlenmiştir. Bu program yardımıyla 2000 yılı için elde edilen rüzgar hızı ve yönü frekans dağılımları Tablo 6.1 ve 6.2'de, rüzgar gülü ise Şekil 6.6'da verilmiştir.

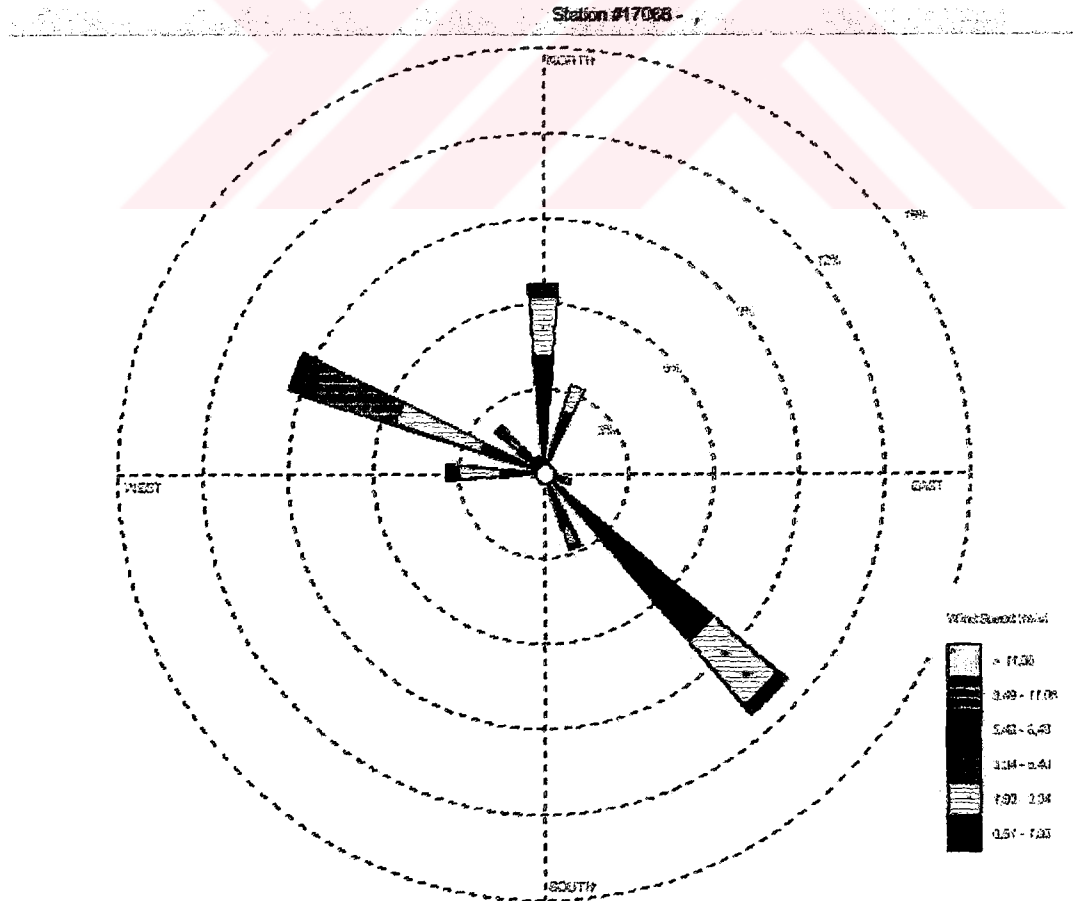
Tablo 6.1. Rüzgar Hızı Frekans Sayısı (rüzgar hızı m/s).

	0,51 - 1,80	1,80 - 3,34	3,34 - 5,40	5,40 - 8,49	8,49 - 11,06	> 11,06	Totals
N	367	179	41	0	0	0	587
NNE	203	85	3	0	0	0	291
NE	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0
ESE	64	18	4	0	0	0	86
SE	682	266	28	7	1	0	984
SSE	184	49	12	1	0	0	246
S	3	6	5	0	0	0	14
SSW	1	0	0	0	0	0	1
SW	4	0	0	0	0	0	4
WSW	31	8	3	0	0	0	42
W	139	122	36	5	0	0	302
WNW	207	272	305	42	5	0	831
NW	106	41	46	3	0	0	196
NNW	24	19	10	1	1	0	55
Totals	2015	1065	493	59	7	0	

Tablo 6.2. Rüzgar Hızı Frekans Dağılımı (rüzgar hızı m/s).

	0,51 - 1,80	1,80 - 3,34	3,34 - 5,40	5,40 - 8,49	8,49 - 11,06	> 11,06	Totals
N	0,041790	0,020383	0,004689	0,000000	0,000000	0,000000	0,066841
NNE	0,023115	0,009879	0,000342	0,000000	0,000000	0,000000	0,033136
NE	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
ENE	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
E	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
ESE	0,007288	0,002050	0,000455	0,000000	0,000000	0,000000	0,009793
SE	0,077659	0,030289	0,003188	0,000797	0,000114	0,000000	0,112047
SSE	0,020952	0,005580	0,001366	0,000114	0,000000	0,000000	0,028012
S	0,000342	0,000883	0,000569	0,000000	0,000000	0,000000	0,001594
SSW	0,000114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000114
SW	0,000455	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000455
WSW	0,003530	0,000911	0,000342	0,000000	0,000000	0,000000	0,004783
W	0,015828	0,013892	0,004089	0,000569	0,000000	0,000000	0,034369
WNW	0,023571	0,030972	0,034730	0,004783	0,000569	0,000000	0,094625
NW	0,012070	0,004689	0,005238	0,000342	0,000000	0,000000	0,022318
NNW	0,002733	0,002164	0,001139	0,000114	0,000114	0,000000	0,006263
Totals	0,229447	0,121271	0,056138	0,008718	0,000797	0,000000	

Ortalama rüzgar hızı : 2,09 m/s
Sakin günlerin frekansı : % 59.



Şekil 6.6. WRLPLOT ile Hazırlanan, 2000 Yılı Verileri için Rüzgar Gülü.

6.1.2.4 Yöreye özgü iklim parametreleri

PCRAMMET işlemcisi iklim verilerine ek olarak çalışmanın yapıldığı alana özgü belirli parametrelerin belirlenmesini de gerektirir. Bu parametreler daha çok yöredeki arazinin kullanımı ile ilgili olup arazi kullanımının iklime ve kirleticilerin atmosferdeki dağılımına etkisinin bir ölçüsüdürler. Aşağıda bu parametrelerin tanımları ve çalışılan pilot bölge için belirlenen değerler verilmiştir. Tanımlar ve tipik değerler PCRAMMET User's Guide (US EPA, 1999) temel alınarak verilmiştir.

6.3.2.4.1 Minimum Monin-Obukhov uzunluğu – Kararlı koşullar

Monin-Obukhov uzunluğu atmosferik kararlılığın bir ölçüsüdür. Yüzey ısınmasının kararsız atmosfer koşullarına neden olduğu gündüz boyunca negatif, yüzeyin soğuduğu (dolayısıyla atmosferin kararlı olduğu) gece boyunca ise pozitiftir. Sıfıra yakın değerler, işaretine bağlı olarak çok kararsız ya da kararlı koşulları gösterir. Kararlı koşullar süresinde kentsel alanlarda tahmin edilen Monin-Obukhov uzunluğu (L) değerleri, daha az kararlı sınır tabakasını yeterince yansıtmayabilir. Kentsel bölgelerde engeller (binalar) tarafından üretilen mekanik türbülansın, engelsiz bir alana göre “daha nötral” bir yüzey tabakası oluşturma eğiliminde olacağını belirtilmiştir. Dolayısıyla, bu etkiyi göstermek amacıyla kararlı saatler için minimum L değerinin baz alınmasını önermişlerdir. Yazarlar ayrıca, engel yüksekliği ile bu engel tarafından etkilenen akış bölgesi arasında var olan yaklaşık bir ilişkiyi kullanarak birçok kentsel arazi kullanım sınıfına göre Tablo 6.3'teki minimum değerleri önermişlerdir:

Tablo 6.3. Arazi Kullanım Türlerine Göre Minimum Monin-Obukhov Uzunlukları

Arazi Kullanım Türü	Değer
Tarımsal (açık alan)	2 m
Yerleşim	25 m
Yerleşim/endüstriyel	50 m
Ticari (19-40 katlı binalar)	100 m
Ticari (40 kattan yüksek binalar)	150 m

İzmit, her ne kadar ileri derecede sanayileşmiş ve buna bağlı yoğun nüfus artışıyla yerleşim yerlerinin de hızla arttığı bir kent olsa da, çalışmanın yapıldığı alanın büyük bir kısmı Şekil 6.4'te de görüldüğü gibi tarımsal köy arazisidir. Pilot bölgede bulunan yerleşim alanlarından Yuvam-Akarca konutları kentsel bir yerleşim alanı olarak kabul edilebilirler. Alikahya beldesi ise 2-3 katlı binaların çoğunlukta olduğu yarı-kentsel bir yerleşim alanı olarak kabul edilmiştir. Pilot bölgede bu iki yerleşim alanının kapsadıkları kısım, yaklaşık olarak sırasıyla % 10 ve % 15 olup, geriye kalan % 75'lik kısım köy ya da tarım arazisi olup açık alan kategorisinde değerlendirilebilir. Buna göre % 75'lik kısım açık alan, % 15'lik kısım yarı-kentsel yerleşim (bu sınıfa ait Monin-Obukhov uzunluğu 10 m alınmıştır) ve % 10'luk kısım da kentsel yerleşim alanı olarak kabul edilmiş ve ağırlıklı ortalama alınarak pilot bölge için Monin-Obukhov uzunluğu 5.5 m olarak bulunmuştur.

6.3.2.4.2 Yüzey pürüzlülük uzunluğu – Ölçüm alanı ve uygulama alanı

Yüzey pürüzlülük uzunluğu, rüzgarın esmesini engelleyen yüksekliklerin bir ölçüsüdür. Bu engellerin fiziksel boyutlarına eşit olmamakla birlikte, genel olarak bununla doğru orantılıdır. Mevsimlerin fonksiyonu olarak arazi kullanım türlerine göre tipik değerler Tablo 6.4'te verilmiştir.

- Ölçüm Alanı: Bu değer rüzgar ölçümlerinin yapıldığı alanı temsil eder.
- Uygulama Alanı: Bu değer, meteorolojik değerlerin uygulanacağı çalışma alanını temsil eder.

Tablo 6.4. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Yüzey Pürüzlülük Uzunlukları (m)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su Yüzeyi	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Ağaçlık (kalın yapraklı)	1.00	1.30	0.80	0.50
Ağaçlık (iğne yapraklı)	1.30	1.30	1.30	1.30
Bataklık	0.20	0.20	0.20	0.05
Ekili arazi	0.03	0.20	0.05	0.01
Otlak	0.05	0.10	0.01	0.001
Kentsel	1.00	1.00	1.00	1.00
Fundalık	0.30	0.30	0.30	0.30

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Kocaeli Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülmüştür. İstasyon İzmit Merkez Bağçeşme Mahallesi'nde kentsel yerleşim bölgesi içinde, denizden 76 m yükseklikte bulunmakta, rüzgar ölçümleri de aynı yerde bulunan bir apartmanın üstünde yapılmaktadır (anemometre yüksekliği 10 m). Bu bakımdan yüzey pürüzlülük uzunluğu ölçüm alanı için 1.00 m alınmıştır.

Uygulama alanı değeri ise pilot bölgenin özelliklerine göre belirlenmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi çalışılan bölgenin yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ü kırsal alandır. Bu alanın da büyük bir kısmını ekili arazi ve otlaklar oluşturmaktadır. Bu araziler Tablo 6.4'ten de görüleceği üzere küçük pürüzlülük değerlerine sahiptirler. Öte yandan yörenin ve İZAYDAŞ'ın kurulduğu alanın topoğrafik yapısı (deniz seviyesinden 122 m yükseklikte) ve buna ek olarak bacanın kendi yüksekliği (65 m) göz önüne alınırsa bacadan çıkarak rüzgarlarla taşınacak olan kirlilik bulutunun yer yüzeyine ulaşırken kayda değer herhangi bir engelle karşılaşmayacağı görülebilir. Bu bilgilerin ışığında uygulama alanı için yüzey pürüzlülük uzunluğu 0.01 m (ekili arazi için verilen minimum değer) olarak kabul edilmiştir.

6.3.2.4.3 Öğle vakti albedosu

Öğle vakti albedosu, güneş tam tepede iken yer yüzeyine gelen güneş ışımalarının yüzeyden yansıyan fraksiyonu olarak tanımlanır. Albedonun güneş ışınlarının gelme açısıyla birlikte değişmesine ilişkin ayarlamalar PCRAMMET tarafından otomatik olarak yapılır. Mevsimlere ve arazi-kullanım türlerine göre tipik değerler Tablo 6.5'te verilmiştir.

Tablo 6.5. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Albedo Değerleri (m)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış*
Su Yüzeyi	0.12	0.10	0.14	0.20
Ağaçlık (kalın yapraklı)	0.12	0.12	0.12	0.50
Ağaçlık (iğne yapraklı)	0.12	0.12	0.12	0.35
Bataklık	0.12	0.14	0.16	0.30
Ekili arazi	0.14	0.20	0.18	0.60
Otlak	0.18	0.18	0.20	0.60
Kentsel	0.14	0.16	0.18	0.35
Fundalık	0.30	0.28	0.28	0.45
* Kış albedosu kar örtüsünün kalma süresi ile değişir. Bu değer 0.30 (hiç kar yağmadığı zaman) ile 0.65 (kar örtüsü sürekli mevcut ise) arasında değişebilir.				

Albedo değerleri belirlenirken pilot bölgedeki kullanım alanları fraksiyonları ve yıllık değeri temsil etmek üzere, bu alanlara ilişkin Tablo 3'te verilen değerlerin ortalamaları esas alınmıştır. Pilot alanın % 25'i kentsel alan, % 75'i ise kırsal alan kabul edilmiş, kırsal alanın da % 70'i ekili arazi, % 30'u ise otlaklar olarak alınmıştır. Kış mevsimine ilişkin albedo değerleri ise, kentin yağışlı iklimi ve kar örtüsünün kısa süreli olması nedeniyle bütün alanlar için 0.35 olarak alınmıştır. Buna göre yıllık albedo, kentsel alanlarda 0.21, ekili alanlarda 0.22 ve otlaklarda 0.23 olarak belirlenmiştir. Bu verilerden hareketle ağırlıklı ortalama 0.22 olarak bulunmuştur.

6.3.2.4.4 Bowen oranı

Bowen oranı yüzeyde bulunan nemin bir ölçüsüdür. Yer yüzeyinde nemin varlığı enerji dengesinin ve böylece hassas ısı akısı ve Monin-Obukhov uzunluğunun değişmesine neden olur. Arazi kullanım türleri, mevsimler ve nem koşullarına göre tipik değerler Tablo 6.6a, 6b ve 6c'de verilmiştir.

Tablo 6.6a. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Günlük Bowen Oranları-
Kuru Koşullar

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su Yüzeyi	0.1	0.1	0.1	2.0
Ağaçlık (kalın yapraklı)	1.5	0.6	2.0	2.0
Ağaçlık (iğne yapraklı)	1.5	0.6	1.5	2.0
Bataklık	0.2	0.2	0.2	2.0
Ekili arazi	1.0	1.5	2.0	2.0
Otlak	1.0	2.0	2.0	2.0
Kentsel	2.0	4.0	4.0	2.0
Fundalık	5.0	6.0	10.0	10.0

Tablo 6.6b. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Günlük Bowen Oranları-
Ortalama Koşullar

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su Yüzeyi	0.1	0.1	0.1	1.5
Ağaçlık (kalın yapraklı)	0.7	0.3	1.0	1.5
Ağaçlık (iğne yapraklı)	0.7	0.3	0.8	1.5
Bataklık	0.1	0.1	0.1	1.5
Ekili arazi	0.3	0.5	0.7	1.5
Otlak	0.4	0.8	1.0	1.5
Kentsel	1.0	2.0	2.0	1.5
Fundalık	3.0	4.0	6.0	6.0

Tablo 6.6c. Mevsimler ve Arazi Kullanım Türlerine Göre Günlük Bowen Oranları-
Islak Koşullar

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su Yüzeyi	0.1	0.1	0.1	0.3
Ağaçlık (kalın yapraklı)	0.3	0.2	0.4	0.5
Ağaçlık (iğne yapraklı)	0.3	0.2	0.3	0.3
Bataklık	0.1	0.1	0.1	0.5
Ekili arazi	0.2	0.3	0.4	0.5
Otlak	0.3	0.4	0.5	0.5
Kentsel	0.5	1.0	1.0	0.5
Fundalık	1.0	5.0	2.0	2.0

İzmit yöresi genel olarak Karadeniz iklimi özellikleri göstermekte ve çok yağış almaktadır. Meteorolojik verilerin ait olduğu 2000 yılı içerisinde toplam 132 gün yağış kaydedilmiş, ortalama günlük yağış ise 2.3 mm olmuştur. Yağış kaydedilmediği zamanlarda bile toprak görece uzun süreler ıslak kalabilmektedir. Pilot bölge için Bowen oranı, yıllık sürenin yarısında ıslak, yarısında da ortalama koşulların mevcut olduğu varsayımı ile Tablo 6.6b ve 6.6c'de verilen değerlerin

ortalaması alınarak ve bu değerlerin yukarıda yapıldığı gibi arazi kullanım fraksiyonları bazında ortalaması bulunarak belirlenmiştir. Buna göre yıllık ortalama Bowen oranları, ekili arazi için 0.55, otlaklar için 0.68 ve kentsel yerleşim alanları için de 1.19 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin arazi kullanım fraksiyonlarına göre ağırlıklı ortalaması alınmasıyla modelde kullanılacak Bowen oranı 0.74 olarak belirlenmiştir.

6.3.2.4.5 Antropojenik ısı akısı

Antropojenik ısı akısı aşırı derecede kentleşmiş yerler hariç, genellikle ihmal edilir (sıfır olarak alınır). Ancak yüksek nüfus yoğunluğuna sahip ya da yüksek enerji kullanımı olan yerlerde bu akı ihmal edilebilir derecede düşük olmayabilir. Oke (1978) 10 ayrı kent için kişi başına enerji kullanımı ve nüfus yoğunluğuna ilişkin tahminlerini sunarak her bir kent için ısı akısı değerlerini elde etmiştir. Yaz mevsimi değerleri genelde ortalamanın % 50'si civarında olup kış mevsimindeki daha soğuk havalarda bu değerler, ortalamanın % 150'sine çıkabilmektedir. Tablo 6.7 birçok kentsel alan için kullanılabilir değerleri vermektedir.

İzmit şehri yaklaşık 40 yıldır yoğun bir sanayileşmeye maruz kalmış ve bununla birlikte göç alan bir şehir konumuna gelmiştir. Özellikle son 20 yıldır bu göç daha da artarak devam etmiştir. Şehrin nüfusu 1960'ta 297.000 (112.000 kent, 185.000 kır) iken 1990'da yaklaşık 3 kat artarak 937.000'e (583.000 kent, 354.000 kır) çıkmıştır. Bu süre içerisinde kentte yaşayan kişi oranı da % 18'den % 62'ye çıkmıştır. 1997 yılı nüfus sayımına göre Kocaeli nüfusu 1.177.379, genel nüfus yoğunluğu ise 336 kişi/km²'dir. Aynı yılın değerlerine göre İzmit merkezdeki kentsel nüfus 450.000 civarında olup, kent merkezindeki nüfus yoğunluğu yaklaşık olarak 10.000 kişi/km²'dir (Anonim, 2000). Enerji kullanımına ilişkin herhangi bir veri elde edilememiştir. İzmit için antropojenik ısı akısı bulunurken Tablo 6.5'teki şehirlerden nüfus ve nüfus yoğunluğu olarak İzmit'e benzer durumdaki Sheffield ve Vancouver kentleri baz alınmış ve buradan hareketle antropojenik ısı akısı 19 W/m² olarak kabul edilmiştir.

Tablo 6.7. Bazı Şehirler İçin Ortalama Antropojenik Isı Akısı (Qf) ve Net Radyasyon (Q*) Değerleri

Kent Alanı (enlem/periyot)	Nüfus (x 10 ⁶)	Nüfus Yoğunluğu (kişi/km ²)	Kişi başına enerji kullanımı (MJx10 ³ /yıl)	Qf (W/m ²)	Q* (W/m ²)
Manhattan (40°N) yıllık yaz kış	1.7	28,810	128	117 40 198	93
Montreal (45°N) yıllık yaz kış	1.1	14,102	221	99 57 153	52 92 13
Budapest (47°N) yıllık yaz kış	1.3	11,500	118	43 32 51	46 100 -8
Sheffield (53°N) yıllık	0.5	10,420	58	19	56
Batı Berlin (52°N) yıllık	2.3	9,830	67	21	57
Vancouver (49°N) yıllık yaz kış	0.6	5,360	112	19 15 23	57 107 6
Hong Kong (22°N) yıllık	3.9	3,730	34	4	~110
Singapore (1°N) yıllık	2.1	3,700	25	3	~110
Los Angeles (34°N) yıllık	7.0	2,000	331	21	108
Fairbanks (64°N) yıllık	0.03	810	740	19	18

6.3.2.4.6 Yere absorplanan net radyasyon fraksiyonu

Gün boyunca meydana gelen yere ısı akısı, net radyasyon fraksiyonu olarak parametrelendirilmiştir. Önerilen değerler aşağıda verilmiştir.

- Kırsal 0.15
- Yarı-kentsel 0.22
- Kentsel 0.27

Pilot bölge için alınan değer, %75 kırsal, %15 yarı-kentsel ve % 10 da kentsel alan üzerinden ortalama alınarak 0.17 bulunmuştur.

Tüm bu parametrelere ilişkin olarak çalışmada kullanılan değerler Tablo 6.8'de özetlenmiştir.

Tablo 6.8. Çalışmada Kullanılan Yöre-Özgü İklim Parametreleri

Parametre	Değer
Anemometre yüksekliği	10 m
Min. Monin-Obukhov uzunluğu	5.5 m
Yüzey pürüzlülük uzunluğu (ölçüm yeri)	1.0 m
Yüzey pürüzlülük uzunluğu (pilot bölge)	0.01 m
Öğle-vakti albedosu	0.22
Bowen oranı	0.74
Antropojenik ısı akısı	19 W/m ²
Yere Absorplanan Net Radyasyon Fraksiyonu	0.17

6.3.3. ISCST3 modeli seçenekleri

6.1.3.1 Modelleme türü

ISCST3 Modeli, bacadan salınan kirleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olmak üzere değişik modelleme seçenekleri sunmaktadır. Bunlar konsantrasyon, kuru birikim ve yağ birikim türleri olup denklemleri ISCST3'le ilgili ayrıntıların yer aldığı Ek-2'de verilmektedir. Bu türler, kendilerine özgü iklim ve emisyon parametrelerini gerektirirler ve ayrı ayrı çalıştırılacakları gibi birlikte de çalıştırılabilirler. Burada bu modelleme çeşitlerinin dioksinlere uygulanması üzerinde durulacaktır.

6.3.3.1.1 Konsantrasyon

Bu modda sadece havadaki dağılım parametreleri etkin olup gereken meteorolojik veriler saatlik rüzgar hızı, rüzgar yönü ve dağılımı tanımlayan kararlılık sınıflarıdır. Bunlara ek olarak bina konfigürasyonları, emisyon debileri ve alıcılarla ilgili veriler gerekir. Konsantrasyon modu partikül-fazındaki kirleticilerin birikimini (kuru ve yaş), kirlilik bulutunda bu birikimden kaynaklanan azalmayı ve kirleticilerin havada uğrayacakları bozunmayı (SO₂ hariç) ihmal eder.

Bu tür modelleme dioksinlerle ilgili olarak genellikle kısa süreli (örneğin 1 ile 48 saat arası) atmosferik konsantrasyon tahminlerinde kullanılır. Dioksinler, tamamen kalıcı bir kirletici gibi düşünülerek, tekil konjenerlerin atmosferde, spesifik özelliklerinden ve buhar/partikül şeklinde ayrışmalarından kaynaklanan değişimlere uğramadığı, ya da herhangi bir bozunma ya da dönüşüme maruz kalmadığı var sayılır (Lorber et al., 2000). Özellikle kısa vadeli doğrulama çalışmalarında konsantrasyon modu kullanılmaktadır. Bunun yanında tesiste herhangi bir problemten kaynaklanabilecek geçici emisyon artışlarının (herhangi bir ünitenin devre dışı kalması vb.) kısa vadede atmosferde yaratacağı konsantrasyon değerinin tahmininde de kullanılabilirler.

Havadaki kirletici konsantrasyonları şu şekilde hesaplanır (Zemba et al., 1996):

$$C_y = Q_s \cdot \frac{\chi}{Q_n} \quad (6.1)$$

Burada;

C_y = Modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu,

Q_s = Kirleticinin emisyon oranı,

χ/Q_n = Nominal (birim) emisyon oranı başına modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu

Burada seçilen nominal emisyon oranına göre χ/Q_n parametresi belirlenir ve değişen emisyon oranlarına göre kirleticinin havadaki konsantrasyonları tahmin edilir. Bu çalışmada nominal emisyon oranı 1 ng/s (=1000 pg/s) olarak belirlenmiş ve konsantrasyon değerleri fg/m^3 cinsinden verilmiştir. Dolayısıyla χ/Q_n parametresinin birimi de $(fg/m^3)/(ng/s)$ olmaktadır.

6.3.3.1.2 Kuru birikim

Baca gazındaki kirleticiler gaz veya partiküle-bağlı şekilde olabilirler. Bacadan çıkmadan önce bazı gazlar partiküller üzerinde yoğunlaşmaya uğrayabilmektedirler. Bacadan çıktıktan sonra partiküller atmosferde dağılırlar ve bir süre sonra çökerek yere, bitkilerin üzerine ya da suya birikirler. Kirletici birikimlerinin tahmin edilmesi, kirleticilerin besin zinciri ile alınması ya da temas yoluyla absorplanması gibi bir çok dolaylı maruz kalma yolunun tanımlanmasında önemli bir yer tutar. Kirleticilerin kuru birikimi (1) partiküller yer çekimi ile çökme ve türbülans ile taşınıp yer yüzeyine ulaştıklarında, ve (2) gazlar partikül yüzeyine absorplandığı ya da adsorplandığı zaman meydana gelir (Zemba et al, 1996). Bu modda kirleticilerin partiküle bağlı oldukları var sayılır ve konsantrasyon modundaki giriş değerlerine ek olarak bacadan çıkan partiküllerin büyüklük dağılımlarının belirlenerek partiküllerin büyüklük kategorilerine göre çapları, kütleli fraksiyonları ve özgül ağırlıklarının girilmesi gerekmektedir.

Kuru birikime ilişkin hesaplamalar Ek-2'deki ISCST3 modelinin ayrıntılı açıklamasında verilmiştir ve basitçe, belli bir noktada havada bulunan kirletici konsantrasyonu ile birikim hızının çarpımına eşittir. Birikim hızı ise, şu şekilde hesaplanır (Yoshida et al., 2001)

$$V_d = \frac{2 \cdot r_2 \cdot \rho_p \cdot g}{9 \cdot v \cdot \rho_a} \quad (6.2)$$

Burada ;

- V_d = partikül hızı, (cm.s^{-1}),
 r = partikülün çapı, (cm),
 ρ_p = partikül yoğunluğu, (g.cm^{-3})
 ν = havanın kinematik viskozitesi, ($\text{cm}^2.\text{s}^{-1}$),
 ρ_a = havanın yoğunluğu, $1.19 \times 10^{-3} \text{ g.cm}^{-3}$,

Görüldüğü gibi birikim hızı partiküllerin çapı ve yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Bunun için havadaki partiküllerin büyüklük sınıfları belirlenir ve bu sınıflara ilişkin birikim hızlarının, partikül sınıflarının fraksiyonları temelinde ağırlıklı ortalaması alınarak ortalama birikim hızı elde edilir.

Dioksinlere ilişkin kuru birikim miktarlarının belirlenmesinde de, bazı dioksinlerin önemli bir kısmının gaz fazında bulunduğu bilinmesine rağmen (Bölüm 6.3.4'e bakınız), bu kimyasalların tamamının partiküle-bağlı olduğu kabul edilir. Dioksinlerin absorplandığı partiküllerin büyüklük dağılımları ve bunlara ait birikim hızları çeşitli araştırmaların konusu olmuştur. Bu çalışmalardan bazıları ortam havasında yapılan ölçümleri temel alırken bazıları da dioksinlerin bacadan çıktığı sırada üzerine absorplandığı partikülleri temel alır.

US EPA (1994)'te evsel atık yakma tesisleri için önerilen ve HMIP(1996)'da da benimsenen tipik büyüklük dağılımı sınıfları, bunların fraksiyonları ve birikim hızları Tablo 6.9'da verilmektedir.

Tablo 6.9. Evsel Atık Yakma Tesisleri İçin Tipik Partikül Büyüklüğü Kategorileri (US EPA, 1994)

Partikül çapı aralığı(μm)	Fraksiyonu (%)	Birikim hızı (cm/s)
< 2	87.5	0.007
2 - 10	9.5	0.3
> 10	3	2.5

Görüldüğü gibi partiküllerin yaklaşık % 90'ı çapı 2 µm'den küçük partiküllerden oluşmaktadır. Bu tabloya göre ortalama birikim hızı 0.11 cm/s'dir. Kaupp and MacLachlan (2000)'de ise PCDD/F konjenerleri için klorlanma seviyelerine göre ayrı ayrı büyüklük dağılımları verilmiş olmasına rağmen, sonuçlar genelde Tablo 1'deki değerlerle uyum göstermiştir. Bu çalışmada 4-5 klorlu dioksinlerin yaklaşık % 75'i daha yüksek klorlu dioksinlerin ise yaklaşık % 90'ının çapları 2.9 µm'nin altında bulunmuştur. Yoshida et al. (2001)'de ise partiküller 0.25 µm ve 2.5 µm çapında olmak üzere iki sınıfa ayrılmışlar, bunlara ilişkin fraksiyonlar ise sırasıyla 0.91 ve 0.09 olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi sonuçlar genelde Tablo 6.9'da verilen değerlerle uyum sağlamaktadır.

Diğer yaklaşımda ise bacadan çıkan partiküller temel alınır ve baca koşullarında görece yüksek buhar basıncına sahip bileşikler, bacadan çıkan partiküllerin yüzeyine yoğunlaştıkları varsayımıyla modellenirler. Bu tür kirleticiler yüzey-ağırlıklı (SW) olarak adlandırılırlar ve tüm organik bileşiklerle birlikte kurşun, cıva ve selenyum da kapsar. Diğer kirleticiler ise partikül içinde üniform dağıldıkları için hacim-ağırlıklı (VW) olarak adlandırılır. Bu iki tür kirletici sınıfına ilişkin büyüklük dağılımları birbirinden farklıdır. Alan/hacim oranı küçük partiküllerde daha büyük olduğu için yüzey-ağırlıklı bileşiklere ilişkin büyüklük dağılımlarında küçük partiküllerin fraksiyonu hacim-ağırlıklılara göre çok daha büyüktür. Örneğin Zemba et al. (1996)'da 1 µm'den küçük partiküllerin fraksiyonu VW olarak 0.55 iken SW olarak 0.97'dir. Bu duruma ek olarak atık yakma tesislerindeki toz tutucu sistemlerin büyük partikülleri tutmada daha başarılı oldukları göz önüne alınırsa bacadan atılan partiküllerin küçük partiküllerden oluşma olasılığı daha da artacaktır. Örneğin torba filtre ve yıkayıcıdan oluşan bir kirlilik önleyici sistemde çıkan partiküllerin yaklaşık yarısının (% 46) çok küçük partiküllerden (çapı 0.1 µm'den küçük) oluştuğu gözlenmiştir (Zemba et al., 1996). Aynı çalışmada VW kirleticiler için verilen yıllık ortalama birikim hızı 0.8 cm/s iken SW kirleticiler için bu değer 0.1 cm/s olarak verilmiştir.

İZAYDAŞ tesisinin partikül emisyonlarının büyüklük dağılımına ilişkin herhangi bir çalışma yapılmamış olsa da tesisteki ESP ve ikili yıkayıcıdan oluşan kirlilik önleyici sistemin partikül giderimindeki başarısı ve tesiste sürekli ölçülen partikül

emisyollarının genelde 0–1 mg.Nm⁻³ arasında olduğu göz önünde tutulursa, atmosfere atılan partiküllerin küçük çaplı oldukları söylenebilir. Bu sistemlerin partikül ve PCDD/F tutma verimliliklerine ilişkin bir çalışma Karademir et al. (unpublished) tarafından yapılmış ve ESP ve yıkayıcıların toz tutma verimlilikleri sırasıyla % 99 ve % 96 bulunmuştur. Öte yandan bu oranlar aynı sistemlerin PCDD/F giderim oranlarına yakın olduğundan tesisten çıkan dioksinlerin büyük çoğunluğunun partiküle bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta PCDD/F'lerin bacadaki gaz/partikül ayrışması ile ortam havasındaki ayrışmasının farklı olduğudur. Aynı şekilde dioksinlerin absorplandığı partiküllerin büyüklük dağılımları da bacada ve ortam havasında farklıdır. Kuru ve ıslak birikimlerde ortam havasındaki durum etkili olduğu için bacadaki dağılımın temel alınması yanlış sonuçlara yol açabilir. PCDD/F'lerin gaz/partikül ayrışmalarında ortam havası değerlerinin esas alınmasının dayandığı kabul, bu ayrışmanın PCDD/F'lerin baca çıkışından yer yüzeyine inmelerine kadar olan süreci yeterince tanımladığıdır. Bu ayrışma daha çok sıcaklığa bağlı olduğu için baca çıkışında daha yüksek olan buhar fraksiyonu, ortam havasında partikül faz ile dengelenecektir. Dolayısıyla buhar/partikül oranı PCDD/F'ler atmosferde yayıldıkça değişecektir. Eğer bu dengelenme baca partiküllerinin atmosferde kalış süresine göre kısa bir zamanda gerçekleşiyorsa söz konusu kabul geçerli olacaktır (DoE, 1995b).

Bu süreç kısaca şöyle açıklanabilir: Partiküller bacadan baca sıcaklığında salınırlar ve atmosferde ısı kaybederler. Bu ısı kaybı dinamik bir süreç olup buhar fazındaki PCDD/F'lerin partikül yüzeyine adsorplanma oranını da belirler. Buhar fazındaki PCDD/F'ler ortam havasında daha çok küçük partiküller ile dengelenirler ve bu da özellikle maruz kalma noktasında buhar fazının azalarak partikül fazının artmasına yol açar. Ortam havasında PCDD/F'lerin adsorplandığı partiküllerin büyüklük dağılımı hakkında bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda genel olarak küçük partiküllerin baskınlığı söz konusudur. Örneğin Kaupp et al. (1994)'te bu partiküllerin % 90'ının çapının 1.5 µm'den daha küçük olduğu belirtilmektedir (DoE, 1995b).

Modelde tesisten çıkan partiküller için iki büyüklük sınıfı tanımlanmıştır ve birinci sınıf için ortalama çap 1 µm ve fraksiyon 0.90; ikinci sınıf için de ortalama çap 5 µm ve fraksiyon da 0.10 olarak alınmıştır. Her iki fraksiyon için de yoğunluk olarak, İZAYDAŞ Laboratuvarı'nda yapılan kül analizlerinde elde edilen 0.57 g/cm³ değeri kullanılmıştır. Bu değer başka çalışmalarla karşılaştırıldığında oldukça düşük bir değerdir. PCDD/F'lerin Bölüm 6.3.4'te anlatılan biçimde belirlenen partiküle-bağlı fazlarının kuru birikimlerinin belirlenmesinde konsantrasyonların belirlenmesinde kullanılan nominal emisyon oranı yaklaşımı kullanılmış ve birim emisyon debisinde oluşan birikim hızları partikül fazındaki emisyon oranları ile çarpılmıştır.

Bu tür tesislerdeki partikül yoğunluğu Zemba et al. (1996)'da 1.8 g/cm³, Lorber et al. (2000)'de ise 1.4 g/cm³ olarak verilmiştir. Sadece Basham and Whitwell (1999)'da 1 µm çapındaki partiküllerin yoğunluğu 0.5 g/cm³ değeri olarak verilmiştir. İZAYDAŞ özelinde partiküllerin çaplarının küçük ve yoğunluklarının az olması yukarıda verilen birikim hızlarından daha düşük birikim hızlarına yol açmıştır. Model konsantrasyon+kuru birikim modunda 1 ng/s'lik nominal emisyon debisi ile çalıştırıldığında elde edilen maksimum kuru birikim oranının (Dyd), maksimum Cy değerine bölünmesi ile elde edilen birikim hızı aşağıda hesaplanmıştır.

$$V_d = \frac{(Dyd)_{\max}}{(Cy)_{\max}} \quad (6.3)$$

Burada max alt-indisi maksimum değerleri göstermektedir. Nominal emisyon oranında maksimum Dyd oranı bacanın 1473 m güneyinde 0.27 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹ olarak gözlenmiştir. Buradan elde edilen model birikim hızı 0.011 cm/s olup US EPA(1994b) tarafından önerilen değerlerde çapı 2 µm'den küçük partiküllere karşılık gelmektedir. Modellemenin sonraki aşamalarında modelden elde edilen maksimum yıllık kuru birikim oranı kullanılmıştır.

Partiküllerin kuru birikimine ek olarak gaz fazındaki bileşiklerin de kuru birikim söz konusudur. Schröder et al. (1997)'de ayrıntılı bir şekilde çalışılan ve dioksinler için birikim hızı 2 m/h (=0.056 cm/s) olarak önerilen bu konu mevcut ISCST3 modelinde de yer almakla birlikte farklı bir meteorolojik dosya gerektirdiğinden

kullanılmamıştır. Onun yerine HMIP (1996)'da toprağa atmosferik difüzyon akısı olarak kavramsallaştırılan gazların kuru birikimine ilişkin formüllerden yararlanılmıştır. Burada toprağa atmosferik difüzyon akısı şu şekilde verilmiştir:

$$L_{dif} = K_t \cdot C_y \cdot f_v \quad (6.4)$$

Burada;

- L_{dif} = Toprağa atmosferik difüzyon akısı, ($\text{pg.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$)
 K_t = Gaz fazı kütle transfer katsayısı, (m.y^{-1})
 C_y = Kirleticinin havadaki konsantrasyonu (gaz+partikül) (fg.m^{-3})
 f_v = Buhar fazı fraksiyonu (birimsiz)

Burada K_t , rüzgar hızı, etkilenen bölgenin çapı ve gaz fazı için Schmidt sayısına bağlı olup şu formülle ifade edilir:

$$K_t = 0,482 \cdot u^{0,78} \cdot S_{ca}^{-0,67} \cdot d_c^{-0,11} \quad (6.5)$$

Burada;

- K_t = Gaz fazı kütle transfer katsayısı, (cm.s^{-1})
 u = Ortalama rüzgar hızı, (m.s^{-1})
 S_{ca} = Gaz fazı için Schmidt sayısı, (birimsiz),
 d_c = Etkilenen bölgenin çapı, (m).

Gaz fazı için Schmidt sayısı ise şu şekilde bulunur:

$$S_{ca} = \frac{\mu_a}{\rho_a \cdot D_a} \quad (6.6)$$

Burada;

- μ_a = Havanın viskozitesi, $1.7 \times 10^{-4} \text{ g.cm}^{-1}.\text{s}^{-1}$,
 ρ_a = Havanın yoğunluğu, $1.19 \times 10^{-3} \text{ g.cm}^{-3}$,
 D_a = Konjenerin havadaki difüzyon katsayısı, ($\text{cm}^2.\text{s}^{-1}$).

Pilot bölge için K_t , ortalama rüzgar hızı 2.09 m.s^{-1} ; etkilenen bölgenin çapı 6000 m ve difüzyon katsayısı da dioksin konjenerleri için HMIP(1996)'da verilen değerler olan 0.05 (4-6 klorlular) ve 0.04 (7-8 klorlular) $\text{cm}^2.\text{s}^{-1}$ alınarak sırasıyla 0.163 ve 0.14 cm.s^{-1} şeklinde hesaplanmıştır. Bu değerler konjenerlerin havadaki buhar fazı konsantrasyonlarıyla çarpılarak gazların kuru birikimi ya da toprağa atmosferik difüzyon akıları bulunmuştur.

6.3.3.1.3 Islak birikim

Islak birikim gaz ve partikül fazındaki kirleticilerin yağışlar ile yer yüzeyine inmesini ifade eder. Bazı risk değerlendirme çalışmalarında ıslak birikim yolu değerlendirmeye alınmasa da (örn. Zemba et al., 1996), özellikle yağışlı bölgelerde ıslak birikim yolu, kirleticilerin toprağa ulaşmasındaki baskın yol olabilmektedir.

Partiküllerin ıslak birikim yoluyla yer yüzeyine inmeleri oldukça karmaşık bir olgudur. Islak birikimde kirletici bulutunun dikine yıkanması ve partikül ve gazların yağışla sürüklenmesi söz konusudur ve bu olay sadece yer yüzeyine yakın yerlerde değil herhangi bir yükseklikte de meydana gelebilmektedir. Islak birikimin hesaplanmasında genellikle iki yaklaşım mevcuttur. İlk yaklaşım, yağıştaki konsantrasyonun havadaki konsantrasyona oranını ifade eden bir yıkanma oranına (W_c) dayanır. Yıkanma oranı, başka birçok parametrenin yanı sıra, partiküllerin ıslak yolla giderimi verimliliğine (yani verili bir hava hacmindeki partiküllerin yağış ile giderilen fraksiyonuna) dayanır. HMIP (1996)'da da önerilen bu yaklaşımla ıslak birikim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$D_{yw} = W_c.P.C_y.f_p$$

(6.7)

Burada;

D_{yw} = Partiküllerin yıllık ıslak birikim oranı ($fg.m^{-2} \cdot y^{-1}$)

W_c = Partiküller için yıkanma katsayısı (birimsiz)

P = Yıllık ortalama yağış ($m.y^{-1}$)

C_y = Kirleticinin havadaki konsantrasyonu (gaz+partikül) ($fg.m^{-3}$)

f_p = Partikül fazı fraksiyonu (birimsiz)

Görüldüğü gibi bu yaklaşım sadece partiküllerin yıkanmasını dikkate almaktadır. W_c , HMIP(1996)'da Koester and Hites (1992)'ye dayanılarak 40,000 olarak önerilmiştir. Bu değer ortalama bir değeri temsil etmekte olup, adı geçen çalışmada PCDD/F'ler için 1.58×10^4 ile 8.91×10^4 arasında yıkanma katsayıları önerilmektedir. Öte yandan Harrad and Smith (1997)'de klor sayıları temelinde her bir PCDD/F konjeneri için (1.2×10^4 ile 7.2×10^4 arasında değişen) farklı yıkanma katsayıları verilmiştir. HMIP (1996)'da kapsamamakla birlikte gazlar için de yıkanma katsayıları mevcuttur. Bu katsayılar Henry Kanunu Sabiti'nin tersi olarak hesaplanırlar (Yoshida et al., 2001).

Diğer yaklaşım ise partikül büyüklüklerine ve yağışın yoğunluğuna bağlı olarak sürüklenme katsayılarının belirlenmesine dayanır. Sürüklenme katsayıları yağmur ve kar için ayrı ayrı verilmekte olup, partikül çapı büyüdükçe artmak üzere 8×10^{-5} ile $1.2 \times 10^{-3} h \cdot mm^{-1} \cdot s^{-1}$ arasında değişmektedir. Bu sayılar daha sonra ortalama yağış miktarları ile çarpılır. ISCST3 modeli de gazların ve partiküllerin ıslak birikimini hesaplarırken bu yaklaşımı kullanmakta olup, buna ilişkin açıklama ve formüller Ek-7'de verilmiştir. Bu hesaplamalarda kuru birikim için gereken parametrelere ek olarak saatlik yağış verileri ve partikül sınıfları için sürüklenme katsayıları gerekmektedir. Sürüklenme katsayısı kirleticinin karakteristiklerine (örneğin gazlar için çözünürlük ve reaktivite, partiküller için ise büyüklük dağılımı) ve yağış türüne (sıvı ya da kar) bağlıdır. Tablo 6.10 partikül büyüklüğüne bağlı olarak yaklaşık sürüklenme katsayılarını göstermektedir (yağmur için) ve US EPA (1999)'a dayanarak hazırlanmıştır.

Tablo 6.10. Partikül Büyüklüğüne Bağlı Olarak Sürüklenme Katsayıları

Partikül çapı (μm)	Sürüklenme katsayısı (s-mm/h) ⁻¹	Partikül çapı (μm)	Sürüklenme katsayısı (s-mm/h) ⁻¹
0.2	1.25×10^{-4}	3.0	2.2×10^{-4}
0.3	0.8×10^{-4}	4.0	2.8×10^{-4}
0.4	0.6×10^{-4}	5.0	3.6×10^{-4}
0.5	0.5×10^{-4}	6.0	4.2×10^{-4}
0.6	0.4×10^{-4}	7.0	4.6×10^{-4}
0.7	0.4×10^{-4}	8.0	5.2×10^{-4}
0.8	0.4×10^{-4}	9.0	6.0×10^{-4}
0.9	0.4×10^{-4}	10.0	6.8×10^{-4}
1.0	0.4×10^{-4}	>10.0	6.8×10^{-4}
2.0	1.4×10^{-4}		

Kar yağışı için bu tabloda verilen değerlerin 1/3'ü alınabilir.

Yağış verileri için Kocaeli'nde 2000 yılında ölçülen yağış miktarları TD-3240 formatına dönüştürülmüş ve modelde kullanılacak meteoroloji dosyası, diğer meteorolojik verilerle birlikte PCRAMMET yardımıyla CD144 formatında üretilmiştir. Sürüklenme katsayıları ise Tablo 10'da partikül çaplarına göre önerilen sıvı (yağmur) ve katı (kar) sürüklenme katsayısı değerleri esas alınarak, 1 μm çap (I. Sınıf) için 0.4×10^{-4} (s-mm/h)⁻¹, 5 μm çap (II. Sınıf) için ise 3.6×10^{-4} (s-mm/h)⁻¹ alınmıştır. Kar için de bu değerlerin 1/3'ü alınmıştır.

Dikkate alınması gereken bir diğer konu da gaz halindeki kirleticilerin ıslak birikimidir. Gaz fazındaki kirleticilerin yağmurla sürüklenme oranları gaz halindeki kirleticilerin havadaki konsantrasyonu ile yağmurdaki çözünürlüğüne bağlıdır. Gazların sürüklenme katsayıları Henry kanunu sabitinin tersi olarak alınır (Jaarsveld et al, 1997; Yoshida et al, 2001). PCDD/F'ler hidrofobik bileşikler oldukları için suda çözünürlükleri çok azdır. Bu bakımdan modelde gazların sürüklenme katsayıları sıvı katı yağışlar için için 1.0×10^{-6} (s-mm/h)⁻¹ ve 3.3×10^{-7} (s-mm/h)⁻¹ alınmıştır.

ISCST3 ve benzeri Gauss bulutu modellerindeki ıslak birikim uygulamalarında en yüksek ıslak birikim oranları tesis yakınında çıkmakta ve birinci dereceden bir giderim sürecinin karakteristiği olarak bacadan uzaklaştıkça üstel bir biçimde azalmaktadır. Özellikle kaynağa yakın yerlerde ıslak birikim kuru birikimin 5-10 katı

olabilmektedir. Bu nedenle ıslak birikimin ihmal edilmesi, özellikle tesis yakınında herhangi bir su kütlesi mevcut ise hatalı hükümlere neden olabilir. Bu ihmal, SW kirleticiler için daha da önemlidir, zira bu kirleticiler için ıslak/kuru birikim oranı genellikle 10 civarındadır. Ancak bu durum kirleticilerin doğadaki hareketleri düşünülerek ele alınmalıdır. Daha önce de belirtildiği gibi çoğu risk değerlendirme çalışmasında yöresel besin zinciri risk tahminlerindeki baskın maruz kalma yolu olmaktadır. Bu yol da daha çok, bitki yüzeylerine çöken kirletici miktarına bağlıdır. Bitki yüzeyine yağış yoluyla inen kirleticilerin ise sadece bir kısmı yüzeyde kalır, zira yağış bir yandan da kirleticilerin bitki yüzeylerinden yıkanarak giderilmesine hizmet eder. Bu bakımdan, ıslak birikimden kaynaklanan gerçek risk hesaplanandan daha küçük olabilir. Ancak bitki yüzeyinden yıkanan bu fraksiyon henüz ayrıntılı bir şekilde araştırılmış değildir (Zemba et al., 1996).

Modeldeki ıslak birikim hesaplamaları ile ilgili bir diğer durum ise ıslak birikim algoritmalarının güvenilirliğidir. Kavramsal açıdan basit olmalarına karşın ıslak birikim modellerine ilişkin geçerlilik çalışmaları henüz ayrıntılı bir şekilde yapılmış değildir ve bu modellerin ıslak birikimi olduğundan birkaç kat daha büyük olarak tahmin ettikleri yolunda yaygın bir görüş mevcuttur (Zemba et al., 1996).

Bu çalışmada da nominal emisyon oranı için en yüksek ıslak birikim oranı bacanın 153 m doğusunda $145.56 \text{ pg-TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ olarak gözlenmiştir. Bacaya en yakın tarım alanı ise yaklaşık 1000 m uzaklıkta olup bu alanda gözlenen en yüksek değer $28.5 \text{ pg-TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ olmuştur. Aynı emisyon debisi için yıkanma katsayısı 40,000 (HMIP, 1996) ve yıllık yağış miktarı 0.85 m alınarak elde edilen ortalama ıslak birikim oranı ise $2.83 \text{ pg-TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ olup modelle elde edilen en yüksek değerden yaklaşık 50, tarım alanında gözlenen en yüksek değerden ise yaklaşık 10 kat küçüktür. Görüldüğü gibi ISCST3 modeli ile elde edilen maksimum ıslak birikim değerleri, (6.7) denklemi ile elde edilen değerlere nazaran çok büyüktür. Ancak ıslak birikimin pilot bölgedeki dağılımına bakıldığında bu yüksek ıslak birikim oranlarının sadece baca etrafındaki küçük bir alanda gözlendiği, pilot bölgenin yaklaşık % 90'ındaki birikim oranlarının $0.5 - 4 \text{ pg-TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ arasında olduğu görülmektedir. Bu da ISCST3 ve benzeri modellerin Zemba et al. (1996) ve DoE (1995b)'de de belirtilen bir özelliğidir ve doğrulanması gerekmektedir. Bu nedenle dioksinlere

ilişkin risk değerlendirme modellerinde daha çok HMIP(1996)'daki yaklaşım benimsenir (Edułjee and Gair, 1996; Meneses et al, 2001; Yoshida et al., 2001). Bu çalışmada da bu yaklaşım benimsenmiştir. Yıkanma katsayıları olarak Harrad and Smith (1997)'de konjenerler için ayrı ayrı verilen katsayılar kullanılmıştır.

Öte yandan bu değerler, modelle elde edilen maksimum kuru birikim oranıyla (0.30 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹) karşılaştırıldığında;

- (a) modelde gözlenen en yüksek ıslak birikim değerinin (145.56 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹) bu değer 485,
- (b) tarım alanlarında gözlenen en yüksek değer (28.5 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹) 95, ve
- (c) HMIP yaklaşımıyla elde edilen değer (2.83 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹) ise 9

katı olduğu gözlenmektedir. İzmit gibi yılda yaklaşık 200 gün yağış gözlenen (2000 yılında 153 gün) bir yerde ıslak birikimin kuru birikime baskın olması beklenen bir durumdur. Öte yandan model nominal emisyon debisinde sadece gazlar için konsantrasyon+ıslak birikim modunda çalıştırıldığında en yüksek değer 2.05 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹ ile bacanın 153 m doğusunda gözlenmiştir. Ancak aynı koşullar burada da geçerli olduğundan ıslak birikim değeri pilot bölgenin büyük bir kısmında 0-0.30 pg-TEQ.m⁻².y⁻¹ arasında bulunmaktadır. (6.7) denklemini gazlar için yazılırsa;

$$Dwg = Wg.P.Cy.f_v \quad (6.8)$$

Burada;

- Dwg = Gazların yıllık ıslak birikim oranı (fg.m⁻². y⁻¹)
- Wg = Gazlar için yıkanma katsayısı (birimsiz)
- P = Yıllık ortalama yağış (m.y⁻¹)
- Cy = Kirleticinin havadaki konsantrasyonu (gaz+partikül) (fg.m⁻³)
- f_v = Buhar fazı fraksiyonu (birimsiz)

Gazlar için yıkanma katsayısı (Wg), Henry kanunu sabiti ile ters orantılı olup şu şekilde hesaplanır (Jaarsveld et al., 1997):

$$W_g = \frac{R.T}{H} \quad (6.9)$$

Burada;

- H = Henry Kanunu katsayısı, ($\text{atm.m}^3.\text{mol}^{-1}$),
R = İdeal gaz sabiti, ($=0.08206 \text{ l.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$),
T = Ortalama yıllık sıcaklık (K°).

Ortalama yıllık sıcaklık İzmit için 2000 yılı saatlik sıcaklık değerlerinin ortalaması olarak $8.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (281.3 K); Henry Kanunu sabiti 17 PCDD/F konjenerinin ortalaması olarak $1.5 \times 10^{-5} \text{ atm. m}^3.\text{mol}^{-1}$; ve yıllık ortalama yağış da 0.85 m.y^{-1} alınarak elde edilen gazların ıslak birikim oranı ise nominal emisyon değeri için (tüm emisyonun gaz fazında olduğu kabul edildiğinde) $0.11 \text{ pg-TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ 'dir. Bu değer ISCST3 ile elde edilen gazların ıslak birikimi profilinde pilot bölge için ortalama bir değere karşılık gelmekte ve bölgenin büyük bir bölümünde tahmin edilen birikim aralığını temsil etmektedir.

Bu çalışmada ISCST3 modelinden elde edilen konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Partiküller için yine modelden elde edilen maksimum kuru birikim ile (6.7) yardımıyla hesaplanan ıslak birikim oranları kullanılmıştır. Gazlar için ise (6.8) denkleminde elde edilen ıslak birikim ile (6.4) formülünden elde edilen difüzyon akıları kullanılmıştır. Model nominal emisyon oranında konsantrasyon, kuru birikim (ve kuru giderim) ve ıslak birikim (ve ıslak giderim) modlarında çalıştırılmıştır. Bu konudaki ayrıntılı sonuç ve açıklamalar Bölüm 8'de verilmiştir.

6.1.3.2 Havadaki PCDD/F konsantrasyonlarının gaz/partikül fazlarına ayrışması

Genel olarak havadaki PCDD/F konsantrasyonları toplam (gaz+partikül fazında) olarak ifade edilir. Ancak PCDD/F'lerin birikim (partikül fazındaki) ve havadan yaprağa transferi (buhar fazında) hesaplamalarında, gaz ve buhar fazının ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir. Atmosfer, PCDD/F'lerin taşınımı ve birikimi için temel yol olduğu için, PCDD/F'lerin gaz/partikül fazlarına bölünmesi, onların havadaki hareketlerini belirleyen öncelikli etkenlerden birisidir. Bu süreç, organiklerin birikimini, uğrayacakları kimyasal reaksiyonları, uzun vadeli taşınımını ve insan ve ekosisteme olan sağlık etkilerini belirler. Partiküllere absorplanmış kısım, ıslak ve kuru birikim yoluyla toprağa ulaşırken, gaz fazındaki kısım, havadan yaprağa transfer yoluyla besin zincirine girer.

Buhar/partikül fazı ayrışmasını tanımlamak üzere birçok çalışma yapılmıştır. Bu bölünmeyi hesaplamak amacıyla en çok kullanılan yöntemlerden biri Junge-Pankow (Junge, 1977; Pankow, 1987) adsorptif-bölünme modelidir. Bu modele göre PCDD/F'lerin gaz ve partikül fazlarına ayrışması, birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, temelde, sıcaklığa ve kimyasalları adsorplayacak atmosferik aerosollerin toplam yüzey alanına bağlıdır. Buhar ve partikül fazı arasında ayrışmayı etkileyen konjenere özgü karakteristikler ise buhar basıncı ve erime noktasıdır. Junge (1977), bu bölünmeyi bir lineer Langmuir izotermi yaklaşımıyla formüle etmiştir (Oh et al., 2001):

$$f_p = c_p/(c_g+c_p) = (c * S_T)/(P_s + c * S_T) \quad (6.10)$$

Burada;

f_p = Bir bileşiğin partiküllere bağlı fraksiyonu, (birimsiz);

C_p, C_g = Bileşiğin havadaki partikül ve gaz fazındaki konsantrasyonları, ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$);

c = Junge sabiti, (atm.cm);

P_s = Bileşiğin buhar basıncı, (atm); ve

S_T = Atmosferik partiküllerin yüzey alanı, ($\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-3}$)

PCDD/F'lerin buhar/partikül fazlarının tahmininde bu yaklaşımı kullanan teorik bir model ise, Bidleman (1988) tarafından geliştirilmiş ve US EPA(1994)'te daha ayrıntılı bir biçimde tartışılmıştır. Bidleman(1988)'de, bu tür yarı-uçucu organiklerin buhar/partikül oranlarının, bileşiklerin buhar basınçları ve halojenleşme dereceleri tarafından kontrol edildiği ifade edildikten sonra, bu ayrışmanın, katı buhar basıncı, P_s 'den ziyade, yarı-soğuk sıvı buhar basıncı, P_L 'ye bağlı olduğu vurgulanmaktadır. Bu iki parametre arasındaki ilişki MacKay et al. (1982)'de verilmiştir:

$$\ln (P_L/P_s) = 6,8 (T_m - T) / T \quad (6.11)$$

Burada;

T_m = Bileşiğin erime sıcaklığı, ($^{\circ}K$);

T = Ortam sıcaklığı, ($^{\circ}K$).

PCDD/F bileşiklerine ait buhar basınçları Rordorf (1987, 1989)'da verilmiştir. Bunun yanında Eitzer and Hites (1988)'de PCDD/F'lerin non-polar bir GC kolonunda ölçülen tutulma zamanı indisleri (RI) temelinde P_L değerlerine ilişkin bir formül geliştirilmiştir. Govers and Krop (1998)'de ise, P_L değerleri, geliştirilen SOFA (Solubility parameters for Fate Analysis) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yaklaşımdaki en büyük güçlük, S_T değerlerinin belirlenmesidir. Bu yaklaşıma alternatif olarak Yamasaki et al. (1982)'de, PAH'ların c_g/c_p dağılımına ilişkin olarak T ve havadaki toplam askıda katı madde konsantrasyonuna (AKM) dayalı yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda S_T ve AKM değerlerinin orantılı olduğu varsayılarak yeni bir lineer Langmuir izotermi denklemi verilmiştir.

$$f_p = (K_p \times AKM) / (K_p \times AKM + 1) \quad (6.12)$$

Burada;

K_p = Gaz-partikül bölümlenme katsayısı, ($m^3 \cdot \mu g^{-1}$),

AKM = Havadaki askıda katı madde, ($\mu g \cdot Nm^{-3}$).

Daha sonra Lee and Jones (1999) ve Lohmann et al. (2000)'de, bu yaklaşım PCDD/F'lere uygulanmıştır. Bunun için gaz-partikül bölümlenme katsayısı, K_p , şu denklemle belirlenir:

$$\log K_p = m_r \times \log P_L + b_r \quad (6.13)$$

Burada m_r ve b_r , bileşiğe bağlı değerler olup deneylerle belirlenir. Eitzer and Hites (1989)'da m_r ve b_r değerleri, kentsel bir bölge için -0.78 ve -5.7 ; kırsal bir bölge için ise -0.70 ve -5.5 olarak verilmektedir. Lohmann et al. (2000) ve Oh et al. (2001)'de farklı sayılar verilmekle birlikte, yukarıdaki değerler belli bir ortalamaı temsil etmektedirler.

Bunlara ek olarak, Finizio et al. (1997)'de gaz-partikül bölümlenmesi için organik karbon temelinde yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşım da, temelde, (3) no.lu denkleme dayanmakla birlikte, K_p değeri, yarı-soğuk buhar basıncı, P_L temelinde değil; bileşiklerin oktanol-hava bölümlenme katsayıları, K_{oa} ve partiküllerin organik fraksiyonu, f_{om} temelinde hesaplanır (Harner and Bidleman, 1998):

$$\log K_p = \log K_{oa} + \log f_{om} - 11.91 \quad (6.14)$$

K_{oa} değeri ise oktanol-su bölümlenme katsayısı, K_{ow} ve Henry kanunu sabiti, H yardımıyla tahmin edilebilmektedir:

$$K_{oa} = K_{ow} RT / H \quad (6.15)$$

Burada;

- H = Henry Kanunu katsayısı, ($J.mol^{-1}$),
R = İdeal gaz sabiti, ($=0.08206 \text{ l.atm.mol}^{-1}.K^{-1}$),
T = Ortalama yıllık sıcaklık (K^{-1}).

Öte yandan Harner et al. (2000)'de, dioksinlerin GC'de tutulma indisleri (RI) temelinde alternatif bir K_{oa} hesaplama yöntemi önermişlerdir:

$$\log K_{oa} = a' + b' (RI) \quad (6.16)$$

Burada a' ve b' sayıları, deneysel olarak belirlenen regresyon katsayıları olup, iki gruba ayrılan PCDD/F'ler için sıcaklığa (T) bağlı olarak değişmektedirler. 7 ve 8 klorlu dioksin ve furanları kapsayan 1. grup için;

$$a' = 1672/T - 2.98 \text{ ve } b' = 0.857/T + 7 \times 10^{-5}; \quad (6.17)$$

diğer dioksin ve furanları kapsayan 2. grup için ise;

$$a' = 986/T + 0.55 \text{ ve } b' = 1.714/T - 0.0032 \quad (6.18)$$

Bu çalışmada kullanılacak yaklaşımın seçimi için, yukarıda ele alınan tüm yaklaşımlara göre gaz-partikül bölümlenmeleri hesaplanmış ve değerler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada EPA'nın havadaki PCDD/F konsantrasyonlarının gaz ve partikül fraksiyonları için önerdiği değerler de dikkate alınmıştır.

Literatürde PCDD/F'lerin yarı-soğuk sıvı buhar basınçlarına (P_L) ilişkin olarak farklı değerler verilmiş olsa da, Eitzer and Hites (1988)'de tanımlanan yöntemin deneysel sonuçlarla en iyi uyumu gösterdiği gözlenmiştir (Lohmann et al., 2000). Bu çalışmada 25 °C'deki P_L değerleri ($P_{L,25}$) tutulma indislerine (RI) bağlı olarak şu şekilde verilmiştir:

$$\log P_{L,25} (\text{Torr}) = (404 - RI) / 319 \quad (6.19)$$

Bu denkleme göre, Harner et al. (2000)'deki RI değerleri kullanılarak elde edilen $P_{L,25}$ değerleri ve daha sonra (6.11) no.lu denklem yardımıyla hesaplanan katı buhar basınçları Tablo 6.11'de verilmiş olup bu çalışmada da bu değerler kullanılmıştır.

Tablo 6.11. PCDD/F Konjenerlerine Ait Erime Sıcaklıkları, Katı ve Yarı-Soğuk Buhar Basınçları.

Dioxin Adı	RI	$P_{L,25}$ (atm)	T_m (K)	P_s (atm)
2,3,7,8-TCDD	2386	8.05×10^{-10}	578	1.35×10^{-12}
1,2,3,7,8-PeCDD	2587	1.89×10^{-10}	513	1.40×10^{-12}
1,2,3,4,7,8-HxCDD	2781	4.66×10^{-11}	547	1.59×10^{-13}
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2788	4.43×10^{-11}	555	1.26×10^{-13}
1,2,3,7,8,9-HxCDD	2802	4.00×10^{-11}	558	1.06×10^{-13}
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	2994	1.00×10^{-11}	538	4.18×10^{-14}
OCDD	3197	2.31×10^{-12}	598	2.46×10^{-15}
2,3,7,8-TCDF	2338	1.14×10^{-9}	500	1.14×10^{-11}
1,2,3,7,8-PeCDF	2507	3.36×10^{-10}	469	6.79×10^{-12}
2,3,4,7,8-PeCDF	2551	2.45×10^{-10}	499	2.49×10^{-12}
1,2,3,4,7,8-HxCDF	2708	7.88×10^{-11}	499	8.03×10^{-13}
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2714	7.55×10^{-11}	506	6.55×10^{-13}
2,3,4,6,7,8-HxCDF	2772	4.97×10^{-11}	520	3.13×10^{-13}
1,2,3,7,8,9-HxCDF	2748	5.91×10^{-11}	512	4.47×10^{-13}
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2898	2.00×10^{-11}	509	1.62×10^{-13}
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	2986	1.06×10^{-11}	495	1.18×10^{-13}
OCDF	3147	3.31×10^{-12}	532	1.59×10^{-14}

Bu değerlerden hareketle modelde kullanılacak PCDD/F gaz-partikül fraksiyonları Junge-Pankow adsorptif bölümlenme, Yamasaki ve iki ayrı Finizio (Harner and Bidleman, 1998 ve Harner et al., 2000) modellerine göre hesaplanmış ve değerler EPA tarafından önerilen fraksiyonlarla karşılaştırılmıştır. Junge-Pankow modelinde atmosferik partiküllerin yüzey alanı (S_T) için Bidleman (1988)'de üç ayrı değer verilmiştir: $4.2 \times 10^{-7} \text{ cm}^2.\text{cm}^{-3}$ (temiz kıta), $1.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2.\text{cm}^{-3}$ (kırsal bölgeler) ve $1.1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2.\text{cm}^{-3}$ (kentsel bölgeler). Bu sınıflandırma, genellikle ortam havasındaki AKM konsantrasyonu ile ilişkilendirilmektedir. Kocaeli'nde geçmiş yıllarda yapılan ölçümler, havadaki partikül madde konsantrasyonlarının son yıllarda alınan önlemler ile oldukça düşük seviyelere indiğini göstermiştir. Öyle ki, havadaki yıllık ortalama partikül madde konsantrasyonları 1989-1994 yılları arasında $\sim 100 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ civarında iken, 1998'den sonra bu değer $\sim 30 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ seviyelerine düşmüştür (Anonim, 2000). Bu değer tipik bir temiz kıta değerini göstermektedir (Lohmann et al., 2000). Dolayısıyla Kocaeli'ne ilişkin hesaplamalarda S_T değeri $4.2 \times 10^{-7} \text{ cm}^2.\text{cm}^{-3}$ alınmıştır.

Yamasaki modelinde ise m_r (eğim) ve b_r (y-kesişim noktası) değerleri, yukarıda kırsal bölgeler için verilen ortalama değerler olan -0.70 ve -5.5 kabul edilmiş; havadaki AKM değeri ise, yukarıdaki bilgilere dayanılarak $30 \mu\text{g.m}^{-3}$ alınmıştır. Finizio modellerinde ise partikülerin organik fraksiyonu (f_{om}), tipik bir değer olarak 0.2 alınmıştır (Lee and Jones, 1999; Lohmann et al., 2000). İlk Finizio modelinde (Harner and Bidleman, 1998) K_{oa} değerinin hesaplanmasında kullanılan konjenere-özgü K_{ow} ve H değerleri Ek-4'te verilmiştir.

Bu yaklaşımlar Kocaeli bölgesine uyarlanırken sıcaklık olarak, 2000 yılında Kocaeli'nde ölçülen saatlik sıcaklıkların ortalaması alınmıştır. Bu değer $8.3 \text{ }^\circ\text{C}$ olup, yarı-soğuk buhar basınçları da aşağıdaki formül yardımıyla sıcaklığa bağlı olarak düzeltilmiştir:

$$P_L = 1,9^{\left(\frac{T-25}{5}\right)} \cdot P_{L,25} \quad (6.20)$$

Burada T , sıcaklık olup $^\circ\text{C}$ cinsinden verilmiştir. Buna göre değişik yaklaşımlarla elde edilen PCDD/F partikül fraksiyonları Tablo 6.12'de verilmiştir.

Tablo 6.12. Farklı Modelleme Yaklaşımlarına Göre Havadaki PCDD/F'lerin Partiküle Bağlı Fraksiyonları

Dioxin Adı	Junge- Pankow	Yamasaki	Finizio Modelleri		US EPA
			Harner&Bidleman (1998)	Harner et al. (2000)	
2,3,7,8-TCDD	0.43	0.24	0.09	0.40	0.45
1,2,3,7,8-PeCDD	0.76	0.46	0.27	0.72	0.74
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.93	0.69	0.51	0.90	0.93
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.93	0.70	0.53	0.91	0.96
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.94	0.72	0.53	0.91	0.98
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.98	0.87	0.84	0.85	0.98
OCDD	0.996	0.95	0.95	0.96	0.99
2,3,7,8-TCDF	0.35	0.20	0.02	0.33	0.29
1,2,3,7,8-PeCDF	0.64	0.36	0.08	0.60	0.58
2,3,4,7,8-PeCDF	0.71	0.42	0.08	0.67	0.7
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.89	0.61	0.23	0.85	0.94
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.89	0.62	0.25	0.86	0.94
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.92	0.69	0.30	0.90	0.89
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.91	0.66	0.51	0.88	0.93
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.97	0.80	0.56	0.74	0.96
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.98	0.87	0.75	0.84	0.98
OCDF	0.99	0.94	0.90	0.94	0.99

Bu yaklaşım ve önermelerin hepsi, farklı çalışmalarda çeşitli yönlerden eleştirilmiştir. Örneğin Junge-Pankow modelinin partikül fraksiyonlarını olduğundan daha fazla, Yamasaki ve Finizio modellerinin ise daha az tahmin ettiği yönünde eleştiriler mevcuttur (Lohmann et al., 2000; Oh et al., 2001). Yaklaşımlar arasındaki farklılık Tablo 2'den de görülmektedir. Genel olarak söylemek gerekirse, model tahminleri, konjenerlerin farklı klorlanma seviyelerine göre değişmektedir. Junge-Pankow modelinin, çok klorlu konjenerler için daha doğru tahminler yapmakla birlikte az klorlu bileşiklerin partikül fraksiyonlarını olduğundan büyük gösterdiği, diğer modellerde ise bunun tam tersi bir durum olduğu söylenebilir. Ancak, Tablo 2'den de görüldüğü gibi, Kocaeli için verili koşullarda Junge-Pankow ile Finizio/Harner et al. (2000)'de tanımlanan modellerin birbirine yakın ve US EPA değerleri referans alınırsa, daha gerçekçi tahminler yaptıkları söylenebilir. Bu bakımdan bu çalışmada Junge-Pankow modelinin kullanılması uygun görülmüş ve PCDD/F'lerin gaz ve partiküle-bağlı fraksiyonları, bu model yardımıyla belirlenmiştir.

6.1.3.3 Dağılım katsayısı

Modelde kaynağın yerine göre kentsel ya da kırsal dağılım katsayısı seçilir. Bu seçim EPA'nın "Guideline on Air Quality Models" (US EPA, 1996) adlı dokümanına göre iki şekilde yapılmaktadır:

- Arazi Kullanımı: Kaynak merkez olacak şekilde 3 km yarıçaplı alandaki arazinin % 50 ya da daha fazlası endüstriyel, ticari ya da yerleşim alanı ise kentsel, değilse kırsal dağılım katsayısı seçilir.
- Nüfus Yoğunluğu: Pilot bölgedeki nüfus yoğunluğu 750 kişi/km²'den fazla ise kentsel; az ise kırsal dağılım katsayısı seçilir.

Daha önce de açıklandığı gibi pilot bölgenin yaklaşık % 75'i kırsal alandır. Bu alandaki nüfus yoğunluğu yaklaşık 530 kişi/km²'dir. Bu bakımdan çalışmada kırsal dağılım katsayısı kullanılmıştır.

6.1.3.4 Üstel bozunma

Üstel bozunma kirleticilerin havada fiziksel ve kimyasal yollarla bozunmaya uğrayarak konsantrasyonlarının zamanla azalmasını ifade eder. ISCST3 modeli havada 4 saatlik bir yarılanma ömrü olan SO₂ hariç, diğer kirletici modellemelerinde üstel bozunmayı dikkate almamaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi PCDD/F'ler kalıcı organik kirleticiler olup konjenere ve ortama göre değişse de çok uzun yarılanma ömürlerine sahiptirler. Örneğin, en uçucu konjenerlerden olan 2,3,7,8-TCDD toprakta 1.62 yıl; havada 9.3 gün ve suda 1.62-3.23 yıllık yarılanma ömürlerine sahiptir (Howard and Boethling, 1991). Dioksinlerin havada bozunmaya uğramalarının tek yolu foto-oksidasyondur, ancak bu süreç de belirli şartlara bağlı olup çok büyük konsantrasyon kayıplarına yol açmaz. Buhar basınçları 2,3,7,8-TCDD'ye göre daha düşük olan diğer konjenerlerin çoğunun (Tablo 6.11) yarılanma ömürleri bu değerlerden çok daha fazladır. Baker and Hites (2000) PCDD/F'lerin topraktaki kalma sürelerinin 10-100 yıl arasında

olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla çalışmada dioksinler için üstel bozunma dikkate alınmamıştır.

6.3.4. Topraktaki PCDD/F miktarlarının tahmini

Kirleticiler toprağa ıslak ve kuru birikim yoluyla ulaşırlar. Yüzey topraklarındaki kirletici fraksiyonları basit bir birikim modeli ile tahmin edilebilirler. Bu modelde kirleticilerin sabit bir toprak derinliği boyunca birikip karıştıkları ve orada kaldıkları varsayılır. Sabit bir birikim oranında belli bir süre için verilen ortalama kütleli fraksiyon şu şekilde hesaplanır:

$$CS = \frac{Dt}{2 \cdot \rho_s \cdot Z} \quad (6.21)$$

Burada;

- CS = Kirleticinin topraktaki kütleli fraksiyonu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$);
D = Toplam birikim ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$)
t = Toplam birikim süresi (y)
 ρ_s = Toprağın yoğunluğu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
Z = Toprak karışım derinliği (m)

Kirleticilerin toprakta karışmasını sağlayan bir takım süreçler mevcuttur. Bunlar genel olarak (1) yağmur suyunun toprağa sızması; (2) solucanlar, karıncalar ve diğer yuva yapan hayvanların oluşturduğu mekanik karışım; ve (3) biyolojik çürütme ya da ağaçların köklenmesidir. Ekim yapılan topraklarda da toprağın sürülmesi ve çapalanması gibi faaliyetler kirleticilerin belirli bir tabaka boyunca karışmalarını sağlar ki, bu da kabaca, ekilen bitkilerin köklerinin uzunluğuna eşdeğerdir. Ekili ve ekili olmayan toprakların ayrı ayrı değerlendirilmesi için genelde iki farklı karışım derinliği (Z) kullanılır. Ekili ve ekili olmayan topraklar için verilen değerler US EPA (1993)'te sırasıyla 20 cm ve 1 cm; HMIP (1996)'da ise 15 cm ve 1 cm olarak verilmiştir. Toprağın yoğunluğu yaklaşık olarak $1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ($1.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) olarak verilir (US EPA, 1994). Birikim süresi yöreye ve kirletici kaynaklarına bağlı olmakla

birlikte normal bir tesisin faaliyet ömrü olarak 30 yıl alınabilir. Toplam birikim ise kirleticinin kuru ve ıslak yollarla birikiminin toplamını ifade eder.

Modelleme çalışmasında toprak konsantrasyonları en yüksek etkinin tahmin edildiği nokta için hesaplanır. Bu da pilot bölgede maksimum birikimin tahmin edildiği noktadır. Kirleticiler yüzeyine biriktikleri topraklardan sızıntı, biyolojik bozunma, hidroliz ve fotoliz gibi süreçler ile uzaklaşabilmekte ya da azalabilmektedirler. Oysa (1.12) denklemi kirleticilerin topraktan herhangi bir yolla kaybolmayacaklarını varsayan (*kayıpsız*) bir durumu ifade etmektedir. Genel olarak bu kaybolma süreçleri için birinci dereceden giderim modelleri uygulanır (Zemba et al, 1996).

PCDD/F'ler yer yüzeyine, üzerlerine absorplandıkları partikül maddelerin ıslak ve kuru birikim yoluyla birikim yapmaları sonucu ulaşırlar. Topraklar, PCDD/F'ler gibi kalıcı lipofilik bileşikler için doğal birikim alanlarıdır. Toprağın organik kısmına absorplandıklarında oldukça uzun süre bozunmadan kalırlar. Dolayısıyla toprak, uzun bir hafızaya sahip tipik bir birikim matrisidir. PCDD/F'lerin topraktaki yarılanma ömrü konjenere bağlı olmakla birlikte Baker and Hites (2000) tarafından 10-100 yıl arasında verilmiştir. Nouwen et al. (2001)'de ise dioksinler için yarılanma ömrü ortalama 12 yıl; Lorber et al. (2000) ve Yoshida et al. (2001)'de ise 25 yıl olarak belirtilmiş ve dolayısıyla çok fazla bir kaybın söz konusu olmayacağı sonucuna varılmıştır.

Topraktaki konsantrasyonları, bu kimyasalların bitki ve hayvan dokularındaki konsantrasyonlarını tahmini ve toprağın sindirilmesi yolu için önemli bir parametredir. Kimyasalların topraktaki konsantrasyonlarının tahmininde kullanılan denklem ve hesaplamalarda göz önünde bulundurulmuş en önemli noktalar şunlardır:

a) Toprak konsantrasyonları, yüzey toprakları (1 cm derinliğinde) ve kök zonu toprakları (15 cm kök derinliği) için ayrı ayrı tahmin edilmiştir. Bu konsantrasyonlar, PCDD/F konjenelerinin birikim oranlarına bağlı olarak ve söz konusu toprak tabakalarında (yüzey veya kök zonu) tamamen karıştıkları kabul edilerek tahmin edilmiştir.

b) Toplam birikim oranı, partiküllerin ıslak ve kuru birikimleri, gazların ıslak birikimi ile buhar fazı fraksiyonunun atmosferik difüzyonunu içermektedir.

c) Toprak üzerine biriken kimyasalların bir kısmı, birçok kaybolma süreci nedeniyle çevrede taşınmaktadır. Bu bakımdan topraktaki kayıp sabiti (ks) birbirinden bağımsız dört sürecin toplamını ifade etmektedir: kimyasalların topraktan sızıntı yoluyla uzaklaşmaları, uçuculaşma, bozunma ve yüzey sularıyla yıkanma..

Bu bilgilerden hareketle, tesisin çalışmaya başlamasından bir t süresi sonra bir konjenerin topraktaki konsantrasyonu $CS(t)$ şu şekilde hesaplanır:

$$CS(t) = \frac{D}{Z.BD.ks} [1 - \exp(-ks.t)] \quad (6.22)$$

Burada;

- $CS(t)$ = Konjenerin topraktaki konsantrasyonu, ($mg.kg^{-1}$),
 D = Yıllık toplam birikim, ($mg.m^{-2}.y^{-1}$)
 t = Birikim süresi (y)
 BD = Toprağın hacimsel yoğunluğu ($kg.m^{-3}$)
 Z = Toprak karışım derinliği (m)
 ks = Topraktaki kayıp sabiti, (y^{-1}).

Yıllık toplam birikim dört ayrı birikimin toplamını ifade eder:

$$D = Dy_d + Dy_w + L_{Dif} + Dw_g \quad (6.23)$$

Burada;

- Dw_g = Gaz halindeki kirleticilerin ıslak birikimi, ($pg.m^{-2}.y^{-1}$),

Birikim süresinin ise, beklenen toplam birikim süresine (T_c) eşit olduğu varsayılmış ve İZAYDAŞ'ın (ya da genel olarak herhangi bir endüstriyel faaliyetin) tahmini işletim süresi olan 30 yıl olarak alınmıştır. Toprağın hacimsel yoğunluğu (BD)

yukarıda da anlatıldığı gibi 1.5 g.cm^{-3} , karışım derinliği ise (Z) ekili ve ekili olmayan topraklar için sırasıyla ise 15 cm ve 1 cm olarak alınmıştır.

Topraktaki kayıp sabiti (k_s), dört ayrı sürecin ifadesi olarak verilir ve birinci dereceden giderimi gösteren kayıp katsayıları ile modellenir. Bunlardan sızıntı ve yüzey sularıyla yıkanarak giderilme süreçleri tek bir kayıp katsayısı ile ifade edilirken, diğerleri için ayrı ayrı kayıp katsayıları verilmektedir:

$$k_s = k_{slr} + k_{sv} + k_{deg} \quad (6.24)$$

Burada;

- k_s = Topraktaki toplam kayıp katsayısı, (y^{-1}),
- k_{slr} = Sızıntı ve yüzey yıkanması kaybı katsayısı, (y^{-1}),
- k_{sv} = Uçuculaşma (*volatilizasyon*) kaybı katsayısı, (y^{-1}),
- k_{deg} = Bozunma kaybı katsayısı, (y^{-1}).

Sızıntı ve yağmur dolayısıyla meydana gelen yüzey yıkanması kaybı katsayısı (k_{slr}), HMIP (1996)'da $5.6 \times 10^{-2} y^{-1}$ verilmiş olup bu çalışmada da benimsenmiştir. Uçuculaşma kaybı katsayısı (k_{sv}) şu şekilde verilmiştir (HMIP, 1996):

$$k_{sv} = Ke.Kt \quad (6.25)$$

Burada,

- Ke = Denge katsayısı, ($s.cm^{-1}.y^{-1}$),
- Kt = Gaz fazı kütle transfer katsayısı, ($cm.s^{-1}$).

Gaz fazı kütle transfer katsayısı (Kt) daha önce açıklanmıştır. Denge katsayısı (Ke) ise şu şekilde bulunur:

$$Ke = \frac{H}{Z.Kd_s.R.T.BD} \quad (6.26)$$

Burada;

H = Henry Kanunu katsayısı, ($\text{atm.m}^3.\text{mol}^{-1}$),

Kd_s = Toprak/su bölüm katsayısı, (ml.g^{-1}),

R = İdeal gaz sabiti, ($=0.08206 \text{ l.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$),

T = Ortalama yıllık sıcaklık (K^{-1}).

Konjenerler için Henry Kanunu sabitleri Ek-4'te verilmiştir. Ortalama yıllık sıcaklık İzmit için 2000 yılı saatlik sıcaklık değerlerinin ortalaması olarak $8.3 \text{ }^\circ\text{C}$ alınmıştır. Toprak/su bölüm katsayısı (Kd_s) ise şu şekilde hesaplanmaktadır (LaGrega et al., 1994) :

$$Kd_s = K_{oc} \cdot f_{oc} \quad (6.26)$$

Burada;

K_{oc} = Organik karbon bölüm katsayısı, (ml.g^{-1}),

f_{oc} = Topraktaki organik karbon fraksiyonu, (birimsiz).

Konjenerlere ilişkin organik karbon bölüm katsayıları (K_{oc}) Ek-4'te verilmiştir. Pilot bölgenin büyük bir bölümünü tarım alanları oluşturmaktadır. Dahası yerleşim yerleri olan Yuvam-Akarca bölgesi de konut alanı olarak kullanılmadan önce ağaçlık ve fundalık bir yeşil alan idi. Aynı şekilde Alikahya beldesi de, daha önce tarıma dayalı bir köy iken İzmit'te özellikle son yıllarda yoğunlaşan sanayileşme ve bunun getirdiği göç ve kentleşmenin etkisiyle kentsel yaşama eklemlenmiş ve Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı bir belde haline gelmiştir. Pilot bölgeyi de kapsayan Merkez ilçedeki toprakların % 53'ü "kireçsiz kahverengi orman toprakları", % 28'i "redzina topraklar", % 11'i "alüvyal topraklar", % 5'i "kolüvyal topraklar", % 1'i "kahverengi orman toprakları", % 1'i "kireçsiz kahverengi topraklar" ve % 1'i de "regosol topraklar" sınıfına girmektedir. Bunların organik karbon içerikleri Merkez ilçe için sırasıyla % 2.7, % 3, % 3.3, % 3.3, % 3.2, % 2.7 ve % 2.2 olarak verilmektedir (Anonim, 2000). Bu bakımdan hemen hepsi tarım arazileri ile çalılık ve

fundalıklardan oluşan pilot bölge topraklarındaki organik karbon fraksiyonu ortalama değer olarak 0.03 alınmıştır.

Bozunma kaybı katsayısı (k_{deg}) ise konjenerlerin topraktaki yarı-ömürleri bazında hesaplanır (Yoshida et al, 2001):

$$k_{deg} = \frac{0,693}{T_{50}} \quad (6.27)$$

Burada T_{50} , konjenerlerin topraktaki yarı ömrü olup konjenere bağlı olmak üzere 10-100 yıl arasındadır (Baker and Hites, 2000; Lorber et al, 2000). Çalışmada konjenerlerin topraktaki yarı ömürleri yüzey toprakları için ($Z=1$ cm) 10 yıl; yüzeyin altındaki topraklar ($Z=15$ cm) içinse 100 yıl kabul edilmiştir .

Bu sonuçlarla elde edilen topraktaki toplam kayıp katsayıları ekili olmayan topraklar için 0.127 ile 0.388 y^{-1} arasında olup PCDD/F konjenerleri için toplamda 5.5 (OCDD) ile 1.8 (2,3,7,8-TCDD) yıl arasında yarılanma ömürlerine karşılık gelmektedirler. Ekili topraklarda ise bu değerler 0.063 ile 0.0804 y^{-1} arasında bulunmuş olup toplamda 11 (OCDD) ile 8.6 (2,3,7,8-TCDF) yıl arasında yarılanma ömrüne tekabül ederler.

6.3.5. Yüzey suları ve sedimentlerdeki PCDD/F konsantrasyonları

Yüzey sularının insineratör emisyonları nedeniyle kirlenmeleri, özellikle tesis yakınında küçük göllerin, göletlerin, ve sulama amaçlı su kanallarının bulunması durumunda büyük önem taşır. Kirleticiler, genel olarak su kütlesi küçük olan göl ve göletlere, büyük su kütleleri ve ırmaklara nazaran daha çok etki yaparlar (Zemba, 1996). Bu suların kullanım amaçları genel olarak insanların maruz kalacağı kirletici dozlarını belirler.

PCDD/F'ler, sudaki son derece düşük çözünürlükleri (oktanol-su bölüm katsayıları, K_{ow} , 10^6 seviyesindedir) nedeniyle su içinde askıdaki maddeler ve sedimentler üzerinde yoğunlaşırlar. Bu bakımdan içme suyu kullanımı, insanların

PCDD/F'lere maruz kalmasında önemli bir yol değildir, zira bu maddeler içme suyu arıtımında giderilirler (Nouwen et al., 2001). Ancak askıdaki katıların ve sedimentlerin organik kısmına absorplanan PCDD/F'ler besin zinciri yoluyla balıklara ve diğer deniz ürünlerine geçebilirler ve buradan insanlara ulaşabilirler.

Bu çalışmada yüzey sularına dioksin etkilerinin modellenmesinde US EPA'nın dioksin değerlendirme dokümanlarına dayalı olarak şu yaklaşımlar kullanılmıştır (US EPA, 1994):

- Su kütlesine PCDD/F girişine ilişkin olarak genellikle iki parametre kabul edilir: Islak ve kuru birikim yoluyla atmosferden doğrudan su kütlesinin yüzeyine birikim yapan PCDD/F'ler ve su kütlesini besleyen havzadan erozyonla su kütlesine karışan topraktaki PCDD/F'ler.
- Sonuçta, su kolonunda, askıdaki sedimentlerde ve taban sedimentlerinde oluşacak PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini, çözülmüş faz, askıda ve taban sedimentleri arasında dengeye (durağan durum) ulaşıldığı varsayımıyla, kütle dengesi yaklaşımı benimsenerek hesaplanmıştır.

Şekil 6.3'te de görüldüğü gibi İZAYDAŞ İnsineratörü'nün yakınında, tesisin PCDD/F emisyonlarının doğrudan üzerine birikim yapacakları bir yüzey suyu kütlesi bulunmamaktadır. Ancak bölge, genel olarak İzmit Körfezi havzası dahilinde olduğundan hesaplamalarda doğrudan birikim faktörü hesaba katılmamış, sadece erozyonla Körfez'e giden topraklardaki konsantrasyonlar ele alınmıştır.

Öte yandan İzmit Körfezi'nde balıkçılık yok denecek kadar az yapılmakta, market ve balık hallerinde satılan balıkların hemen hepsi de dışarıdan gelmektedir. Körfez'deki balıkçılık faaliyetleri genel olarak çok küçük ölçekli olup pazar amaçlı değildir. Körfez dışındaki balıkçılık faaliyetleri ise (göl ve göletlerdeki balıkçılık, alabalık üretim çiftlikleri vb.) tesisin kabul edilen etki alanı dışında olup tesisten en az 5 km uzaklıktadırlar (Akmeşe 8 km; Maşukiye 12 km). Bunlara ek olarak, bölgedeki tüketici alışkanlıkları ve ekonomik gelir seviyesi nedeniyle alıcıların balık tüketimi, ülkemizin geneli için de geçerli olduğu üzere, gelişmiş ülkelere nazaran çok

düşüktür. Sonuç olarak hem balık tüketiminin, hem de yerel olarak üretilen balık fraksiyonunun son derece düşük olması nedeniyle balık tüketimi üzerinden insanların dioksin dozlarına maruz kalmalarının ihmal edilebilir derecede düşük olacağı sonucuna varılmıştır. Ancak, özellikle son yıllarda alınan çevresel önlemler nedeniyle temizlenme sürecine giren İzmit Körfezi'nde önümüzdeki yıllarda balıkçılığın artabileceği olasılığı göz önünde bulundurularak İZAYDAŞ kaynaklı dioksinlerin balıklara etkisi modellenerek tahmin edilmiştir. Ancak bu yol, toplam maruz kalma çalışması kapsamına alınmamıştır.

Yüzey suları ve sedimentlerdeki konsantrasyonlar Bölüm 6.3.3'te bahsedilen atmosferik dağılım ve birikim modelleriyle ilişkilidir. Buradan çıkacak sonuçlar bir biyoakümülyasyon faktörü yardımıyla balıklardaki PCDD/F konsantrasyonlarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Yüzey suları ve sedimentlerdeki PCDD/F konsantrasyonları şu şekilde belirlenir:

$$C_{wat} = \frac{C_{ssed}}{Kd_{ssed}} \quad (6.28)$$

ve

$$C_{sed} = \frac{C_{ssed} \cdot OC_{sed}}{OC_{ssed}} \quad (6.29)$$

Burada;

- C_{wat} = Konjenerin sudaki konsantrasyonu, ($mg.l^{-1}$);
- C_{ssed} = Konjenerin askıdaki sedimentlerdeki konsantrasyonu, ($mg.kg^{-1}$);
- Kd_{ssed} = Askıdaki sediment-su bölüm katsayısı, ($l.kg^{-1}$);
- C_{sed} = Konjenerin sedimentlerdeki konsantrasyonu, ($mg.kg^{-1}$);
- OC_{sed} = Sedimentteki organik karbon fraksiyonu, (birimsiz);
- OC_{ssed} = Askıdaki sedimentlerdeki organik karbon fraksiyonu, (birimsiz);

Konjenerler için askıdaki sediment-su bölüm katsayıları 1.05×10^5 ile 1.95×10^7 $l.kg^{-1}$ arasında olup Ek-4'te verilmiştir. Sediment ve askıdaki sedimentlerdeki organik karbon fraksiyonları ise USEPA(1994)'den 0.03 ve 0.05 olarak alınmıştır.

Konjenerin askıdaki sedimentlerdeki konsantrasyonu (C_{ssed}) ise şu şekilde verilmiştir:

$$C_{ssed} = \frac{(CS_{ws} \cdot X_c \cdot WA_t \cdot E \cdot SD) + L_{dep}}{\frac{V_{fx}}{Kd_{ssed}} + (f_s \cdot ER_w) + \frac{OC_{sed} \cdot (1 - f_s) ER_w}{OC_{ssed}}} \quad (6.30)$$

Burada;

- CS_{ws} = Havza toprağındaki konjener konsantrasyonu. ($mg.kg^{-1}$);
- X_c = Birim toprak kaybı, ($kg.m^{-2}.y^{-1}$);
- WA_t = Havza alanı, (m^2);
- E = Zenginleşme oranı, (birimsiz);
- SD = Sediment alma oranı, (birimsiz);
- L_{dep} = Su kütlesine doğrudan birikim, ($mg.y^{-1}$);
- V_{fx} = Su kütlesine gelen yıllık debi, ($l.y^{-1}$);
- f_s = Erozyonla gelen sedimentin askıdaki fraksiyonu, (birimsiz);
- ER_w = Toplam havza erozyonu, ($kg.y^{-1}$);

Konjenerlerin havza toprağındaki konsantrasyonu (CS_{ws}), hesaplanan toprak konsantrasyonu (karışım yüksekliği $Z=1$ cm) ile aynı kabul edilmiştir. Birim toprak kaybı (X_c) ise yağmur miktarı, yörenin erozyon potansiyeli, toprağın erozyonla ilgili özellikleri, yörenin topografyası (yüzeyin eğiminin derecesi ve uzunluğu), toprak örtüsü ve yöredeki erozyon kontrolü pratiğı gibi bir çok faktöre bağlıdır. Bu değer HMIP (1996)'da $1.68 kg.m^{-2}.y^{-1}$; Zemba et al. (1996)'da $0.82 kg.m^{-2}.y^{-1}$ ve Yoshida et al. (2001)'de $0.15 kg.m^{-2}.y^{-1}$ alınmıştır.

İZAYDAŞ merkezli pilot bölgenin büyük bir kısmı tarımsal arazidir ve üstü ağaçlar, çalılık ve fundalıklar vb. erozyona dirençli bir örtü ile kaplıdır. Bu kısım bölgede eğimin dik olduğu alanları da kapsamaktadır. Toprak örtüsünün bitkilerle

kaplanmadığı bölgeler ise pilot bölgenin yaklaşık % 25'ini oluşturan Yuvam ve Alikahya gibi yerleşim yerleridir. Bunlardan Alikahya oldukça düz bir zemine kurulmuş olduğu için erozyona daha az maruz kalması beklenebilir. Ancak Yuvam-Akarca bölgesi, hem oldukça sert eğime sahip olması, hem de aktif bir konut inşaa bölgesi olduğu için, bölgenin yağmurlu ikliminde görece yüksek bir toprak taşınması söz konusu olabilir.

Öte yandan İzmit, Türkiye genelinin % 63'ünü oluşturan “şiddetli derecede” erozyona maruz kalan bölgeler içindedir. Ülkemizde özellikle tarımsal alanların % 75'inde yoğun erozyon görülmektedir. Türkiye’de erozyon nedeniyle her yıl kilometrekarede 600-800 ton verimli toprak kaybı olduğu; bunun da dünya ortalamasının iki katına eşit olduğu belirtilmektedir (TEMA, 2001). Tüm bu faktörlerin ışığında birim toprak kaybı ortalama bir değer olarak 700 ton.km⁻².y⁻¹ ya da 0.7 kg.m⁻².y⁻¹ olarak kabul edilmiştir.

Havza alanı (WA_t) pilot bölgenin alanından hareketle yaklaşık bir değer olarak 25 km² alınmıştır. Zenginleşme oranı (E) 3.0 (USEPA, 1994) olarak verilmektedir. Havza alanından su kütlesine giden yıllık debi (V_{fx}) ise bölgeye düşen yıllık toplam yağış miktarından şu şekilde hesaplanmıştır:

$$V_{fx} = \sum_{i=1}^n (WA_t)_i \cdot (K_{sr})_i \cdot P \quad (6.31)$$

Burada;

n = Havzadaki toplam alt-bölge sayısı

WA_t = i alt-bölgesinin alanı, (m²);

K_{sr} = i alt-bölgesinde yağışın yüzey suyuna dönüşme oranı, (birimsiz);

P = Yağış miktarı, (m.y⁻¹).

Pilot bölge alanı, daha önce de belirtildiği gibi kentsel (%10); yarı-kentsel (% 15) ve kırsal (% 75) alan olarak üçe ayrılmıştır. Yağmurun yüzey suyuna dönüşerek Körfez’e sürüklenme oranı ise bu bölgelerdeki toprak, toprak örtüsü ve topografya

gibi faktörler dikkate alınarak kentsel alan için 0.75; yarı-kentsel alan için 0.5 ve kırsal alan için de 0.25 kabul edilmiştir. Yıllık yağış 0.85 m alınarak yıllık yüzey suyu debisi kabul edilen bir yüzey yıkanma faktörü ile çarpılarak $7.17 \times 10^9 \text{ l.y}^{-1}$ bulunmuştur.

Sediment alma oranı (SD) şu şekilde verilmektedir:

$$SD = (3,28.DL)^{-0.22} \quad (6.32)$$

Burada DL; su kütlesine ortalama uzaklık (m) olup, bu çalışmada İZAYDAŞ-Körfez arasındaki uzaklık olan 10.000 m alınmış ve SD 0.1015 olarak hesaplanmıştır.

Su kütlesine doğrudan birikim (L_{dep}) ise şu şekilde hesaplanır:

$$L_{dep} = D.WA_w \quad (6.33)$$

Burada

D = Su yüzeyine doğrudan kirletici birikimi, ($\text{mg.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$);

WA_w = Su kütlesinin alanı (m^2).

Daha önce de belirtildiği gibi su yüzeyine doğrudan PCDD/F birikiminin, Körfez'in tesislerden uzak olması dolayısıyla derecede düşük olacağı varsayılmış ve modelde bu parametre ihmal edilmiştir.

Erozyonla gelen sedimentin askıdaki fraksiyonu (f_s) ise şu şekilde hesaplanabilir:

$$f_s = \frac{Tss.V_{fx}}{WA_t.X_c.SD} \quad (6.34)$$

Burada Tss, toplam askıdaki katılar (mg.l^{-1}) olup US EPA (1994)'de 2 mg.l^{-1} olarak verilmiştir. İzmit Körfezi'ne dökülen dereler ve kanallardaki askıda katı madde miktarı $9-284 \text{ mg.l}^{-1}$ arasında değişmektedir. Ancak bunlar toprak erozyonundan değil derelere ve kanallara dökülen kirli sanayi atıksularından kaynaklanan maddelerdir (Anonim, 2000). Bu bakımdan çalışmada 2 mg.l^{-1} değeri kullanılmıştır.

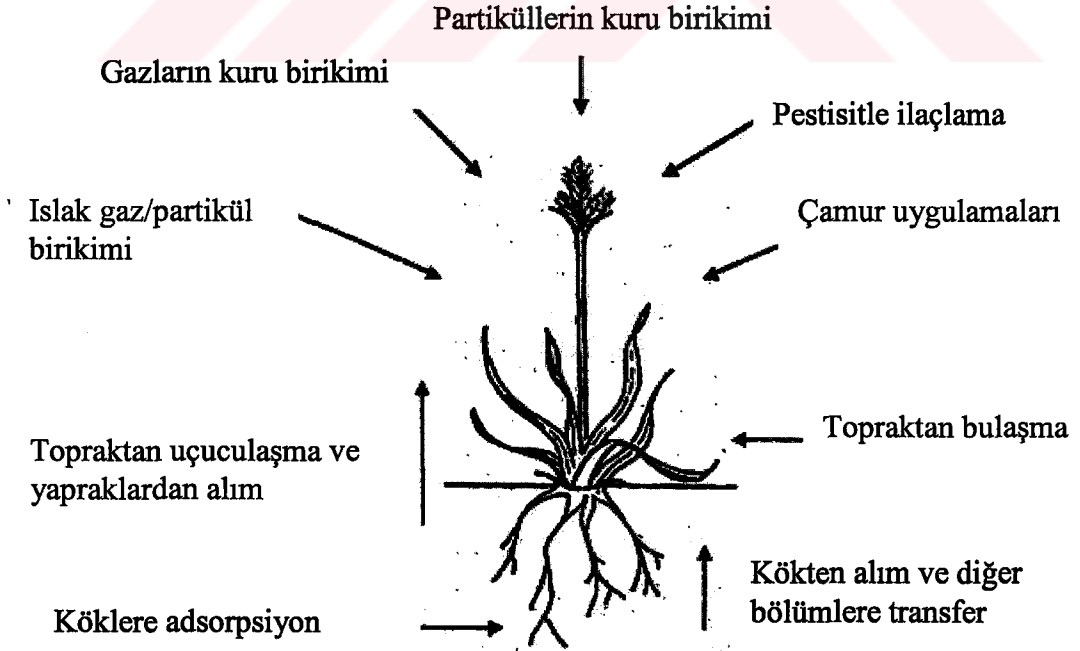
Son olarak toplam havza erozyonu, (ER_w); Evrensel Toprak Kaybı Denklemi ile bulunur:

$$ER_w = WA_c \cdot X_c \cdot SD \quad (6.35)$$

Bu formülden hareketle pilot bölge için toplam havza erozyonu $1.776.421 \text{ kg.y}^{-1}$ bulunmuştur.

6.3.6. Bitkilerdeki konsantrasyonların tahmini

Bitkiler PAH, PCDD/F ve PCB'ler gibi yarı-uçucu organik kimyasalların çevredeki hareketlerinde, onları tutmaları, hava-toprak arasındaki değişim süreçlerini geliştirmeleri ve en önemlisi de doğrudan tüketim ya da hayvanların bu bitkileri tüketimi üzerinden dolaylı tüketim yoluyla onları besin zincirine dahil etmeleri bakımından belirleyici rol oynarlar. Bu kimyasalların bitkilere bulaşmaları birçok yolla olabilmektedir. Bu yollar Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Yarı-uçucu kimyasalların bitkilere bulaşma yolları
(Smith and Jones, 2000).

Bitkilerdeki PCDD/F birikimi genel olarak bitkinin yağ (*lipid*) içeriği, yapraklarının genişliği ve pürüzlülüğü, yüzey alanı, bitkinin büyüme yönü (yatay ya da dikey), büyüme süresi gibi bitkiye ilişkin faktörlerin yanı sıra kimyasalın yağ-severliği (*lipophilicity*), suda çözünürlüğü vb. özelliklerine de bağlıdır (Meneses et al., 2001).

Kimyasalların bitkilerdeki konsantrasyonlarının belirlenmesi, tesis yakınında oturan ya da tarım yapan insanların, bu bitkileri (tahıllar, sebzeler, meyveler vs.) tüketmek suretiyle maruz kalacakları PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini için gerekli olduğu kadar, bu bitkilerle beslenen hayvanlardan elde edilen hayvan ürünlerinin tüketilmesinden maruz kalacakları miktarların tahmini için de gereklidir. Tesis emisyonları bitkiler üzerinde, bir çok yol mevcut olsa da baskın olarak üç şekilde biyoakümülyasyona yol açabilirler:

- Köklerden alım,
- Bitki üzerine doğrudan birikim yapmaları,
- Buhar fazındaki kimyasalların havadan-bitkiye transferi.

Bu bakımdan bitkideki kirleticiler konsantrasyonu şu şekilde ifade edilebilir:

$$P_i = Pr_i + Pd_i + Pv_i \quad (6.36)$$

Burada;

P_i = i. bitki grubundaki toplam konjener konsantrasyonu,
(mg.kg⁻¹kuru ağırlık);

Pr_i = i. bitki grubunda kökten alımdan kaynaklanan konjener konsantrasyonu,
(mg.kg⁻¹kuru ağırlık);

Pd_i = i. bitki grubunda doğrudan birikimden kaynaklanan konjener konsantrasyonu, (mg.kg⁻¹kuru ağırlık);

Pv_i = i. bitki grubunda havadan-yaprağa transferden kaynaklanan konjener konsantrasyonu, (mg.kg⁻¹kuru ağırlık).

Bitkiler üzerinden kimyasallara maruz kalınan miktarın büyüklüğü, bitkinin türüne ve bitkinin atmosferden kirleticilere maruz kalma potansiyeline bağlıdır. Örneğin, yapraklı sebzelerin yenen kısımlarına kimyasal birikim olma ihtimali, köklü sebzeler gibi atmosferden korunan sebzelere göre daha büyüktür. Benzer şekilde, topraktan bitkiye geçen kimyasal miktarları da, bitkilerin yeraltı ve yerüstü kısımlarının büyüklüğüne göre değişmektedir.

Pilot bölge içerisinde yaşayan alıcıların beslenme alışkanlıkları ve tükettiği bitki türleri ve miktarları göz önüne alınarak bitkisel gıdalar, insanların maruz kalması açısından HMIP (1996) yaklaşımı uyarınca sekiz gruba ayrılmıştır:

- Yeşil sebzeler
- Diğer sebzeler
- Patates
- Köklü sebzeler
- Meyveler
- Baklagiller
- Tahıllar
- Otlar

Bu şekilde bir sınıflandırmaya, her bitki türü için ayrı bir maruz kalma yolu mevcut olduğu için gidilmiştir. Buradaki yeşil sebzeler, yapraklı yerüstü sebzelerini (ıspanak, pırasa, marul, lahana, maydanoz vb.); diğer sebzeler yapraksız yerüstü sebzeleri (domates, salatalık, patlıcan, kabak vs.); köklü sebzeler ise patates dışındaki köklü sebzeleri (havuç, soğan vs.) kapsamaktadır. Patates diğer sebzelere göre çok daha fazla tüketildiği için çalışmada ayrıca değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Meyveler bölgede çokça tüketilen elma, armut, kiraz, üzüm, turunçgiller, kavun, karpuz, çilek, fındık ve cevizi kapsamaktadır. Tahıllar ise hem hayvan besini, hem de insan tüketimi açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

6.1.6.1 Kökler yoluyla maruz kalma

Toprakta bulunan kimyasalların kökler yoluyla bitkiye geçmesi ve buradan yer değiştirme (translocation) yoluyla bitkinin diğer kısımlarına ulaşmasını tanımlar. PCDD/F'ler suda çözünürlükleri çok az olan kimyasallar oldukları için köklerden bitkinin yer üstündeki kısımlarına transferleri çok sınırlıdır. Bunun tek istisnası, salatalık familyasının (curcurbitaceae) birkaç üyesidir. Bu bitkiler kökler yoluyla aldıkları PCDD/F'lerin önemli bir kısmını meyvelerine ulaştırmaktadırlar (Nouwen et al, 2001).

Yerüstü bitkiler için (yani kimyasallara yerüstünde maruz kalan ve yapraklı bitkiler) köklerden kimyasal alımı (Pr_i) kimyasalın topraktaki konsantrasyonuna (CS) ve kimyasala özgü bir bitki/toprak biyokonsantrasyon faktörüne (Br_i) bağlıdır:

$$Pr_i = CS.Br_i \quad (6.37)$$

Burada;

CS = Konjenerin topraktaki konsantrasyonu, (mg konjener.kg⁻¹ toprak);

Br_i = Yerüstü bitkilerde organik kimyasallar için bitki/toprak biyokonsantrasyon faktörü, [(mg konjener.kg⁻¹ bitki dokusu (kuru ağırlık))/(mg konjener.kg⁻¹ toprak)].

Biyokonsantrasyon faktörleri (BCF) organizmalarda birikebilecek kimyasal miktarını gösterir. Bu faktörler risk değerlendirme çalışmalarının temel bileşenlerinden birisidir. Bir kimyasalın biyolojik olarak birikim yapabilme potansiyelini göstermekte olup bitkiler ve hayvanlarda birikimle oluşacak konsantrasyonların tahmininde kullanılırlar BCF'ler gerek kimyasalın, gerekse söz konusu canlıların türüne göre değişmektedirler. Kimyasalların BCF değerleri, o kimyasalın çözünürlüğüne, oktanol-su bölüm katsayısına (K_{ow}) ve organik karbon bölüm katsayısına (K_{oc}) bağlı olmakla birlikte genellikle kimyasalın K_{ow} değeri yardımıyla tahmin edilirler (LaGrega et al., 1994). Genel yaklaşım şu şekildedir:

$$\log BCF = c_1 + c_2 \cdot \log K_{ow} \quad (6.38)$$

Burada c_1 ve c_2 deneysel sabitlerdir.

PCDD/F'lerin bitki/toprak biyokonsantrasyon faktörleri (Br_i) de aynı yaklaşımla, konjenerlerin oktanol-su bölüm katsayıları (K_{ow}) yardımıyla hesaplanır:

$$\log Br_i = 1,588 - 0,578 \cdot \log K_{ow} \quad (6.39)$$

Burada 1.588 ve -0.578 (1.30) denklemindeki c_1 ve c_2 deneysel sabitleridir. PCDD/F konjenerlerinin K_{ow} değerleri 3.36×10^6 ile 6.31×10^8 arasında olup Ek-4'te verilmiştir.

Yeraltı bitkileri içinse, bu bitkilerin tüketilen kısımları yer altında olduğu için kökten alınmanın hesaplanmasında bazı bakımlardan daha farklı denklem ve parametreler kullanılmıştır. Bu bitkilerin yenen kısımları kökler olduğu için BCF yerine, bitki dokusu ile topraktan alınan suyu ilişkilendiren bir kök konsantrasyonu faktörü (RCF) ve toprak/su bölüm katsayısı (Kd_s) kullanılır:

$$Pr_i = \frac{CS \cdot RCF \cdot VG_{bg}}{Kd_s} \quad (6.40)$$

Burada;

RCF = Yer altı bitkilerinde organik kimyasallar için kök konsantrasyon faktörü, (1 toprak suyu. kg^{-1} bitki dokusu);

VG_{bg} = Deneysel düzeltme faktörü, (birimsiz);

Kd_s = Toprak/su bölüm katsayısı, (1 toprak suyu. kg^{-1} toprak).

Toprak/su bölüm katsayısı (Kd_s) (1.18) denkleminde tanımlanmaktadır. Kök konsantrasyon faktörü (RCF) ise BCF'ye benzer bir yaklaşımla hesaplanır:

$$\log(RCF - 0,82) = 0,77 \cdot \log K_{ow} - 1.52 \quad (6.41)$$

VG_{bg} , ise bileşik konsantrasyonların hesaplanmasına, lipofilik dioksin benzeri bileşiklerin, havuç ve patates gibi hacimli yeraltı bitkilerinin kabuklarından içeriye geçerken uğradıkları azalmayı yansıtmak üzere dahil edilmiş bir faktördür. Patates ve diğer köklü sebzeler için kullanılan VG_{bg} değeri, US EPA (1993)'te, bu sebzelerin soyulduktan sonra tüketildikleri dikkate alınarak 0.01 olarak belirlenmiştir. Ancak burada, bu sebzelerin soyulmadan da tüketilebilecekleri ve tüketildikleri gerçeği göz önüne alınarak VG_{bg} değeri 1.0 alınmış ve modelde de bu değer kullanılmıştır.

6.1.6.2 Doğrudan birikim

Atmosferik birikim yoluyla bitkilere geçen kirletici miktarını ifade eder. Bu birikim, partiküllerin kuru birikimi ile birlikte partikül ve gazların ıslak birikimini kapsar. Partiküllere bağlı kirleticiler bir tesisten çıktıktan sonra tesis etrafındaki bitki örtüsü üzerinde birikirler. Yerel bitki örtüsünün ıslak ya da kuru birikimle çöken partikülleri yakalama ve özümseme potansiyeli, kirletici birikim oranı, birikimin bitki tarafından yakalanan fraksiyonu (büyük oranda bitkinin havada kapladığı kesit-alana bağlıdır), kirleticilerin bitki yüzeyinde bozunma oranı, kirleticilerin çeşitli iklim faktörleriyle (yağış, rüzgar vb.) bitki yüzeyinden giderilmesi, bitkinin büyüme süresinin uzunluğu ve birim alandaki ürün verme oranı gibi pek çok faktöre bağlıdır (Zemba et al.,1996). Bunlara ek olarak partiküllerin büyüklüğü ve bitki yüzeyinin pürüzlülüğü de partiküllerin bitki yüzeyine tutunma özellikleri ve süresi bakımından büyük önem taşır. Bitki yüzeyine tutunan partikülden bitkiye kirletici transferi ise apayrı bir süreç olup kendine özgü parametrelerle tanımlanır. Herhangi bir yarı-uçucu kirletici için, partikül ve bitki yüzeylerinin absorplama gücü, yüzey filmlerinin varlığı, partiküle bağlı kirletici konsantrasyonu ve bu konsantrasyonun transfer edilebilir/edilemez fraksiyonları ve kirleticinin partikül içindeki dağılımı bu parametrelerden bir kaçıdır. Partiküllere bağlı yarı-uçucu kirleticilerin bitkilerin yüzeyine birikimi ve buradaki hareketleri Smith and Jones (2000)'de geniş bir şekilde tartışılmış ve değerlendirilmiştir.

Yerüstü bitkilerin doğrudan atmosferik birikim ile maruz kaldıkları kirletici konsantrasyonlarının hesaplanmasında, topraktaki kirletici konsantrasyonlarının tahmininde kullanılan yaklaşıma benzer bir yaklaşım kullanılır. Bu yaklaşımda

toplam kirletici birikimi, bitki yüzeyi kesit alanını tanımlayan bir kesit katsayısı ve kirleticinin bitki yüzeyinden giderimi katsayısı ilişkilendirilmektedir:

$$Pd_i = \frac{[Dyd + (Fw.(Dyw + Dwg))]Rp_i.[1 - e^{(-kp.Tp)}](VG_{ag})_i}{Yp_i.kp} \quad (6.42)$$

Burada;

Pd_i = i. bitki grubunda doğrudan birikimden kaynaklanan konjener konsantrasyonu, (mg konjener. kg^{-1} bitki dokusu (kuru ağırlık));

Dyd = Konjenerlerin yıllık kuru birikim oranı, (mg konjener. $m^{-2}.y^{-1}$);

Dyw = Konjenerlerin, partiküllerin yıkanması yoluyla ıslak birikim oranı, (mg konjener. $m^{-2}.y^{-1}$);

Dwg = Konjenerlerin, gazların yıkanması yoluyla ıslak birikim oranı, (mg konjener. $m^{-2}.y^{-1}$);

Fw = Islak birikimle gelen konjenerlerin bitki yüzeyine yapışan fraksiyonu, (birimsiz);

Rp_i = i. bitki grubu için kesişme fraksiyonu, (birimsiz);

Tp_i = i. bitki grubunun yenilebilir kısmının hasadına kadar bitkinin birikime maruz kaldığı süre, (y);

Yp_i = i. bitki grubunun yenilebilir ürününün hasat oranı, (kg kuru ağırlık. m^{-2});

kp = Kirleticinin bitki yüzeyinden giderilme sabiti, (y^{-1});

$(VG_{ag})_i$ = i. bitki grubu için azalma faktörü, (birimsiz).

Kirleticilerin atmosferdeki kuru ve ıslak birikimlerini tanımlayan parametreler (Dyd , Dyw ve Dwg) daha önce tanımlanmıştı. Islak birikimle gelen kirleticilerin sadece bir kısmının bitki yüzeyine yapışacağı, büyük bölümünün ise yağışın etkisiyle bitki yüzeyinden yıkanacağı düşünüldükçe, ıslak birikimle gelen kirleticiler, bir yapışma katsayısı (Fw) ile çarpılır. Özellikle partiküller bitki yüzeyinden kolayca yıkanabildikleri için, belli bir yoğunluktaki yağmurlarda bu partiküllere bağlı kirleticilerin bitkiye geçme ihtimali çok zayıftır. Fw değeri, HMIP (1996) ve Meneses et al. (2001)'de 0.3 olarak alınmış ve bu değer bu çalışmada da benimsenmiştir.

Kesişme fraksiyonu (R_p), bitkinin hasada kadar birikime maruz kaldığı süre (T_p) ve hasat oranı (Y_p) parametreleri her bitki grubu için ayrı ayrıdır. Bu parametrelere ilişkin olarak sınıflandırılan bitki grupları için HMIP (1996)'da MAFF (1995) temelinde verilen ortalama değerler alınmıştır. Bu değerler Tablo 6.13'te verilmektedir.

Tablo 6.13. Ürün, Kesişme Fraksiyonu ve Maruz Kalma Süreleri (MAFF, 1995)

Bitki Grubu	Y_p , Ürün (kg/m^2)	R_p Temas Fraksiyonu	T_p , Maruz Kalma Süresi (yıl)
Patates	0.81	0	0.5
Yapraklı sebzeler	0.3	0.22	0.5
Baklagiller	0.13	0.01	0.42
Köklü sebzeler	0.55	0	0.5
Meyveler	0.13	0.04	1
Diğer sebzeler	0.196	0.07	0.33
Tahıllar	0.63	0	0.5
Otlar	0.15	0.35	0.12

Bitki yüzeyine doğrudan birikim yoluyla gelen kirleticiler buradan çeşitli faktörler yardımıyla kısmen ya da tamamen giderilebilirler. Bozunma bu faktörlerden birisidir ama, PCDD/F'ler bitkilerin yetiştirme sürelerine nazaran çok uzun yarılanma ömürlerine sahip oldukları için bitki yüzeyinde bozunma yoluyla azalmaları genellikle ihmal edilir. PCDD/F'lerin bitki yüzeyinden uzaklaşmalarını sağlayan diğer faktörler ise rüzgar ve yağmur gibi iklim koşullarıdır. Bu bakımdan, kimyasalların bitki yüzeyinden giderimini tanımlayan birinci-dereceden bir sabit olan k_p , iklim (weathering) sabiti olarak da bilinir. Bunlara ek olarak bitkilerde üstderi, yapraklar vb. bitki parçalarının kuruyarak dökülmesi gibi daha az etkili süreçler de mevcuttur (Smith and Jones, 2000). Birinci-dereceden giderim sabiti (k_p), genel olarak 18 y^{-1} kabul edilmektedir (HMIP, 1996; Zemba et al., 1996; Lorber and Pinsky, 2000; Smith and Jones, 2000). Bu çalışmada da kabul edilen bu değer bitki yüzeyinde 14 günlük bir yarılanma ömrüne işaret etmektedir ve risk değerlendirme çalışmalarında kullanılan ortalama bir değerdir.

Yerüstü bitkilerine ilişkin olarak, doğrudan birikim algoritması, PCDD/F konsantrasyonlarında, bitkinin soyulması ve pişirilmesi sırasında meydana gelecek olan azalmayı temsil etmek üzere, bir VG_{ag} faktörü içermektedir. Yapraklı bitkiler için VG_{ag} değeri, otlar için olduğu gibi 1.0 alınmaktadır. US EPA(1994) diğer meyve ve sebzeler için bu değer 0.01 olarak alınmasını önermektedir. Ancak bu çalışmada, bu tür meyve ve yerüstü sebzelerin sıklıkla soyulmadan ve pişirilmeden, sadece yıkanarak tüketildiği; ve, yıkama işleminin bu tür kimyasallar üzerindeki etkisine ilişkin elimizde yeterli veri bulunmadığı için bu değer, köklü bitkilerde olduğu gibi 1.0 alınmıştır.

6.1.6.3 Havadan-yaprağa transfer

Bitki yaprakları, yağ sever kimyasallar için bir depolama alanı görevi görebilecek olan kompleks bir yağ tabakası ile kaplıdır. Genel olarak yerüstü bitkilerinin kökten alım yoluyla kimyasal biriktirmeleri sınırlı olduğu için bu bitkilerdeki kimyasal varlığı hava kaynaklıdır. Havadan bitkiye kirletici transferi daha önce de belirtildiği gibi birikim ve gaz fazı transferi yoluyla olmaktadır. PCDD/F'lere ilişkin olarak daha az klorlu (4-6 klorlu) ve dolayısıyla daha uçucu bileşiklerde gaz fazı transferin birikime göre daha baskın olduğu; buna karşılık 7-8 klorlu konjenerlerde kuru birikimin, ya da küçük aerosollere bağlı PCDD/F'lerin yaprak yüzeylerinde uzun süre kalmalarının daha etkili olduğu görülmüştür (Douben et al, 1997). Az klorlu konjenerlerin toksisiteleri daha fazla olduğu için, buhar fazındaki konjenerlerin yaprağa transferi, bu kimyasalların besin zincirine girişlerinde baskın rota olup, modelleme çalışmalarında da kritik bir noktayı temsil eder.

Bitkilerin havadan-yaprağa transfer yoluyla dioksin almaları genellikle biyokonsantrasyon yaklaşımı ile modellenmektedir. Bu yaklaşımda bitkilerdeki havadan-yaprağa transfer yoluyla gerçekleşen konjener konsantrasyonu, her bir konjenerin havadaki buhar fazı konsantrasyonuna ve bir havadan-bitkiye biyotransfer faktörüne bağlıdır. Bu transfer rotası, yerüstü ve yapraklı bitkilere uygulanmaktadır.

$$Pv_i = \frac{Cy \cdot f_v \cdot Bv_i \cdot VG_{ag}}{\rho a} \quad (6.43)$$

Burada;

- Pv_i = i. bitki grubunda havadan-yaprağa transferden kaynaklanan konjener konsantrasyonu, ($mg.kg^{-1}$ kuru ağırlık).
- Cy = Konjenerin havadaki toplam (gaz+partikül) konsantrasyonu, ($\mu g.m^{-3}$);
- f_v = Buhar fazı fraksiyonu, (birimsiz);
- Bv_i = i. bitki grubu için havadan-yaprağa biyotransfer faktörü,
[[mg konjener. kg^{-1} bitki dokusu)/(mg konjener. kg^{-1} hava)];
- VG_{ag} = Yerüstü bitkileri için azalma faktörü, (birimsiz);
- ρ_a = Havanın yoğunluğu, ($kg.m^{-3}$).

Havadaki konjener konsantrasyonu (Cy) ve buhar fazı fraksiyonu (f_v) daha önce tanımlanmıştır. Havanın yoğunluğu ise (ρ_a) $1.19 kg.m^{-3}$ alınmaktadır. VG_{ag} daha önce de olduğu gibi, tüketim sırasında (yıkama, pişirme vb. faktörler nedeniyle) herhangi bir kayıp olmayacağı varsayımıyla 1.0 alınmıştır.

Kütle temelindeki biyotransfer faktörleri (Bv), Bacci et al. (1992) tarafından buhar fazındaki konsantrasyonların havadan-yaprağa transferine ilişkin olarak açalya yaprakları ile yaptıkları çalışmalar sonucunda önerilmiştir. Araştırmacılar havadan yaprağa kirletici transferini tanımlayan gaz fazı biyokonsantrasyon faktörü (Bv) için deneysel bir bağıntı geliştirmişlerdir. Bu bağıntıda Bv ile kimyasalların oktanol-su (K_{ow}) ve hava-su (K_{aw}) bölüm katsayıları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Konjenerlerin hava/su bölüm katsayısı (K_{aw}) Henry sabitinin (H) boyutsuz bir şekli olup bu sabitin ideal gaz sabiti (R) ve sıcaklığın (T) çarpımına bölünmesi ile bulunur. Buradan hareketle hacimsel havadan-yaprağa biyotransfer faktörü (B_{vol}) şu şekilde hesaplanır:

$$\log B_{vol} = 1,065 \cdot \log K_{ow} - \log \left(\frac{H}{RT} \right) - 1,654 \quad (6.44)$$

Burada;

- B_{vol} = Hacimsel havadan-yaprağa biyotransfer faktörü, (birimsiz);
 K_{ow} = Oktanol-su bölüm katsayısı, (birimsiz);
 H = Henry Kanunu sabiti, ($atm \cdot m^3 \cdot mol^{-1}$);
 R = İdeal gaz sabiti, ($atm \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$);
 T = Sıcaklık, (K).

Buradan kütle temelindeki biyotransfer faktörü (B_v) hesaplanabilir:

$$B_v = \frac{\rho_a \cdot B_{vol}}{DF_g \cdot DI} \quad (6.45)$$

Burada;

- ρ_a = Havanın yoğunluğu, ($kg \cdot m^{-3}$).
 DF_g = Yaprığın kuru ağırlık fraksiyonu, (birimsiz);
 DI = Yaprığın yaş ağırlık bazındaki yoğunluğu, ($g \cdot l^{-1}$).

Yaprığın kuru ağırlık fraksiyonu (DF_g) ve yaş ağırlık bazındaki yoğunluğu (DI) Lorber et. al. (1994)'te önerildiği şekilde sırasıyla 0.15 ve $770 \text{ g} \cdot l^{-1}$ olarak kabul edilebilir.

Bu transfere ilişkin olarak, havadan-yaprağa hacimsel biyotransfer faktörü, B_{vol} 'ün sayısal değeri hakkında Lorber et al. (1994) ve US EPA (1994)'te geniş bir tartışma ve değerlendirme mevcuttur. US EPA (1994) ve Lorber (1994)'te benimsenen yaklaşım, Bacci et al. (1992)'de B_{vol} değerinin hesaplanmasında kullanılan yaklaşımdır. Bu değer daha sonra, McGrady ve Maggard (1993)'ün önerisiyle, açalya ve çimen yapraklarının wax içeriğindeki farklılık nedeniyle 40 kat daha azaltılmıştır. Zira açalya ve çimende gözlenen kimyasal alımı arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Daha sonra B_v değerleri Lorber (1995)'te yeniden kalibre edilmiştir. PCDD/F konjenerleri için 4.57×10^4 ile 2.36×10^6 arasındaki bu değerler Ek-4'te verilmiştir.

Havadan-yaprağa transferde biyokonsantrasyon yaklaşımının yanı sıra iki farklı yaklaşım daha mevcuttur. Bunlardan ilki partikül birikimi ve yıkanma modellerinden esinlenerek oluşturulan “buhar birikimi modeli”dir. Bu yaklaşımda gazların yaprağa transferi, bir “transfer hızı” yardımıyla modellenir. Bu transfer hızı, kimyasalların yaprağa transferini engelleyen çeşitli dirençlerin (atmosferik direnç, yüzey sınır tabakası direnci, bitki örtüsü direnci vb.) tersi alınarak bulunur. Bu hız, havadaki konjener konsantrasyonu ile çarpılarak birikim oranı elde edilir. Birikim oranı birinci dereceden giderim oranını tanımlayan bir sabit ile ürün oranının çarpımına bölünerek bitkideki konsantrasyon hesaplanır.

İkinci yaklaşım ise “sürüklenme modeli”dir. Bu yaklaşımda ise, bitkinin büyüme sırasında belirli bir hacimdeki havayla temas ederek kimyasalları depoladığı varsayılır. Bu yaklaşımın temel kabullerinden biri bitkinin partikül ve gazları eşdeğer biçimde depoladığıdır. Dolayısıyla partikül/gaz ayrımı yapmaz. Buradan elde edilen bir sürüklenme katsayısı havadaki toplam konjener konsantrasyonu ile çarpılarak bitkideki konsantrasyon bulunur.

İlk yaklaşıma göre daha basit olan bu iki yaklaşım Douben et al. (1997) ve Lorber and Pinsky (2000)’de ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Bu iki modele ilişkin doğrulama çalışmaları daha az sayıda olduğu için burada biyotransfer yaklaşımı kullanılmıştır.

6.3.7. Hayvan dokularındaki PCDD/F konsantrasyonları

Hayvanların PCDD/F'lere maruz kalmalarındaki başlıca kaynak besinleridir (otladıkları otlar, yem ürünleri vb.). Besin yoluyla aldıkları kimyasallara ek olarak otların yanında sindirilen topraktan da kirletici alabilirler. Toprak sindiriminden kaynaklanan kirletici miktarı, genel olarak belirsizdir ve hayvan türlerine, beslenme ve otlama rejimlerine göre değişebilir. Bu miktarın görece önemi, topraktaki kirletici konsantrasyonu, hayvan tarafından sindirilen toprak miktarı, ve kirleticilerin sindirim sırasındaki absorpsiyon verimine bağlıdır. Bir kirleticinin biyolojik sürece dahil olabilmesi (*bioavailability*) öncelikle sindirim sürecine bağlıdır ve toprak-PCDD/F'lerinde, bitki-PCDD/F'lerine nazaran daha küçük olabilir.

Hayvan vücuduna giren PCDD/F'ler sindirim sisteminde kana karışırlar. Absorpsiyon oranı her bir bileşik için değişiktir ve genel olarak PCDD/F'lere nazaran PCDD'lerde, ve çok klorlu konjenerlere nazaran az klorlu konjenerlerde daha yüksektir. Absorplanan ancak metabolizmaya katılmayan bileşikler ya yağlı (*adipose*) dokularda depolanırlar ya da (süt inekleri için) süte katılarak vücut dışına çıkarılır (Douben et al, 1997). Hayvan vücudundaki kirletici transferi Şekil 6.8'de gösterilmiştir.

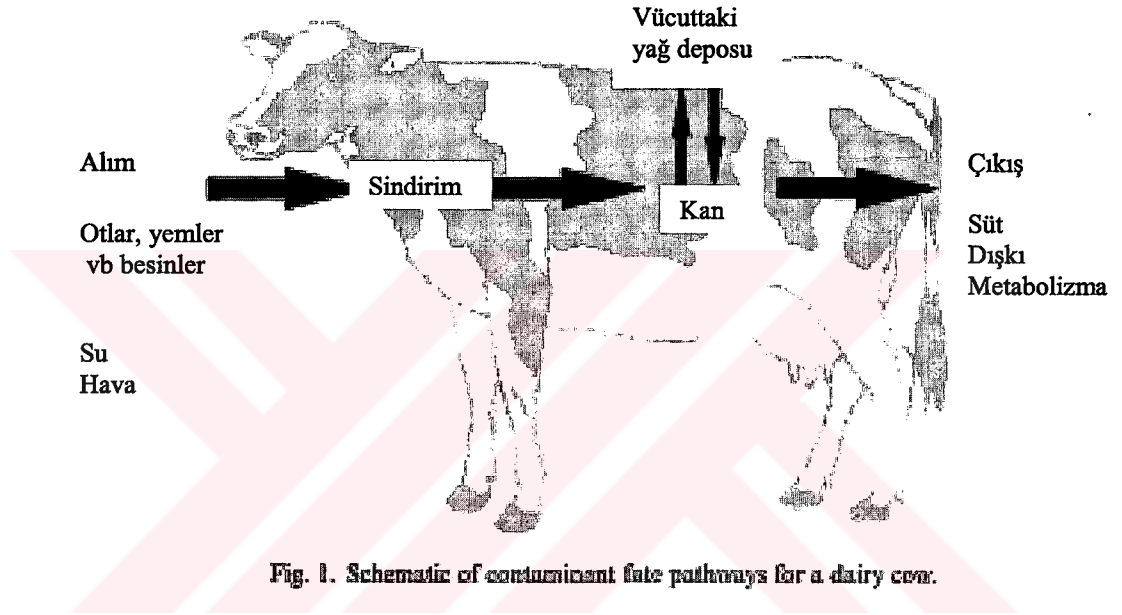


Fig. 1. Schematic of contaminant fate pathways for a dairy cow.

Şekil 6.8. İnekler için kirletici transferinin şematik gösterimi

Toprak ve bitkilerde beklenen PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini ile ilgili bilgiler daha önce açıklanmıştı. Bu değerler büyük ölçüde hava dağılım modellemesinin sonucuna bağlıdır. Hayvan dokularındaki PCDD/F konsantrasyonları, sadece belirlenen çalışma bölgesindeki alanlarda beslenen hayvanlar için yapılmaktadır. Maruz kalma sürecinin modellenmesi amacıyla bu hayvanların türlerinin ve yerlerinin belirlenmesi, yerel toprak kullanım biçimleri üzerinden değerlendirilebilir. Hayvanların aldıkları, PCDD/F miktarının hesaplanması için hayvanların hangi bitkileri tükettiklerinin ve otlama sırasında ne kadar toprak sindirdiklerinin bilinmesi, ya da tahmin edilmesi gerekir

PCDD/F'lerin hayvan besinlerinden (ot, çimen, toprak vs.) hayvan dokularına ve hayvan ürünlerine geçmesinin modellenmesinde genel olarak kullanılan iki yaklaşım mevcuttur:

- Bir biyotransfer faktörünün (BTF) kullanımı, (gün/kg olarak; kirleticinin dokudaki denge konsantrasyonunun kirleticinin ortalama günlük alımına bölünmesiyle elde edilir),
- Bir biyokonsantrasyon faktörünün (BCF) kullanımı , (birimsiz; kirleticinin dokudaki denge konsantrasyonunun besindeki denge konsantrasyonuna bölünmesiyle elde edilir).

Her iki yaklaşımın da kendine özgü avantaj ve dezavantajları mevcuttur. US EPA (1994), hayvan besinlerinin, her biri ayrı ayrı PCDD/F konsantrasyonlarına sahip birden çok besini kapsaması durumunda BCF'lerin belirlenmesinin zor olacağı düşüncesiyle biyotransfer faktörü yaklaşımını önermektedir. Fries and Paustenbach (1990) ve Lorber et al. (1994)'te ise, sığır dokusu ve sütlerdeki PCDD/F konsantrasyonlarını tahmin etmek için BCF değerleri başarılı bir şekilde kullanılmış; ikinci çalışmada McLachlan et al. (1990)'da her bir konjener için ayrı ayrı verilen saha verileri kullanılarak konjener değerleri de hesaplanmıştır. Risk değerlendirme çalışmalarında da PCDD/F'lerin hayvan dokularına transferi genel olarak biyokonsantrasyon faktörleri (BCF) yardımıyla yapılır. Bu çalışmada kullandığımız model konjenerler temelinde olduğu için Lorber et al. (1994)'te sunulan yaklaşım benimsenmiştir.

Biyokonsantrasyon faktörleri (BCF) bileşiğin hayvan dokusundaki konsantrasyonunun besinlerdeki konsantrasyonuna bölünmesiyle bulunur. Daha önce de havadan-yaprağa transfer konusunda belirtildiği üzere BCF yaklaşımı besin ile hayvan dokuları arasında bir dengeye ulaşıldığını varsayar. Aynı yaklaşım sütteki kirletici konsantrasyonunun tahmininde de kullanılır. PCDD/F'ler aşırı derecede yağ-sever bileşikler oldukları için bu yaklaşımda et ya da sütteki yağ fraksiyonu temel alınır.

Bu bileşiklerin hayvan dokularındaki konsantrasyonlarının tahmin edilmesi, insanların, bu bitkilerle beslenen ev hayvanlarından elde edilen et ve süt ürünlerini tüketmesinden kaynaklanan riskin tahmini için gereklidir. US EPA (1990, 1993) ve Lorber et al. (1994)'te tesis emisyonlarının sığır, domuz, kümes hayvanları ve süt ürünlerinin tüketimi ile insanlara ulaşması konusunda bir besin zinciri modeli sunulmuştur. Hayvan dokularındaki PCDD/F konsantrasyonları, hayvanların tüm besinlerinin (ot, yem vb.) yerel olarak elde edildiği şartı ile, bu denklemler yardımıyla tahmin edilmiştir. Bu denklem hayvanların, bitki ve toprakları sindirmeleri yoluyla aldıkları PCDD/F miktarlarını içermektedir:

$$A_j = \left[\sum_{i=1}^n (Qp_{ij} \cdot P_{ij} \cdot F_{ij}) + (Qs_j \cdot CS) \right] \cdot Ba_j \cdot Af_j \quad (6.46)$$

Burada;

- A_j = j. hayvan dokusu grubundaki konjener konsantrasyonu, (mg konjener. kg^{-1} hayvan dokusu);
- Qp_{ij} = j. hayvan tarafından tüketilen i. bitki grubu fraksiyonu, (birimsiz);
- P_{ij} = j. hayvan tarafından tüketilen i. bitki grubundaki toplam konjener konsantrasyonu, (mg konjener. kg^{-1} hayvan dokusu);
- F_{ij} = Maruz kalma bölgesinde yerel olarak yetişen ve j. hayvan tarafından tüketilen i. bitki grubu fraksiyonu, (birimsiz);
- Qs_j = j. hayvan tarafından yenen toprak fraksiyonu, (birimsiz);
- CS = Topraktaki konsantrasyon, (mg konjener. kg^{-1} toprak);
- Ba_j = j. hayvan dokusu grubu için biyokonsantrasyon faktörü, (birimsiz);
- Af_j = j. hayvan dokusu grubundaki yağ fraksiyonu, (birimsiz).

Pilot bölgedeki hayvancılık faaliyetleri genel olarak sığır, koyun ve kümes hayvanlarını kapsamaktadır. Özellikle pilot bölge içindeki kırsal alanlarda (Solaklar Köyü ile Alikahya'nın bir kısmı) hemen her hanede belli sayıda hayvan beslenmektedir. Yaklaşık 50 haneden oluşan Solaklar Köyü'nde hane başına 4-20 arasında sığır ve 5-50 arasında kümes hayvanı (genellikle tavuk) beslenmekte iken, koyun besleyen hane sayısı 5-10 arasındadır. Buna ek olarak Alikahya'da da, kırsal

yaşamın daha ağırlıklı olduğu İZAYDAŞ'a yakın yerlerde yaygın bir şekilde, belde merkezinde ise daha seyrek olarak hayvan beslenmektedir. Bu hayvanlar, büyük oranda maruz kalma bölgesi içinde ya otlayarak, ya da bu bölgede yetişip kesilen ot ve samanlarla beslenmektedirler. Yöre dışarıdan yem girişi son derece sınırlıdır. Kümes hayvanları da yerel olarak üretilen tahıllarla beslenmektedir. Buradan hareketle yöredeki hayvanların tükettiği besin miktarının tamamının yerel olduğu kabul edilmiş ve yerel besin fraksiyonu (F) 1.0 alınmıştır. Besin gruplarında ise (Qp) sığır ve koyunların sadece otlarla beslendiği varsayılmış, bulardan otlama sırasında yutulan toprak fraksiyonları çıkarılmıştır. Hayvanların tükettikleri besin ve toprak fraksiyonları HMIP(1996)'ya dayanılarak Tablo 6.14'te verilmektedir.

Tablo 6.14. Çeşitli Hayvanlar İçin Tüketim Verileri

Hayvan Grubu	Beslendiği Bitki	Tükettiği Bitki Fraksiyonu (Q _{ii})	Kirlenmiş Tüketilen Fraksiyonu	Bölgeden Tüketilen Bitki Toprak Fraksiyonu ^a
Sığır	Ot ve çimen	0.96	1	0.04
Kümes Hayvanları	Tahıl	0.97	1	0.03
Koyun	Ot ve çimen	0.90	1	0.04
	Tahıl	0.06		

^a Hayvanlar tarafından tüketilen toprağın tamamının maruz kalma bölgesinde olduğu varsayılarak fraksiyonu 1.0 kabul edilmiştir.

Konjenere özgü BCF değerleri henüz tüm hayvan türleri için geliştirilmemiştir. Sür ve süt ürünleri için, US EPA (1994)'te sütler için belirlenen konjenere özgü BCF değerleri kullanılmıştır. Et ve et ürünleri içinse Wild et al. (1994)'te yağ temelinde sunulan BCF değerleri kabul edilmiştir. Bu değerler Fries (1991)'de ölçülen verilerden elde edilmiş değerlerdir. Buradan hareketle, tüm dokudaki PCDD/F konjenelerinin konsantrasyonları, her besin türünün yağ içeriğine göre ayarlanmış ve böylelikle, BCF değerleri, besin türlerine göre değişse bile, maruz kalma modelinin geçerliliği sağlanmıştır.

Kümes hayvanları için ise, Stephens et al. (1992) tarafından , besin maddelerinden kümes hayvanlarının dokularına ve yumurtalara geçen PCDD/F miktarlarını hesaplamak için ölçülen, konjenere özgü BCF değerleri kullanılmıştır. Yumurtalar için, Stephens et al. (1992)'de sunulan BCF değerleri, yumurta sarısı (taze ağırlığı)

bazından yağ bazına dönüştürülmüştür. Bu araştırmada 2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDF ve 1,2,3,7,8,9-HxCDF için BCF değerleri eksik olduğundan, bu konjenerlere ilişkin BCF değerleri; geriye kalan konjenerlerin sığır ve kümes hayvanları için aldıkları değerlerin oranlanması ve bulunan ortalama oranın, bu konjenerlerin sığırlarda aldıkları BCF değerlerine uygulanmasıyla elde edilmiştir. Konjenerlere özgü biyokonsantrasyon faktörleri Tablo 6.15'te sunulmuştur.

Tablo 6.15. Biyokonsantrasyon Faktörleri

Konjener	Sığır ^a	Sakatat	Kümes H.	Yumurta	Süt ^b	Balık ^c
2,3,7,8-TCDD	3.50	7.2	9.4	13.0	4.32	0.09
1,2,3,7,8-PeCDD	2.57	3.1	6.3	4.2	4.16	0.09
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.65	2.9	4.8	4.8	2.02	0.04
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.65	2.9	5.5	5.3	1.74	0.04
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.65	2.9	2.8	3.4	2.24	0.04
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.20	1.9	1.2	3.2		0.0005
OCDD	0.05	0.6	0.2	1.5	0.36	0.0001
2,3,7,8-TCDF	0.75	1.7	5.2	1.5	0.94	0.09
1,2,3,7,8-PeCDF	0.64	3.2	1.6	2.2	0.73	0.09
2,3,4,7,8-PeCDF	2.57	12.7	6.8	8.2	3.10	0.09
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.65	15.5	4.9	6.2	2.34	0.04
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.65	15.5	4.1	5.5	2.00	0.04
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.65	15.5	4.3	6.0	2.00	0.04
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.65	15.5	2.2	1.7	1.78	0.04
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.30	4.6	1.0	2.2		0.005
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.74	11.4	0.9	1.6	0.41	0.005
OCDF	0.10	0.7	0.4	1.0	0.99	0.0001

^a Koyun, et ürünleri ve hayvansal yağlara uygulanmıştır.
^b Süt ve süt ürünlerine uygulanmıştır.
^c BSAF = Biota-sediment birikim faktörü.

Deneysel verilerle herhangi bir BCF değeri belirlenmemiş ürünler için bu değerler şu şekilde hesaplanmıştır:

$$Ba(koyun) = Ba(inek) \cdot \frac{Af_{koyun}}{Af_{inek}} \quad (6.47)$$

$$Ba(et.ürünleri) = Ba(inek) \cdot \frac{Af_{et.ürünleri}}{Af_{inek}} \quad (6.48)$$

$$Ba(\text{süt ürünleri}) = Ba(\text{süt}) \cdot \frac{Af_{\text{süt ürünleri}}}{Af_{\text{süt}}} \quad (6.49)$$

$$Ba(\text{hayvansal yağ}) = Ba(\text{inek}) \cdot \frac{Af_{\text{hayvansal yağ}}}{Af_{\text{inek}}} \quad (6.50)$$

Burada kullanılan yağ fraksiyonları MAFF (1995)'ten alınmış olup Tablo 6.16'da verilmektedir.

Tablo 6.16. Biyokonsantrasyon Faktörleri (Ba_j) İçin Yağ Fraksiyonları

Parametre	Tanım	Mevcut Değer
Af_{inek}	Sığırdaki yağ oranı, birimsiz	0.091
Af_{koyun}	Koyundaki yağ oranı, birimsiz	0.177
$Af_{\text{et ürünleri}}$	Et ürünlerindeki yağ oranı, birimsiz	0.188
$Af_{\text{hayvansal yağlar}}$	Hayvansal yağlardaki yağ oranı, birimsiz	0.783
$Af_{\text{süt}}$	Sütteki yağ oranı, birimsiz	0.029
$Af_{\text{süt ürünleri}}$	Süt ürünlerindeki yağ oranı, birimsiz	0.216

Hayvansal ürünlerle PCDD/F alınmasında özel bir öneme sahip bir konu da sakatat ve özellikle karaciğer tüketimidir. Birçok çalışmada, yağ bazında kümes hayvanları ve sığır karaciğerinin, diğer yağlı dokulara oranla çok daha fazla PCDD/F konsantrasyonları biriktirdiği gözlenmiştir (Stephens et al., 1992; US EPA 1994). Aynı durumun, insanlar tarafından tüketilen diğer hayvanlarda da gözlenmesi muhtemeldir. Dolayısıyla, bu farklılığı yansıtmak üzere, PCDD/F'lerin besin maddelerinden hayvanların karaciğerine (sakatat) transferini tanımlarken kullanılan konjenerlere özgü BCF değerleri, US EPA (1994)'te sunulan lipid:karaciğer konsantrasyon oranlarının, sığırları yağ dokuları için verilen BCF değerlerine uygulanmasıyla elde edilmiştir.

6.3.8. Balıklardaki PCDD/F konsantrasyonları

PCDD/F'ler yüzey sularına karışarak bu sularda yaşayan balıklara geçebilirler. Bu bakımdan balıklardaki kirletici konsantrasyonlarının tahmin edilmesi gerekir. Bu hesaplama, taban sedimentlerindeki organik karbon fraksiyonuna, bir biota-sediment birikim faktörüne (BSAF) ve balıkların yağ içeriğine bağlıdır:

$$C_f = \frac{C_{sed}}{OC_{sed}} \cdot BSAF \cdot Af_f \quad (6.51)$$

Burada;

- C_f = Balıktaki konsantrasyon, (mg konjener.kg⁻¹);
 C_{sed} = Taban sedimentlerinde toplam konsantrasyon, (mg konjener.kg⁻¹);
 OC_{sed} = Taban sedimentlerindeki organik karbon fraksiyonu, (birimsiz);
 $BSAF$ = Biota-sediment birikim faktörü, (birimsiz);
 Af_f = Balıktaki yağ içeriği fraksiyonu, (birimsiz).

Taban sedimentlerindeki toplam konsantrasyon (C_{sed}), Bölüm 6.3.5'te verilmiştir. Taban sedimentlerindeki organik karbon fraksiyonu (OC_{sed}) ise, US EPA (1993)'te, toplam sedimentlerdeki organik karbon fraksiyonu (0.03) ile askıdaki sedimentlerin organik karbon fraksiyonu (0.05) arasında bir değer olarak verilen 0.04 alınmıştır. Biota-sediment birikim faktörü (BSAF) Tablo 6'da verilmiştir. balıktaki yağ içeriği (Af_f) ise US EPA (1992)'de verildiği üzere 0.07 alınmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi İZAYDAŞ İnsineratörü'nün etkilediği alan içinde herhangi bir yüzey suyu bulunmamaktadır. İnsineratör emisyonlarının Körfez'i etkilemesinin tek yolu her ne kadar çok az olsa da, erozyon ile Körfez'e taşınabilecek topraklar dolayısıyladır. Öte yandan Körfez'de yapılan balıkçılık faaliyetlerinin sınırlı olması ve balık tüketiminin azlığı nedeniyle, yörede yaşayan insanların balıklar üzerinden İZAYDAŞ kaynaklı kirleticilere maruz kalma riskinin ihmal edilebilir derecede düşük olduğu kabul edilmiş ve bu yol değerlendirme kapsamından çıkarılmıştır. Ancak gelecek yıllarda balıkçılık faaliyetlerinin ve yerel

olarak elde edilen balık tüketiminin artması olasılığına karşı, balıklarda birikebilecek PCDD/F konsantrasyonları tahmin edilmiştir.

6.3.9. Anne sütündeki PCDD/F konsantrasyonları

Anne sütünde olabilecek kimyasal konsantrasyonlarının tahmini, bu kirleticilere karşı en duyarlı alt grup olan bebeklerin maruz kaldıkları riskin belirlenmesi için gerekir. Hassaslıkları, vücut ağırlıkları ve tüketim olarak büyük oranda anne sütüne bağımlı olmaları nedeniyle bebekler en duyarlı risk grubunu oluştururlar ve genellikle yetişkinlere göre kirleticilere daha fazla maruz kalırlar. Konjenerlerin anne sütündeki varlığı, annelerin diğer tüm maruz kalma yollarından aldıkları günlük toplam kimyasal miktarı ile anne sütüne transferi gösteren bir biyotransfer faktörüne bağlıdır ve şu şekilde tahmin edilebilir:

$$C_{mm} = \frac{m \cdot t_{50} \cdot f_{df} \cdot f_{mm}}{0,693 \cdot f_{mf}} \cdot ABS \quad (6.52)$$

Burada;

- C_{mm} = Anne sütündeki konjener konsantrasyonu, (mg konjener.kg⁻¹ süt);
 m = Annenin maruz kaldığı ortalama dioksin miktarı, (mg konjener.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹);
 t_{50} = Kirleticinin anne vücudundaki yarılanma ömrü, (d);
 f_{df} = Alınan dioksinlerin vücuttaki yağda depolanan fraksiyonu, (birimsiz);
 f_{mm} = Anne sütündeki yağ fraksiyonu, (birimsiz);
 f_{mf} = Annenin vücut ağırlığındaki yağ fraksiyonu, (birimsiz);
ABS = Annenin aldığı dioksinlerin biyolojik olarak anne sütüne transfer edilebilme oranı, (birimsiz).

Annelerin günlük olarak maruz kaldıkları ortalama kirletici miktarı (m), çevresel ortamlardan alabilecekleri tahmini miktarların, bu yollara ait maruz kalma faktörleriyle çarpılıp toplanmasıyla ve maruz kalınan toplam dozun vücut ağırlığına bölünmesiyle bulunur. Yetişkinlerin ortalama vücut ağırlığı 70 kg alınır, birim vücut ağırlığına düşen dioksin dozu (m) şu şekilde bulunabilir:

$$m = \frac{M_{tot}}{70} \quad (6.53)$$

Burada M_{tot} , annenin tüm maruz kalma yollarından aldığı günlük toplam dioksin dozu ($mg.d^{-1}$) olup şu şekilde hesaplanabilir:

$$M_{tot} = M_s + M_w + M_p + M_a + M_f + M_{air} \quad (6.54)$$

Burada;

M_{tot} = Annenin tüm maruz kalma yollarından aldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$);

M_s = Annenin toprak yutma yoluyla maruz kaldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$);

M_w = Annenin su tüketimi yoluyla maruz kaldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$);

M_p = Annenin bitkisel ürünler tüketimi yoluyla maruz kaldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$);

M_a = Annenin hayvansal ürünler tüketimi yoluyla maruz kaldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$);

M_f = Annenin balık tüketimi yoluyla maruz kaldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$);

M_{air} = Annenin solunum yoluyla maruz kaldığı günlük toplam dioksin dozu, ($mg.d^{-1}$).

Bu dozlar, Bölüm 6.3.10'da ayrıntılı olarak verilecek olan dozların tahmini hesaplamaları yardımıyla, her çevresel ortam için belirlenen kirletici

konsantrasyonlarının uygun maruz kalma faktörleri ile çarpılmasıyla bulunur. Anneyi tanımlayan bu faktörler yetişkinlere ilişkindir. Annenin aldığı günlük doz hesaplanırken süt salgılama dönemi boyunca kimyasallara sürekli maruz kaldığı kabul edilerek günlük dozlar zaman ağırlıklı olarak hesaplanmamıştır.

Kirleticinin anne vücudundaki yarılanma ömrü (t_{50}), 2555 gün alınmıştır (HMIP, 1996; Zemba et al., 1996). Alınan dioksinlerin vücuttaki yağda depolanan fraksiyonu, (f_{df}) ise US EPA (1993)'e dayanarak 0.9 alınmıştır. Anne sütündeki yağ fraksiyonu (f_{mm}) ise 0.04 olarak verilmiştir (Zemba et al., 1996). Annenin vücut ağırlığındaki yağ fraksiyonu (f_{mf}) 0.3 olarak verilmiştir. Annenin aldığı dioksinlerin biyolojik olarak anne sütüne transfer edilebilme oranı (ABS) HMIP (1996)'da 0.5 olarak verilmiş ve bu çalışmada da bu değer kullanılmıştır.

6.3.10. Dozların tahmin edilmesi

6.1.10.1 Dozların tahmin edilmesinin metodolojisi

Çok yönlü risk değerlendirmelerinde maruz kalma senaryolarına ilişkin kabuller kritik bir noktayı oluşturur. Her ne kadar risk değerlendirme işlemleri standartlaştırılmaya çalışılsa da en iyi yaklaşım, söz konusu kirletici kaynağın çevresinin kendine özgü koşullarının ve bu bölgede yaşayan insanların yaşama biçimlerinin araştırılarak, bunlara uygun maruz kalma faktörlerine başvurulmasıdır. Bu bakımdan yöreye ilişkin olarak yapılacak saha çalışmalarının çok büyük önemi vardır. İnsanların kirletici dozlarına hangi yollardan ve ne oranda maruz kalacakları, yöre özelinde ortaya konan maruz kalma senaryolarına bağlıdır.

Herhangi bir insanın bir kimyasala maruz kalması, daha önce de belirtildiği gibi solunum, sindirim ve temas yollarıyla olur. Dolayısıyla toplam doz da bu üç yoldan alınan kimyasal miktarının toplanmasıyla elde edilir. Alınan doz, temas noktası ile kimyasalın vücut içinde etkileyeceği bölge (kan, özel olarak etkilenen organlar vs.) arasında herhangi bir yerde ölçülebilir. Ancak, memeliler için geliştirilen farmakokinetik modeller, PCDD/F'lerin insan vücudundaki farmako-kinetiği hakkında, daha

ileri bir açılımı yapmak için şu aşamada bilgi birikiminin yetersiz olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu modelde doz tahmini insan vücuduna giriş noktasında değerlendirilmiş ve insan vücudunun sınırları içine giren herhangi bir doz miktarının biyolojik etki yapmak için yeterli olduğu kabul edilmiştir. Zaten geçmişten kaynaklanan mevcut doz miktarını 1-4 pg/kg/vücut ağırlığı/gün'lük toplam günlük alım sınır değeriyle karşılaştırmada kimyasalların biyolojik olarak etkin olup olmadıkları göz önünde bulundurulmamaktadır.

PCDD/F'lere maruz kalma, insanların, PCDD/F konjenerlerinin çevresel ortamlarda tahmin edilen konsantrasyonlarıyla temaslarının ve bu temasın süresinin bir fonksiyonudur. Bölüm 7'de daha geniş bir şekilde tartışılacağı üzere, maruz kalınan miktarlar, belirli maruz kalma parametre değerlerine göre düzenlenecek dağılımlar yoluyla da yapılabilir.

Kirlilik taşıyan ortama maruz kalma süresi, genellikle, nüfus içindeki homojen alt-grupların demografik davranış örnekleri üzerinden tahmin edilebilir. Bu davranış örnekleri, çoğunlukla maruz kalma faktörleri, zaman zaman da dağılımlar olarak ifade edilen birbirinden farklı değerlerle temsil edilirler. Bu değerlerin örnekleri arasında maruz kalma süresi, maruz kalma frekansı ve kirleticinin ortamdaki alım oranı sayılabilir.

Maruz kalma denklemi,, alınan dozun tahmini için maruz kalma faktörleri ile temas noktasındaki kirleticinin konsantrasyonlarını birleştirmektedir. Bu doz denklemleri, maruz kalma rotasına (yani sindirim, solunum ve temas yollarına) bağlıdır. Genel maruz kalma denklemi şöyle ifade edilir:

$$Doz = \frac{Konsantrasyon * Temas.Oranı * Frekans}{Vücut.Ağ.} \quad (6.55a)$$

Burada doz, maruz kalma oranını; konsantrasyon, belirli bir çevresel ortamdaki kirleticinin düzeyini; temas oranı, birim zamanda temas edilen ortam miktarını; frekans, maruz kalmanın sıklığını ya da süresini; ve vücut ağırlığı da maruz kalan bireyin ağırlığını gösterir. Dozlar genellikle birim vücut ağırlığı başına günlük olarak maruz kalınan miktar (örn. mg.kg⁻¹.d⁻¹) cinsinden verilir.

6.1.10.2 PCDD/F konjenerlerinin alım oranları

Bu çalışmada kullanılan maruz kalma denklemi, daha önce tanımlanan maruz kalma yolları üzerinden nüfus alt-grupları tarafından konjenerlerin ne kadar alınabileceğinin tahmininde kullanılır. Alınan miktar aşağıdaki genel denklemle ifade edilir:

$$M_{total} = \frac{C * IR * ET * EF * ED * ABS}{BW * AT} \quad (6.55b)$$

Burada;

- M_{total} = Alınan günlük doz ($pg.kg^{-1}.d^{-1}$),
C = Çevresel ortamdaki (hava, toprak vs.) PCDD/F konsantrasyonu,
IR = Solunum veya sindirim oranı, ($m^3.h^{-1}$, $mg.d^{-1}$ vs);
ET = Maruz kalma süresi, ($h.d^{-1}$);
EF = Maruz kalma frekansı (sıklığı), ($d.y^{-1}$);
ED = Maruz kalma süresi, (y);
BW = Vücut ağırlığı, (kg);
ABS = Vücuda absorplanan PCDD/F fraksiyonu, (birimsiz)
AT = Dozun ortalandığı zaman süresi; maruz kalma süresine eşdeğer.

Alım oranları bir günde bir kg vücut ağırlığına oranla pikogram cinsinden verilmiştir ($pg/kg/d$). Her maruz kalma yolu için kullanılan algoritmalar aşağıda verilmiştir.

a) Solunum

$$INH = \frac{C_y * IR * ET * EF * ED * ABS_{inh}}{BW * AT} \quad (6.56)$$

b) Toprak Yutma

$$ING_{soil} = \frac{CS * IR * EF * ED * ABS_{soil}}{BW * AT} \quad (6.57)$$

c) Su Tüketimi

$$ING_{water} = \frac{C_{wat} * IR * EF * ED * ABS_{water}}{BW.AT} \quad (6.58)$$

d) Bitkisel Ürünlerin Tüketimi

$$ING_{plant} = \frac{P * IR * FI * EF * ED * ABS_{plant}}{BW.AT} \quad (6.59)$$

e) Hayvansal Ürünlerin Tüketimi

$$ING_{animal} = \frac{A * IR * FI * EF * ED * ABS_{animal}}{BW.AT} \quad (6.60)$$

f) Süt ve Süt Ürünleri Tüketimi

$$ING_{milk} = \frac{Cm * IR * FI * EF * ED * ABS_{milk}}{BW.AT} \quad (6.61)$$

g) Balık Tüketimi

$$ING_{fish} = \frac{C_f * IR * FI * EF * ED * ABS_{fish}}{BW.AT} \quad (6.62)$$

h) Anne Sütü (sadece bebekler için)

$$ING_{mm} = \frac{C_{MM} * IR * FI * EF * ED * ABS_{fMM}}{BW.AT} \quad (6.63)$$

Burada;

INH	= Solunum yoluyla alınan doz, (ng.kg ⁻¹ .d ⁻¹);
ING	= Toprak, su ya da gıda ürünleri ile alınan doz, (ng.kg ⁻¹ .d ⁻¹);
Cy	= Havadaki toplam (gaz+partikül) konjener konsantrasyonu,(µg.m ⁻³)
CS	= Topraktaki toplam konsantrasyon, (mg.kg ⁻¹);
C _{wat}	= Sudaki toplam konsantrasyon, (ng.l ⁻¹);
P	= Bitkilerdeki toplam konsantrasyon, (ng.kg ⁻¹);
A	= Hayvanlarda ve et ürünlerindeki toplam konsantrasyon, (ng.kg ⁻¹);
C _m	= Süt ve süt ürünlerindeki toplam konsantrasyon, (ng.kg ⁻¹);
C _f	= Balıktaki toplam konsantrasyon, (ng.kg ⁻¹);
C _{mm}	= Anne sütündeki toplam konsantrasyon, (ng.kg ⁻¹);
IR	= Solunum veya sindirim (toprak, su, gıdalar) oranı, (m ³ .h ⁻¹ , mg.d ⁻¹ , g.d ⁻¹ ya da l.d ⁻¹);
ET	= Maruz kalma süresi, (h.d ⁻¹);
EF	= Maruz kalma frekansı (sıklığı), (d.y ⁻¹);
ED	= Maruz kalma süresi, (y),
BW	= Vücut ağırlığı, (kg);
ABS	= Vücuda absorplanan PCDD/F fraksiyonu, (birimsiz);
AT	= Dozun ortalandığı zaman süresi; (maruz kalma süresine eşdeğer);
FI	= Yerel olarak üretilen gıda ürünleri fraksiyonu, (birimsiz).

Bu maruz kalma yollarına ilişkin bazı yorumlar aşağıda verilmiştir:

- Havanın Solunması: Tesis emisyonlarının sonucu olarak çıkan kirleticilerin solunması bir doğrudan temas yolunu temsil eder. Bu yolda, ortam havasında hem buhar hem de partikül fazında bulunan kirleticilerin solunması ele alınmıştır.
- Toprağın Yutulması: Emisyonların bir kısmı tesis yakınında yer yüzeyine birikim yapabilir. Burada oturanlar, çiftçiler ve özellikle de çocuklar, dışarıda çalışırken ya da oyun oynarken fark etmeksizin bir miktar toprak yutarlar. Toprak ayrıca, otlayan hayvanlar tarafından da yutulur ve onların beslenmelerinde ayrıca ele alınmalıdır.

- **Yüzey Sularının Kullanımı:** PCDD/F'ler, gerek su yüzeyine doğrudan birikim yaparak, gerekse erozyon sürecinde toprakla birlikte ya da yağmur sularıyla sürüklenerek yüzey sularına ulaşırlar. Yörede yaşayan insanlar, bu sularda yüzerlerken, temas ya da suyun yutulması şeklinde bu kirleticilere maruz kalabilirler. Bu yollar,, katkılarının son derece küçük olması nedeniyle bu çalışmada ihmal edilmişlerdir. Bu yolların çalışma kapsamı dışında tutulmaları ile ilgili daha detaylı bilgiler Ek-2'de verilmiştir. Öte yandan bu yüzey suları yerel içme suyu kaynağı olarak kullanılıyor olabilirler. Bu durumda içme suyunun sindiriminden kaynaklanan risk de modele dahil edilmelidir. Ancak bu çalışmada ele alınan yüzey suları yani İzmit Körfezi için böyle bir durum söz konusu olmadığı göz önünde tutularak bu yol da değerlendirmeye alınmamıştır.
- **Yerel Yiyeceklerin Tüketimi:** Yerel olarak üretilen meyve, sebze, sığır ve koyun etleri, kümes hayvanlarının etleri ve yumurtaları, diğer et ürünleri, süt ve süt ürünleri, bu kimyasallara maruz kalmanın dolaylı kaynakları olabilirler. Bütün bu dolaylı maruz kalma yolları raporda değerlendirilmiştir. PCDD/F'lerin günlük alım miktarı mevcut bir doz olarak ele alındığından insan vücuduna absorplanan PCDD/F miktarı fraksiyonu 1.0 olarak alınmıştır. Ancak, insanlar tarafından tüketilen hayvan ürünleri, hayvanlara da otlama, toprak yutma vs. yollarla geçtiği düşünüldüğünde, ikinci seviyede bir maruz kalma yoludur. Beslenme yoluyla hayvanlara geçen PCDD/F fraksiyonu da burada 1.0 alınmıştır, ancak, hayvanlara topraktan geçen PCDD/F'lerin biyolojik olarak etkinliği bakımından bu değer US EPA(1994) tarafından 0.65 olarak önerilmiştir.
- **Anne Sütünden Maruz Kalma:** PCDD/F'ler gibi lipofilik bileşikler vücutta, özellikle yağlı (adipoz) dokularında birikebilmektedirler. Bu tür bileşiklerin emziren annelerin sütlerinde bulunma potansiyelleri de vardır. Bebeklerin bu şekilde kirletici maddelere maruz kalmaları modelde değerlendirilmiştir. Bebeklerin maruz kaldığı bu ikinci dereceden (zira PCDD/F'ler anne sütüne, annenin birincil kaynaklardan etkilenmesinin ardından geçmektedir) kirlilik riski, emziren annenin aldığı PCDD/F'lerin biyolojik olarak etkinliğini temsil etmesi bakımından, Fries and Paustenbach (1990) tarafından önerilen 0.5'lik bir absorpsiyon faktörüyle temsil edilmiştir.

- Çalışmanın tanımlanmasında; insanların maruz kalma yollarına ilişkin birçok senaryo tanımlanmıştır. Bunlar hipotetik maksimum maruz kalma ile daha gerçekçi maruz kalma olasılıkları arasında değişmektedir.
- Tehlikenin tanımlanmasında; kimyasallara maruz kalan birey, ayrıntılı olarak yaş, pozisyon, yer, etkinlik örnekleri ve maruz kalma yolları bakımından ayrıntılı olarak incelenmiştir.
- Sonuçların tanımlanmasında; insanların maruz kaldıkları PCDD/F dozlarının belirlenmesi amacıyla risk değerlendirme metodu uygulanmıştır.
- Sonuçların büyüklüğünün tahmininde; alınan doz miktarları, geçmiş kaynaklı PCDD/F miktarına ve 1 pg I-TEQ. kg⁻¹ vücut ağırlığı.gün⁻¹'lik Tolere Edilebilir Günlük Değer (TDI) ile karşılaştırılmıştır.
- Sonuçların olasılığının değerlendirilmesinde; çeşitli maruz kalma yolları üzerinden önemli derecede etkiye sahip olan rotaların gerçekleşme olasılıkları değerlendirilmiştir.
- Riskin tahmininde; tahmin edilen risk değerinin . TDI ve geçmişten gelen dozlara oranla önemi ve büyüklüğü tartışılmıştır.

İlk iki madde Bölüm 7'de, üçüncü madde Bölüm 8'de, diğer maddeler de Bölüm 10'da değerlendirilmiştir.

7.2. Çalışmanın Tanımı

7.2.1. Genel yaklaşım

Daha önce de belirtildiği gibi çalışmanın amacı İZAYDAŞ İnsineratörü'nden çıkan PCDD/F emisyonlarının halk sağlığına etkilerini ortaya çıkarmayı hedefleyen bir risk değerlendirmesinin yapılmasıdır. Çalışmada kullanılan maruz kalma metodolojisinin, maruz kalan insanların etkinlik örnekleri bakımından potansiyel bütün rotaları kapsamı amaçlanmıştır.

Bunun için ilk yapılması gereken, çalışmanın çerçevesini oluşturacak maruz kalma senaryolarının belirlenmesidir. Bu sürecin aşamaları aşağıda verilmiştir:

- PCDD/F emisyonlarının kaynağının tanımlanması,
- PCDD/F'lerin emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi,
- Maruz kalma senaryolarının belirlenmesi.

Çalışma özelinde bu aşamalar şu şekildedir:

- Çalışmanın yapılmasına neden olan PCDD/F emisyonlarının kaynağı İZAYDAŞ Klinik ve Tehlikeli Atıklar İnsineratörü'dür. Tesise ilişkin bilgiler Bölüm 5'te verilmiştir.
- Çalışmaya temel teşkil eden insineratör baca gazındaki PCDD/F konsantrasyonları için, tesiste Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından 2000 yılının Ocak-haziran ayları arasında her ay bir ölçüm olmak üzere toplam 6 kez yapılan ve Ekim 2000'de raporlanan (Bakoğlu et al., 2002) ölçümler temel alınmıştır. Her konjenerin, bu ölçümlerde elde edilen ortalama, maksimum ve minimum değerleri ayrı ayrı modellenmiştir. Bunlara ilaveten sınır değer olan $0.1 \text{ ng I-TEQ.Nm}^{-3}$ 'lük emisyon değeri de modellenmiştir.
- Maruz kalma senaryoları çalışma bölgesinde yaşayan insanların alt gruplara ayrılması ve davranış örneklerine göre sınıflandırılması yoluyla belirlenmiştir. Bunun yanında hem hipotetik olarak maksimum derecede maruz kalma (HMEI) hem de daha gerçekçi yaklaşımlara başvurulmuştur.

7.2.2. İZAYDAŞ insineratörü PCDD/F emisyonları

PCDD/F emisyonlarının karakterize edilmesinde iki konu çok önemlidir.

- Baca Emisyonlarının Dağılıma Karakteristikleri: baca gazlarının atmosfere atıldıkları noktadaki (yani baca çıkışındaki) hızları ve sıcaklıkları ile baca yüksekliği (gerek bacanın yerinin kot olarak, gerekse bacanın kendi yüksekliği) PCDD/F'lerin dağılımını ve yer yüzeyindeki ortam havasındaki konsantrasyonlarını büyük oranda etkiler.
- İnsineratörün Kirlilik Kontrol Sistemleri: Bacadan çıkan partikül maddelerin büyüklük dağılımı ile konsantrasyonları ile buhar fazındaki kimyasal konsantrasyonları, büyük oranda, testteki emisyon kontrol teknolojilerine

bağlıdır. İZAYDAŞ'ta daha önce de belirtildiği gibi ESP, ikili ıslak yıkayıcı ve aktif karbon filtresinden oluşan modern bir kirlilik kontrol sistemi mevcuttur.

Tesisin PCDD/F emisyonlarının (pg.Nm^{-3} cinsinden) ve bunlara ilişkin emisyon faktörleri (pg.kg^{-1} yakılan atık cinsinden) ve emisyon oranlarının (pg.s^{-1} cinsinden) değerleri, Bakoğlu et al. (2002)'de verildiği üzere, Ocak-Haziran 2000 döneminde yapılan toplam altı ölçüm temel alınarak saptanmıştır. Ölçümlerin yapıldığı tarihler, baca gazı debileri ve hızları, yakılan atık miktarları, baca ile ilgili karakteristikler ve gazların çıkış sıcaklıkları Tablo 7.1'de; PCDD/F konsantrasyonları, emisyon oranları ve emisyon faktörleri ise Tablo 7.2, 7.3 ve 7.4'te gösterilmiştir.

Tablo 7.1. İZAYDAŞ İnsineratörü'nün Baca Gazı Özellikleri (Bakoğlu et al., 2002)

Bacanın Yüksekliği (Kot + Baca) : (122 + 65 m) 187 m					
Baca İç Çapı : 1000 mm					
Ölçüm Tarihi	Test No	Kuru Baca Gazı Debisi (Nm^3/h; % 11 O_2)	Baca Gazı Hızı (m/s)	Baca Gazı Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Yakılan Atık (kg/gün)
25.01.2000	1	16 500	4.96	61.5	53 018
16.02.200	2	20 350	6.05	57.1	48 997
14.03.2000	3	24 500	7.32	59.0	65 961
04.04.2000	4	10 100	4.50	58.5	26 384
14.05.2000	5	14 900	4.47	60.0	30 937
06.06.2000	6	27 000	8.06	58.9	67 695
Ortalama		18 892	5.89	59.2	48 489

Tablo 7.2. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyonları (Bakoğlu et al., 2002)

Dioxin Adı	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Ortalama
2,3,7,8-TCDD	0.19 ^{a,b}	1.15	3.06	0.14	0.11	0.10	0.79
1,2,3,7,8-PeCDD	0.10 ^c	4.93	13.34	0.69	0.76	0.10	3.32
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.21	1.48	6.17	0.70	0.91	0.15	1.60
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.56	2.56	9.91	1.49	2.30	0.50	2.89
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.27	1.29	5.93	0.82	1.12	0.15	1.60
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.83	2.93	17.91	4.69	7.62	1.03	5.83
OCDD	2.14	2.58	14.20	5.84	8.49	3.14	6.07
2,3,7,8-TCDF	2.04	23.45	57.96	3.04	1.55	0.10	14.69
1,2,3,7,8-PeCDF	2.81	23.64	59.80	2.34	1.86	0.37	15.14
2,3,4,7,8-PeCDF	2.73	31.44	79.20	4.09	4.59	0.77	20.47
1,2,3,4,7,8-HxCDF	2.45	21.97	83.08	5.05	5.35	1.15	19.84
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2.34	21.68	82.08	4.89	5.40	1.09	19.58
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.45	12.67	49.03	4.15	6.24	2.23	12.63
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.10	1.22	4.52	0.09	0.13	0.10	1.03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	4.67	23.65	131.10	20.14	27.83	5.12	35.42
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.42	1.39	8.69	1.06	1.45	0.25	2.21
OCDF	5.81	4.33	16.93	4.71	8.38	6.22	7.73
Toplam I-TEQ	2.75	29.43	83.80	4.94	5.56	1.17	21.28

^a Konsantrasyonlar pg/Nm³ cinsinden verilmiştir.

^b Ölçülebilir sınırdan altındaki konsantrasyon değerleri için bu sınırın yarısı alınmıştır.

^c İtaliye ölçülebilir sınırının altında bulunan değerler olup ölçülebilir sınırdan yarısı olarak kabul edilmişlerdir.

Tablo 7.3. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyon Faktörleri (Bakoğlu et al, 2002)

Dioxin Adı	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Ortalama
2,3,7,8-TCDD	1.42 ^a	11.96	27.28	1.29	1.27	0.96	7.40
1,2,3,7,8-PeCDD	0.75	51.29	118.93	6.34	8.78	0.96	31.04
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.57	15.40	55.01	6.43	10.52	1.44	14.99
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4.18	26.63	88.35	13.69	26.59	4.80	26.99
1,2,3,7,8,9-HxCDD	2.02	13.42	52.87	7.53	12.95	1.44	14.93
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	6.20	30.48	159.67	43.09	88.08	9.82	54.55
OCDD	15.98	26.84	126.60	53.65	98.14	30.08	56.71
2,3,7,8-TCDF	15.24	243.97	516.72	27.93	17.92	0.96	137.36
1,2,3,7,8-PeCDF	20.99	245.94	533.13	21.50	21.50	3.58	141.54
2,3,4,7,8-PeCDF	20.39	327.09	706.08	37.58	53.06	7.37	191.41
1,2,3,4,7,8-HxCDF	18.30	228.57	740.67	46.40	61.84	11.01	185.53
1,2,3,6,7,8-HxCDF	17.48	225.55	731.76	44.93	62.42	10.45	183.09
2,3,4,6,7,8-HxCDF	10.83	131.81	437.11	38.13	72.13	21.38	118.09
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.75	12.69	40.30	0.83	1.50	0.96	9.60
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	34.88	246.05	1168.78	185.03	321.69	49.03	331.19
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	3.14	14.46	77.47	9.74	16.76	2.39	20.66
OCDF	43.40	45.05	150.93	43.27	96.86	59.51	72.28
Toplam I-TEQ	20.54	293.36	747.02	45.39	64.27	11.20	196.96

^a Emisyon faktörleri pg/kg atık cinsinden verilmiştir.

Tablo 7.4. İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F Emisyon Oranları (Bakoğlu et al, 2002)

Dioxin Adı	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Ort.
2,3,7,8-TCDD	0.87 ^a	6.50	20.83	0.39	0.41	0.75	4.96
1,2,3,7,8-PeCDD	0.46	27.87	90.79	1.94	3.15	0.75	20.83
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.96	8.37	41.99	1.96	3.77	1.13	9.70
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.57	14.47	67.44	4.18	9.52	3.76	16.99
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.24	7.29	40.36	2.30	4.64	1.13	9.49
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.80	16.56	121.89	13.16	31.54	7.70	32.44
OCDD	9.81	14.58	96.64	16.38	35.14	23.57	32.69
2,3,7,8-TCDF	9.35	132.56	394.45	8.53	6.42	0.75	92.01
1,2,3,7,8-PeCDF	12.88	133.63	406.97	6.57	7.70	2.81	95.09
2,3,4,7,8-PeCDF	12.51	177.72	539.00	11.47	19.00	5.78	127.58
1,2,3,4,7,8-HxCDF	11.23	124.19	565.41	14.17	22.14	8.63	124.3
1,2,3,6,7,8-HxCDF	10.73	122.55	558.6	13.72	22.35	8.19	122.69
2,3,4,6,7,8-HxCDF	6.65	71.62	333.68	11.64	25.83	16.76	77.70
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.46	6.90	30.76	0.25	0.54	0.75	6.61
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	21.40	133.69	892.21	56.50	115.19	38.42	209.57
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.93	7.86	59.14	2.97	6.00	1.88	13.30
OCDF	26.63	24.48	115.22	13.21	34.68	46.63	43.48
TEQ	12.60	166.36	570.31	13.86	23.01	8.78	132.49

^a Emisyon oranları pg/s cinsinden verilmiştir.

Tablolardan da anlaşılacağı üzere Toplam eşdeğerlikler olarak en yüksek konsantrasyonlar Test 3'te, en düşük konsantrasyonlar ise Test 6'da ölçülmüştür. Bu testler insineratörden çıkan PCDD/F emisyonlarının alt ve üst sınırı olarak kabul edilmiş ve ortalama değerlerle birlikte, maksimum ve minimum maruz kalma değerlerini belirlemek amacıyla kullanılmışlardır. Baca gazı hızı ve sıcaklığına ilişkin olarak ise ortalama değerler kullanılmıştır. Buna ek olarak PCDD/F'ler için TAKY'de verilen sınır değer olan 0.1 ng TEQ.Nm⁻³ değeri baz alınarak ve ölçülen en yüksek kuru baca debisiyle çarpılarak elde edilen kütleli debi de "sınır değerdeki kütleli debi" olarak modellenmiştir.

Elde edilen PCDD/F konjener konsantrasyonları ve toplam I-TEQ değerleri göz önüne alındığında İZAYDAŞ İnsineratörü PCDD/F emisyonlarının gerek Avrupa'daki, gerekse diğer ülkelerdeki insineratörlerden çıkan PCDD/F emisyonlarına göre 10 ile 100 kat arasında düşük olduğu görülmektedir. Değerler Avrupa topluluğu ve Türkiye'de insineratörlere ilişkin dioksin emisyonları sınır değeri olarak belirlenen 0.1 ng/Nm³'ten de düşüktürler. Bu emisyonlar Bakoğlu et al.. (2002)'de geniş bir şekilde değerlendirilmiştir.

Tesisteki PCDD/F emisyonlarının bu kadar düşük olması Karademir et al. (2002-*unpublished*)'de, yakma sisteminin dioksin ve benzeri bileşikler için etkin bir şekilde parçalanma olanağı sağladığı, bunun yanı sıra gerek ESP'nin, gerekse yıkayıcıların dioksin giderimi açısından % 95'in üstündeki verimlilikleri ile açıklanmıştır. Öte yandan, bu ölçümler yapıldığında henüz aktif karbon filtresinin devrede olmadığı düşünülürse, 2001 yılından itibaren bu filtrenin de devreye girmesiyle PCDD/F'lerin emisyonunun daha da düşmesi beklenmektedir. Ancak, gerek bu konuda henüz bir ölçüm çalışmasının yapılmamış oluşu, gerekse çalışma için bir güvenlik faktörü sağlaması açısından aktif karbon ünitesinin devrede olmadığı zamanlarda yapılan yukarıdaki ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Hava dağılım modelinde (ISCST3) emisyonlara ilişkin giriş değeri, emisyon oranı, yani birim zamanda atmosfere salınan kirletici kütlesi olarak istenmektedir. Bu bakımdan modelde Tablo 7.4'teki emisyon oranları kullanılmıştır. Konjenerlerin doğadaki davranışları birbirinden farklı olduğu için modelleme TEQ bazında değil,

konjenerler bazında yapılmıştır. Buna göre maksimum (Test 3), ortalama, minimum (Test 6) ve limit emisyon oranları temel alınmıştır. Limit emisyon oranı, 0.1 ng TEQ.Nm⁻³'lük sınır konsantrasyon değeriyle, tesiste ölçülen en büyük kuru baca debisi olan 27.000 Nm³.h⁻¹'in çarpımıyla 750 pg TEQ.s⁻¹ olarak bulunmuştur. TEQ bazındaki bu değer, tesisin ortalama emisyon oranındaki TEQ değerinin konjenerlere dağılım faktörleriyle çarpılarak elde edilmiştir:

$$F_{c/teq} = \frac{ER_{con}}{ER_{teq}} \quad (7.1)$$

Burada;

$F_{c/teq}$ = TEQ bazındaki emisyon oranında konjenerin fraksiyonu, (birimsiz);

ER_{con} = Konjenerin ortalama emisyon oranı, (pg.s⁻¹);

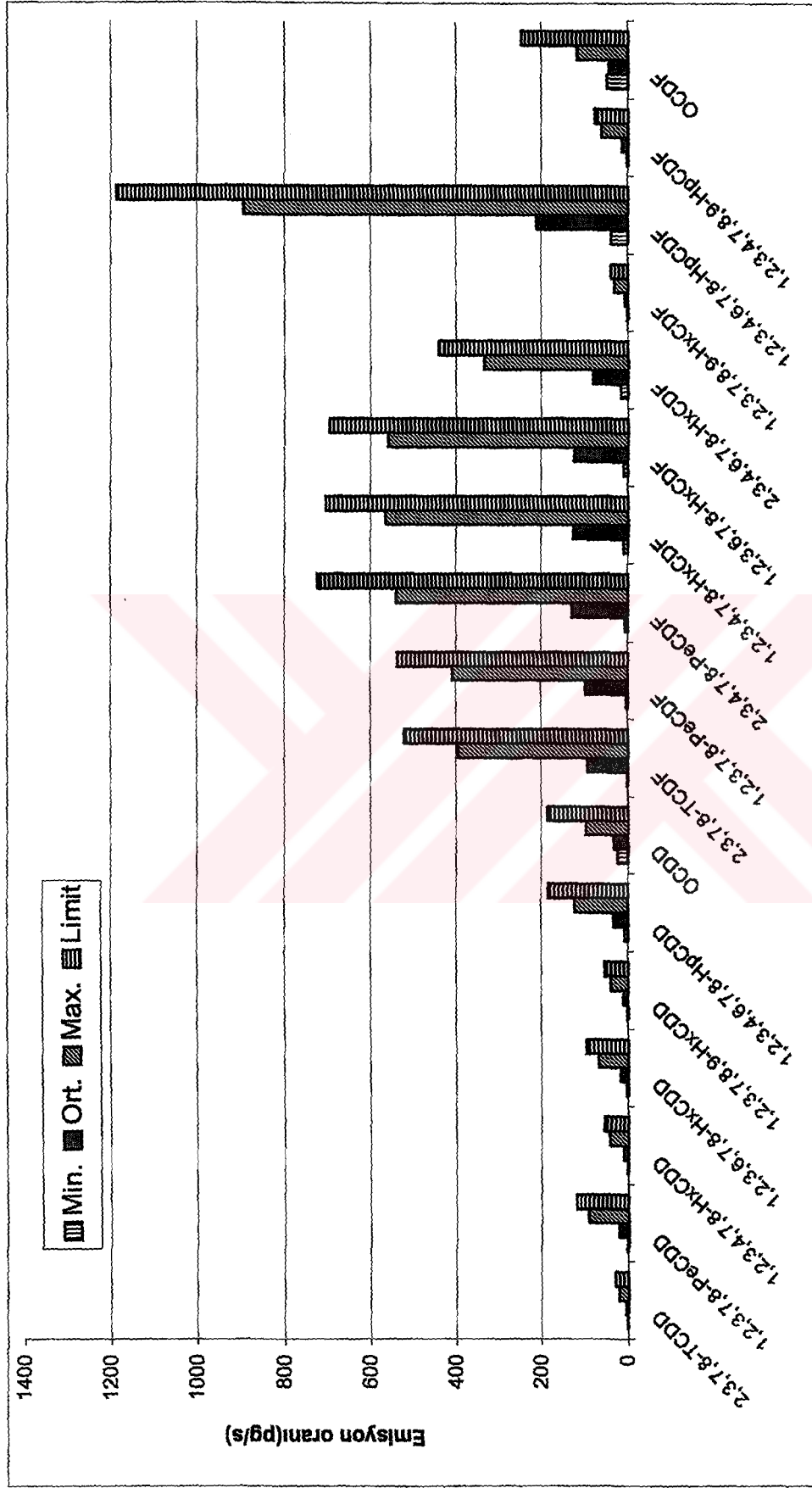
ER_{teq} = TEQ bazındaki ortalama emisyon oranı, (pg.s⁻¹).

Bu şekilde her bir konjener için belirlenen $F_{c/teq}$ değerleri, limit emisyon oranı olan 750 pg.s⁻¹ ile çarpılarak bu orana karşılık gelen konjener emisyon oranları belirlenmiştir. Bu yolla elde edilen limit emisyon oranları ile birlikte modele temel teşkil eden maksimum, ortalama ve minimum emisyon oranları Tablo 7.5'te, ve konjener profilleri de Şekil 7.1'de gösterilmiştir.

Tablo 7.5. Modelde Kullanılan PCDD/F Emisyon Oranları

Dioxin Adı	Minimum	Ortalama	Maksimum	Limit
2,3,7,8-TCDD	0.75 ^a	4.96	20.83	28.08
1,2,3,7,8-PeCDD	0.75	20.83	90.79	117.91
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.13	9.70	41.99	54.91
1,2,3,6,7,8-HxCDD	3.76	16.99	67.44	96.18
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.13	9.49	40.36	53.72
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	7.70	32.44	121.89	183.64
OCDD	23.57	32.69	96.64	185.05
2,3,7,8-TCDF	0.75	92.01	394.45	520.85
1,2,3,7,8-PeCDF	2.81	95.09	406.97	538.29
2,3,4,7,8-PeCDF	5.78	127.58	539.00	722.21
1,2,3,4,7,8-HxCDF	8.63	124.3	565.41	703.64
1,2,3,6,7,8-HxCDF	8.19	122.69	558.6	694.52
2,3,4,6,7,8-HxCDF	16.76	77.70	333.68	439.84
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.75	6.61	30.76	37.42
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	38.42	209.57	892.21	1186.33
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.88	13.30	59.14	75.29
OCDF	46.63	43.48	115.22	246.13
TEQ	8.78	132.49	570.31	750.00

^a Emisyon oranları pg/s cinsinden verilmiştir.



Şekil 7.1. Modellemeye temel oluşturan minimum, ortalama, maksimum ve limit emisyon oranları.

7.2.3. Maruz kalma senaryoları

Maruz kalma senaryoları risk değerlendirmeleri uygulamalarında temel bir öneme sahiptir. Bu senaryolar insineratörlerin emisyon karakteristikleri ve maruz kalma yollarıyla potansiyel olarak bu emisyonlara maruz kalacak bireylerin davranış biçimlerini birleştirirler. Dolayısıyla yöreye özgü maruz kalma biçimleri, çalışma bölgesine uygun maruz kalma yollarının ayrı ayrı değerlendirilip bir bütün haline getirilmesiyle oluşturulur.

Maruz kalma senaryolarında, modelde göz önüne alınacak güvenlik derecesine bağlı olarak iki tür yaklaşım benimsenmektedir:

- En kötü durumun değerlendirilmesi; bir Hipotetik Olarak En Çok Maruz Kalan Kişinin (HMEI) varlığına dayanır.
- Yöreye özgü değerlendirme; maruz kalma miktarları, insineratör yakınındaki bölgenin kendine özgü koşulları ile belirlenir.

HMEI yaklaşımında, insineratör emisyonlarından maksimum şekilde etkilenen bir noktada (yani ortam havasındaki PCDD/F konsantrasyonlarının en yüksek olduğu noktada) yaşayan, ve bu havayı soluyup burada yetişen gıdaları tüketen bir kişinin (HMEI) varlığı kabul edilir. HMEI yaklaşımı, bir tesisin etrafında yaşayan herhangi bir alıcının daha fazlasına maruz kalma ihtimalinin son derece düşük olduğu bir maksimum doz değerinin belirlenmesi ilkesine dayanır. Bu yaklaşım da kendi arasında tutucu ve mantıklı en kötü durum olmak üzere ikiye ayrılır. Birincisinde, bütün maruz kalma ve davranış parametreleri maksimum değere göre ayarlanır (uç tahminler). İkinci yaklaşımda ise bazı maruz kalma parametreleri, genel nüfusun davranış biçimlerini temsil eden değerlere ayarlanır (merkezi tahminler). Örneğin, tutucu bir en kötü durum değerlendirmesinde, HMEI'nin tüm hayatı boyunca, maksimum risk noktasında yaşayıp soluk alıp vereceği ve yine tüm hayatı boyunca bu yerden elde edilen ürünleri maksimum derecede tüketeceği varsayılır. Mantıklı bir en kötü durum değerlendirmesinde ise HMEI'nin yine aynı noktada olacağı kabul edilse de, insineratör emisyonlarına belirli bir süre maruz kalacağı, ancak tükettiği toplam besinlerin % 50'sinin bu bölgeden elde edilmiş olacağı ve bunları da ortalama

bir insanın tüketebileceği kadar tüketeceği varsayılabilir (HMIP, 1994; Zemba et al, 1996).

En kötü durum senaryoları büyük bir dikkatle ele alınmalıdır. Maxim (1989)'da son derece tutucu maruz kalma senaryoları üzerinden elde edilen risk tahminleri ile ilgili değerlendirmeler yer almaktadır. Burada ortaya konan problemlerden bazıları şöyledir:

- Bu tür tutucu senaryolara dayanan risk tahminleri, önemli olmayan risklerin büyütülmesine yol açmaktadır.
- Bu risk tahminleri, risk değerlendirmesi ile risk yönetimi arasındaki ayrımları bulanıklaştırmaktadır. Zira karar verici merciler, verimli ve maliyet-etkin risk yönetimi stratejileri belirlemek için uç tahminlerden ziyade merkezi tahminlere ihtiyaç duyarlar.

Risk değerlendirme çalışmalarında, bu tür bir güvenlik sınırının benimsenmesindeki ana mantık, halkın tümünün etkin bir şekilde korunmasının sağlanmasıdır. Kısacası, eğer HMEI emisyonlardan yeterince korunuyorsa, nüfusun diğer üyelerinin ihmal edilebilir bir risk altında olacakları düşünülür. Ancak bu yaklaşım, tamamen gerçek dışı olma ve uzman olmayan kişiler tarafından gerçek risklerin tanımlanması konusunda yanlış yorumlara yol açma olasılıklarının tehlikesi altındadır. Dolayısıyla, bu tür en kötü duruma ait risk tahminlerinin, gerçek riskleri temsil eden daha mantıklı tahminlerle birlikte ele alınmasının kritik bir önemi vardır. Böylelikle riske ilişkin daha gerçekçi tahminlere ulaşılabilir.

Yöreye özgü risk değerlendirmeleri ise şu şekilde karakterize edilirler:

- Maruz kalan bireylerin yerleri, çalışma bölgesindeki kullanım alanları haritasına göre belirlenir. Yer yüzeyindeki ortam havasında bulunan PCDD/F konsantrasyonları, hava dağılım modelinden elde edilen konsantrasyon çizgileri yardımıyla belirlenir.
- Maruz kalma senaryoları, eğer veriler mevcut ise yöredeki nüfusun, veriler yoksa da genel nüfusa ilişkin tipik davranış biçimlerine göre belirlenir.

- Maruz kalma süresi, bölgede yaşayan insanların genel davranış biçimlerine, ya da insineratörün çalışma süresine bağlı olarak, ömür boyu olabileceği gibi, daha az da olabilir.
- Kimyasallara maruz kalma riski altındaki insanlar, yaşam veya davranış biçimi tiplerine göre alt-gruplara ayrılabilirler.

Yöreye özgü risk değerlendirmelerinde de tutucu yaklaşımlar benimsenebilir. Ancak bunlar açıkça belirtilirler ve olasılık terimleriyle ifade edilebilirler (örneğin, risk altındaki nüfusun belli bir yüzdesi için vs.).

Bu çalışmada her iki yaklaşım da değerlendirilecek, ancak yukarıda sayılan nedenlerden ötürü ve daha özgün sonuçlar üretmesi bakımından yöreye özgü değerlendirmelere vurgu yapılacaktır. HMEI yaklaşımı, belli bir güvenlik anlayışı açısından genel olarak bugüne kadar yapılan tüm risk değerlendirmelerinde yer almıştır. Ancak burada sergilenen tutucu yaklaşımın yöreye özgü daha gerçekçi yaklaşımlarla dengelenmesi amaçlanmıştır.

7.3. Tehlikenin Tanımlanması

PCDD/F emisyonlarının karakterize edilmesi ve bir maruz kalma senaryoları değerlendirmesinden sonraki aşama risk altındaki nüfusun ve davranış biçimlerinin tanımlanması ve potansiyel maruz kalma rotalarının ortaya konulmasıdır.

7.3.1. Risk altındaki nüfusun tanımlanması

İnsineratör emisyonlarına maruz kalmak bireyin veya nüfusun yaşadığı yer, etkinlikte bulunma ve davranış örnekleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Bunlar da sonuçta risk altındaki insanların yaşları ve meslekleri ile ilgilidir.

Daha önce de belirtildiği üzere İZAYDAŞ İnsineratörü etrafında çalışma bölgesi olarak belirlenen, merkezi insineratör bacası olmak üzere yaklaşık 6 km'lik dairede yaşayış ve davranış biçimleri açısından farklı gruplar oluşturan insanlar yaşamaktadır. Şekil 6.3 bu bölgenin ayrıntılı bir haritasını göstermektedir. Tesisin kuzeydoğusunda yaklaşık 50 haneden oluşan Solaklar Köyü yer almaktadır. Nüfusu

yaklaşık 500 kişi olan bu köyde, insanlar çiftçilik vb. tarımsal faaliyetler ile geçimlerini sağlamaktadırlar. Köy tesise yaklaşık 800 m uzaklıkta bulunmaktadır. Köyde yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetleri daha ziyade köylülerin kendi ihtiyaçlarını sağlamaya yönelik olup, ticari anlamda köy dışında pazarlama amaçlı faaliyetler sınırlıdır. Son olarak, köyün şehir merkezine yakınlığı, ülkemizde görülen hızlı kentleşme, tarımsal faaliyetlerin ekonomik getirisinin azlığı vb. nedenlerle köy yaşamının da giderek kente doğru evrildiğinin ve ondan beslenmeye başladığının vurgulanması gerekir.

Tesisin 1 km güneyinde bulunan Alikahya Beldesi ise daha önce köy iken, gerek yerleşim yeri olarak sanayi tesislerine ve İzmit kent merkezine yakın olması, gerekse çok yakınında kurulan büyük sanayi tesisleri (HYUNDAI, BRİSA) nedeniyle kentleşme sürecine girmiştir. Özellikle son yıllarda daha da yoğunlaşan bu süreçle birlikte, meydana gelen iç göçün de etkisiyle nüfusu artmış ve bir kasaba haline gelmiştir. Bugün yaklaşık 5000 kişilik nüfusuyla İzmit Büyükşehir Belediyesi sınırları dahilinde bir beldedir. Alikahya, mevcut durumuyla, ülkemize özgü ekonomik ve sosyal koşullar sonucunda ortaya çıkmış olan, kır ile kent arasındaki bir geçiş bölgesini temsil etmektedir. Tesise daha yakın olan kuzey bölümünde (Körüktepe Mah.) halen tarım ve hayvancılık ağırlıklı bir yaşam mevcut iken, D-100 karayoluna ve sanayi tesislerine daha yakın olan güney bölümündeki yaşam daha çok bir kasaba yaşantısını andırmakta ve bu bölümde yaşayan insanlar da geçimlerini genellikle işçi, memur vb. işlerle sağlamaktadırlar. Ancak bu bölümde de, seyrek olsa da, hayvan besleyen, ya da sınırlı bir arazide (bahçe vb.) tarımsal ürünler yetiştiren insanlar mevcuttur. Alikahya'da yaşayanlar ekonomik durum itibariyle çoğunlukla dar gelirli olarak nitelenen gruba dahildirler.

Son olarak tesisin güneybatısında Alikahya Beldesi'ne bağlı olsa da, daha farklı bir yaşamın hüküm sürdüğü Yuvam Akarca Toplu Konut Bölgesi'nden söz edilecektir. Yuvam, ülkemizde son yıllarda kentleşme ve göç ile birlikte hızla yaygınlaşan toplu konut sitelerinin bir örneğidir. Ülkemizde daha çok gecekondulaşmaya alternatif olarak ortaya konan ve genellikle devlet desteğiyle yapımı teşvik edilen bu tür konutların yapımı, İzmit'te Yahyakaptan ile başlamış ve sonraki yıllarda hızlı nüfus artışı ile birlikte daha da artmıştır. Yuvam Konutları da İzmit Büyükşehir Belediye

İZMİR
KENT MERKEZİ

tarafından gerçekleştirilen bir projedir. İnsanlara planlı, düzenli ve sağlıklı konutlar sunmasıyla ilgi ve talep odağı haline gelen bu tür siteler, özellikle 1999 Marmara Depremi'nden sonra daha da popüler hale gelmiştir. Bugün Yuvam Konutları'nda yaklaşık 10 000 kişi yaşamaktadır. Davranış özellikleri bakımından tamamen kentli olan bu insanların neredeyse tamamı işçi, memur, öğrenci vb. kırsal yaşamla ilişkisi olmayan topluluklardır. Ekonomik olarak daha çok orta sınıfa mensuplardır.

Tesisin batısı ve kuzeybatısında da Yuvam türü hızlı bir konutlaşma mevcuttur ve birkaç yıl sonra buralarda da yoğun ve ağırlıklı olarak kentli bir nüfus oturmaya başlayacaktır. Tesisin doğu ve kuzeyi ise kırsal alanlardan (tarla, fundalık vb.) oluşmaktadır. Pilot bölgedeki kentsel ve kırsal arazi kullanım alanları Şekil 6.5'te görülmektedir.

Bu bilgiler ışığında bölgede risk altında olarak tanımlanan alıcılar, üç alt gruba ayrılmıştır: Kırsal, yarı-kentsel ve kentsel alıcılar. Kırsal alıcı grubuna Solaklar Köyü ile Alikahya'nın kuzey bölümünde yaşayanlar dahil edilmiştir. Yarı-kentsel nüfus olarak Alikahya Beldesi'nde oturanlar tanımlanmıştır. Kentsel nüfus ise Yuvam Konutları'nda oturanları kapsamaktadır. Maruz kalma senaryolarında kullanılacak yöreye özgü parametreler belirlenirken bu üç grup ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu gruplara ilişkin tüketim ve yaşayış parametreleri, her üç bölgede yapılan tüketim anketleri ve saha çalışmaları ile elde edilmiştir. Dolayısıyla çalışmada HMEI ve yöreye özgü üç tür maruz kalma yaklaşımı benimsenmiştir. Bireyler için olabilecek maksimum potansiyel riskin belirlenmesini amaçlayan HMEI yaklaşımına ile yöreye özgü risk yaklaşımında ilişkin kabuller, kullanılacak ölçütler ve maruz kalma senaryoları bu bölümde açıklanacaktır.

Maruz kalma olasılıklarına odaklanmak için risk altındaki nüfus içinde belirlenen bu dört alıcı grubu da, fizyolojik ve davranış biçimi olarak farklılıklar gösteren eş ayrı gruba ayrılmıştır. Bu alt-gruplar içindeki her alıcının maruz kaldığı miktarı karakterize etmek için, bu alt-grubun etkinlikte bulunma ve davranış biçimlerini yansıtan maruz kalma faktörleri kullanılmıştır. Aşağıdaki liste, bu alıcı gruplarını göstermektedir.

- Meme emen çocuklar: 1 yaşının altındaki tüm çocuklar.
- 1-6 yaş arasındaki çocuklar: Okula gitmeyen çocuklar.
- 6-11 yaş arası çocuklar: İlkokula giden çocuklar.
- 11-16 yaş arası çocuklar: Orta dereceli okullara giden çocuklar.
- Yetişkinler: Yaşları 16'dan büyük alıcılar ve anneler.

Risk değerlendirme çalışmalarında tüm reseptör türleri farklı maruz kalma yollarına sahiptirler. Her bir alıcı grubunun farklı davranış biçimleri, tüketim miktarları, vücut ağırlıkları vb. özellikleri vardır.

7.3.2. Potansiyel maruz kalma yolları

HMEI ve yukarıda sayılan alıcı grupları için kabul edilen maruz kalma yolları ve davranış örneklerinin kısa bir özeti Tablo 7.5'te verilmiştir. Bazı anahtar parametreler ise aşağıda tartışılmaktadır.

7.3.2.1 Risk altındaki nüfusun yeri

Daha önce de belirtildiği gibi HMEI, insineratör emisyonlarından en çok etkilenen yerde yaşamaktadır. Bu bakımdan insineratörden çıkan PCDD/F emisyonlarının konsantrasyonlarının en yüksek olduğu ortam havasına maruz kalacaktır. HMEI'nin yeri ortam havasındaki PCDD/F konsantrasyonlarının eş-büyüklik eğrilerinin gösterildiği Şekil 8.8'de ortam havasında 0.074 fg.m⁻³'lük eğrinin üzerinde herhangi bir yere yerleştirilebilir. Buna ek olarak en çok birikimin mevcut olduğu toprak parçasında yetişen bitkisel ürünleri tüketecek ve bunlardan en çok etkilenen hayvanların ürünlerini tüketecektir.

Yöreye özgü risk değerlendirmesinde ise alıcılar, haritada, gerçek yaşamdaki konumlarına yerleştirilmişlerdir. Bu nedenle, hava dağılım modeli gereğince birbirinden farklı ortam havası PCDD/F konsantrasyonlarına maruz kalacaklardır (Şekil 8.8). Eğer bir yerleşim bölgesi ve ya tarım alanını birden fazla konsantrasyon eğrisi kesmişse, bu bölge için, eğrilerden en yüksek PCDD/F konsantrasyonunu

temsil edeni kabul edilmiştir. Öte yandan PCDD/F'lerin besin zinciri yoluyla alımı genel olarak baskın maruz kalma yolu olduğu için özellikle tarım alanlarına birikim yapan kimyasallar önem taşımaktadır. Bu yüzden toprak konsantrasyonları belirlenirken tarımsal alanlara düşen en yüksek birikim miktarı baz alınmıştır.

Toprağa birikim ve besin zincirine giriş yolları göz önüne alınarak alıcı noktaları, sadece insanların yaşadığı yerler değil, bütün pilot bölge için tanımlanmıştır. Tüm pilot bölge yerleşim yerlerinin sıklığı baz alınarak, beş ayrı alıcı bölgesine bölünmüştür. Tümü üniform-kartezyen olarak tanımlanan bu alıcı ağları Şekil 6.5'te görülmektedir. Buna göre Yuvam'da 1200, Alikahya'da 400, Batı tarafında 300, Solaklar'da 225 ve Kuzey tarafında da 121 olmak üzere pilot bölgede toplam 2263 alıcı noktası tanımlanmıştır. Hava dağılım modelinde (ISCST3) konsantrasyon ve birikim hesapları, tüm bu noktalar için hesaplanmış ve eş-büyükölük grafikleri buna göre çizilmiştir.

Tablo 7.5. Çeşitli Alıcı Grupları İçin Maruz kalma Yolları ve Davranış Örneklerinin Özeti

Alıcı Türü	Maruz Kalma Yolları			Maruz Kalma Süresi
	Solunum	Gıda Tüketimi	Toprak Yutulması	
Yetişkin	Yöreye özgü: ISCST3 ile modellenmiş ortam havası kons.	Kent için kısmen, köy için çoğu yerel olarak üretilmiş sebze, meyve, et ve süt ürünleri	<i>Kent için:</i> Bahçe işleri ya da oyunlar sırasında sınırlı miktarda; <i>Köy için:</i> Tarım vb. işler ve dışarıda fazla bulunma nedeniyle yüksek oranda	Ömür boyu
Okul Çocuğu	Yöreye özgü: ISCST3 ile modellenmiş ortam havası kons.	Kent için kısmen, köy için çoğu yerel olarak üretilmiş sebze, meyve, et ve süt ürünleri	Oyun, dışarıda bulunma vb. nedeniyle kent için sınırlı, köy için yüksek miktarda.	<ul style="list-style-type: none"> • 6-11 yılları arası • 11-16 yılları arası
1-6 yaş arası çocuklar	Yöreye özgü: ISCST3 ile modellenmiş ortam havası kons.	Kent için kısmen, köy için çoğu yerel olarak üretilmiş sebze, meyve, et ve süt ürünleri	Oyun, dışarıda bulunma vb. nedeniyle kent için sınırlı, köy için yüksek miktarda.	<ul style="list-style-type: none"> • 1-6 yılları arası
Bebek	Yöreye özgü: Annenin yaşadığı ortam havası kons.	Kent için kısmen, köy için çoğu yerel olarak üretilmiş sebze, meyve, et ve süt ürünleri	Dışarıda oynama nedeniyle sınırlı miktarda.	<ul style="list-style-type: none"> • 0-1 yaşları arası anne sütü; • 0.5-1 yaşları arası anne sütü ve bazı gıdalar
HMEI	ISCST3 ile modellenmiş max. ortam havası kons.	Hepsi yerel olarak üretilmiş ürünler	Tipik toprak yutma oranında.	Ömür boyu

7.3.2.2 Maruz kalma frekansı, süresi ve ortalama zamanı

Tanımı gereği HMEI'nin, insineratör kaynaklı maksimum PCDD/F konsantrasyonlarına, günde 24 saat, yılda 365 gün, ömür boyu yani 70 yıl boyunca (70 yıl, Türkiye'deki yıllık ortalama ömür olarak alınmış ve HMEI için bu yaşam süresi kabul edilmiştir) maruz kalacağı kabul edilmiştir. Gerçekte bu, pratik olarak gerçekleşmesi pek olası olmayan oldukça tutucu bir yaklaşımdır.

Yöreye özgü yaklaşımda ise, maruz kalma zamanı (ET), ikamet etme yeri ile birlikte çalışma alanları ve okulların da insineratör emisyonlarının etkisi altında olduğu düşünülerek günde 24 saat olarak kabul edilmiştir. Bunun diğer bir nedeni de, bu yerlerin hangisinin emisyonlardan daha az çok etkileneceği hakkında, baştan herhangi bir kararın verilemeyecek olmasıdır.

Ülkemizde, herhangi bir yerde çalışan insanların yılda yaklaşık olarak en az 20 günlük bir izinleri olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada da, özellikle Akarca Konutları'nda oturan nüfus için, yılda ortalama olarak 15 günü, aileleriyle birlikte tatilde, ya da başka bir yerde geçirecekleri kabulü yapılmıştır. Hafta sonları ve çeşitli ulusal ve dini bayramlarda evden uzakta geçirilen günler, bu konulara ilişkin elimizde yeterli bir veri olmadığı ve burada yaşayan insanlara ilişkin genel bir davranış biçimi bulunmadığı için çalışmada göz önüne alınmamıştır. Model bütünlüğü açısından aynı kabuller Solaklar Köyü'nde yaşayan insanlar için de geçerli olacağı kabul edilmiştir. Dolayısıyla yöreye özgü maruz kalma frekansı (EF) yılda 350 gün olarak belirlenmiştir. Bu maruz kalma sıklığının Tablo 7.6'da özetlendiği gibi olacağı kabul edilmiştir.

Bir alıcının, insineratör emisyonlarına yıl olarak ne kadar süre maruz kalacağını gösteren maruz kalma süresi (ED) ise, insanların yaşlarına, etkinlik biçimlerine ve insineratörün çalışma süresine ya da işletme ömrüne bağlıdır. Bebeklerin, okula gitmeyen çocukların ve okul çağındaki çocukların insineratör civarında sırasıyla 1, 6 ve 16 yıl kalacakları varsayılmıştır. Yetişkinler ise genel olarak okul veya çalışmak amacıyla doğdukları yerden ayrılmaktadırlar. Genel olarak ücretli bir işte çalışanlar, tayin ya da iş değiştirme amaçlı olarak, bir bölgede 10 yıl kaldıktan sonra aileleriyle

birlikte başka bir yere taşınmaktadırlar. .Ancak çiftçilikle uğraşan insanlar, bir bölgede daha uzun, hatta ömür boyu kalma eğiliminde olabilmektedirler.

Aynı şekilde insineratörlerin de, diğer bütün tesisler gibi bir işletme ömürleri vardır. Bu ömür genel olarak 30 yıl civarında olmakla birlikte, insineratörlerin teknolojisine ve işletilmesine göre bu süre çok daha fazla (örneğin 75 yıla kadar) uzayabilmektedir. Bu çalışmada, biraz da tutucu bir yaklaşımla seçilen maruz kalma süreleri aşağıda verilmiştir:

- HMEI: 70 yıl (ömür boyu)
- Yetişkin kentli: 30 yıl
- Yetişkin yarı-kentli:50 yıl
- Yetişkin çiftçi: 50 yıl.

Bebekler, okula gitmeyen ve okul çağındaki çocukların ise yukarıda verilen sürelerinin bütününde (1, 6 ve 16 yıl) insineratör emisyonlarına maruz kalacakları varsayılmıştır. PCDD/F'ler, toksikolojik bakımdan bir eşik değeri olan kimyasallar olarak kabul edildiği için ortalamanın alındığı süre (AT) çalışmada maruz kalma süresine eşit olarak alınmıştır. Toksikolojik eşik değerleri olmayan kimyasallarda ise bu süre (AT) ömür boyu maruz kalmaya eşitlenir.

Tablo 7.7. Kimyasallara Maruz Kalma Süreleri Bakımından Belirsizlik Dağılımı Fonksiyonları

Parametreler	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Okul Çocuğu 1 ^a	Okul Çocuğu 2 ^b
Solumun oranı (m ³ /h) ^c	Tüm alıcı grupları için: Ev içi 0.62 Ev dışı 0.70	Tüm alıcı grupları için: 0.40 0.45	Tüm alıcı grupları için: 0.23 0.26	Tüm alıcı grupları için: 0.40 0.45	Tüm alıcı grupları için: 0.64 0.74
Toprak yutma oranı (mg/gtn) ^d	Kentli: 30 Yarı-kentli: 45 Çiftçi: 60 HMEI: 60	Kentli: 45 Yarı-kentli: 68 Çiftçi: 90 HMEI: 90	Kentli: 45 Yarı-kentli: 68 Çiftçi: 90 HMEI: 90	Kentli: 30 Yarı-kentli: 45 Çiftçi: 60 HMEI: 60	Kentli: 30 Yarı-kentli: 45 Çiftçi: 60 HMEI: 60
Vücut ağırlığı (kg) ^e	Tüm alıcı grupları için: 70	Tüm alıcı grupları için: 16	Tüm alıcı grupları için: 7.5	Tüm alıcı grupları için: 27.5	Tüm alıcı grupları için: 47.5
Besin tüketim oranı	Besinler ve yerel olarak üretilen besin fraksiyonları ise Tablo 7.8'de sunulmuştur.				
Maruz kalma sıklığı (gün/yıl) ^f	HMEI: 365 Diğer: 350	HMEI: 365 Diğer: 350	HMEI: 365 Diğer: 350	HMEI: 365 Diğer: 350	HMEI: 365 Diğer: 350

^a 6-11 yaşları arasındaki okul çağındaki çocuklar.

^b 11-16 yaşları arasındaki okul çağındaki çocuklar.

7.3.2.3 Solunum yoluyla maruz kalma

7.3.2.3.1 Ortam havasındaki PCDD/F konsantrasyonlarının solunması

Kirlenmiş havaya maruz kalan kişiler ev içinde olabilecekleri gibi ev dışında da olabilirler. Bu nedenle değişik yaş gruplarının ev içinde ve dışarıda geçirdikleri süreler ve bunların oranları önemlidir.

İnsineratör emisyonlarına en çok maruz kalınan yer tabii ki, ev dışında gerçekleştirilen aktivitelerdir. Bu bakımdan HMEI'nin zamanının tümünü ev dışında geçirdiği varsayılacaktır. Yöreye özgü davranış biçimlerinin belirlenmesinde ise bölgedeki insanların aktiviteleri ve genel olarak zamanlarını nasıl kullandıkları göz önüne alınacaktır. Çalışmada, yetişkin bir insanın günde ortalama olarak 8 saatlik bir boş zamanı olduğu, bunun yine ortalama 6 saatini evin içinde (kitap okumak, TV seyretmek, yemek yemek vb. faaliyetler için) geçirdiği kabul edilmiştir. Günde ortalama 8 saatlik bir uyku süresi de eklendiğinde, ve geriye kalan boş olmayan zamanının da yaklaşık 5 saatini oda içinde (kapalı alanda yani işyerinde çalışma vb.) oda içinde geçirdiği düşünülürse, kentli bir yetişkinin bir günündeki ev içi/ev dışı zamanı saat olarak 21/3 olacaktır. Bu oran tüm maruz kalma süresinde sabit olarak alınmıştır. Diğer alıcı grupları içinse kabul edilen frekanslar şu şekildedir:

- Kent yaşamı: 21/3 (yetişkin); 20/4 (okul çağı çocuğu)
- Yarı-kentli: 18/6 (yetişkin); 18/6 (çocuklar)
- Çiftçiler: 14/10 (yetişkinler); 16/8 (çocuklar)
- Bebekler: 23/1

Bir en kötü durum yaklaşımı, ev içindeki ortam havasındaki PCDD/F konsantrasyonlarının ev dışındakine eşit olarak kabul edilmesidir. Ancak uzun vadede, ev içi konsantrasyonlarının şu nedenlerden dolayı daha düşük olması beklenir:

- Büyük partiküller, duvarlara ve diğer dış yüzeylere çarparak orada kalırlar.
- Bina içine giren partiküller ise halı ve perdeler gibi ev eşyalarına çarparlar ve orada tutunurlar. Bu parçacıklar her ne kadar toz alma ya da süpürme işlemlerinde yeniden harekete geçseler de yeniden ortam havasına katılmaları çok düşük bir ihtimaldir.
- İzmit'te yılın büyük bir bölümünde pencereler kapalı olduğu için dışarıdaki partiküller ve gazların evin içine girmeleri oldukça sınırlıdır.

Spesifik ev içi çalışmalarında, dışarıdaki havada bulunan PCDD/F'lerin ev içine girdiğinde, yukarıda sayılan nedenlerden ötürü % 70 oranında azalacağı kabul edilmiştir. Ortam havasında bu kimyasallar büyük oranda partiküllere bağlı olarak buldukları için bu oranın gerçekçi bir durumu yansıttığı kabul edilebilir.

7.3.2.3.2 Solunum oranı ve solunumun biyolojik olarak etkinliği

Solunum oranı, yaşa ve etkinlikte bulunma türü ve düzeyine bağlıdır. Örneğin evin dışarısında yapılan faaliyetler, genelde daha çok çaba gerektiren faaliyetler olduğu için, solunum oranı ev dışında ev içine göre daha fazla olacaktır. Farklı alıcılar için ortalama ev içi ve ev dışı solunum oranları US EPA (1989)'da verilmiştir.

Solunum değerleri, yetişkinler için Zemba et al (1996) ve Nouwen et al. (2001)'de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ olarak verilirken, çocuklar için $8.6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ve $7.5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ değerleri verilmiştir. Bu çalışmada ise Finley (1994)'te verilen daha ayrıntılı değerler kullanılmıştır. Solunum oranlarına ilişkin olarak modelde kullanılan değerler Tablo 7.6'da sunulmuştur.

Biyolojik olarak etkinlik ya da absorpsiyon faktörü ABS_{inh} ise, alınan dozun ne kadarının akciğer zarlarından geçerek vücudun içine girdiğini temsil eder. PCDD/F'ler durumunda nefes alma yoluyla vücuda girebilen partiküller göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konudaki en kötü durum senaryosu, alınan dozun % 100'ünün akciğerlerden vücuda girmesidir. Paustenbach et al. (1987)'de solunum yoluyla vücuda girebilen partiküllerin % 50'sinin üst solunum yollarında biriktiği, ancak

bunların küçük bir kısmının yutulduğu belirtilmektedir. Zemba et al. (1996)'da ise bu fraksiyon 0.37 gibi düşük bir değer alınmıştır. Ancak genel olarak solunum yoluyla maruz kalma için Nouwen et al. (2001)'de olduğu gibi 0.75'lik bir ABS_{inh} faktörünün kullanılmasının daha mantıklı olacağı düşünülebilir.

Bu çalışmada, bir dış dozun belirlenebilmesi açısından ABS_{inh} değeri 1.0 larak alınmış ve solunum yoluyla maruz kalınan tüm PCDD/F'lerin biyolojik olarak etki yapacağı kabul edilmiştir.

7.3.2.4 Toprağın yutulması

7.3.2.4.1 Toprak yutulma oranı

Toprak bütün yaş gruplarında yutulur, ancak bu yolla kimyasallara maruz kalma en çok 1-6 yaşları arasındaki çocuklarda görülür. Toprak yutulma oranları ile ilgili veriler Hawley (1985), Paustenbach et al. (1987), US EPA(1989), Belcher et al. (1991), Sedman and Mahmood (1994), Finley et al. (1994), Zemba et al. (1996) ve Nouwen et al. (2001) tarafından verilmiştir. Bu çalışmalarda toprak yutma oranları yetişkinler için 20 –100 $mg.d^{-1}$, çocuklar için ise 50-200 $mg.d^{-1}$ arasında verilmiştir. Kırsal senaryolarda bu oranlar, genel olarak kentsel senaryo değerlerinin yaklaşık iki katı kabul edilmektedir.

Bu çalışmada ise genel olarak ortalama değerler kullanılmıştır. Kırsal senaryolarda toprak yutulması değerleri kentsel senaryoların iki katı olarak kabul edilmiştir. 1-6 yaş arası çocuklar için ise yetişkinlerin 1.5 katı değerler alınmıştır. Bu değerler Tablo 7.6'da görülmektedir.

7.3.2.4.2 Topraktan alınan PCDD/F'lerin biyolojik olarak etkinliği

Çalışmada topraktan alınan PCDD/F'lerin biyolojik olarak etkinliği, ABS_{soil} , dış dozun belirlenebilmesi açısından % 100 olarak alınmıştır. Ancak Paustenbach et al. (1987)'de, topraktan alınan 2,3,7,8-TCDD'nin biyolojik olarak etkinliğinin uç bir tahminle % 30; daha ortalama bir yaklaşımla ise % 10 olduğu belirtilmektedir.

7.3.2.4.3 Maruz kalma frekansı

Toprağın yutulmasına ilişkin maruz kalma frekansı (EF, gün/yıl olarak) alıcıların ev dışında geçirdikleri zamana ve yiyeceklerin yenmeden önce yıkanıp yıkanmadıklarına bağlıdır. Çalışmada bebek, okul öncesi ve okul çağındaki çocukların yılın 9 ayı her gün (yani yılda 270 gün); kentli yetişkinlerin ise 8 ay boyunca ayda 8 gün (yani yılda 64 gün) bahçe faaliyetleri sırasında bu tür bir kirliliğe maruz kalacakları kabul edilmiştir. Bu süre yarı-kentliler için yılda 150 gün; çiftçiler için yılda 330 gün, HMEI içinse yılda 365 gün alınmıştır.

7.3.2.5 Gıdaların tüketimi

Besinlerin tüketilmesi yoluyla PCDD/F'lere maruz kalınmasında önemli olan parametreler, hangi besinlerin ne oranda tüketildikleri ve bunun yanında tüketilen bu besinlerin ne kadarının yerel olarak üretildiğidir. Tüketimde yerel olarak üretilen besin fraksiyonu, bu besinler kirleticilerden etkilenme olasılığına sahip oldukları için, son derece önemlidir. Kirleticilerin besin zincirine girmesi ve biyoakümülyasyon yoluyla zincirdeki hareketi, insanların kirleticilere maruz kalma yolları arasında genellikle ilk sırada yer alır. Özellikle PCDD/F'ler gibi, doğada uzun süre bozunmayan yağ sever bileşikler için besin zinciri, bir çok çalışmada da gösterildiği gibi en baskın maruz kalma yoludur (HMIP, 1996; Zemba et al., 1996; Nouwen et al., 2001).

Yerel olarak üretilip tüketilen besinlerin yanı sıra, bölgeye dışarıdan gelen ve market, pazar vb. yerlerde satılan ürünlerin kirleticisi içerip içermediklerinin ayrıca değerlendirilmesi gerekir. Birçok Avrupa ülkesi ve ABD'de marketlerde satılan gıda ürünlerinde yapılan çalışmalar, bu ürünlerin de belirli bir seviyede PCDD/F içerdiğini göstermiştir (Schechter et al., 1997; Ferrario and Byrne, 2000; ..). Bu konu Bölüm HEDE'de mevcut (geçmişten gelen) PCDD/F alınma miktarları üzerinde durulurken daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Yörede yaşayan insanların beslenme alışkanlıkları ve tükettikleri gıdaların yerel olarak üretilen fraksiyonları Solaklar Köyü, Alikahya ve Yuvam bölgelerinde yapılan anket çalışmalarıyla belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda kentli, yarı-kentli ve

köylü alıcı gruplarına dahil yetişkinler için günlük ortalama besin profili çıkarılmıştır. Bu değerler Tablo 7.8'de özetlenmiştir.

Tablo 7.8. Pilot bölgedeki günlük diyet ve yerel besin fraksiyonları

Gıda (gram)	Kentli (Yuvam)	Yerel	Yarı-kentli (Alikahya)	Yerel	Köylü (Solaklar)	Yerel	HMEI	Yerel
Et	54.60	0.14	18.74	0.33	17.63	0.61	54.60	1
Et Ürünleri	40.69	0.02	18.74	0.04	10.38	0.18	40.69	1
Süt	157.18	0.47	222.7	0.81	220.56	0.98	222.70	1
Süt Ürünleri	152.37	0.36	49.26	0.68	46.78	0.88	152.37	1
Tavuk	63.77	0.14	18.74	0.19	17.63	0.79	63.77	1
Yumurta	33.85	0.11	31.17	0.18	24.35	0.72	33.85	1
Balık	38.85	0	9.37	0	5.19	0	38.85	1
Patates	182.29	0.13	201.80	0.19	183.85	0.29	201.80	1
Köklü Sebzeler	65.57	0.21	56.72	0.28	78.30	0.82	65.57	1
Diğer Sebzeler	149.97	0.34	101.20	0.41	98.95	0.86	149.97	1
Yeşil Sebzeler.	57.07	0.48	49.45	0.48	56.55	0.89	57.07	1
Bakliyat	43.67	0.04	18.74	0.06	17.63	0.60	43.67	1
Tahıl	206.48	0	296.60	0	309.08	0.86	309.08	1
Meyve	372.17	0.20	209.90	0.22	153.79	0.51	372.17	1
Yağ	6.78	0	7.65	0.01	8.14	0.54	6.78	1
Toplam	1655		1338		1270		1842	

HMEI için, oldukça tutucu bir yaklaşımla, tüketilen en yüksek değer kabul edilmiş, ve bu besinlerin tümünün yörede üretildiği varsayımı yapılmıştır.

Anketler aile bazında yapıldığı için 16 yaşından küçük çocukların ve bebeklerin beslenme alışkanlıklarına ilişkin değerler belirlenmemiştir. Bunun temel nedeni aile içinde tüketilen besinlerin yaş gruplarına göre ayrılmasının anket çerçevesinde olanaksız oluşudur. Zira anket yapılan ailelerin bu konuda tahminlerin ötesinde güvenilir bilgiler vermeleri son derece zordur. Bu nedenle bu grubu tanımlayan alıcı alt-gruplarının (1-6, 6-11 ve 11-16 yaş) günlük besin alımları, tahminlere ve bu gruplara ilişkin ortalama vücut ağırlıklarının yetişkin vücut ağırlığına oranı baz alınarak belirlenmiştir:

1-6 yaş grubu: Yetişkinlere ait besin değerleri 0.23 (16/70) ile çarpılarak bulunmuştur. Sadece çocuklar yetişkinlere göre daha fazla süt tükettikleri için günlük süt tüketimleri ortalama bir değer olarak 300 g alınmıştır. Aynı şekilde yumurta da diğer çocuklarla birlikte, yetişkinlere eşit olarak kabul edilmiştir.

6-11 ve 11-16 yaş grupları: Fizyolojik olarak gelişme çağındaki 6-11 ve 11-16 yaş arası çocuklar ile yetişkinlerin günlük olarak tükettikleri besin miktarları arasında çok büyük bir fark bulunmamaktadır. İngiltere’de yapılan MAFF(1995) çalışmasında yetişkinlerin patates haricindeki sebzeler ile tavuk ürünleri, sakatat ve balık tüketimlerinin çocuklara göre yaklaşık 2 kat daha fazla olduğu, diğer ürünlerin tüketiminin ise yetişkinler ve çocuklarda birbirine yakın olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada da çocukların besin tüketimleri, yetişkinlerin tüketim miktarları, yapraklı sebzeler, baklagiller, köklü sebzeler (patates hariç), diğer sebzeler ve tahıllar için, sırasıyla 0.39 (1-6 yaş grubu için, 27.5/70) ve 0.68 (11-16 yaş grubu için, 47.5/70) ile çarpılarak bulunmuştur. Bu yaklaşım 6-11 yaş grubu için et, et ürünleri ve tavuk ürünleri için de uygulanmıştır. Patates, meyveler, süt, süt ürünleri ve yumurta için ise yetişkinlere eşit olduğu varsayılmıştır. 11-16 yaş grubu için ise et, et ürünleri, tavuk ürünleri, patates, meyveler, süt, süt ürünleri ve yumurta tüketimi yetişkinlere eşit kabul edilmiştir.

Bebekler: Bebekler genel olarak ilk 6 ay ile ikinci 6 ay arasında farklı beslenme davranışına sahiptirler. Ülkemizde yeni doğmuş bebekler genellikle 6 ile 12 ay arası anne sütü ile beslenmektedirler. Çalışmada i emzirme süresi, ya da, anne sütünden kaynaklanan kirleticilere maruz kalma süresi, ortalama 6 ay (183 gün) alınmış, ve bu sürede bebeğin genel olarak anne sütü ile beslendiği kabul edilerek süt tüketim oranı günlük ortalama 350 g olarak belirlenmiştir. Ancak öte yandan bebeğin özellikle altı aydan sonra daha geniş bir çevreye açıldığı ve bu nedenle diğer maruz kalma yollarından da etkilendiği bilinmektedir. Örneğin, anne sütüne ek olarak, sınırlı miktarda sebze, meyve, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, su ve toprak sindirdiği kabul edilebilir. Bu besinlerin tüketimi için de yetişkinlere ait değerler 0.11 (7.5/70) ile çarpılmış, maruz kalma süresi de aynı şekilde 183 gün alınmıştır. İstisna olarak yumurta, bebekler tarafından daha fazla tüketildiği için 1-6 yaş grubunun yarısı kabul edilmiştir.

Alıcı gruplarına ilişkin tüketim miktarları Tablo 7.9’da verilmiştir.

Tablo 7.9. Alıcı Grupları İçin Tüketim Miktarları.

Gıda	Kentli (Yuvam)				Yarı-kentli (Alikahya)				Köylü (Solaklar)				HİMEİ					
	Bebek	6-11 yaş	11-16 yaş	>16 yaş	Bebek	1-6 yaş	6-11 yaş	11-16 yaş	Bebek	1-6 yaş	6-11 yaş	11-16 yaş	>16 yaş	Bebek	1-6 yaş	6-11 yaş	11-16 yaş	>16 yaş
	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş	yaş
Et	6.01	12.56	21.29	54.6	2.06	4.31	7.36	18.74	1.94	4.05	17.63	17.63	17.63	6.01	12.56	21.29	54.6	54.6
Et Ür	4.48	9.36	15.87	40.69	2.06	4.31	7.36	18.74	1.14	2.39	10.38	10.38	10.38	4.48	9.36	15.87	40.69	40.69
Süt	350	300	157.18	157.18	350	300	222.7	222.7	350	300	220.56	220.56	220.56	350	300	222.7	222.7	222.7
Süt Ürünleri	16.76	88.65	152.37	152.37	5.42	28.66	49.26	49.26	5.15	10.76	27.13	46.78	46.78	16.76	88.65	152.4	152.4	152.4
Tavuk	7.01	14.67	24.87	63.76	2.06	4.31	18.74	18.74	1.94	4.05	17.63	17.63	17.63	7.01	14.67	24.87	63.76	63.76
Yumurta	16.93	33.85	33.85	33.85	15.58	31.17	31.17	31.17	12.17	24.35	24.35	24.35	24.35	16.93	33.85	33.85	33.85	33.85
Balık	4.27	8.94	15.15	26.42	1.03	2.15	3.65	6.37	0.56	1.19	2.02	3.53	5.19	4.27	8.94	15.15	26.42	38.85
Patates	20.05	41.93	182.29	182.29	22.2	46.42	201.8	201.8	20.22	42.29	183.85	183.85	183.85	22.2	46.42	201.8	201.8	201.8
Köklü	7.21	15.08	25.57	44.59	6.89	12.96	22.28	38.49	8.61	18.01	30.54	53.3	78.3	7.21	15.08	25.57	44.59	65.57
Diğer Sebze..	16.5	34.49	58.49	101.98	12.29	23.13	39.76	68.67	10.88	22.76	38.59	67.3	98.95	16.5	34.49	58.49	102	150
Yeşil Sebze.	6.28	13.13	22.26	38.81	6.00	11.30	19.43	33.56	6.22	13.01	22.06	38.5	56.55	6.28	13.13	22.26	38.81	57.07
Bakliyat	4.8	10.04	17.03	29.7	2.27	4.28	7.36	12.72	1.94	4.05	6.88	12	17.63	4.8	10.04	17.03	29.7	43.67
Tahıl	22.71	47.49	80.53	140.41	36.01	67.79	116.52	201.26	34	71.09	120.54	210	309.08	34	71.09	120.5	210.2	309.1
Meyve	40.94	85.6	372.17	372.17	23.09	48.28	209.9	209.9	16.92	35.37	153.79	153.79	153.79	40.94	85.6	372.2	372.2	372.2
Yağ	0.75	1.56	6.78	6.78	0.84	1.76	7.65	7.65	0.9	1.87	8.14	8.14	8.14	0.75	1.56	6.78	6.78	6.78

7.3.2.6 Tüketim verilerinin değerlendirilmesi

Belirlenen üç alıcı grubu için elde edilen tüketim profilleri, belirli çerçevede de olsa, alıcı gruplarının yaşayış ve davranış biçimleri hakkında aydınlatıcı bilgiler vermektedir. Kentli nüfus olarak tanımlanan ve Yuvam Toplu Konut Sitesi'nde oturan I. Grup, tüketim olarak diğer iki gruba göre daha çok et, et ürünleri, tavuk, yumurta, balık, sebze, bakliyat ve meyve tüketmektedir. Özellikle et, et ürünleri, tavuk ve balık gibi ekonomik açıdan pahalı gıdaların tüketimi, diğer iki gruba göre 3-8 kat daha fazladır. Bu veriler MAFF (1995) ve HMIP (1996) raporlarında İngiltere'de yaşayan insanlar için verilen tüketim miktarlarıyla benzerlik göstermektedir. Bu durum A.B.D ile birlikte bir çok kıta Avrupa ülkesi için de geçerlidir.

Diğer gruplara göre daha fazla tüketim yapmalarına karşılık, bu alıcı grubunun yerel olarak tükettiği besin miktarı son derece sınırlıdır. "Kentli nüfus" olarak bahsedilen bu kesim, et, et ürünleri, tavuk, yumurta gibi ürünlerin tamamını marketlerden almakta olduğu ve marketlere gelen ürünler de genelde yerel olarak üretilmediği için, yerel ürünlerden kaynaklanan risklerden etkilenmesi zayıf ihtimaldir. Bu kesimin yerel ürünleri tüketme olasılığı, köylerde üretilip pazarlarda satılan, çoğu yeşil sebzeler olmakla birlikte bir miktar domates, salatalık gibi diğer sebzeleri ve kiraz, çilek gibi meyveleri kapsayan gıdaları satın alması ile sınırlıdır. Buna bir çok ailenin, köylerden getirilip satılan sütleri almayı ve yoğurt gibi ürünleri evde yapmayı tercih etmesi ile kırsal kökenli olsa da bu sitelerde yaşayan ve dolayısıyla köyle bağıni henüz koparmamış kişilerin köylerinden elde ettikleri gıdaları tüketmesi de eklenmelidir. Ancak son yıllarda İzmit'te açılan süpermarket sayısının artmasıyla, sebze ve meyveler dahil her tür ürünün marketlerden karşılanması eğilimi giderek artmaktadır. Ayrıca hızlı kentleşmenin etkisi ve buna bağlı olarak kentte tarımın gerilemesiyle, pazarlarda satılan ürünlerin de büyük bir bölümü Adapazarı, Bursa gibi illerden gelmekte ve bu da yerel pazarı daraltmaktadır.

Yarı-kentli olarak tanımlanan ve Alikahya'da oturan insanları kapsayan II. Grup ise tüketim miktarları bakımından Solaklar Köyü'ndeki grupla benzeşse de, yerel besin fraksiyonları kentli gruba yakındır. Bu grup, alıcı grupları arasında en çok süt tüketen

grup olsa da, bunun nedeni çok miktarda süt alıp süt ürünlerini evde yapmayı ekonomik olarak daha karlı bulmalarıdır. Aynı durum Solaklar Köyü için de geçerli olup süt ürünleri tüketiminin az görünmesine neden olmaktadır. Alınan bu sütlerin büyük bir bölümü beldede veya civar köylerde üretilmektedir. Sebze ve meyve tüketimi pazar ağırlıklıdır. Bunun yanında beldeye İzmit dışından g ederek gelmiş aileler, zaman zaman geldikleri yerlerden gıda ürünleri (patates, soğan vb.) desteği alabilmektedirler. Ekonomik açıdan çoğunluğu dar gelimli olan bu grup, çok az et tüketiminin yanı sıra fazla miktarda tahıl (ekmek) tüketimi gibi bu kesime ilişkin karakteristik özellikler göstermektedirler.

7.3.2.7 Vücut ağırlıkları

Kirleticilerin alımı birim vücut ağırlığı temelinde ifade edildiği için her bir alıcı alt grubu için ortalama vücut ağırlığının belirlenmesi gerekir. Pilot bölgede yapılan anket çalışmalarında alıcı grupları için ortalama vücut ağırlıkları belirlenmeye çalışılmıştır. HMIP (1996)'da yaşlara göre alıcı alt-gruplarının ortalama vücut ağırlıkları tüm İngiltere çapında yapılan çalışmalardan elde dilmiştir.

Yetişkinler için ortalama değer 70 kg (rnek sayısı, n=87) olarak bulunmuştur ki, bu değer bu tür çalışmaların hepsinde yetişkinler için kabul edilen değerdir. 11-16 yaş grubu için belirlenen değer 47.5 kg (n=46) iken HMIP (1996)'da 52.5 kg'dır. 6-11 yaş grubu için belirlenen değer 27.5 kg (n=52), HMIP (1996) değeri ise 32.5 kg'dır. 1-6 yaş arası çocuklar için pilot bölgede elde edilen değer 16 kg (n=53) iken HMIP (1996) ve Nouwen et al. (2001)'de 15 kg, Zemba et al. (1996)'da ise 13.2 kg değerleri alınmıştır. Bebekler için ise, bölgede belirlenen değer 7.5 kg (n=24) iken HMIP (1996)'da ortalama 8.5 kg olarak verilmiştir. Grldği gibi bölgedeki anket çalışmalarında elde edilen değerler HMIP (1996) değerlerine çok yakındır. Çalışmada bölgede elde edilen değerler kullanılmıştır.

8 BÖLÜM 8. MODELLEME SONUÇLARI

8.1. Hava Dağılım Modeli Sonuçları

8.1.1. Modelleme seçenekleri

Daha önce de belirtildiği gibi ISCST3 modelini farklı seçeneklerde çalıştırmak mümkündür. Bu seçenekler şu şekilde sıralanabilir:

- a) Konsantrasyon (gaz): Bacadan çıkan kirleticinin tümünün gaz fazında olduğu ve atmosferde herhangi bir biçimde bozunmaya ya da azalmaya uğramadığı varsayılır. Atmosferik parametreler ve Gauss dağılım denklemleri yardımıyla bacadan değişik uzaklıktaki alıcı noktalarında havada oluşacak konsantrasyonlar tahmin edilir.
- b) Konsantrasyon + ıslak birikim (gaz): Bacadan çıkan kirleticinin tümünün gaz fazında olduğu, ancak bu gazın yağış vb. etkenlerle yer yüzüne ineceği varsayılır. Gazlar için girilen bir yıkanma faktörü ve yağış verileri yardımıyla gazların yer yüzüne ıslak birikimi her alıcı noktası için tahmin edilir.
- c) Konsantrasyon (partikül): Bacadan çıkan kirleticilerin tümünün partiküllere bağlı olduğu varsayılır. Partiküllerin büyüklük dağılımları ve her bir büyüklük sınıfı için yoğunlukları girilir. Bu veriler yardımıyla alıcı noktalarında havadaki konsantrasyonlar tahmin edilir.
- d) Konsantrasyon+kuru birikim (partikül): Partikül modundaki bütün varsayımlar ve giriş parametreleri burada da geçerlidir. Alıcı noktalarındaki konsantrasyonun yanı sıra partikül büyüklüğü ve yoğunluğu temelinde kuru birikim miktarlarını tahmin eder.

e) Konsantrasyon+kuru birikim+ıslak birikim (partikül): Konsantrasyon ve kuru birikime ek olarak ıslak birikimi de tahmin eder. Bunun için partiküllerin büyüklük sınıflarına göre verilen yıkanma faktörleri ile yağış verileri gereklidir.

Bunlara ek olarak, birikim seçenekleri için, kirlilik bulutunda, bulutun hareketi sırasında zamanla kuru ve ıslak birikimle yere inen kirleticilerin etkisiyle meydana gelen azalmayı da dikkate alan “kuru giderim” ve “ıslak giderim” modları da mevcuttur. Daha hassas bir tahmin için birikimler modellenirken bu seçenekler de (kuru birikim + kuru giderim ve ıslak birikim+ıslak giderim) işaretlenmiştir.

ISCST3 modeli saatlik meteorolojik verileri kullanmaktadır. Model için Kocaeli Meteoroloji İstasyonu’ndan alınan 2000 yılı verileri kullanılmıştır. Bu veriler modelde kullanılmak üzere SCRAM ve CD144 formatlarına çevrilmiştir. SCRAM formatı hepsi saatlik olmak üzere tavan yüksekliği, rüzgar yönü ve hızı, sıcaklık ve toplam ve ışık geçirmez (opaque) bulut örtüsü verilerinden oluşmaktadır. CD144 formatı da toplam bulut örtüsü dışında, aynı verileri içerir. Saatlik yağış verileri ise Amerikan Ulusal İklimsel Veri Merkezi (NCDC) tarafından geliştirilen TD-3240 formatına dönüştürülmüştür. TD-3240 formatı CD144 ile birlikte kullanıldığı için gaz ve partiküllerin ıslak birikimi seçeneklerinde saatlik meteorolojik veri dosyası CD144; ıslak birikimin olmadığı seçeneklerde ise SCRAM dosyası kullanılmıştır.

Çalışmada model bütün seçeneklerde çalıştırılmış ve farklılıklar değerlendirilerek PCDD/F’lerin dağılımı açısından en uygun seçenek kullanılmıştır.

8.1.2. Ortalanma zamanı seçenekleri

Konsantrasyon ve birikim değerleri modelde 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik ile aylık ve yıllık ortalamalar bazında verilebilmektedir. Bir alıcı noktasında herhangi bir ortalanma süresi için verilen değer, yıl içinde o süre için bulunan ortalama değerlerin en yüksekini verir. Buna göre her nokta için örneğin, 1-saatlik ortalama 8784 (=24 x 366; 2000 yılı artık yıl olduğu için); 2-saatlik ortalama 4392 (12 x 366; bir günde 12 adet 2-saatlik dilim olduğu için); 3-saatlik ortalama 2928; 4-saatlik ortalama

2196; 6-saatlik ortalamada 1464; 8-saatlik ortalamada 1098; 12-saatlik ortalamada 732; 24-saatlik ortalamada 366 ve aylık ortalamada da 12 değer üretilmekte ve bu değerlerin en yükseği, tahmini değer olarak kabul edilip buna göre eş büyüklük eğrileri çizilmektedir. Yıllık ortalamada ise her nokta için tek bir ortalama değer üretilir.

1-24 saatlik ortalama seçenekleri kısa vadeli olup, daha çok solunma yoluyla tehlike yaratan gazlar (NO_x , SO_x , CO vb.) için kullanılır. PCDD/F'ler gibi uzun sürelerde çevresel ortamlara birikim yaparak besin zincirine giren kirleticiler içinse, yıllık ortalamalar daha anlamlıdır. Zaten model dahilinde bulunan Havadaki Toksik Gazlar (*AirToxics*) seçeneğinde sadece yıllık ortalamalar göz önüne alınmaktadır. Bu çalışmada da yıllık ortalamalar baz alınmakla birlikte kısa vadede oluşabilecek konsantrasyonlar ve birikimlerin miktarını ve yönünü görmek amacıyla, 1, 3, 6, 12, 24-saatlik ile aylık ve yıllık ortalamalara ilişkin dağılım grafikleri de çıkarılmıştır.

Öte yandan yıllık ortalama dışındaki seçenekler her alıcı noktası için bir veri serisi sunduğu için, bu seçeneklerde istatistik çalışmaları yapılabilmektedir. Model kapsamında yapılabilen bu değerlendirmelerde alıcı noktalarındaki konsantrasyon değerleri için istenen kantil değerleri bulunabilmektedir. Çalışmada alıcı noktaları için 98'lik santil (konsantrasyon değerlerinin büyüklük sıralamasında % 98'e karşılık gelen, yani toplam değerlerin % 98'inin daha küçük olduğu değer) değerleri belirlenmiş ve 1-saatlik dağılımın % 98'lik santil grafiği de çıkarılmıştır. Bu değer ve grafikler anılan konsantrasyon değerlerinin alıcı noktalarındaki gerçekleşme sıklığı ve büyüklüğü hakkında fikir vermektedirler.

8.1.3. Diğer seçenekler

Modellemeye ilişkin diğer seçenekler şunlardır:

- a) Model Seçenekleri: Modelde ISCST3'ün haricinde AERMOD ve ISC PRIME modelleri seçenekleri de mevcuttur. Bu modeller kendilerine ilişkin meteorolojik dosyalar gerektirmektedirler. Gerek EPA onaylı olması, gerekse birikim hesaplamaları yapabilmesi bakımından ISCST3 seçilmiştir.

- b) Dağılım Katsayıları: Dağılım katsayıları kentsel ve kırsal olarak iki tanedir. Pilot bölge kırsal ağırlıklı olduğu için dağılım katsayısı “kırsal” olarak alınmıştır.
- c) Arazi Yüksekliği Seçenekleri: Bu konuda düz ve eğimli olmak üzere iki seçenek vardır. Gerek tesis ve alıcıların topografik yerleşimlerinin uygunluğu, gerekse ülkemizde arazilere ilişkin üç boyutlu dijital haritaların olmayışı nedeniyle “düz” seçeneği kullanılmıştır. Gazların bacandan atmosfere atıldığı yükseklik denizden 187 m (122 m taban + 65 m baca) iken etraftaki yerleşimlerin ise ortalama yüksekliğinin 50 m olması, kirlilik bulutunun topografik ya da bina türü engellerle karşılaşmayacağını göstermektedir.
- d) Arazi Hesaplamaları: Düz arazi için sadece basit ve basit + kompleks arazi hesaplamaları seçenekleri mevcuttur. Modelde “basit + kompleks arazi” seçeneği kullanılmıştır.
- e) Üstel Bozunma: Kirleticilerin atmosferde bozunmaya uğrayacakları durumlar için kullanılır. PCDD/F’ler son derece kalıcı kimyasallar oldukları için bu seçenek kullanılmamıştır.

Seçilen özellikler Ek-6’da görülmektedir.

8.1.4. Kaynağa ilişkin seçenekler

Kaynağa ilişkin olarak modelde bir çok seçenek sunulmuşsa da kullanılan seçenekler şunlardır:

- a) Giriş Değerleri: Bacanın yerinin ve emisyon oranlarının tanımlanmasını kapsar. Bacanın koordinatları, dünya koordinat sistemine göre 1:1 ölçeğinde çizilen ve grafiklerde de kullanılan harita temelinde belirlenmiştir. Buna göre baca koordinatları (502274,12; 4516864,62)’dir. Baca taban yüksekliği sıfır alınmıştır. Kirleticilerin atmosfere atılma yüksekliği ise, arazi seçeneklerinden “düz” alındığı için, baca ucunun denizden toplam yüksekliğinden (187 m) alıcıların ortalama yüksekliğinin (50 m olarak alınmıştır) çıkarılması ile elde edilen 137 m alınmıştır. Emisyon oranı nominal emisyon oranı olan $1000 \text{ pg-TEQ.s}^{-1}$ (1 ng-TEQ/s)

alınmıştır. Baca gazı çıkış sıcaklığı, atmosfere çıkış hızı ve baca ucu iç çapı, bacada yapılan ölçümleri kapsayan Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği raporlarına dayanılarak sırasıyla 328 K (55 °C), 10 m.s⁻¹ ve 1.2 m alınmıştır.

b) Birim Çevirme Faktörleri: Emisyon oranı ile havadaki konsantrasyon ve birikim miktarlarının birimlerini düzenleyen faktörlerdir. Emisyon oranı pg-TEQ.s⁻¹ birimi ile verilmiştir. Konsantrasyon ve birikim birimleri ise sırasıyla fg-TEQ.m⁻³ ile pg-TEQ.m⁻² olarak verilmiştir.

c) Gaz ve Partikül Verileri: Bu bölüm gazlar için, ıslak birikim seçeneğinde sürüklenme katsayılarını içermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi bu katsayılar yağmur için 1 x 10⁻⁶ h.s⁻¹.mm⁻¹; kar içinse 3.3 x 10⁻⁷ h.s⁻¹.mm⁻¹ olarak alınmıştır. Partiküller içinse birikim için büyüklük sınıfları, fraksiyonları ve yoğunlukları ile ıslak birikim için ilaveten sürüklenme katsayılarını içerir. Partikül büyüklükleri için çapları 1 µm ile 5 µm büyüklüğünde iki sınıf belirlenmiş, bunlara ilişkin kütleli fraksiyon değerleri ise sırasıyla 0.9 ve 0.1 alınmıştır. Partikül yoğunluğu her iki sınıf için de, İZAYDAŞ Laboratuvarı'nda uçucu küller için ölçülen değer olarak 0.57 g.cm⁻³ alınmıştır. Islak birikime ilişkin olarak bu sınıflara ait sürüklenme katsayıları sırasıyla yağmur için 4 x 10⁻⁵ h.s⁻¹.mm⁻¹ ve 0.00036 h.s⁻¹.mm⁻¹; kar içinse 1.3 x 10⁻⁵ h.s⁻¹.mm⁻¹ ve 0.00012 h.s⁻¹.mm⁻¹ alınmıştır.

Bunların dışında modelde tesisin çalışma sürelerini tanımlamaya (mevsimlere, aylara, hafta sonlarına, gün içi saatlere vb. göre) yarayan bir çok seçenek mevcuttur. Ancak çalışmada tesisin yılın bütün günlerinde faaliyette olduğu varsayılmıştır.

8.1.5. Alıcılara ilişkin seçenekler

Modelde harita üzerinde alıcı noktalarının belirlenmesi konusunda bir çok seçenek mevcuttur. Bu seçenekler, üniform kartezyen, üniform olmayan kartezyen, üniform polar, üniform olmayan polar vb. bir çok alıcı şebekesi türünü kapsamaktadır. PCDD/F'lerin asıl etki etme yolu genellikle toprağa birikim üzerinden besin zinciri olduğu için çalışmada alıcıların ikamet ettiği yerlerin yanı sıra tüm bölge alıcı ağı içerisinde tanımlanmıştır. Bölgede 5 tane üniform kartezyen alıcı şebekesi tanımlanmıştır. Bu şebekeler tanımlanırken kentli nüfusun oturduğu ve dolayısıyla PCDD/F'lere maruz kalmada solunumun görece daha etkili olacağı düşünüldeği Yuvam Bölgesi için daha sık bir şebeke tanımlanmıştır. Buna göre bölgede tanımlanan 5 alıcı şebekesinden Yuvam'da 1200, Alikahya'da 400, Solaklar'da 225, Batı'da 300 ve Kuzey'de de 121 alıcı noktası olmak üzere toplam 2263 alıcı noktası belirlenmiştir. Bu noktalar Şekil 6.5'te gösterilmiştir. Şebekelere ilişkin ayrıntılar ise Ek-6'da sunulmuştur.

8.1.6. Dağılım modellemesi sonuçları

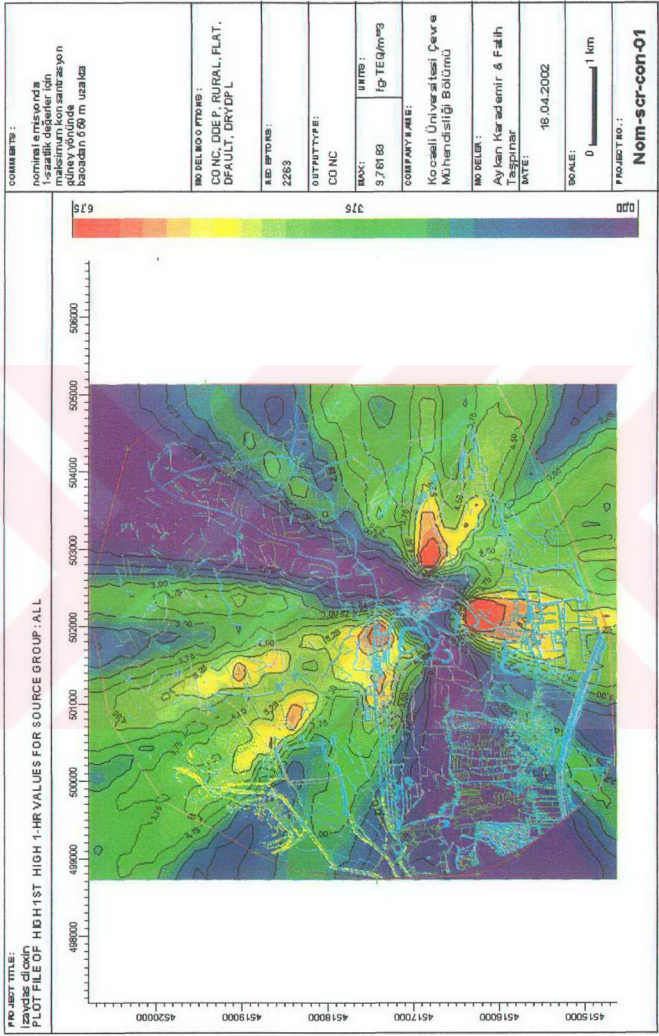
8.1.6.1. Konsantrasyon (gaz) seçeneği

Her ne kadar yakma tesislerinden çıkan PCDD/F'lerin büyük bölümü partiküllere bağlı olsa da, kısa süreli ortalamalarda havadaki konsantrasyonları için bu seçenek kullanılabilir. Solunum gibi havadaki kirletici konsantrasyonlarına bağlı maruz kalma yolları için bu seçenek uygulanabilir. Nominal emisyon debisinde elde edilen sonuçlar Tablo 8.1'de özetlenmiş olup bu emisyon için havadaki 1-saatlik ve yıllık ortalama PCDD/F konsantrasyonları (TEQ olarak) grafikleri Şekil 8.1 ve 8.2'de verilmektedir.

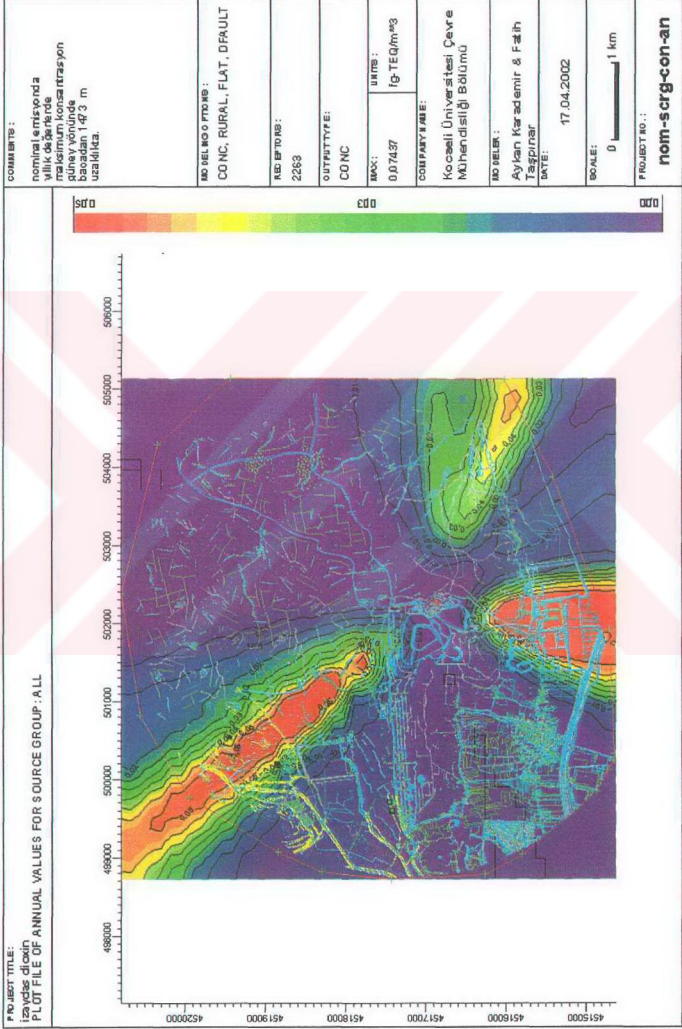
Tablo 8.1. Konsantrasyon (Gaz) Seçeneğinde Nominal Emisyon Oranı ($Q_n=1 \text{ ng-TEQ.s}^{-1}$) için Modelleme Değerleri.

Ortalanma Süresi	$C_{y_{\max}}$ Maksimum konsantrasyon (fg-TEQ.m ⁻³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri			98'lik Santil			
		x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)	C_{\max} Maksimum konsantrasyon (fg-TEQ.m ⁻³)	Yön	L Bacadan uzaklık (m)
1 saat	9.77358	502063	4516346	Güney	559.3255	0.7616	Kuzeybatı	5134.618
3 saat	6.79393	502063	4516251	Güney	648.2978	1.0351	Kuzeybatı	1730.577
6 saat	4.86162	502063	4516251	Güney	648.2978	0.8947	Güney	1187.007
12 saat	3.03839	502278	4516251	Güney	613.0131	1.1404	Güney	1442.05
24 saat	1.47621	502063	4516155	Güney	739.731	0.8596	Güney	1694.509
Aylık	0.19591	501849	4515773	Güneybatı	1170.857	0.193	Güney	1260.791
Yıllık	0.07437	502278	4515391	Güney	1473.005	0.0702	Güney	1473.005

Not: Nominal emisyon debisi 1 ng-TEQ.s-1 olduğu için, nominal emisyon için havadaki konsantrasyon oranını gösteren γ/Q_n parametresi doğrudan maksimum konsantrasyona eşittir. PCDD/F emisyon oranlarına ilişkin hesaplamalarda γ/Q_n parametresi olarak maksimum konsantrasyon değerleri ((fg-TEQ.m⁻³)/(ng-TEQ.s⁻¹) cinsinden) kullanılacaktır.



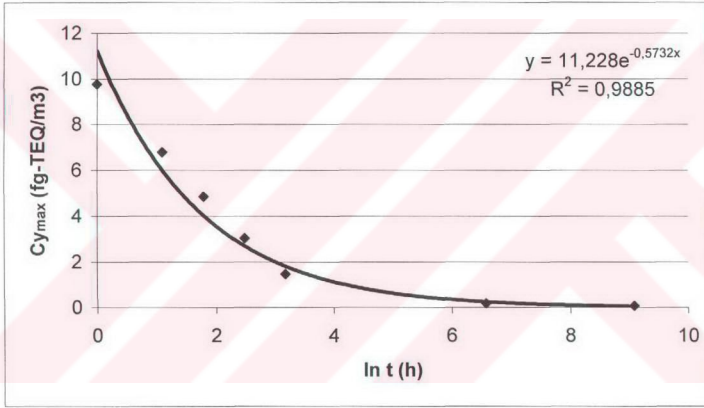
Şekil 8.1. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için 1-saatlik dağılım grafiği.



Şekil 8.2. Konsantrasyon (gaz) seçenğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama dağılım grafiği.

Tablo 8.1 ile Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'den görüleceği gibi tüm ortalama süreleri için maksimum konsantrasyon tesisin güney bölümünde gerçekleşmektedir. Tesise 600-1500 m uzaklıkta olan bu noktalar Alikahya sınırları içindedir ve ortalama süresi arttıkça tesisten daha da uzaklaşma eğilimindedirler. Yıllık tahmini en yüksek konsantrasyon tesisin güneyinde Alikahya sınırları dahilindeki HYUNDAI otomobil fabrikasının yakınlarında gerçekleşmektedir.

Havadaki maksimum konsantrasyon değerleri ortalama süresine göre üssel olarak azaldıkları için zamana göre konsantrasyon grafiği çizilebilir. Zamanı (t) saat (h) cinsinden üstel olarak ifade edersek (ln t), zamana karşı maksimum konsantrasyon grafiği aşağıdaki gibi olur:



Şekil 8.3. Ortalama süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (Cy_{max}) grafiği.

Buradan konsantrasyon ortalama süresine bağlı olarak formüle edilebilir:

$$C_{y_{\max}} = a.t^b \quad (8.1)$$

Burada;

$C_{y_{\max}}$ = Maksimum konsantrasyon ($fg.m^{-3}$);

t = Ortalama süresi, (h);

a, b = Katsayılar (birimsiz).

a ve b katsayıları sırasıyla 11.228 ve -0.5732 olarak bulunmuştur. a katsayısı emisyon oranına bağlı olup 11.228 değeri nominal emisyon için ($1 ng.s^{-1}$) verilmiştir.

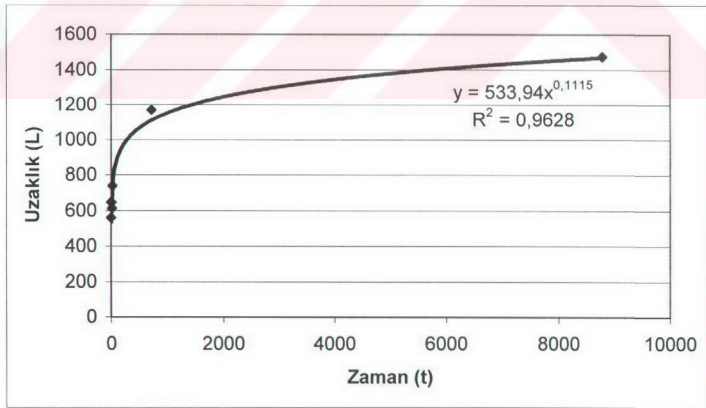
Bu formül, tüm emisyon oranları için genellenirse;

$$C_{y_{\max}} = \frac{Q_s}{Q_n} a t^b \quad (8.2)$$

Burada Q_s ve Q_n , gerçek ve nominal emisyon debilerini ($ng.s^{-1}$) temsil etmektedir.

Bu formüller gaz halindeki bütün kirleticiler için kullanılabilir.

Aynı şekilde maksimum konsantrasyonların gerçekleştiği noktaların bacaya uzaklıkları da (L), ortalama sürelerine göre artmaktadır (Şekil 8.4).



Şekil 8.4. Ortalama sürelerine göre maksimum konsantrasyon noktalarının uzaklıkları

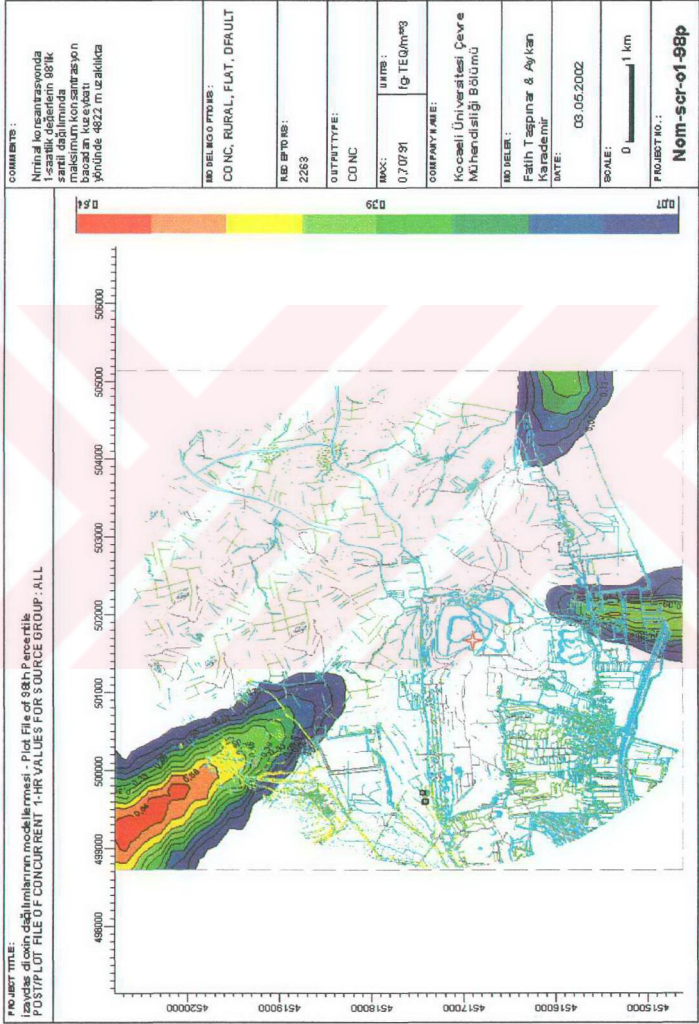
Buradan ortalama süresine göre maksimum konsantrasyon noktasının uzaklığını veren bağıntı elde edilebilir:

$$L = c.t^d \quad (8.3)$$

Burada L, metre olarak verilmiştir. c ve d ise katsayılar olup sırasıyla 533.94 ve 0.1115 olarak bulunmuştur. Bu formül de gaz halindeki tüm kirleticilere uygulanabilir.

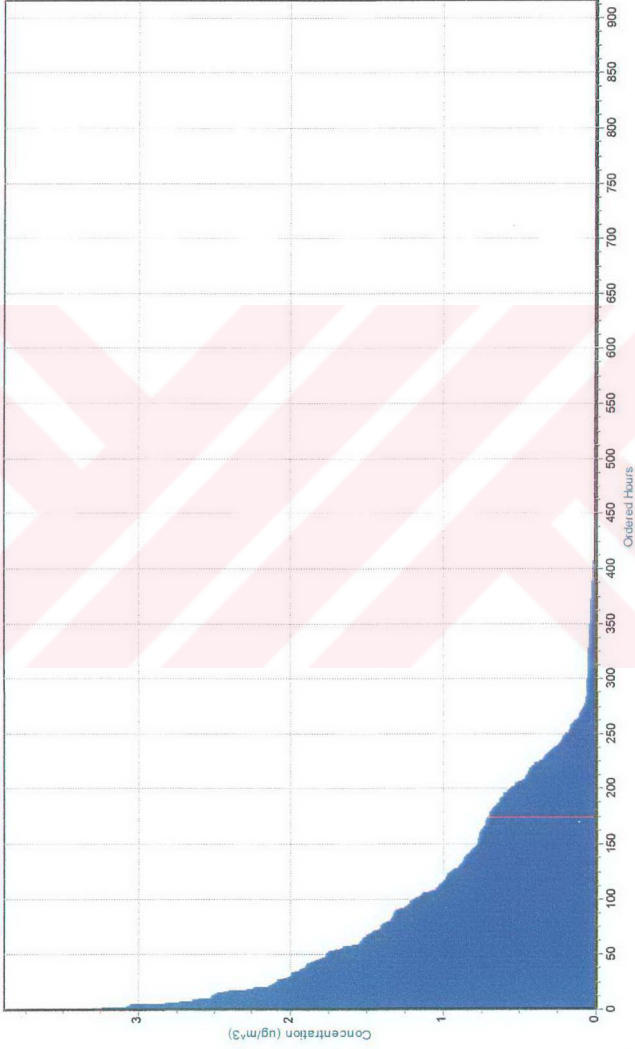
Maksimum konsantrasyonların yanı sıra alıcı noktaları için elde edilen veri serisinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu elde edilen 98'lik santiller de bulunmuştur. Değerlerin gözlenme sıklığını da ifade eden bu değerler, Tablo 8.1'den de görülebileceği üzere maksimum konsantrasyonlardan oldukça düşüktürler. 1 ve 3-saat gibi kısa süreli değerler tesisin kuzeybatısında yoğunlaşmakta iken diğer süreler için gözlenen % 98'lik değerler, maksimum konsantrasyonlarda olduğu gibi güneyde daha sık gözlenmektedir. Şekil 8.5 nominal emisyonunda % 98'lik değerler temelinde hazırlanmış eş büyüklük eğrilerini göstermektedir.

1-saatlik değerlerde maksimum konsantrasyonlar güneyde görüldüğü halde, orta büyüklükteki değerler tesisin kuzeybatısında daha sık görülmektedir. 98'lik santilin en yüksek olduğu nokta tesisten yaklaşık 5 km uzaklıkta olup, pilot bölgenin dışında kalmaktadır. Pilot bölge için gözlenen en yüksek konsantrasyon ise tesisin 4 km kuzeybatısında olup, bu nokta için 1-saatlik değerlerin büyükten küçüğe sıralanışı ve % 98'lik değer Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



Şekil 8. 5. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için 1-saatlik dağılım değerlerinin % 98'lik santil grafiği.

Series Plot for Receptor # 2075
Located at: 499754,22,4520099,00



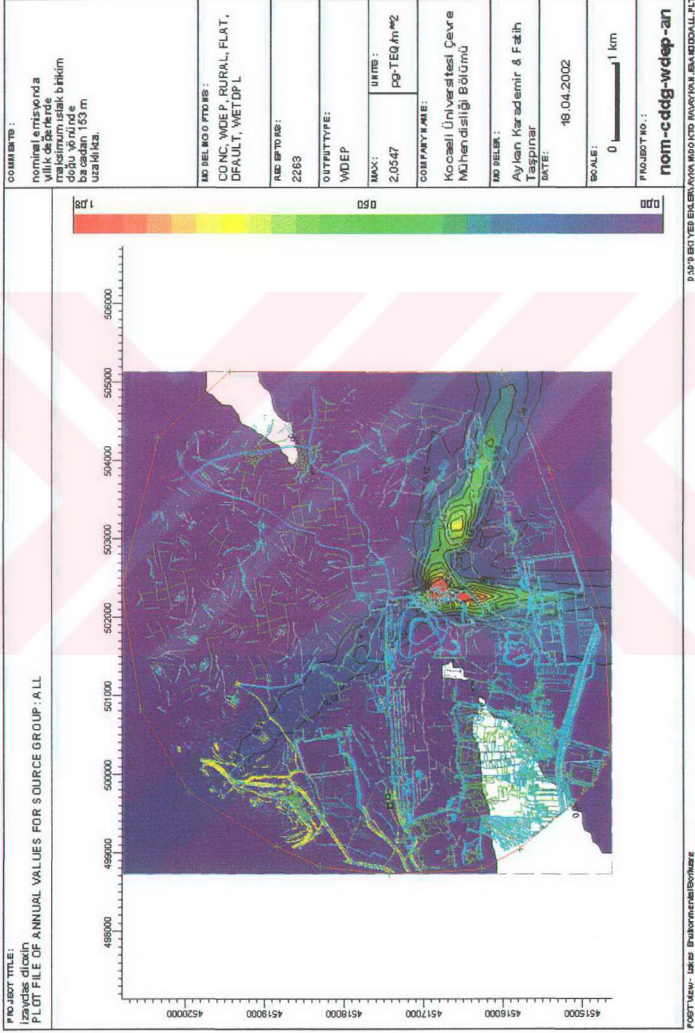
Şekil 8.6. Konsantrasyon (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için bir alıcıya (alıcı no. 2075) ait 1-saatlik değerlerin büyüklük sıralaması.

8.1.6.2. Konsantrasyon + ıslak birikim (gaz) seçeneği

Gazların ıslak birikim ve konsantrasyon dağılımı birlikte modellenir. Bu seçenekte de PCDD/F'lerin tamamen gaz halinde oldukları varsayılır. Daha önce de söylendiği gibi birikim seçenekleri, kendilerine ilişkin giderim seçenekleri ile birlikte çalıştırılmıştır. PCDD/F'ler gibi uzun süreli ortalamaların ve birikimin daha önemli olduğu kirletici türleri için yıllık ortalama değerlerin kullanılması genel eğilimdir. Nominal emisyon debisinde elde edilen sonuçlar Tablo 8.2'de özetlenmiştir.

Görüldüğu gibi konsantrasyon değerleri, yıllık değerin dışında aynıdır. Yıllık ortalama değer de ilk seçeneğe göre biraz büyük olmakla birlikte oldukça yakındır. Konsantrasyon dağılım grafikleri, ortalama süreleri bazında, tüm modelleme seçeneklerinde hemen hemen aynıdır. Konsantrasyonların ortalama süresine göre dağılım grafikleri, tesisin maksimum emisyonu için Ek-6'da verilmiştir ve nominal emisyonda da, eğrilerin temsil ettiği değerler farklı olsa da, dağılımın şekli aynıdır. Bu bakımdan bundan sonraki seçeneklerde sadece yıllık ortalama konsantrasyon değerlerinin grafikleri verilecektir.

Gazların yıllık konsantrasyon dağılımı şekil 8.2 ile benzerdir. Islak birikim dağılımları ise şekil 8.7'de verilmektedir.



Şekil 8.7. Konsantrasyon + ıslak birikim (gaz) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama ıslak birikim grafiği

Zamana ve emisyon oranına göre havadaki tahmini konsantrasyonları gösteren (8.2) denklemi burada da elde edilirse a ve b değerleri 11.01 ve -0.5627 ($R^2=0.9856$) olarak bulunur. Ortalanma süresi ile maksimum konsantrasyon noktasının bacadan uzaklığını gösteren (8.3) denklemdeki c ve d katsayıları ise 539.93 ve 0.1055 ($R^2=0.957$) olarak bulunabilir.

Islak birikim ise Şekil 8.7'den de görüldüğü üzere baca etrafındaki küçük bir bölgede yoğunlaşmakta olup en yüksek ıslak birikim değerleri bacadan 100-300 m uzaklıkta gerçekleşmektedir. Bu durum daha önce de belirtildiği gibi ISCST3 modelinin bir karakteristiğidir. Örneğin, pilot bölgenin büyük bir kısmı için ıslak birikim değerleri 0-0.30 pg-TEQ.m⁻² arasında iken (Şekil 8.7) bacanın 153 m doğusunda olacağı tahmin edilen maksimum yıllık ıslak birikim, 2.0547 pg-TEQ.m⁻²'lik değer ile genel ortalamanın yaklaşık 10 katıdır. Bu bakımdan risk değerlendirmelerinde kullanılan "modelde bölgede tahmin edilen en yüksek değer baz alınması" yaklaşımı, ıslak birikimin etkisini belirlemek açısından aşırı büyük ve gerçekçi olmayacak sonuçlara yol açacağından ıslak birikim için (6.8) formülünün kullanılması tercih edilmiştir. Bu formülle bulunan yıllık ıslak birikim 0.11 pg-TEQ.m⁻² olup ISCST3 modelinde de pilot bölge için bir ortalama değeri temsil etmektedir. Ancak Bölüm 10'daki duyarlılık analizi çerçevesinde modelden elde edilen en yüksek ıslak birikim değerleri de dikkate alınacaktır. Havadaki konsantrasyon ve kuru birikim konusunda ise pilot bölge için tahmin edilen en yüksek değerler temel alınmıştır.

Islak birikim için de ortalama süresine bağlı üssel bir formül elde edebiliriz.

$$Dwg_{\max} = \frac{Q_s}{Qn} a_w t^{b_w} \quad (8.4)$$

Burada a_w ve b_w ıslak birikim için katsayılar olup 0.0777 ve 0.3293 ($R^2=0.9556$) olarak bulunurlar.

Tablo 8.2. Konsantrasyon + ıslak birikim(gaz) seçenğinde nominal emisyon oranı için modelleme değerleri.

Ortalanma Süresi	C _y max Maksimum konsantrasyon (fg-TEQ.m ⁻³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri				Dw _g max Maksimum ıslak birikim (pgTEQ.m ⁻²)	Maksimum ıslak birikimin yeri noktasının yeri			
		x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)		x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)
1 saat	9.77358	502063	4516346	Güney	559.3255	0.07191	502224	4516966	Kuzey	113.5958
3 saat	6.79393	502063	4516251	Güney	648.2978	0.12374	502224	4516966	Kuzey	113.5958
6 saat	4.86162	502063	4516251	Güney	648.2978	0.15456	502278	4516537	Güney	327.0245
12 saat	3.03839	502278	4516251	Güney	613.0131	0.18483	502424	4516835	Doğu	152.7776
24 saat	1.47621	502063	4516155	Güney	739.731	0.22064	502424	4516835	Doğu	152.7776
Aylık	0.19591	501849	4515773	Güneybatı	1170.857	0.43059	502278	4516537	Güney	327.0245
Yıllık	0.08363	502278	4515486	Güney	1378.006	2.0547	502424	4516835	Doğu	152.7776

Not: Nominal emisyon debisi 1 ng-TEQ-s-1 olduğu için, nominal emisyon için havadaki konsantrasyon oranını gösteren χ/Q_n parametresi doğrudan maksimum konsantrasyona eşittir. PCDD/F emisyon oranlarına ilişkin hesaplamalarda χ/Q_n parametresi olarak maksimum konsantrasyon değerleri ((fg-TEQ.m⁻³)/(ng-TEQ.s⁻¹)) cinsinden) kullanılacaktır. Aynı durum birikim değerleri için de söz konusudur.

8.1.6.3. Konsantrasyon (partikül) seçeneği

Tüm kirleticilerin partiküllere bağlı olduğu varsayımı temelindeki seçenektir. PCDD/F'ler, yarı-kristal buhar basınçları ve klor sayılarına ve buldukları ortamın sıcaklığına göre gaz ve partikül fazlarına farklı oranlarda ayrışsalar da, Tablo 6.12'de görüldüğü gibi İzmit için ortalama sıcaklıkta daha çok partiküle bağımlıdır. Organik maddeler olmaları itibarıyla partiküllerin yüzeylerine absorplanırlar ve onlarla birlikte birikime uğrarlar. Bu seçenekte sadece tümünün partiküllere bağlı olduğu varsayılan dioksinlerin havadaki tahmini konsantrasyonları ve dağılımları değerlendirilecektir.

Elde edilen değerler Tablo 8.3'te görülmektedir. Bu moddaki yıllık ortalama konsantrasyon dağılımları ise Şekil 8.2'deki ile hemen hemen aynıdır.

Tablo 8.3. Konsantrasyon (Partikül) Seçeneğinde Nominal Emisyon Oranı ($Q_n=1 \text{ ng-TEQ.s}^{-1}$) İçin Modelleme Değerleri.

Ortalanma Süresi	$C_{y_{\max}}$ Maksimum konsantrasyon (fg-TEQ.m^{-3})	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri			
		x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)
1 saat	9.77361	502063	4516346	Güney	559.3255
3 saat	6.79406	502063	4516251	Güney	648.2978
6 saat	4.86174	502063	4516251	Güney	648.2978
12 saat	3.03842	502278	4516251	Güney	613.0131
24 saat	1.47625	502063	4516155	Güney	739.731
Aylık	0.19603	501849	4515773	Güneybatı	1170.857
Yıllık	0.0744	502278	4515391	Güney	1473.005

Tablo 8.3'te de görüldüğü gibi, konsantrasyon değerleri I. seçenektekilere çok yakın; dağılımı ise I. seçenektekilerle aynıdır. Bu bakımdan kirleticilerin gaz ya da partikül fazında olmalarının havadaki konsantrasyon tahminlerine etkisinin çok az olduğu söylenebilir.

Bu seçeneğe ilişkin a ve b katsayıları sırasıyla 11.227 ve -0.5732 ($R^2=0.9885$); c ve d katsayıları ise 533.94 ve 0.1115 ($R^2=0.9628$) olarak bulunur.

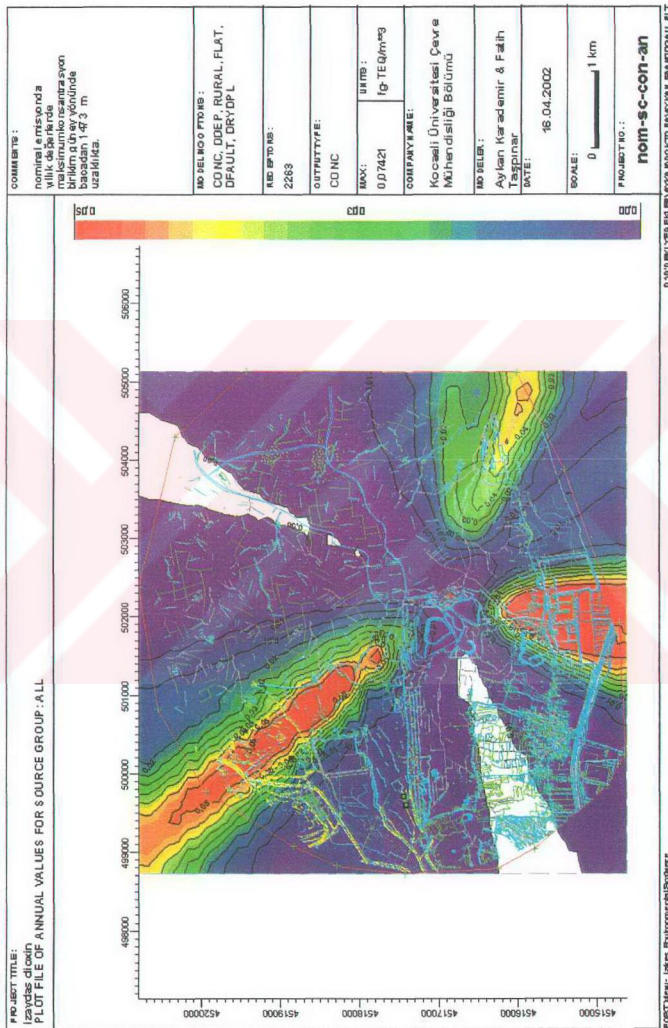
8.1.6.4. Konsantrasyon + kuru birikim (partikül) seçeneği

Bu seçenekte kirleticilerin partiküle bağlı olduğu varsayılır ve konsantrasyonun yanında modele girilen partikül büyüklüğu sınıfları, bu sınıfların kütleli fraksiyonları ve yoğunluklarına göre kuru birikim değerleri de hesaplanır. Modelce hesaplanan konsantrasyon ve kuru birikim değerleri Tablo 8.4'te, pilot bölgedeki dağılım grafikleri ise Şekil 8.8 ve 8.9'da verilmiştir.

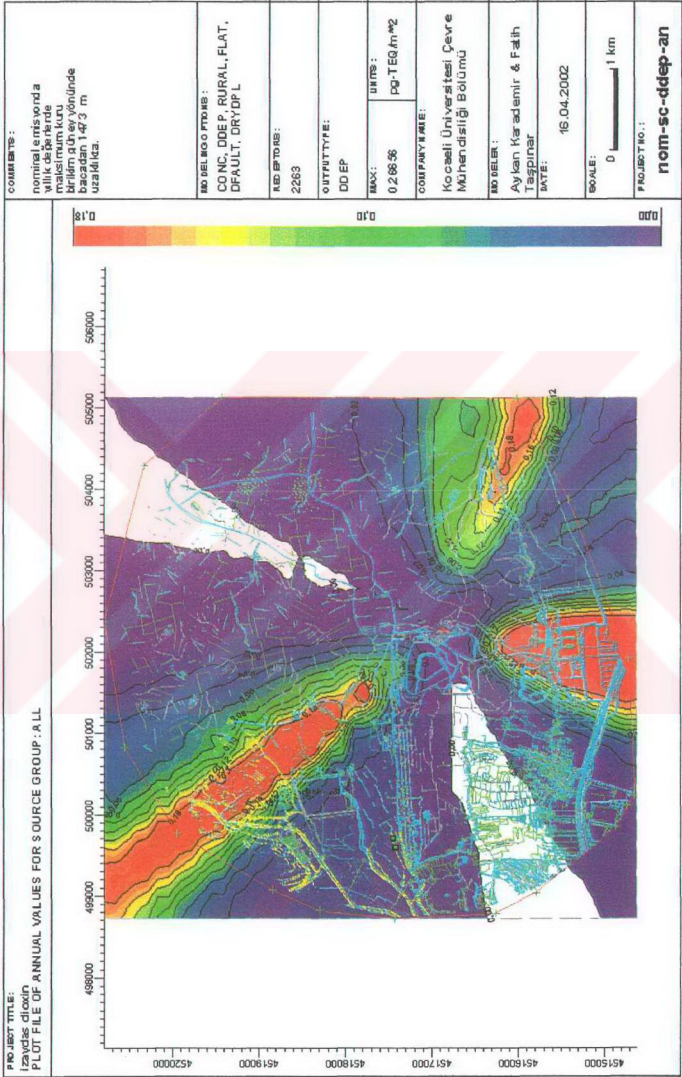
Konsantrasyon dağılımı bir önceki seçenek ile aynı olmasına rağmen değerler biraz küçüktür. Bunun nedeni, kuru birikim ile birlikte kuru giderim seçeneğinin de kullanılmasıdır. Bu fark, kuru birikim ile kirlilik bulutundan ayrılan partiküllerin konsantrasyonda meydana getirdiği düşüşü göstermektedir. Kuru giderimden kaynaklı bu düşüş, konsantrasyon bazında % 0.12 ile % 0.26 arasında olup ihmal edilebilecek düzeydedir.

Maksimum konsantrasyon ile ortalama süresi bağıntısına ilişkin a ve b sabitleri 11.217 ve -0.5734 ($R^2=0.9885$); c ve d katsayıları ise bir önceki seçenekte olduğu gibi 533.94 ve 0.1115 ($R^2=0.9628$) olarak bulunur.

Kuru birikim grafiği de konsantrasyon dağılımı ile aynı şekilde sahiptir, zira Bölüm 6.3.3.1.2'de anlatıldığı gibi, kuru birikim, konsantrasyon miktarının partiküller için belirlenen bir çökme hızı ile çarpılmasından elde edilir. Aynı alıcı noktasında gerçekleşen maksimum kuru birikimin maksimum konsantrasyona bölünmesiyle ((6.3) formülü) elde edilen partikül çökme hızı 0.019 cm.s^{-1} (1-saatlik) ile 0.011 cm.s^{-1} (yıllık ortalama) arasındadır. Bu değerler, US EPA(1994b) tarafından önerilen değerlerde çapı $2 \text{ }\mu\text{m}$ 'den küçük partiküllere karşılık gelmektedir ve tesis için belirlenen partikül büyüklüğu dağılımını doğrulamaktadır. Yıllık ortalama maksimum konsantrasyon ve kuru birikim tesis bacasının 1473 m güneyinde Alikahya sınırları içerisinde gerçekleşmektedir. Modellemenin sonraki aşamalarında modelden elde edilen maksimum yıllık kuru birikim oranı kullanılmıştır.



Şekil 8.8. Konsantrasyon + kuru birikim (partikül) seçenğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama konsantrasyon grafiği.



Şekil 8.8. Konsantrasyon + kuru birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama kuru birikim dağılım grafiği.

Tablo 8.4. Konsantrasyon +kuru birikim(partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için modelleme değerleri.

Ortalama Süresi	C _y max Maksimum konsantrasyon (fg-TEQ.m ⁻³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri				Dy _d max Maksimum kuru birikim (pgTEQ.m ⁻²)	Maksimum kuru birikimin yeri noktasının yeri			
		x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)		x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)
1 saat	9.76183	502063	4516346	Güney	559.3255	0.00671	502063	4516346	Güney	559.3255
3 saat	6.78548	502063	4516251	Güney	648.2978	0.01403	502063	4516251	Güney	648.2978
6 saat	4.85589	502063	4516251	Güney	648.2978	0.02028	502063	4516251	Güney	648.2978
12 saat	3.03489	502278	4516251	Güney	613.0131	0.02254	502063	4516155	Güney	739.731
24 saat	1.47429	502063	4516155	Güney	739.731	0.02254	502063	4516155	Güney	739.731
Aylık	0.19554	501849	4515773	Güneybatı	1170.857	0.07321	501849	4515773	Güneybatı	1170.857
Yıllık	0.07421	502278	4515391	Güney	1473.005	0.26656	502278	4515391	Güney	1473.005

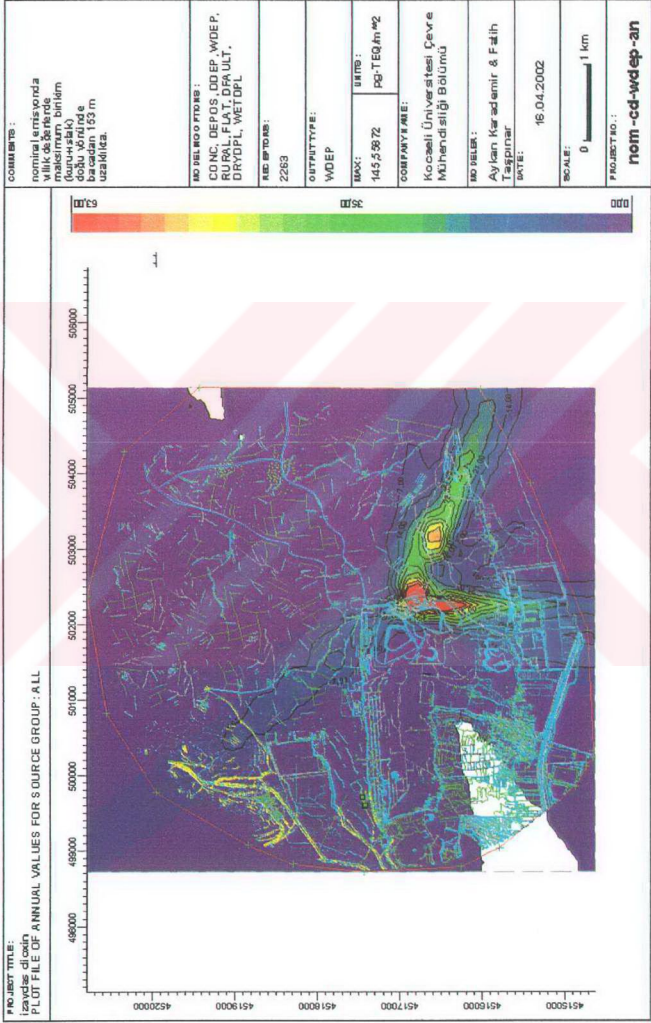
Maksimum kuru birikim ile ortalama süresi arasında (8.2) denklemine benzer bir yaklaşımla bağıntı kurulursa;

$$Dy d_{\max} = \frac{Q_s}{Q_n} a_d t^{b_d} \quad (8.5)$$

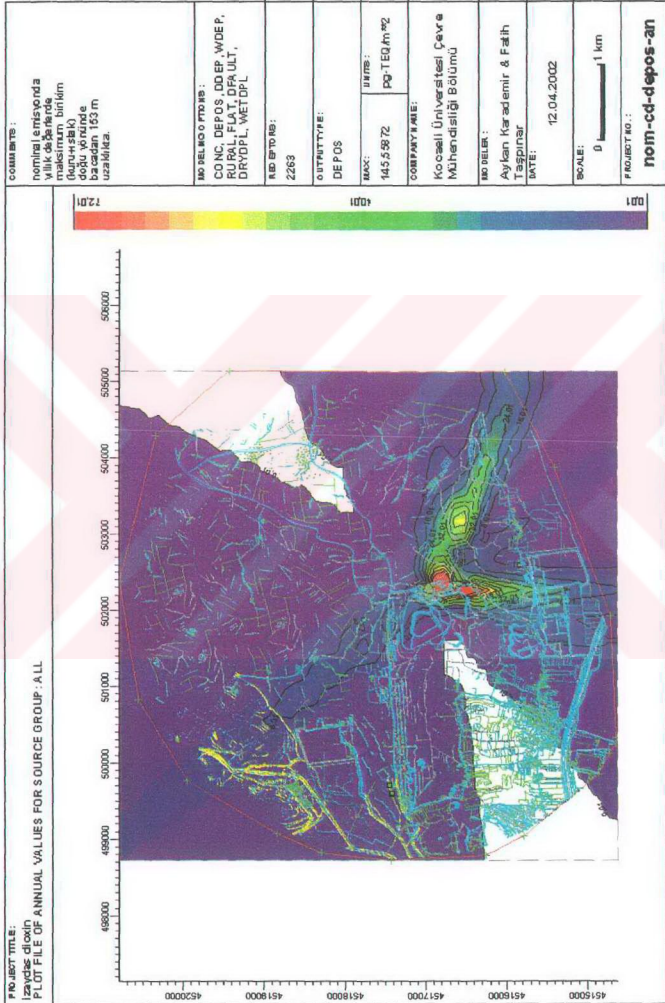
Burada a_d ve b_d kuru birikim için katsayılar olup 0.0082 ve 0.3677 ($R^2=0.974$) olarak bulunurlar.

8.1.6.5. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneği

Bu seçenekte kirleticilerin partiküle bağlı olduğu varsayılır ve konsantrasyon ve kuru birikime ek olarak partikül büyüklüğü sınıflarına ilişkin olarak belirlenen yıkanma katsayıları yardımıyla partiküllerin ıslak birikimi de hesaplanır. Modelce hesaplanan konsantrasyon, kuru ve ıslak birikim değerleri Tablo 8.5'te, pilot bölgedeki konsantrasyon, kuru birikim, ıslak birikim ve toplam birikim grafikleri ise Şekil 8.10, 8.11, 8.12 ve 8.13'te verilmiştir.



Şekil 8.12. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama ıslak birikim grafiği.



Şekil 8.13. Konsantrasyon + kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için yıllık ortalama toplam (kuru+ıslak) birikim grafiği

Tablo 8.5. Konsantrasyon +kuru birikim + ıslak birikim (partikül) seçeneğinde nominal emisyon oranı için modelleme değerleri.

Ortalanma Süresi	$C_{y_{max}}$ Maksimum konsantrasyon (fg-TEQ.m ⁻³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri			D _{yd_{max}} Maksimum kuru birikim (pgTEQ.m ⁻²)	Maksimum kuru birikim noktasının yeri							
		x	y	Yön		L Bacadan uzaklık (m)	x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)			
1 saat	9.76183	502063	4516346	Güney	0.00671	502063	4516346	Güney	559.3255	502063	4516346	Güney	559.3255
3 saat	6.78548	502063	4516251	Güney	0.01403	502063	4516251	Güney	648.2978	502063	4516251	Güney	648.2978
6 saat	4.85559	502063	4516251	Güney	0.02028	502063	4516251	Güney	648.2978	502063	4516251	Güney	648.2978
12 saat	3.03489	502278	4516251	Güney	0.02254	502063	4516155	Güney	739.731	502063	4516155	Güney	739.731
24 saat	1.47429	502063	4516155	Güney	0.02254	502063	4516155	Güney	739.731	502063	4516155	Güney	739.731
Aylık	0.19552	501849	4515773	Güneybatı	0.07321	501849	4515773	Güneybatı	1170.857	501849	4515773	Güneybatı	1170.857
Yıllık	0.0831	502278	4515486	Güney	0.29779	502278	4515486	Güney	1378.006	502278	4515486	Güney	1378.006
Ortalanma Süresi	$D_{yw_{max}}$ Maksimum ıslak birikim (pgTEQ.m ⁻²)	Maksimum ıslak birikim noktasının yeri			D_{max} Maksimum toplam birikim (pgTEQ.m ⁻²)	Maksimum toplam birikim noktasının yeri							
		x	y	Yön		L Bacadan uzaklık (m)	x	y	Yön	L Bacadan uzaklık (m)			
1 saat	5.06943	502224	4516966	Kuzey	5.06943	502224	4516966	Kuzey	113.5958	502224	4516966	Kuzey	113.5958
3 saat	8.75991	502224	4516966	Kuzey	8.75991	502224	4516966	Kuzey	113.5958	502224	4516966	Kuzey	113.5958
6 saat	9.96594	502278	4516537	Güney	9.96594	502278	4516537	Güney	327.0245	502278	4516537	Güney	327.0245
12 saat	13.00539	502424	4516835	Doğu	13.00539	502424	4516835	Doğu	152.7776	502424	4516835	Doğu	152.7776
24 saat	15.59324	502424	4516835	Doğu	15.59324	502424	4516835	Doğu	152.7776	502424	4516835	Doğu	152.7776
Aylık	29.93246	502278	4516537	Güney	29.93246	502278	4516537	Güney	327.0245	502278	4516537	Güney	327.0245
Yıllık	145.55872	502424	4516835	Doğu	145.5587	502424	4516835	Doğu	152.7776	502424	4516835	Doğu	152.7776

Konsantrasyonlar dördüncü seçenekte kuru birikim için verilen konsantrasyonlara çok yakın olup sadece yıllık ortalama değerler biraz daha yüksektir. Maksimum konsantrasyon ile ortalama süresi bağıntısına ilişkin a ve b sabitleri 11.006 ve -0.5632 ($R^2=0.9885$); c ve d katsayıları ise 539.93 ve 0.1055 ($R^2=0.957$) olarak bulunur.

Kuru birikim değerleri de yıllık ortalamanın dışında bir önceki seçenekte eşittir. Yıllık ortalama birikim dördüncü seçenekten yaklaşık % 12 daha yüksektir. Bu seçenekte kuru birikime ilişkin a_d ve b_d katsayıları 0.0081 ve 0.3777 ($R^2=0.9716$) olarak bulunurlar.

Tahmin edilen ıslak birikim ise kuru birikime göre çok daha büyük olup ıslak birikim/kuru birikim oranı 409 ile 756 arasında değişmektedir. Islak birikimin yoğunlaştığı alan, ikinci seçenekte gazların ıslak birikiminde olduğu gibi, baca merkezli küçük bir alandır (Şekil 8.12). Bu dağılıma göre bacaya en yakın tarım alanında gözlenen en yüksek değer ise $28.5 \text{ pg-TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ olmuştur. Islak birikim değerleri baca yakınında çok yüksek iken bacadan uzaklaştıkça hızla düşmektedir. Gözlenen en yüksek değer olan $145.56 \text{ pg TEQ.m}^{-2}$, pilot bölgenin büyük bir bölümünde gözlenen ortalama değer olan $2.5 \text{ pg TEQ m}^{-2}$ 'nin 60 katıdır. ISCST3 ve benzeri modellere ait bir özellik olan bu ıslak birikim dağılımı, deneysel verilerle henüz tam anlamıyla doğrulanmış değildir (Zemba et al., 1996; DoE, 1995). Bu nedenle dioksinlere ilişkin risk değerlendirme modellerinde daha çok HMP(1996)'da verilen ve Bölüm 6.3.3.1.3'te anlatılan yaklaşım benimsenir. Bu çalışmada da ıslak birikim (6.7) formülü yardımıyla hesaplanmış ve pilot bölge için $2.83 \text{ pg.TEQ.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ değeri bulunmuştur. Bu değer ISCST3 ile elde edilen ıslak birikim grafiğinde de pilot bölge için ortalama bir değeri temsil etmektedir. Ancak Bölüm 10'daki duyarlılık analizi çerçevesinde modelden elde edilen en yüksek ıslak birikim değerleri de dikkate alınacaktır.

Toplam birikim değerleri, Tablo 8.5'ten de görülebileceği gibi ıslak birikim değerleri ile aynıdır. Bu durum, ıslak birikim değerlerinin kuru birikime göre çok daha büyük olması ve bunlara ait maksimum birikimlerin farklı noktalarda gerçekleşmiş olmasıdır. Islak birikimin yoğunlaştığı bacaya yakın yerlerde kuru birikim değerleri

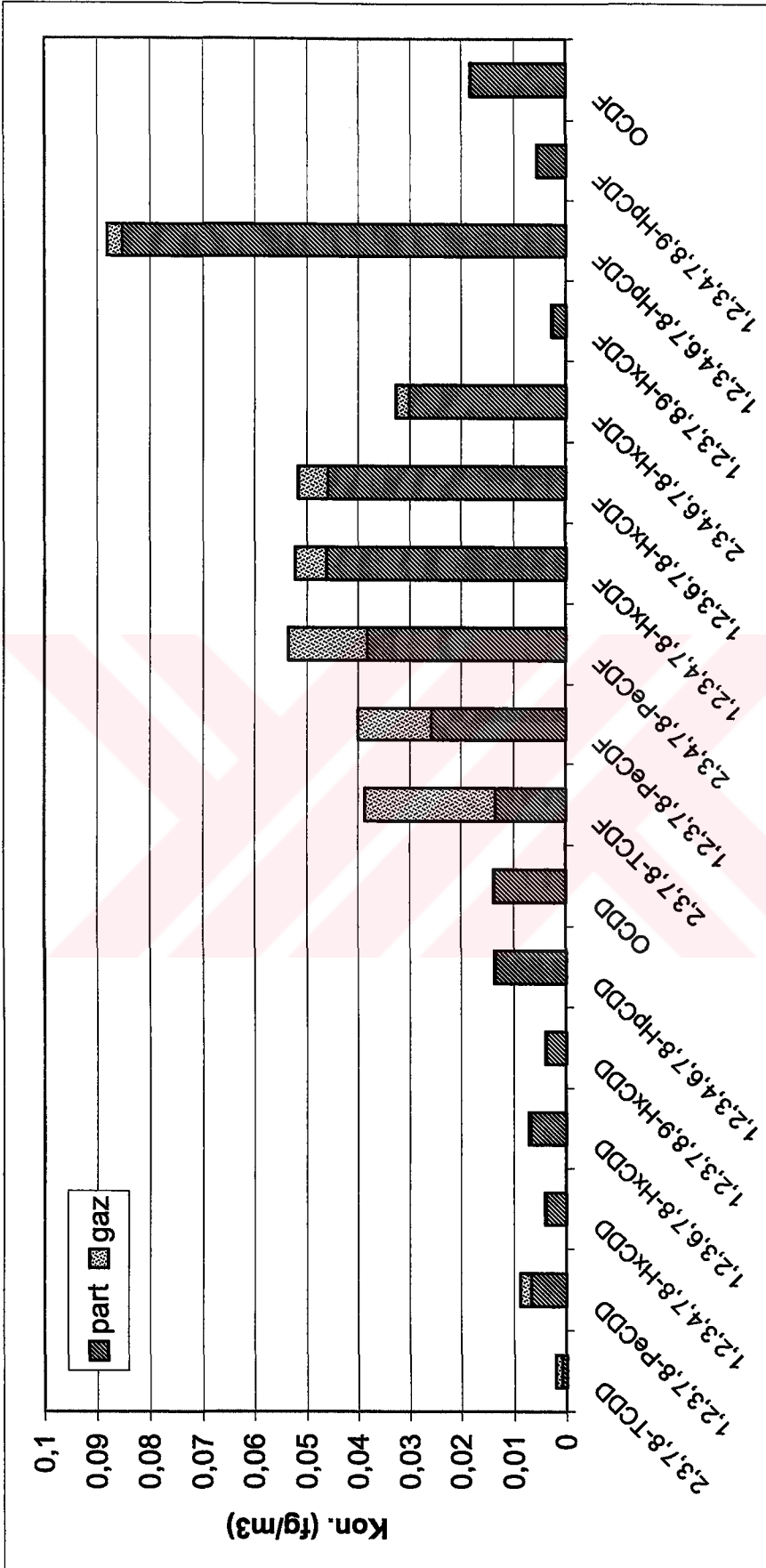
son derece küçüktür. Islak birikimle ortalama süresi bağıntısında a_w ve b_w katsayıları, 5.3686 ve 0.3312 ($R^2=0.9553$) olarak bulunmuştur.

PCDD/F'lere ilişkin risk değerlendirme çalışmalarında genellikle yıllık ortalamalar kullanılmaktadır. Bu bakımdan daha sonraki aşamalarda ISCST3 modelinden elde edilen yıllık değerler kullanılacaktır. Islak birikim seçeneklerinin dışında yıllık ortalama konsantrasyon değerleri birbirine çok yakındır. Daha önce de söylendiği gibi ıslak birikimin dışında konsantrasyon ve kuru birikim değerleri ISCST3 modelinden elde edilmiştir. Bu bakımdan daha sonraki aşamalara temel teşkil edecek konsantrasyon ve kuru birikim değerleri olarak, modelin konsantrasyon + kuru birikim (dördüncü seçenek) modunda çalıştırılması ile elde edilen maksimum yıllık ortalama değerler alınmıştır.

8.2. Havadaki Konsantrasyonların Tahmini

PCDD/F'lerin havadaki konsantrasyonlarının tahmininde pilot bölgede ISCST3 modeli yardımıyla elde edilen en yüksek konsantrasyon baz alınmıştır. Bunun için önce nominal emisyon için konsantrasyon değeri (χ/Q_n ; (fg-TEQ.m⁻³)/(ng-TEQ.s⁻¹) olarak) belirlenmiştir. PCDD/F'lerin havadaki konsantrasyonları, farklı emisyon oranları için (6.1) formülü yardımıyla bulunur. Yıllık ortalama χ/Q_n değeri, konsantrasyon + kuru birikim (partikül) modunda 0.07421 (Tablo 8.4) olarak verilmiştir. PCDD/F'ler için Tablo 7.5'te verilen minimum, ortalama, maksimum ve limit emisyon oranları bu değerle çarpılarak konjenerlerin havadaki konsantrasyonları ayrı ayrı bulunmuştur.

Havadaki toplam (gaz+partikül) konsantrasyonu ifade eden bu değerler Tablo 6.12'de Junge-Pankow modeline dayanarak İzmit için bulunan gaz/partikül fraksiyonları temelinde gaz ve partikül fazlarına ayrıştırılmıştır. Konjenerlerin farklı emisyon oranlarında tahmin edilen havadaki konsantrasyonları Tablo 8.6'da özetlenmiştir. Şekil 8.14 ise limit emisyon oranında konjenerlerin havadaki konsantrasyonlarının gaz/partikül fazlarına ayrışmasını göstermektedir. Şekil 8.14'te görüldüğü gibi, konjenerlerin klor sayıları arttıkça uçuculukları azalmakta ve dolayısıyla partikül fazı fraksiyonları artmaktadır.



Şekil 8.14. Limit emisyon oranı için konjenelerin havadaki tahmini konsantrasyon ve fazları.

Tablo 8.6. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahmin Edilen Havadaki Maksimum Konjener Konsantrasyonları

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (fg.m ⁻³)			Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (fg.m ⁻³)			Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (fg.m ⁻³)			Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (fg.m ⁻³)		
	Gaz	Partikül	Toplam	Gaz	Partikül	Toplam	Gaz	Partikül	Toplam	Gaz	Partikül	Toplam
2,3,7,8-TCDD	3.17x10 ⁻⁵	2.4x10 ⁻⁵	5.57x10 ⁻⁵	0.00021	0.000159	0.000368	0.00088	0.000666	0.001546	0.001186	0.000897	0.002084
1,2,3,7,8-PeCDD	1.32x10 ⁻⁵	4.25x10 ⁻⁵	5.57x10 ⁻⁵	0.000366	0.00118	0.001546	0.001594	0.005144	0.006738	0.00207	0.00668	0.00875
1,2,3,4,7,8-HxCDD	5.95x10 ⁻⁶	7.79x10 ⁻⁵	8.39x10 ⁻⁵	5.11x10 ⁻⁵	0.000669	0.00072	0.000221	0.002895	0.003116	0.000289	0.003786	0.004075
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.89x10 ⁻⁵	0.00026	0.000279	8.54x10 ⁻⁵	0.001175	0.001261	0.000339	0.004666	0.005005	0.000483	0.006654	0.007137
1,2,3,7,8,9-HxCDD	5.17x10 ⁻⁶	7.87x10 ⁻⁵	8.39x10 ⁻⁵	4.34x10 ⁻⁵	0.000661	0.000704	0.000185	0.002811	0.002995	0.000246	0.003741	0.003987
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	9.23x10 ⁻⁶	0.000562	0.000571	3.89x10 ⁻⁵	0.002368	0.002407	0.000146	0.008899	0.009045	0.00022	0.013408	0.013628
OCDD	6.61x10 ⁻⁶	0.001743	0.001749	9.17x10 ⁻⁶	0.002417	0.002426	2.71x10 ⁻⁵	0.007145	0.007172	5.19x10 ⁻⁵	0.013681	0.013733
2,3,7,8-TCDF	3.63x10 ⁻⁵	1.94x10 ⁻⁵	5.57x10 ⁻⁵	0.004449	0.002379	0.006828	0.019071	0.010201	0.029272	0.025183	0.013469	0.038652
1,2,3,7,8-PeCDF	7.42x10 ⁻⁵	0.000134	0.000209	0.00251	0.004547	0.007057	0.010742	0.019459	0.030201	0.014208	0.025738	0.039946
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000123	0.000306	0.000429	0.002714	0.006754	0.009468	0.011466	0.028534	0.039999	0.015363	0.038232	0.053595
1,2,3,4,7,8-HxCDF	7.34x10 ⁻⁵	0.000567	0.00064	0.001057	0.008168	0.009224	0.004807	0.037152	0.041959	0.005982	0.046235	0.052217
1,2,3,6,7,8-HxCDF	6.7x10 ⁻⁵	0.000541	0.000608	0.001004	0.008101	0.009105	0.00457	0.036884	0.041454	0.005682	0.045859	0.051541
2,3,4,6,7,8-HxCDF	9.37x10 ⁻⁵	0.00115	0.001244	0.000435	0.005332	0.005766	0.001866	0.022896	0.024762	0.00246	0.030181	0.032641
1,2,3,7,8,9-HxCDF	4.92x10 ⁻⁶	5.07x10 ⁻⁵	5.57x10 ⁻⁵	4.33x10 ⁻⁵	0.000447	0.000491	0.000202	0.002081	0.002283	0.000245	0.002531	0.002777
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	9.06x10 ⁻⁵	0.002761	0.002851	0.000494	0.015058	0.015552	0.002105	0.064106	0.066211	0.002798	0.08524	0.088038
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	2.39x10 ⁻⁶	0.000137	0.00014	1.69x10 ⁻⁵	0.00097	0.000987	7.5 x10 ⁻⁵	0.004314	0.004389	9.55x10 ⁻⁵	0.005492	0.005587
OCDF	1.87x10 ⁻⁵	0.003442	0.00346	1.75x10 ⁻⁵	0.003209	0.003227	4.63x10 ⁻⁵	0.008504	0.00855	9.89x10 ⁻⁵	0.018167	0.018265
TEQ	0.000135	0.000519	0.000654	0.002597	0.007236	0.009833	0.011096	0.031225	0.042321	0.014702	0.040959	0.055661

8.3. Kuru Birikim

Partiküllerin kuru birikimi, konjenerlerin partikül fazındaki emisyon oranları ile hava dağılım modelinde nominal emisyon için bulunan kuru birikim miktarının çarpımıyla elde edilebilir. Yıllık kuru birikim için bu değer Tablo 8.4'ten $0.26656 \text{ (pg.m}^{-2}.\text{y}^{-1})/(\text{ng.s}^{-1})$ olarak bulunmuştur. Emisyon oranları gaz/partikül şeklinde sınıflandırılmadığı için bu işlem yerine, kuru birikimin havadaki partikül fazındaki konsantrasyonları ile ilişkilendirilmesi daha uygun olacaktır. Kuru birikim miktarının havadaki partikül fazı konsantrasyonuna bölünmesi ile elde edilen katsayı, aynı zamanda partiküllerin çökme hızına eşittir. Yıllık ortalamalar için bu değer $3.592 \text{ (pg.m}^{-2}.\text{y}^{-1})/(\text{fg.m}^{-3})$ olup daha önce de belirtildiği gibi 0.11 cm.s^{-1} hızına eşittir. Partiküllerin kuru birikimi (Dyd), konjenerlerin partikül fazı konsantrasyonları ile bu değerlerin çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Gazlara ilişkin kuru birikim ise “toprağa atmosferik difüzyon akısı” olarak (L_{dif}) (6.4) formülüyle hesaplanmıştır. Ayrıntılar 6.3.3.1.2’de açıklanmıştır. Buna göre konjenerlerin kuru birikimine ilişkin değerler Tablo 8.7’de, limit emisyon oranı için partiküllerin kuru birikimi ile gazların atmosferik difüzyonları ise Şekil 8.15’te verilmiştir.

Şekil 8.15’ten de görüldüğü üzere klor sayısı az olan daha uçucu konjenerlerde gazların atmosferik difüzyonu partiküllere göre daha fazladır. Örneğin L_{dif}/Dyd oranı 2,3,7,8-TCDF’de 26.8 iken OCDD’de 0.047’ye kadar düşmektedir. Gazların atmosferik difüzyonu, konjenerlerin buhar fazı fraksiyonlarına bağlıdır. Konjenerlerin büyük bir bölümünün partikül fraksiyonlarının daha büyük olmasına rağmen, gazların atmosferik difüzyonu, partiküllerin kuru birikiminden genel olarak fazladır. Özellikle emisyon oranları ve buhar fraksiyonları diğer konjenerlere göre daha büyük olan TCDF ve PeCDF konjenerlerinin atmosferik difüzyonları ve toplam kuru birikimleri diğer konjenerlerin 2 ile 60 katı arasındadır. Buhar fazları % 30 ile % 65 arasında olan bu üç furan konjeneri için difüzyonun toplam kuru birikimin % 64 ile % 96’sını oluşturması, kullanılan modelde difüzyonun gaz fraksiyonuna oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 8.7. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahmin Edilen Partikül (Dyd) ve Gaz (L_{diff}) Kuru Birikim Miktarları

Kojener	Minimum Emisyon Oranındaki Kuru Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)			Ortalama Emisyon Oranındaki Kuru Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)			Maksimum Emisyon Oranındaki Kuru Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)			Limit Emisyon Oranındaki Kuru Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)		
	Dyd	L _{diff}	Toplam	Dyd	L _{diff}	Toplam	Dyd	L _{diff}	Toplam	Dyd	L _{diff}	Toplam
2,3,7,8-TCDD	8.59E-05	0.001625	0.001711	0.000568	0.0107482	0.011316	0.002385	0.045138	0.047523	0.003215	0.060844	0.064058
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000152	0.000675	0.000828	0.004228	0.0187548	0.022983	0.018427	0.081745	0.100172	0.023932	0.106167	0.1301
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000279	0.000305	0.000584	0.002396	0.00262	0.005016	0.010371	0.011342	0.021713	0.013562	0.014831	0.028394
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000932	0.000969	0.001901	0.004211	0.0043783	0.008589	0.016715	0.017379	0.034095	0.023838	0.024785	0.048623
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000282	0.000265	0.000547	0.002368	0.002225	0.004593	0.010069	0.009463	0.019532	0.013402	0.012595	0.025997
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.002014	0.000408	0.002422	0.008485	0.0017174	0.010203	0.031882	0.006453	0.038335	0.048032	0.009722	0.057754
OCDD	0.006243	0.000292	0.006534	0.008658	0.0004048	0.009063	0.025595	0.001197	0.026792	0.049011	0.002292	0.051303
2,3,7,8-TCDF	6.95E-05	0.001860	0.001929	0.008524	0.2281538	0.236678	0.036544	0.978103	1.014647	0.048254	1.291534	1.339788
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000481	0.003804	0.004285	0.016288	0.1287266	0.145015	0.069712	0.550929	0.620641	0.092205	0.728696	0.820901
2,3,4,7,8-PeCDF	0.001096	0.006306	0.007402	0.024196	0.1391854	0.163381	0.102221	0.588030	0.690251	0.136966	0.787901	0.924867
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00202	0.003763	0.005794	0.029260	0.0541967	0.083457	0.133097	0.246528	0.379625	0.165636	0.306797	0.472433
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.001937	0.003436	0.005374	0.029022	0.0514774	0.0805	0.132136	0.234373	0.366509	0.164288	0.291403	0.455692
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.00412	0.004808	0.008928	0.019100	0.0222897	0.04139	0.082025	0.095722	0.177747	0.108122	0.126178	0.234299
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000182	0.000252	0.000434	0.001602	0.0022232	0.003825	0.007455	0.010346	0.017801	0.009069	0.012585	0.021654
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00989	0.004003	0.013892	0.053945	0.0218325	0.075777	0.229660	0.092948	0.322608	0.30537	0.123589	0.428959
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000491	0.000105	0.000597	0.003475	0.0007453	0.004221	0.015454	0.003314	0.018768	0.019674	0.004219	0.023893
OCDF	0.01233	0.000827	0.013157	0.011497	0.0007712	0.012268	0.030466	0.002044	0.03251	0.065082	0.004366	0.069447
TEQ	0.001860	0.006918	0.008778	0.025921	0.1331552	0.159077	0.111862	0.568928	0.68079	0.146736	0.753766	0.900501

8.4. Islak Birikim

Partiküllerin ve gazların ıslak birikimi Bölüm 6.3.3.1.3'te tanımlanan (6.7) ve (6.8) denklemleri yardımıyla bulunmuştur. Bu denklemlerde ıslak birikim, konjenerlerin partikül ve buhar fazlarındaki konsantrasyonları ile bunlar için verilen yıkanma oranları ve yıllık yağış miktarının çarpımıyla bulunur. Partiküller için yıkanma oranı (W_c) Harrad and Smith (1997)'den alınmıştır. Gazlar içinse bu değer (W_g), Henry sabitinin tersi olarak (6.9) denkleminde ifade edilmiştir. Bu değerler Tablo 8.8'de verilmektedir.

Tablo 8.8. Partikül ve Gaz Fazındaki PCDD/F Konjenerleri İçin Yıkanma Oranları

Konjener	W_c (birimsiz) (Harrad and Smith; 1997)	W_g (birimsiz)
2,3,7,8-TCDD	55000	1442.72
1,2,3,7,8-PeCDD	18000	1581.06
1,2,3,4,7,8-HxCDD	12000	1625.60
1,2,3,6,7,8-HxCDD	12000	1625.60
1,2,3,7,8,9-HxCDD	12000	1625.60
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	59000	2811.63
OCDD	72000	4561.95
2,3,7,8-TCDF	55000	867.80
1,2,3,7,8-PeCDF	18000	1227.84
2,3,4,7,8-PeCDF	18000	908.80
1,2,3,4,7,8-HxCDF	10000	1227.84
1,2,3,6,7,8-HxCDF	10000	1227.84
2,3,4,6,7,8-HxCDF	10000	1311.56
1,2,3,7,8,9-HxCDF	10000	2447.88
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	30000	1660.68
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	30000	2338.75
OCDF	12000	3013.51

Farklı emisyon oranları için gaz ve partikül fazındaki konjenerlerin tahmin edilen ıslak birikim değerleri Tablo 8.9'da, limit emisyon oranındaki ıslak birikim miktarları ise Şekil 8.16'da verilmektedir.

Tablo 8.9. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahmin Edilen Partikül (Dyw) ve Gaz (Dwg) Islak Birikim Miktarları

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Islak Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)			Ortalama Emisyon Oranındaki Islak Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)			Maksimum Emisyon Oranındaki Islak Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)			Limit Emisyon Oranındaki Islak Birikim (pg.m ⁻² .y ⁻¹)		
	Dyw	Dwg	Toplam	Dyw	Dwg	Toplam	Dyw	Dwg	Toplam	Dyw	Dwg	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001121	0.000039	0.00116	0.00741	0.000257	0.007667	0.03112	0.001079	0.032199	0.041948	0.001455	0.043403
1,2,3,7,8-PeCDD	0.00065	0.000018	0.000668	0.018056	0.000491	0.018547	0.078698	0.002142	0.08084	0.102209	0.002782	0.104991
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000795	0.000008	0.000803	0.006821	0.000071	0.006892	0.029528	0.000306	0.029834	0.038614	0.0004	0.039014
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.002653	0.000026	0.002679	0.01199	0.000118	0.012108	0.047592	0.000468	0.04806	0.067871	0.000668	0.068539
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000803	0.000007	0.00081	0.006741	0.00006	0.006801	0.028668	0.000255	0.028923	0.038159	0.000339	0.038498
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.028194	0.000022	0.028216	0.11878	0.000093	0.118873	0.446302	0.000349	0.446651	0.672388	0.000526	0.672914
OCDD	0.106642	0.000026	0.106668	0.147906	0.000036	0.147942	0.437247	0.000105	0.437352	0.837265	0.000201	0.837466
2,3,7,8-TCDF	0.000907	0.000027	0.000934	0.111238	0.003281	0.114519	0.476881	0.014068	0.490949	0.629697	0.018576	0.648273
1,2,3,7,8-PeCDF	0.002056	0.000077	0.002133	0.069564	0.00262	0.072184	0.297723	0.011211	0.308934	0.393788	0.014829	0.408617
2,3,4,7,8-PeCDF	0.004682	0.000095	0.004777	0.103333	0.002096	0.105429	0.436563	0.008857	0.44542	0.58495	0.011867	0.596817
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00482	0.000077	0.004897	0.069424	0.001103	0.070527	0.315794	0.005017	0.320811	0.392997	0.006243	0.39924
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.004597	0.00007	0.004667	0.068859	0.001048	0.069907	0.313512	0.004769	0.318281	0.389799	0.00593	0.395729
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.009775	0.000105	0.00988	0.045318	0.000485	0.045803	0.194616	0.002081	0.196697	0.256535	0.002743	0.259278
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000431	0.00001	0.000441	0.003801	0.00009	0.003891	0.017688	0.00042	0.018108	0.021517	0.000511	0.022028
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.070393	0.000128	0.070521	0.383975	0.000698	0.384673	1.634711	0.002971	1.637682	2.173607	0.00395	2.177557
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.003497	0.000005	0.003502	0.024738	0.000034	0.024772	0.11	0.000149	0.110149	0.140037	0.00019	0.140227
OCDF	0.035105	0.000048	0.035153	0.032734	0.000045	0.032779	0.086743	0.000119	0.086862	0.185299	0.000253	0.185552
TEQ	0.007530	0.000134	0.007665	0.109458	0.0023154	0.111773	0.468499	0.009912	0.478411	0.619619	0.013109	0.632728

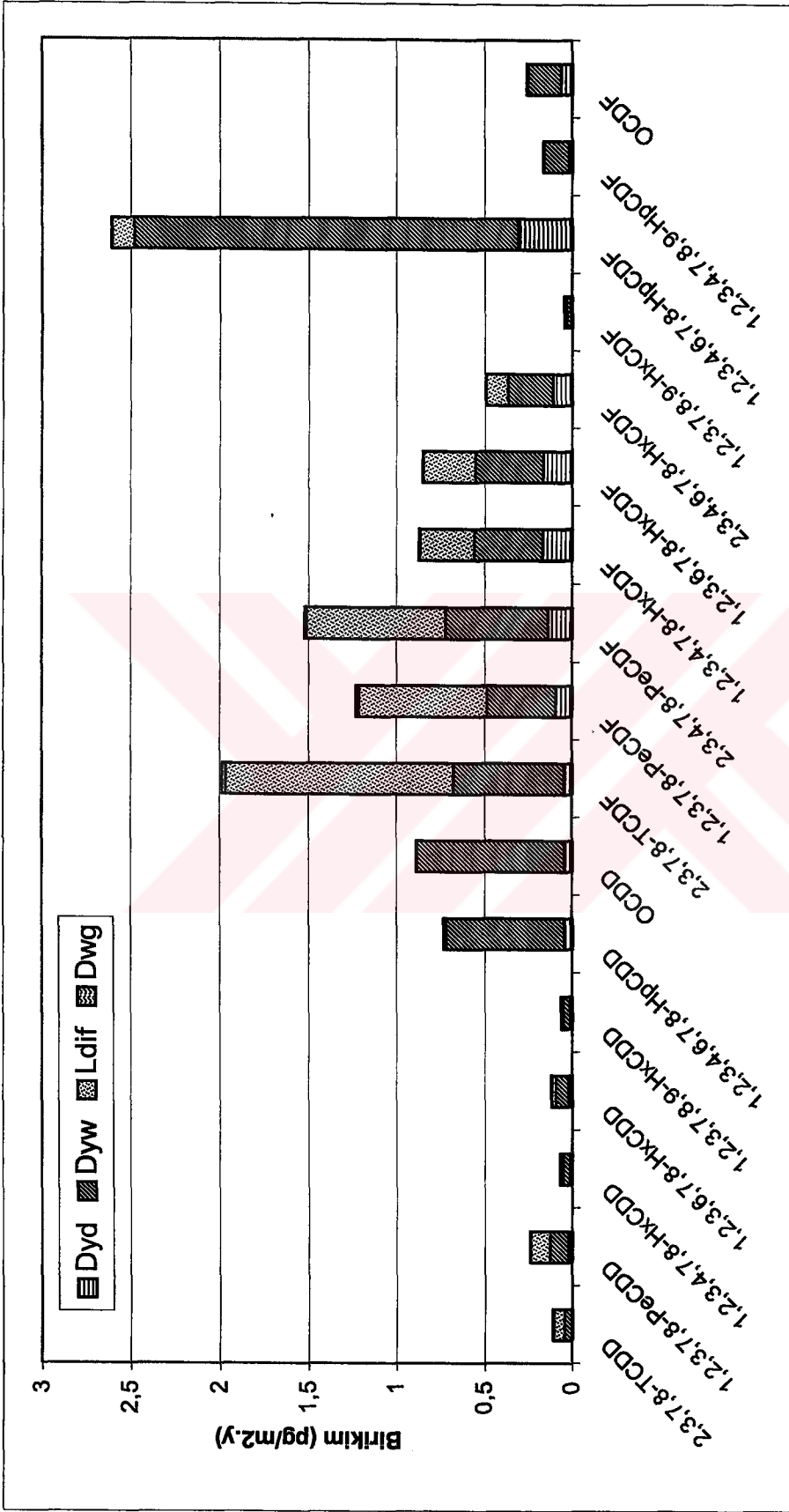
Şekil 8.16'dan da görüleceği üzere partiküllerin ıslak birikiminin gazlara göre çok daha fazla olması beklenir. Bu durum verilen partikül ve gaz fazları için Tablo 8.7'de verilen yıkanma oranları arasındaki farktan da anlaşılabilir. Gaz fazındaki konjenerlerin ıslak birikiminin partikül fazı ıslak birikimine oranı, OCDD'de % 0.02 ile minimum, 1,2,3,7,8-PeCDF'de ise % 3.8 ile maksimum değerini almaktadır.

Bu sonuçlar ışığında farklı emisyon oranlarında konjenerlere ilişkin tahmini toplam birikim değerleri Tablo 8.10'da verilmiştir.

Tablo 8.10. Farklı Emisyon Oranlarında PCDD/F Konjenerleri İçin Toplam Birikim Oranları.

Konjener	Minimum ($\text{pg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$)	Ortalama ($\text{pg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$)	Maksimum ($\text{pg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$)	Limit ($\text{pg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$)
2,3,7,8-TCDD	0.002871	0.018983	0.079722	0.107461
1,2,3,7,8-PeCDD	0.001496	0.04153	0.181012	0.235091
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.001387	0.011908	0.051547	0.067408
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.00458	0.020697	0.082155	0.117162
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.001357	0.011394	0.048455	0.064495
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.030638	0.129075	0.484986	0.730668
OCDD	0.113202	0.157005	0.464144	0.888769
2,3,7,8-TCDF	0.002863	0.351197	1.505596	1.988061
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006418	0.217199	0.929575	1.229518
2,3,4,7,8-PeCDF	0.012179	0.26881	1.135671	1.521684
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.010691	0.153984	0.700436	0.871673
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.010041	0.150406	0.68479	0.851421
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.018808	0.087193	0.374444	0.493577
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000875	0.007716	0.035909	0.043682
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.084413	0.46045	1.96029	2.606516
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.004099	0.028993	0.128917	0.16412
OCDF	0.04831	0.045047	0.119372	0.254999
TEQ	0.016442	0.270849	1.159201	1.533229

Limit emisyon oranında konjenerler için tahmin edilen toplam birikim miktarları Şekil 8.17a'da verilmektedir.



Şekil 8.17a. Limit emisyon oranı için konjenlerin toprağa toplam birikimleri ve birikim türleri.

Şekil 8.17’de görüldüğü üzere konjenerlerin toprağa birikiminde en büyük yol Partiküllerin ıslak birikimidir. Birikim, ortalama bazında % 57 partiküllerin ıslak birikimiyle, % 28 gazların atmosferik difüzyonu ile, % 14 partiküllerin kuru birikimi ile ve % 1 de gazların ıslak birikimiyle olmaktadır. İzmit oldukça yağışlı bir iklime sahip olduğu için bu sonuçlar beklenebilir sonuçları ifade etmektedirler. PCDD/F konjenerlerinin toprağa birikimi gaz ve partikül fazlarındaki konsantrasyonlarına bağlı olduğu için birikim türleri konjenerlere göre değişebilmektedir. Partiküllerin ıslak birikimi en az % 32 ile 2,3,7,8-TCDF ile 1,2,3,7,8-PeCDF gibi az klorlu konjenerlerde olurken, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD ve OCDD sırasıyla % 92 ve % 94’lük oranlarla maksimum değerleri göstermektedirler. Aynı şekilde partiküllerin kuru birikiminde de minimum değer % 2 ile 2,3,7,8-TCDF’de iken, maksimum değer % 26 ile OCDF’ye aittir. Buna karşılık gaz fazındaki kirleticiler için en küçük değer atmosferik difüzyonda % 0.25; ıslak birikimde de % 0.02 ile OCDD’de, en büyük değer ise atmosferik difüzyonda % 65 ile 2,3,7,8-TCDF’de ıslak birikimde ise % 1.35 ile 2,3,7,8-TCDD’dedir. Görüldüğü gibi tesise ilişkin ortalama konjener dağılımından elde edilen limit emisyon oranlarında, konjenerlerin toprağa birikimi gaz ve partikül fazındaki konsantrasyonlarıyla yakından ilgilidir. Büyük oranda klor sayıları tarafından belirlenen bu ayrışma risk değerlendirmenin ileriki aşamalarında da belirleyici öneme sahiptir. Özellikle topraktan ve havadan bitkiye kirletici transferi çalışmaları, bu ayrışma temelinde yapılmaktadır.

Öte yandan, birikim miktarlarının toksikolojik bazda bir değerlendirilmesi yapılırsa, tesis emisyonlarına göre en yüksek konsantrasyon ve birikim değerlerine sahip olan TCDF ve PeCDF konjenerlerinin TEQ değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülebilir. Özellikle 2,3,4,7,8-PeCDF 0.5’lik TEQ değeri ile tüm konjenerlerin toplam TEQ değerinin yaklaşık % 60-70’ini oluşturmaktadır. Her ne kadar en yüksek birikimin 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF’de olacağı tahmin edilse de ortalamanın üstünde birikim değerlerine ve yüksek gaz difüzyonu değerlerine sahip olan bu 4 ve 5 klorlu furanlar, toksikolojik açıdan daha büyük önem teşkil etmektedirler.

8.5. Topraktaki Konsantrasyonların Tahmini

Topraktaki PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini Bölüm 6.3.4'te denklemlerinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Topraktaki konjener konsantrasyonları ekili ve ekili olmayan topraklar için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

8.5.1. Ekili olmayan topraklar

Ekili olmayan toprak konsantrasyonları, toprak karışım yüksekliği (Z) 1 cm alınarak hesaplanmıştır. Buradan elde edilen konsantrasyonlar patates ve diğer köklü sebzelerin dışında tüm bitkisel ürünlerin kökleri yoluyla topraktan kimyasal alımlarına temel teşkil etmiştir. Ek olarak hayvanların otlama sırasında tükettikleri toprak vasıtasıyla aldıkları kimyasalların hesaplanmasında da bu konsantrasyonlar kullanılmıştır. Ekili olmayan topraklar için farklı emisyon oranlarında hesaplanan PCDD/F konsantrasyonları Tablo 8.11'de verilmektedir.

Tablo 8.11. Ekili Olmayan Topraklar İçin (Z=1 cm) Farklı Emisyon Oranlarında Topraktaki Tahmini PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg. kg ⁻¹)	Maksimum (pg. kg ⁻¹)	Limit (pg. kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000989	0.006541	0.027468	0.037026
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000524	0.014543	0.063387	0.082325
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000548	0.004706	0.020372	0.02664
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.00181	0.00818	0.032468	0.046303
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000536	0.004503	0.01915	0.025489
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.015133	0.063754	0.23955	0.360899
OCDD	0.058068	0.080536	0.238086	0.455901
2,3,7,8-TCDF	0.000492	0.060383	0.258866	0.341819
1,2,3,7,8-PeCDF	0.002739	0.092693	0.39671	0.524715
2,3,4,7,8-PeCDF	0.004885	0.107821	0.455524	0.610356
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.004739	0.068261	0.310501	0.38641
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.004451	0.066675	0.303566	0.377432
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.008417	0.039023	0.167581	0.220899
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000419	0.003693	0.017186	0.020906
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.040794	0.222519	0.947337	1.259635
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.002022	0.014303	0.063599	0.080965
OCDF	0.024016	0.022394	0.059342	0.126766
TEQ	0.006633	0.101009	0.432531	0.57179

8.5.2. Ekili topraklar

Patates, havuç vb. köklü bitkilerin kökler yoluyla maruz kaldıkları kimyasal miktarının hesaplanmasında kullanılan toprak konsantrasyonları olup, karışım yüksekliği, $Z = 15$ cm; ve bozunmadan kaynaklanan yarılanma ömrü de $T_{50}=100$ yıl alınmıştır. Farklı emisyon oranlarında tahmin edilen değerler Tablo 8.12'de verilmektedir.

Tablo 8.12. Ekili Topraklar İçin ($Z=15$ cm) Farklı Emisyon Oranlarında Topraktaki Tahmini PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg. kg ⁻¹)	Maksimum (pg. kg ⁻¹)	Limit (pg. kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000164	0.001086	0.004559	0.006145
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000086	0.00238	0.010373	0.013472
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000081	0.000693	0.002999	0.003922
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000266	0.001204	0.00478	0.006816
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000079	0.000663	0.002819	0.003752
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.001827	0.007697	0.02892	0.04357
OCDD	0.006776	0.009397	0.027781	0.053196
2,3,7,8-TCDF	0.000144	0.017669	0.075747	0.10002
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000377	0.012752	0.054575	0.072185
2,3,4,7,8-PeCDF	0.00071	0.015669	0.066199	0.0887
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00063	0.009077	0.041291	0.051385
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000592	0.008866	0.040368	0.050191
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.00111	0.005145	0.022096	0.029126
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000052	0.000459	0.002134	0.002596
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.005022	0.027394	0.116626	0.155073
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000244	0.001728	0.007686	0.009785
OCDF	0.002882	0.002687	0.007121	0.015212
TEQ	0.000957	0.015506	0.066364	0.087774

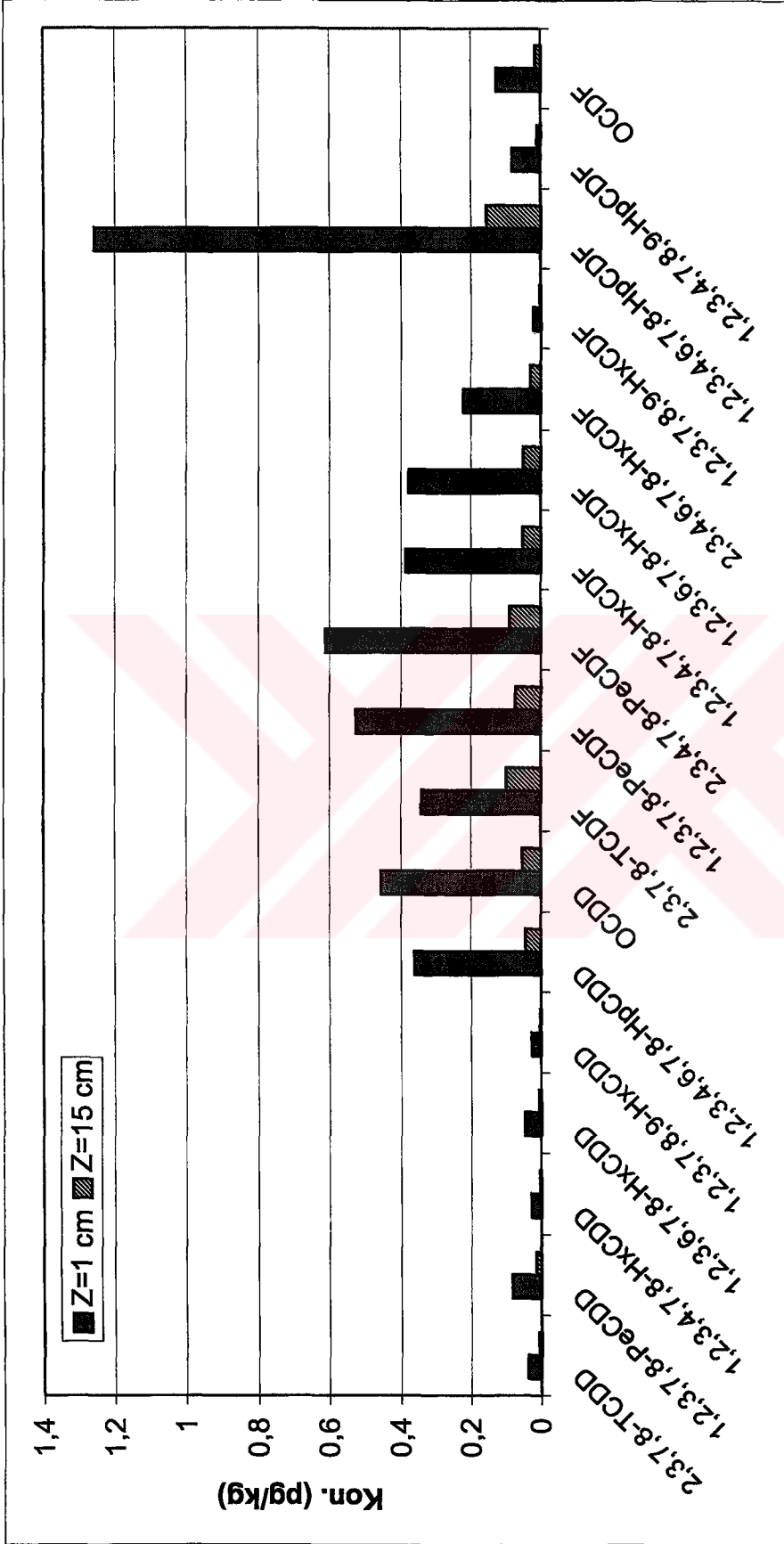
Ekili ve ekili olmayan topraklarda tahmin edilen konjener konsantrasyonlarının bir karşılaştırmasını yapmak üzere, toprakta limit emisyon oranı için hesaplanan PCDD/F konsantrasyonları Şekil 8. 17b'de gösterilmiştir.

Genel olarak ekili olmayan yüzey topraklarında tahmin edilen konsantrasyonlar, ekili topraklardakilere oranla 6-8.5 kat (TEQ bazında 6.5) daha yüksektir. Bunun tek istisnası yüzey konsantrasyonu ekili toprağa göre 3.4 kat daha büyük olan 2,3,7,8-TCDF'dir. Veriler bu oranın konjenerlerde uçuculaşma azaldıkça arttığını

göstermektedir. Bu da daha uçucu olan bileşiklerin yüzeydeki yarılanma ömürlerinin daha kısa olması nedeniyledir.

Öte yandan, Şekil 8.17’de de görüldüğü üzere, toprakta beklenen konjener dağılımı, konjenerlerin havadaki konsantrasyonlarda ve toprağa birikimdeki dağılımlarının bir bileşkesi gibi görünmektedir. Toksikolojik açıdan yüksek TEQ değerine sahip 2,3,4,7,8-PeCDF’nin yüzey topraklarındaki konsantrasyonunun en yüksek ikinci konsantrasyon olması, buna bağlı maruz kalma yollarında bu bileşiğin hareketinin baskın olacağını göstermektedir. Bu maruz kalma yolları, risk değerlendirme çalışmasında ele alınan yolların neredeyse tamamını oluşturmaktadır. Bu bakımdan duyarlılık ve belirsizlik analizlerinde özellikle ele alınacaktır.





Şekil 8.17b. Limit emisyon oranı için ekili olmayan (Z=1 cm) ve ekili (Z=15 cm) topraklarda hesaplanan PCDD/F konjener konsantrasyonları

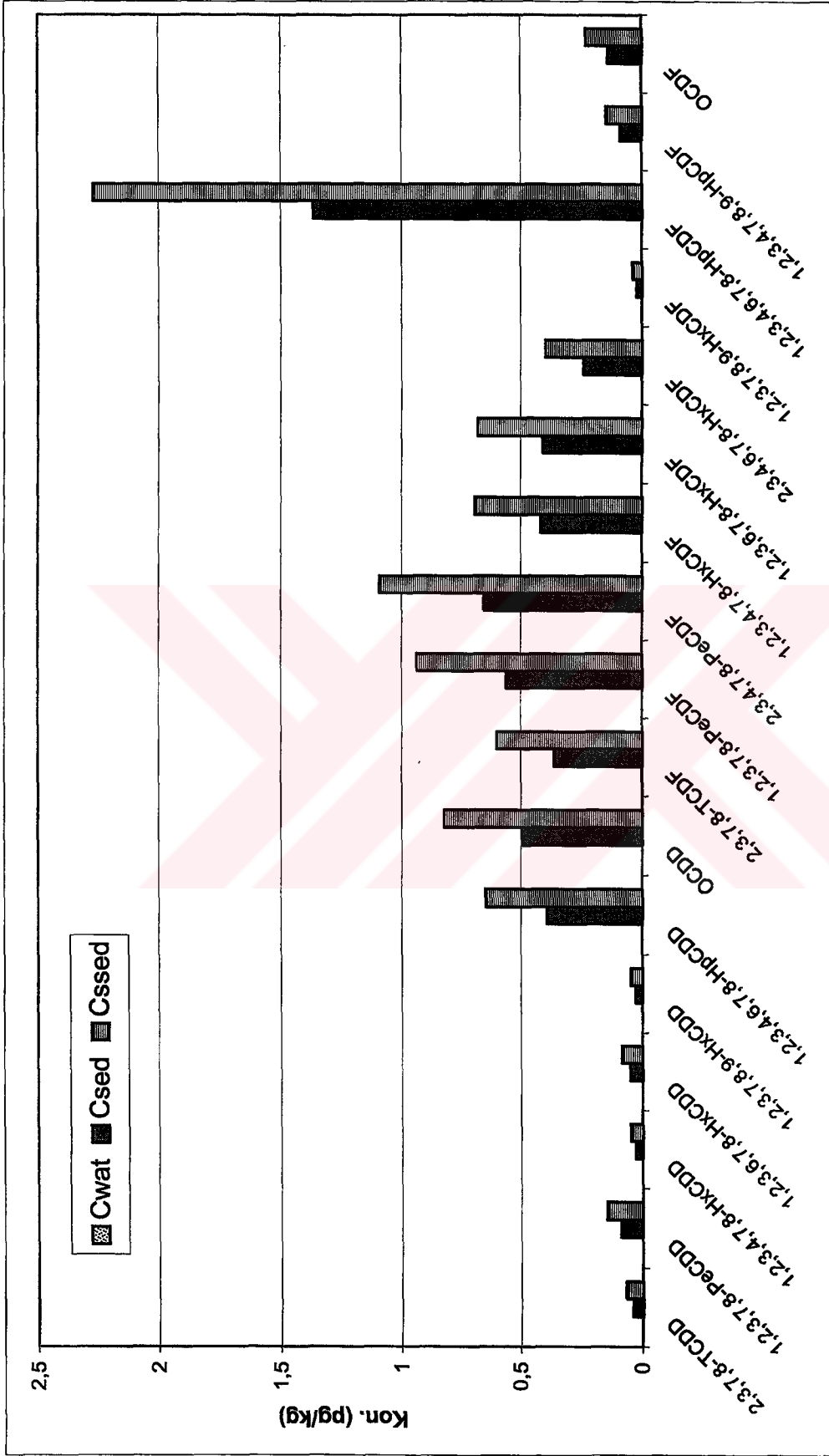
8.6. YüzeY Suları ve Sedimentlerdeki Konsantrasyonların Tahmini

Daha önce de belirtildiği gibi pilot bölgede yaşayan insanların Körfez sularında avlanan balıkları tüketme yoluyla PCDD/F konsantrasyonlarına maruz kalmaları, tesisin Körfez'e uzaklığı, burada avlanan balık miktarının son derece sınırlı olması ve insanların balık tüketimlerinin çok az olması nedeniyle ihmal edilmiştir. Ancak tesis emisyonlarının toprağa birikmesinin ardından yüzeY sularıyla Körfez'e taşınmaları sonucu suda, sedimentlerde ve askıdaki sedimentlerde meydana gelecek İZAYDAŞ kaynaklı kirlilik hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların ayrıntıları Bölüm 6.3.5'te verilmektedir. Bu hesaplamalar, ileriki yıllarda Körfez'in temizlenmesi ve balık türlerinin artması neticesinde balıkçılık faaliyetlerinde artış olması ihtimaline dayanılarak yapılmıştır. Ancak belirtmek gerekir ki, gelecek yıllarda eğer bu ihtimal gerçekleşirse, öncelikle, Körfez'in etrafında kurulmuş olup önemli miktarlarda PCDD/F içerdikleri kabul edilen atıksularını yıllarca Körfez'e deşarj eden çeşitli fabrikaların yarattığı (ve İZAYDAŞ etkisinden bağımsız olarak var olan) kirlilik düzeylerinin belirlenmesi için ayrıntılı bir çalışma yapılması gerekecektir. Yaklaşık 50 yıldır faaliyette olan SEKA, geçmişte çalışmakta iken son yıllarda artan çevresel baskılarla kapatılmış olan KLOR ALKALİ bu tesislerden bazılarıdır. Bölüm 3'te de belirtildiği gibi proseslerinde klor kullanan bu tür kağıt, pestisit vb. sanayilerin atıksularında yüksek oranda PCDD/F konsantrasyonları görülmektedir.

İZAYDAŞ etkisiyle suda, sedimentlerde ve askıdaki sedimentlerde meydana geleceği hesaplanan PCDD/F konjenerleri konsantrasyonları Tablo 8.13'te verilmektedir. Limit emisyon oranındaki konjener dağılımları ise Şekil 8.18'de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi model, dioksinlerin hidrofobik yapısına atfen, suda bulunan PCDD/F'ler sedimentler üzerinde yoğunlaştırmaktadır. Konjenerler sedimentlerin organik fraksiyonlarına absorplandığı için, konsantrasyon değerleri büyük oranda organik fraksiyonlar tarafından belirlenmektedir. Pilot bölgeden Körfez'e PCDD/F taşınması erozyon yoluyla olacağı için yüzeY topraklarındaki konsantrasyon dağılımları sediment ve askıdaki sedimentlere de yansıtılmıştır.

Tablo 8.13. Değişik Emisyon Oranları İçin Suda (C_{wat}), Sedimentlerde (C_{sed}) ve Askrdaki Sedimentlerde (C_{ssed}) Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)		
	C_{wat}	C_{sed}	C_{ssed}	C_{wat}	C_{sed}	C_{ssed}	C_{wat}	C_{sed}	C_{ssed}	C_{wat}	C_{sed}	C_{ssed}
2,3,7,8-TCDD	1.3×10^{-8}	0.001053	0.001754	8.59×10^{-8}	0.006962	0.011603	3.61×10^{-7}	0.029236	0.048726	4.87×10^{-7}	0.039408	0.06568
1,2,3,7,8-PeCDD	6.88×10^{-9}	0.000557	0.000929	1.91×10^{-7}	0.015479	0.025798	8.33×10^{-7}	0.067466	0.112443	1.08×10^{-6}	0.087622	0.146036
1,2,3,4,7,8-HxCDD	5.2×10^{-8}	0.000593	0.000989	4.47×10^{-9}	0.005092	0.008487	1.93×10^{-8}	0.022044	0.036741	2.53×10^{-8}	0.028827	0.048045
1,2,3,6,7,8-HxCDD	5.43×10^{-9}	0.001953	0.003256	2.45×10^{-8}	0.008827	0.014711	9.73×10^{-8}	0.035037	0.058395	1.39×10^{-7}	0.049967	0.083278
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.61×10^{-9}	0.000579	0.000964	1.35×10^{-8}	0.004859	0.008098	5.74×10^{-8}	0.020665	0.034441	7.64×10^{-8}	0.027506	0.045843
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	5.59×10^{-9}	0.016388	0.027314	2.35×10^{-8}	0.069043	0.115072	8.84×10^{-8}	0.259423	0.432371	1.33×10^{-7}	0.39084	0.6514
OCDD	8.72×10^{-8}	0.06279	0.104649	1.21×10^{-7}	0.087085	0.145141	3.58×10^{-7}	0.257445	0.429075	6.85×10^{-7}	0.49297	0.821617
2,3,7,8-TCDF	8.27×10^{-9}	0.000521	0.000869	1.02×10^{-6}	0.063945	0.106576	4.35×10^{-6}	0.274136	0.456894	5.75×10^{-6}	0.361983	0.603304
1,2,3,7,8-PeCDF	2.57×10^{-8}	0.00293	0.004884	8.7×10^{-7}	0.099164	0.165274	3.72×10^{-6}	0.424407	0.707344	4.92×10^{-6}	0.561349	0.935581
2,3,4,7,8-PeCDF	3.41×10^{-8}	0.005243	0.008738	7.53×10^{-7}	0.115726	0.192877	3.18×10^{-6}	0.488919	0.814865	4.26×10^{-6}	0.655102	1.091837
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.42×10^{-8}	0.005114	0.008524	2.05×10^{-7}	0.073662	0.12277	9.31×10^{-7}	0.33507	0.558451	1.16×10^{-6}	0.416986	0.694977
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.33×10^{-8}	0.004803	0.008005	2×10^{-7}	0.071951	0.119918	9.1×10^{-7}	0.327587	0.545978	1.13×10^{-6}	0.407298	0.67883
2,3,4,6,7,8-HxCDF	2.52×10^{-8}	0.009083	0.015139	1.17×10^{-7}	0.04211	0.070184	5.02×10^{-7}	0.180841	0.301402	6.62×10^{-7}	0.238378	0.397297
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.26×10^{-9}	0.000452	0.000754	1.11×10^{-8}	0.003985	0.006642	5.15×10^{-8}	0.018546	0.030909	6.27×10^{-8}	0.02256	0.0376
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	3×10^{-8}	0.044156	0.073594	1.64×10^{-7}	0.24086	0.401433	6.98×10^{-7}	1.025422	1.709036	9.28×10^{-7}	1.363461	2.272435
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.49×10^{-9}	0.002188	0.003647	1.05×10^{-8}	0.015482	0.025803	4.68×10^{-8}	0.068841	0.114735	5.96×10^{-8}	0.087639	0.146064
OCDF	2.22×10^{-9}	0.026018	0.043364	2.07×10^{-9}	0.024261	0.040434	5.49×10^{-9}	0.064289	0.107149	1.17×10^{-8}	0.137334	0.22889
TEQ	4.22×10^{-8}	0.007125	0.011876	7.63×10^{-7}	0.10833	0.180551	3.26×10^{-6}	0.4639	0.773166	4.32×10^{-6}	0.613237	1.022062



Şekil 8.18. Limit emisyon oranında Körfez'de su (Cwat), sedimentler (Csed) ve askıdaki sedimentlerde (Csed) İZAYDAŞ etkisiyle beklenen PCDD/F konjener konsantrasyonları.

8.7. Bitkilerdeki Konsantrasyonların Tahmini

Bitkilerin çevreden PCDD/F almaları, temelde Bölüm 6.3.6'da ayrıntılı olarak ele alınan üç yolla (kökler, doğrudan birikim ve havadan yaprağa transfer) olmakla birlikte, bu yolların görece önemi ve toplam içindeki payları her bir bitki türü için değişir. Bu bakımdan her bitki türü ayrı ayrı ele alınacaktır.

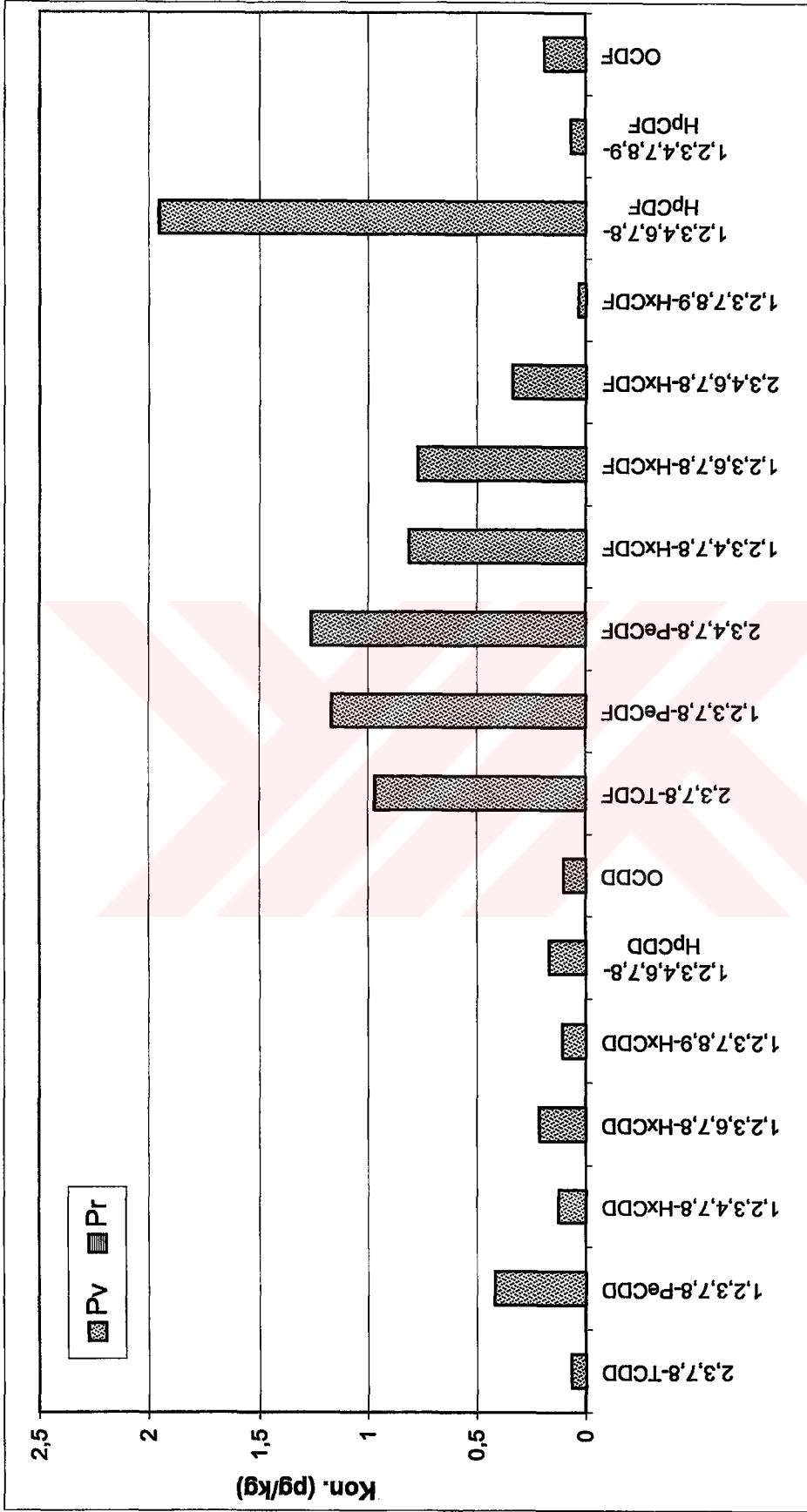
8.7.1. Tahıllardaki konsantrasyonların tahmini

İnsan ve hayvan diyetinde önemli bir yer tutan tahıllar, yetişme evresinde atmosfere kapalı oldukları için doğrudan birikim yolundan etkilenmedikleri kabul edilir. Bu bakımdan kesişme faktörü sıfır olarak alınmıştır. Diğer yollara ilişkin ayrıntılı bilgiler Bölüm 6.3.6'da verilmektedir.

Tahıllardaki konsantrasyonlar ve kimyasallara maruz kalma şekillerine göre ayrışmaları Tablo 8.14'te özetlenmiştir. Şekil 8.19 ise limit emisyon oranında konjenerlerin tahıllardaki dağılım şekillerinin göstermektedir. Kullanılan metodoloji verili koşullarda tahıllar için havadan yaprağa transferin en önemli maruz kalma yolu olduğunu göstermektedir. Bu yol, tüm konjenerler için toplam konsantrasyonun % 99'dan fazlasını oluşturmaktadır. Son derece küçük olan kökten alımın toplama katkısı, görece olarak, uçucu bileşiklerde daha fazladır. Burada da, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD'nin yanı sıra TCDF ve PeCDF'lerin, buhar fazı konsantrasyonlarına bağlı olarak, diğer konjenerlere göre daha baskın olması beklenmektedir.

Tablo 8.14. Değişik Emisyon Oranları İçin Tahıllardaki Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)		
	Pv	Pr	Toplam	Pv	Pr	Toplam	Pv	Pr	Toplam	Pv	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001744	5.56x10 ⁻⁶	0.00175	0.011535	3.68x10 ⁻⁵	0.011572	0.048444	0.000154	0.048598	0.065299	0.000208	0.065507
1,2,3,7,8-PeCDD	0.002644	2.94x10 ⁻⁶	0.002647	0.073445	8.17x10 ⁻⁵	0.073527	0.320119	0.000356	0.320475	0.415758	0.000463	0.416221
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002601	6.67x10 ⁻⁷	0.002601	0.022323	5.73x10 ⁻⁶	0.022329	0.096635	0.000025	0.09666	0.126369	0.000032	0.126401
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008256	2.2 x10 ⁻⁶	0.008258	0.037304	9.95x10 ⁻⁶	0.037314	0.148076	0.00004	0.148116	0.211173	0.000056	0.211229
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.002257	1.25x10 ⁻⁶	0.002259	0.018958	1.05x10 ⁻⁵	0.018968	0.080624	0.000045	0.080669	0.107315	0.000059	0.107374
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.007058	1.39x10 ⁻⁵	0.007072	0.029737	5.87x10 ⁻⁵	0.029795	0.111733	0.00022	0.111953	0.168334	0.000332	0.168666
OCDD	0.013107	4.1x10 ⁻⁵	0.013148	0.018179	5.69x10 ⁻⁵	0.018236	0.053741	0.000168	0.053909	0.102906	0.000322	0.103228
2,3,7,8-TCDF	0.001393	3.2x10 ⁻⁶	0.001396	0.170843	0.000393	0.171236	0.732408	0.001685	0.734093	0.967107	0.002225	0.969332
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006077	1.26x10 ⁻⁵	0.00609	0.205648	0.000427	0.206075	0.880142	0.001827	0.881969	1.164135	0.002416	1.166551
2,3,4,7,8-PeCDF	0.010074	1.89x10 ⁻⁵	0.010093	0.222357	0.000418	0.222775	0.939413	0.001765	0.941178	1.258719	0.002365	1.261084
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.009988	1.11x10 ⁻⁵	0.009999	0.14386	0.000159	0.144019	0.654384	0.000725	0.655109	0.814364	0.000902	0.815266
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.009121	1.04x10 ⁻⁵	0.009132	0.136642	0.000156	0.136797	0.622122	0.000708	0.62283	0.773503	0.000881	0.774384
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.012762	1.96x10 ⁻⁵	0.012782	0.059166	9.11x10 ⁻⁵	0.059257	0.254086	0.000391	0.254477	0.334927	0.000515	0.335442
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00067	9.78x10 ⁻⁷	0.000671	0.005901	8.62x10 ⁻⁶	0.00591	0.027461	0.00004	0.027502	0.033405	0.000049	0.033454
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.063211	4.29x10 ⁻⁵	0.063254	0.344797	0.000234	0.345031	1.467916	0.000996	1.468912	1.951827	0.001325	1.953152
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001664	2.13x10 ⁻⁶	0.001666	0.01177	1.5x10 ⁻⁵	0.011785	0.052335	6.69x10 ⁻⁵	0.052402	0.066626	0.000085	0.066711
OCDF	0.035881	7.62x10 ⁻⁶	0.035889	0.033457	7.11x10 ⁻⁶	0.033464	0.08866	1.88x10 ⁻⁵	0.088679	0.189394	0.00004	0.189434
TEQ	0.01388	2.27x10 ⁻⁵	0.013903	0.233133	0.000394	0.233527	1.000259	0.001685	1.001944	1.319721	0.002232	1.321954



8.19. Limit emisyon oranı için tablolardaki tahmini PCDD/F konsantrasyonları ve alım yolları.

8.7.2. Otlardaki konsantrasyonların tahmini

Yer yüzeyinde bulunan küçük otlardaki konsantrasyonların tahmin edilmesi, özellikle hayvanların besin diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaları bakımından son derece önemlidir. Bu bitkiler yer yüzeyi üzerinde sıkı bir örtü oluşturdıkları için havadan yaprağa transfer, ıslak ve kuru birikim ve köklerle topraktan alım yollarının tümünden etkilenirler. Havadan yaprağa transferde düzeltme faktörü, tüm bitkiler için 1.0 alınmıştır. Islak ve kuru birikim yoluyla alınan dioksinler içinse; ıslak birikimin yüzeye yapışan fraksiyonu (Fw) 0.3; ürün oranı (Yp) 0.15 kg.m⁻²; kesişme faktörü (Rp) 0.35, bitki yüzey kaybı katsayısı (kp) 18 y⁻¹ ve maruz kalma süresi (Tp) 0.12 yıl kabul edilmiştir.

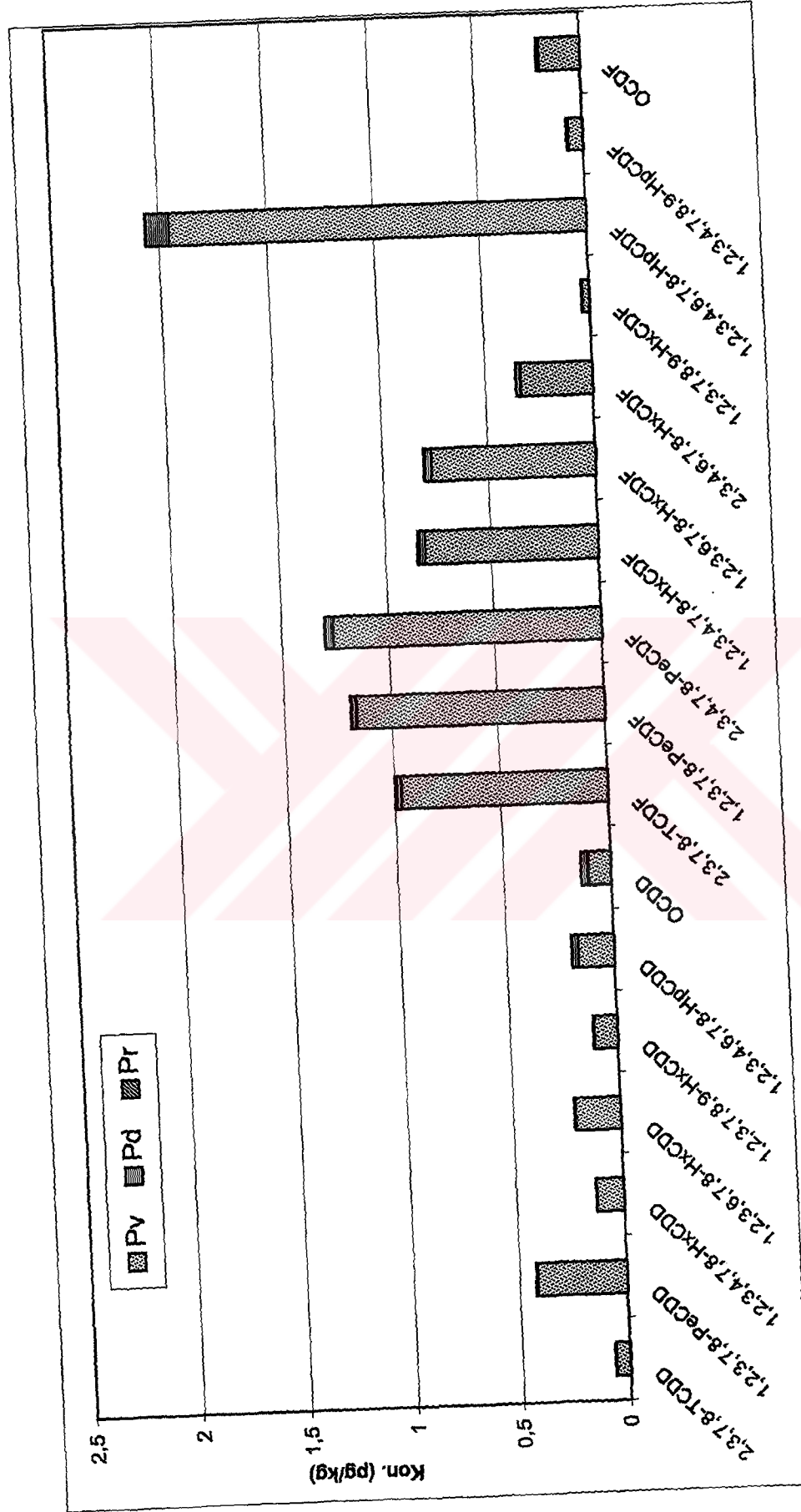
Otlarda oluşacakları tahmin edilen konsantrasyonlar ve kimyasallara maruz kalma şekillerine göre ayrışmaları Tablo 8.15'te özetlenmiştir. Şekil 8.20'de de limit emisyon oranında konjenerlerin otlardaki dağılımı ve maruz kalma yolları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi tahıllar ile tek fark, ıslak ve kuru birikimden kaynaklanan kirletici konsantrasyonlarıdır. Otlar için de havadan yaprağa transferin baskın kirlenme yolu olduğu öngörülmüştür. 4ve 5 klorlu uçucu bileşiklerde havadan yaprağa transferin payı % 97-98 iken, HpCDD ve OCDD'de bo oran sırasıyla % 85 ve % 74'tür. Islak ve kuru birikimde partiküller daha etkin olduğu için durum havadan yaprağa transferin tersidir. Birikimlerin payı 1,2,3,7,8-PeCDD'de % 1.5 iken OCDD'de % 25'e çıkmaktadır. Kökten alım da, uçucu bileşiklerde toplamın % 0.2-0.3'ünü, uçucu olmayanlarda ise % 0.02-0.12'sini oluşturmaktadır.

Tablo 8.15. Değişik Emisyon Oranları İçin Otlardaki Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001744	0.00005	0.000006	0.0018	0.011535	0.000329	0.000037	0.011901
1,2,3,7,8-PeCDD	0.002644	0.00004	0.000003	0.002688	0.073445	0.001123	0.000082	0.07465
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002601	0.00006	0.000001	0.002661	0.022323	0.000512	0.000006	0.022841
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008256	0.000199	0.000002	0.008457	0.037304	0.000899	0.00001	0.038214
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.002257	0.00006	0.000001	0.002319	0.018958	0.000505	0.000011	0.019474
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.007058	0.001202	0.000014	0.008274	0.029737	0.005063	0.000059	0.034858
OCDD	0.013107	0.004386	0.000041	0.017534	0.018179	0.006083	0.000057	0.024318
2,3,7,8-TCDF	0.001393	0.00004	0.000003	0.001436	0.170843	0.004917	0.000393	0.176153
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006077	0.000129	0.000013	0.006218	0.205648	0.004351	0.000427	0.210427
2,3,4,7,8-PeCDF	0.010074	0.00029	0.000019	0.010383	0.222357	0.006402	0.000418	0.229177
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.009988	0.000401	0.000011	0.010401	0.14386	0.005782	0.000159	0.149801
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.009121	0.000383	0.00001	0.009514	0.136642	0.005733	0.000156	0.142531
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.012762	0.000812	0.00002	0.013594	0.059166	0.003766	0.000091	0.063023
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00067	0.000036	0.000001	0.000707	0.005901	0.000318	0.000009	0.006227
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.063211	0.00356	0.000043	0.066814	0.344797	0.019421	0.000234	0.364451
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001664	0.000177	0.000002	0.001843	0.01177	0.001251	0.000015	0.013035
OCDF	0.035881	0.002623	0.000008	0.038512	0.033457	0.002446	0.000007	0.03591
TEQ	0.01388	0.000477	0.000023	0.01438	0.233133	0.006818	0.000394	0.240346

Tablo 8.15 (devam). Değişik Emisyon Oranları İçin Otlardaki Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.048444	0.001381	0.000154	0.049979	0.065299	0.001862	0.000208	0.067369
1,2,3,7,8-PeCDD	0.320119	0.004894	0.000356	0.32537	0.415758	0.006357	0.000463	0.422578
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.096635	0.002216	0.000025	0.098876	0.126369	0.002898	0.000032	0.129299
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.148076	0.00357	0.00004	0.151686	0.211173	0.005092	0.000056	0.216321
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.080624	0.00215	0.000045	0.082819	0.107315	0.002861	0.000059	0.110236
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.111733	0.019023	0.00022	0.130976	0.168334	0.028659	0.000332	0.197326
OCDD	0.053741	0.017982	0.000168	0.071891	0.102906	0.034433	0.000322	0.137661
2,3,7,8-TCDF	0.732408	0.021081	0.001685	0.755175	0.967107	0.027837	0.002225	0.997169
1,2,3,7,8-PeCDF	0.880142	0.018623	0.001827	0.900592	1.164135	0.024632	0.002416	1.191184
2,3,4,7,8-PeCDF	0.939413	0.027047	0.001765	0.968225	1.258719	0.03624	0.002365	1.297324
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.654384	0.026301	0.000725	0.68141	0.814364	0.032731	0.000902	0.847997
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.622122	0.026104	0.000708	0.648934	0.773503	0.032455	0.000881	0.806839
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.254086	0.016174	0.000391	0.270651	0.334927	0.02132	0.000515	0.356762
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.027461	0.001478	0.00004	0.02898	0.033405	0.001798	0.000049	0.035252
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.467916	0.08268	0.000996	1.551593	1.951827	0.109937	0.001325	2.063089
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.052335	0.005562	0.000067	0.057964	0.066626	0.007081	0.000085	0.073791
OCDF	0.08866	0.006482	0.000019	0.095161	0.189394	0.013847	0.00004	0.203282
TEQ	1.000259	0.029288	0.001685	1.031232	1.319721	0.038596	0.002232	1.36055



8.20. Limit emisyon oranı için otlardaki tahmini PCDD/F konsantrasyonları dağılımı ve alım yolları.

8.7.3. Meyvelerdeki konsantrasyonların tahmini

Meyveler, bölgede yaşayan insanların diyetlerinde önemli bir yer tutarlar. Bölgede tüketilen meyvelerin önemli bir bölümü yerel olarak yetiştirilmese de özellikle kırsal kesimlerde elma, armut, kiraz, çilek vb. meyveler bolca yetiştirilmekte ve evlerde tüketilmektedir. Meyveler yapıları itibarıyla ıslak ve kuru birikimden fazla etkilenmezler. Özellikle bölgede sıkça yağan yağmurlar, ıslak birikime neden olmaktan ziyade mevcut birikimin meyve üzerinden yıkanmasına neden olurlar. Bu bakımdan kesişme faktörü % 4 alınmıştır. Islak ve kuru birikim yoluyla alınan dioksinler için; ıslak birikimin yüzeye yapışan fraksiyonu (Fw) 0.3; ürün oranı (Yp) 0.13 kg.m^{-2} ; kesişme faktörü (Rp) 0.04, bitki yüzey kaybı katsayısı (kp) 18 y^{-1} ve maruz kalma süresi (Tp) 1 yıl kabul edilmiştir.

Meyvelerde tahmin edilen konsantrasyonlar ve kimyasallara maruz kalma şekillerine göre ayrışmaları Tablo 8.16'da özetlenmiştir. Konjenerlerin dağılımı ve meyveler tarafından alım yolları Şekil 8.20'de otlar için verilen dağılıma benzerdir. Sadece kesişme faktörü daha düşük olduğu için doğrudan birikimle gelen konsantrasyonlar otlara göre biraz daha düşüktür. Birikimin etkisi az kabul edildiği için ağırlık havadan yaprağa transferdedir. Havadan yaprağa transferin toplama oranı tüm konjenerler için % 90'ın üzerinde olup, 4-5 klorlu konjenerlerde %98-99 arasında, 7-8 klorlu konjenerlerde ise % 95-98 arasındadır.

Tablo 8.16. Değişik Emisyon Oranları İçin Meyvelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001744	0.000007	0.000006	0.001757	0.011535	0.000049	0.000037	0.011621
1,2,3,7,8-PeCDD	0.002644	0.000006	0.000003	0.002653	0.073445	0.000167	0.000082	0.073694
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002601	0.000009	0.000001	0.00261	0.022323	0.000076	0.000006	0.022405
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008256	0.000003	0.000002	0.008288	0.037304	0.000134	0.00001	0.037448
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.002257	0.000009	0.000001	0.002268	0.018958	0.000075	0.000011	0.019043
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.007058	0.000179	0.000014	0.007251	0.029737	0.000755	0.000059	0.03055
OCDD	0.013107	0.000654	0.000041	0.013802	0.018179	0.000907	0.000057	0.019142
2,3,7,8-TCDF	0.001393	0.000006	0.000003	0.001402	0.170843	0.000733	0.000393	0.171969
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006077	0.000019	0.000013	0.006109	0.205648	0.000649	0.000427	0.206724
2,3,4,7,8-PeCDF	0.010074	0.000043	0.000019	0.010136	0.222357	0.000954	0.000418	0.223729
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.009988	0.00006	0.000011	0.010059	0.14386	0.000862	0.000159	0.144881
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.009121	0.000057	0.00001	0.009189	0.136642	0.000855	0.000156	0.137652
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.012762	0.000121	0.00002	0.012903	0.059166	0.000561	0.000091	0.059818
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00067	0.000005	0.000001	0.000676	0.005901	0.000047	0.000009	0.005957
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.063211	0.000531	0.000043	0.063784	0.344797	0.002895	0.000234	0.347926
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001664	0.000026	0.000002	0.001692	0.01177	0.000186	0.000015	0.011971
OCDF	0.035881	0.000391	0.000008	0.03628	0.033457	0.000365	0.000007	0.033829
TEQ	0.01388	0.000071	0.000023	0.013974	0.233133	0.001016	0.000394	0.234544

Tablo 8.16 (Devam). Değişik Emisyon Oranları İçin Meyvelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.048444	0.000206	0.000154	0.048804	0.065299	0.000278	0.000208	0.065785
1,2,3,7,8-PeCDD	0.320119	0.00073	0.000356	0.321205	0.415758	0.000948	0.000463	0.417169
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.096635	0.00033	0.000025	0.09699	0.126369	0.000432	0.000032	0.126833
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.148076	0.000532	0.00004	0.148648	0.211173	0.000759	0.000056	0.211988
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.080624	0.00032	0.000045	0.08099	0.107315	0.000427	0.000059	0.107801
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.111733	0.002836	0.00022	0.114789	0.168334	0.004272	0.000332	0.172938
OCDD	0.053741	0.00268	0.000168	0.05659	0.102906	0.005132	0.000322	0.108361
2,3,7,8-TCDF	0.732408	0.003142	0.001685	0.737236	0.967107	0.004149	0.002225	0.973481
1,2,3,7,8-PeCDF	0.880142	0.002776	0.001827	0.884745	1.164135	0.003672	0.002416	1.170223
2,3,4,7,8-PeCDF	0.939413	0.004032	0.001765	0.94521	1.258719	0.005402	0.002365	1.266485
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.654384	0.00392	0.000725	0.659029	0.814364	0.004879	0.000902	0.820145
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.622122	0.003891	0.000708	0.626721	0.773503	0.004838	0.000881	0.779221
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.254086	0.002411	0.000391	0.256888	0.334927	0.003178	0.000515	0.33862
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.027461	0.00022	0.00004	0.027722	0.033405	0.000268	0.000049	0.033722
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.467916	0.012324	0.000996	1.481237	1.951827	0.016387	0.001325	1.969539
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.052335	0.000829	0.000067	0.053231	0.066626	0.001055	0.000085	0.067766
OCDF	0.08866	0.000966	0.000019	0.089645	0.189394	0.002064	0.00004	0.191498
TEQ	1.000259	0.004366	0.001685	1.00631	1.319721	0.005753	0.002232	1.327707

8.7.4. Yapraklı sebzelerdeki konsantrasyonların tahmini

Marul, kıvırcık, ıspanak vb. yapraklı sebzeler bölgede, özellikle kırsal kesimde çokça yetiştirilip tüketilmektedir. Bu sebzelerden bir çoğu kentin değişik yerlerinde kurulan pazarlara da götürülüp satılmaktadır. Görece yüksek temas yüzeyleri nedeniyle ıslak ve kuru birikimden etkilenirler. Islak ve kuru birikim yoluyla alınan dioksinler için; ıslak birikimin yüzeye yapışan fraksiyonu (Fw) 0.3; ürün oranı (Yp) 0.3 kg.m⁻²; kesişme faktörü (Rp) 0.22, bitki yüzey kaybı katsayısı (kp) 18 y⁻¹ ve maruz kalma süresi (Tp) 0.5 yıl kabul edilmiştir.

Bu sebzeler için tahmin edilen konsantrasyonlar ve alım yolları Tablo 8.17'de özetlenmiştir. Konjenerlerin dağılımı ve alım yolları ise Şekil 8.20'de otlar için verilen dağılıma ve alım yollarına benzerdir. Burada da birikim etkisinin otlarda olduğu gibi görece olarak daha etkili olacağı öngörülmüştür. Havadan yaprağa transfer genel olarak % 95'ten büyük olsa da, HpCDD ve OCDD'de birikimin etkisi sırasıyla % 6 ve % 11 civarındadır.

Tablo 8.17. Değişik Emisyon Oranları İçin Yapraklı Sebzelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001744	0.000018	0.000006	0.001767	0.011535	0.000117	0.000037	0.011689
1,2,3,7,8-PeCDD	0.002644	0.000014	0.000003	0.002662	0.073445	0.000399	0.000082	0.073926
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002601	0.000021	0.000001	0.002622	0.022323	0.000182	0.000006	0.022511
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008256	0.000071	0.000002	0.008329	0.037304	0.00032	0.00001	0.037634
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.002257	0.000021	0.000001	0.00228	0.018958	0.00018	0.000011	0.019148
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.007058	0.000427	0.000014	0.007499	0.029737	0.001798	0.000059	0.031594
OCDD	0.013107	0.001558	0.000041	0.014706	0.018179	0.002161	0.000057	0.020396
2,3,7,8-TCDF	0.001393	0.000014	0.000003	0.00141	0.170843	0.001747	0.000393	0.172982
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006077	0.000046	0.000013	0.006135	0.205648	0.001546	0.000427	0.207621
2,3,4,7,8-PeCDF	0.010074	0.000103	0.000019	0.010196	0.222357	0.002274	0.000418	0.225049
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.009988	0.000143	0.000011	0.010142	0.14386	0.002054	0.000159	0.146073
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.009121	0.000136	0.00001	0.009268	0.136642	0.002037	0.000156	0.138834
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.012762	0.000289	0.00002	0.01307	0.059166	0.001338	0.000091	0.060595
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00067	0.000013	0.000001	0.000683	0.005901	0.000113	0.000009	0.006023
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.063211	0.001265	0.000043	0.064518	0.344797	0.006898	0.000234	0.351929
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001664	0.000063	0.000002	0.001729	0.01177	0.000444	0.000015	0.012229
OCDF	0.035881	0.000932	0.000008	0.03682	0.033457	0.000869	0.000007	0.034333
TEQ	0.01388	0.000169	0.000023	0.014072	0.233133	0.002422	0.000394	0.235949

Tablo 8.17 (Devam). Değişik Emisyon Oranları İçin Yapraklı Sebzelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.048444	0.000491	0.000154	0.049089	0.065299	0.000661	0.000208	0.066169
1,2,3,7,8-PeCDD	0.320119	0.001739	0.000356	0.322214	0.415758	0.002258	0.000463	0.418479
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.096635	0.000787	0.000025	0.097447	0.126369	0.001029	0.000032	0.12743
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.148076	0.001268	0.00004	0.149384	0.211173	0.001809	0.000056	0.213038
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.080624	0.000764	0.000045	0.081433	0.107315	0.001016	0.000059	0.108391
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.111733	0.006757	0.00022	0.118711	0.168334	0.01018	0.000332	0.178846
OCDD	0.053741	0.006387	0.000168	0.060297	0.102906	0.012231	0.000322	0.115459
2,3,7,8-TCDF	0.732408	0.007488	0.001685	0.741582	0.967107	0.009888	0.002225	0.97922
1,2,3,7,8-PeCDF	0.880142	0.006615	0.001827	0.888584	1.164135	0.00875	0.002416	1.175301
2,3,4,7,8-PeCDF	0.939413	0.009607	0.001765	0.950786	1.258719	0.012873	0.002365	1.273956
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.654384	0.009342	0.000725	0.664451	0.814364	0.011626	0.000902	0.826892
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.622122	0.009272	0.000708	0.632103	0.773503	0.011528	0.000881	0.785912
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.254086	0.005745	0.000391	0.260222	0.334927	0.007573	0.000515	0.343015
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.027461	0.000525	0.00004	0.028027	0.033405	0.000639	0.000049	0.034093
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.467916	0.029369	0.000996	1.498281	1.951827	0.039051	0.001325	1.992203
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.052335	0.001976	0.000067	0.054378	0.066626	0.002515	0.000085	0.069226
OCDF	0.08866	0.002303	0.000019	0.090981	0.189394	0.004919	0.00004	0.194353
TEQ	1.000259	0.010403	0.001685	1.012348	1.319721	0.01371	0.002232	1.335663

8.7.5. Baklagillerdeki konsantrasyonların tahmini

Bölgede tüketilen baklagiller genel olarak dışarıdan gelmektedir. Ancak kırsal bölgelerde az da olsa, evde tüketilmek üzere nohut, fasulye vb. ürünler yetiştirilmektedir. Genel olarak büyüme aşamasında kapalı oldukları için atmosferdeki birikimden etkilenmezler. Ancak burada, fasulye gibi tohumları açılmadan da tüketilebilen türler için oluşabilecek birikim etkileri, % 1'lik bir kesişme faktörü ile temsil edilmiştir. Islak ve kuru birikim yoluyla alınan dioksinler için; ıslak birikimin yüzeye yapışan fraksiyonu (Fw) 0.3; ürün oranı (Yp) 0.13 kg.m⁻²; kesişme faktörü (Rp) 0.01, bitki yüzey kaybı katsayısı (kp) 18 y⁻¹ ve maruz kalma süresi (Tp) 0.42 yıl kabul edilmiştir.

Baklagiller için tahmin edilen konsantrasyonlar ve alım yolları Tablo 8.18'de özetlenmiştir. Baklagiller atmosferik birikimden korunan bitkiler oldukları için havadan yaprağa transfer en önemli kirletici alım yoludur. Bu bakımdan aldıkları dioksinlerin ortalama % 99'unu bu yolla alacakları öngörülmüştür. Diğer iki yolun etkin olduğu konjenerin % 1.5 ile OCDD olacağı tahmin edilmiştir..

Tablo 8.18. Değişik Emisyon Oranları İçin Baklagillerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001744	0.000002	0.000006	0.001752	0.011535	0.000012	0.000037	0.011584
1,2,3,7,8-PeCDD	0.002644	0.000002	0.000003	0.002649	0.073445	0.000042	0.000082	0.073569
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002601	0.000002	0.000001	0.002603	0.022323	0.000019	0.000006	0.022348
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008256	0.000007	0.000002	0.008265	0.037304	0.000034	0.00001	0.037348
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.002257	0.000002	0.000001	0.002261	0.018958	0.000019	0.000011	0.018987
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.007058	0.000045	0.000014	0.007117	0.029737	0.000189	0.000059	0.029984
OCDD	0.013107	0.000163	0.000041	0.013312	0.018179	0.000227	0.000057	0.018462
2,3,7,8-TCDF	0.001393	0.000001	0.000003	0.001397	0.170843	0.000183	0.000393	0.171419
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006077	0.000005	0.000013	0.006095	0.205648	0.000162	0.000427	0.206237
2,3,4,7,8-PeCDF	0.010074	0.000011	0.000019	0.010104	0.222357	0.000238	0.000418	0.223013
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.009988	0.000015	0.000011	0.010014	0.14386	0.000215	0.000159	0.144235
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.009121	0.000014	0.00001	0.009146	0.136642	0.000214	0.000156	0.137011
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.012762	0.00003	0.00002	0.012812	0.059166	0.00014	0.000091	0.059397
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00067	0.000001	0.000001	0.000672	0.005901	0.000012	0.000009	0.005922
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.063211	0.000133	0.000043	0.063386	0.344797	0.000723	0.000234	0.345754
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001664	0.000007	0.000002	0.001672	0.01177	0.000047	0.000015	0.011831
OCDF	0.035881	0.000098	0.000008	0.035986	0.033457	0.000091	0.000007	0.033555
TEQ	0.01388	0.000018	0.000023	0.013921	0.233133	0.000254	0.000394	0.233781

Tablo 8.18 (Devam) . Değişik Emisyon Oranları İçin Baklagillerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.048444	0.000051	0.000154	0.04865	0.065299	0.000069	0.000208	0.065577
1,2,3,7,8-PeCDD	0.320119	0.000182	0.000356	0.320658	0.415758	0.000237	0.000463	0.416458
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.096635	0.000083	0.000025	0.096742	0.126369	0.000108	0.000032	0.126509
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.148076	0.000133	0.00004	0.148248	0.211173	0.00019	0.000056	0.211419
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.080624	0.00008	0.000045	0.080749	0.107315	0.000107	0.000059	0.107481
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.111733	0.000709	0.00022	0.112662	0.168334	0.001067	0.000332	0.169734
OCDD	0.053741	0.00067	0.000168	0.054579	0.102906	0.001282	0.000322	0.104511
2,3,7,8-TCDF	0.732408	0.000785	0.001685	0.734879	0.967107	0.001037	0.002225	0.970369
1,2,3,7,8-PeCDF	0.880142	0.000694	0.001827	0.882662	1.164135	0.000917	0.002416	1.167469
2,3,4,7,8-PeCDF	0.939413	0.001007	0.001765	0.942186	1.258719	0.00135	0.002365	1.262433
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.654384	0.00098	0.000725	0.656089	0.814364	0.001219	0.000902	0.816485
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.622122	0.000972	0.000708	0.623803	0.773503	0.001209	0.000881	0.775592
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.254086	0.000602	0.000391	0.255079	0.334927	0.000794	0.000515	0.336236
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.027461	0.000055	0.00004	0.027557	0.033405	0.000067	0.000049	0.033521
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.467916	0.003079	0.000996	1.471992	1.951827	0.004095	0.001325	1.957247
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.052335	0.000207	0.000067	0.052609	0.066626	0.000264	0.000085	0.066975
OCDF	0.08866	0.000241	0.000019	0.08892	0.189394	0.000516	0.00004	0.18995
TEQ	1.000259	0.001091	0.001685	1.003035	1.319721	0.001438	0.002232	1.323391

8.7.6. Diğer sebzelerdeki konsantrasyonların tahmini

Patlıcan, domates, salatalık ve biber gibi yörede sıkça yetiştirilen ve zaman zaman pazara da götürülen sebzeler günlük besin diyetinin önemli bir bölümünü oluştururlar. Bu bitkiler için ürün oranı (Y_p) 0.196 kg.m^{-2} ; kesişme faktörü (R_p) 0.07, bitki yüzey kaybı katsayısı (k_p) 18 y^{-1} ve maruz kalma süresi (T_p) 0.33 yıl kabul edilmiştir.

Bu sebzeler için tahmin edilen konsantrasyonlar ve alım yolları Tablo 8.19'da özetlenmiştir. Havadan yaprağa transferin baskın yol olacağı öngörüsü bu sebzeler için de geçerlidir. Birikim etkisi ise kesişme faktörüne bağlı olarak % 5.5'e (OCDD) kadar çıkabilmektedir.

Tablo 8.19. Değişik Emisyon Oranları İçin Diğer Sebzelere Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Minimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Ortalama Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.001744	0.000009	0.000006	0.001758	0.011535	0.000057	0.000037	0.011629
1,2,3,7,8-PeCDD	0.002644	0.000007	0.000003	0.002654	0.073445	0.000194	0.000082	0.073721
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002601	0.00001	0.000001	0.002612	0.022323	0.000088	0.000006	0.022417
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008256	0.000034	0.000002	0.008292	0.037304	0.000155	0.00001	0.03747
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.002257	0.00001	0.000001	0.002269	0.018958	0.000087	0.000011	0.019055
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.007058	0.000207	0.000014	0.00728	0.029737	0.000874	0.000059	0.030669
OCDD	0.013107	0.000757	0.000041	0.013905	0.018179	0.00105	0.000057	0.019285
2,3,7,8-TCDF	0.001393	0.000007	0.000003	0.001403	0.170843	0.000849	0.000393	0.172084
1,2,3,7,8-PeCDF	0.006077	0.000022	0.000013	0.006112	0.205648	0.000751	0.000427	0.206826
2,3,4,7,8-PeCDF	0.010074	0.00005	0.000019	0.010143	0.222357	0.001105	0.000418	0.223879
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.009988	0.000069	0.000011	0.010068	0.14386	0.000998	0.000159	0.145017
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.009121	0.000066	0.00001	0.009198	0.136642	0.000989	0.000156	0.137787
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.012762	0.00014	0.00002	0.012922	0.059166	0.00065	0.000091	0.059907
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00067	0.000006	0.000001	0.000677	0.005901	0.000055	0.000009	0.005965
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.063211	0.000614	0.000043	0.063868	0.344797	0.003351	0.000234	0.348382
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001664	0.000031	0.000002	0.001696	0.01177	0.000216	0.000015	0.012001
OCDF	0.035881	0.000453	0.000008	0.036341	0.033457	0.000422	0.000007	0.033886
TEQ	0.01388	0.000082	0.000023	0.013985	0.233133	0.001177	0.000394	0.234704

Tablo 8.19 (Devam). Değişik Emisyon Oranları İçin Diğer Sebzelerde Hesaplanan Konjener Konsantrasyonları ve Alım Yolları.

Konjener	Maksimum Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)				Limit Emisyon Oranındaki Konsantrasyon (pg.kg ⁻¹)			
	Pv	Pd	Pr	Toplam	Pv	Pd	Pr	Toplam
2,3,7,8-TCDD	0.048444	0.000238	0.000154	0.048837	0.065299	0.000321	0.000208	0.065829
1,2,3,7,8-PeCDD	0.320119	0.000845	0.000356	0.32132	0.415758	0.001097	0.000463	0.417318
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.096635	0.000382	0.000025	0.097042	0.126369	0.0005	0.000032	0.126901
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.148076	0.000616	0.00004	0.148732	0.211173	0.000879	0.000056	0.212108
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.080624	0.000371	0.000045	0.08104	0.107315	0.000494	0.000059	0.107868
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.111733	0.003283	0.00022	0.115236	0.168334	0.004945	0.000332	0.173612
OCDD	0.053741	0.003103	0.000168	0.057012	0.102906	0.005942	0.000322	0.10917
2,3,7,8-TCDF	0.732408	0.003638	0.001685	0.737731	0.967107	0.004804	0.002225	0.974135
1,2,3,7,8-PeCDF	0.880142	0.003214	0.001827	0.885182	1.164135	0.00425	0.002416	1.170802
2,3,4,7,8-PeCDF	0.939413	0.004667	0.001765	0.945845	1.258719	0.006254	0.002365	1.267337
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.654384	0.004538	0.000725	0.659647	0.814364	0.005648	0.000902	0.820914
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.622122	0.004504	0.000708	0.627335	0.773503	0.0056	0.000881	0.779984
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.254086	0.002791	0.000391	0.257268	0.334927	0.003679	0.000515	0.339121
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.027461	0.000255	0.00004	0.027757	0.033405	0.00031	0.000049	0.033764
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.467916	0.014267	0.000996	1.48318	1.951827	0.018971	0.001325	1.972123
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.052335	0.00096	0.000067	0.053362	0.066626	0.001222	0.000085	0.067933
OCDF	0.08866	0.001119	0.000019	0.089797	0.189394	0.002389	0.00004	0.191824
TEQ	1.000259	0.005054	0.001685	1.006998	1.319721	0.00666	0.002232	1.328614

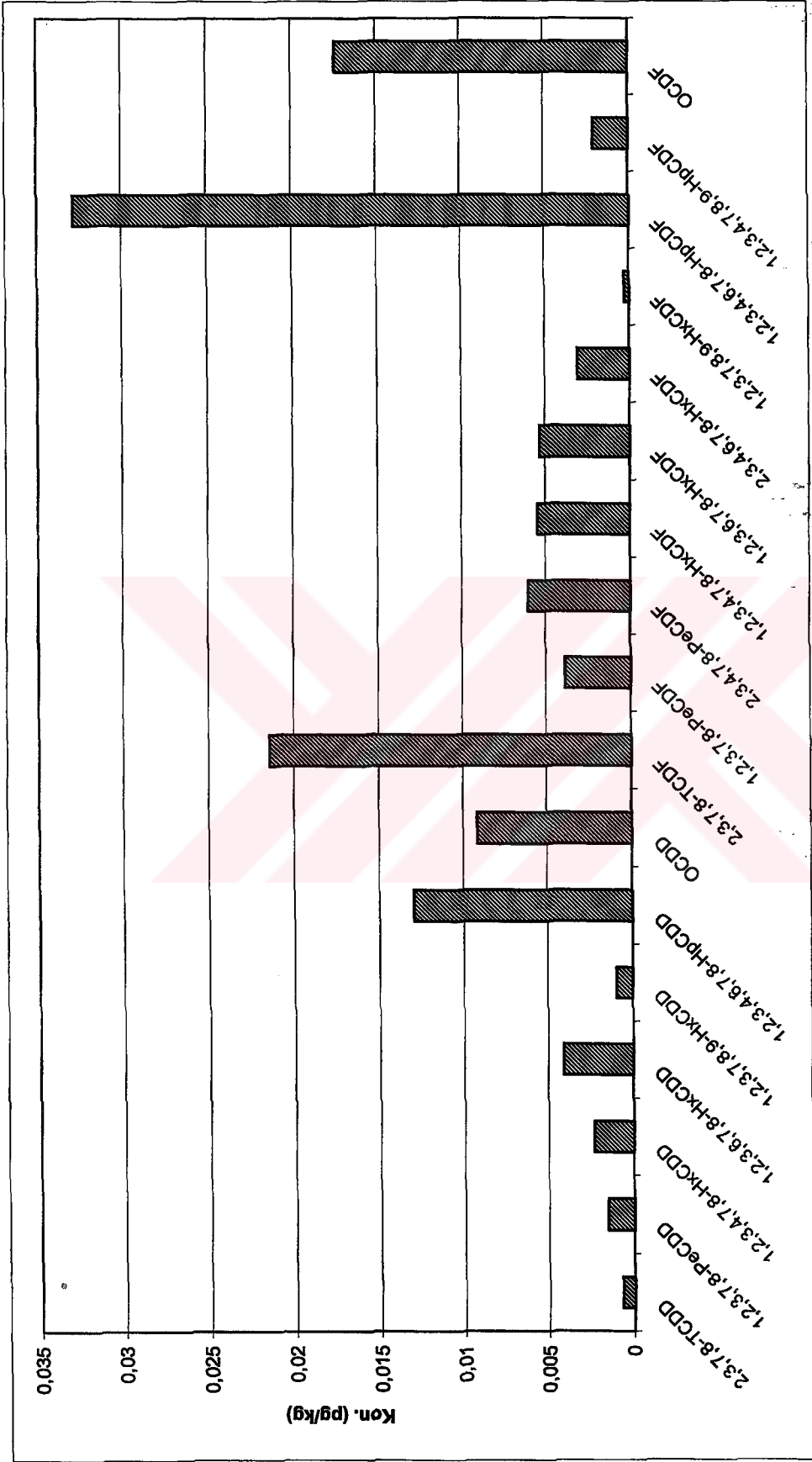
8.7.7. Yer altı bitkilerindeki konsantrasyonların tahmini

Bu grup içinde yer alan bitkiler başta patates olmak üzere soğan, havuç ve turpudur. Patates, günlük besin diyetinin önemli bir parçasını oluşturduğu için risk değerlendirmesinde ayrıca ele alınmıştır. Yer altı bitkileri, yer üstü bitkilerin aksine havadan yaprağa transferden ve atmosferik birikimden etkilenmezler. Dolayısıyla kökler yoluyla topraktan kimyasal alımı, dioksinlerle tek temas yollarıdır. Topraktaki dioksin konsantrasyonu Z=15 cm karışım derinliğine göre alınır.

Tahmini konsantrasyon değerleri Tablo 8.20'de verilmektedir. Konjener dağılımları ise limit emisyon oranı için Şekil 8.21'de verilmektedir.

Tablo 8.20. Farklı Emisyon Oranlarında Yer Altı Bitkilerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000018	0.000121	0.000509	0.000686
1,2,3,7,8-PeCDD	0.00001	0.000278	0.00121	0.001572
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000049	0.000419	0.001813	0.00237
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000161	0.000728	0.002889	0.00412
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.00002	0.000168	0.000716	0.000953
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000543	0.002286	0.008588	0.012938
OCDD	0.001168	0.001621	0.004791	0.009174
2,3,7,8-TCDF	0.000031	0.00379	0.016247	0.021453
1,2,3,7,8-PeCDF	0.00002	0.000688	0.002943	0.003892
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000048	0.001064	0.004494	0.006021
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000067	0.000961	0.004372	0.005441
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000063	0.000939	0.004274	0.005314
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000118	0.000545	0.002339	0.003084
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000006	0.000049	0.000226	0.000275
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.001064	0.005804	0.02471	0.032856
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000052	0.000366	0.001628	0.002073
OCDF	0.003299	0.003076	0.008153	0.017415
TEQ	0.000121	0.001675	0.007158	0.009483



Şekil 8.21. Yer altı bitkilerinde tahmin edilen PCDD/F konsantrasyonları dağılımı.

Şekil 8.21'den de görüleceği üzere, yer üstü ve yer altı bitkilerinde tahmin edilen konjener dağılımları birbirinden farklılık göstermektedir. 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF her iki tür bitkilerde de en yüksek konsantrasyona sahip konjenerdir; ancak yer üstü bitkilerinde bundan sonra 4, 5 ve 6 klorlu furanlar gelirken, yer altı bitkilerde 2,3,7,8-TCDF'yle birlikte OCDF, HpCDD ve OCDD gibi çok klorlu konjenerler gelmektedir. Yer üstü bitkilerinde öngörülen konjener dağılımının, konjenerlerin havadaki konsantrasyonu ve toplam birikimi için tahmin edilen dağılımları ile benzeşmesi modelleme açısından beklenebilir bir sonuçtur. Yer altı bitkilerinde beklenen dağılım ise, daha çok konjenerlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini tanımlayan parametrelerin yanı sıra Z=15 cm'lik karışım derinliğindeki topraktaki kimyasal konsantrasyonu ile de ilgilidir.

Öte yandan yer üstü ve yer altı bitkilerde beklenen konsantrasyonlar da birbirinden oldukça farklıdır. Yer üstü bitkilerde havadan yaprağa transfer faktörü tüm bitkiler için aynı kabul edildiğinden bu yolla alınacak kirleticilerin tüm bitkiler için eşit olacağı öngörülmüştür. Bu maruz kalma yolu, tüm yer üstü bitkilerde baskın kimyasal alım yolu olarak hemen tüm konjenerler için toplamın % 90'ından daha büyük bir kısmını oluşturmuştur. Atmosferik birikim yoluyla alınacak kimyasal miktarı ise, bitki türleri için kabul edilen kesişme faktörlerine göre değişmiştir. Ancak, 0.3'lük kesişme faktörü ile birikimden en çok etkilenecek bitki türü olduğu öngörülen otlarda bile, birikimin göreceli etkisi, HpCDD (% 15) ve OCDD (% 25) dışında tüm konjenerler için % 10'dan daha azdır. Köklerden alımın, havadan yaprağa transfer gibi tüm yer üstü bitkilerde eşit olacağı varsayılsa da, toplamdaki etkisinin, tüm konjenerler için % 1'den daha az olacağı hesaplanmıştır. Dioksinler hidrofobik bileşikler oldukları için, topraktan bitkilere, köklerden su alımı sırasında transfer olan kimyasal miktarının son derece küçük olması beklenebilir. Aynı durum yer altı bitkileri için de geçerlidir. Dolayısıyla sadece kökler yoluyla dioksin alan yer altı bitkilerindeki konsantrasyonların yer üstündekilere oranla küçük olması gerekir. Kullanılan modelleme yaklaşımı ile elde edilen sonuçlara göre yer üstü bitkilerindeki konjener konsantrasyonlarının yer altı bitkilerindekilere oranı, en düşük konsantrasyonlara sahip olan tahıllarda 11 (OCDF ve OCDD) – 300 (1,2,3,7,8-PeCDF) (TEQ bazında $1.32195/0.00948=139.4$); en yüksek konsantrasyonlara sahip olan otlarda ise 12 (OCDF) – 306 (1,2,3,7,8-PeCDF) (TEQ bazında

1.36055/0.00948=143.5) arasındadır. Yerel olarak yetiştirilen ürün fraksiyonlarına bakıldığında, bölgede yer üstü bitkilerin daha çok yetiştirildiği görülebilir. Gerek insanların, gerekse hayvanların besinlerinde önemli bir yer tutan bu yer üstü bitkilerin, yüksek derecede kimyasal depolama potansiyelleri bakımından, risk değerlendirme çalışmasında önemli bir yer tutacakları söylenebilir.

8.8. Et ve Et Ürünlerindeki Tahmini Konsantrasyonlar

Hayvansal gıdalar yağ sever organik bileşiklere ilişkin risk değerlendirme çalışmalarında, çoğunlukla en baskın maruz kalma yolunu oluştururlar. Hayvanlar tarafından dış ortamdan alınan kimyasallar yağlı dokularda birikirler ve buradan tüketim yoluyla insanlara geçerler. Bu dokulardaki konsantrasyonlar, dokunun yağ yüzdesine bağlı bir biyokonsantrasyon faktörü yardımıyla modellenirler. Bu çalışmada et ve et ürünleri, yağ içerikleri, kimyasal depolama özellikleri ve tüketim miktarları bakımından üç başlıkta değerlendirilmiştir. Bunlar et, et ürünleri (salam, sucuk vb. ürünler) ve sakatattır. Sakatatin ayrıca değerlendirilmesinin sebebi, yapılan çalışmalarda, PCDD/F'lerin, karaciğer başta olmak üzere sakatatta daha fazla biriktiğinin gözlenmesi ve bu nedenle sakatat için farklı biyokonsantrasyon faktörlerinin verilmiş olmasıdır. Bu ürünlerdeki konsantrasyonların hesaplanmasına ilişkin ayrıntılar Bölüm 6.3.7'de verilmektedir.

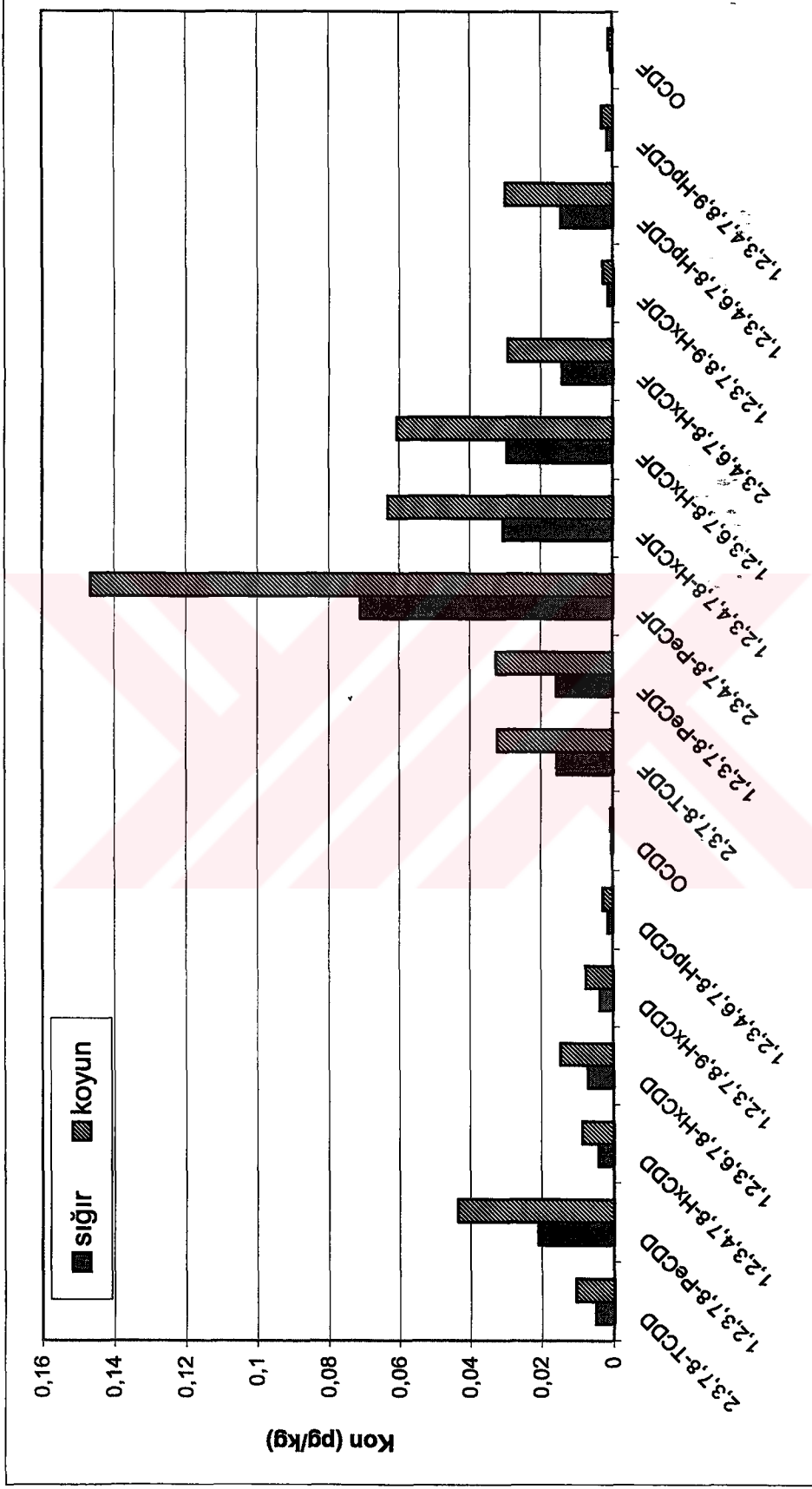
8.8.1. Ettteki konsantrasyonların tahmini

Etlerde beklenen konsantrasyonlar sığır eti ve koyun eti için ayrı ayrı modellenmiştir. Bunun nedeni koyun etindeki yağ oranının sığır etine göre daha fazla olması ile beslenme alışkanlıklarının farklı olduğunun kabul edilmesidir. Her ne kadar koyun eti, sığır etine göre az tüketilse de özellikle kırsal yörelerde zaman zaman koyun eti tüketilmektedir. Bu çalışmada koyun eti tüketimi oranı, kentsel nüfus için % 5, yarı-kentsel nüfus için % 10 ve kırsal nüfus için de % 15 alınmıştır. HMEI içinse daha yüksek konsantrasyon beklendiği için en yüksek tüketim oranında % 15 kabul edilmiştir.

Tablo 8.21 ve Şekil 8.22 etlerde beklenen konsantrasyonları özetlemektedir. Görüldüğü gibi koyun etindeki konsantrasyonlar, koyun ve sığır etinin yağ içeriklerine bağlı olarak, sığır etinin dört katı civarında beklenmektedir. Konsantrasyon değerleri ve TEQ değeri bitkilerdeki değerlere yakındır ancak, konsantrasyonların konjenerler arasındaki dağılımı havadaki ve bitkilerdeki konsantrasyonlara göre farklılıklar göstermektedir. Etlerdeki konsantrasyonlar, konjenerlerin biyokonsantrasyon faktörleri üzerinden tahmin edildiği için, daha büyük faktör değerine sahip 2,3,4,7,8-PeCDF, etlerde diğer konjenerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuç, bu konjenerin yüksek TEQ değeri nedeniyle toksikolojik açıdan önemlidir. Benzer yaklaşımlar diğer hayvansal ürünlerde de geçerli olduğu için, etlerde toplam TEQ değerinin yaklaşık % 70'ini oluşturan 2,3,4,7,8-PeCDF'nin risk değerlendirme sürecinin sonraki aşamalarında baskın parametre olacağı söylenebilir.

Tablo 8.21. Farklı Emisyon Oranlarında Sığır ve Koyun Etlerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)		Ortalama (pg.kg ⁻¹)		Maksimum (pg.kg ⁻¹)		Limit (pg.kg ⁻¹)	
	Sığır	Koyun	Sığır	Koyun	Sığır	Koyun	Sığır	Koyun
2,3,7,8-TCDD	0.000136	0.000281	0.000901	0.00186	0.003782	0.007813	0.005098	0.010532
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000133	0.000276	0.003704	0.007653	0.016146	0.033357	0.02097	0.043323
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000087	0.00018	0.000746	0.001542	0.003231	0.006675	0.004225	0.008729
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000278	0.000574	0.001256	0.002594	0.004984	0.010297	0.007108	0.014685
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000077	0.000159	0.000648	0.001339	0.002756	0.005693	0.003668	0.007578
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000057	0.000118	0.00024	0.000495	0.000901	0.001862	0.001358	0.002805
OCDD	0.000041	0.000085	0.000057	0.000118	0.00017	0.00035	0.000325	0.000671
2,3,7,8-TCDF	0.000022	0.000046	0.002752	0.005684	0.011796	0.024369	0.015576	0.032179
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000082	0.00017	0.002783	0.005749	0.011909	0.024604	0.015752	0.032543
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000567	0.001172	0.012524	0.025874	0.052913	0.109314	0.070897	0.146469
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000376	0.000777	0.005414	0.011184	0.024626	0.050875	0.030646	0.063312
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000346	0.000716	0.005189	0.010719	0.023623	0.048804	0.029371	0.060679
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000538	0.001112	0.002496	0.005157	0.010719	0.022145	0.01413	0.029191
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000027	0.000056	0.000239	0.000494	0.001114	0.002301	0.001355	0.002799
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00047	0.000972	0.002565	0.0053	0.010922	0.022564	0.014522	0.030002
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000039	0.00008	0.000273	0.000563	0.001212	0.002504	0.001543	0.003187
OCDF	0.000094	0.000195	0.000088	0.000182	0.000233	0.000482	0.000498	0.00103
TEQ	0.000672	0.001388	0.011059	0.022847	0.047322	0.097765	0.062602	0.129332



Şekil 8.22. Limit emisyon oranında siğir ve koyun etlerinde tahmin edilen PCDD/F konsantrasyonları dağılımı.

8.8.2. Et ürünlerindeki konsantrasyonların tahmini

Et ürünleri, normalde etten daha çok yağ içerdikleri için PCDD/F konsantrasyonlarının da daha fazla olması beklenir. Bölgede tüketilen et ürünleri genelde yerel olarak üretilmemektedir. Bu ürünlere ilişkin tahminlerde, et ürünlerinin tamamının sığır etinden üretildiği varsayılarak koyun etinden üretilen et ürünleri dikkate alınmamıştır. Bu tahminler Tablo 8.22'de verilmiştir.

Tablo 8.22. Farklı Emisyon Oranlarında Et Ürünlerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000283	0.00187	0.007855	0.010588
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000277	0.007694	0.033534	0.043553
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000181	0.00155	0.006711	0.008776
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000577	0.002608	0.010352	0.014763
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.00016	0.001346	0.005723	0.007618
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000118	0.000498	0.001871	0.002819
OCDD	0.000086	0.000119	0.000352	0.000674
2,3,7,8-TCDF	0.000047	0.005715	0.024499	0.03235
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000171	0.005779	0.024735	0.032716
2,3,4,7,8-PeCDF	0.001178	0.026012	0.109895	0.147248
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000781	0.011244	0.051145	0.063649
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000719	0.010776	0.049063	0.061002
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.001118	0.005184	0.022263	0.029346
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000056	0.000497	0.002313	0.002814
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000977	0.005328	0.022684	0.030161
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.00008	0.000566	0.002517	0.003204
OCDF	0.000196	0.000183	0.000485	0.001035
TEQ	0.001395	0.022968	0.098285	0.13002

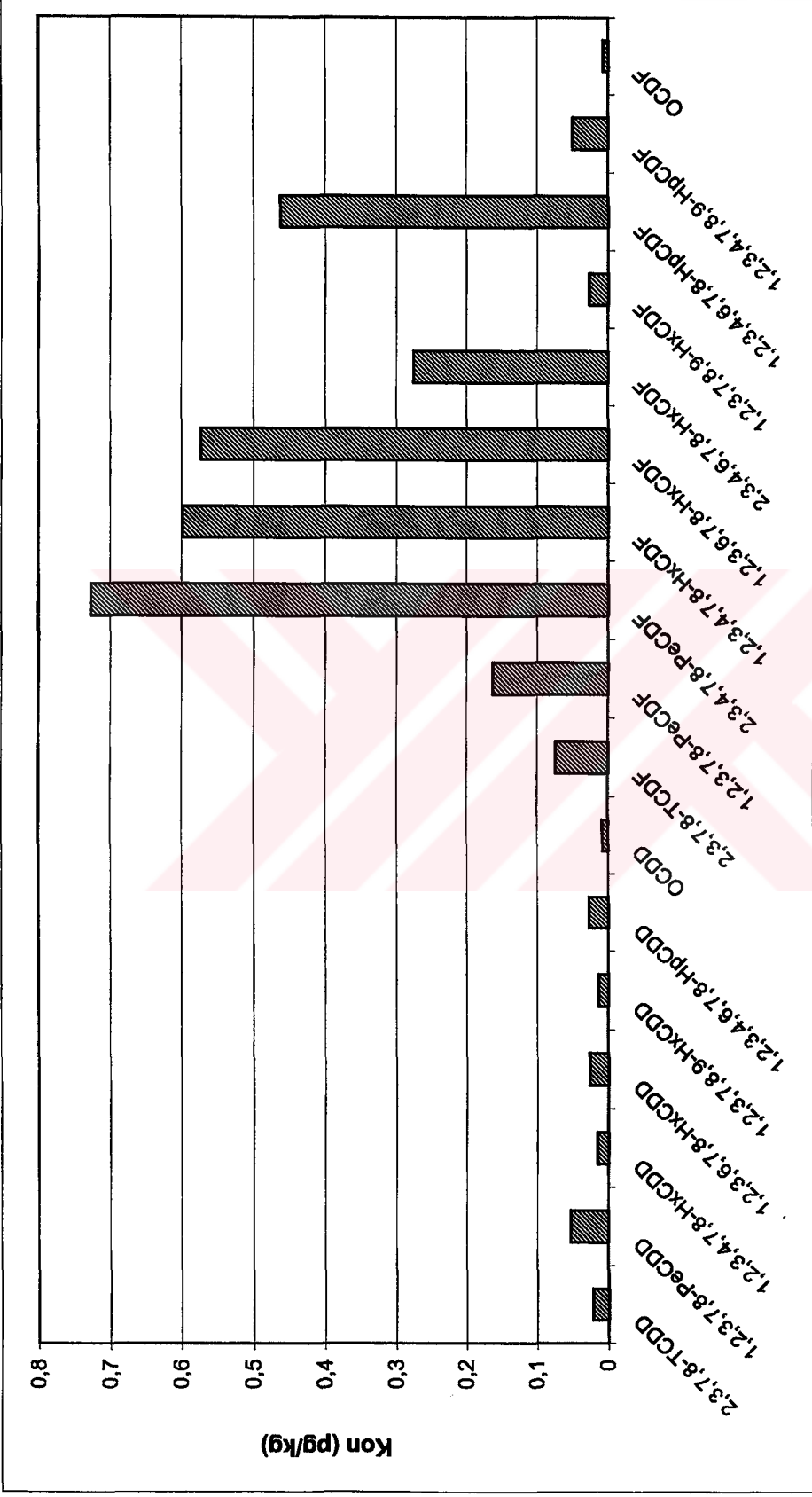
Görüldüğü gibi et ürünlerindeki konsantrasyonlar, etteki konsantrasyonların yaklaşık 2. katıdır. Konjener dağılımları ise ette beklenen dağılımlarla aynıdır.

8.8.3. Sakatattaki konsantrasyonların tahmini

Farklı kimyasal depolama özellikleri nedeniyle sakatat ayrıca değerlendirilmiştir. Sığır ve koyundaki sakatat için tahmin edilen konsantrasyon değerleri, aynı yağ oranları ve biyokonsantrasyon faktörleri kullanıldığı için birbirine eşit çıkmaktadır. Bu bakımdan sakatat için sığır konsantrasyonu temel alınmıştır. Sakatat tüketimi ise, tüm alıcı grupları için et tüketiminin 1/5'i olarak kabul edilmiştir. Biyokonsantrasyon faktörleri Bölüm 6.3.7'de verilmiştir. tahmini sakatat konsantrasyonları ise Tablo 8.23'te, sakatattaki konjener dağılımları ise Şekil 8.23'te verilmektedir.

Tablo 8.23. Farklı Emisyon Oranlarında Sakatatta Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000582	0.003848	0.016158	0.021781
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000334	0.00928	0.04045	0.052535
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000317	0.002725	0.011795	0.015424
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.001014	0.004584	0.018194	0.025947
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000282	0.002365	0.010059	0.013389
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.001123	0.004732	0.017778	0.026785
OCDD	0.001031	0.001429	0.004226	0.008092
2,3,7,8-TCDF	0.000106	0.012953	0.055531	0.073326
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000854	0.028897	0.123674	0.16358
2,3,4,7,8-PeCDF	0.005824	0.128541	0.543062	0.727648
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.007333	0.105624	0.480456	0.597915
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.006758	0.101231	0.460897	0.573047
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.010504	0.048699	0.209137	0.275676
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00053	0.004669	0.021729	0.026432
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.014977	0.081698	0.347815	0.462475
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001233	0.00872	0.038774	0.049361
OCDF	0.001373	0.00128	0.003392	0.007246
TEQ	0.006563	0.103443	0.444929	0.585568



Şekil 8.23. Limit emisyon oranında sakatatta tahmin edilen PCDD/F konsantrasyonları dağılımı.

8.8.4. Hayvansal yağlardaki konsantrasyonların tahmini

Pilot bölgedeki kentsel ve yarı-kentsel alıcı gruplarının tükettikleri hayvansal yağlar daha çok marketlerden alınmakta olup yerel kaynaklı değildir. Ancak kırsal kesimde az da olsa hayvanlardan elde edilen tereyağı tüketimi söz konusudur. Hayvansal yağlardaki konsantrasyonlar yağ oranlarına dayalı biyokonsantrasyon faktörleri yardımıyla tahmin edilmektedir. Sonuçlar Tablo 8.24'te özetlenmiştir.

Tablo 8.24. Farklı Emisyon Oranlarında Hayvansal Yağlarda Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.001446	0.009564	0.040165	0.05414
1,2,3,7,8-PeCDD	0.001858	0.051594	0.224879	0.292065
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000916	0.007863	0.034037	0.04451
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.002521	0.011393	0.045225	0.064496
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000901	0.007569	0.032189	0.042845
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000882	0.003714	0.013955	0.021025
OCDD	0.003701	0.005133	0.015173	0.029054
2,3,7,8-TCDF	0.000242	0.029673	0.127208	0.167972
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000807	0.02731	0.116883	0.154597
2,3,4,7,8-PeCDF	0.005889	0.129987	0.549171	0.735833
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.004587	0.066061	0.300495	0.373959
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.003612	0.054114	0.246378	0.306329
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.005615	0.026033	0.111797	0.147366
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000252	0.002221	0.010338	0.012575
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00553	0.030167	0.128432	0.170771
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000443	0.003137	0.01395	0.017759
OCDF	0.001625	0.001515	0.004015	0.008576
TEQ	0.007298	0.12259	0.525384	0.693957

Hayvansal yağlar, yağ sever bileşikleri doğrudan depoladıkları için konsantrasyon değerleri görece yüksek olarak hesaplanmıştır. Konjener dağılımı etteki dağılımla aynıdır.

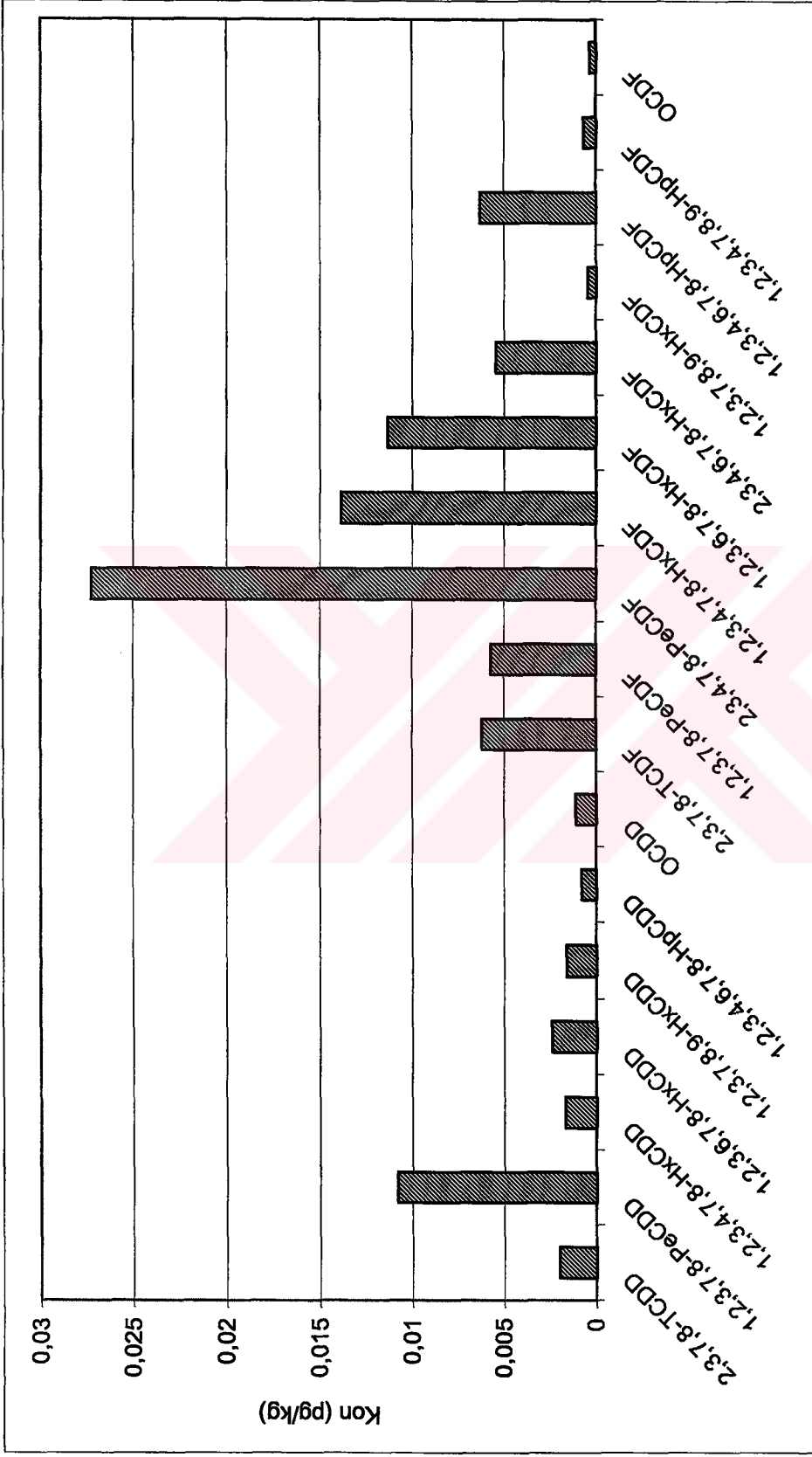
8.9. Süt ve Süt Ürünlerindeki Konsantrasyonların Tahmini

8.9.1. Sütteki konsantrasyonların tahmini

Sütte biriken kimyasalların tahmini risk değerlendirmeleri açısından son derece önemlidir. Özellikle sağlık etkileri bakımından hassas alıcı gruplarını oluşturan bebekler ve çocukların besin diyetinde önemli bir yeri olması nedeniyle sütlerdeki kimyasal birikimine ilişkin olarak detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Bu nedenle sütler için ayrı biyokonsantrasyon faktörleri belirlenmiş ve bu konuda yapılan yoğun çalışmalar sonucunda hem bu faktörler sürekli güncellenmiş, hem de farklı modelleme yaklaşımları önerilerek değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan faktörler ve metodoloji Bölüm 6.3.7’de verilmiştir. Sütte beklenen konsantrasyonlara ilişkin sonuçlar Tablo 8.25 ve Şekil 8.24’te özetlenmiştir.

Tablo 8.25. Farklı Emisyon Oranlarında Sütte Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000054	0.000354	0.001488	0.002005
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000069	0.001911	0.008329	0.010817
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000034	0.000291	0.001261	0.001649
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000093	0.000422	0.001675	0.002389
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000033	0.00028	0.001192	0.001587
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000033	0.000138	0.000517	0.000779
OCDD	0.000137	0.00019	0.000562	0.001076
2,3,7,8-TCDF	0.000009	0.001099	0.004711	0.006221
1,2,3,7,8-PeCDF	0.00003	0.001011	0.004329	0.005726
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000218	0.004814	0.02034	0.027253
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00017	0.002447	0.011129	0.01385
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000134	0.002004	0.009125	0.011346
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000208	0.000964	0.004141	0.005458
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000009	0.000082	0.000383	0.000466
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000205	0.001117	0.004757	0.006325
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000016	0.000116	0.000517	0.000658
OCDF	0.00006	0.000056	0.000149	0.000318
TEQ	0.00027	0.00454	0.019459	0.025702



Şekil 8.24. Limit emisyon oranı için sütte beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.

Sütte beklenen konsantrasyonlar, sütün yağ içeriği % 2.9 alındığı için, genelde ete göre daha azdır. Sütteki konsantrasyonlar, OCDD hariç, ette beklenen konsantrasyonların % 34 (1,2,3,7,8,9-HxCDF) ile % 64'ü (OCDD) arasında değişmektedir. OCDD'de ise sütte hesaplanan konsantrasyon etteki değerin 3.32 katıdır. Sütte de 2,3,4,7,8-PeCDF en yüksek değere sahip konjener olup, daha sonra gelen konjenerlerden (1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDF ve 1,2,3,6,7,8-HxCDF) iki kat daha büyüktür ve toplam TEQ değerinin % 52'sini oluşturur.

8.9.2. Süt ürünlerindeki konsantrasyonların tahmini

Sütten yapılan, ancak yağ oranları sütün daha fazla olan peynir, yoğurt vb. ürünler, süt gibi hem büyüklerin, hem de çocukların beslenme alışkanlıklarında önemli bir yer tutarlar. Özellikle kırsal ve yarı-kentsel alanlarda yaşayan alıcılar için belirlenen yüksek yerel fraksiyonlar, bu ürünlerin risk değerlendirmesinde dikkat edilmesi gereken ürünler olduğunu göstermektedir. Yağ oranları temelinde süte ilişkin biyokonsantrasyon faktörleri yardımıyla hesaplanan süt ürünleri konsantrasyonları Tablo 8.26'da verilmektedir.

Süt ürünlerinde beklenen konsantrasyonlar süte göre daha fazladır. Yüksek yağ oranından kaynaklanan bu konsantrasyonlar, besin diyetindeki önemleri nedeniyle, hesaplanan günlük toplam dioksin dozunun da belirleyici unsurları arasında yer alır. Konjener dağılımı, sütteki dağılım ile aynıdır.

Tablo 8.26. Farklı Emisyon Oranlarında Süt Ürünlerinde Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000399	0.002638	0.01108	0.014935
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000512	0.014233	0.062036	0.08057
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000253	0.002169	0.009389	0.012279
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000696	0.003143	0.012476	0.017792
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000249	0.002088	0.00888	0.011819
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000243	0.001025	0.00385	0.0058
OCDD	0.001021	0.001416	0.004186	0.008015
2,3,7,8-TCDF	0.000067	0.008186	0.035092	0.046337
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000223	0.007534	0.032244	0.042648
2,3,4,7,8-PeCDF	0.001625	0.035859	0.151495	0.202988
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.001265	0.018224	0.082895	0.103161
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000996	0.014928	0.067966	0.084505
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.001549	0.007181	0.03084	0.040653
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00007	0.000613	0.002852	0.003469
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.001526	0.008322	0.03543	0.047109
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000122	0.000865	0.003848	0.004899
OCDF	0.000448	0.000418	0.001108	0.002366
TEQ	0.002013	0.033818	0.144933	0.191437

8.10. Tavuk ve Tavuk Ürünlerindeki Tahmini Konsantrasyonlar

Tavuk ve yumurtadaki kirletici konsantrasyonları, insanların beslenme alışkanlıkları bakımından önem taşır. Her iki gıda maddesi için de biyokonsantrasyon faktörleri yardımıyla konsantrasyon tahminleri yapılmıştır.

8.10.1. Tavuk etindeki konsantrasyonların tahmini

Tavuk eti tüketimi, hem ekonomi, hem de tüketici alışkanlıklarının değişmesi bakımından özellikle son yıllarda artış göstermiştir. Ancak sığır etine göre yağ içeriği yarı yarıya daha az olsa da, yapılan çalışmalarda tavuğa ilişkin biyokonsantrasyon faktörleri daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada tavuğun yağ içeriği sığır etinin yarısı olarak % 4.5 kabul edilmiştir. Biyokonsantrasyon faktörleri Bölüm 6.3.7'de verilmiştir. Hesaplanan değerler Tablo 8.27 ile Şekil 8.25'te gösterilmiştir.

Tablo 8.27. Farklı Emisyon Oranlarında Tavukta Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000158	0.001045	0.004387	0.005914
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000151	0.004186	0.018243	0.023694
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000113	0.000967	0.004187	0.005475
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.00041	0.001854	0.00736	0.010497
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000057	0.000482	0.002049	0.002727
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000099	0.000418	0.00157	0.002366
OCDD	0.000039	0.000054	0.00016	0.000306
2,3,7,8-TCDF	0.000067	0.008269	0.035448	0.046807
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000092	0.003103	0.013278	0.017563
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000648	0.014314	0.060473	0.081028
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000461	0.00664	0.030202	0.037585
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000353	0.005288	0.024075	0.029933
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000532	0.002465	0.010584	0.013952
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000014	0.000125	0.000582	0.000708
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000609	0.003321	0.014137	0.018798
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000016	0.00011	0.000491	0.000625
OCDF	0.000138	0.000129	0.000342	0.000731
TEQ	0.00077	0.013097	0.05602	0.07414

Tavuk etinde tahmin edilen konsantrasyonlar limit emisyon oranı için sığır etindeki konsantrasyonların 0.5 (1,2,3,4,7,8,9-HpCDF) ile 3.4 (2,3,7,8-TCDF) katıdır (TEQ bazında 1.32 kat). Konjenerler arasında eklenen en yüksek konsantrasyon diğer hayvansal ürünlerde olduğu gibi 2,3,4,7,8-PeCDF'dir. 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF ve 1,2,3,7,8-PeCDD yüksek konsantrasyonlu diğer konjenerlerdir.





Şekil 8.25. Limit emisyon oranı için tavuk etinde beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.

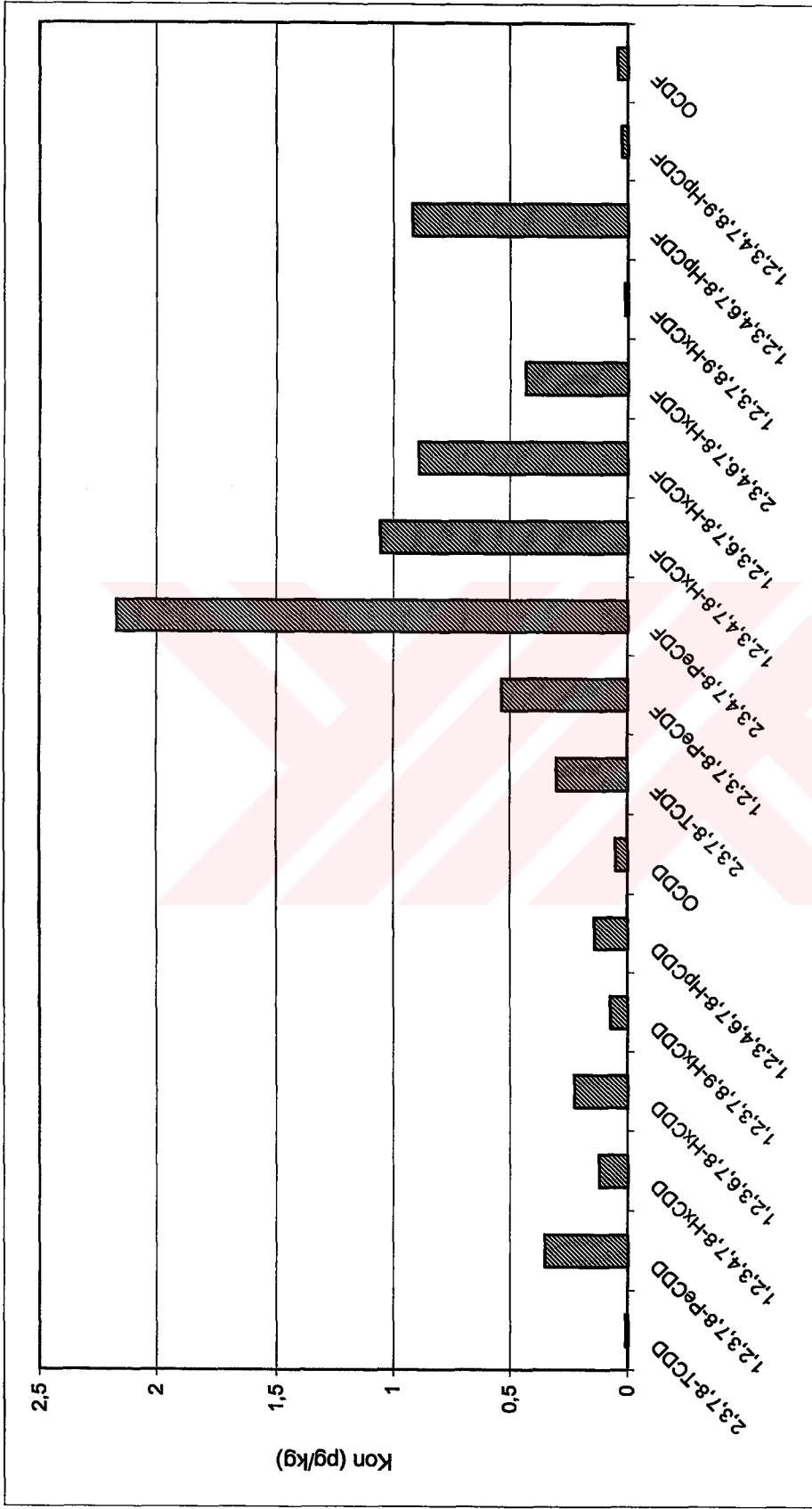
8.10.2. Yumurtadaki konsantrasyonların tahmini

Her yaştaki alıcı grubu tarafından sıkça tüketilen bir besin olarak yumurtadaki kirletici konsantrasyonları da risk çalışmalarında dikkate alınır. Çalışmada yumurtadaki yağ içeriği % 5.8 olarak kabul edilmiştir. Deneysel çalışmalarda el edilen biyokonsantrasyon faktörleri Bölüm 6.3.7’de verilmiştir. Sonuçlar Tablo 8.28 ile Şekil 8.26’da gösterilmiştir.

Tablo 8.28. Farklı Emisyon Oranlarında Yumurtada Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0,000282	0,001862	0,00782	0,010541
1,2,3,7,8-PeCDD	0,002233	0,062008	0,270271	0,351018
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,002504	0,021492	0,093036	0,121661
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,008788	0,039708	0,157617	0,22478
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,001548	0,012998	0,055281	0,073581
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,005878	0,024763	0,093045	0,140179
OCDD	0,006487	0,008997	0,026597	0,05093
2,3,7,8-TCDF	0,000432	0,053004	0,227232	0,300047
1,2,3,7,8-PeCDF	0,002801	0,094799	0,405726	0,53664
2,3,4,7,8-PeCDF	0,017378	0,383572	1,620515	2,171326
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,012962	0,186689	0,849204	1,056813
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,010522	0,157628	0,717672	0,892303
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,016485	0,076423	0,328196	0,432616
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,000244	0,002149	0,009999	0,012164
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,029762	0,162345	0,691157	0,919003
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,000617	0,004363	0,019401	0,024699
OCDF	0,007689	0,007169	0,018999	0,040584
TEQ	0,015952	0,286332	1,225405	1,620872

Yumurtaya ait biyokonsantrasyon faktörlerinin tavuk etine göre yüksek olması nedeniyle yumurtada tahmin edilen konsantrasyonlar tavuk etinden oldukça yüksek olarak hesaplanmıştır. TEQ bazında 22 kat olan bu fark, konjenerler bazında 1.8 (2,3,7,8-TCDD) ile 167 (OCDD) kat arasında değişmektedir. 2,3,4,7,8-PeCDF başta olmak üzere 5 ve 6 klorlu furanların baskınlığı burada da devam etmektedir. 2,3,4,7,8-PeCDF, toplam TEQ değerinin % 66’sını oluşturması nedeniyle toksikolojik açıdan özellikle önemlidir.



Şekil 8.26. Limit emisyon oranı için yumurtada beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.

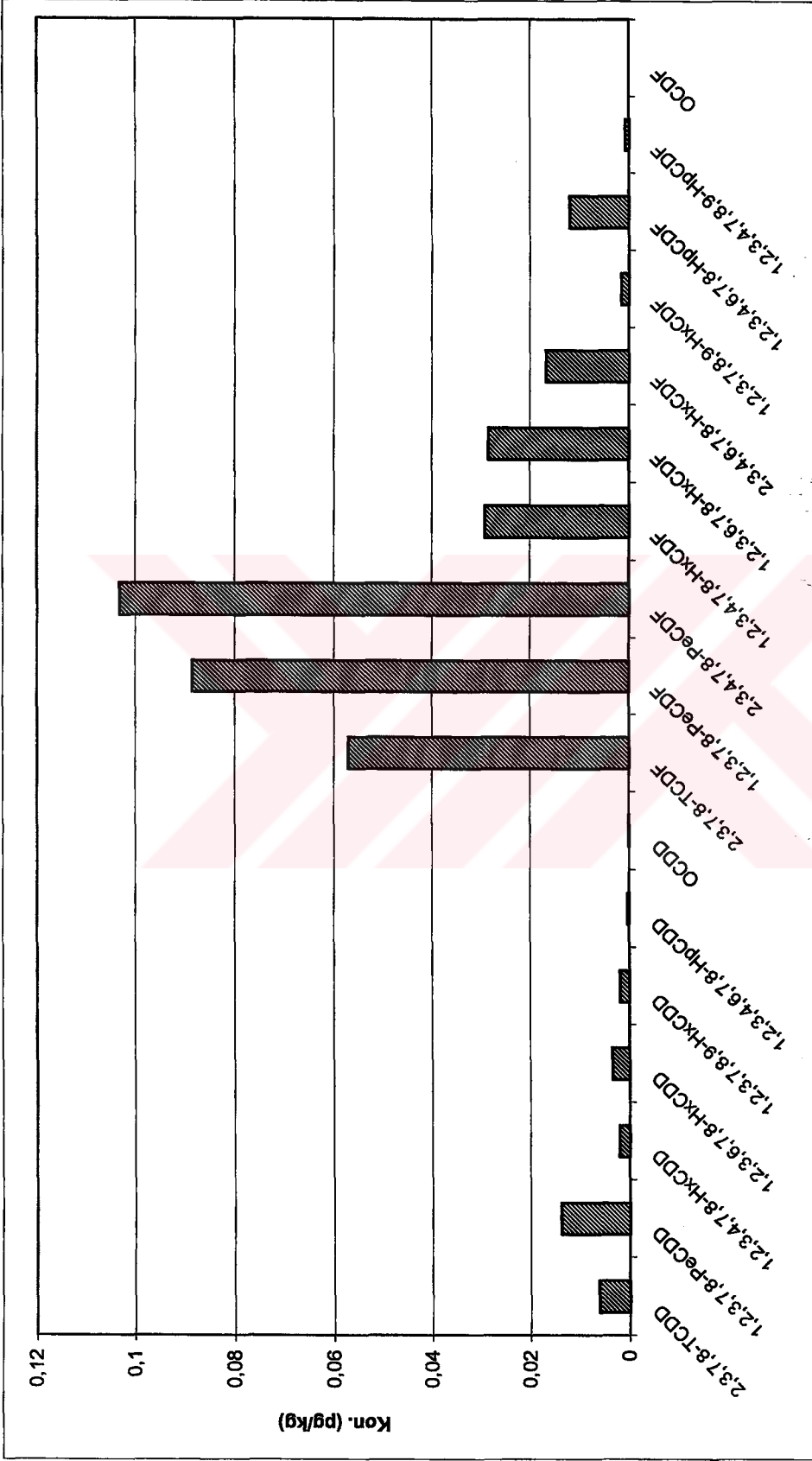
8.11. Balıklardaki Tahmini Konsantrasyonlar

Daha önce de belirtildiği gibi, balık tüketimi, pilot bölgedeki insanların besin diyetlerinde önemli bir yer teşkil etmemektedir. Ancak gelecekte yerel olarak elde edilen balık tüketiminin artması olasılığına karşı Körfez'deki balıklarda İZAYDAŞ etkisiyle meydana gelecek PCDD/F konsantrasyonları hesaplanmıştır. Ancak bu durumda Körfez'de dioksin kirliliğine yol açmaları olası olan başka sanayi sektörlerinin etkilerinin de araştırılması gerekecektir. Sedimentlerdeki kimyasal konsantrasyonlarına ve bir biyotransfer faktörüne bağlı olarak hesaplanan konsantrasyon değerleri Tablo 8.29 ve Şekil 8.27'de gösterilmektedir.

Tablo 8.29. Farklı Emisyon Oranlarında Balıklarda Tahmin Edilen PCDD/F Konsantrasyonları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.000166	0.001096	0.004605	0.006207
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000088	0.002438	0.010626	0.0138
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000042	0.000356	0.001543	0.002018
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000137	0.000618	0.002453	0.003498
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000041	0.00034	0.001447	0.001925
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000014	0.00006	0.000227	0.000342
OCDD	0.000011	0.000015	0.000045	0.000086
2,3,7,8-TCDF	0.000082	0.010071	0.043176	0.057012
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000462	0.015618	0.066844	0.088412
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000826	0.018227	0.077005	0.103179
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000358	0.005156	0.023455	0.029189
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000336	0.005037	0.022931	0.028511
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000636	0.002948	0.012659	0.016686
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000032	0.000279	0.001298	0.001579
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000386	0.002108	0.008972	0.01193
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000019	0.000135	0.000602	0.000767
OCDF	0.000005	0.000004	0.000011	0.000024
TEQ	0.000816	0.014713	0.062756	0.083289

Balıklarda beklenen konsantrasyonlar diğer hayvansal ürünlere göre daha düşüktür. Ancak konjener dağılımı diğer hayvansal ürünlere benzemektedir. 4 ve 5 klorlu furanların, diğer konjenerlere göre daha yüksek konsantrasyonlara sahip olacakları tahmin edilmektedir. Toplam TEQ değerinin % 77'sini oluşturan bu üç konjenerden 2,3,4,7,8-PeCDF'in maksimum konsantrasyonda olacağı hesaplanmıştır.



Şekil 8.27. Limit emisyon oranı için balıklarda beklenen konjener konsantrasyonları ve dağılımı.

8.12. Maruz Kalınan Konsantrasyonların Tahmini

Alıcıların alacakları günlük PCDD/F dozlarının tahmini, belirlenen maruz kalma senaryolarına dayanır. Bu yollara ilişkin olarak çevresel ortamlar (hava, toprak, gıda vb.) için hesaplanan konsantrasyon değerleri, Bölüm 6.3.10.2'deki (6.55b) formülü yardımıyla günlük doz olarak ifade edilir. Günlük dozlar kg vücut ağırlığı başına günde alınan pg-PCDD/F konjeneri ya da pg-TEQ olarak ifade edilir. Bu çalışmada ele alınan maruz kalma yolları Bölüm 4'te açıklanmıştır. Günlük dozların tahmini her alıcı grubu ve alt-grupları için ayrı ayrı yapılmıştır. Ek olarak alıcı grupları için maruz kalma yolları da ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Alıcı gruplarının tüketim ve davranış biçimleri ile buna bağlı olarak PCDD/F'lere maruz kalma şekilleri Bölüm 7'de tanımlanmıştır.

8.12.1. Kentli alıcılar için tahmin edilen günlük PCDD/F dozları

8.12.1.1 Kentli yetişkinler

a) Solunum

Yuvam'da oturan kentli yetişkinlerin solunum yoluyla maruz kalacakları dozlar Tablo 8.30'da özetlenmiştir.

Solunumla alınan dozun hesaplanmasında havadaki PCDD/F konjener konsantrasyonları kullanıldığından konjener dağılımı Şekil 8.14'teki ile aynıdır. Tablo 8.30'dan da görüleceği üzere solunum yoluyla alınan konjener konsantrasyonları son derece küçüktür. Limit emisyon oranında bile en yüksek konsantrasyon pg'ın 1/10 000'i civarındadır.

Tablo 8.30. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Solunum Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	1.15x 10 ⁻⁸	7.62x 10 ⁻⁸	3.202x 10 ⁻⁷	4.316x 10 ⁻⁷
1,2,3,7,8-PeCDD	1.15x 10 ⁻⁸	3.202x 10 ⁻⁷	1.3955x 10 ⁻⁶	1.8124x 10 ⁻⁶
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.74x 10 ⁻⁸	1.491x 10 ⁻⁷	6.454x 10 ⁻⁷	8.44x 10 ⁻⁷
1,2,3,6,7,8-HxCDD	5.78x 10 ⁻⁸	2.611x 10 ⁻⁷	1.0366x 10 ⁻⁶	1.4783x 10 ⁻⁶
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.74x 10 ⁻⁸	1.459x 10 ⁻⁷	6.204x 10 ⁻⁷	8.257x 10 ⁻⁷
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1.184x 10 ⁻⁷	4.986x 10 ⁻⁷	1.8735x 10 ⁻⁶	2.8226x 10 ⁻⁶
OCDD	3.623x 10 ⁻⁷	5.025x 10 ⁻⁷	1.4854x 10 ⁻⁶	2.8444x 10 ⁻⁶
2,3,7,8-TCDF	1.15x 10 ⁻⁸	1.414x 10 ⁻⁶	6.0629x 10 ⁻⁶	8.0058x 10 ⁻⁶
1,2,3,7,8-PeCDF	4.32x 10 ⁻⁸	1.462x 10 ⁻⁶	6.2554x 10 ⁻⁶	8.2738x 10 ⁻⁶
2,3,4,7,8-PeCDF	8.88x 10 ⁻⁸	1.961x 10 ⁻⁶	8.2848x 10 ⁻⁶	1.1101x 10 ⁻⁵
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.326x 10 ⁻⁷	1.911x 10 ⁻⁶	8.6907x 10 ⁻⁶	1.0815x 10 ⁻⁵
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.259x 10 ⁻⁷	1.886x 10 ⁻⁶	8.586x 10 ⁻⁶	1.0675x 10 ⁻⁵
2,3,4,6,7,8-HxCDF	2.576x 10 ⁻⁷	1.194x 10 ⁻⁶	5.1289x 10 ⁻⁶	6.7607x 10 ⁻⁶
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.15x 10 ⁻⁸	1.016x 10 ⁻⁷	4.728x 10 ⁻⁷	5.751x 10 ⁻⁷
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	5.905x 10 ⁻⁷	3.221x 10 ⁻⁶	1.3714x 10 ⁻⁵	1.8235x 10 ⁻⁵
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	2.89x 10 ⁻⁸	2.044x 10 ⁻⁷	9.09x 10 ⁻⁷	1.1572x 10 ⁻⁶
OCDF	7.167x 10 ⁻⁷	6.683x 10 ⁻⁷	1.771x 10 ⁻⁶	3.7832x 10 ⁻⁶
TEQ	1.355x 10 ⁻⁷	2.037x 10 ⁻⁶	8.7657x 10 ⁻⁶	1.1529x 10 ⁻⁵

b) Toprak Yutulması

Toprak yutulması ile alınan tahmini doz miktarı Tablo 31'de özetlenmiştir. Son derece küçük olarak hesaplanan toprak yutma kaynaklı dozlardaki konjener dağılımı da, topraktaki (Z=1 cm) konsantrasyona bağlı olduğu için Şekil 8.17 ile aynıdır.

Tablo 8.31. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Toprak Yutma Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	7.4x10 ⁻¹⁷	4.9x10 ⁻¹⁶	2.06x10 ⁻¹⁵	2.78x10 ⁻¹⁵
1,2,3,7,8-PeCDD	3.9x10 ⁻¹⁷	1.09x10 ⁻¹⁵	4.76x10 ⁻¹⁵	6.19x10 ⁻¹⁵
1,2,3,4,7,8-HxCDD	4.1x10 ⁻¹⁷	3.5x10 ⁻¹⁶	1.53x10 ⁻¹⁵	2x10 ⁻¹⁵
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.36x10 ⁻¹⁶	6.1x10 ⁻¹⁶	2.44x10 ⁻¹⁵	3.48x10 ⁻¹⁵
1,2,3,7,8,9-HxCDD	4x10 ⁻¹⁷	3.4x10 ⁻¹⁶	1.44x10 ⁻¹⁵	1.92x10 ⁻¹⁵
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1.14x10 ⁻¹⁵	4.79x10 ⁻¹⁵	1.8x10 ⁻¹⁴	2.712x10 ⁻¹⁴
OCDD	4.362x10 ⁻¹⁵	6.05x10 ⁻¹⁵	1.79x10 ⁻¹⁴	3.426x10 ⁻¹⁴
2,3,7,8-TCDF	3.7x10 ⁻¹⁷	4.54x10 ⁻¹⁵	1.95x10 ⁻¹⁴	2.569x10 ⁻¹⁴
1,2,3,7,8-PeCDF	2.06x10 ⁻¹⁶	6.97x10 ⁻¹⁵	2.98x10 ⁻¹⁴	3.943x10 ⁻¹⁴
2,3,4,7,8-PeCDF	3.67x10 ⁻¹⁶	8.1x10 ⁻¹⁵	3.42x10 ⁻¹⁴	4.587x10 ⁻¹⁴
1,2,3,4,7,8-HxCDF	3.56x10 ⁻¹⁶	5.13x10 ⁻¹⁵	2.33x10 ⁻¹⁴	2.904x10 ⁻¹⁴
1,2,3,6,7,8-HxCDF	3.34x10 ⁻¹⁶	5.01x10 ⁻¹⁵	2.28x10 ⁻¹⁴	2.836x10 ⁻¹⁴
2,3,4,6,7,8-HxCDF	6.33x10 ⁻¹⁶	2.93x10 ⁻¹⁵	1.26x10 ⁻¹⁴	1.66x10 ⁻¹⁴
1,2,3,7,8,9-HxCDF	3.1x10 ⁻¹⁷	2.8x10 ⁻¹⁶	1.29x10 ⁻¹⁵	1.57x10 ⁻¹⁵
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	3.01x10 ⁻¹⁵	1.67x10 ⁻¹⁴	7.12x10 ⁻¹⁴	9.466x10 ⁻¹⁴
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.52x10 ⁻¹⁶	1.07x10 ⁻¹⁵	4.78x10 ⁻¹⁵	6.08x10 ⁻¹⁵
OCDF	1.81x10 ⁻¹⁵	1.68x10 ⁻¹⁵	4.46x10 ⁻¹⁵	9.53x10 ⁻¹⁵
TEQ	4.98x10 ⁻¹⁶	7.59x10 ⁻¹⁵	3.25x10 ⁻¹⁴	4.297x10 ⁻¹⁴

c) Bitki Tüketimi

Bitki tüketimi ile alınan tahmini doz miktarı Tablo 32’de özetlenmiştir.

Tablo 8.32. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Bitki Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.0000004	0.0000052	0.0000217	0.0000292
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000005	0.0000319	0.0001389	0.0001804
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000002	0.0000099	0.0000428	0.000056
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000006	0.0000166	0.0000657	0.0000937
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000002	0.0000083	0.0000355	0.0000472
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000002	0.0000159	0.0000599	0.0000903
OCDD	0.0000009	0.0000111	0.0000329	0.000063
2,3,7,8-TCDF	0.0000001	0.0000771	0.0003306	0.0004366
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000002	0.0000901	0.0003857	0.0005101
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000014	0.0000982	0.0004149	0.0005559
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000011	0.0000641	0.0002916	0.0003629
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000009	0.000061	0.0002778	0.0003453
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000014	0.0000271	0.0001162	0.0001532
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000001	0.0000027	0.0000124	0.0000151
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000014	0.0001574	0.00067	0.0008909
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000001	0.0000057	0.0000254	0.0000323
OCDF	0.0000004	0.0000168	0.0000444	0.0000949
TEQ	0.0000018	0.0001032	0.0004427	0.0005841

Konjener dağılımları bitkilerdeki dağılıma benzer olup Şekil 8.20’deki gibidir. Limit emisyon oranında değişik bitki türlerinin TEQ bazında toplama katkıları şu şekildedir:

Patates:	% 0.5
Yapraklı sebzeler:	% 18
Baklagiller:	% 1.1
Köklü sebzeler:	% 0.3
Meyveler:	% 47.5
Diğer sebzeler:	% 32.6

d) Et ve Et Ürünleri Tüketimi

Et ve et ürünleri tüketimi ile alınan tahmini doz miktarı Tablo 33'te özetlenmiştir.

Tablo 8.33. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Et ve Et Ürünleri Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.00000003	0.00000021	0.00000086	0.00000116
1,2,3,7,8-PeCDD	0.00000003	0.00000071	0.00000309	0.00000402
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.00000002	0.00000016	0.0000007	0.00000091
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.00000006	0.00000027	0.00000107	0.00000153
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.00000002	0.00000014	0.00000059	0.00000079
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.00000003	0.00000013	0.0000005	0.00000075
OCDD	0.00000003	0.00000004	0.00000011	0.00000021
2,3,7,8-TCDF	0.00000001	0.00000065	0.0000028	0.0000037
1,2,3,7,8-PeCDF	0.00000003	0.00000099	0.00000425	0.00000562
2,3,4,7,8-PeCDF	0.00000002	0.00000443	0.00001873	0.0000251
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00000021	0.00000296	0.00001349	0.00001678
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.00000019	0.00000284	0.00001294	0.00001608
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.00000029	0.00000137	0.00000587	0.00000774
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00000001	0.00000013	0.00000061	0.00000074
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00000038	0.00000207	0.0000088	0.0000117
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.00000003	0.00000022	0.00000098	0.00000125
OCDF	0.00000004	0.00000004	0.0000001	0.00000022
TEQ	0.00000023	0.0000037	0.0000159	0.00002097

Konjener dağılımı etteki gibi olup 5 ve 6 klorlu furanların baskınlığı söz konusudur. Çeşitli ürünlerin limit emisyon oranında ve TEQ bazında toplama katkıları şu şekildedir:

Sığır eti:	% 28.1
Koyun eti:	% 6.5
Sakatat:	% 58.5
Et ürünleri:	% 6.9
Hayvansal yağlar.	% 0
Balık:	% 0.

e) Süt ve Süt Ürünleri Tüketimi

Süt ve süt ürünleri tüketimi ile alınan tahmini doz miktarı Tablo 34'te özetlenmiştir.

Tablo 8.34. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Süt ve Süt Ürünleri Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.0000004	0.0000023	0.0000098	0.0000133
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000005	0.0000126	0.000055	0.0000715
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000002	0.0000019	0.0000083	0.0000109
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000006	0.0000028	0.0000111	0.0000158
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000002	0.0000019	0.0000079	0.0000105
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000002	0.0000009	0.0000034	0.0000051
OCDD	0.0000009	0.0000013	0.0000037	0.0000071
2,3,7,8-TCDF	0.0000001	0.0000073	0.0000311	0.0000411
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000002	0.0000067	0.0000286	0.0000378
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000014	0.0000318	0.0001344	0.0001801
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000011	0.0000162	0.0000736	0.0000915
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000009	0.0000132	0.0000603	0.000075
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000014	0.0000064	0.0000274	0.0000361
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000001	0.0000005	0.0000025	0.0000031
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000014	0.0000074	0.0000314	0.0000418
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000001	0.0000008	0.0000034	0.0000043
OCDF	0.0000004	0.0000004	0.000001	0.0000021
TEQ	0.0000018	0.00003	0.0001286	0.0001699

Konjener dağılımı, sütte ve diğer hayvansal ürünlerde olduğu gibidir. Limit emisyon oranında toplam TEQ değerine katkıları süt için % 15.3, süt ürünleri içinse % 84.7'dur.

f) Tavuk ve Yumurta Tüketimi

Tavuk ve yumurta tüketimi ile alınan tahmini doz miktarı Tablo 35'te özetlenmiştir.

Tablo 8.35. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Tavuk ve Yumurta Tüketimi Yoluyla Maruz Kalacakları PCDD/F Dozları

Konjener	Minimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	0.00000003	0.00000022	0.0000009	0.0000013
1,2,3,7,8-PeCDD	0.00000013	0.00000367	0.000016	0.0000208
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.00000014	0.00000121	0.0000053	0.0000069
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000005	0.00000225	0.0000089	0.0000127
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.00000009	0.00000072	0.0000031	0.0000041
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.00000031	0.00000131	0.0000049	0.0000074
OCDD	0.00000034	0.00000047	0.0000014	0.0000026
2,3,7,8-TCDF	0.00000003	0.00000371	0.0000159	0.000021
1,2,3,7,8-PeCDF	0.00000015	0.00000521	0.0000223	0.0000295
2,3,4,7,8-PeCDF	0.00000097	0.00002132	0.0000901	0.0001207
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.00000072	0.00001033	0.000047	0.0000585
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.00000058	0.00000869	0.0000396	0.0000492
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.00000091	0.0000042	0.000018	0.0000238
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.00000001	0.00000012	0.0000006	0.0000007
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00000159	0.00000869	0.000037	0.0000492
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.00000003	0.00000024	0.000001	0.0000013
OCDF	0.00000041	0.00000038	0.000001	0.0000022
TEQ	0.00000091	0.00001621	0.0000694	0.0000917

Konjener dağılımı, sütte ve diğer hayvansal ürünlerde olduğu gibidir. Limit emisyon oranında toplam TEQ değerine katkıları tavuk için % 9.9, yumurta içinse % 90.1'dir..

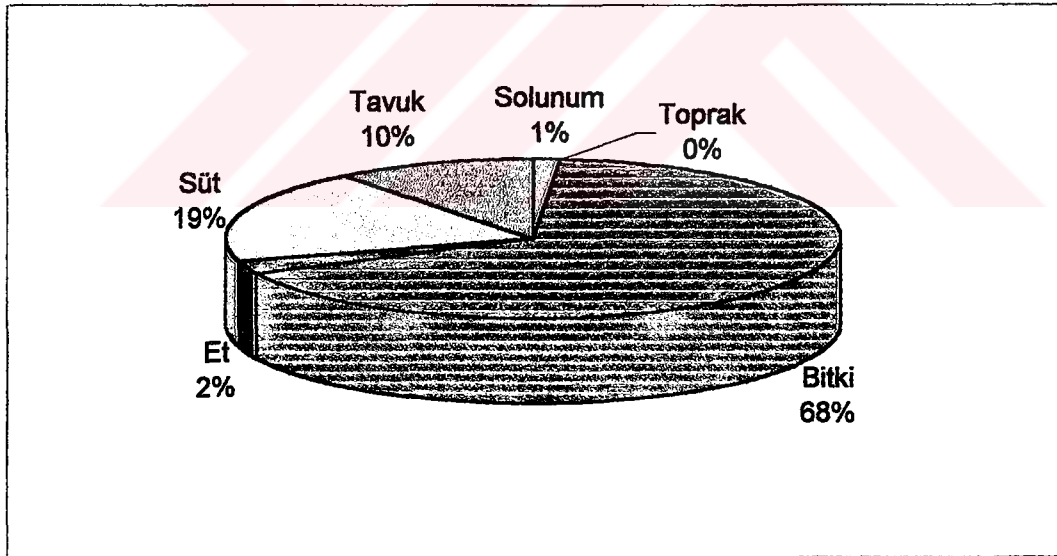
g) Toplam Doz

Toplam doz, yukarıda alınan maruz kalma yollarından alınan konjener miktarını ifade eder. Tablo 8.36 farklı emisyon oranları için kentli yetişkin alıcı grubunun maruz kalacağı dozları (TEQ bazında) göstermektedir.

Tablo 8.36. Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	1.35503 x 10 ⁻⁷	2.037 x 10 ⁻⁶	8.77 x 10 ⁻⁶	1.15 x 10 ⁻⁵
Toprak yutma	4.98455 x 10 ⁻¹⁶	7.59 x 10 ⁻¹⁵	3.25 x 10 ⁻¹⁴	4.3 x 10 ⁻¹⁴
Bitki tüketimi	0.0000062	0.0001032	0.0004427	0.0005841
Et tüketimi	0.0000002	0.000004	0.000016	0.000021
Süt tüketimi	0.0000018	3.001E-05	0.0001286	0.0001699
Tavuk tüketimi	0.0000009	0.000016	6.936E-05	0.0000917
Toplam	0.0000092	0.0001552	0.0006654	0.0008783

Görüldüğü gibi kentli yetişkinlerin maruz kalacakları toplam doz oranları oldukça düşük olup maksimum seviyelerde bile 0.7-0.9 fg-TEQ.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ seviyesindedir. Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.28'de; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.37'de verilmiştir.



Şekil 8.28. Limit emisyon oranında kentli yetişkinler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Görüldüğü gibi kentli yetişkinler için dioksinlere maruz kalma açısından bitkisel besinlerin % 68, hayvansal besinlerin ise % 31 civarında olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 8.37. Limit Emisyon Oramında Kentli Yetişkinler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta	TOPLAM	
2,3,7,8-TCDD	4.32 x 10 ⁻⁷	2.78 x 10 ⁻¹⁵	0.0000292	0.0000012	0.0000133	0.0000013	0.0000453	
1,2,3,7,8-PeCDD	1.81 x 10 ⁻⁶	6.19 x 10 ⁻¹⁵	0.0001804	0.0000004	0.0000715	0.0000208	0.0002785	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	8.44 x 10 ⁻⁷	2.00 x 10 ⁻¹⁵	0.0000056	0.0000009	0.0000109	0.0000069	0.0000755	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.48 x 10 ⁻⁶	3.48 x 10 ⁻¹⁵	0.0000937	0.0000015	0.0000158	0.0000127	0.0001253	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	8.26 x 10 ⁻⁷	1.92 x 10 ⁻¹⁴	0.0000472	0.0000008	0.0000105	0.0000041	0.0000634	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	2.82 x 10 ⁻⁶	2.71 x 10 ⁻¹⁴	0.0000903	0.0000007	0.0000051	0.0000074	0.0001064	
OCDD	2.84 x 10 ⁻⁶	3.43 x 10 ⁻¹⁴	0.000063	0.0000002	0.0000071	0.0000026	0.0000758	
2,3,7,8-TCDF	8.01 x 10 ⁻⁶	2.57 x 10 ⁻¹⁴	0.0004366	0.0000037	0.0000411	0.000021	0.0005104	
1,2,3,7,8-PeCDF	8.27 x 10 ⁻⁶	3.94 x 10 ⁻¹⁴	0.0005101	0.0000056	0.0000378	0.0000295	0.0005914	
2,3,4,7,8-PeCDF	1.11 x 10 ⁻⁵	4.59 x 10 ⁻¹⁴	0.0005559	0.0000251	0.0001801	0.0001207	0.0008928	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.08 x 10 ⁻⁵	2.909 x 10 ⁻¹⁴	0.0003629	0.0000168	0.0000915	0.0000585	0.0005405	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.07 x 10 ⁻⁵	2.84 x 10 ⁻¹⁴	0.0003453	0.0000161	0.0000075	0.0000492	0.0004963	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	6.76 x 10 ⁻⁶	1.66 x 10 ⁻¹⁴	0.0001532	0.0000077	0.0000361	0.0000238	0.0002275	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	5.75 x 10 ⁻⁷	1.57 x 10 ⁻¹⁵	0.0000151	0.0000007	0.0000031	0.0000007	0.0000202	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.82 x 10 ⁻⁵	9.47 x 10 ⁻¹⁴	0.0008909	0.0000117	0.0000418	0.0000492	0.0010118	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.16 x 10 ⁻⁶	6.08 x 10 ⁻¹⁵	0.0000323	0.0000012	0.0000043	0.0000013	0.0000404	
OCDF	3.78 x 10 ⁻⁶	9.53 x 10 ⁻¹⁵	0.0000949	0.0000002	0.0000021	0.0000022	0.0001031	
TEQ	1.15286 x 10⁻⁵	4.30 x 10⁻¹⁴	0.0005841	0.000021	0.0001699	0.0000917	0.0008782	

8.12.1.2 Kentli 11-16 yaş arası alıcılar

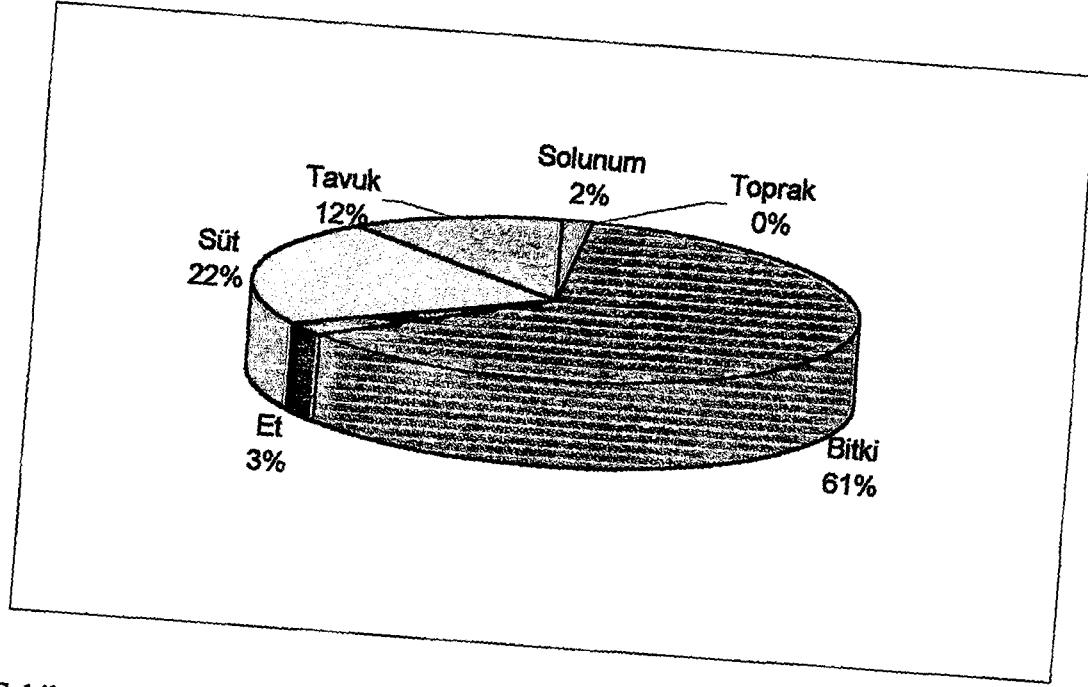
Aynı yaklaşımla 11-16 yaş arası kentli alıcı grubu için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.38’de özetlenmiştir.

Tablo 8.38. Kentli 11-16 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	2.08 x 10 ⁷	0.0000031	0.0000135	0.0000177
Toprak yutma	3.10 x 10 ⁻¹⁵	4.72 x 10 ⁻¹⁴	2.02 x 10 ⁻¹³	2.67x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000076	0.0001268	0.00054386	0.0007176
Et tüketimi	0.0000003	0.0000055	0.0000234	0.0000309
Süt tüketimi	0.0000026	0.0000442	0.00018951	0.0002503
Tavuk tüketimi	0.0000013	0.0000239	0.00010221	0.0001352
Toplam	0.000012	0.0002035	0.00087245	0.0011517

PCDD/F dozları kentli 11-16 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda bile 0.9-1.2 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.6, yapraklı sebzeler % 14.7, baklagiller % 0.9, köklü bitkiler % 0.2; meyveler % 56.9 ve diğer sebzeler % 26.6 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 28.1, koyun eti % 6.5, sakatat % 58.5 ve et ürünleri de % 6.9’luk orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 15.3, süt ürünleri ise % 84.7’lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 9.9 ve % 90.1 olarak hesaplanmıştır. 11-16 yaşları arasındaki çocukların beslenme alışkanlıkları ve miktarları yetişkinlere yakın olduğu için bitkisel ve hayvansal ürünlerin katkıları birbirine eşit ya da yakın çıkmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.29’da, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.39’da verilmektedir.



Şekil 8.29. Limit emisyon oranında kentli 11-16 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.39. Limit Emisyon Oranında Kentli 11-16 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000007	1.73 x 10 ⁻¹⁴	0.0000359	0.000017	0.0000195	0.000019	0.0000596	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000028	3.85 x 10 ⁻¹⁴	0.0002217	0.000059	0.0001054	0.0000307	0.0003664	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000013	1.25 x 10 ⁻¹⁴	0.0000688	0.000013	0.0000161	0.0000101	0.0000977	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000023	2.16 x 10 ⁻¹⁴	0.0001153	0.000023	0.0000233	0.0000188	0.0001618	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000013	1.19 x 10 ⁻¹⁴	0.000058	0.000012	0.0000155	0.000006	0.0000819	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000043	1.69 x 10 ⁻¹³	0.0001109	0.000011	0.0000076	0.000011	0.0001348	
OCDD	0.000044	2.13 x 10 ⁻¹³	0.000077	0.000003	0.0000105	0.000039	0.0000961	
2,3,7,8-TCDF	0.0000123	1.60 x 10 ⁻¹³	0.0005369	0.000055	0.0000606	0.000031	0.0006462	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000127	2.45 x 10 ⁻¹³	0.0006267	0.000083	0.0000558	0.0000435	0.0007469	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000171	2.85 x 10 ⁻¹³	0.0006827	0.000037	0.0002654	0.0001778	0.00118	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000166	1.81 x 10 ⁻¹³	0.0004456	0.0000247	0.0001349	0.0000862	0.000708	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000164	1.76 x 10 ⁻¹³	0.000424	0.0000237	0.0001105	0.0000725	0.0006471	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000104	1.03 x 10 ⁻¹³	0.000188	0.0000114	0.0000532	0.000035	0.0002979	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000009	9.77 x 10 ⁻¹³	0.0000186	0.0000011	0.0000045	0.000001	0.0000261	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000028	5.89 x 10 ⁻¹³	0.001094	0.0000172	0.0000616	0.0000725	0.0012734	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000018	3.78 x 10 ⁻¹⁴	0.0000397	0.0000018	0.0000064	0.000002	0.0000517	
OCDF	0.000058	5.92 x 10 ⁻¹⁴	0.0001169	0.0000003	0.0000031	0.0000032	0.0001294	
TEQ	0.0000177	2.67 x 10⁻¹³	0.0007176	0.0000309	0.0002503	0.0001352	0.0011517	

8.12.1.3 Kentli 6-11 yaş arası alıcılar

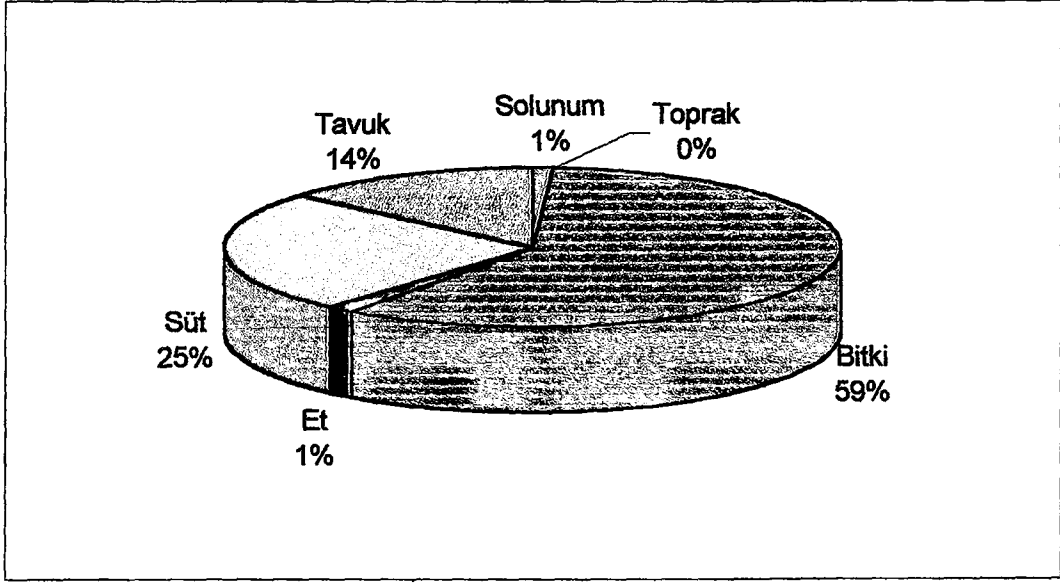
6-11 yaş arası kentli çocuklar için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.40'ta özetlenmiştir.

Tablo 8.40. Kentli 6-11 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000002	0.0000034	0.0000145	0.000019
Toprak yutma	5.35 x 10 ⁻¹⁵	8.15 x 10 ⁻¹⁴	3.49 x 10 ⁻¹³	4.61 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0,0000107	0,0001793	0,00076944	0,0010152
Et tüketimi	0,0000002	0,0000037	0,0000158	0,0000208
Süt tüketimi	0,0000045	0,0000764	0,00032734	0,0004324
Tavuk tüketimi	0,0000023	0,0000413	0,00017654	0,0002335
Toplam	0,0000179	0,0003041	0,00130361	0,0017209

PCDD/F dozları kentli 6-11 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda bile 1.3-1.7 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.8, yapraklı sebzeler % 10.3, baklagiller % 0.6, köklü sebzeler % 0.2; meyveler % 69.5 ve diğer sebzeler % 18.6 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise 11-16 yaş arası alıcılarda olduğu gibi et % 28.1, koyun eti % 6.5, sakatat % 58.5 ve et ürünleri de % 6.9'luk orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 15.3, süt ürünleri ise % 84.7'lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 4.1 ve % 95.9 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.30'da, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.41'de verilmektedir.



Şekil 8.30. Limit emisyon oranında kentli 6-11 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.41. Limit Emisyon Oranında Kentli 6-11 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000007	2.99 x 10 ⁻¹⁴	0.0000508	0.0000012	0.0000337	0.0000032	0.0000896	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000003	6.64 x 10 ⁻¹⁴	0.00003138	0.000004	0.000182	0.000053	0.0005557	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000014	2.15 x 10 ⁻¹⁴	0.0000975	0.0000009	0.0000277	0.0000175	0.000145	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000024	3.74 x 10 ⁻¹⁴	0.0001633	0.0000015	0.0000402	0.0000325	0.0002399	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000014	2.06 x 10 ⁻¹⁴	0.0000821	0.0000008	0.0000267	0.0000104	0.0001214	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000047	2.91 x 10 ⁻¹³	0.0001567	0.0000007	0.0000131	0.0000189	0.0001942	
OCDD	0.0000047	3.68 x 10 ⁻¹³	0.0001084	0.0000002	0.0000181	0.0000067	0.0001381	
2,3,7,8-TCDF	0.0000132	2.76 x 10 ⁻¹³	0.0007606	0.0000037	0.0001047	0.0000535	0.0009356	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000137	4.23 x 10 ⁻¹³	0.0008866	0.0000056	0.0000963	0.0000751	0.0010773	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000183	4.93 x 10 ⁻¹³	0.0009657	0.0000249	0.0004585	0.0003071	0.0017746	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000178	3.12 x 10 ⁻¹³	0.00063	0.0000167	0.000233	0.0001489	0.0010464	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000176	3.05 x 10 ⁻¹³	0.0005995	0.000016	0.0001909	0.0001252	0.0009491	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000112	1.78 x 10 ⁻¹³	0.0002655	0.0000077	0.0000918	0.0000605	0.0004367	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000009	1.69 x 10 ⁻¹⁴	0.0000262	0.0000007	0.0000078	0.0000018	0.0000376	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000301	1.02 x 10 ⁻¹²	0.0015471	0.0000116	0.0001064	0.0001252	0.0018204	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000019	6.53 x 10 ⁻¹⁴	0.0000561	0.0000012	0.0000111	0.0000034	0.0000737	
OCDF	0.0000062	1.02 x 10 ⁻¹³	0.0001663	0.0000002	0.0000053	0.0000055	0.0001836	
TEQ	0.000019	4.61 x 10⁻¹³	0.0010152	0.0000208	0.0004324	0.0002335	0.001721	

8.12.1.4 Kentli 1-6 yaş arası alıcılar

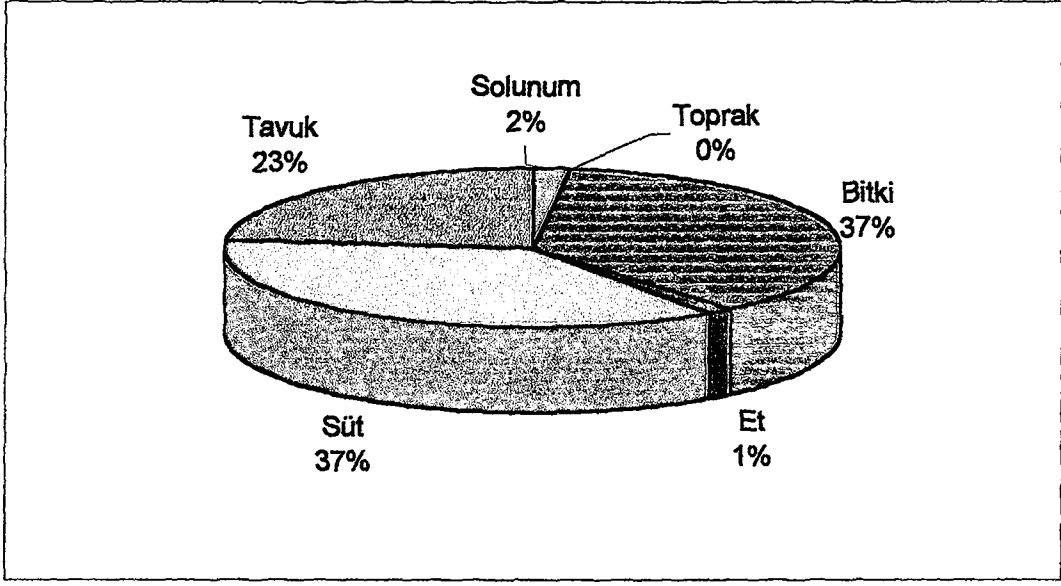
1-6 yaş arası kentli çocuklar için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.42’de özetlenmiştir.

Tablo 8.42. Kentli 1-6 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000004	0.0000058	0.0000249	0.0000327
Toprak yutma	1.38 x 10 ⁻¹⁴	2.10 x 10 ⁻¹³	9.00 x 10 ⁻¹³	1.19 x 10 ⁻¹²
Bitki tüketimi	0.0000062	0.0001038	0.0004455	0.0005878
Et tüketimi	0.0000002	0.0000037	0.000016	0.0000211
Süt tüketimi	0.0000061	0.000103	0.0004416	0.0005833
Tavuk tüketimi	0.0000037	0.0000655	0.0002804	0.0003708
Toplam	0.0000166	0.0002819	0.0012084	0.0015958

PCDD/F dozları kentli 1-6 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda bile 1.2-1.6 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.5, yapraklı sebzeler % 18, baklagiller % 1.1, köklü sebzeler % 0.3, meyveler % 47.5, ve diğer sebzeler % 32.6 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 28.1, koyun eti % 6.5, sakatat % 58.5 ve et ürünleri de % 6.9’luk orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 37.2, süt ürünleri ise % 62.8’lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 2.5 ve % 97.5 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.31’de, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.43’te verilmektedir.



Şekil 8.31. Limit emisyon oranında kentli 1-6 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.43. Limit Emisyon Oranında Kentli 1-6 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000012	7.70 x 10 ⁻¹⁴	0.0000294	0.0000012	0.0000455	0.0000031	0.0000804	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000051	1.71 x 10 ⁻¹³	0.0001816	0.000004	0.0002455	0.0000812	0.0005175	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000024	5.54 x 10 ⁻¹⁴	0.0000563	0.0000009	0.0000374	0.0000278	0.0001249	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000042	9.63 x 10 ⁻¹⁴	0.0000943	0.0000015	0.0000542	0.0000515	0.0002057	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000023	5.30 x 10 ⁻¹⁴	0.0000475	0.0000008	0.000036	0.0000168	0.0001034	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000008	7.51 x 10 ⁻¹³	0.0000909	0.0000008	0.0000177	0.0000316	0.0001489	
OCDD	0.000081	9.49 x 10 ⁻¹³	0.0000634	0.000002	0.0000244	0.0000114	0.0001075	
2,3,7,8-TCDF	0.0000227	7.119 x 10 ⁻¹³	0.0004393	0.0000037	0.0001412	0.0000727	0.0006797	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000235	1.099 x 10 ⁻¹²	0.0005133	0.0000056	0.00013	0.0001219	0.0007943	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000315	1.27 x 10 ⁻¹²	0.0005593	0.0000252	0.0006185	0.0004945	0.0017291	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000307	8.04 x 10 ⁻¹³	0.0003651	0.0000169	0.0003144	0.0002405	0.0009675	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000303	7.85 x 10 ⁻¹³	0.0003475	0.0000162	0.0002575	0.0002028	0.0008543	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000192	4.60 x 10 ⁻¹³	0.0001541	0.0000078	0.0001239	0.0000983	0.0004032	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000016	4.35 x 10 ⁻¹⁴	0.0000152	0.0000007	0.0000106	0.0000028	0.0000031	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000517	2.62 x 10 ⁻¹²	0.0008965	0.0000118	0.0001436	0.0002074	0.0013109	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000033	1.68 x 10 ⁻¹³	0.0000325	0.0000013	0.0000149	0.0000056	0.0000576	
OCDF	0.0000107	2.64 x 10 ⁻¹³	0.0000955	0.0000002	0.0000072	0.0000091	0.0001228	
TEQ	0.0000327	1.19 x 10⁻¹²	0.0005878	0.0000211	0.0005833	0.0003708	0.0015958	

8.12.1.5 Kentli bebekler

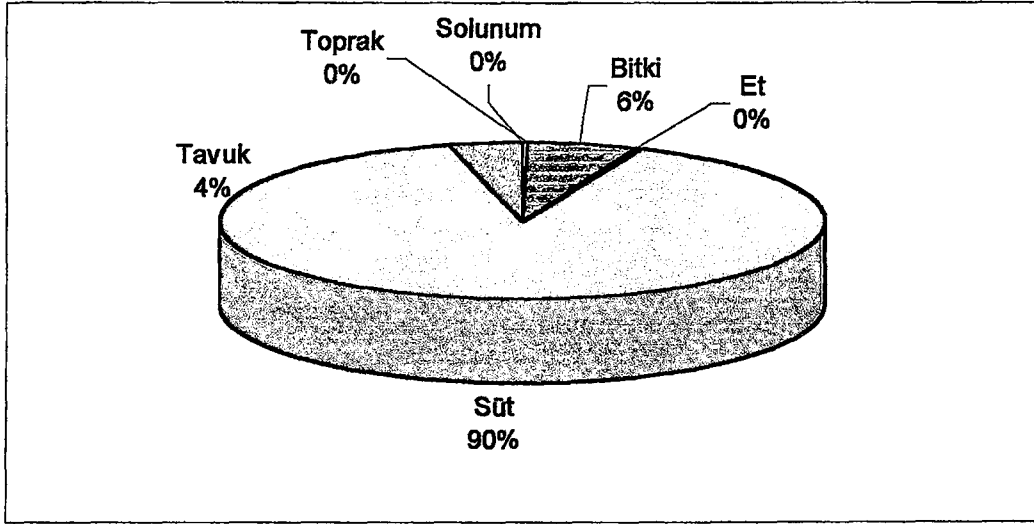
0-1 yaş arası kentli bebekler için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.44'te özetlenmiştir. Bebeklerin ilk altı ay anne sütü, sonraki altı ay ise diğer besinlerle birlikte inek sütü içtikleri varsayımı yapılmıştır.

Tablo 8.44. Kentli 0-1 Yaş Arasındaki Bebeklerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000005	0.000007	0.0000299	0.0000394
Toprak yutma	2.94 x 10 ⁻¹⁴	4.47 x 10 ⁻¹³	1.91 x 10 ⁻¹²	2.53 x 10 ⁻¹²
Bitki tüketimi	0.0000063	0.0001057	0.0004534	0.0005982
Et tüketimi	0.0000002	0.0000038	0.0000163	0.0000215
Süt tüketimi	0.0000985	0.0016528	0.0070878	0.0093563
Tavuk tüketimi	0.0000039	0.0000696	0.000298	0.0003942
Toplam	0.0001094	0.0018389	0.0078854	0.0104095

PCDD/F dozları kentli bebekler için maksimum ve limit emisyonlarda 7.9-10.4 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.5, yapraklı sebzeler % 18, baklagiller % 1.1, köklü sebzeler % 0.3, meyveler % 47.5, ve diğer sebzeler % 32.6 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 28.2, koyun eti % 6.5, sakatat % 58.5 ve et ürünleri de % 6.8'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 78.5, süt ürünleri ise % 21.5'lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 2.5 ve % 97.5 olarak hesaplanmıştır.

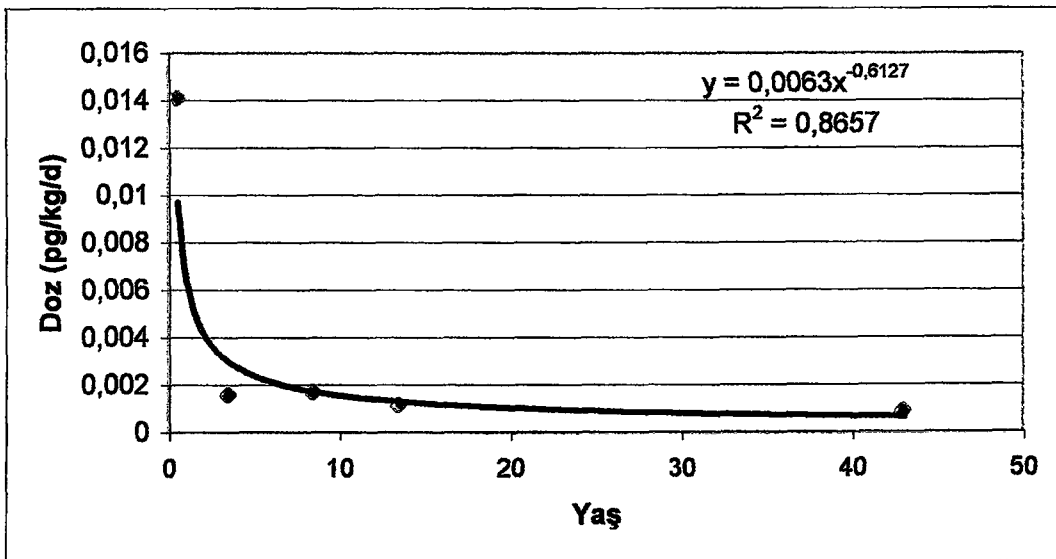
Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.32'de, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.45'te verilmektedir.



Şekil 8.32. Limit emisyon oranında kentli bebekler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

8.12.1.6 Kentli alıcılara ilişkin genel değerlendirme

Kentli alıcıların maruz kalacakları doz, limit emisyonda bile oldukça düşük olup en hassas alıcı grupları olan bebeklerde bile WHO'nun PCDD/F'ler için "tolere edilebilir" günlük toplam doz aralığı olan $1-4 \text{ pg I-TEQ kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ aralığının alt sınırının 1/100'ü kadardır. Limit emisyonda alıcı grupları için hesaplanan günlük doz grafiği Şekil 8.33'te verilmiştir.



Şekil 8.33. Kentli alıcı grupları için yaşa göre günlük doz grafiği.

Tablo 8.45. Limit Emisyon Oranında Kentli Bebekler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjenere Dozları.

Konjenere	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)								TOPLAM
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta			
2,3,7,8-TCDD	0.000015	1.64 x 10 ⁻¹³	0.0000299	0.0000012	0.0005009	0.0000032	0.0005367		
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000062	3.64 x 10 ⁻¹³	0.0001848	0.0000041	0.0030387	0.0000863	0.0033201		
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000029	1.18 x 10 ⁻¹³	0.0000573	0.0000009	0.0007894	0.0000296	0.0008801		
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000051	2.05 x 10 ⁻¹³	0.000096	0.0000016	0.0013005	0.0000547	0.0014578		
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000028	1.13 x 10 ⁻¹³	0.0000484	0.0000008	0.0006684	0.0000178	0.0007382		
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000096	1.60 x 10 ⁻¹²	0.0000924	0.0000008	0.0010716	0.0000336	0.001208		
OCDD	0.000097	2.02 x 10 ⁻¹²	0.0000645	0.0000002	0.0007768	0.0000121	0.0008634		
2,3,7,8-TCDF	0.000274	1.51 x 10 ⁻¹²	0.0004471	0.0000038	0.005205	0.0000771	0.0057603		
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000283	2.32 x 10 ⁻¹²	0.0005223	0.0000057	0.0059907	0.0001296	0.0066767		
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000379	2.70 x 10 ⁻¹²	0.0005692	0.0000257	0.0095417	0.0005257	0.0107002		
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000037	1.71 x 10 ⁻¹²	0.0003716	0.0000172	0.0057056	0.0002556	0.006387		
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000365	1.67 x 10 ⁻¹²	0.0003536	0.0000165	0.005202	0.0002156	0.0058242		
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000231	9.78 x 10 ⁻¹³	0.0001569	0.0000079	0.0023918	0.0001045	0.0026841		
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000002	9.25 x 10 ⁻¹⁴	0.0000155	0.0000008	0.0002121	0.0000003	0.0002333		
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000623	5.58 x 10 ⁻¹²	0.0009123	0.000012	0.0101575	0.0002206	0.0113647		
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000004	3.58 x 10 ⁻¹³	0.0000331	0.0000013	0.0004166	0.0000059	0.0004609		
OCDF	0.0000129	5.61 x 10 ⁻¹³	0.0000971	0.0000002	0.0010265	0.0000097	0.0011465		
TEQ	0.0000394	2.53 x 10⁻¹²	0.0005982	0.0000215	0.0093563	0.0003942	0.0104095		

Kentli alıcı grupları için PCDD/F'lere baskın maruz kalma yolu yetişkinlerde bitkiler, çocuklarda ise süt ve süt ürünleri olarak belirlenmiştir. Yerel olarak üretilen ve pazardan alınan meyveler ile sütlerden elde edilen peynir, yoğurt gibi yağlı ürünler, toplam günlük dozun yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Tavuk ürünlerinden gelen dozun neredeyse tamamı, yerel olarak üretilen yumurtalardan kaynaklanmaktadır.

Dozlara ilişkin konjener dağılımında da hayvansal ürünlerin baskınlığı dolayısıyla, genelde hayvansal ürünler, özede de süt ürünlerinin konjener dağılımı gözlenmektedir. Bu dağılımda 2,3,4,7,8-PeCDF başta olmak üzere (toplam TEQ değerinin % 52'sini oluşturmaktadır) 4, 5 ve 6 klorlu furanlar, diğer konjenerlerden daha fazladır. PCDD'ler içinde ise, miktar olarak en yükseği 1,2,3,7,8-PeCDD ise de, TEQ değerine katkısı bakımından % 6'lık bir katkı ile 2,3,7,8-TCDD en etkili bileşik olarak hesaplanmıştır.

8.12.2. Yarı-kentli alıcılar için tahmin edilen günlük PCDD/F dozları

8.12.2.1 Yarı-kentli yetişkinler

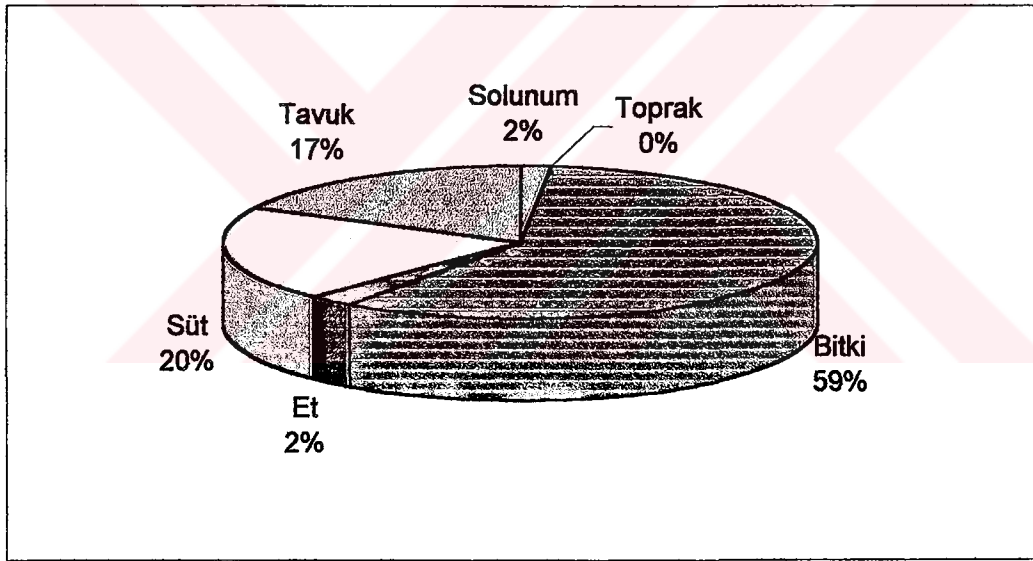
Alikahya'da oturan kentli yetişkinler için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.46'da özetlenmiştir.

Tablo 8.46. Yarı-Kentli Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solumum	0.0000001	0.0000021	0.0000089	0.0000117
Toprak yutma	1.75 x 10 ⁻¹⁵	2.67 x 10 ⁻¹⁴	1.14 x 10 ⁻¹³	1.51 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000046	0.0000758	0.0003253	0.0004293
Et tüketimi	0.0000002	0.0000032	0.0000135	0.0000179
Süt tüketimi	0.0000016	0.0000267	0.0001146	0.0001514
Tavuk tüketimi	0.0000013	0.0000226	0.0000969	0.0001282
Toplam	0.0000078	0.0001304	0.0005592	0.0007385

Görüldüğü gibi yarı-kentli yetişkinlerin maruz kalacakları toplam doz oranları oldukça düşük olup maksimum seviyelerde bile $0.6-0.7 \text{ fg-TEQ.kg}^{-1}$ vücut ağırlığı. d^{-1} seviyesindedir. Bitki tüketiminde patates % 1.2, yapraklı sebzeler % 21.2, baklagiller % 1, köklü sebzeler % 0.4, meyveler % 40.1, ve diğer sebzeler % 36.1 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 26.8, koyun eti % 6.1, sakatat % 55.6, et ürünleri % 7.5 ve hayvansal yağlar da % 4.1'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 42, süt ürünleri ise % 58 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 2.8 ve % 97.2 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.34'te; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.47'de verilmiştir.



Şekil 8.34. Limit emisyon oranında yarı-kentli yetişkinler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.47. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli Yetişkinler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000004	9.78 x 10 ⁻¹⁵	0.0000215	0.000001	0.0000118	0.0000011	0.0000359	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000018	2.17 x 10 ⁻¹⁴	0.000132	0.0000036	0.0000637	0.0000281	0.0002293	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000009	7.04 x 10 ⁻¹⁵	0.0000417	0.0000008	0.0000097	0.0000096	0.0000626	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000015	1.22 x 10 ⁻¹⁴	0.0000698	0.0000013	0.0000141	0.0000178	0.0001045	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000008	6.73 x 10 ⁻¹⁵	0.0000348	0.0000007	0.0000093	0.0000058	0.0000514	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000029	9.53 x 10 ⁻¹⁴	0.0000709	0.0000006	0.0000046	0.0000109	0.0000898	
OCDD	0.000029	1.20 x 10 ⁻¹³	0.0000497	0.0000002	0.0000063	0.0000039	0.000063	
2,3,7,8-TCDF	0.000081	9.03 x 10 ⁻¹⁴	0.0003261	0.0000032	0.0000366	0.0000253	0.0003994	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000084	1.39 x 10 ⁻¹³	0.0003731	0.0000047	0.0000337	0.0000421	0.0004621	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000113	1.61 x 10 ⁻¹³	0.0004074	0.0000213	0.0001605	0.0001708	0.0007712	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000011	1.02 x 10 ⁻¹³	0.0002666	0.0000141	0.0000816	0.0000831	0.0004563	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000108	9.97 x 10 ⁻¹⁴	0.0002538	0.0000134	0.0000668	0.00007	0.0004149	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000069	5.84 x 10 ⁻¹⁴	0.0001129	0.0000065	0.0000321	0.0000339	0.0001923	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000006	5.52 x 10 ⁻¹⁵	0.0000111	0.0000006	0.0000027	0.000001	0.000016	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000185	3.33 x 10 ⁻¹³	0.0006621	0.0000097	0.0000372	0.0000715	0.0007991	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000012	2.14 x 10 ⁻¹⁴	0.0000244	0.000001	0.0000039	0.0000019	0.0000324	
OCDF	0.0000038	3.35 x 10 ⁻¹⁴	0.0000757	0.0000002	0.0000019	0.0000032	0.0000847	
TEQ	0.0000117	1.51 x 10⁻¹³	0.0004293	0.0000179	0.0001514	0.0001282	0.0007384	

8.12.2.2 Yarı-kentli 11-16 yaş arası alıcılar

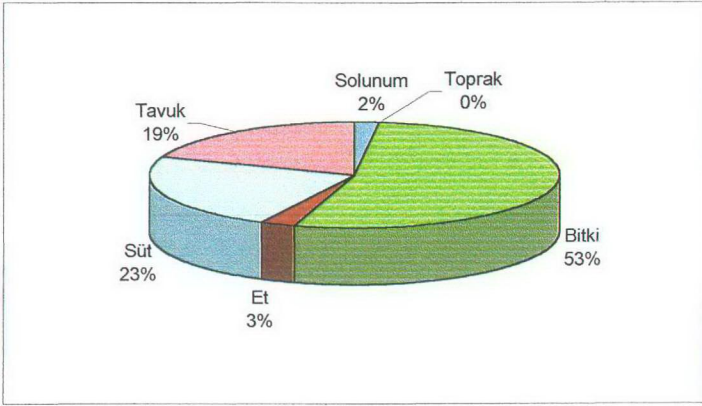
11-16 yaş arası yarı-kentli alıcı grubu için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.48’de özetlenmiştir.

Tablo 8.48. Yarı-Kentli 11-16 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000002	0.0000032	0.0000136	0.0000179
Toprak yutma	2.58 x 10 ⁻¹⁵	3.93 x 10 ⁻¹⁴	1.68 x 10 ⁻¹³	2.23 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000054	0.0000906	0.0003889	0.0005131
Et tüketimi	0.0000003	0.0000046	0.00002	0.0000263
Süt tüketimi	0.0000023	0.0000394	0.0001689	0.000223
Tavuk tüketimi	0.0000019	0.0000334	0.0001428	0.0001889
Toplam	0.0000101	0.0001712	0.0007342	0.0009692

PCDD/F dozları kentli 11-16 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda bile 0.7-1 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 1.4, yapraklı sebzeler % 17.7, baklagiller % 0.8, köklü sebzeler % 0.4, meyveler % 49.4, ve diğer sebzeler % 30.2 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 26.7, koyun eti % 6.1, sakatat % 55.6, et ürünleri % 7.5 ve hayvansal yağlar da % 4.1’lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 42, süt ürünleri ise % 58 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 2.8 ve % 97.2 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.35’te; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.49’da verilmiştir.



Şekil 8.35. Limit emisyon oranında yarı-kentli 11-16 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.49. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli 11-16 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000007	1.44 x 10 ⁻¹⁴	0.0000258	0.000015	0.000174	0.000016	0.000047	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000028	3.21 x 10 ⁻¹⁴	0.0001578	0.0000053	0.0000939	0.0000415	0.0003012	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000013	1.04 x 10 ⁻¹⁴	0.00005	0.0000012	0.0000143	0.0000142	0.0000809	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000023	1.80 x 10 ⁻¹⁴	0.0000837	0.000002	0.0000207	0.0000262	0.0001349	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000013	9.92 x 10 ⁻¹⁵	0.0000416	0.000001	0.0000138	0.0000085	0.0000662	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000044	1.41 x 10 ⁻¹³	0.0000855	0.0000009	0.0000068	0.000016	0.0001137	
OCDD	0.0000044	1.78 x 10 ⁻¹³	0.0000597	0.0000003	0.0000093	0.0000058	0.0000796	
2,3,7,8-TCDF	0.000125	1.33 x 10 ⁻¹³	0.0003913	0.0000047	0.000054	0.0000373	0.0004998	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000129	2.04 x 10 ⁻¹³	0.0004457	0.000007	0.0000497	0.000062	0.0005773	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000173	2.38 x 10 ⁻¹³	0.0004866	0.0000313	0.0002365	0.0002518	0.0010235	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000168	1.50 x 10 ⁻¹³	0.0003185	0.0000207	0.0001202	0.0001224	0.0005986	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000166	1.47 x 10 ⁻¹³	0.0003032	0.0000198	0.0000985	0.0001032	0.0005412	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000105	8.6 x 10 ⁻¹⁴	0.0001349	0.0000095	0.0000474	0.00005	0.0002523	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000009	8.14 x 10 ⁻¹⁵	0.0000133	0.0000009	0.000004	0.0000014	0.0000206	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000284	4.90 x 10 ⁻¹³	0.0007926	0.0000143	0.0000549	0.0001054	0.0009956	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000018	3.15 x 10 ⁻¹⁴	0.0000292	0.0000015	0.0000057	0.0000028	0.0000411	
OCDF	0.000059	4.94 x 10 ⁻¹⁴	0.000092	0.0000003	0.0000028	0.0000046	0.0001055	
TEQ	0.0000179	2.23 x 10⁻¹³	0.0005131	0.0000263	0.000223	0.0001889	0.0009693	

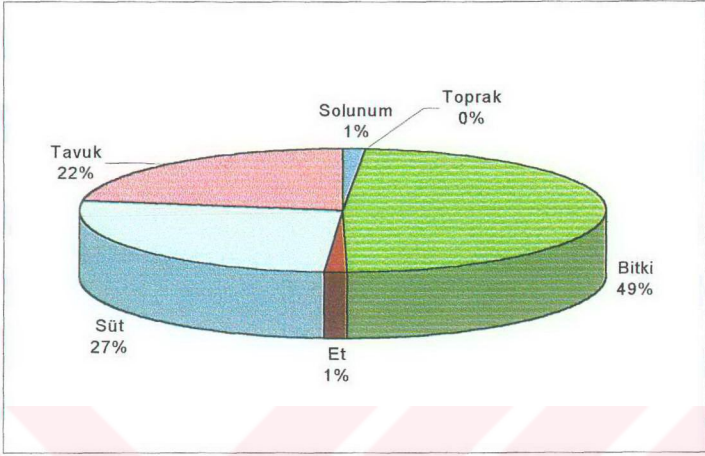
8.12.2.3 Yarı-kentli 6-11 yaş arası alıcılar

6-11 yaş arası yarı-kentli çocuklar için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.50'de özetlenmiştir.

Tablo 8.50. Yarı-Kentli 6-11 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000002	0.0000034	0.0000146	0.0000192
Toprak yutma	4.46 x 10 ⁻¹⁵	6.79 x 10 ⁻¹⁴	2.91 x 10 ⁻¹³	3.85 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000075	0.0001242	0.0005326	0.0007028
Et tüketimi	0.0000002	0.0000033	0.0000144	0.000019
Süt tüketimi	0.0000041	0.0000681	0.0002917	0.0003853
Tavuk tüketimi	0.0000032	0.0000576	0.0002467	0.0003263
Toplam	0.0000152	0.0002566	0.0011	0.0014526

PCDD/F dozları yarı-kentli 6-11 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda bile 1.1-1.5 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 1.8, yapraklı sebzeler % 13, baklagiller % 0.6, köklü sebzeler % 0.3, meyveler % 62.3 ve diğer sebzeler % 22.1 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 25.2, koyun eti % 5.8, sakatat % 52.2, et ürünleri % 7 ve hayvansal yağlar da % 9.8'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 42, süt ürünleri ise % 58 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 2.8 ve % 97.2 olarak hesaplanmıştır. Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.36'da; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.51'de verilmiştir.



Şekil 8.36. Limit emisyon oranında yarı-kentli 6-11 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.51. Limit Emisyon Oramında Yarı-Kentli 6-11 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000007	2.49 x 10 ⁻¹⁴	0.0001669	0.0000353	0.0000011	0.0000301	0.0000028	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000003	5.54 x 10 ⁻¹⁴	0.0010539	0.000216	0.0000041	0.0001621	0.0000716	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000014	1.79 x 10 ⁻¹⁴	0.0003234	0.0000688	0.0000009	0.0000247	0.0000245	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000025	3.11 x 10 ⁻¹⁴	0.0005408	0.0001153	0.0000014	0.0000358	0.0000453	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000014	1.71 x 10 ⁻¹⁴	0.0002733	0.000057	0.0000008	0.0000238	0.0000147	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000047	2.43 x 10 ⁻¹³	0.000458	0.0001188	0.0000007	0.0000117	0.0000277	
OCDD	0.0000047	3.07 x 10 ⁻¹³	0.00029	0.0000826	0.0000003	0.0000161	0.00001	
2,3,7,8-TCDF	0.0000133	2.3 x 10 ⁻¹³	0.002488	0.0005389	0.0000035	0.0000933	0.0000645	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000138	3.53 x 10 ⁻¹³	0.002956	0.0006099	0.000005	0.0000858	0.0001072	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000185	4.11 x 10 ⁻¹³	0.0032028	0.000666	0.0000224	0.0004085	0.0004349	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000018	2.6 x 10 ⁻¹³	0.0020772	0.0004359	0.0000146	0.0002076	0.0002114	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000178	2.54 x 10 ⁻¹³	0.0019738	0.0004149	0.0000139	0.0001701	0.0001783	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000113	1.49 x 10 ⁻¹³	0.0008595	0.0001845	0.0000067	0.0000818	0.0000864	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000001	1.41 x 10 ⁻¹⁴	0.0000855	0.0000182	0.0000006	0.000007	0.0000025	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000304	8.47 x 10 ⁻¹³	0.0050214	0.0010878	0.0000099	0.0000948	0.0001821	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000019	5.45 x 10 ⁻¹⁴	0.0001745	0.0000402	0.0000011	0.0000099	0.0000049	
OCDF	0.0000063	8.53 x 10 ⁻¹⁴	0.0005106	0.0001289	0.0000002	0.0000048	0.000008	
TEQ	0.0000192	3.85 x 10⁻¹³	0.0033626	0.0007028	0.000019	0.0003853	0.0003263	

8.12.2.4 Yarı-kentli 1-6 yaş arası alıcılar

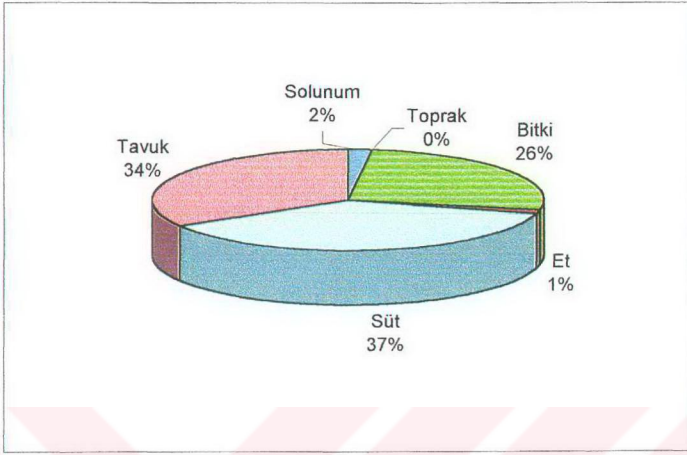
1-6 yaş arası yarı-kentli çocuklar için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.52'de özetlenmiştir.

Tablo 8.52. Yarı-Kentli 1-6 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000004	0.0000058	0.0000251	0.000033
Toprak yutma	1.16 x 10 ⁻¹⁴	1.76 x 10 ⁻¹³	7.56 x 10 ⁻¹³	9.99 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000046	0.000076	0.0003261	0.0004303
Et tüketimi	0.0000002	0.0000032	0.0000136	0.0000179
Süt tüketimi	0.0000063	0.0001056	0.0004527	0.0005979
Tavuk tüketimi	0.0000054	0.0000969	0.0004148	0.0005487
Toplam	0.0000169	0.0002875	0.0012323	0.0016278

PCDD/F dozları kentli 1-6 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda bile 1.2-1.6 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 1.2, yapraklı sebzeler % 21.1, baklagiller % 1, köklü bitkiler % 0.5, meyveler % 40.2, ve diğer sebzeler % 36 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 26.8, koyun eti % 6.1, sakatat % 55.5, et ürünleri % 7.5 ve hayvansal yağlar da % 4.1'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 62.6, süt ürünleri ise % 37.4'lük etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 0.6 ve % 99.4 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.37'de, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.53'te verilmektedir.



Şekil 8.37. Limit emisyon oranında yarı-kentli 1-6 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.53. Limit Emisyon Oramında Yan-Kentli 1-6 Yaş Arası: Ahrcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)						
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta	TOPLAM
2,3,7,8-TCDD	0.000012	6.47 x 10 ⁻¹⁴	0.000216	0.00001	0.0000466	0.0000038	0.0000743
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000052	1.44 x 10 ⁻¹³	0.0001324	0.0000036	0.0002516	0.0001192	0.000512
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000024	4.65 x 10 ⁻¹⁴	0.0000418	0.0000008	0.0000383	0.0000412	0.0001245
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000042	8.09 x 10 ⁻¹⁴	0.00007	0.0000013	0.0000556	0.0000761	0.0002072
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000024	4.45 x 10 ⁻¹⁴	0.0000349	0.0000007	0.0000369	0.0000249	0.0000997
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000081	6.30 x 10 ⁻¹³	0.000071	0.0000006	0.0000181	0.0000473	0.0001451
OCDD	0.0000081	7.96 x 10 ⁻¹³	0.0000498	0.0000002	0.000025	0.0000171	0.0001003
2,3,7,8-TCDF	0.0000229	5.97 x 10 ⁻¹³	0.000327	0.0000032	0.0001447	0.0001032	0.000601
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000237	9.17 x 10 ⁻¹³	0.0003741	0.0000048	0.0001332	0.0001813	0.000717
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000318	1.07 x 10 ⁻¹²	0.0004084	0.0000214	0.000634	0.0007341	0.0018296
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000031	6.75 x 10 ⁻¹³	0.0002673	0.0000141	0.0003222	0.0003572	0.0009918
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000306	6.59 x 10 ⁻¹³	0.0002544	0.0000135	0.0002639	0.0003015	0.0008639
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000194	3.86 x 10 ⁻¹³	0.0001132	0.0000065	0.000127	0.0001462	0.0004122
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000016	3.65 x 10 ⁻¹⁴	0.0000112	0.0000006	0.0000108	0.0000041	0.0000284
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000522	2.2 x 10 ⁻¹²	0.0006638	0.0000097	0.0001471	0.0003099	0.0011828
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000033	1.41 x 10 ⁻¹³	0.0000245	0.000001	0.0000153	0.0000083	0.0000524
OCDF	0.0000108	2.21 x 10 ⁻¹³	0.0000759	0.0000002	0.0000074	0.0000137	0.000108
TEQ	0.000033	9.99 x 10⁻¹³	0.0004303	0.0000179	0.0005979	0.0005487	0.0016279

8.12.2.5 Yarı-Kentli bebekler

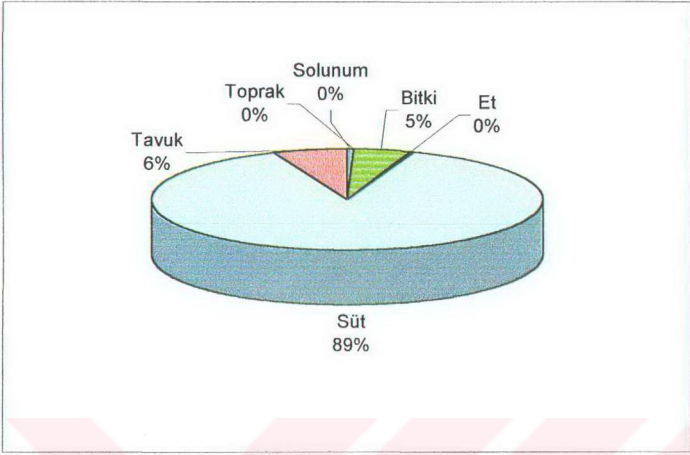
0-1 yaş arası kentli bebekler için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.54'te özetlenmiştir.

Tablo 8.54. Yarı-Kentli 0-1 Yaş Arasındaki Bebeklerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000005	0.000007	0.0000299	0.0000394
Toprak yutma	2.46 x 10 ⁻¹⁴	3.75 x 10 ⁻¹³	1.61 x 10 ⁻¹²	2.13 x 10 ⁻¹²
Bitki tüketimi	0.0000049	0.0000824	0.0003534	0.0004663
Et tüketimi	0.0000002	0.0000032	0.0000138	0.0000182
Süt tüketimi	0.0000871	0.0014677	0.0062926	0.0083083
Tavuk tüketimi	0.0000057	0.000103	0.000441	0.0005833
Toplam	0.0000984	0.0016633	0.0071307	0.0094155

PCDD/F dozları kentli bebekler için maksimum ve limit emisyonlarda 7.1-9.4 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 1.1, yapraklı sebzeler % 22, baklagiller % 1, köklü sebzeler % 0.5, meyveler % 37.8, ve diğer sebzeler % 37.6 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 26.7, koyun eti % 6.3, sakatat % 55.4, et ürünleri % 7.5; ve hayvansal yağlar da % 4.1'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 91.2, süt ürünleri ise % 8.8'lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 0.6 ve % 99.4 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.38'de, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.55'te verilmektedir.



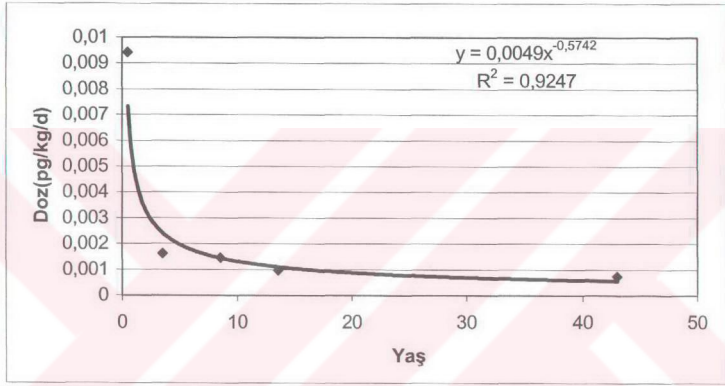
Şekil 8.38. Limit emisyon oranında yarı-kentli bebekler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.55. Limit Emisyon Oranında Yarı-Kentli Bebekler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.0000015	1.38 x 10 ⁻¹³	0.0000234	0.000001	0.0004338	0.0000041	0.0004638	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000062	3.06 x 10 ⁻¹³	0.0001434	0.0000037	0.0026926	0.0001267	0.0029726	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000029	9.9 x 10 ⁻¹⁴	0.0000452	0.0000008	0.0006837	0.0000438	0.0007764	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000051	1.72 x 10 ⁻¹³	0.0000758	0.0000014	0.0011264	0.0000809	0.0012895	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000028	9.47 x 10 ⁻¹⁴	0.0000378	0.0000007	0.0005707	0.0000264	0.0006384	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000096	1.34 x 10 ⁻¹²	0.0000768	0.0000006	0.0009177	0.0000502	0.001055	
OCDD	0.0000097	1.69 x 10 ⁻¹²	0.0000339	0.0000002	0.0006648	0.0000182	0.0007468	
2,3,7,8-TCDF	0.0000274	1.27 x 10 ⁻¹²	0.0003539	0.0000033	0.0041899	0.0001096	0.004684	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000283	1.95 x 10 ⁻¹²	0.0004054	0.0000048	0.0047888	0.0001928	0.00542	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000379	2.27 x 10 ⁻¹²	0.0004426	0.0000217	0.008694	0.0007805	0.0099766	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000037	1.44 x 10 ⁻¹²	0.0002896	0.0000143	0.0050533	0.0003798	0.0057739	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000365	1.40 x 10 ⁻¹²	0.0002757	0.0000137	0.0045457	0.0003206	0.0051921	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000231	8.21 x 10 ⁻¹³	0.0001227	0.0000066	0.0021149	0.0001554	0.0024226	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000002	7.77 x 10 ⁻¹⁴	0.0000121	0.0000006	0.0001769	0.0000044	0.0001959	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000623	4.68 x 10 ⁻¹²	0.000719	0.0000099	0.0081396	0.0003295	0.0092603	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000004	3.01 x 10 ⁻¹³	0.0000265	0.0000011	0.000346	0.0000089	0.0003863	
OCDF	0.0000129	4.71 x 10 ⁻¹³	0.0000818	0.0000002	0.0008489	0.0000145	0.0009584	
TEQ	0.0000394	2.13 x 10⁻¹²	0.0004663	0.0000182	0.0083083	0.0005833	0.0094154	

8.12.2.6 Yarı-kentli alıcılara ilişkin genel değerlendirme

Alikahya'da oturan yarı-kentli alıcıların maruz kalacakları doz, limit emisyonunda bile oldukça düşük olup en hassas alıcı grupları olan bebeklerde bile WHO'nun PCDD/F'ler için "tolere edilebilir" günlük toplam doz aralığı olan 1-4 pg I-TEQ kg⁻¹.d⁻¹ aralığının alt sınırının 1/100'ü kadardır. Limit emisyonunda alıcı grupları için hesaplanan günlük doz grafiği Şekil 8.39'da verilmiştir.



Şekil 8.39. Yarı-kentli alıcı grupları için yaşa göre günlük doz grafiği.

Yarı-kentli alıcı grupları için de PCDD/F'lere baskın maruz kalma yolunun büyüklerde bitkiler, çocuklarda ise süt ve süt ürünleri olacağı tahmin edilmektedir. Bu bakımdan kentli alıcılar için söylenenler burada da geçerlidir. Ancak yarı-kentli alıcıların maruz kalacağı doz miktarları, tükettikleri yerel besin fraksiyonları onlardan daha büyük olmasına rağmen, kentlilerden daha düşüktür. Bu durum, iki alıcı grubu arasındaki ekonomik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Alım gücü yüksek olan kentli alıcılar, yarı-kentlilere göre çok daha fazla gıda ürünleri tüketmektedirler. Bunun sonucunda, tükettikleri ürünlerdeki yerel fraksiyon daha düşük olsa da, miktar olarak daha büyük olduğundan daha fazla PCDD/F dozlarına maruz kalmaktadırlar.

8.12.3. Köylü ahırcılar için tahmin edilen günlük PCDD/F dozları

8.12.3.1 Köylü yetişkinler

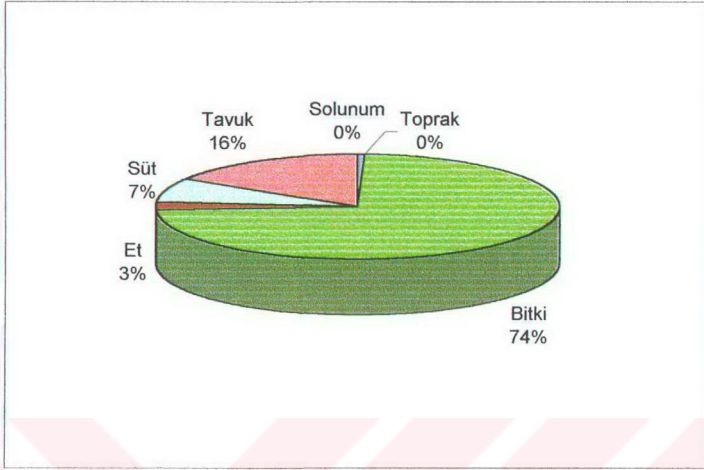
Solaklar Köyü'nde ve Alikahya'nın kuzey bölümlerinde oturan köylü yetişkinler için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.56'da özetlenmiştir.

Tablo 8.56. Köylü Yetişkinlerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000001	0.0000021	0.0000091	0.000012
Toprak yutma	5.14×10^{-15}	7.83×10^{-14}	3.35×10^{-13}	4.43×10^{-13}
Bitki tüketimi	0.0000193	0.0003226	0.0013842	0.0018264
Et tüketimi	0.0000007	0.0000116	0.0000497	0.0000656
Süt tüketimi	0.0000019	0.0000325	0.0001393	0.0001841
Tavuk tüketimi	0.000004	0.0000713	0.000305	0.0004034
Toplam	0.000026	0.0004401	0.0018873	0.0024915

Görüldüğü gibi köylü yetişkinlerin maruz kalacakları toplam doz oranları maksimum seviyelerde 1.9-2.5 fg-TEQ.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ seviyesindedir. Bitki tüketiminde, patates % 0.4, yapraklı sebzeler % 10.6, baklagiller % 2.1, köklü sebzeler % 0.5, meyveler % 16, diğer sebzeler % 17.4, ve tahıllar % 53.1 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 12.7, koyun eti % 2.9, sakatat % 26.3, et ürünleri % 5.1 ve hayvansal yağlar da % 53'lük orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 41.3, süt ürünleri ise % 58.7 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 3.5 ve % 86.5 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.40'ta; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.57'de verilmiştir.



Şekil 8.40. Limit emisyon oranında köylü yetişkinler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.57. Limit emisyon oranında köylü yetişkinler için maruz kalma yollarına ilişkin konijener dozları.

Konijener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000004	2.87 x 10 ⁻¹⁴	0.0000913	0.0000045	0.0000144	0.0000037	0.0001143	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000019	6.38 x 10 ⁻¹⁴	0.0005679	0.0000207	0.0000775	0.0000888	0.0007568	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000009	2.06 x 10 ⁻¹⁴	0.0001755	0.0000036	0.0000118	0.0000303	0.0002221	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000015	3.59 x 10 ⁻¹⁴	0.0002938	0.0000055	0.0000171	0.000056	0.0003739	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000009	1.98 x 10 ⁻¹⁴	0.0001478	0.0000033	0.0000114	0.0000182	0.0001816	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000029	2.8 x 10 ⁻¹⁴	0.0002667	0.0000021	0.0000056	0.0000341	0.0003114	
OCDD	0.0000029	3.53 x 10 ⁻¹³	0.0001762	0.0000018	0.0000077	0.0000123	0.0002009	
2,3,7,8-TCDF	0.0000083	2.65 x 10 ⁻¹³	0.0013655	0.000014	0.0000446	0.000081	0.0015133	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000086	4.07 x 10 ⁻¹³	0.0016012	0.000016	0.000041	0.0001322	0.001799	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000115	4.73 x 10 ⁻¹³	0.0017384	0.0000737	0.0001952	0.0005369	0.0025557	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000112	2.99 x 10 ⁻¹³	0.0011286	0.000043	0.0000992	0.000261	0.001543	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000111	2.92 x 10 ⁻¹³	0.0010732	0.0000386	0.0000812	0.00022	0.0014242	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000007	1.71 x 10 ⁻¹³	0.0004713	0.0000186	0.0000391	0.0001066	0.0006426	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000006	1.62 x 10 ⁻¹⁴	0.0000467	0.0000017	0.0000033	0.0000031	0.0000554	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000189	9.76 x 10 ⁻¹³	0.0027506	0.0000253	0.0000453	0.0002243	0.0030645	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000012	6.27 x 10 ⁻¹⁴	0.0000977	0.0000027	0.0000047	0.0000061	0.0001124	
OCDF	0.0000039	9.82 x 10 ⁻¹⁴	0.0002912	0.0000008	0.0000023	0.0000099	0.000308	
TEQ	0.000012	4.43 x 10⁻¹³	0.0018264	0.0000656	0.0001841	0.0004034	0.0024915	

8.12.3.2 Köylü 11-16 yaş arası alıcılar

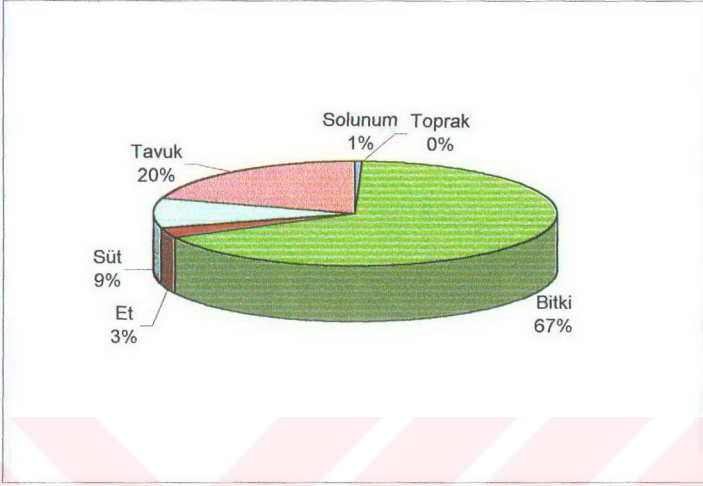
11-16 yaş arası köylü alıcı grubu için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.58'de özetlenmiştir.

Tablo 8.58. Köylü 11-16 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000002	0.0000032	0.0000138	0.0000182
Toprak yutma	7.5752 x 10 ⁻¹⁵	1.154 x 10 ⁻¹³	4.94 x 10 ⁻¹³	6.53 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000208	0.0003482	0.0014937	0.0019709
Et tüketimi	0.000001	0.0000171	0.0000732	0.0000967
Süt tüketimi	0.0000029	0.0000479	0.0002054	0.0002712
Tavuk tüketimi	0.0000059	0.000105	0.0004495	0.0005945
Toplam	0.0000308	0.0005214	0.0022356	0.0029515

PCDD/F dozları köylü 11-16 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda 2.2-3 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.5, yapraklı sebzeler % 9.8, baklagiller % 2, köklü sebzeler % 0.4, meyveler % 21.8, diğer sebzeler % 16.2 ve tahıllar da % 49.2 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 12.7, koyun eti % 2.9, sakatat % 26.3, et ürünleri % 5.1 ve hayvansal yağlar da % 53'lük orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 41.3, süt ürünleri ise % 58.7 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 3.5 ve % 96.5 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.41'de; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.59'da verilmiştir.



Şekil 8.41. Limit emisyon oranında köylü 11-16 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.59. Limit Emisyon Oranında Köylü 11-16 Yaş Arası Alıcılar İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solonum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.0000007	4.23 x 10 ⁻¹⁴	0.0000986	0.0000066	0.0000212	0.0000054	0.0001324	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000029	9.403 x 10 ⁻¹⁴	0.0006124	0.0000306	0.0001142	0.0001309	0.0008908	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000013	3.043 x 10 ⁻¹⁴	0.0001897	0.0000053	0.0000174	0.0000446	0.0002584	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000023	5.29 x 10 ⁻¹⁴	0.0003175	0.0000082	0.0000252	0.0000825	0.0004357	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000013	2.91 x 10 ⁻¹⁴	0.0001595	0.0000049	0.0000167	0.0000268	0.0002093	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000044	4.12 x 10 ⁻¹³	0.0002911	0.0000032	0.0000082	0.0000503	0.0003571	
OCDD	0.0000045	5.21 x 10 ⁻¹³	0.0001929	0.0000026	0.0000114	0.0000181	0.0002295	
2,3,7,8-TCDF	0.0000126	3.90 x 10 ⁻¹³	0.0014766	0.0000206	0.0000657	0.0001194	0.0016948	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000013	5.99 x 10 ⁻¹³	0.0017265	0.0000236	0.0000604	0.0001949	0.0020184	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000175	6.97 x 10 ⁻¹³	0.0018752	0.0001086	0.0002876	0.0007913	0.0030801	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000017	4.41 x 10 ⁻¹³	0.0012181	0.0000634	0.0001462	0.0003846	0.0018293	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000168	4.31 x 10 ⁻¹³	0.0011583	0.0000569	0.0001197	0.0003242	0.001676	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000106	2.52 x 10 ⁻¹³	0.0005091	0.0000274	0.0000576	0.000157	0.0007617	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000009	2.39 x 10 ⁻¹⁴	0.0000505	0.0000025	0.0000049	0.0000045	0.0000633	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000287	1.44 x 10 ⁻¹²	0.0029738	0.0000374	0.0000667	0.0003305	0.0034372	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000018	9.25 x 10 ⁻¹⁴	0.000106	0.0000039	0.0000069	0.0000089	0.0001276	
OCDF	0.000006	1.45 x 10 ⁻¹³	0.000318	0.0000011	0.0000034	0.0000146	0.000343	
TEQ	0.0000182	6.53 x 10⁻¹³	0.0019709	0.0000967	0.0002712	0.0005945	0.0029515	

8.12.3.3 Köylü 6-11 yaş arası ahcılar

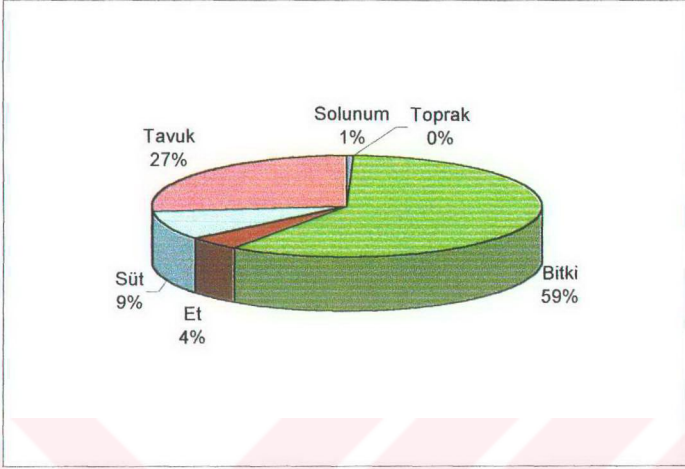
6-11 yaş arası yarı-kentli çocuklar için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.60'ta özetlenmiştir.

Tablo 8.60. Köylü 6-11 Yaş Arasındaki Ahcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solumum	0.0000002	0.0000034	0.0000148	0.0000194
Toprak yutma	1.31×10^{-14}	1.99×10^{-13}	8.53×10^{-13}	1.13×10^{-12}
Bitki tüketimi	0.0000241	0.0004023	0.0017262	0.0022776
Et tüketimi	0.0000018	0.0000295	0.0001265	0.000167
Süt tüketimi	0.0000037	0.0000624	0.0002673	0.0003531
Tavuk tüketimi	0.0000101	0.0001814	0.0007763	0.0010269
Toplam	0.0000399	0.000679	0.0029111	0.003844

PCDD/F dozları köylü 6-11 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda 2.9-3.8 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.8, yapraklı sebzeler % 8.4, baklagiller % 1.7, köklü sebzeler % 0.4, meyveler % 32.7, diğer sebzeler % 13.9, ve tahıllar da % 42.2 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 12.7, koyun eti % 2.9, sakatat % 26.3, et ürünleri % 5.1 ve hayvansal yağlar da % 53'lük orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 54.9, süt ürünleri ise % 45.1 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 3.5 ve % 96.5 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.42'de; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.61'de verilmiştir



Şekil 8.42. Limit emisyon oranında köylü 6-11 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.61. Limit Emisyon Oramında Köylü 6-11 Yaş Arası Alıcılar için Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjenet Dozları.

Konjenet	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.0000007	7.30 x 10 ⁻¹⁴	0.0001141	0.0000114	0.0000275	0.0000093	0.000163	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000031	1.62 x 10 ⁻¹³	0.0007067	0.0000528	0.0001486	0.0002261	0.0011372	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000014	5.26 x 10 ⁻¹⁴	0.0002199	0.0000092	0.0000226	0.0000077	0.0003302	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000025	9.13 x 10 ⁻¹⁴	0.0003681	0.0000141	0.0000328	0.0001425	0.000056	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000014	5.03 x 10 ⁻¹⁴	0.0001844	0.0000085	0.0000218	0.0000463	0.0002624	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000048	7.12 x 10 ⁻¹³	0.0003433	0.0000054	0.0000107	0.0000868	0.000451	
OCDD	0.0000048	8.99 x 10 ⁻¹³	0.0002288	0.0000045	0.0000148	0.0000313	0.0002841	
2,3,7,8-TCDF	0.0000135	6.74 x 10 ⁻¹³	0.0017132	0.0000355	0.0000855	0.0002062	0.0020538	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000139	1.04 x 10 ⁻¹²	0.0019926	0.0000407	0.0000787	0.0003366	0.0024624	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000187	1.20 x 10 ⁻¹²	0.0021656	0.0001876	0.0003744	0.0013667	0.004113	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000182	7.62 x 10 ⁻¹³	0.001408	0.0001095	0.0001903	0.0006643	0.0023903	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000018	7.45 x 10 ⁻¹³	0.0013391	0.0000983	0.0001559	0.000056	0.0021713	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000114	4.36 x 10 ⁻¹³	0.0005893	0.0000473	0.000075	0.0002712	0.0009942	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000001	4.12 x 10 ⁻¹⁴	0.0000584	0.0000043	0.0000064	0.0000078	0.0000779	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000307	2.49 x 10 ⁻¹²	0.0034487	0.0000645	0.0000869	0.0005709	0.0042018	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000019	1.60 x 10 ⁻¹³	0.0001235	0.0000068	0.000009	0.0000154	0.0001567	
OCDF	0.0000064	2.50 x 10 ⁻¹³	0.0003755	0.0000019	0.0000044	0.0000252	0.0004133	
TEQ	0.0000194	1.13 x 10⁻¹²	0.0022776	0.000167	0.0003531	0.0010269	0.003844	

8.12.3.4 Köylü 1-6 yaş arası alıcılar

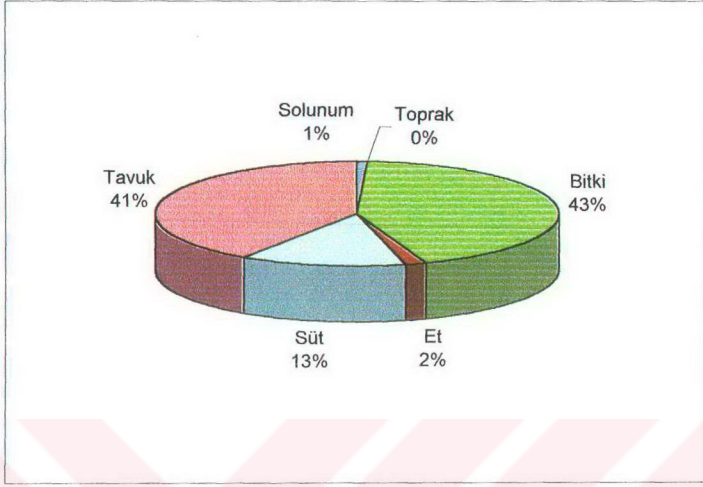
1-6 yaş arası köylü çocuklar için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.62’de özetlenmiştir.

Tablo 8.62. Köylü 1-6 Yaş Arasındaki Alıcıların Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000004	0.0000059	0.0000254	0.0000334
Toprak yutma	3.37×10^{-14}	5.14×10^{-13}	2.2×10^{-12}	2.91×10^{-12}
Bitki tüketimi	0.0000194	0.0003247	0.0013929	0.0018379
Et tüketimi	0.0000008	0.0000129	0.0000553	0.000073
Süt tüketimi	0.0000059	0.0000992	0.0004251	0.0005615
Tavuk tüketimi	0.0000169	0.0003034	0.0012983	0.0017173
Toplam	0.0000434	0.0007461	0.003197	0.0042231

PCDD/F dozları köylü 1-6 yaş arası çocuklar için maksimum ve limit emisyonlarda 3.2-4.2 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.4, yapraklı sebzeler % 10.5, baklagiller % 2.1, köklü bitkiler % 0.5, meyveler % 16, diğer sebzeler % 17.4 ve tahıllar da % 53.1 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 11.4, koyun eti % 2.7, sakatat % 23.8, et ürünleri % 4.6 ve hayvansal yağlar da % 57.5’lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 80.7, süt ürünleri ise % 19.3’lük etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 0.8 ve % 99.2 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.43’te, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.63’te verilmektedir.



Şekil 8.43. Limit emisyon oranında köylü 1-6 yaş arası alıcılar için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.63. Limit Emisyon Oramında Köylü 1-6 Yaş Arası Alıcılara İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000012	1.88 x 10 ⁻¹³	0.0000919	0.000005	0.0000438	0.0000122	0.0001542	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000052	4.19 x 10 ⁻¹³	0.0005715	0.0000238	0.0002363	0.0003734	0.0012102	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000024	1.36 x 10 ⁻¹³	0.0001766	0.0000041	0.000036	0.0001289	0.000348	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000043	2.36 x 10 ⁻¹³	0.0002956	0.0000062	0.0000522	0.0002382	0.0005965	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000024	1.30 x 10 ⁻¹³	0.0001487	0.0000038	0.0000347	0.0000778	0.0002674	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000082	1.84 x 10 ⁻¹²	0.0002684	0.0000024	0.000017	0.0001477	0.0004436	
OCDD	0.000082	2.32 x 10 ⁻¹²	0.0001773	0.0000021	0.0000235	0.0000536	0.0002647	
2,3,7,8-TCDF	0.0000232	1.74 x 10 ⁻¹²	0.001374	0.0000157	0.0001359	0.0003242	0.0018731	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000239	2.67 x 10 ⁻¹²	0.0016112	0.0000176	0.0001251	0.0005672	0.0023451	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000321	3.10 x 10 ⁻¹²	0.0017493	0.0000815	0.0005954	0.002297	0.0047553	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000313	1.97 x 10 ⁻¹²	0.0011357	0.000047	0.0003026	0.0011176	0.0026342	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000309	1.92 x 10 ⁻¹²	0.00108	0.0000419	0.0002479	0.0009433	0.0023439	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000196	1.12 x 10 ⁻¹²	0.0004743	0.0000202	0.0001192	0.0004572	0.0010905	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000017	1.06 x 10 ⁻¹³	0.000047	0.0000018	0.0000102	0.0000129	0.0000736	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000528	6.41 x 10 ⁻¹²	0.0027679	0.0000272	0.0001382	0.0009692	0.0039552	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000033	4.12 x 10 ⁻¹³	0.0000983	0.0000029	0.0000144	0.0000261	0.000145	
OCDF	0.0000109	6.45 x 10 ⁻¹³	0.000293	0.0000008	0.0000069	0.0000428	0.0003545	
TEQ	0.0000334	2.91 x 10⁻¹²	0.0018379	0.0000073	0.0005615	0.0017173	0.004223	

8.12.3.5 Köylü bebekler

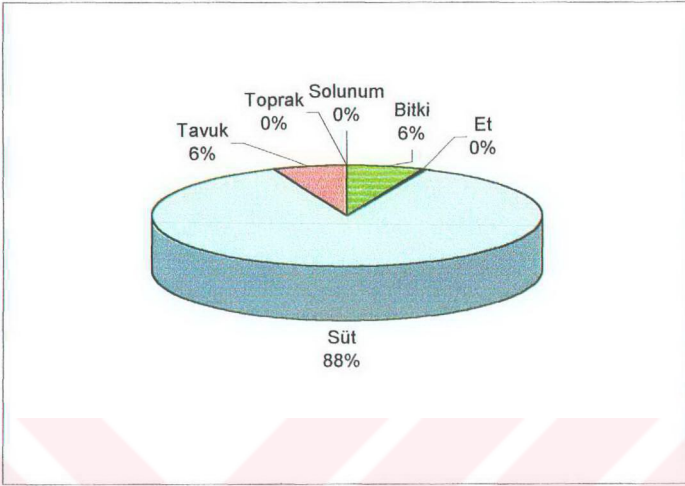
0-1 yaş arası köylü bebekler için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.64'te özetlenmiştir.

Tablo 8.64. Köylü 0-1 Yaş Arasındaki Bebeklerin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacakları Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000005	0.000007	0.0000299	0.0000394
Toprak yutma	7.18×10^{-14}	1.09×10^{-13}	4.68×10^{-12}	6.19×10^{-12}
Bitki tüketimi	0.0000197	0.0003303	0.0014172	0.00187
Et tüketimi	0.0000008	0.0000132	0.0000565	0.0000746
Süt tüketimi	0.0002701	0.004563	0.0195667	0.0258304
Tavuk tüketimi	0.000018	0.0003225	0.00138	0.0018254
Toplam	0.0003091	0.005236	0.0224503	0.0296398

PCDD/F dozları kentli bebekler için maksimum ve limit emisyonlarda 22.5-30 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.4, yapraklı sebzeler % 10.6, baklagiller % 2.1, köklü sebzeler % 0.5, meyveler % 16, diğer sebzeler % 11.4 ve tahıllar da 53.1 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 11.4, koyun eti % 2.6, sakatat % 23.8, et ürünleri % 4.6; ve hayvansal yağlar da % 57.6'lık orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 91, süt ürünleri ise % 9'luk etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 0.8 ve % 99.2 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.44'te, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.65'te verilmektedir.



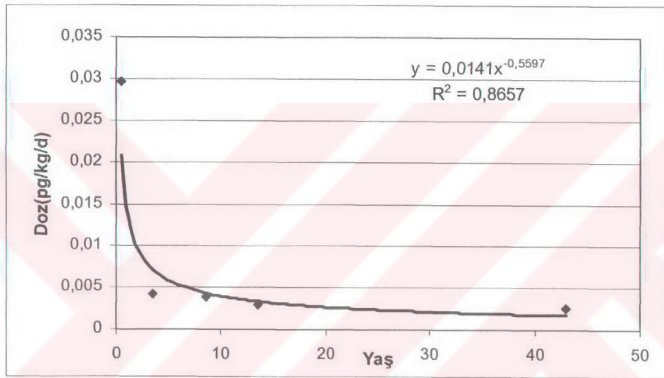
Şekil 8.44. Limit emisyon oranında köylü bebekler için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.65. Limit emisyon oranında köyütlü bebekler için maruz kalma yollarına ilişkin konjenere dozları.

Konjenere	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solonum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.0000015	4.01 x 10 ⁻¹³	0.0000935	0.0000051	0.0012244	0.0000129	0.0013375	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000062	8.91 x 10 ⁻¹³	0.0005815	0.0000243	0.0079912	0.0003968	0.009	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000029	2.88 x 10 ⁻¹³	0.0001797	0.0000042	0.0022716	0.000137	0.0025953	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000051	5.01 x 10 ⁻¹³	0.0003008	0.0000064	0.0038061	0.0002532	0.0043714	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000028	2.76 x 10 ⁻¹³	0.0001513	0.0000039	0.0018687	0.0000827	0.0021095	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000096	3.91 x 10 ⁻¹²	0.000273	0.0000024	0.003112	0.0001571	0.0035541	
OCDD	0.0000097	4.93 x 10 ⁻¹²	0.0001804	0.0000021	0.0020352	0.000057	0.0022844	
2,3,7,8-TCDF	0.0000274	3.70 x 10 ⁻¹²	0.001398	0.0000161	0.0152377	0.0003444	0.0170235	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000283	5.68 x 10 ⁻¹²	0.0016393	0.000018	0.0180342	0.000603	0.0203228	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000379	6.60 x 10 ⁻¹²	0.0017798	0.0000833	0.0265387	0.0024417	0.0308815	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000037	4.18 x 10 ⁻¹²	0.0011555	0.0000481	0.0158981	0.0011881	0.0183267	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000365	4.08 x 10 ⁻¹²	0.0010988	0.0000429	0.0146045	0.0010028	0.0167854	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000231	2.39 x 10 ⁻¹²	0.0004826	0.0000206	0.0066054	0.0004861	0.0076178	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000002	2.26 x 10 ⁻¹³	0.0000479	0.0000019	0.0005696	0.0000137	0.000635	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000623	1.36 x 10 ⁻¹¹	0.0028162	0.0000278	0.030556	0.0010304	0.0344927	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000004	8.76 x 10 ⁻¹³	0.0001001	0.0000029	0.0011409	0.0000277	0.0012756	
OCDF	0.0000129	1.37 x 10 ⁻¹²	0.0002981	0.0000009	0.0030558	0.0000455	0.0034131	
TEQ	0.0000394	6.19 x 10⁻¹²	0.00187	0.0000746	0.0258304	0.0018254	0.0296398	

8.12.3.6 Köylü alıcılara ilişkin genel değerlendirme

Solaklar Köyü'nde ve Alikahya'nın belirli kısımlarında oturan köylü alıcıların maruz kalacakları doz, limit emisyonunda bile oldukça düşük olup en hassas alıcı grupları olan bebeklerde bile WHO'nun PCDD/F'ler için "tolere edilebilir" günlük toplam doz aralığı olan 1-4 pg I-TEQ $\text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ aralığının alt sınırının yaklaşık 1/35'ine karşılık gelmektedir. Limit emisyonunda alıcı grupları için hesaplanan günlük doz grafiği Şekil 8.45'te verilmiştir.



Şekil 8.45. Köylü alıcı grupları için yaşa göre günlük doz grafiği.

Pilot bölgede gerçek verilere dayalı olarak belirlenen alıcı grupları içinde köylü alıcı grubu ve alt grupları, en yüksek PCDD/F dozlarına maruz kalacakları öngörülen alıcı grubunu oluşturmaktadır. Bu grupların, PCDD/F dozlarına, kentli ve yarı-kentli alıcı gruplarına göre 3-4 kat daha fazla maruz kalacakları tahmin edilmektedir. Bu grup, genel olarak yerel olarak üretilmiş besinleri tükettiği için alacağı doz miktarı da ona göre artmaktadır. Öte yandan, diğer alıcı gruplarında olduğu gibi köylü grubunda da baskın yol bitki tüketimi olarak belirlenmiştir. Ancak bitki tüketiminin payı, diğer yollara göre köylü grubunda çok daha fazladır ve bebekler dışında bütün yaş grupları için geçerlidir. Özellikle bitki tüketiminden gelen dozun yaklaşık yarısını temsil eden tahıllar, yani yerel olarak üretilen tahıllardan yapılan ekme, diğer alıcı gruplarında yerel olarak elde edilmediği için, bu artışın en önemli nedeni olarak ortaya

çıkmaktadır. Bu gruba ait bir diğer özellik de, yine yerel olarak üretilen hayvansal yağların tüketiminin etkisidir. Diğer alıcılarda, yerel fraksiyonunun düşüklüğü nedeniyle fazla önem taşımayan yağlar, dioksinlerin yağ dokularında birikmeleri dolayısıyla, genelde yerel olarak üretilen yağların tüketildiği köylü grubunda önemli bir maruz kalma yolu olarak göze çarpmaktadır. Bunlara ek olarak toplam dozda tavuk ürünlerinin, yani yumurtanın temsil ettiği payın diğer gruplara göre daha fazla olduğu da belirtilmelidir, ki bu da yerel üretimin bir sonucudur.

Konjener dağılımında, hayvansal ve bitkisel ürünlerin etkisi nedeniyle 2,3,4,7,8-PeCDF (hayvansal ürünlerde baskın bileşik) ile 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (bitkisel ürünlerdeki baskın bileşik), en yüksek konsantrasyonlara sahip iki bileşiği oluşturmaktadırlar. Bu iki bileşiği 4, 5 ve 6 klorlu furanlar izlemektedir.

8.12.4. HMEI için tahmin edilen günlük PCDD/F dozları

8.12.4.1 Yetişkin HMEI

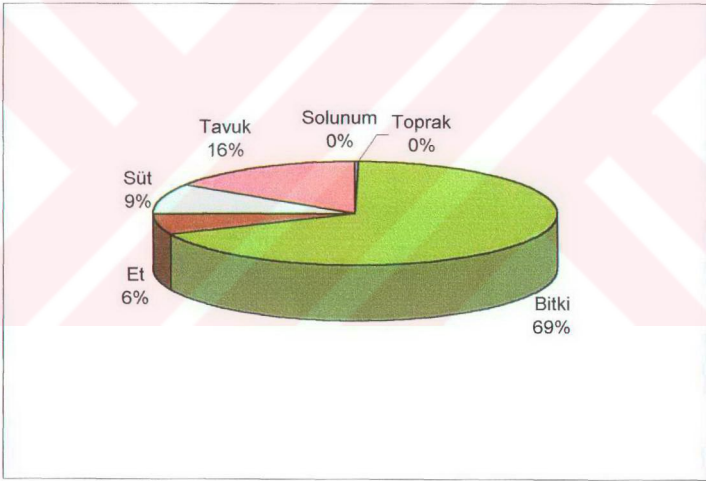
Hipotetik olarak dozlara en çok maruz kalan yetişkin alıcı (HMEI) için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.66'da özetlenmiştir.

Tablo 8.66. Yetişkin HMEI'nın Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000001	0.0000022	0.0000095	0.0000125
Toprak yutma	5.69 x 10 ⁻¹⁵	8.66 x 10 ⁻¹⁴	3.71 x 10 ⁻¹³	4.90 x 10 ⁻¹³
Bitki tüketimi	0.0000384	0.0006425	0.0027564	0.003637
Et tüketimi	0.0000036	0.0000591	0.0002531	0.0003344
Süt tüketimi	0.0000052	0.0000881	0.0003774	0.0004985
Tavuk tüketimi	0.0000084	0.0001504	0.0006436	0.0008513
Toplam	0.0000557	0.0009423	0.00404	0.0053337

Görüldüğü gibi yetişkin HMEI'nın maruz kalacağı toplam doz maksimum ve limit emisyon oranları için 4-5 fg-TEQ.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ seviyesindedir. Bitki tüketiminde, patates % 0.8, yapraklı sebzeler % 6.3, baklagiller % 4.6, köklü sebzeler % 0.2; meyveler % 39.8, diğer sebzeler % 16.1, ve tahıllar % 32.3 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 13.1, koyun eti % 3, sakatat % 27.3, et ürünleri % 22.6, balık % 13.8 ve hayvansal yağlar da % 20.1'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 16.4, süt ürünleri ise % 83.6 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 7.9 ve % 92.1 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.46'da; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.67'de verilmiştir.



Şekil 8.46. Limit emisyon oranında yetişkin HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.67. Limit Emisyon Oramında HMEİ Yetiştiriciler İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)						
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süit ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta	TOPLAM
2,3,7,8-TCDD	0.000005	3.17 x 10 ⁻¹⁴	0.000182	0.0000226	0.0000389	0.0000105	0.0002545
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000002	7.06 x 10 ⁻¹⁴	0.0011286	0.0000876	0.0002098	0.0001913	0.0016192
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000009	2.28 x 10 ⁻¹⁴	0.0003502	0.0000166	0.000032	0.0000638	0.0004635
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000016	3.97 x 10 ⁻¹⁴	0.0005863	0.000027	0.0000463	0.0001183	0.0007794
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000009	2.19 x 10 ⁻¹⁴	0.0002944	0.0000149	0.0000308	0.0000381	0.000379
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000031	3.09 x 10 ⁻¹³	0.0005443	0.0000092	0.0000151	0.0000699	0.0006417
OCDD	0.000031	3.91 x 10 ⁻¹³	0.0003641	0.0000048	0.0000209	0.0000249	0.0004178
2,3,7,8-TCDF	0.0000087	2.93 x 10 ⁻¹³	0.0027278	0.0000916	0.0001207	0.0001877	0.0031364
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000089	4.50 x 10 ⁻¹³	0.0031832	0.0001222	0.0001111	0.0002755	0.0037008
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000012	5.23 x 10 ⁻¹³	0.0034596	0.0003888	0.0005286	0.0011238	0.0055128
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000117	3.31 x 10 ⁻¹³	0.0022495	0.0002091	0.0002686	0.0005453	0.0032842
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000115	3.24 x 10 ⁻¹³	0.0021395	0.0001957	0.000022	0.0004588	0.0030256
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000073	1.89 x 10 ⁻¹³	0.0009419	0.0000958	0.0001059	0.0002219	0.0013728
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000006	1.79 x 10 ⁻¹⁴	0.0000933	0.0000009	0.0000009	0.0000065	0.0001185
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000197	1.08 x 10 ⁻¹²	0.0055025	0.0001254	0.0001227	0.0004615	0.0062318
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000013	6.94 x 10 ⁻¹⁴	0.0001969	0.0000013	0.00000128	0.00000125	0.0002365
OCDF	0.0000041	1.09 x 10 ⁻¹³	0.0005918	0.000003	0.0000062	0.0000203	0.0006253
TEQ	0.0000125	4.90 x 10⁻¹³	0.003637	0.0003344	0.0004985	0.0008513	0.0053336

8.12.4.2 11-16 yaş arası HMEI

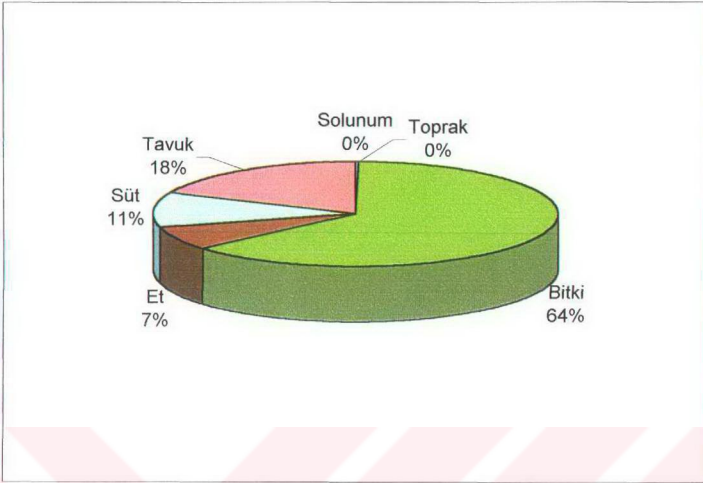
11-16 yaş arası HMEI için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.68'de özetlenmiştir.

Tablo 8.68. 11-16 Yaş Arası HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000002	0.0000033	0.0000144	0.0000189
Toprak yutma	8.37864E-15	1.276E-13	5.464E-13	7.223E-13
Bitki tüketimi	0.0000459	0.0007666	0.0032888	0.0043395
Et tüketimi	0.0000053	0.0000871	0.000373	0.0004928
Süt tüketimi	0.0000077	0.0001298	0.0005561	0.0007346
Tavuk tüketimi	0.0000124	0.0002216	0.0009485	0.0012546
Toplam	0.0000715	0.0012084	0.0051808	0.0068404

PCDD/F dozları 11-16 yaş arası HMEI için maksimum ve limit emisyonlarda 5-7 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.9, yapraklı sebzeler % 5.3, baklagiller % 3.9, köklü sebzeler % 0.2, meyveler % 49.1, diğer sebzeler % 13.5 ve tahıllar da % 27.1 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 13.1, koyun eti % 3, sakatat % 27.3, et ürünleri % 22.6, balık % 13.8 ve hayvansal yağlar da % 20.1'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 16.4, süt ürünleri ise % 83.6 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 7.9 ve % 92.1 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.47'de; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.69'da verilmiştir.



Şekil 8.47. Limit emisyon oranında 11-16 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.61. Limit emisyon oranında 11-16 yaş arası HMEİ için maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000007	4.68 x 10 ⁻¹⁴	0.0002173	0.0000334	0.0000573	0.000155	0.0003241	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000003	1.04 x 10 ⁻¹³	0.0013452	0.000129	0.0003092	0.000282	0.0020683	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000014	3.37 x 10 ⁻¹⁴	0.0004188	0.0000244	0.0000471	0.000094	0.0005857	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000024	5.85 x 10 ⁻¹⁴	0.0007011	0.0000397	0.0000683	0.0001743	0.0009858	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000014	3.22 x 10 ⁻¹⁴	0.0003514	0.000022	0.0000454	0.0000561	0.0004761	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000046	4.56 x 10 ⁻¹³	0.0006591	0.0000136	0.0000223	0.0001031	0.0008026	
OCDD	0.0000047	5.76 x 10 ⁻¹³	0.0004427	0.0000071	0.0000308	0.0000367	0.0005219	
2,3,7,8-TCDF	0.0000131	4.32 x 10 ⁻¹³	0.0032638	0.000135	0.0001778	0.0002767	0.0038664	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000136	6.63 x 10 ⁻¹³	0.0037943	0.00018	0.0001636	0.000406	0.0045576	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000182	7.71 x 10 ⁻¹³	0.0041259	0.000573	0.0007789	0.0016561	0.0071522	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000178	4.88 x 10 ⁻¹³	0.0026846	0.0003082	0.0003959	0.0008036	0.00421	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000175	4.77 x 10 ⁻¹³	0.0025536	0.0002884	0.0003243	0.0006761	0.0038599	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000111	2.79 x 10 ⁻¹³	0.0011253	0.0001412	0.000156	0.000327	0.0017606	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000009	2.64 x 10 ⁻¹⁴	0.0001114	0.0000133	0.0000133	0.0000096	0.0001486	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.00003	1.59 x 10 ⁻¹²	0.0065822	0.0001848	0.0001808	0.0006801	0.0076578	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000019	1.02 x 10 ⁻¹³	0.0002364	0.0000192	0.0000188	0.0000184	0.0002948	
OCDF	0.0000062	1.60 x 10 ⁻¹³	0.000717	0.0000044	0.0000091	0.0000299	0.0007666	
TEQ	0.0000189	7.22 x 10⁻¹³	0.0043395	0.0004928	0.0007346	0.0012546	0.0068404	

8.12.4.3 6-11 yaş arası HMEI

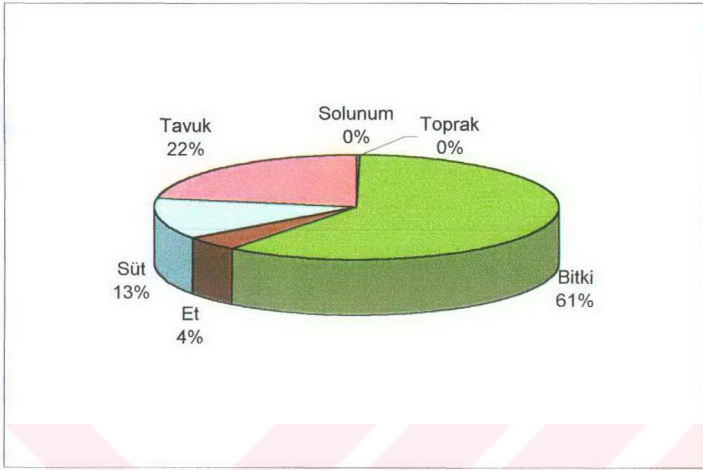
6-11 yaş arası HMEI için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.70'te özetlenmiştir.

Tablo 8.70. 6-11 Yaş Arasındaki HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solumum	0.0000002	0.0000036	0.0000154	0.0000202
Toprak yutma	1.45 x 10 ⁻¹⁴	2.20 x 10 ⁻¹³	9.44 x 10 ⁻¹³	1.25 x 10 ⁻¹²
Bitki tüketimi	0.0000624	0.0010418	0.0044696	0.0058975
Et tüketimi	0.0000046	0.0000771	0.0003303	0.0004364
Süt tüketimi	0.0000133	0.0002241	0.0009606	0.0012688
Tavuk tüketimi	0.0000214	0.0003828	0.0016383	0.0021671
Toplam	0.0001019	0.0017295	0.0074142	0.0097899

PCDD/F dozları 6-11 yaş arası HMEI için maksimum ve limit emisyonlarda 7.5-10 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 1.2, yapraklı sebzeler % 3.8, baklagiller % 2.8, köklü sebzeler % 0.1, meyveler % 62.4, diğer sebzeler % 9.8, ve tahıllar da % 19.8 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 10, koyun eti % 2.3, sakatat % 20.8, et ürünleri % 17.2, balık % 10.5 ve hayvansal yağlar da % 32.2'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 16.4, süt ürünleri ise % 83.6 etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 7.9 ve % 92.1 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının TEQ bazındaki katkısı Şekil 8.48'de; maruz kalma yollarına ilişkin konjener dozları ise Tablo 8.71'de verilmiştir



Şekil 8.48. Limit emisyon oranında 6-11 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarının toplandaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.71. Limit Emisyon Oramında 6-11 Yaş Arası HMEİ İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000008	8.08 x 10 ⁻¹⁴	0.0002956	0.0000306	0.000099	0.0000267	0.0004526	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000032	1.80 x 10 ⁻¹³	0.0018254	0.0001308	0.000534	0.000487	0.0029805	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000015	5.81 x 10 ⁻¹⁴	0.0005708	0.0000232	0.0000814	0.0001624	0.0008392	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000026	1.01 x 10 ⁻¹³	0.0009558	0.0000365	0.0001179	0.000301	0.0014138	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000014	5.56 x 10 ⁻¹⁴	0.0004777	0.0000212	0.0000783	0.0000969	0.0006756	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000005	7.87 x 10 ⁻¹³	0.0009142	0.0000123	0.0000384	0.000178	0.0011479	
OCDD	0.000005	9.95 x 10 ⁻¹³	0.0006175	0.0000091	0.0000531	0.0000634	0.0007481	
2,3,7,8-TCDF	0.0000141	7.46 x 10 ⁻¹³	0.0044531	0.0001162	0.0003071	0.0004779	0.0053683	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0000145	1.15 x 10 ⁻¹²	0.0051495	0.0001445	0.0002827	0.0007013	0.0062925	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000195	1.33 x 10 ⁻¹²	0.0056034	0.0004967	0.0013454	0.0028606	0.0103256	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000019	8.43 x 10 ⁻¹³	0.0036496	0.0002639	0.0006837	0.001388	0.0060042	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000187	8.24 x 10 ⁻¹³	0.0034719	0.0002404	0.0005601	0.0011678	0.0054588	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000119	4.82 x 10 ⁻¹³	0.0015323	0.0001173	0.0002694	0.0005649	0.0024957	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000001	4.56 x 10 ⁻¹⁴	0.0001516	0.0000108	0.000023	0.0000166	0.0002031	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000032	2.75 x 10 ⁻¹²	0.0089779	0.0001502	0.0003122	0.0011748	0.0106471	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000002	1.77 x 10 ⁻¹³	0.0003242	0.0000156	0.0000325	0.0000319	0.0004061	
OCDF	0.0000066	2.77 x 10 ⁻¹³	0.0009955	0.0000043	0.0000157	0.0000516	0.0010737	
TEQ	0.0000202	1.25 x 10⁻¹²	0.0058975	0.0004364	0.0012688	0.0021671	0.00979	

8.12.4.4 1-6 yaş arası HMEI

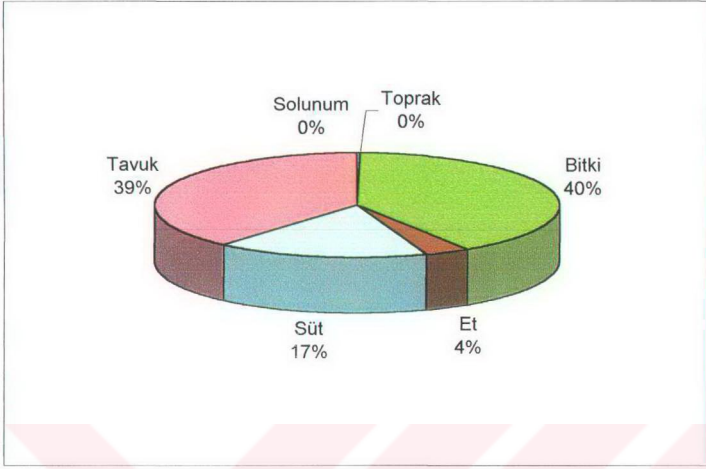
1-6 yaş arası HMEI için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.72'de özetlenmiştir.

Tablo 8.72. 1-6 Yaş Arasındaki HMEI'nin Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında).

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000004	0.0000061	0.0000265	0.0000348
Toprak yutma	3.73 x 10 ⁻¹⁴	5.68 x 10 ⁻¹³	2.43 x 10 ⁻¹²	3.22 x 10 ⁻¹²
Bitki tüketimi	0.0000387	0.0006465	0.0027736	0.0036597
Et tüketimi	0.0000036	0.0000594	0.0002547	0.0003365
Süt tüketimi	0.0000162	0.0002725	0.0011679	0.0015426
Tavuk tüketimi	0.0000345	0.0006178	0.0026439	0.0034971
Toplam	0.0000934	0.0016023	0.0068666	0.0090707

PCDD/F dozları 1-6 yaş arası HMEI için maksimum ve limit emisyonlarda 7-9 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.8, yapraklı sebzeler % 6.3, baklagiller % 4.6, köklü sebzeler % 0.2, meyveler % 39.8, diğer sebzeler % 16.1 ve tahıllar da % 32.3 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 13.1, koyun eti % 3, sakatat % 27.3, et ürünleri % 22.6, balık % 13.8 ve hayvansal yağlar da % 20.1'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 31.2, süt ürünleri ise % 68.8'lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 1.9 ve % 98.1 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.49'da, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.73'te verilmektedir.



Şekil 8.49. Limit emisyon oranında 1-6 yaş arası HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.73. Limit Emisyon Oramında 1-6 Yaş Arası HMEİ için Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjener Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)						TOPLAM
	Solumum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta	
2,3,7,8-TCDD	0.0000013	2.08 x 10 ⁻¹³	0.0001832	0.0000228	0.0001203	0.0000277	0.0003553
1,2,3,7,8-PeCDD	0.0000055	4.63 x 10 ⁻¹³	0.0011356	0.0000881	0.0006492	0.0007643	0.0026428
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0000025	1.50 x 10 ⁻¹³	0.0003524	0.0000167	0.0000989	0.0002624	0.000733
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0000045	2.61 x 10 ⁻¹³	0.00059	0.0000271	0.0001434	0.0004852	0.0012501
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0000025	1.43 x 10 ⁻¹³	0.0002962	0.000015	0.0000952	0.0001582	0.0005671
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0000085	2.03 x 10 ⁻¹²	0.0005478	0.0000093	0.0000467	0.0002987	0.000911
OCDD	0.0000086	2.56 x 10 ⁻¹²	0.0003664	0.0000048	0.0000646	0.000108	0.0005524
2,3,7,8-TCDF	0.0000242	1.92 x 10 ⁻¹²	0.0027448	0.0000922	0.0003734	0.0006777	0.0039123
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000025	2.95 x 10 ⁻¹²	0.003203	0.000123	0.0003437	0.0011514	0.0048461
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0000335	3.43 x 10 ⁻¹²	0.0034812	0.0003913	0.0016357	0.004668	0.0102097
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0000326	2.17 x 10 ⁻¹²	0.0022636	0.0002104	0.0008313	0.0022703	0.0056082
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0000322	2.12 x 10 ⁻¹²	0.0021529	0.0001969	0.0006809	0.0019152	0.0049782
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0000204	1.24 x 10 ⁻¹²	0.0009478	0.0000964	0.0003276	0.000928	0.0023202
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0000017	1.18 x 10 ⁻¹³	0.0000939	0.0000091	0.000028	0.0000264	0.000159
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0000055	7.09 x 10 ⁻¹²	0.0055369	0.0001261	0.0003796	0.0019615	0.0080592
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0000035	4.55 x 10 ⁻¹³	0.0001981	0.0000131	0.0000395	0.0000528	0.000307
OCDF	0.0000114	7.13 x 10 ⁻¹³	0.0005955	0.000003	0.0000191	0.0000865	0.0007155
TEQ	0.0000348	3.22 x 10⁻¹²	0.0036597	0.0003365	0.0015426	0.0034971	0.0090707

8.12.4.5 Bebek HMEI

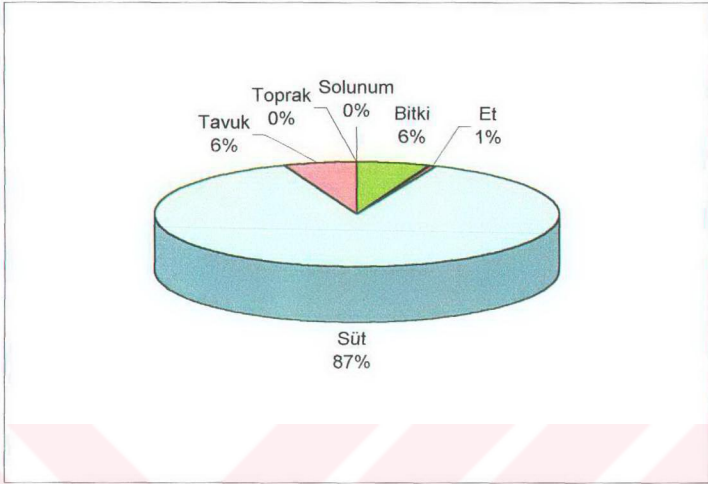
0-1 yaş arası bebek HMEI için belirlenen toplam doz miktarları (TEQ bazında) Tablo 8.74'te özetlenmiştir.

Tablo 8.74. 0-1 Yaş Arasındaki HMEI'nın Farklı Emisyon Oranlarında Maruz Kalacağı Dozlar (TEQ Bazında)

Maruz Kalma Yolu	Minimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Ortalama (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Maksimum (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)	Limit (pg-TEQ.kg ⁻¹ .d ⁻¹)
Solunum	0.0000005	0.0000073	0.0000312	0.0000411
Toprak yutma	7.94 x 10 ⁻¹⁴	1.21 x 10 ⁻¹²	5.18 x 10 ⁻¹²	6.84 x 10 ⁻¹²
Bitki tüketimi	0.0000393	0.0006578	0.0028223	0.0037239
Et tüketimi	0.0000037	0.0000605	0.0002594	0.0003427
Süt tüketimi	0.0005916	0.0099867	0.0428203	0.0565328
Tavuk tüketimi	0.0000366	0.0006568	0.0028108	0.003718
Toplam	0.0006717	0.0113691	0.048744	0.0643584

PCDD/F dozları bebek HMEI için maksimum ve limit emisyonlarda 50-65 fg.kg⁻¹ vücut ağırlığı.d⁻¹ civarında hesaplanmıştır. Bitki tüketiminde patates % 0.8, yapraklı sebzeler % 6.3, baklagiller % 4.6, köklü sebzeler % 0.2, meyveler % 39.8, diğer sebzeler % 16.1 ve tahıllar da 32.3 oranında etkilidirler. Et ürünlerinin tüketiminde ise et % 13.1, koyun eti % 3, sakatat % 27.3, et ürünleri % 22.6, balık % 13.8 ve hayvansal yağlar da % 20.2'lik orana sahiptirler. Süt ürünlerinde süt % 27.3, süt ürünleri ise % 72.7'lik etkiye sahipken, tavuk ürünlerinde tavuk eti ve yumurtanın payı sırasıyla % 1.9 ve % 98.1 olarak hesaplanmıştır.

Limit emisyon oranında maruz kalma yollarının katkıları Şekil 8.50'de, konjener konsantrasyonları ise Tablo 8.75'te verilmektedir.



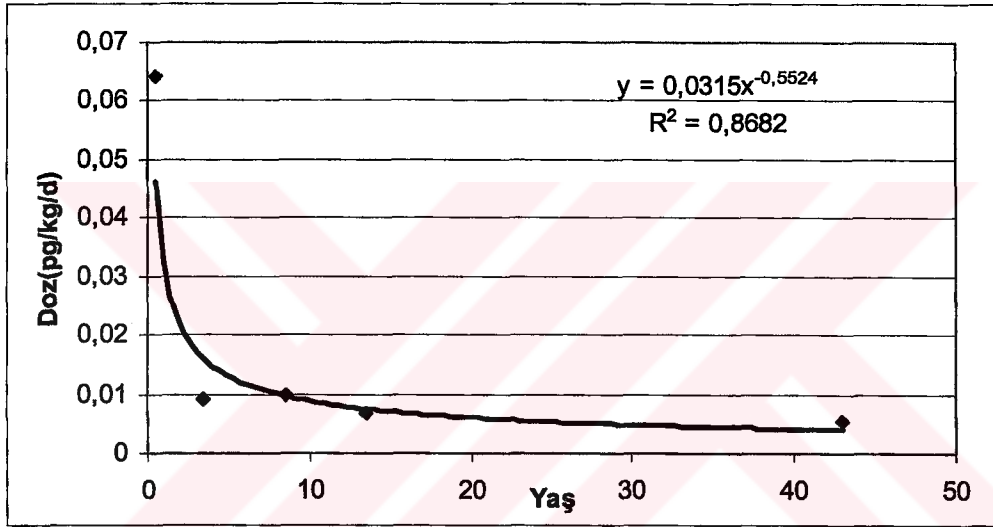
Şekil 8.50. Limit emisyon oranında bebek HMEI için maruz kalma yollarının toplamdaki katkıları (TEQ bazında).

Tablo 8.75. Limit Emisyon Oranında Bebek HMEI İçin Maruz Kalma Yollarına İlişkin Konjenerer Dozları.

Konjener	Maruz kalma yolları (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)							TOPLAM
	Solunum	Toprak yutma	Bitkiler	Et ve et ürünleri	Süt ve süt ürünleri	Tavuk ve yumurta		
2,3,7,8-TCDD	0.000015	4.43 x 10 ⁻¹³	0.0001864	0.0000232	0.0027466	0.0000292	0.002987	
1,2,3,7,8-PeCDD	0.000065	9.85 x 10 ⁻¹³	0.0011556	0.0000898	0.0173531	0.0008123	0.0194172	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.000003	3.19 x 10 ⁻¹³	0.0003586	0.000017	0.0048762	0.000279	0.0055338	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.000053	5.54 x 10 ⁻¹³	0.0006003	0.0000276	0.0081751	0.0005158	0.0093241	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.000029	3.05 x 10 ⁻¹³	0.0003014	0.0000153	0.0040024	0.0001682	0.0044903	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.000101	4.32 x 10 ⁻¹²	0.0005574	0.0000094	0.006655	0.0003178	0.0075497	
OCDD	0.000101	5.46 x 10 ⁻¹²	0.0003728	0.0000049	0.004369	0.0001149	0.0048718	
2,3,7,8-TCDF	0.000285	4.09 x 10 ⁻¹²	0.002793	0.0000939	0.0326824	0.0007191	0.0363169	
1,2,3,7,8-PeCDF	0.000295	6.28 x 10 ⁻¹²	0.0032593	0.0001251	0.0384617	0.0012244	0.0431	
2,3,4,7,8-PeCDF	0.000396	7.30 x 10 ⁻¹²	0.0035423	0.0003985	0.0584749	0.0049635	0.0674188	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.000385	4.62 x 10 ⁻¹²	0.0023033	0.0002143	0.0346859	0.0024141	0.0396561	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.000038	4.52 x 10 ⁻¹²	0.0021907	0.0002005	0.0318648	0.0020366	0.0363306	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.000241	2.64 x 10 ⁻¹²	0.0009644	0.0000981	0.0144774	0.0009869	0.016551	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.000002	2.50 x 10 ⁻¹³	0.0000955	0.0000092	0.0012494	0.000028	0.0013843	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.000065	1.51 x 10 ⁻¹¹	0.0056341	0.0001284	0.0645559	0.0020863	0.0724696	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.000041	9.69 x 10 ⁻¹³	0.0002016	0.0000134	0.0024759	0.0000562	0.0027512	
OCDF	0.000135	1.52 x 10 ⁻¹²	0.0006059	0.0000031	0.0064579	0.000092	0.0071725	
TEQ	0.0000411	6.84 x 10 ⁻¹²	0.0037239	0.0003427	0.0565328	0.003718	0.0643584	

8.12.4.6 HMEI'ya ilişkin genel değerlendirme

Varsayım olarak PCDD/F'lere tüm yollardan maksimum derecede maruz kalacakları düşünülen HMEI alıcıların alacakları doz, limit emisyonunda, en hassas alıcı grupları olan bebeklerde bile WHO'nun PCDD/F'ler için "tolere edilebilir" günlük toplam doz aralığı olan 1-4 pg I-TEQ kg⁻¹.d⁻¹ aralığının alt sınırının 1/15'ine yakın bir değere ulaşmaktadır. Limit emisyonunda alıcı grupları için hesaplanan günlük doz grafiği Şekil 8.51'de verilmiştir.



Şekil 8.51. HMEI alıcı grubu için yaşa göre günlük doz grafiği.

Hipotetik olarak en çok PCDD/F dozlarına maruz kalacak olan bu alıcı grupta, tüm besinlerin yerel olarak üretildiği varsayıldığı için, besinlerin toplam doza yaptıkları katkıları görmek mümkündür. Yetişkinlere ilişkin maruz kalma yollarından hareketle, bebeklerde süt ve süt ürünlerinin etkisine rağmen, ilerleyen yaşlarda bölgede yetiştirilen bitkisel ürünlerin tüketiminin PCDD/F'ler için baskın maruz kalma yolu olacağı söylenebilir. HMEI gruplarının maruz kaldıkları dozlar riskli olarak belirlenen aralığın hala uzağındadır. Bu dozlar, gerçekçi yaklaşımla ele alınan alıcı gruplarından en riskli grup olarak ortaya çıkan köylülerin maruz kalacakları dozların 2-3 katı arasında hesaplanmıştır. Bu fark, modelleme çalışmaları açısından çok büyük bir fark olarak değerlendirilmeyebilir. Öte yandan, gerçekçi yaklaşımla belirlenen alıcı grubu ile varsayımsal olarak en yüksek derecede PCDD/F'lere maruz kalacak olan HMEI grubu arasında böylesi küçük bir farkın olması, söz konusu alıcı

grubunun (köylülerin) olası bütün yollardan PCDD/F'lere maruz kalabilecek bir konumda olduğunu gösterir. Bu da bu tür emisyonların

Konjener dağılımında, hayvansal ve bitkisel ürünlerin etkisi nedeniyle köylü alıcı grubunda olduğu gibi, 2,3,4,7,8-PeCDF (hayvansal ürünlerde baskın bileşik) ile 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (bitkisel ürünlerdeki baskın bileşik), en yüksek konsantrasyonlara sahip iki bileşiği oluşturmaktadırlar, ancak burada PeCDF göreceli olarak biraz daha yüksektir. Bu iki bileşiği 4, 5 ve 6 klorlu furanlar izlemektedir.



BÖLÜM 9. GEÇMİŞ KAYNAKLI PCDD/F DOZLARI

9.1. Genel Durum

Risk değerlendirmelerinde insanların maruz kalabileceği tehlikeli madde miktarları belirlenirken, insanların, söz konusu faaliyetten bağımsız olarak maruz kalmakta oldukları kimyasal miktarı ile bu mevcut duruma, faaliyet emisyonlarının yapacağı katkı ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Dolayısıyla, öncelikle, insanların, tesisten bağımsız olarak maruz kaldıkları kimyasal madde miktarının belirlenmesi gerekir. Bunun için de, tesisin etkisinin söz konusu olmadığı (örneğin tesis henüz yokken, veya çalışmadığı zamanlarda ya da tesisin etkisinin minimum derecede olacağı, ya da pratik olarak hiç olmayacağı bölgelerde) durumlar için hava, toprak, su ve sedimentler, besinler gibi çevresel ortamlarda PCDD/F konsantrasyonlarının ölçülmesi ve insanların, tesis etkisi olmaksızın, geçmiş kaynaklı günlük alım miktarları hesaplanması ve daha sonra da bu miktar üzerine tesis emisyonlarının katkısı araştırılması gerekir.

Bu konuda, atık yakma işlemlerini on yıllardır sürdüren gelişmiş ülkelerde oldukça ayrıntılı çalışmalar yapılmış ve hava, toprak vb. çevresel ortamlara ek olarak, insanların temel besin maddelerinde (süt, et, sebzeler vb.) PCDD/F analizleri yapılarak mevcut dozlar belirlenmiştir. İngiltere’de yapılan çalışmalarda ortalama ve % 95’lik geçmiş kaynaklı dozlar, sırasıyla, yetişkinler için 1 ve 3 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$; çocuklar için 2 ve 5 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$; bebekler içinse 9 ve 28 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ olarak tahmin edilmiştir (HMIP 1996). Bu değerler Japonya için 1.3 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$, İtalya için de 3.8-7.0 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ aralığında verilmiştir (Masuda 1996). Schechter and Olson (1997) ise çeşitli ülkelerdeki mevcut ortalama dioksin dozları olarak ABD için 1.65 (0.3-3.0 arasında); Almanya için 1.37, İngiltere için 1.92 ve Kanada için de 1.41 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ değerleri verilmiştir. Yine İngiltere için yapılan bir başka çalışmada da yetişkinler için 1.6, çocuklar için 1.9 ve bebekler için de 3.5-4 $\text{pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ değerleri verilmektedir (Sweetman et al, 2000). Belçika ve Hollanda’yı kapsayan bir çalışmada ise mevcut

dozlar yetişkinler için $1 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$; çocuklar içinse $2.4 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ olarak verilmiştir (Nouwen et al, 2001). Görüldüğü gibi endüstrileşmiş ülkelerdeki mevcut dozlar $1-3 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ arasında verilmektedir (van Leeuwen et al, 2000).

9.2. Türkiye'deki Durum

Dioksin ve risk değerlendirme konuları ülkemiz açısından görece yeni kavramlar oldukları için, Türkiye'de çevresel ortamlarda bulunan PCDD/F konsantrasyonları ve bunların insanlara etkisi üzerinde bugüne kadar herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Ülkemizde sanayinin yarattığı çevre kirliliğini en şiddetli şekilde yaşayan bölgelerden birisi, belki de birincisi olan Kocaeli'de bu tür çalışmaların yapılmasının gerekliliği açıktır. Aynı zamanda Türkiye'nin en sanayileşmiş bölgesi olduğu için geçmiş kaynaklı dioksin dozlarının, yukarıda, endüstrileşmiş ülkeler için verilen değer aralığında olduğu beklenebilir. Ancak, dioksinler için WHO tarafından önerilen aralığın zaten içinde bulunan bu geçmiş değerlerin, ülkemiz, ya da İzmit için ne derece gerçekçi olacağı tartışmalıdır. Zira bu ülkeler yıllardan beri evsel ve endüstriyel atık bertarafında yakma işlemini uygulamaktadırlar ve dioksinlerin daha uzun bir birikim sürecine uğradıkları açıktır. Oysa ülkemizde bu işlem yeni başlamış olduğundan atık yakma kaynaklı dioksinlerin birikimi söz konusu değildir. Ancak, İzmit'in on yıllar boyunca yoğun bir sanayileşme yaşamış olması, Tüpraş, Petkim vb. birçok yoğun çevre kirliliğine yol açan endüstriyi barındırıyor olması ve konum itibarıyla yoğun bir araç trafiğinin ortasında olması nedeniyle, atık yakmanın haricinde, bir çok kaynağı daha olan bu kirleticilerin toprakta birikmesine yol açmış olabilir. Bu durumda, özellikle tesisin güneyinde bulunan ve sanayi kuruluşlarına oldukça yakın olan Alikahya bölgesinde geçmiş kaynaklı dozlar söz konusu olabileceği düşünülebilir.

Mevcut dozların belirlenmesi , ancak geniş kapsamlı bir çalışma ile mümkündür. Havada, toprakta ve çeşitli gıda ürünlerinde çok sayıda PCDD/F analizini gerektiren bu süreç, oldukça spesifik bir donanımı gerektiren dioksin analiz şartlarının oluşturulmasını takiben, bu çalışmanın devamı olarak düşünülmektedir. Bu analizler tamamlandıktan sonra geçmiş kaynaklı dioksin dozları daha gerçekçi bir yaklaşımla ele alınabilecektir. Eğer bu dozlar, Avrupa'daki seviyeden düşükse, tesis kaynaklı

dozlar çok küçük olarak tahmin edildiği için, tesisin mevcut durum üzerindeki katkısı da düşük olacaktır. Aksi durumda, yani geçmiş dozların Avrupa'daki dozlara eşit ya da daha yüksek olması durumunda, tesisin bunlara katkısı yine çok küçük olacak, ve dolayısıyla bu dozları azaltmak için tesiste alınacak önlemlerin ötesinde, çok daha büyük ölçekli önlemler ve planlamalar gerekecektir.

Bu çalışmada mevcut dozların belirlenmesi için, hem bölgedeki toprak kirliliğinin karakterizasyonu yönünde bir ilk çalışma olması, hem de baskın maruz kalma yolunun bitki tüketimi olması dolayısıyla topraklardaki dioksin konsantrasyonlarının belirlenmesi ve buradan hareketle maruz kalma miktarlarının tahmin edilmesi yoluna gidilmiştir.

9.3. Topraklardaki PCDD/F Konsantrasyonları

9.3.1. Numune alma yerleri

Çalışma kapsamında mevcut PCDD/F dozlarını belirlemek amacıyla dört noktadan 15 cm derinlikten toprak numuneleri alınmıştır. Numune alma yerleri, sonuçların, hem tanımlanan alıcı grupları, hem de Kocaeli'nde yaşayan diğer insanlar için temsil edici olması amacı doğrultusunda seçilmiştir. Bunun için Solaklar Köyü'nden ve Alikahya'dan iki numune alınmıştır. Diğer iki numune ise İZAYDAŞ merkez olmak üzere kent üzerinde çizilen 10 km yarıçaplı bir yay üzerinden alınmıştır.

Solaklar ve Alikahya, Şekil 8.8 ve 8.9'da de görüldüğü gibi, ISCST3 hava dağılım modeline göre, minimum (Solaklar Köyü) ve maksimum (Alikahya) PCDD/F konsantrasyon ve birikimlerinin beklendiği yerlerdir. Numuneler, bu durum dikkate alınarak, karşılaştırma yoluyla, İZAYDAŞ'ın yol açtığı herhangi bir PCDD/F birikiminin belirlenebilmesi için modeldeki minimum ve maksimum birikim noktalarından alınmıştır. Numunelerin yeri *GARMIN GPS Personal Navigator* yardımıyla saptanmıştır. Ayrıca, geçmiş yıllara ilişkin birikim hesaplarının yapılabilmesi için numune alınan yerlerdeki toprakların herhangi bir şekilde müdahaleye uğramamış, yıllar boyunca üzerine biriken kimyasalların korunduğu topraklar olmasına özen gösterilmiştir. Buna ek olarak, besin zincirine dahil olan kimyasalları daha iyi karakterize edebilmesi için de tarla, otlak vb. tarım alanlarına

mümkün olduğunca yakın yerlerden numune alınmıştır. Tüm bu etkenler dikkate alınarak ilk numune Solaklar Köyü'nde, tesisten kuzeydoğu yönünde yaklaşık 800 m uzaklıkta, PCDD/F birikiminin minimum olması beklenen bir noktadan alınmıştır. İkinci numune ise Alikahya'da, Hyundai fabrikasının yanında, tesisten güney yönünde 1450 m uzaklıkta, PCDD/F birikimini maksimum olması beklenen bir noktadan alınmıştır.

Üçüncü numune, kent merkezindeki durumu belirlemek ve Körfez'in iki kıyısında bulunan çeşitli fabrikaların olası etkilerini gözleyebilmek amacıyla tesisten güneybatı yönde 10 km uzaklıkta, İzmit Körfezi'nin hemen ucundan alınmıştır. Son numune ise tesisten güney yönünde 10 km uzaklıkta, Kartepe eteklerindeki Doğanlı Köyü kırsal arazisinden alınmıştır. Kentin güneydoğusunda kalan bu nokta, topografik yapısı itibarıyla iki dağ sırasının arasında kurulmuş olan İzmit'te yıllarca ısınma ve endüstriyel amaçlı olarak atmosfere atılan kirleticilerin güney ve güneydoğu yönlerinde esen hakim rüzgarlar aracılığıyla taşınması şüphesi nedeniyle seçilmiştir. Özellikle kentin doğu kesiminde kurulu olan büyük fabrikalardan çıkan kirleticilerin rüzgarlarla hareketinin, yükseklik farkından dolayı Kartepe eteklerinde yüzeye temas etmesi ve burada birikim yapması beklenebilir.

9.3.2. PCDD/F analizleri

Alınan topraklar, taş, bitki kökleri vb. maddelerden ayıklandıktan sonra iyice karıştırılmış ve dörtleme yöntemi ile yaklaşık 200 gramlık numuneler hazırlanmıştır. Topraklarda, I-TEQ değerini oluşturan 17 PCDD/F konjenerinin analizi, ülkemizde bu analizlerin altyapısının henüz oluşturulamamış olması nedeniyle Almanya'da sertifikalı bir laboratuarda (*Dr. Wessling Laboratorien GmbH*) GC/MS/MS yöntemi ile yapılmıştır.

9.3.3. PCDD/F analiz sonuçları ve değerlendirme

Topraklardaki PCDD/F analiz sonuçları Tablo 9.1’de verilmiştir.

Tablo 9.1. Toprak Numunelerindeki PCDD/F Konsantrasyonları (ng.kg⁻¹ yaş toprak)

Konjener	Numune 1 (Solaklar)	Numune 2 (Alikahya)	Numune 3 (Körfez)	Numune 4 (Doğanlı)	Ortalama
2,3,7,8-TCDD	0.1*	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PeCDD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1	0.69	0.2475
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.53	0.1	0.74	0.3675
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.45	0.1	0.61	0.315
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.25	2.74	0.67	19.16	5.705
OCDD	1.5	18.36	1.5	49.72	17.77
2,3,7,8-TCDF	0.23	1.19	0.1	0.42	0.485
1,2,3,7,8-PeCDF	0.1	0.42	0.1	0.64	0.315
2,3,4,7,8-PeCDF	0.1	0.53	0.1	0.86	0.3975
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.32	0.75	0.28	4.7	1.5125
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.56	0.1	2.42	0.795
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.61	1.08	0.67	3.27	1.4075
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	0.1	0.35	0.1625
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.16	2.22	0.8	28.67	8.2125
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.25	0.25	0.25	8.25	2.25
OCDF	1.5	1.5	1.5	141.9	36.6
TEQ ^a	0.3906	0.98396	0.3802	2.68442	1.109795
TEQ ^b	0.1276	0.80996	0.0427	2.53442	0.87867

* İtalikler, ölçülebilir sınırnın altında ölçülüp, bu sınırın yarısı olduğu varsayılan değerleri gösterir.
^a Ölçülebilir sınırnın altındaki konsantrasyonlar için bu sınırın yarısı alınarak hesaplanan TEQ değeri.
^b Ölçülebilir sınırnın altındaki konsantrasyonlar sıfır kabul edilerek hesaplanan TEQ değeri

Görüldüğü gibi Solaklar ve Körfez’den alınan numunelerdeki PCDD/F konsantrasyonları oldukça düşük çıkmıştır. Bu topraklarda 17 konjenerden sadece dört tanesi bulunabilmiştir. Alikahya’da ölçülen değer ise, bu topraklara göre ölçülemeyen konjenerler, ölçülebilir sınırnın yarısı kabul edildiğinde 2.5, sıfır kabul edildiğinde ise 6-20 katıdır. Ancak en yüksek PCDD/F konsantrasyonları Kartepe eteklerinden alınan numunede çıkmıştır. 1 ve 3 no.lu numunelerin 7, 2 no.lu numunenin ise yaklaşık 3 katı olan bu değerler, numune alınması sırasında dikkate alınan kaygıları doğrulamaktadırlar.

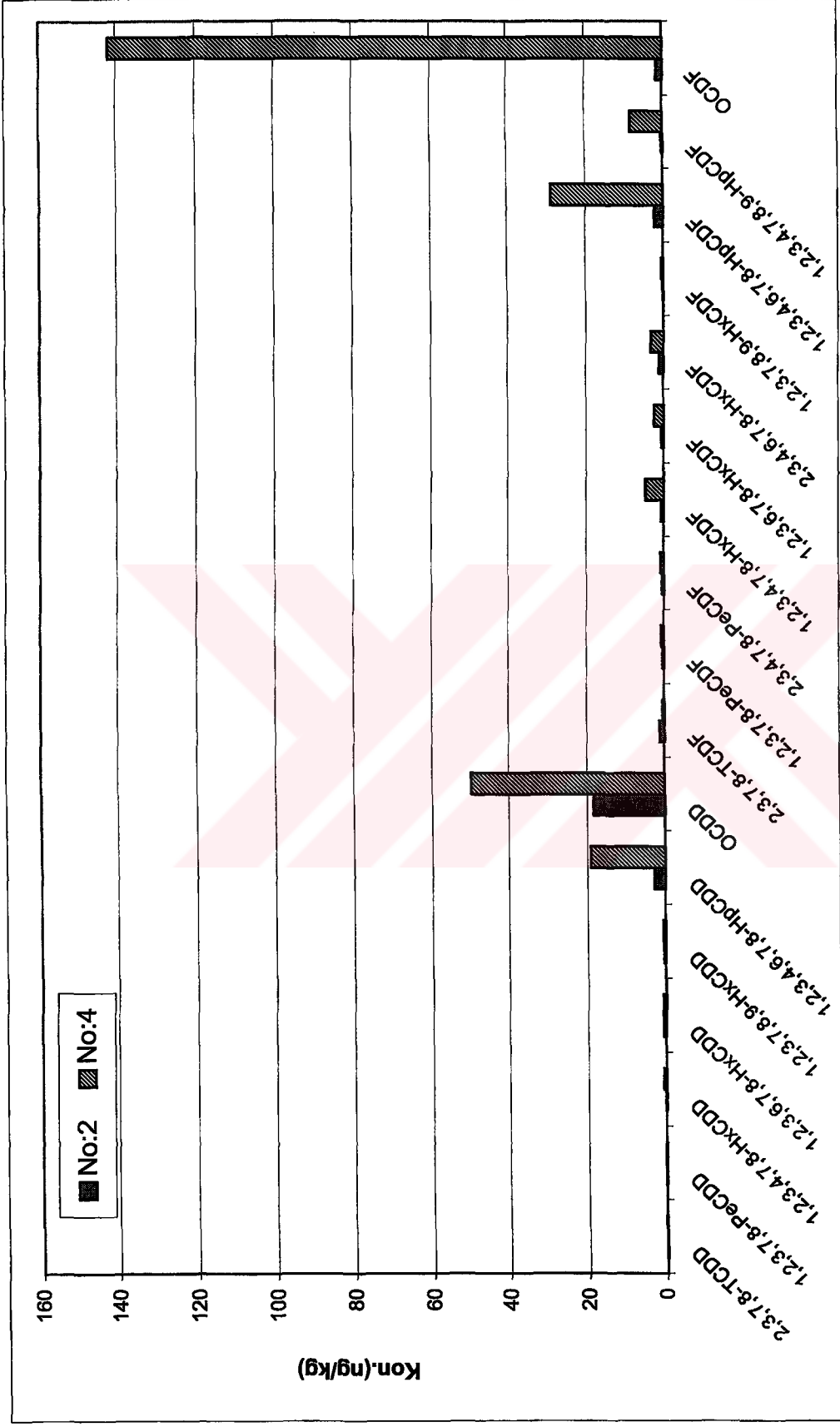
Kartepe eteklerinden alınan topraktaki PCDD/F konsantrasyonlarını başka ülkelerde elde edilen değerlerle karşılaştırmak durumun önemini daha iyi gösterecektir. 90'lı yıllarda İngiltere'de Panteg Projesi çerçevesinde yapılan geniş kapsamlı çalışmalarda topraklardaki dioksin konsantrasyonlarının büyük çoğunluğunun kuru ağırlık bazında 2-20 pg TEQ.kg⁻¹ arasında (ortalama değerler 4-6 pg.kg⁻¹ arasında) olduğu belirlenmiştir (HMIP 1996; Lovett et al, 1998; Lorber et al, 2000). İspanya'da Barcelona ve Tarragona'da iki atık yakma tesisi çevresinde yapılan toprak analizlerinde dioksin konsantrasyonları sırasıyla 1-34 pg TEQ.kg⁻¹ (ortalama 12 pg TEQ.kg⁻¹) (Domingo et al, 2000; Schuhmacher et al, 2000) ve 0.2-6 pg TEQ.kg⁻¹ (Domingo et al, 2001) arasında bulunmuştur. Belçika'da iki ayrı atık yakma tesisi çevresinde ölçülen dioksin konsantrasyonları 3-30 pg TEQ.kg⁻¹ arasında olup, insineratörlerden bağımsız referans konsantrasyon 1.5 pg TEQ.kg⁻¹ olarak verilmiştir (Nouwen et al, 2001). Görüldüğü gibi 4. numunede ölçülen değer, yıllarca çalışan atık yakma tesisleri çevresinde ölçülen değerlere yakındır. Bu da İzmit'teki yoğun sanayileşmenin yarattığı kirliliğin derecesini göstermesi bakımından önemlidir. Buna ek olarak, kirliliğin tespit edildiği yerin şehirden yaklaşık 8 km uzaklıkta tamamen kırsal bir bölge olması, Bölüm 8'de ortaya konulduğu gibi, buralarda yaşayan insanların yerel besinler üzerinden kirleticilere yüksek dozda maruz kalmaları olasılığını gündeme getirmektedir. Bu köylerde yaşayan insanlar, genel olarak, çalışmada tanımlanan alıcı grupları içerisinde en riskli grup olarak ortaya çıkan kırsal nüfus (Solaklar Köyü) ile benzer yaşayış ve tüketim alışkanlıklarına sahip oldukları ve aynı şekilde çoğunlukla yerel besinleri tükettikleri için, kirleticilere maruz kalma oranları yüksek olabilir.

Her ne kadar tek bir örnek üzerinde yapılan analizler, Kartepe eteklerinin tamamını temsil etmekten uzak olsa da, bu durum sonucun önemini azaltmamaktadır. Zira bu yüksek PCDD/F konsantrasyonları, çeşitli sanayi sektörlerinde yıllarca atmosfere atılmış başka kirleticileri varlığını da işaret etmektedir. Bu bakımdan, söz konusu bölgenin –bu bölge, topografik yapı itibarıyla Tüpraş, Petkim vb. Körfez'in kuzey kısmında bulunan büyük kuruluşların olası etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla Kartepe'nin Gölcük'ün arka tarafındaki eteklerinden başlayıp doğuya doğru yaklaşık 20 km uzunluğunda bir hat olabilir- daha geniş kapsamlı projelerle iyice araştırılması, buradaki toprakların kirleticiler açısından karakterize edilmesi ve bu

kirliliğin neden olduğu risklerin tahmin edilerek değerlendirilmesi, ve gerekiyorsa önlemler alınması gerekmektedir.

PCDD/F'lerin TEQ bazındaki toplam konsantrasyonlarının yanı sıra konjener dağılımları da, dioksinlerin kaynakları, hareketleri ve birikimleri hakkında fikir verebilmektedir. Dioksinler doğada zor bozunan, oldukça kalıcı kimyasallar oldukları için belirli sürelerde kaynaklarının dağılımını gösterirler. 2 ve 4 no.lu toprak örneklerindeki konjener dağılımları Şekil 9.1'de gösterilmiştir.





Şekil 9.1. Alikahya (No:2) ve Doğanlı (No:4) yörelerinden alınan toprak örneklerindeki PCDD/F konjener dağılımları.

Toprak örneklerindeki konjener dağılımlarını İZAYDAŞ emisyonlarında gözlenen dağılımlarla karşılaştırmak, topraktaki dioksinlerin İZAYDAŞ kaynaklı olup olmadığı hakkında bir fikir verebilir. Tesiste gözlenen konjener dağılımı Şekil 7.1’de verilmektedir. Tesis emisyonlarından etkilenebilecekleri düşünülen bölgeler Solaklar Köyü ve Alikahya olduğundan öncelikle bunlar değerlendirilmiştir. Solaklar Köyü’nden alınan örnekte, Körfez kıyısından alınan 3 no.lu örnekteki gibi sadece 4 konjener ölçülebilmektedir. Bunlardan üç tanesi (1,2,3,4,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF ve 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF) aynı olup, konsantrasyonlar da birbirine çok yakındır. Bu üç konjener tesis emisyonlarında da diğer konjenerlere göre daha baskın olup, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, hem bu iki örnekte, hem de tesis emisyonlarında en yüksek konsantrasyona sahip konjenerdir. Ek olarak Alikahya örneğinde de bu konjenerler görece olarak yüksek çıkmıştır.

Ancak bu durum topraktaki konjenerlerin tesisle ilişkilendirilmesi anlamına gelmemektedir. Bunun ilk nedeni tesis baca gazında baskın olan diğer konjenerlerin (özellikle PeCDF’ler ve diğer iki HxCDF) topraklarda bulunamamasıdır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirine benzer olan bu konjenerlerin doğal süreçlerde de benzer davranışlar sergilemesi beklenir. Zaten Solaklar ve Alikahya örneklerinde gözlenen HxCDF’ler, diğer örneklerde de yüksek konsantrasyonlarda bulunmuşlardır ve bu bakımdan genel bir durumu göstermektedirler. İkinci olarak, HpCDF gibi çok klorlu bileşikler, az klorlu bileşiklere göre daha kalıcı oldukları için, uzun süreli birikimlerde, diğer konjenerlerin daha çok bozunmaya uğraması ile daha baskın konuma geçebilmektedirler. Nitekim bu bileşik, diğer örneklerde de yüksek konsantrasyonlarda çıkmıştır. Bölüm 6.3.4’te, topraktaki tüm giderim süreçleri dikkate alınarak 15 cm’lik toprak derinliğinde konjenerlerin yarılanma ömürleri için hesaplanan (ve modelde de kullanılan) süreler 8.6 yıl (2,3,7,8-TCDF) ile 11 yıl (OCDD) arasında değişmektedir. Bu bakımdan, tesisten çıkarak toprağa biriken dioksinlerdeki konjener profilinin, tesisin çalışmaya başladığı 1997’den günümüze (ki tesis bu süre içinde aralıklı olarak çalışmıştır) 5 yıllık bir süre içinde çok fazla değişmesi beklenmemektedir. Ve son olarak, iyi tanımlanmış olduğu kabul edilen birikim algoritmaları yardımıyla, toprakta hiçbir giderim süreci olmadığı varsayımıyla (Denklemler 6.21), 15 cm’lik karışım derinliğinde toprakta gerçekleşecek konsantrasyon, limit emisyon oranında bile 1.7×10^{-5} ng TEQ.kg⁻¹ civarında

olacaktır. Bu da, toprak örnekleri içinde, ölçülebilen konjener konsantrasyonları bazında bulunan en düşük konsantrasyon olan $0.0427 \text{ ng TEQ.kg}^{-1}$ (No:3) değerinin yaklaşık olarak 1/2500'ü civarındadır. Dolayısıyla toprakta ölçülen konsantrasyonlar, tesis emisyonları ile ilişkilendirilmemiştir.

Bu konuya ilişkin tek şüpheli nokta, Alikahya örneğinde ölçülen 2,3,7,8-TCDF'dir. Bu örnekte bulunan TCDF konsantrasyonu, diğer örneklere göre daha yüksek bulunmuştur. Konjenerler içinde en kısa yarılanma ömrüne sahip olan bu bileşik, daha yakın zamanlı bir emisyonu işaret edebilir. 2,3,7,8-TCDF'nin Solaklar örneğinde de bulunmuş olması bu kanıyı güçlendirmektedir. Ancak bu konuda kesin bir yargıya varılabilmesi için değişik noktalardan daha çok sayıda örnek alınarak inceleme yapılması gerekir.

Öte yandan, 3 ve 4 no.lu örneklerde ölçülen yüksek konsantrasyonlar ve konjener dağılımları uzun süreli bir birikime işaret etmektedir. Şekil 9.1'den de görüleceği üzere bu örneklerde 7 ve 8 klorlukonjenerlerin baskınlığı söz konusudur. Alikahya'dan alınan örnekte OCDD baskın konjenerdir. OCDD'ye ek olarak iki adet 7 klorlu konjenerin (1,2,3,4,6,7,8-HpCDD ve 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF) konsantrasyonları da diğerlerine göre yüksektir. Bu örnekte 7 ve 8 klorlu konjenerlerin toplamdaki payı % 81'dir. Doğanlı örneğinde ise 7 ve 8 klorlu konjenerlerin baskınlığı çok daha belirgin olup toplam konsantrasyonun % 94'ünü oluşturmaktadırlar. Bu dağılım, herhangi bir çevresel ortama (toprak, sediment vb.) ulaşıp orada uzun yıllar kalan konjenerlere özgü bir dağılım olup, daha çabuk bozulan az klorlu bileşiklerin zamanla diğer bileşiklere göre daha hızlı bir şekilde azalmasını, buna karşılık daha kararlı çok klorlu bileşiklerin daha yavaş bozunmaya uğramasını gösterir. Uzun süreli bir dioksin birikimine maruz kalan çevresel ortamlarda yapılan çalışmalar (Czuczwa and Hites, 1986; Jones and Davidson, 1997; Baker and Hites, 2000; Wagrowski and Hites, 2000) bu yargıyı doğrulamıştır. Dolayısıyla sonuçlar hem Alikahya, hem de Kartepe eteklerinde uzun süreli bir dioksin birikiminin varlığına işaret etmektedir. Daha önce de açıklandığı gibi özellikle Kartepe eteklerinin dioksin ve diğer kirleticiler bakımından incelenmesi gerekmektedir.

Topraktaki konsantrasyonlardan elde edilebilecek bir diğer veri de yıllık dioksin birikimi miktarlarıdır. Modelde geçmiş kaynaklı dozların belirlenebilmesi için kullanılacak birikim miktarlarının hesaplanması ayrıntılı bir şekilde Bölüm 9.4'te verilecektir. Burada, 4 no.lu örnekte elde edilen sonuçlar üzerinden, herhangi bir giderim mekanizması dikkate alınmaksızın yaklaşık bir birikim değeri bulunmuş ve dünyadaki birikim verileriyle karşılaştırma yapılmıştır.

Kayıplar olmaksızın birikim denklemi şu şekilde verilir:

$$D = \frac{CS.M_s}{A_s.t} \quad (9.1)$$

Burada;

- D = Toplam birikim ($\text{ng.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$),
CS = Topraktaki konsantrasyon (ng.kg^{-1}),
 M_s = Toprak örneğinin kütlesi (kg),
 A_s = Örneğin alındığı yüzey alanı (m^{-2}),
t = Birikim süresi (y).

M_s , toprağın yoğunluğu $1,500 \text{ kg.m}^{-3}$ alınarak hesaplanmıştır. Örnekler 15 cm derinlik ve $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 'lik bir alandan alınmıştır. Birikim süresi 30 yıl alındığında, toprağa toplam dioksin birikimi (veya akısı) $20 \text{ ng TEQ. m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ ya da $55 \text{ pg TEQ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ olarak bulunur. Oysa toplam TEQ birikim değerleri İngiltere'de kentsel yerleşim alanları için ortalama 21, endüstriyel alanlar içinse $43 \text{ pg m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ olarak verilmektedir (Jones and Davidson, 1997). Belçika'da ise birikim $1.31 \text{ ng TEQ. m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Nouwen et al, 2001). Başka bir çalışmada ise yine Belçika'da refersans birikim 15, kentsel alan içinse $83 \text{ pg TEQ. m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ değerleri verilmiştir. Aynı çalışmada Almanya'nın çeşitli yöreleri için $4-79 \text{ pg TEQ. m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ aralığında birikim değerleri verilmektedir (Lohmann and Jones, 1998). İzmit için her ne kadar birikim süresi tam olarak belli değilse de, tahmin edilen birikim miktarı her koşulda gelişmiş Avrupa ülkeleri düzeyindedir ve oldukça yüksektir. İZAYDAŞ'tan bağımsız olarak, ve ondan önce de varolan bu birikim sürecinin araştırılması ve neden olduğu risklerin

ortaya konulması İzmit sınırları içinde yaşayan insanlar için büyük önem taşımaktadır.

9.4. Geçmiş Kaynaklı Dozların Belirlenmesi

Geçmiş kaynaklı dozlar, bölgede ölçülen ve uzun süreli bir birikimi temsil ettikleri gözlenen toprak konsantrasyonları ve riskin belirlenmesi için kullanılan model yardımıyla tahmin edilmiştir. Bunun için önce model denklemleri kullanılarak toprakta ölçülen konsantrasyonlardan hareketle toprağa yıllık dioksin birikimleri, daha sonra da birikimlerden hareketle havadaki konsantrasyonlar tahmin edilmiştir. Toprak modelinin tersten çalıştırılması ile elde edilen bu birikim ve konsantrasyon değerleri, alıcıların maruz kaldıkları geçmiş kaynaklı dozların belirlenmesinde kullanılmıştır.

Referans dozlar belirlenirken, her bölgede ölçülen konsantrasyonlar yerine, ölçülen dört örnekteki konsantrasyonların ortalaması kullanılmıştır. Bunun birinci nedeni, örnek sayısının azlığından kaynaklanabilecek, gerçekçi olmayan (düşük ya da yüksek) tahminlerden mümkün olduğunca sakınılmasıdır. İkinci neden ise, görece küçük bir alana yayılmış bir kent olan Kocaeli'nde bölgelerarası etkileşimin fazla olmasıdır. Bu şekilde, örneğin yüksek dioksin konsantrasyonlarının bulunduğu bir köyde yetiştirilen bir ürün, pazarlar aracılığıyla kentli alıcılara ulaşabilmektedir. Dolayısıyla, ortalama alınarak, sadece pilot bölgedeki alıcılar için değil, Kocaeli'nde yaşayan diğer insanlar için de geçerli olabilecek tahmini bir geçmiş kaynaklı dioksin dozu elde edilebilecektir.

9.4.1. Havadaki referans PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini

Toprakta ölçülen konsantrasyonlardan havadaki mevcut konsantrasyonlarının tahmini için öncelikle 6.23 denklemi yardımıyla yıllık toplam birikim (D) bulunmuştur. Bu birikim, modeldeki parametrelere ilişkin tüm kabullerin geçmiş birikim için de geçerli olacağı varsayılarak, modelde bulunan oranlar temelinde atmosferik difüzyon (L_{Dif}), partiküllerin kuru birikimi (D_{yd}), partiküllerin ıslak

birikimi (D_{yw}) ve gazların ıslak birikimi (D_{wg}) kısımlarına ayrılmıştır. Bu hesaplamalarda partikülün çökme hızı (V_d) için, HMIP (1996)'da geçmiş kaynaklı birikimler için verilen değer olan 0.2 cm.s^{-1} değeri kullanılmıştır. Son olarak birikim formülleri yardımıyla havadaki mevcut PCDD/F konjener konsantrasyonları (gaz+partikül) hesaplanmıştır.. Sonuçlar Tablo 9.2'de verilmektedir.



Tablo 9.2. Havadaki Referans PCDD/F Konsantrasyonları ve Birikimleri

Konjenler	Cy-par. (fg.m ⁻³)	Cy-gaz (fg.m ⁻³)	Cy-top. (fg.m ³)	L _{dir} (ng.m ⁻² .y ⁻¹)	Dyd (ng.m ⁻² .y ⁻¹)	Dyw (ng.m ⁻² .y ⁻¹)	Dwg (ng.m ⁻² .y ⁻¹)	D (ng.m ⁻² .y ⁻¹)
2,3,7,8-TCDD	9.7659	12.9121	22.678	0.6615	0.6153	0.456	0.0158	1.7486
1,2,3,7,8-PeCDD	18.4491	5.717	24.1661	0.2929	1.1623	0.2819	0.0077	1.7448
1,2,3,4,7,8-HxCDD	55.0862	4.2081	59.2943	0.2156	3.4704	0.5612	0.0058	4.253
1,2,3,6,7,8-HxCDD	82.005	5.9558	87.9608	0.3051	5.1663	0.8355	0.0082	6.3151
1,2,3,7,8,9-HxCDD	70.6268	4.6364	75.2632	0.2375	4.4495	0.7196	0.0064	5.413
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	840.2407	13.7953	854.036	0.6086	52.9352	42.09	0.0329	95.6667
OCDD	2388.1034	9.0577	2397.1611	0.3996	150.4505	145.9851	0.0351	296.8703
2,3,7,8-TCDF	46.6031	87.1304	133.7335	4.4635	2.936	2.1762	0.0642	9.6399
1,2,3,7,8-PeCDF	50.0748	27.6435	77.7183	1.4161	3.1547	0.7653	0.0288	5.3649
2,3,4,7,8-PeCDF	68.7516	27.6265	96.3781	1.4152	4.3314	1.0507	0.0213	6.8186
1,2,3,4,7,8-HxCDF	327.8053	42.4128	370.2181	2.1727	20.6517	2.7832	0.0442	25.6518
1,2,3,6,7,8-HxCDF	172.9344	21.4266	194.361	1.0976	10.8949	1.4683	0.0223	13.4831
2,3,4,6,7,8-HxCDF	314.7731	25.6597	340.4328	1.3145	19.8307	2.6725	0.0286	23.8463
1,2,3,7,8,9-HxCDF	35.6611	3.4569	39.118	0.1771	2.2467	0.3028	0.0072	2.7338
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1534.139	50.3656	1584.5046	2.2218	96.6508	39.0759	0.071	138.0195
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	422.6895	7.3524	430.0419	0.3243	26.6294	10.7663	0.0146	37.7346
OCDF	8351.3973	45.4427	8396.84	2.0047	526.138	85.087	0.1163	613.346
TEQ	205.1297	51.2243	256.3540	2.6186	12.9232	3.4629	0.0518	19.0566

Havadaki mevcut PCDD/F konsantrasyonları için tahmin edilen değer olan 256 TEQ fg.m⁻³, Avrupa ülkelerinde ölçülen düzeylerde, oldukça yüksek bir değerdir. Bu konuda en çok çalışmanın yapıldığı ülke olan İngiltere’de havadaki PCDD/F konsantrasyonları ortalama, Londra’da 1-654 (ortalama 188), Manchester’da 2-1913 (ortalama 291), Cardiff’te 1-856 (ortalama 146), Hazelrigg’de 0-22 (ortalama 12), Belfast’ta 37-180 (ortalama 102), Widnes’de 100-320 (ortalama 203), Wigan’da 110-500 (ortalama 298) ve Bolsover’de 82-450 (ortalama 245) fg TEQ.m⁻³ olarak ölçülmüştür (HMIP 1996, Jones and Davidson, 1997).

Yıllık toplam birikim ise 20 ng.m⁻².y⁻¹ civarındadır. Bu değerin de yüksek bir dioksin birikimini işaret ettiği, daha önce belirtilmiş ve değerlendirilmişti.

PCDD/F’lerin havada ve birikim sürecindeki dağılımları topraktaki konjener dağılımını yansıtır. Toprakta çok klorlu konjenerlerin baskın olması nedeniyle havada ve birikimde de bu konjenerler baskındır. Ama konjenerlerin farklı yarılanma ömürleri ve gaz/partikül fraksiyonları olduğu için konjener profilinde az da olsa bir değişim söz konusudur.

9.4.2. Gıda ürünlerindeki referans PCDD/F konsantrasyonlarının tahmini

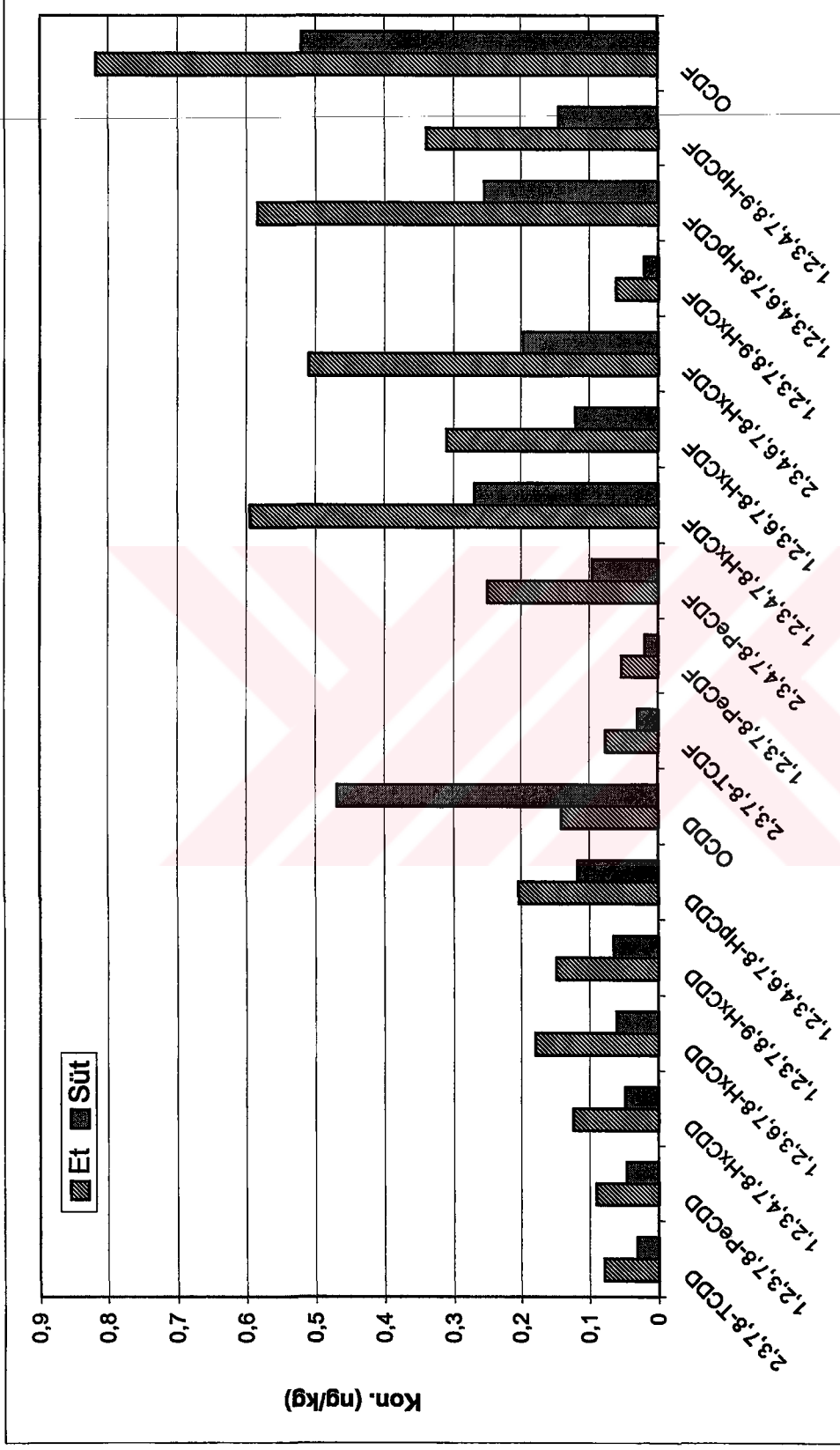
Gıda ürünlerindeki mevcut konsantrasyonlar, modelin havadaki referans PCDD/F konsantrasyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Çeşitli gıda ürünlerindeki tahmini geçmiş kaynaklı dioksin konsantrasyonları Tablo 9.3’te verilmiştir.

Tablo 9.3. Gıda Ürünlerindeki Tahmini Referans Konsantrasyonlar

Gıda Türü	Mevcut Dioksin Konsantrasyonu (ng TEQ.kg ⁻¹ yaş ağırlık)
Bitkisel Gıdalar	
Tahıllar	1.0093
Otlar	2.7041
Meyveler	1.3386
Yapraklı sebzeler	1.6694
Baklagiller	1.1592
Diğer sebzeler	1.3762
Patates	0.2122
Köklü sebzeler	0.2122
Hayvansal Gıdalar	
Sığır eti	0.4640
Koyun eti	0.9587
Et ürünleri	0.9636
Sakatat	5.1871
Süt	0.1903
Süt ürünleri	1.4177
Hayvansal yağlar	5.1390
Tavuk	0.3059
Yumurta	5.9857

Bitkisel ürünlerdeki konjener konsantrasyonları, havadan-yaprağa transfer ve doğrudan birikim yolları ile havadaki ve kökten alım yolu ile de topraktaki kirlenici konsantrasyonlarından doğrudan etkilendikleri için, bu ortamlardaki konjener dağılımını yansıtırlar. 7 ve 8 klorlu konjenerlerin baskın olduğu bu dağılım, Şekil 9.2'deki otlardaki konjener dağılımında gösterilmiştir.

Hayvansal ürünlerde ise, birçok biyokonsantrasyon faktörü devreye girdiği için daha değişik bir konjener profili beklenebilir. Hayvansal ürünlerdeki tipik konjener profili et ve sütteki konjenerleri gösteren Şekil 9.3'te verilmiştir.



Şekil 9.3. Et ve sütte tahmin edilen mevcut PCDD/F konsantrasyonları ve konjener dağılımı.

9.4.3. Alıcı gruplarına göre tahmini referans PCDD/F dozları

Alıcı gruplarının tesis etkisinden bağımsız olarak maruz kaldıkları dioksin dozları belirlenirken, alıcılar için çalışmada tanımlanan maruz kalma parametrelerinin (tüketim alışkanlıkları, tükettikleri gıdaların yerel fraksiyonları, maruz kalma süresi ve frekansı vb.) aynı olduğu kabul edilmiştir. Modelin hava ve topraktaki referans konsantrasyonlar bazında çalıştırılması ile elde edilen bu dozlar Tablo 9.4'te özetlenmiştir.



Tablo 9.4. Alıcı Gruplar İçin Tahmin Edilen Referans PCDD/F Dozları.

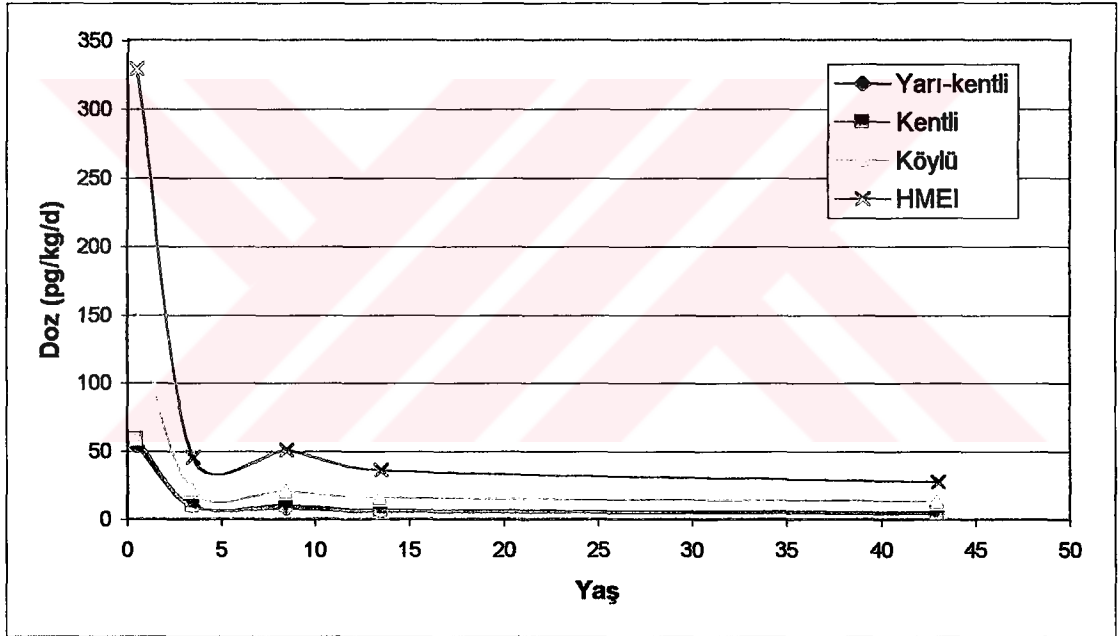
Alıcı Grubu	Referans PCDD/F Dozları (pg TEQ.kg ⁻¹ .vücut ağırlığı.d ⁻¹)*				
	Bebekler	1-6 yaş	6-11 yaş	11-16 yaş	Yetişkinler
Kentli					
Solunum	0.1814 (0)	0.1506 (2)	0.0876 (1)	0.0816 (1)	0.0531 (1)
Bitkisel gıdalar	3.1634 (6)	3.1086 (34)	5.293 (55)	3.7719 (58)	3.0892 (62)
Et ve et ürünleri	0.1772 (0)	0.1742 (2)	0.1719 (2)	0.2551 (4)	0.1731 (4)
Süt ve süt ürünleri	53.6138 (92)	4.3199 (47)	3.2019 (33)	1.8537 (29)	1.2579 (26)
Tavuk ve yumurta	1.4596 (2)	1.3734 (15)	0.8724 (9)	0.5051 (8)	0.3427 (7)
Toplam	58.5954	9.1267	9.6268	6.4674	4.9161
Yarı-kentli					
Solunum	0.1814 (0)	0.1521 (2)	0.0885 (1)	0.0826 (2)	0.0539 (1)
Bitkisel gıdalar	2.5506 (5)	2.353 (26)	3.8281 (47)	2.8011 (51)	2.3472 (57)
Et ve et ürünleri	0.1497 (0)	0.1474 (2)	0.1548 (2)	0.2162 (4)	0.1467 (4)
Süt ve süt ürünleri	48.4523 (91)	4.4278 (48)	2.8531 (35)	1.6518 (30)	1.1208 (27)
Tavuk ve yumurta	2.1556 (4)	2.0277 (22)	1.209 (15)	0.6999 (13)	0.475 (11)
Toplam	53.4896	9.108	8.1335	5.4516	4.1437
Köylü					
Solunum	0.1814 (0)	0.1536 (1)	0.0894 (0)	0.0836 (1)	0.0551 (0)
Bitkisel gıdalar	8.9133 (6)	8.7606 (43)	11.1166(59)	9.4743 (65)	8.7059 (73)
Et ve et ürünleri	0.5783 (0)	0.5657 (3)	1.3008 (7)	0.7531 (5)	0.511 (4)
Süt ve süt ürünleri	128.8996(89)	4.1582 (23)	2.6147 (14)	2.0087 (14)	1.363 (11)
Tavuk ve yumurta	6.7473 (5)	6.3479 (32)	3.8078 (20)	2.2045 (15)	1.4959 (12)
Toplam	145.3198	19.9861	18.9293	14.5242	12.131
HMEI					
Solunum	0.1892 (0)	0.1602 (0)	0.0932 (0)	0.0872 (0)	0.0574 (0)
Bitkisel gıdalar	18.2398 (6)	17.9252(40)	29.6826(58)	21.4966(61)	17.8138(65)
Et ve et ürünleri	2.727 (1)	2.6778 (6)	3.4147 (7)	3.9216 (11)	2.6611 (10)
Süt ve süt ürünleri	294.069 (89)	11.4236(25)	9.3963 (19)	5.44 (15)	3.6914 (13)
Tavuk ve yumurta	13.7599 (4)	12.944 (29)	8.0772 (16)	4.6763 (13)	3.1732 (12)
Toplam	328.9849	45.1308	50.6641	35.6216	27.3969
* Parantez içindeki rakamlar yüzde olarak toplam değer içindeki katkı payını göstermektedir.					

Dozların değerlendirilmesi Bölüm 10'da yapılmıştır.

BÖLÜM 10. MARUZ KALINAN DOZLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

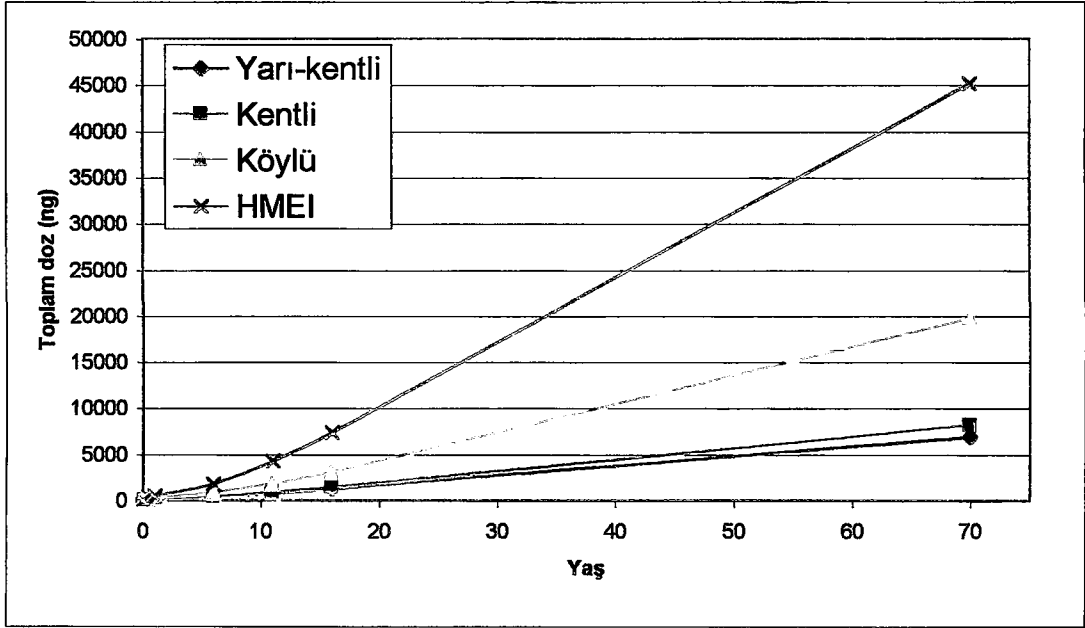
10.1. Referans Dozların Değerlendirilmesi

Alıcı gruplarının maruz kalacağı tahmin edilen geçmiş kaynaklı referans dozlar Bölüm 9.4.3'te açıklanmış olup Şekil 10.1'de gösterilmiştir.



Şekil 10.1. Alıcı gruplarının maruz kaldıkları referans dozlar.

Görüldüğü üzere, maruz kalınan referans dozlar, vücut ağırlığının düşük olduğu bebeklik zamanlarında yüksek iken, yaş ilerleyip vücut ağırlığı arttıkça hızla düşmektedir. Bu dozların yaşlara göre ağırlıklı ortalaması alınırsa, alıcı grupları için tüm yaşam boyunca temsil edecek ortalama bir değer elde edilebilir. Bu ortalama doz, yarı-kentli alıcılar için 5.2, kentli alıcılar için 6.0, köylü alıcılar için 14.2 ve HMEI için de 32.9 pg TEQ.kg⁻¹ vücut ağırlığı.gün⁻¹ olarak bulunur. Alıcı gruplarının maruz kalacakları kümülatif dozlar Şekil 10.2'de gösterilmiştir.



Şekil 10.2. Alıcı gruplarının kümülatif olarak maruz kaldıkları referans dozlar.

Alıcıların maruz kaldıkları tahmini geçmiş kaynaklı dozlar, yetişkinlerde 4-12 pg TEQ.kg⁻¹.d⁻¹ arasında olup, Bölüm 9.1'de, başka ülkeler için verilen değer aralıklarının (genel olarak 1-3 pg TEQ.kg⁻¹.d⁻¹) biraz üzerindedir. Burada öncelikle söylenmesi gereken şey, bu değerlerin modelleme ile elde edilmiş tahmini değerler oldukları ve diğer ülkelerdeki gibi tüketilen besinlerde yapılan analizlere dayanmamasıdır. Modelleme çalışmaları da genellikle kötü durum senaryoları ve tutucu kabuller üzerinde kurulduğu için, modelle elde edilen referans değerler yüksek tahmin edilmiş olabilir. Modelleme çalışmalarında bu tür yaklaşımların kullanılmasının başlıca nedenleri, daha önce de belirtildiği gibi, (1) dioksinler hakkındaki bilgi birikiminin yetersizliği (belirsiz parametrelere ilişkin kabuller en kötü durum senaryolarına dayanır), ve (2) ortaya çıkması olası tehlikenin (kanser) ciddiyetidir. Ancak dozlar, üç kat daha fazla tahmin edilmiş olsa bile, yine de yüksek bir değere işaret etmektedir.

Modelle elde edilen referans değerlerinin yüksek olmasının başlıca nedeni ise, ülkemizdeki bitkisel gıda ağırlıklı besin diyeti ve bu besinlerin genel olarak yerel pazarlardan temin edilmesinin sonucu olarak yüksek yerel besin fraksiyonlarıdır. Özellikle köylerdeki gıda tüketimi büyük oranda yerel ürünlere dayandığından, kentli ve yarı-kentli alıcılara göre yaklaşık üç kat daha fazla doza maruz kalacakları tahmin

edilmiştir. Ancak, ildeki sanayileşme ve hızlı kentleşme süreçleri ile buna bağlı olarak tarımsal faaliyetlerin giderek gerilemesi, tarıma dayalı yaşam biçimlerini de olumsuz etkilemekte ve sonuçta, hem köyler belde ve kasaba haline gelerek kente eklemlenmekte, hem de köylerde yaşayan insanların davranış ve tüketim alışkanlıkları giderek kentlilere benzemektedir. Bu sosyo-ekonomik süreçle birlikte besinler de daha çok marketler vb. yollarla dışarıdan alınmaya başladığından, köylü alıcıların maruz kalacağı dozların azalarak kentli ve yarı-kentli alıcılara yaklaşacağı söylenebilir.

Öte yandan, referans dozların diğer ülkelere göre biraz yüksek tahmin edilmiş olması, bu tahminlerin gerçekçi olmadığı sonucunu doğurmamaktadır. Modelde belirli bir güvenlik yaklaşımıyla ele alınan maruz kalma parametrelerinin gerçekleşmesi durumunda tahmini değerlere yakın dozlar mevcut olacaktır ve bu olasılık her zaman vardır. Dahası, referans dozlar belirlenirken, yerel olarak üretilmeyen besinlerdeki PCDD/F konsantrasyonlarının da göz önünde tutulması gerekir. Bu nedenle, yerel ya da değil, tüm besinleri kapsayan bir PCDD/F analizi çalışmasının yapılması büyük önem taşımaktadır.

Tüm yaşam için bulunan ortalama referans dozlar, WHO'nun önerdiği tolere edilebilir doz aralığı olan $1-4 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ aralığından yüksektirler. Özellikle köylü alıcılar için bulunan değer, WHO'nun eski TDI değerinden ($10 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) dahi yüksektir. Bu dozların kanserojenlik riski Bölüm 4.9'daki EPA yaklaşımı ile değerlendirilirse, referans dioksin dozlarından kaynaklanan tüm yaşam boyunca kanser olma riski, yarı-kentli alıcılar için 5.2×10^{-4} (1/1923 ya da 1923 kişide 1 kişi); kentli alıcılar için 6×10^{-4} (1/1667); köylü alıcılar için 1.42×10^{-3} (1/704) ve HMEI için de 3.292×10^{-3} (1/304) olarak bulunur. Türkiye'deki kanser olma sıklığının (*incidence*) en az 1.2×10^{-3} (1/833) olduğu göz önüne alınırsa (Fırat and Hayran, 2001), elde edilen değerlerin ne derece önemli olduğu ortaya çıkar.

Geçmiş kaynaklı dioksin konsantrasyonları ve dozlarına ilişkin olarak yapılan analiz ve tahminler, dioksin kirliliği ve neden olduğu risklere ilişkin olarak, bu bölgede geniş kapsamlı bir araştırma yapılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Dioksinlerle birlikte, bölgede var olması muhtemel başka kirleticilerin de

tanımlanması ve etkilerinin araştırılması gerekir. Böylelikle yöredeki referans dozlara ve risklere ilişkin daha gerçekçi yargılara ulaşılabilecek ve bunlarla ilgili önlemlerin alınması gündeme gelebilecektir.

10.2. İZAYDAŞ Kaynaklı PCDD/F Katkı Dozlarının Değerlendirilmesi

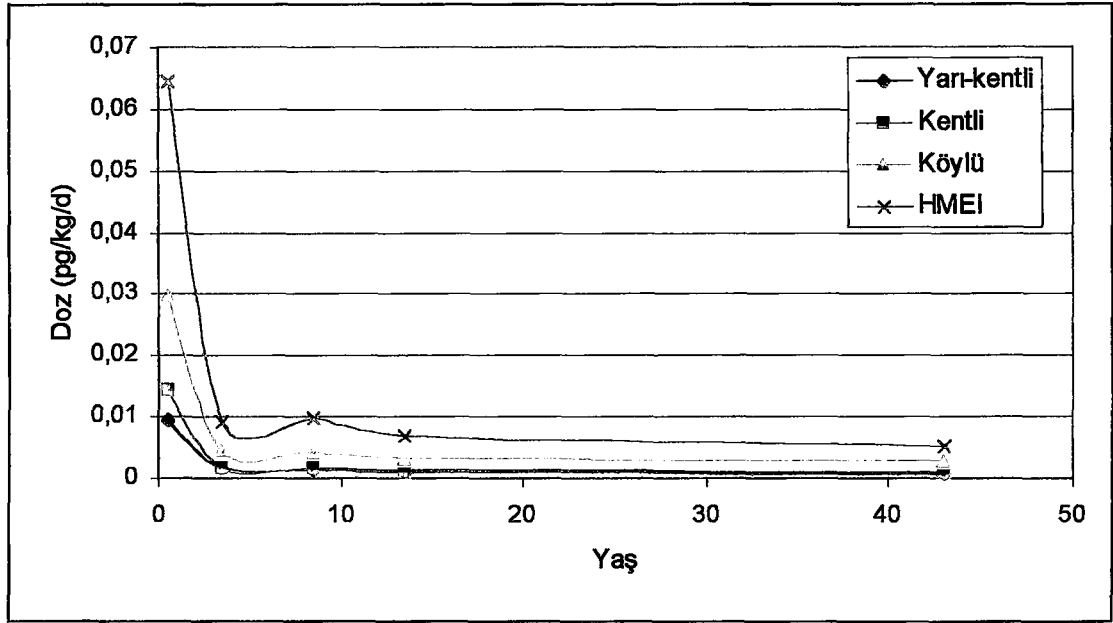
Bölüm 8'de ayrıntılı olarak açıklanan İZAYDAŞ kaynaklı katkı dozları, referans dozlara göre çok küçüktür. Öyle ki, tesisin sürekli olarak limit emisyonunda işletildiği düşünülse bile katkı dozları, referans dozun yaklaşık 1/5000'i civarında olacaktır. Bu durum maksimum emisyon oranında 1/6600, ortalama emisyon oranında 1/27 800 ve minimum emisyon oranında da 1/500 000 civarında olacaktır. Bu durum Tablo 10.1'de özetlenmiştir.

Tablo 10.1. Limit Emisyonadaki İZAYDAŞ Kaynaklı Katkı Dozları ve Referans Doza Göre Yüzdeleri.

Yaş	Dozlar (pg.kg ⁻¹ .d ⁻¹)*			
	Yarı-kentli	Kentli	Köylü	HMEI
<1	0.0094 (0.0176)	0.0141 (0.0241)	0.0296 (0.0204)	0.0644 (0.0196)
1-6	0.0016 (0.0176)	0.0016 (0.0175)	0.0042 (0.0210)	0.0091 (0.0202)
6-11	0.0015 (0.0184)	0.0017 (0.0177)	0.0038 (0.0201)	0.0098 (0.0193)
11-16	0.0010 (0.0183)	0.0012 (0.0186)	0.0030 (0.0207)	0.0068 (0.0191)
>16	0.0007 (0.0169)	0.0009 (0.0183)	0.0025 (0.0206)	0.0053 (0.0193)

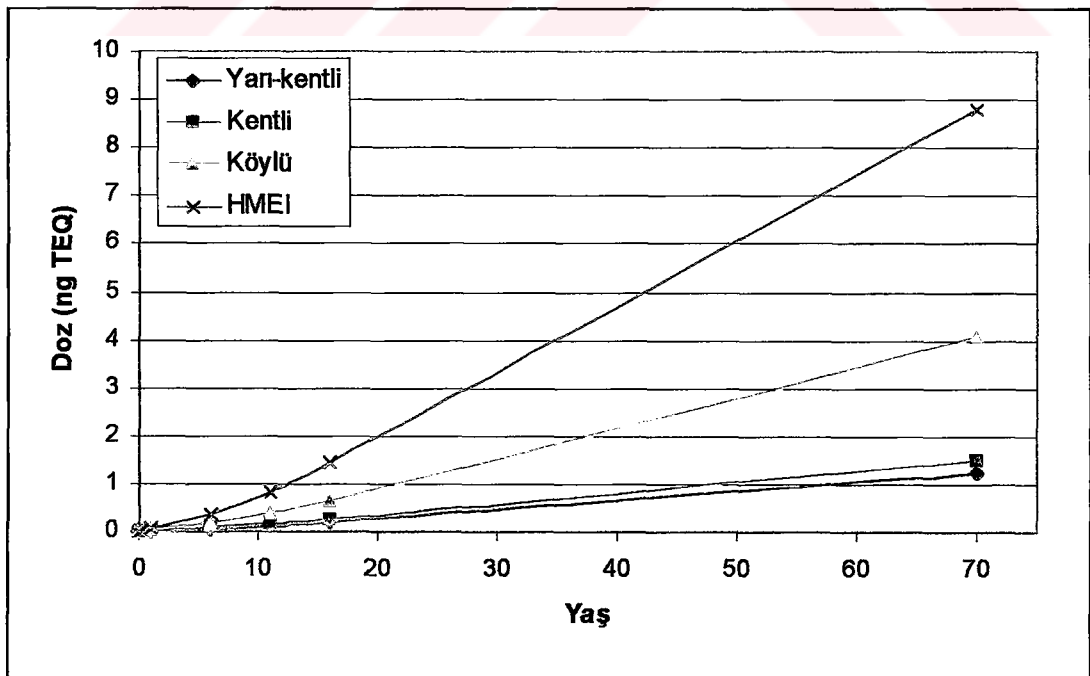
* Parantez içindeki değerler yüzde olarak referans doza göre oranını göstermektedir. Maksimum, ortalama ve minimum emisyonlardaki dozların referans doza oranını bulmak için bu yüzdeler, emisyon oranlarının limit emisyon oranları ile, yani sırasıyla 0.76, 0.18 ve 0.01 ile çarpılabilir.

Alıcı grupları arasında maruz kalma bakımından, en yüksek doza maruz kalan HMEI'dan sonra sırasıyla, köylü, kentli ve yarı-kentli alıcı grupları gelmektedir. Şekil 10.3, limit emisyon oranında alıcı grupları için tahmin edilen dozları (TEQ bazında) özetlemektedir.



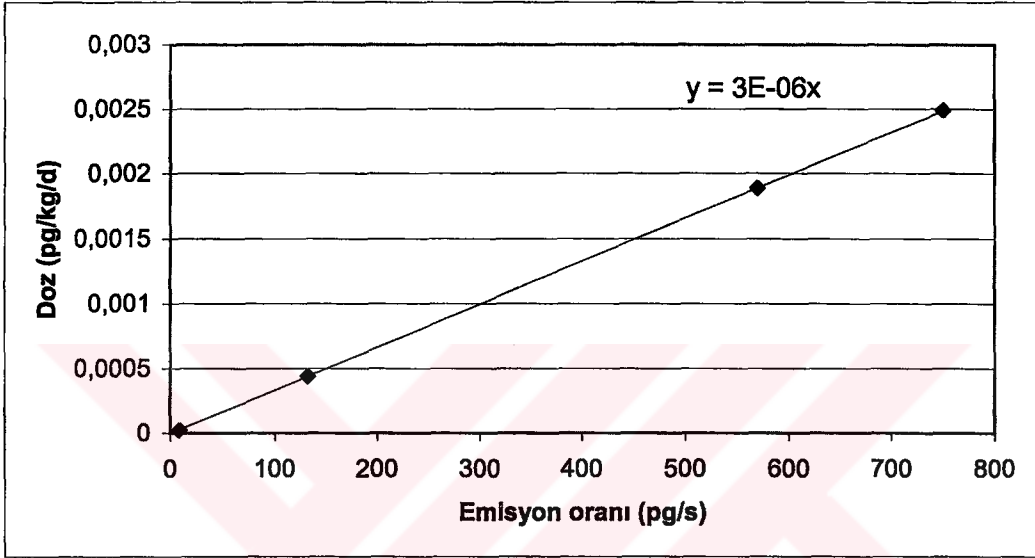
Şekil 10.3. Limit emisyonunda alıcı gruplarının maruz kalacakları tahmini dozlar.

Buradan hareketle tüm yaşam boyu maruz kalınacak kümülatif katkı dozları da bulunabilir. Şekil 10.4, limit emisyon oranında gerçekleşecek kümülatif dozları göstermektedir.



Şekil 10.4. Limit emisyonunda alıcıların hayat boyu maruz kalacakları katkı dozlar.

Maruz kalınan dozlar, emisyon oranına göre artmaktadır. Çalışmada İZAYDAŞ İnsineratörü'nde ölçülen minimum, ortalama ve maksimum emisyon ile sınır değer olarak verilen PCDD/F emisyonlarına göre bulunan limit emisyon debisine göre risk değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 10.5 yetişkin köylü alıcı grubunun bu emisyon oranlarında maruz kalacakları dozları göstermektedir.



Şekil 10.5. Yetişkin köylü alıcıların PCDD/F emisyon oranlarına göre maruz kalacakları dozlar (TEQ bazında).

Şekil 10.5'ten de görüleceği üzere emisyon oranı ile maruz kalınan dozlar arasında lineer bir ilişki söz konusudur. Eğim değeri olan 3×10^{-6} değeri kullanılarak maruz kalınacak dozlar tahmin edilebilir. Bu değer bebeklerde 4×10^{-5} ; 1-6 yaş arası çocuklarda 6×10^{-6} ; 6-11 yaş arası çocuklarda 5×10^{-6} , 11-16 yaş arası alıcılarda ise 4×10^{-6} 'dır. Buna göre örneğin yetişkinlerin riskli aralığın alt sınırı olan $1 \text{ pg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ 'lik bir PCDD/F dozuna maruz kalmaları için emisyon oranının $333\,000 \text{ pg I-TEQ.s}^{-1}$ ($1 / 3 \times 10^{-6}$) olması gerekir. Bu da baca gazında (baca gazı debisi $27\,000 \text{ Nm}^3.\text{h}^{-1}$ alınırsa) $44.4 \text{ ng I-TEQ.m}^{-3}$ 'lük bir PCDD/F konsantrasyonuna denk düşmektedir ki, bu da sınır değer olan $0.1 \text{ ng I-TEQ.m}^{-3}$ 'ün 444, tesiste ölçülen en yüksek konsantrasyonların 585, ortalama emisyonların da 2470 katına eşittir. Bu değerler bebekler için 10 kat daha düşüktür.

Maruz kalma yolları bakımından alıcıların davranış biçimleri ve tüketim alışkanlıkları ile tüketilen besinlerin yerel kaynaklı olup olmadıkları önem taşımaktadır. Solunum kaynaklı dozlar genelde toplam dozun % 0-2'si arasında olup, toprak yutmadan kaynaklanan dozlar, ihmal edilebilir derecede küçük bulunmuşlardır. Tüm alıcı gruplarında bitki tüketimi PCDD/F'ler için en baskın maruz kalma yolu olarak bulunmuştur. Kentli ve yarı-kentli alıcılarda, yöreden elde edilen sütler ve bu sütlerden yapılan yağlı ürünler baskın iken, bitkiler içinde de pazardan alınan yöre kaynaklı meyveler önemli rol oynamaktadır. Köylüler içinse, yerel olarak üretilip, ekmek vasıtasıyla bolca tüketilen tahıllar, bitki tüketimini en baskın yol haline getirmiştir. Bunun dışında meyveler ve domates, salatalık ve patlıcan gibi yer üstü sebzeleri orta derecede etkindirler.

Hayvansal ürünler içindeyse, süt ve süt ürünlerine ek olarak, diğer alıcı gruplarınca yerel olarak elde edilmeyen hayvansal yağların etkinliği söz konusudur. PCDD/F'ler gibi yağ sever bileşikler, hayvansal yağlarda büyük miktarlarda depolanabilmektedirler. Bu nedenle kentli ve yarı-kentli gruplarda % 1-2 arasında olan et ve et ürünleri yüzdesi, köylü gruplarda % 9'a kadar çıkabilmektedir. Tavuk ürünlerinden gelen dozların ise neredeyse tamamı yumurta tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Maruz kalma yolları yaş gruplarına göre de değişmektedir. Tüm alıcı gruplarında yaş küçüldükçe süt ve süt ürünlerinin payı doğal olarak artmaktadır. Buna ek olarak yine küçük yaşlarda sıkça tüketilen yumurta nedeniyle, tavuk ürünlerinin payı da yaş küçüldükçe artış göstermektedir.

Son olarak, tüm maruz kalma yollarından maksimum derecede PCDD/F dozlarına maruz kalacakları varsayılan HMEI grupları ile gerçekçi verilerden hareketle ele alınan köylü grupların maruz kalacakları dozlar arasında, 2-3 kat gibi, modelleme çalışmaları açısından hiç de büyük sayılamayacak bir fark olması, bu grubun olası tüm maruz kalma yollarına ne derece açık olduğunu göstermektedir. Son derece tutucu kabuller çerçevesinde oluşturulan HMEI'nin bu şekilde, gerçekçi kabuller üzerine kurulan alıcı gruplarına yaklaşması, yörede, tesisten ya da, başka kaynaklardan ortaya çıkan diğer kirletici maddelerin titizlikle izlenmesi ve

değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, Solaklar Köyü gibi, endüstriyel tesislere yakın ve onların atıklarından etkilenmesi muhtemel yerleşim yerlerine ilişkin çeşitli risk değerlendirme çalışmalarının yapılması, buralarda yaşayan insanlar için büyük önem taşımaktadır. Özellikle İzmit gibi yoğun sanayileşmenin yaşandığı yörelerde bu tür ayrıntılı risk çalışmalarının yapılması, hem mevcut, hem de ileride meydana gelecek risklerin belirlenmesi ve buna göre planlar yapılarak önlemler alınması gerekmektedir.

Katkı dozlarının oluşturacağı riskleri ele alırsak, HMEI dahil, ele alınan dört alıcı grubu ve bunların her birinde yaşlara göre belirlenen beş alt gruba ilişkin olarak yapılan doz tahminleri, WHO'nun riskli olarak belirlediği $1-4 \text{ pg.kg}^{-1} \text{ vücut ağırlığı.d}^{-1}$ aralığının çok altında kalmıştır. Bu durum İZAYDAŞ kaynaklı PCDD/F'lerin yörede yaşayan insanlar üzerindeki etkisinin son derece küçük olacağını göstermektedir. Maruz kalınan dozlar, genel olarak bebeklerde fazla süt tüketimi, ve buna ek olarak vücut ağırlıklarının düşük olması nedeniyle, bebeklerde diğer alıcı gruplarına göre daha yüksek olarak hesaplanmakta, ancak bu dozlar ilerleyen yaşlarda hızla düşmektedir. Bebeklerin maruz kaldıkları dozlar, 1-6, 6-11 ve 11-16 yaşlarındaki çocuklara göre 5-10 kat, yetişkinlere göre ise 10-15 kat daha fazladır.

EPA'nın olasılık temelindeki yaklaşımında ise İZAYDAŞ'tan kaynaklanan PCDD/F'lerin farklı alıcı grupları yetişkinleri üzerinde oluşturacağı risk Tablo 10.2'de verilmektedir:

Tablo 10.2. PCDD/F Dozlarının Alıcılar Üzerinde Oluşturacağı Yaşam Boyu Kanser Riskleri.

Alıcı Grubu	Emisyon Oranlarına Göre Risk			
	Minimum	Ortalama	Maksimum	Limit
Kentli	1.12×10^{-9}	2.01×10^{-8}	8.48×10^{-8}	1.12×10^{-7}
Yarı-kentli	9×10^{-10}	1.62×10^{-8}	6.84×10^{-8}	9×10^{-8}
Köylü	2.93×10^{-9}	5.27×10^{-8}	2.22×10^{-7}	2.93×10^{-7}
HMEI	6.38×10^{-9}	1.15×10^{-7}	4.85×10^{-7}	6.38×10^{-7}

Görüldüğü gibi tesis kaynaklı PCDD/F emisyonlarının meydana getireceği risk son derece düşük olup limit emisyonda bile, köylü alıcı grubu için 2.93×10^{-7} (yani 3.4 milyonda bir), HMEI içinse 6.38×10^{-7} (1.6 milyonda bir) civarındadır. Bu değerler EPA'nın tehlikeli atık alanlarından kaynaklanan katkı riskler için hedeflediği değer olan 1×10^{-6} (LaGrega et al, 1994) değerinden, örneğin köylü alıcılar için, maksimum emisyonda beş kat, ortalama emisyonda ise yirmi kat daha düşüktür. Dolayısıyla katkı dozlarının önemli bir risk oluşturmayacağı söylenebilir.

10.3. Duyarlılık Analizi

Kurulan modelin hangi parametrelere daha duyarlı olduğunun belirlenmesi için yapılan bu analiz, modeldeki etkin parametrelerin belirlenmesi ve ileride yapılacak çalışmalarda bu parametreler üzerinde yoğunlaşılmasını sağlar. Bu konuda istatistiksel olarak verilerin işlenmesine dayalı bilgisayar yazılımları kullanılsa da, sürecin mantığı, temelde model sonucunun giriş parametrelerinden ne derece etkilendiği üzerine kuruludur. Bu çalışmada duyarlılık analizi, basit bir bilgisayar yazılımı yardımıyla, model giriş parametrelerinin % 10 artırılmasına karşılık toplam günlük dozda meydana gelen değişim incelenerek yapılmıştır. İncelemede limit emisyon oranı ve köylü yetişkinler için alınan parametreler temel alınmıştır. Sonuçlar etkilenme sırası temelinde Tablo 10.3'te gösterilmiştir.

Tablo 10.3. % 10'luk Artışa Göre Modelin Giriş Parametrelerine Duyarlılığı.

Parametre	Açıklama	Duyarlılık* (%)
fp	Partiküle bağlı konjener fraksiyonu	38.852
Cy	Havadaki konjener konsantrasyonu	10
EF	Maruz kalma frekansı	10
fv	Gaz fazındaki konjener fraksiyonu	9.844
Bvpa	Havadan yaprağa biyotransfer faktörü	9.8007
V _{bg}	Bitkiye bağlı düzeltme faktörü	9.8007
BW	Vücut ağırlığı	9.0906
pa	Havanın yoğunluğu	8.8957
P _{L,25}	Yarı-soğumuş katı buhar basıncı	6.8775
St	Partiküllerin yüzey alanı	6.5622
P	Yıllık yağış	0.0934
Wc	Partiküle bağlı konjenerler için yıkanma katsayısı	0.0923
Dyw	Partiküle bağlı konjenerlerin ıslak birikimi	0.0879
Cs	Topraktaki konjener konsantrasyonu	0.0853
ks	Toplam kayıp sabiti	0.0752
kp	Bitki yüzey kaybı sabiti	0.0688
Z ₁	Ekili olmayan toprak derinliği	0.0593
BD	Toprak yoğunluğu	0.0593
fw	Islak birikimin bitkilere yapışan kısmı	0.0548
Vd	Partiküle bağlı konjenerlerin kuru birikim hızı	0.0522
Dyd	Partiküle bağlı konjenerlerin kuru birikimi	0.0516
L _{dif}	Konjenerlerin toprağa atmosferik difüzyonu	0.042
kdeg ₁	Ekili olmayan topraklar için bozunma sabiti	0.0318
kslr	Toprakta yüzey yıkanması ve sızıntı kaybı sabiti	0.0255
H	Henry sabiti	0.0217
ksv	Uçuculaşma kaybı sabiti	0.0204
u	Rüzgar hızı	0.019
d _e	Pilot bölge çapı	0.019
Br	Bitki/toprak biyotransfer faktörü	0.0172
Da	Difüzyon katsayısı	0.0134
f _{oc}	Toprağın organik karbon fraksiyonu	0.0121
Koc	Organik karbon bölüm katsayısı	0.0115
Kds	Toprak/su bölüm katsayısı	0.0115
Z ₂	Ekili topraklar için toprak derinliği	0.0083
Tc	Toplam birikim süresi	0.0057
Wg	Gaz halindeki konjenerler için yıkanma katsayısı	0.0032
Dwg	Gaz halindeki konjenerlerin ıslak birikimi	0.0032
IR	Solunum oranı	0.0032
T	Sıcaklık	0.0013
kdeg ₂	Ekili topraklar için bozunma sabiti	0.0006
Kow	Oktanöl/su bölüm katsayısı	

* Değerler mutlak değer olarak alınmıştır.

Tablo 10.3 (devam). % 10'luk artışa göre modelin giriş parametrelerine duyarlılığı.

Parametre	Duyarlılık* (%)
Gıda ürünlerindeki konsantrasyonlar**	
Tahıllardaki konsantrasyonu	4.2606
Otlardaki konsantrasyon	3.0506
Diğer sebzelerdeki konsantrasyon	0.9865
Meyvelerdeki konsantrasyon	0.9088
Yapraklı sebzelerdeki konsantrasyon	0.5866
Baklagillerdeki konsantrasyon	0.1223
Köklü bitkilerdeki konsantrasyon	0.0057
Patatesteki konsantrasyon	0.0045
Hayvansal Ürünler İçin Biyokonsantrasyon Faktörleri**	
Süt için biyokonsantrasyon faktörü	2.3793
Süt ürünleri için biyokonsantrasyon faktörü	2.1736
Yumurta için biyokonsantrasyon faktörü	1.168
Sığır eti için biyokonsantrasyon faktörü	0.6674
Hayvansal yağlar için biyokonsantrasyon faktörü	0.6267
Sakatat için biyokonsantrasyon faktörü	0.0459
Tavuklar için biyokonsantrasyon faktörü	0.0427
Et ürünleri için biyokonsantrasyon faktörü	0.0191
Koyunlar için biyokonsantrasyon faktörü	0.0108
** Maruz kalma miktarları hesaplanırken bu değerler, tüketim oranı ve yerel olarak üretilen fraksiyonlar ile çarpıldığı için, bu besinlere ilişkin günlük tüketim miktarları ve yerel fraksiyonlar da tabloda kendileriyle ilgili olarak verilen konsantrasyon ve biyokonsantrasyon faktörleri ile aynı duyarlılığa sahiptirler.	

10.4. Parametrelerin Belirsizliği

Bu tür risk değerlendirme çalışmalarında genel olarak üç tür belirsizlik söz konusu olabilmektedir. Bunlar verilerle, modelle ve doğal süreçlerin değişkenliği ile ilgili belirsizliklerdir.

Verilerdeki belirsizlikler konuyla ilişkili verilerin bulunmamasından ya da bulunan verilerin kesinliklerinin olmayışından kaynaklanır. Dioksinler konusu ülkemizde henüz çok yeni olduğu için, PCDD/F emisyonları ve çeşitli çevresel ortamlardaki konsantrasyonları hakkında son derece sınırlı sayıda veri mevcuttur. PCDD/F emisyonları ile ilgili ilk çalışmalar Bakoğlu et al. (2002) tarafından İZAYDAŞ İnsineratörü'nde yapılmıştır. Ek olarak, otlar, çeşitli sebzeler ve meyveler, et ve et

ürünleri, süt ve süt ürünleri ve balıklar gibi besin zincirini oluşturan maddelere ilişkin olarak henüz bir çalışma bulunmayıp, özellikle kimyasal emisyonlarına maruz kalan tarımsal alanlarda besin zinciri en önemli maruz kalma yolu olduğu için, bu tür çalışmaların gerekliliği vurgulanmıştır.

PCDD/F'lerle ilgili olarak bazı konularda son derece az çalışma olması, bazı konularda ise hiç çalışma bulunmaması, insanların maruz kaldığı risklerin tam olarak belirlenememesinin yanı sıra, modelde kullanılan algoritmalarla ilgili geçerlilik çalışmalarının zayıflığına, hatta bazı konularda hiç yapılamamasına yol açmaktadır. Bu şekilde model kalibrasyonunun zayıf kalması tahmin edilen doz miktarlarının da gerçekçiliğini etkilemekte ve sağlık riskinin olduğundan daha az ya da daha fazla tahmin edilmesi olasılığını artırmaktadır. Her ne kadar bu konuda, gerek analizlerin son derece zor ve zaman alıcı işlemler gerektirmesi, gerekse çalışılan konsantrasyonların küçüklüğü nedeniyle, dünyada da belirli bir veri azlığı söz konusuysa da, ele alınan kimyasalların son derece ciddi sağlık risklerine yol açabilmeleri bu tür çalışmalara bir ivedilik kazandırmaktadır.

10.5. Modeldeki Belirsizlikler

Modeldeki belirsizlikler, doğal süreçlerin matematiksel ifadelerindeki sınırlılıklarla ilgilidir. İklimdeki ani değişiklikler, toprağın özelliklerinin değişebilmesi, belirli bitki ve hayvan türlerinin doz alımındaki olası değişimler, mevsimsel dalgalanmalar vb. olgular, teorik olarak matematiksel formülasyon içinde ifade edilebilse de, yukarıda açıklanan veri belirsizlikleri, daha ileri, daha sofistike maruz kalma modellerinin kullanılmasını engelleyebilmektedir. PCDD/F'lere yönelik risk değerlendirme çalışmalarında kullanılan modellerde, özellikle, insineratör bacasından çıkan bulutun hareketinin ve , bulutun havada hareket etmesi sürecinde buhar-partikül fazları oranlarında meydana gelen değişimler ile bunların toprağa, bitkilere ve hayvanlara transferinde uğradıkları etkileşimlerin daha iyi bir şekilde açıklığa kavuşturulması yönünde bir ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Ancak, hareket ve transfer modellerinin bu şekilde daha sofistike bir hale getirilmesi, ikinci ve üçüncü dereceden transfer katsayılarının da daha güvenilir bir şekilde bilinmesini gerektirir. Sonuç olarak

PCDD/F'lerin doğadaki hareketlerinin daha iyi anlaşılması, modellerin tahmin etme yeterliliklerini de geliştirecektir.

Maruz kalma çalışmalarında genel olarak iki durum tanımlanır: söz konusu faaliyetin (burada insineratörün) günlük normal işleyişi sırasında sürekli olarak ve sabite yakın oranlarda atmosfere atılan PCDD/F emisyonlarına maruz kalınması; ve, kısa zaman sürelerinde büyük değişimlere uğrayabilen emisyon oranlarına maruz kalınması (örneğin, tesiste bir arıza çıkması durumunda meydana gelen kısa süreli emisyonlar, tesisin kapanması sonucu emisyonların kesilmesi vb.).

Bu çalışmada, insanların maruz kaldığı tipik durum olması bakımından ilk yaklaşım kullanılmıştır. Bu koşullar altında durağan durum modellerinin kullanılması mümkün olsaydı da, kimyasalların davranışlarının ayrıntılı olarak tanımlanması na hala ihtiyaç vardır. Bu konuda başarılı çalışmalar yapılmış olması model yapısının görece basit olmasına olanak sağlamaktadır. Ancak havadan-yaprağa transfer, ıslak ve kuru birikim, topraktan-bitkiye transfer ya da yapraktan yeniden uçuculaşarak havaya karışma gibi hareketler henüz tam anlamıyla tanımlanmamışlardır. Bu konularda da çalışmaların hızlandırılmasına gereksinim vardır.

Kaza sonucu ortaya çıkan ya da diğer süreksiz emisyonlar, veya PCDD/F emisyonlarının zaman içindeki değişiminin önemli olduğu ve araştırma gerektirdiği durumlar için dinamik modeller daha uygundur, ancak bu tür modeller, PCDD/F'ler için henüz geliştirilme aşamasındadırlar.

10.6. Doğal Süreçlerin Değişkenliği

Son olarak, doğal olaylarda meydana gelen değişiklikler hem çevresel süreçlere, hem de risk altındaki nüfusun davranış özelliklerini etkilemektedir. Özellikle iklim değişimlikleri kimyasalların çevredeki hareketini etkilemektedir. Çalışmada İzmit yöresine ait son 5 yıllık meteorolojik veriler incelenmiş ve yıl ortalamaları bazında son derece küçük değişiklikler gözlemlendiğinden 2000 yılının meteorolojik verileri kullanılmıştır. Çıkan sonuçlar, sağlık riski açısından son derece önemsiz bulunduğu

için iklimde meydana gelen genel ve mevsimsel değişikliklerin bu durumu etkilemeyeceği göz önünde bulundurularak iklim değişikliklerine göre ayrı ayrı çalışmalar yürütülmesine gerek duyulmamıştır.

Bu bölümde çalışma süresince ve çalışma sonunda ortaya çıkan ve gelecekte üzerinde durulması gereken öneriler sunulmuştur. Öncelikle PCDD/F'lerin risk değerlendirmesi çalışmasında kullanılan metodolojinin, insanlar tarafından maruz kalınan riskin belirlenmesine bir yaklaşım olduğu unutulmamalıdır. Bu dozların daha kesin bir şekilde belirlenmesi için, hem yerel olarak yapılacak çalışmalarda elde edilecek çok sayıda veriye, hem de PCDD/F'lerle ilgili modellerin daha da gelişerek ayrıntılandırılmasına gerek duyulmaktadır. Özellikle hava, su, toprak ve besin maddeleri gibi ortamlarda bulunan PCDD/F emisyonlarının belirlenmesi ve geniş bir envanterin çıkarılması, başta geçmiş kaynaklı dozların belirlenmesi olmak üzere kullanılan modelin kalibrasyonu ve başka toksikolojik çalışmaların önünü açması bakımından son derece önemlidir.

Kullanılan metodolojiyle ilgili olarak diğer bir konu da, PCDD/F'lerin doğada hareketinin ve bir ortamdan diğerine transferi konusundaki bilgi yetersizliğidir. Bu konuda hem laboratuvarlar ölçekli çalışmaların, hem de doğal ortamlarda yapılacak çalışmaların hızlandırılması, hem bu kimyasalların hareketinin daha iyi bilinmesine ve buna göre uygun kontrol teknikleri geliştirilmesine, hem de matematiksel olarak daha ayrıntılı olarak ifade edilmesine ve modellerin daha gerçekçi tahminler yapmalarına olanak sağlayacaktır.

PCDD/F'ler ve doğadaki hareketleri hakkında bilgi birikiminin artmasının bir başka sonucu da, diğer maruz kalma yollarına göre daha az etkili olacağı düşünülerek bazı çalışmalarda ihmal edilen, ancak yöresel olarak öne çıkıp önem kazanabilecek maruz kalma yollarının da model metodolojisine dahil edilmesini sağlamaktır. Bu durum da, modelin tahmin edebilme özelliğini geliştirecektir.

Modellerin bu tür çalışmalarla daha ayrıntılı ve gerçeğe yakın formülasyonlarla oluşturulması, yeterli sayıda veri ile desteklendiğinde PCDD/F'lerle ilişkili olarak dinamik modellerin geliştirilmesini sağlayacak ve bu da, bu emisyonların süresiz

olduğu durumların da modellenmesine ve dolayısıyla kaza vb. nedenlerle ortaya çıkabilecek yüksek miktarlardaki emisyonların risk değerlendirmesini mümkün kılacaktır.

PCDD/F'lerle ilgili bilgilerimizin artmasının bir başka yönü de, veri miktarı arttıkça, özellikle maruz kalma bakımından istatistiksel çalışmaların yapılabilecek olmasıdır. Bu çalışmalar ışığında, emisyonlar maruz kalınacak dozların, istatistiksel açıdan değerlendirilmesi ve buna göre karar alınması süreçleri gündeme gelecek ve teorik çalışmalar sonucunda pratiğe dönük önlemler alınması daha bilimsel bir temele oturacaktır.

Model parametrelerindeki belirsizlikler model ile elde edilecek sonuçları da büyük oranda etkileyeceğinden, belirsiz olan parametrelerin ortaya çıkarılarak bu konuda gerçekçi yaklaşımlara ulaşmak üzere ayrıntılı araştırmalar yapmak gerekecektir. Model sonucuna en çok etki eden parametreler Tablo 8.68'de sıralanmışlardır.

Öncelikle konjenerlerin havadaki konsantrasyonlarının ve partikül/gaz fazlarına bölünmelerinin modelde etkili olduğu söylenebilir. Tesisten çıkan emisyonların havadaki dağılımı ve neden olacağı konsantrasyonlar ISCST3 modeli yardımıyla bulunmuştur. Bu model, bir EPA modeli olup hava dağılımı ile ilgili çalışmalarda başarıyla kullanılmaktadır. Kirleticilerin atmosferik taşınımı, günümüz itibarıyla oldukça iyi bilinen bir konudur ve modelleme yaklaşımları da buna uygun derecede sofistike ve kapsamlıdır. Bu bakımdan tesis kaynaklı PCDD/F'lerin havadaki dağılımını ve konsantrasyonları belirsizlikten uzaktır. Konjenerlerin havada partikül/gaz fazlarına ayrışmaları konusunda da pek çok çalışma yapılmış olup bu çalışmalarda ortaya konan yaklaşımlar ayrıntılı bir şekilde bu çalışmada değerlendirilmiştir. Ancak, genel olarak ülkemizde, özel olarak da İzmit'te ortam havasında bu tür verileri sağlayacak ölçümler henüz yapılmamıştır. Her ne kadar bu ayrışmaya ilişkin modeller geliştirilmişse de, ortam havasında yapılacak PCDD/F analizleri, bu konuda daha gerçekçi veriler sağlayabilecektir. Belirli periyotlarda yapılacak bu analizler, modelleme için bir temel ile doğrulanma ve kalibrasyon olanağı sağlamasının ötesinde, insanların maruz kaldığı geçmiş kaynaklı dozlara ve PCDD/F'lerin yöre topraklarındaki birikim süreçlerine ışık tutacaktır.

Bir diğerk etkin parametre de Junge-Pankow modelinin kullandığı havadaki partiküllerin yüzey alanıdır. Bu alanın belirlenmesi birtakım güçlükler içerdığinden, daha kolay ölçülebilen parametreler üzerinden modeller geliştirilmiştir. Bu çalışmada ortalama değerler sunması bakımından Junge-Pankow modeli kullanılmıştır, ancak diğerk modeller de buna yakın değerler üretebilmektedirler. Havadaki PCDD/F konjenerlerine ilişkin olarak yapılacak analizler, bu konuda da en uygun modelin hangisi olacağı hakkında fikir verecektir.

Bunlardan sonra gelen konu ise havadan yaprağa konjener transferi ve bitki türlerine göre alınan düzeltme faktörleridir. En yüksek dozlara maruz kalacakları öngörülen köylü alıcı gruplarında yerel olarak yetiştirilen bitkilerin tüketimi, baskın maruz kalma yolu olarak bulunmuştur. Bu bakımdan havadaki konjenerlerin yer üstü, ve özellikle havayla doğrudan teması olan yapraklı bitkilere transferi sürecinin anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu konuda henüz yeterli bir bilgi birikimi olmadığından pek az sayıda model geliştirilebilmiştir. Genellikle statik duruma dayalı denge modelleri olan bu yaklaşımların doğrulanma çalışmaları henüz yeterince yapılmamış olsa da, risk çalışmalarında, yaklaşık değerlere ulaşma bakımından sıklıkla kullanılmaktadırlar. Bitki düzeltme faktörü bu çalışmada en olumsuz olasılığa karşı 1 olarak alınmıştır. Ancak havadan bitkilere transfer çalışmaları çoğaldıkça daha gerçekçi değerler önerilebilecektir.

Bitkiler üzerindeki bu çalışmaların başka bir katkısı da, modelde görece etkili oldukları gözlenen bitki konsantrasyonlarına ilişkin değerlere yöneliktir. Duyarlılık analizinde görüldüğü üzere, tahıl ve otlar başta olmak üzere bitkilerdeki konjener konsantrasyonları, baskın maruz kalma yolu olan yerel bitkisel gıdaların tüketimini tanımladıkları için önemlidirler. Otlar ve tahıllar, besin zinciri yoluyla hayvanları ve dolayısıyla hayvansal ürünleri de etkiledikleri için duyarlılık analizinde diğerk bitkilere göre daha öne çıkmışlardır. Hayvansal ürünlerde önemli olan süt ve süt ürünleri, ineklerin tükettikleri otlardaki kimyasallardan; yumurta ise tahıllardaki kimyasallardan etkilenmektedirler. Biyokonsantrasyon faktörleri yardımıyla modellenen bu süreç, başka bir belirsizlik kaynağıdır. Zira, risk değerlendirme çalışmalarında maruz kalma açısından genellikle en önemli yolu oluşturan besin zinciri, tam olarak tanımlanmış değildir. Bu nedenle mevcut biyokonsantrasyon

faktörleri sürekli güncellenmektedir. Ek olarak bu faktörler, süt veren inekler ve tavuklar dışındaki diğer hayvanlar için çok iyi tanımlanmış değildir ve model tahminlerinin doğruluğunu sınırlamaktadır.

Duyarlılık analizinde fazla etkili görünmeseler de, partikül ve gaz fazındaki konjenerlerin ıslak birikiminin de ayrıca ele alınması gerekmektedir. Bölüm 6/dmet-ek1'de belirtildiği gibi modelde ISCST3 ile elde edilen maksimum ıslak birikim değerleri, modelde içerilen ıslak birikim algoritmalarının doğrulanmasının yapılmamış olması ve modele bu konuda yöneltilecek çeşitli eleştiriler nedeniyle kullanılmamış, bunun yerine partikül ve gazların ıslak birikimi için (1.4) ve (1.5) formüllerinden yararlanılmıştır. Bu formüllerle elde edilip çalışmada da kullanılan değerlere göre, partiküllerde 50 kat, gazlarda da 18 kat daha büyük olan ISCST3 ıslak birikim değerleri bacanın 150 m yakınında gerçekleşmişler, fakat bacadan uzaklaştıkça hızla azalmışlardır. Modelde ıslak birikim için ISCST3'le elde edilen maksimum değerler kullanılırsa, günlük dozlarda % 44 (partiküller için) ve % 0.34 (gazlar için) oranında artışlar meydana gelmektedir. Bu bakımdan, özellikle partikül fazındaki konjenerlerin ıslak birikimi konusunda daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Son olarak alıcıların vücut ağırlıkları, maruz kalma frekansı vb. alıcıların davranışlarını, yaşayış ve tüketim alışkanlıklarını gösteren verilerin önemi söz konusudur. Bu çalışmada bölgede yapılan anket çalışmasının sonuçları kullanılmış olsa da, örnek sayısının azlığı, belirli noktalarda yanlış kabullere yol açmış olabilir. Bu nedenle, ülkemizde, ya da risk altındaki bölgelerde yaşayan insanların davranışları, tüketim biçimleri, yaşlara göre alınan gıdaların türü ve miktarlarındaki değişimler gibi kapsamlı istatistiksel verilere ihtiyaç vardır. Özellikle hassas alıcı grupları olan bebekler ve çocukların beslenmeleri büyük önem taşımaktadır. Bu konuda sağlam verilerin olmayışı, risk çalışmalarında son derece tutucu kabullere yol açmakta, bu da gerçekçi tahminlerden uzaklaşılması neticesini doğurmaktadır. Bu konularda bir veri setinin bulunması, burada olduğu gibi determinist modeller yerine, daha gerçekçi sonuçlar üretebilecek olasılık modellerinin kullanımının yolunu açabilecektir.

10.7. Riskin Algılanması

Bir faaliyetin oluşturacağı riskin alıcılar tarafından nasıl algılanacağına ilişkin ayrıntılar Bölüm 2’de verilmiştir. Bölgedeki alıcıların gıda tüketimlerini ve gıdaların yerel fraksiyonlarını belirlemek için yapılan anket çalışmasında özellikle riskin algılanmasına yönelik bir çalışma yapılmamıştır. Ancak, anketlerin yapılması sürecinde görüşülen hemen herkesin İZAYDAŞ kaynaklı risklerden çekindiği, hatta şikayetçi oldukları gözlenmiştir. Bu durum, yörede geniş kapsamlı bir risk algılama çalışmasının yapılması ve bölgede yaşayan insanların riskler konusunda bilgilendirilmesinin gerekliliğine işaret etmektedir.

Burada öncelikle sadece dioksin emisyonlarından söz edilmediği belirtilmelidir. Zira insanların maruz kalacakları risk, doğal olarak, tesisten çıkan (gaz, sıvı ya da katı) bütün kirleticilerden kaynaklanmakta ve alıcılar tarafından da aynı şekilde, bütün olarak algılanmaktadır. Bu bakımdan tesisten atılan diğer kirleticilere ilişkin risk çalışmalarının yapılarak toplam riskin belirlenmesi gerekmektedir. Öte yandan, bu risklerin algılanması sürecinde, risklerin olduğundan çok daha büyük bir şekilde algılanması için gereken bütün faktörler de mevcuttur. Bölüm 2.4’te ayrıntılı olarak açıklanan bu faktörlerin yörede etkili olan en önemlileri tanışıklık ve bilinmeyen korkma faktörleridir. İZAYDAŞ ülkemizdeki ilk atık yakma tesisi olduğu için, insanlar için yeni ve tanıdık olmayan bir faaliyeti temsil etmektedir. Bununla ilişkili olan ikinci ve daha da önemli faktör ise, insanların tesis, tesisten çıkan kirleticiler ve riskleri hakkındaki derin bilgisizliğidir. Bunlara ek olarak diğer faktörlerin de belirli derecede etkileri mevcuttur. Bu nedenle, tesisteki faaliyetlerin her türlü denetime açık olması ve bölgedeki insanların referans ya da katkı, tüm riskler hakkında mümkün olduğunca bilgilendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu bilgiler ışığında bir değerlendirme yapılırsa; İZAYDAŞ, denetim ve şeffaflık bakımından ülkemizdeki ve hatta dünyadaki diğer faaliyetlere göre oldukça ileri bir konumdadır. Tesis yönetiminin gerek kamu kuruluşları, gerekse sivil toplum örgütlerinden gelen denetim ve kontrol taleplerine yaklaşımı genel olarak son derece olumlu ve yapıcıdır. Buna ek olarak tesis bacasında sürekli olarak ölçülen kirletici değerleri valilik ve belediyeden de izlenebilmektedir. Ancak yöre insanının

olumlu ve yapıcıdır. Buna ek olarak tesis bacasında sürekli olarak ölçülen kirletici değerleri valilik ve belediyeden de izlenebilmektedir. Ancak yöre insanının bilgilendirilmesine yönelik çalışmaların yeterli olmadığı görülmektedir. Bu nedenle yörede yaşayan insanlarla iyi bir iletişim kurulması ve proses, atıklar ve riskleri hakkında aydınlatıcı bilgiler verilmesi, risklerin daha gerçekçi bir şekilde algılanabilmesi için kritik öneme sahiptir.

10.8. Risk Yönetimi

Risk yönetimi, “riskin tolere edilmesi ya da değiştirilmesi yönünde kararların alınması süreci” olarak tanımlanır (DoE 1995a). İnsineratörlerle ilgili olarak risk yönetimi aşağıdaki stratejilerden birini ya da kombinasyonlarını içerir:

- Riskin yöreye ilişkin çalışmalarla yönetimi,
- Projenin tasarım ve işletim aşamalarında uygun mühendislik, sürekli izleme ve yönetim kontrollerinin birleştirilmesi,
- Alıcılar ve kaynak arasındaki bağı kırarak, maruz kalma yollarının yok edilmesi.

10.8.1. İZAYDAŞ İnsineratörü'nün değerlendirilmesi

Yöreye ilişkin çalışmalar, yerleşim planları, kullanım alanlarının düzenlenmesi vb. işlemlerden oluşup bu konudaki yetkili karar verici merciler belediyeler, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, vb. kuruluşlardır. Atık yönetimi planları da bu kapsamın içinde olup, mevcut duruma göre atıkların uygun yerlerde ve uygun bertaraf yöntemleriyle bertaraf edilmesini amaçlar. Bu çalışmada İZAYDAŞ kaynaklı katkı riskler önemsiz derecede küçük olarak bulunmuş olsa da, geçmiş kaynaklı dozların, bu dozlar için verilen sınır değerlerden yüksek oldukları tahmin edilmiştir. Bu durum, hava, toprak ve gıda örneklerinde yeterince çalışma yapıp kesin olarak ortaya konulduğu zaman, bu tür önlemler de gündeme gelebilecektir. Riskin ciddiyeti nedeniyle bu tür çalışmaların bir an önce yapılması gerekmektedir.

Uygun mühendislik, sürekli izleme ve yönetim kontrollerinin yapılması, kirlilik kontrol sistemlerinin verimli bir şekilde çalıştırılması, PCDD/F emisyon limitleri ve sürekli izlenmesine ilişkin yasal düzenlemelere uyulması, tesis etrafında (yani tesise yakın yerlerde, ya da bu çalışmanın kapsadığı alanda) çevresel sürekli izleme programlarının oluşturulması ve tesiste en uygun maliyet etkin teknolojilerin benimsenmesini içerir. Daha önce de belirtildiği gibi tesisin kirlilik kontrol sistemleri (ESP, çift ıslak-yıkayıcı ve aktif karbon filtresi) PCDD/F emisyonlarını en aza indirmek için son derece uygun bir arıtma sistemi sağlamaktadırlar. Bu sistemlerden ESP ve çift ıslak yıkayıcının PCDD/F gideriminde % 95'in üstünde bir verimle çalıştıkları belirtilmiştir (Bakoğlu et al, 2002). Aktif karbon tesisi ise henüz devreye girmemiş olup performans testlerinde yapılan ölçümlerde ortalama % 55'lik bir PCDD/F giderimi sağladığı belirlenmiştir (Karademir et al, unpublished).

Tesisin PCDD/F emisyonları, TAKY'de PCDD/F'ler için verilen sınır değer olan 0.1 ng I-TEQ.Nm⁻³ değerini hiç aşmamıştır. Tesisten çıkan baca gazında on-line olarak sürekli izlenen yanma gazları, HCl, HF, TOC ve tozun yanı sıra PCDD/F emisyonları da (on-line izlenmesi mümkün olmadığından) periyodik olarak (ayda bir ölçüm) izlenmektedir. Tesiste, klinik ve tehlikeli atıkların tamamen yanması ve çıkacak zararlı gazların en aza indirilmesi amacıyla son derece modern ve uygun teknikler kullanılmaktadır. Bu konudaki ayrıntılı bilgiler Bölüm 5'te ayrıntılı olarak verilmiştir. Öte yandan tesisin yönetimi konusunda ileriye dönük olarak dikkat edilmesi gereken konular da raporda vurgulanmıştır.

Bu konudaki tek eksiklik, vurgulandığı üzere, tesis çevresindeki ortamlarda yapılması gereken bir sürekli izleme programlarıdır. Bu rapor, buna yönelik bir ilk adım teşkil etse de, çalışma bölgesinde ve gerekirse başka yerlerde de ortam havası, toprak, yüzey suları, sedimentler ve besin zinciri yoluyla maruz kalmaya ilişkin olarak tüm gıdalarda PCDD/F ölçümlerinin periyodik olarak yapılması, model tahminlerinden daha gerçekçi bir maruz kalma değerlendirmesi sağlayacaktır. Bu bakımdan kimyasallara maruz kalma temelinde bir envanter çalışması yapılması son derece yararlı olacaktır.

Bir kimyasalın atmosfere salınmasından sonra insanlara ulaşması sürecinde, maruz kalma zincirinde bir kırılmanın oluşturulması, neden ve etki arasındaki bağlantının kesilmesi anlamına gelir. Ancak, söz konusu çevrenin bütünleyici bir parçası haline gelmiş bir etkinlik için böylesi bir kırılmanın yaratılması, kimyasal emisyonunun durdurulması (yani tesisin kapatılması), emisyon miktarının azaltılması için tesiste bazı modifikasyon ve modernleştirme işlemleri yapılması, tesisin yerinin değiştirilmesi, risk altındaki nüfusun yerinin değiştirilmesi ya da insineratör emisyonlarından etkilenmiş gıda maddelerinin tüketilmesinin engellenmesi yoluyla yapılır. Bu önlemlerden, tesisin modifiye edilmesi dışındakilere, ancak son derece tehlikeli durumlarda başvurulabilir.

Bir insineratör tasarlanıp inşa edildikten ve çalıştırılmaya başlandıktan sonra, tesisin çalışma ve yönetim felsefesine uygun olarak risk yönetimi çalışmalarının yapılmasının ve gerekli önlemlerin alınmasının, tesis emisyonlarının ve dolayısıyla çevrede yarattığı riskin en aza indirilmesinde son derece önemli bir rolü vardır. Bu çalışma ve önlemler, tesisin çalışmaya başlaması ya da durdurulması işlemlerinin uygun şekillerde yapılması, yakılmadan önce uygun atık karışımlarının hazırlanması, birincil ve ikincil yanma havasının kontrolü, uygun yakma sistemlerinin kullanılması, sıcaklıkların ve kalma sürelerinin tam yanmayı sağlayacak biçimde belirlenmesi, kalıntı atıkların uygun şekillerde alınıp depolanması vb. işlemleri kapsar. Bunlara ek olarak çalışan personelin eğitilmesi, yeterli bakım olanaklarının sağlanması ve ünitelerin periyodik olarak bakıma tabi tutulması, işletim parametrelerinin ve tesis emisyonlarını sürekli izlenerek kaydedilmesi gibi yönetim konuları da tesisin uygun ve modern bir şekilde yönetilmesinin gerekleri arasındadır.

Genel terimleriyle, bir tesisin PCDD/F emisyonlarının, çevrede riske yol açmaması bakımından kontrol edilmesinin üç ayrı yolu mevcuttur:

- Tesiste bazı ünitelerin arızalanması ya da by-pass işlemleri sonucu atmosfere kontrolsüz olarak bırakılan süreksiz baca emisyonları;
- Tesisin normal işleyişi sırasında atmosfere atılan kaçınılmaz sürekli emisyonlar;
- Atıklarla ilgili çeşitli işlemler sırasında meydana gelen kaza eseri emisyonlar.

Birinci ve üçüncü tür emisyonlar, yukarıda bahsedilen işletim ve yönetim tedbirleriyle engellenebilir ya da en aza indirilebilir. İkinci tür emisyonlar ise, bu çalışmada olduğu gibi, ayrıntılı risk değerlendirme çalışmalarının konusudurlar. Bu emisyonlarla ilgili olarak yapılacak ilk şey, ulusal ve uluslar arası emisyon sınır değerlerine uyulmasıdır.

10.8.2. PCDD/F emisyon sınır değerlerine uyulması

PCDD/F emisyonlarından kaynaklanan risk, büyük oranda bacadan çıkan emisyonların atmosferdeki dağılımından etkilenmektedir. Bu da, PCDD/F emisyonlarına, baca yüksekliğine, baca gazını fiziksel özelliklerine, iklim koşullarına vb. bağlıdır. İnsineratör işletiminin kontrolü bakımından risk yönetiminin en etkili olduğu yer, tesis emisyonları ve çevre arasındaki ara-yüzeydir. Bu bakımdan, tesis yönetimi, emisyonların, yasalarda verilen sınır değeri (0.1 ng I-TEQ.Nm⁻³) aşmamasını sağlamak zorundadır.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nde şimdiye kadar yapılan PCDD/F ölçümlerinde sınır değeri aşan bir emisyon değeri ölçülmemişse de, bundan sonraki süreçte de aynı eğilimin devam ettirilmesi için yapılması gereken işlemler risk yönetiminin kapsamı içindedir.

PCDD/F emisyonlarının kontrolü için genel olarak üç temel strateji tanımlanmıştır (Edujee and Cains, 1996):

- Yanma odasındaki organik maddelerin parçalanarak tamamen yanmasının sağlanması ve yanmamış organiklerin ya da tam yanmamış maddelerin yanma sonrası bölümlere taşınmasının engellenmesi.
- Yanma sonrası bölümlerde 250-400 °C arasındaki sıcaklık aralığında gaz ve partikül maddelerin harcadığı zamanın en aza indirilerek düşük sıcaklığın katalizlediği reaksiyonların olma olasılığını en aza indirmek.
- Uygun kontrol sistemleriyle PCDD/F emisyonlarını en aza indirmek.

a-Organiklerin Tamamen Yanmasının Sağlanması

İnsineratör fırınında organiklerin mümkün olan en çok oranda tamamen yakılması gerekliliğinin mantığı, atıkların tam yanmaması sonucu, yanmamış atık bileşenlerinin, yarım yanma ürünlerinin ve karbonun soğutucu, boiler ve sonunda kirlilik kontrol sistemlerinden çıkacak miktarının artmasına neden olmasıdır. Bu maddeler, insineratörün yanma sonrası bölümlerinde PCDD/F oluşumuna neden olabilmektedirler. Bu konuda, tasarım ve işletimle ilgili olarak yapılabilecek işlemler şunlardır:

- Atıkların yanmasından çıkan gazlar minimum 850 °C'de en az 2 saniye tutulmalıdırlar.
- En az %6'lık bir oksijen varlığı sağlanarak, yanma bölgesinde oksitlenme koşullarının varlığı korunmalıdır.
- Yanma gazının sıcaklığı 850 °C'nin altına düştüğünde (örneğin başlangıç ya da durma sürelerinde) bu sıcaklığı sağlamak için otomatik olarak yardımcı yakıt devreye sokulmalıdır.
- Yanma bölümünde atığın yanabilir tüm bileşenleri mümkün olduğunca tam bir şekilde yakılmalıdır. Bunun için de atığın iyi bir şekilde karıştırılması (homojenliğin sağlanması) ve uygun türbülans koşullarının (hava ile) sağlanması gerekir.

İZAYDAŞ İnsineratörü yukarıda sayılan bütün koşulları sağlamaktadır. Katı atıklar döner fırında 900 °C'de 2-2.5 saat kalma süresiyle yakıldıktan sonra, ikinci yanma odasında (dikey fırın) sıvı atıklarla birlikte 2-5 saniye 1100 °C'ye tabi tutulmaktadır. Homojenlik hem yakma mönüsü hazırlanırken, hem de döner fırında dönme etkisiyle sağlanmaktadır. Dikey fırında ise bu işlem yanma havası yardımıyla yapılmaktadır. Her iki fırındaki sıcaklık ve oksijen seviyesi de on-line olarak izlenmekte, oksijen seviyesi düştüğünde yanma havası, sıcaklık düştüğünde de yardımcı yakıt otomatik olarak devreye girmektedir. Tesis çalışmaya başlarken ya da devreden çıkarken yukarıda anılan sıcaklık düşüşüne dikkat edilmekte ve izin verilmemektedir. Bu önlemler, hem tesisin düzgün bir şekilde çalışabilmesi, hem de

sonraki ekipmanlarda PCDD/F oluşumuna neden olabilecek maddelerin miktarının en aza indirilmesi için alınması gereken temel önlemlerdir.

b-Düşük Sıcaklıklarda Meydana Gelen Reaksiyonların En Aza İndirilmesi

Hem pilot ölçekli çalışmaların, hem de çeşitli insineratörlerden elde edilen verilerin genel olarak doğruladıkları yargı, insineratör bacalarından çıkan PCDD/F emisyonlarının oluşumunun büyük ölçüde, insineratör sisteminin yanma sonrası bölümlerinde gerçekleştiğidir. PCDD/F'lerin oluştuğu reaksiyonların hızlarının en yüksek değere ulaştığı sıcaklık aralığı 250 – 400 °C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık aralığında, yanma sonrası ekipmanların üzerine biriken ya da gazla birlikte hareket etmekte olan uçucu küllerin yüzeylerinde gerçekleşen reaksiyonlar katalizlenmektedir. Yani, boiler ve diğer gaz temizleme üniteleri, düşük sıcaklıklarda PCDD/F'lerin oluşmalarına uygun koşullar sağlamaktadırlar.

Bu bakımdan boiler ve diğer yanma sonrası ekipmanlarda, PCDD/F'lerin oluşabilecekleri koşullardan mümkün olduğunca kaçınmak için belirli önlemler alınmalıdır. Bu önlemler, yanma gazlarının bu sıcaklık aralığında geçirdikleri sürenin en aza indirilmesi amacıyla hızlı soğutma uygulanması ve boilerin ve partikül tutma yüzeylerinin düzenli bir şekilde temizlenerek yanma sonrası bölümlerde uçucu kül birikiminin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Bu konuyla ilişkili olarak son yıllarda geliştirilen başka bir önlem de, amonyak enjeksiyonu yoluyla katalitik etkinliğin engellenmesidir. Amonyak, NOx indirgenmesi için de kullanılan bir madde olduğu için, bu işlem, NOx ve PCDD/F'lerin eşzamanlı olarak kontrol edildiği bir yöntem olarak da düşünülebilir. Yüzey aktifliğinin engellenmesi, belirli özel kimyasalların eklenmesiyle de mümkündür. Baca gazının re-sirkülasyonu da, NOx emisyonlarına ek olarak, klor gazı oluşumunu azaltması dolayısıyla PCDD/F emisyonlarını da azaltacağı kabul edilen bir tekniktir.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nde, bu konuda alınması önerilen ilk iki teknik de uygulanmaktadır. Gazlar söz konusu sıcaklıklarda şok soğutmaya tabi tutulmakta, boiler ve toz tutucu ESP üniteleri ise günlük olarak temizlenmektedir. Diğer

önlemlerle birlikte bu işlemler etkin bir PCDD/F kontrolü sağladığından, yukarıda anılan diğer önlemlere gerek duyulmamıştır.

c-Uygun Kontrol Sistemleri

Bu konuda, PCDD/F'lerin sıcaklığa bağlı olmakla birlikte yarısından daha fazlasının üzerine tutunmuş olduğu partikül maddelerin kontrolü sistemlerine ek olarak PCDD/F ve diğer küçük miktarlardaki organik maddelerin kontrolünde kullanılan en yaygın teknik aktif karbon kullanımudur. Buhar fazındaki PCDD/F'lerle birlikte civanın tutulması amacıyla da kullanılan aktif karbon, ya içinden baca gazının geçtiği kolonların içinde, ya da kuru veya kireç gibi bir nötrleştirici madde ile yarı yaş bir şekilde püskürtülerek kullanılır. PCDD/F'lerin adsorpsiyonunda aktif karbon kullanımı, Avrupa ve ABD'de, özellikle son 20 yılda yapılan bütün insineratörlerde kullanılan standart bir tekniktir. Öte yandan, Almanya'daki bir insineratörde, NOx emisyonları için kullanılan seçici katalitik indirgeyici maddelerin, PCDD/F emisyonlarının azaltılmasında da etkili oldukları rapor edilmiştir.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nde bulunan kirlilik kontrolü sistemlerinin (ESP ve çift ıslak yıkayıcı) PCDD/F gideriminde verimli bir şekilde çalıştıkları (Bakoğlu et al, 2002) rapor edilmiştir. ESP'de toz üzerindeki PCDD/F'ler tutulurken, ıslak yıkayıcılarda ise kireçle arıtım sonucu asidik gazlar, tozlar ve çeşitli metallerle birlikte buhar halindeki organik maddeler (PCDD/F'ler dahil) de giderilmektedir. Bunlara ek olarak, yine buhar fazındaki PCDD/F'ler ve diğer iz miktardaki organik maddelerin giderilmesi için mevcut ünitelere bir aktif karbon filtresi eklenmiştir. Bu filtre çalışmanın yapıldığı tarihlerde henüz devreye girmemiş olmasına rağmen, tesisin bundan sonraki işleyişinde devrede olacaktır. Pilot çalışmalarda PCDD/F'lerin giderimi bakımında % 50-75 arasında bir verimlilik gösteren bu filtrenin devreye girmesiyle, zaten sınır değerlerin altında olan PCDD/F emisyonlarının daha da azalacağı beklenmektedir.

10.8.3. Tesis performansının optimizasyonu.

Yukarıda anlatılanlardan da anlaşılacağı gibi, insineratörlerde PCDD/F oluşumu, oldukça karmaşık bir süreç olup bu emisyonların en aza indirilmesi, hem yanma ünitelerinin uygun ve verimli bir şekilde işletilmesine, hem de yanma sonrası bölümlerde, bu kimyasalların oluşumuna neden olacak koşullardan kaçınılmasına bağlıdır. Dolayısıyla, iyi bir tesis işletiminde bu iki konu da aynı derecede önem verilerek ele alınmalıdır. Sadece birinin, örneğin işletme parametrelerinin dikkatle düzenlenmesi, diğer önlemler alınmadığında, tek başına PCDD/F oluşumunu engellemeyecektir.

Dolayısıyla PCDD/F emisyonlarının engellenmesi, US EPA terimleriyle “iyi bir yakma pratiğinin” ve yanma sonrası ekipman ve koşullarının uygun şekilde seçilmesi ve kontrolünün bir bileşimiyle mümkündür. İyi bir yanmanın sağlanmasının (CO değerinin 50 ppm'den az olması) ve ESP'nin 200 °C'de çalıştırılmasının PCDD/F emisyonlarını 0.5-10 ng I-TEQ.Nm⁻³ arasında tutacağı belirtilmiştir (HMIP 1996). ESP sıcaklığının 150 °C'ye düşürülmesinin PCDD/F emisyonlarını 0.1 ng I-TEQ.Nm⁻³ ve daha aşağısına düşüreceği, karbon adsorpsiyonu ya da katalitik oksitleyiciler yardımıyla bu değerin daha da azaltılabileceği belirtilmektedir.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nde bugüne kadar yapılan on-line CO ölçümlerinde ortalama CO emisyonunun yaklaşık olarak 15-20 ppm (10 mg.Nm⁻³ civarında) arasında olması iyi bir yanmanın sağlandığını göstermektedir. Buna ek olarak ESP'de gaz sıcaklıkları 150 °C; ıslak yıkayıcılarda (girişte) 100 °C olması nedeniyle yapılan ölçümlerde PCDD/F emisyon miktarları 0.009 ile 0.080 ng I-TEQ.Nm⁻³ arasında olmuştur. Bu durum, tesisin gerek teknolojik, gerekse işletim ve yönetim bakımından istenen özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Bu koşulların, tesisin bundan sonraki işleyişinde de aynı dikkat ve sorumluluk anlayışıyla ele alınması gereklidir.

10.8.4. Yönetim sistemleri

Bir insineratörde bacadan atmosfere atılan PCDD/F emisyonları sürekli olduğu ve yukarıda sayılan tekniklerle kontrol edilebildiği halde kontrol edilemeyen emisyonlar da olabilir. Bunlar genelde atıklarla ilgili işlemlerde ortama yayılan PCDD/F'lerle kirlenmiş partikül emisyonlarıdır. Bunların en önemlisi kirlilik kontrol sistemlerindeki uçucu küllerin boşaltılması, taşınması vb. işlemlerdir.

Bu tür potansiyel kaynakları özetlersek:

- Boiler ve partikül tutma sistemlerindeki uçucu küllerin alınması ve bu ekipmanların temizlenmesi işlemleri,
- Bu uçucu küllerin taşınması sırasında meydana gelen dökülmeler,
- Küllerin rüzgar yardımıyla tesis dışındaki topraklara taşınmaları.

Bütün durumlar için yayılma, daha çok rüzgar nedeniyle olur. Bu tür kirlilikler büyük oranda rüzgar yönüne bağlı olup uzaklık arttıkça hızla düşme eğilimindedirler. Genel olarak bu tür kirliliklerin en fazla tesisin 250 m yakınına etkileyebileceği düşünülür.

Bu tür emisyonların belirli bir dereceye ulaşmaları ve insanların bunlardan etkilenmeleri, bu işlemlerde kullanılan tekniklere ve tesis çalışanlarının bu tür emisyonları engelleme yönündeki dikkatine, eğer oluyorsa emisyonların sıklığına ve tesisse çok yakın oturan insanların dağılımına ve etkinlik biçimlerine bağlıdır. Özellikle insineratöre yakın kısımlarda tavukçuluk faaliyetleri varsa, bu tür emisyonlar yumurtalarda normalden daha yüksek PCDD/F konsantrasyonlarına neden olmaktadır. Daha izole edilmiş, insan faaliyetlerinin tesisin bu derce yakınında olmadığı durumlarda, insineratörün yakın çevresindeki topraklar ve varsa otlar bu emisyonlardan etkilense de bunların insanlara ulaşması sınırlanmış olacaktır.

Bu tür emisyonların etkisini en aza indirmenin en iyi yöntemleri, uygun işletme ve toz kontrol tekniklerini kullanarak emisyonların meydana gelmesini engellemektir. Bu önlemlerden bazıları aşağıda verilmektedir (HMIP 1996)

- Tozların temizlenmesi ve taşınması işlemleri sırasında, tozların kaçmaması için tüm önlemler alınmalıdır.
- Tozların dökülmelerini önlemek için uygun temizleme sistemleri kullanılmalıdır.
- Toz ve diğer kuru artıkların taşınmaları ve depolanma işlemleri kapalı konveyörlerle yapılmalıdır.
- Tesiste, proses ve atık malzemelerinin depolandığı veya yüklendiği yerler başta olmak üzere, bütün bölgeler mümkün olduğunca kapalı olmalıdır.
- Özellikle kuru atıklar için su spreleriyle ıslatmak gibi tozmayı önleyici önlemler alınabilir.

İZAYDAŞ İnsineratörü evsel atık düzenli depolama alanına birleşik olduğu ve en yakın yerleşme bölgesine 1 km uzaklıkta bulunduğu için bu tür emisyonlar olsa dahi, etrafta yaşayan insanlara ulaşma olasılığı çok zayıftır. Tesiste cüruf ve küllerin temizlenerek alındığı ve transfer araçlarına yüklendiği kısımlar atmosfere açık olsa da, etrafında tesis binaları ve coğrafi yükseklikler bulunduğu için rüzgardan etkilenmesi mümkün değildir. Bu emisyonlar, çevrede yaşayan insanlar için herhangi bir teşkil etmeseler de, bu işlemlerde görev alan tesis personeli, oluşacak tozlarla doğrudan temas edeceği için, onlar açısından risk yaratabileceklerdir. Tesiste cüruf ve küller (boiler ve ESP'de biriken) boşaltılıp transfer araçlarına yüklenirken ve depolama alanında depolanırken bu tür emisyonlar söz konusu olabileceğinden, bu maddelerin transferden önce ıslatılmaları, ya da transfer hattının tamamen kapalı bir sistemde yapılması gibi önlemler alınabilir. Bu emisyonlar, özellikle uzun vadede, bu işlerde çalışan işçilerde bir sağlık tehlikesi yaratabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu risk değerlendirme çalışmasında, insanların birçok yoldan maruz kaldıkları PCDD/F miktarlarını modellenmiştir. Yapılan çalışma kapsamında, İzmit Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi İZAYDAŞ İnsineratörü'nden kaynaklanan PCDD/F emisyonlarından kaynaklanan dozlar modellenerek tahmin edilmiş ve bu dozların insineratör yakınında yaşayan insanlar için oluşturdukları sağlık riskleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, risk altında bulunan alıcıların belirlenmesi ve maruz kalacakları dozun hesaplanmasında iki ayrı yaklaşım benimsenmiştir: Hipotetik Olarak En Çok Etkilenen Birey (HMEI); ve tipik maruz kalma ve etkinlikte bulunma örneklerine göre sınıflandırılan, yerel alıcı grupları. İlk alıcı türü (HMEI), insineratörlere ilişkin risk değerlendirmelerinde genellikle bir uç etkiyi temsil etmekte olup, buna ilişkin kabuller, gerçeklikten bağımsız olarak, olabilecek en olumsuz koşullara göre yapılmakta ve sonuçta, aşırı derecede tutucu bir risk tahminini göstermektedir. Bu bakımdan HMEI için yapılan risk tahminlerinin yöreye özgü, daha gerçekçi kabul ve maruz kalma yolları ile dengelenmesi son derece önemlidir. Bunun için de, yörede yaşayan ve PCDD/F emisyonlarından etkilenmesi beklenen alıcılar belirlenmiş ve konum, yaş ve davranış özellikleri bakımından alt-gruplara ayrılarak (kentli, yarı-kentli, köylü; yetişkin, çocuk ve bebekler olarak) ve her bir alt-grup için maruz kalma yolları tanımlanarak daha gerçekçi bir risk değerlendirme çalışması yapılmıştır.

Çalışmada önce İZAYDAŞ İnsineratörü'nün emisyon karakteristikleri incelenerek, modelleme işleminde kullanılacak maksimum, ortalama ve minimum emisyon konsantrasyonları belirlenmiştir. Bunlara ek olarak Türkiye ve Avrupa yasalarında PCDD/F emisyonları için sınır değer olarak verilen 0.1 ng I-TEQ.Nm⁻³'lük konsantrasyon değeri de olabilecek en üst sınır kabul edilerek modellemesi yapılmıştır. Daha sonra insineratörün 3 km'lik alanını çevreleyen ayrıntılı bir harita ve yerel nüfus bilgileri kullanılarak alıcıların sayısı ve konumları belirlenmiş ve modele yerleştirilmiştir. Bu alıcılar, oturdukları yer, yaş ve tipik davranış biçimlerine

göre gruplandırılmış ve her bir grup için PCDD/F'lere maruz kalma rotaları tanımlanmıştır.

İnsineratör emisyonlarının katkısının tahmini için de öncelikle, Gauss yaklaşımına dayalı bir EPA hava dağılım modeli (ISCST3) yardımıyla emisyonların ortam havasında neden olacakları PCDD/F konsantrasyonları modellenmiştir. Konsantrasyonların dağılımı, Kocaeli Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan 2000 yılına ilişkin saatlik meteoroloji verileri temelinde belirlenmiştir. Bu değerler daha sonra model denklemleri yardımıyla sırasıyla toprakta, bitkilerde, hayvanlarda ve sonuçta insanların tükettiği gıda maddelerinde beklenen PCDD/F konsantrasyonlarının modellenmesinde kullanılmışlardır. Daha sonra her bir alıcı grubu için tanımlanan maruz kalma yolları üzerinden, alıcı gruplarının ve HMEI'nin maruz kalacağı toplam PCDD/F dozu tahmin edilmiştir.

Maksimum, ortalama, minimum ve limit emisyon değerleri için ayrı ayrı tahmin edilen doz miktarları, günlük olarak ifade edilerek, WHO tarafından Tolere Edilebilir Günlük Doz (TDI) olarak belirlenen $1 \text{ pg I-TEQ.kg}^{-1} \text{ vücut ağırlığı.gün}^{-1}$ değeri ile karşılaştırılarak sağlık riski değerlendirilmiştir.

Tüm alıcı grupları için maruz kalınan PCDD/F dozları limit emisyonda ve en hassas alıcı grubu olan bebeklerde bile gerçekçi yaklaşımla oluşturulan alıcılarda 0.03, HMEI'da ise $0.065 \text{ pg I-TEQ. kg}^{-1} \text{ vücut ağırlığı. gün}^{-1}$ değerinin aşmamış olup $1 \text{ pg I-TEQ. kg}^{-1} \text{ vücut ağırlığı. gün}^{-1}$ 'lük TDI değerinin oldukça altındadır. HMEI yaklaşımının, risk değerlendirmelerinde en uç noktanın belirlenmesine yönelik bir yaklaşım olduğu düşünülürse PCDD/F dozlarının çalışma alanındaki insanlar için herhangi bir tehlike oluşturmadığı görülebilir. İZAYDAŞ kaynaklı dozların oluşturduğu kanser riski, bu kimyasallara en çok maruz kalacakları öngörülen köylülerde $3 / 10.000.000$ civarında bulunmuştur.

Bunlara ek olarak insineratörün PCDD/F emisyonlarına ilişkin olarak şu sonuçlara varılmıştır:

- İnsineratör emisyonlarının, tesis normal işleyişini devam ettirdiği ve herhangi bir büyük arıza nedeniyle çok uzun süre, normal konsantrasyonların yaklaşık 2470 katı PCDD/F emisyonları atılmadığı müddetçe, bugünkü şartlarda herhangi bir

sağlık riski oluşturması söz konusu değildir. Bu durum, yakılan atık miktarından bağımsız olmakla birlikte, yakılan atığın olması gerekenden çok daha fazla klor içermesi de yüksek PCDD/F emisyonlarına neden olabilir. Bu bakımdan yapımcı firma tarafından yakılan atıkların klor içeriğine ilişkin olarak önerilen % 4'lük üst sınıra uyulması büyük bir önem taşımaktadır.

- İnsineratördeki yanma koşullarının ve kirlilik kontrol sistemlerinin atıkların tamamen yanması ve PCDD/F oluşumunun hem yanma odasında, hem de yanma sonrası ekipmanlarda mümkün olduğunca engellenmesi yönünden son derece etkili olduğu görülmektedir. İnsineratörün kirlilik kontrol sistemleri ESP, çift ıslak yıkayıcı ve aktif karbon filtresinden oluşmakta olup bu üçlü sistem PCDD/F'lerin artırımında iyi bir verim sağlamaktadır.
- Bacadan çıkan emisyonlar, daha çok tesisin güneyinde Alikahya yönünde ve tesisin kuzeybatı yönünde hareket etmektedirler. Bu yönler, ortam havasında oluşacak en yüksek PCDD/F konsantrasyonlarının yanı sıra toprağa en yüksek birikimin de gözleneceği yönleri ifade etmektedir.
- Yapılan çalışmada, belirlenen alıcı gruplarının insineratörün PCDD/F emisyonlarına maruz kalmasında en baskın maruz kalma yolunun kırsal nüfus için bitkisel gıdaların tüketimi, diğer alıcı gruplar için de yerel olarak elde edilen süt ve süt ürünleri tüketimi olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç, PCDD/F'ler için besin zincirinin en baskın maruz kalma yolu olduğunu ifade eden başka çalışmalarla uyum içindedir. Solunum kaynaklı dozlar genel olarak toplam dozun % 1-2'si arasında iken, toprak yutma kaynaklı dozlar ihmal edilebilir düzeyde bulunmuştur.
- Alıcı grupları arasında maruz kalma açısından azdan çoğa doğru yarı-kentli, kentli, köylü ve HMEI sıralaması söz konusudur. Bu sıralama alıcıların yerel olarak tükettikleri gıdaları yansıtmaktadır.
- Günlük maruz kalınan dozlar alıcıların yaşları azaldıkça, vücut ağırlıklarının azalmasıyla artmaktadır. Yaşa göre dozlara en çok maruz kalan, dolayısıyla en hassas alıcı grubunu bebekler oluşturmaktadır, ancak dozlar ilerleyen yaşlarda hızla düşmektedir.
- Süt ve yumurta gibi küçük yaşlarda daha fazla tüketilen besinlerin maruz kalma yolları içindeki payı, doğal olarak yaş küçüldükçe artmaktadır. Buna karşılık bitkisel gıdaların ve et ürünlerinin payı giderek azalmaktadır.

- Bitkisel ürünler açısından tahıllar, meyveler ve yer üstü sebzeler en önemli besin gruplarını oluşturmaktadır. Hayvansal ürünlerden ise süt ürünleri, yumurta ve hayvansal yağlar diğerlerine göre daha etkilidirler.
- Çeşitli toprak örneklerinde yapılan dioksin analizleri temelinde hesaplanan geçmiş kaynaklı referans dozlar, 4-12 pg.kg⁻¹.d⁻¹ arasında bulunmuştur. Bu dozlar WHO ve EPA yaklaşımları temelinde değerlendirilmiş ve oldukça yüksek olarak değerlendirilmişlerdir.
- İZAYDAŞ kaynaklı katkı dozları, en kötü senaryolarda bile referans dozun yaklaşık olarak 1/5000'i civarında bulunmuştur. Buradan hareketle referans dozlardan kaynaklanan risklerin daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu sonuçlardan hareketle ilerideki çalışmalar açısından şu öneriler sıralanmıştır:

- Dioksinler ve zararlı etkileri ülkemiz için henüz yeni konular oldukları için çevresel ortamlardaki seviyeleri henüz bilinmemektedir. Bu seviyelerin bilinmesi, insanların bu kimyasallardan etkilenme derecelerini de ortaya koyacaktır. Bu bakımdan başta ortam havası olmak üzere toprak ve su gibi çevresel ortamlar ile süt, et, yumurta ve anne sütü gibi temel besin maddelerinde mevcut olan PCDD/F düzeylerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan toprak analizleri, buna yönelik bir ilk çalışma olmaları itibarıyla yetersizdirler ve bu bakımdan daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir.
- Toprak analizleri, yöredeki dioksin kirliliğinin oldukça yüksek olduğu şüphesi uyandırmaktadır. Bu da, çevresel ortamlardaki çalışmaların önemini göstermekte ve halk sağlığı açısından sadece dioksinler değil, başka kirleticilere ilişkin risk çalışmalarının da gerekliliğini ortaya koymaktadır.
- HMEI ile en hassas alıcı grubu olan köylülerin maruz kaldığı dozlar arasında birkaç kat fark olması, bu alıcı grubunun tüm maruz kalma yollarına açık olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bu da, İzmit gibi sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu bir bölgede her türden kirleticilere ilişkin risk değerlendirme çalışmalarının gerekliliğini göstermektedir.
- Yapılan duyarlılık analizlerinde havadaki PCDD/F konjenerlerinin partikül/gaz halinde ayrışmasının model için kilit bir önemde olduğu görülmektedir. Bu bakımdan ortam havasındaki konsantrasyonların kapsamlı bir çalışma ile

araştırılması, modelin geçerliliği için uygun bölümlenme katsayılarının ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

- Oldukça yağışlı bir iklime sahip olan yörede havadaki kirleticilerin toprağa ulaşmasında ıslak birikimin rolü çok önemlidir. Dolayısıyla bölgede, hem bu rolü tanımlayacak, hem de daha sonraki modelleme çalışmalarına temel oluşturacak çalışmaların yapılması gerekir.
- PCDD/F'lerin besin zincirindeki hareketi tam olarak tanımlanabilmiş değildir. Oysa bu, insanların PCDD/F'lere maruz kalmasındaki en baskın rota olarak çok büyük önem taşımaktadır. Besin zincirinde bu tür çalışmaların yapılması ve yeni modelleme yaklaşımlarının ortaya konması son derece yararlı olacaktır.
- Kimyasalların hava ve sudaki hareketleri iyi bilinse de, topraktaki hareketleri hakkında yeterli bilgi birikimi bulunmamaktadır. Diğer ortamlara göre daha karmaşık bir yapıya sahip olan topraktaki taşınım, transfer ve giderim mekanizmalarının daha ayrıntılı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.
- PCDD/F'lerin toksik etkileri konusunda da farklı yaklaşımlar mevcuttur. Bu konuda deneysel çalışmaların artırılması yararlı olacaktır.
- Ülkemizde yaşayan insanların davranışları ve tüketim alışkanlıkları hakkında sağlıklı veriler mevcut değildir. İnsanların yaşama, etkinlikte bulunma ve gıda tüketim şekilleri, maruz kalma senaryoları açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle yaşlara göre tüketilen besin miktarları ve türlerinin risk çalışmalarında önemi büyüktür. Dolayısıyla bu konuda kapsamlı istatistiksel çalışmalara ihtiyaç vardır.
- İnsanların tüketim ve davranış biçimlerinin iyi bilinmemesi, son derece tutucu kabullere yol açabildiği gibi, genelde ihmal edilebilir olarak ele alınan belirli maruz kalma yollarının, yöreye özgü olan önemli etkisinin yok sayılmasına da neden olabilir.
- Modeldeki parametrelerin her biri için daha çok verinin ortaya konması, risk değerlendirme çalışmalarında determinist yaklaşımların yerine daha gerçekçi olduğu düşünülen olasılık yaklaşımlarının benimsenmesinde etkili olacaktır.
- Diğer bir konu da tesis çalışanları ile ilgilidir. Tesis çalışanları, her ne kadar günlerinin 1/3'ünü tesiste geçiriyorlarsa da, baca dışında, ESP ve boiler gibi yanma sonrası bölümlerde biriken tozların temizlenmesi, depolama alanına transfer edilmesi sırasında bu tozların ortama yayılması sonucu, bu tozlara

adsorplanmış PCDD/F'lere maruz kalabilmektedirler. Bu bakımdan tesis personelinin de risk altındaki alıcı grupları içine dahil edilip, maruz kaldıkları günlük dozun belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar, tesis personelinin PCDD/F'lere maruz kalmasının son derece önemli sağlık risklerine yol açtığını ortaya koymaktadır. Böylesi bir çalışma için öncelikle personelin maruz kalmış olduğu geçmiş dozları belirlenmek ve insineratör etkisini ortaya çıkarmak üzere ayrı bir risk değerlendirmesi çalışmasının yapılması gerekmektedir. Bu tür kuru kalıntılarla ilgili işlemlerin insanlarla teması en aza indirecek bir şekilde tasarlanması (kapalı transfer hatları ya da ıslatma gibi yöntemlerle) ya da modifiye edilmesi, tesis çalışanlarının PCDD/F'lere maruz kalma olasılıklarını büyük oranda azaltacaktır.

Sonuç olarak, insineratör çevresinde yaşayan insanların, insineratör kaynaklı PCDD/F'ler bakımından maruz kalacakları sağlık riskinin son derece küçük olduğu ortaya çıkmıştır. Buna ilaveten besin zincirinin en önemli maruz kalma yolu olduğu ve burada da yerel olarak üretilen gıdaların etkinliği gösterilmiştir. Ve nihayet ülkemizde PCDD/F'lerle ilgili çalışmaların daha da artmasının ve geniş bir veri tabanının oluşturulmasının, hem maruz kalınan dozların belirlenmesi ve toksikolojik bazda değerlendirilmesi, hem de maruz kalınan dozların tahmin edilmesi için uygun model ve metodolojilerin oluşturulabilmesi için gerekli olduğu vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

1. ALAWI, M. A.; WICHMANN, H.; LORENZ, W. and BAHADIR, M., 1996. Dioxins and Furans in the Jordanian Environment Part 2: Levels and PCDD and PCDF in Human Milk Samples from Jordan. *Chemosphere*, Vol. 33, No. 12, 2469-2474.
2. ANONİM, 2000. Kocaeli İli Çevre Durum Raporu. Kocaeli Valiliği, İl Çevre Müdürlüğü. Kocaeli.
3. BACCI, E., CEREJEIRA, C., GAFFI, G., CHEMELLO, D., CALAMARI, D. and VIGHI, M., 1992. Chlorinated Dioxins: Volatilisation from Soils and Bioconcentration in Plant Leaves. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*, 48, 401-408.
4. BAES, C. F. III, SHARP, R. D., SJOREEN, A. L. and SHOR, R. W., 1984. A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture. ORNL-5786, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
5. BAKER, J. I. and HITES, R. A., 2000. Is Combustion the Major Source of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans to the Environment? A Mass Balance Investigation. *Environmental Science and Technology*, 34, 2879-2886.
6. BAKOĞLU, M., KAADEMİR, A. and AYBERK, S., 2002, The Evaluation of PCDD/F Emissions of IZAYDAS Incinerator. *Proceedings of International Solid Waste Association 2002 Congress*, in press.
7. BASHAM, J. P. and WHITWELL, I., 1999. Dispersion Modelling of Dioxin Releases from the Waste Incinerator at Avenmouth, Bristol, UK. *Atmospheric Environment*, 33, 3405-3416.
8. BERGVALL, G., 1987. Report: New Emission Limits for Waste to Energy Plants in Sweden. *Waste Management & Research*, 5, 403-406.
9. BIDLEMAN, T. F., 1988. Atmospheric Processes: Wet and Dry Deposition of Organic Compounds are Controlled by Their Vapour / Particle Partitioning. *Environmental Science and Technology*, 22, 361-367 and 726-727.

10. CHROSTOWSKI, Paul C., 1996. A Methodology for Assessing Congener-Specific Partitioning and Plant Uptake of Dioxins and Dioxin-Like Compounds. *Chemosphere*, Vol. 32, No. 11, 2285-2304.
11. CLEVERLY, D. H., 1984. Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Furans in Incineration of Municipal Solid Waste. *Proceedings of Conference on Energy from Municipal Waste*, US Department of Energy.
12. ÇETİN, Ş., 2001. İzmit Klinik Ve Tehlikeli Atıklar Yakma ve Enerji Üretim Tesisinde Proses Tanıtımı Ve Halojenlerin Prosesteki Yeri. *Yük. Lis. Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
13. DoE, 1995a. A Guide to Risk Assessment and Risk Management for Environmental Protection. Department of The Environment, HMSO, ISBN: 0-11-753091-3.
14. DoE, 1995b. United Kingdom Comments on the United States Environmental Protection Agency's External Review Draft Reassessment of Dioxins. Department of The Environment, Toxic Substances Division. CDEP/2/37/34. London.
15. DOUBEN, P. E. T., ALCOCK, R. E. and JONES, K. C., 1997. Congener Specific Transfer of PCDD/Fs from Air to Cow's Milk: An Evaluation of Current Modelling Approaches. *Environmental Pollution*, Vol. 95, No. 3, 333-344.
16. EC, 1999. Compilation of EU Dioxin Exposure and Health Data, Task-3: Environmental Transport and Fate of Dioxins and the Modelling of these Processes. European Commission DG Environment, AEAT/EEQC/0016.3a, AEA Technology National Environmental Technology Centre, Oxfordshire, UK.
17. EDULJEE, G. H. and GAIR, A. J., 1996. Validation of a Methodology for Modelling PCDD and PCDF Intake via the Foodchain. *The Science of the Total Environment*, 187, 211-229.
18. EICEMAN G.A., CLEMENT, R. E. and KARASEK, F.W., 1979. Analysis of Fly Ash from Municipal Incinerators for Trace Organic Compounds. *Analytical Chemistry*, 51, 2342-2350.
19. EITZER, B. D. and HITES, R. A., 1988. Vapor Pressures of Chlorinated Dioxins and Dibenzofurans. *Environmental Science and Technology*, 22, 1362-1364. Addition/Correction; 1998, *Environmental Science and Technology*, 32, 2804.

20. EITZER, B. D. and HITES, R. A., 1989. Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in the Ambient Air of Bloomington Indiana. *Environmental Science and Technology*, 23, 1389-1395.
21. ENVIRONMENT CANADA, 1983. Dioxins in Canada: The Federal Approach. Interdepartmental Committee on Toxic Chemicals, Environment Canada, Quebec.
22. FIEDLER, H., COOPER, K. R., BERGEK, S., HJELT, M. and RAPPE, C., 1997. Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans (PCDD/PCDF) in Food Samples Collected in Southern Missisipi, USA. *Chemosphere*, Vol. 34, No.5-7, 1411-1419.
23. FINIZIO, A., MACKAY, D., BIDLAMAN, T. and HARNER, T., 1997. Octanol-Air Partitioning Coefficients as a Predictor of Partitioning of Semi-Volatile Organic Chemicals to Aerosols. *Atmospheric Environment*, 31, 2289-2296.
24. FINLEY, B., PROCTOR, D., SCOTT, P., HARRINGTON, R., PAUSTENBACH, D. and PRICE, P., 1994. Recommended Distributions for Exposure Factors Frequently Used in Health Risk Assessment, *Risk Analysis*, 14, 533-553.
25. FRED C. Hart Associates, 1984. Assessment of Potential Public Health Impacts Associated with Predicted Emissions of PCDDs and PCDFs from the Brooklyn Navy Yard Resource Recovery Facility. Department of Sanitation, New York.
26. FRIES, G. F. and PAUSTENBACH, D.J., 1990. Evaluation of Potential Transmission of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin Contaminated Incinerator Emissions to Humans via Foods. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 29,1-43.
27. FRIES, G. F., 1991. Organic Contaminants in Terrestrial Food Chains. *Organic Contaminants in the Environment*, Elsevier Applied Science, London.
28. GARTEN, C. T. and TRABALKA, J. R., 1983. Evaluation of Models for Predicting Terrestrial Food Chain Behaviour of Xenobiotics. *Environmental Science and Technology*, 17, 590-595.
29. GOVERS, H. A. J. and KROP, H. B., 1998. Partition Constants of Chlorinated Dibenzofurans and Dibenzo-p-Dioxins. *Chemosphere*, 37, 2139-2152.

30. HARNER, T. and BIDLAMAN, T. F., 1998. Octanol-Air Partitioning Coefficient for Describing Particle/Gas Partitioning of Aromatic Compounds in Urban Air. *Environmental Science and Technology*, 32, 1494-1502.
31. HARNER, T., GREEN, Nicholas J. R. and JONES, Kevin C., 2000. Measurements of Octanol-Air Partition Coefficients for PCDD/Fs: A Tool in Assessing Air-Soil Equilibrium Status. *Environmental Science and Technology*, 34, 3109-3114.
32. HARRAD, S. and SMITH, D. J. T., 1997. Evaluation of a Terrestrial Food Chain Model for Estimating Foodstuff Concentrations of PCDD/Fs. *Chemosphere*, 34, 1723-1737.
33. HATTEMER-FREY, H. and TRAVIS, C. C., 1991. An Overview of Food Chain Impacts from Municipal Waste Combustion. In "Municipal Waste Incineration Risk Assessment", Plenum Press, New York.
34. FIRAT, Dinçer and HAYRAN, Mutlu, 1995. cancer Statistics in Turkey and in the World (1990-1992). *Türk Kanser Araştırma ve Savaş Kurumu*, Ankara.
35. HMIP, 1996. Risk Assessment of Dioxin Releases from Municipal Waste Incineration Processes. Her Majesty's Inspectorate of Pollution, Environmental Resources Management, HMIP/CPR2/41/1/81, London.
36. HOLTON, G. A., TRAVIS, C. C., ETNIER, E. L., O'DONELL, F. R., HETRICK, D. M. and DIXON, E., 1984. Multiple-Pathways Screening-Level Assessment of A Hazardous Waste Incineration Facility. ORNL/TM-8652, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
37. HOWARD, Philip and BOETHLING, Robert S., 1991. *Handbook of Environmental Degradation Rates*. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan. ISBN: 0-87371-358-3.
38. Van JAARSVELD, J., A.; Van PUL, W. A. J. and De LEEUW, F. A. A. M., 1997. Modelling Transport and Deposition of Persistent Organic Pollutants in the European Region. *Atmospheric Environment*, Vol. 31, No. 7, 1011-1024.
39. JUNGE, C. E., 1977. *Fate of Pollutants in the Air and Water Environment*, Part I, Vol. 8. Wiley Interscience, New York, 7-25.
40. KAO, Alan S. and VENKATARAMAN, Chandra, 1995. Estimating the Contribution of Reentrainment to the Atmospheric Deposition of Dioxin. *Chemosphere*, Vol. 31, No. 10, 4317-4331.

41. KARADEMIR, Aykan; BAKOĞLU, Mithat and AYBERK, Savaş. The Evaluation of PCDD/F Removal Efficiencies of Electrostatic Precipitator and Wet Scrubbers in IZAYDAS Hazardous waste Incinerator. (unblished)
42. KAUPP, H.; TOWARA, J. and McLACHLAN, M. S., 1994. Distribution of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in Atmospheric Particulate Matter with respect to Particle Size. *Atmospheric Environment*, 28, 585-593.
43. KAUPP, Heike and McLACHLAN Michael S., 2000. Distribution of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans (PCDD/Fs) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) within the Full Size Range of Atmospheric Particles. *Atmospheric Environment*, 34, 73-83.
44. KOESTER, C. J. and HITES, R. A., 1992. Wet and Dry Deposition of Chlorinated Dioxins and Furans. *Environmental Science and Technology*, 26, 1375-1382.
45. LaGREGA, Michael D., BUCKINGHAM, Phillip L., EVANS, Jeffrey C. and The Environmental Resources Group, 1994. *Hazardous Waste Management*. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series. ISBN: 0-07-113454-9.
46. LEE, R. G. M. and JONES, K. C., 1999. Gas-Particle Partitioning of Atmospheric PCDD/Fs: Measurements and Observations on Modelling. *Environmental Science and Technology*, 33, 3596-3604.
47. Van LEEUWEN, F. X. Rolaf; FEELEY, Mark; SCHRENK, Dieter; LARSEN, J. C.; FARLAND, W. and YOUNES, Maged, 2000. Dioxins: WHO's Tolerable Daily Intake: Revisited. *Chemosphere*, 40, 1095-1101.
48. LEVIN, A., BROCCO, D., Di PALO, V and POSSANZINI, M., 1991. Comparative Analysis of Health Risk Assessments for Municipal Waste Combustors. *Journal of Air Waste Management Association*, 41, 20-31.
49. LEXEN, K.; De WIT, C.; JANSONN, B.; KJELLER, J. O.; KULP, S. E.; LJUNG, K.; SODERSTORM, G. and RAPPE, C., 1992. Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxin and Dibenzofuran Levels and Patterns in Samples from Different Swedish Industries Analyzed within the Swedish Dioxin Survey. *Dioxin'92*, 12th International Symposium on Dioxins and Related Compounds. Tampere, Finland.
50. LIPSKIY, D., 1989. Assessment of Potential Health Hazards Associated with PCDD and PCDF Emissions from A Municipal Waste Combustor. In "The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards: A Textbook of Case Studies". John Wiley & Sons, New York.

51. LOHMANN, Rainer, LEE, Robert G. M., GREEN, Nicholas J. L. and JONES, Kevin C., 2000. Gas-Particle Partitioning of PCDD/Fs in Daily Air Samples. *Atmospheric Environment*, 34, 2529-2537.
52. LORBER, M., CLEVERLY, D., SCHAUM, J., PHILLIPS, L., SCHWEER, G. and LEIGHTON, T., 1994. Development and Validation of an Air-to-Beef Food Chain Model for Dioxin-Like Compounds. *The Science of the Total Environment*, 156, 39-65.
53. LORBER, M., 1995. Development of an Air to Leaf Vapour Phase Transfer Factor for Dioxin and Furans. *Organohalogen Compounds*, 24, 179-186.
54. LORBER, Matthew and PINSKY, Paul, 2000. An Evaluation of Three Empirical Air-to-Leaf Models for Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans. *Chemosphere*, 41, 931-941.
55. LORBER, Matthew; ESCHENROEDER, Alan and ROBINSON Randall, 2000. Testing the US EPA's ISCST-Version 3 Model on Dioxins: A Comparison of Predicted and Observed Air and Soil Concentrations. *Atmospheric Environment*, 34, 3995-4010.
56. LUSTENHOUWER, J. W. A., OLIE, K. and HUTZINGER, O., 1980. Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Related Compounds in Incinerator Effluents: A Review of Measurements and Mechanisms of Formation. *Chemosphere*, 9, 501-522.
57. MACKAY, D., BOBRA, A., CHAN, D. W. and SHIU, W. Y., 1982. Vapor Pressure Correlations for Low-Volatility Environmental Chemicals. *Environmental Science and Technology*, 16, 645-649.
58. MAFF, 1995. Dioxins in Food-Uk Dietary Intake. *Food Surveillance Information Sheet*, No 71.
59. MAXIM, L. D., 1989. Problems Associated with the Use of Conservative Assumptions in Exposure and Risk Analysis. In "The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards: A Textbook of case Studies", John Wiley & Sons, New York.
60. McLACHLAN M., THOMA, H., REISSINGER, M. and HUTZINGER, O., 1990. PCDD/F in an Agricultural Food Chain, Part I: PCDD/F Mass Balance of a Lactating Cow. *Chemosphere*, 20, 1013-1020.
61. McCRADY, J. K. and MAGGARD, S. P., 1993. Uptake and Photodegradation of 2,3,7,8-TCDD Sorbed to Grass Foliage. *Environmental Science and Technology*, 27,343-350.

62. MENESES, Montserrat; SCHUHMACHER, Marta and DOMINGO, Jose L., 2000. A Design of Two Simple Models to Predict PCDD/F Concentrations in Vegetation and Soils. *Chemosphere*, in press.
63. MORGENSTERN, Richard D., SHIH, Jih-Shyang and SESSIONS, Stuart L., 2000. Comparative Risk Assessment: An International Comparison of Methodologies and Results. *Journal of Hazardous Materials*, 78, 19-39.
64. NATO/CCMS, 1988. Scientific Basis for the Development of International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) Method of Risk Assessment for Complex Mixtures of Dioxins and Related Compounds. North Atlantic Treaty Organization / Committee on Challenges of Modern Society, Report No. 187.
65. NOUWEN, J., Cornelis, C., De FRE, R., MEWERS, M., VIAENE, P., MENSINK, C., PATYN, J., VERSCHAEVE, L., HOOGHE, R., MAES, A., COLLIER, M., SCHOETERS, G., Van CLEUVENBERGEN, R. and GEUZENS, P., 2001. Health Risk Assessment of Dioxin Emissions from Municipal Waste Incinerators: The Neerlandquerter (Wilrijk, Belgium). *Chemosphere*, 43, 909-923.
66. OH, Jeong-Eun; CHOI, Jin-Soo and CHANG, Yoon-Seok, 2001. Gas/Particle Partitioning of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in Atmosphere; Evaluating of Predicting Models. *Atmospheric Environment*, 35, 4125-4134.
67. OKTOR, K., 2001. İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıkları Yakma Tesisinde Atık Kompozisyonları ile Baca Gazı Emisyonları Ölçümü ve Standartlar Yönünden Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kocaeli.
68. PANKOW, J. F., 1987. Review and Comparative Analysis of the Theories on Partitioning Between the Gas and Aerosol Particulate Phases in the Atmosphere. *Atmospheric Environment*, 22, 2275-2283.
69. RAPPE, C., 1992. Sources of PCDDs and PCDFs. Introduction. Reactions, Levels, Patterns, Profiles and Trends. *Chemosphere*, 25 (1-2), 41-44.
70. RORDORF, B. F., 1987. Prediction of Vapor Pressures, Boiling Points and Enthalpies of Fusion for Twenty-Nine Halogenated Dibenzo-p-Dioxins. *Thermochimica Acta*, 112, 117-122.
71. RORDORF, B. F., 1989. Prediction of Vapor Pressures, Boiling Points and Enthalpies of Fusion for 20 Halogenated Dibenzo-para-Dioxins and 55 Dibenzofurans by a Vapor Pressure Correlation Method. *Chemosphere*, 18, 783-788.

72. SCHECTER, A. and LI, L., 1997. Dioxins, Dibenzofurans, Dioxin-Like PCBs and DDE in US fast food, 1995. *Chemosphere*, 34, 5-7, 1449-1457.
73. SCHRODER, J., WELSCH-PAUSCH, K. and McLACHLAN, M. S., 1997. Measurement of Atmospheric Concentration of Polychlorinated Dibenzop-Dioxins (PCDDs) and Dibenzofurans (PCDFs) to soil. *Atmospheric Environment*, 31 (18), 2983-2989.
74. SEDMAN R. M. and MAHMOOD, R. J., 1994. Soil Ingestion by Children and Adults Reconsidered Using the Results of Recent Tracer Studies. *Journal of Air & Waste Management Association*, 44,141-144.
75. SLOB, W., TROOST, L. M., KRIJGSMAN, M., De KONING, J. and SEIN, A. A., 1993a. Combustion of Municipal Solid Waste in the Netherlands. Report No: 730501052, RIVM, Bilthoven, The Netherlands.
76. SLOB, W., KLEPPER, O. and Van JAARSVELD, J. A., 1993b. A Chain Model for Dioxins: from Emissions to Cow's Milk. Report No: 730501039, RIVM, Bilthoven, The Netherlands.
77. SLOB, W. and Van JAARSVELD, J. A., 1993. A Chain Model for Dioxins: from Emissions to Cow's Milk. *Chemosphere*, 27, 509-516.
78. SLOB, W., OLLING, M., DERKS, H. J. G. M. and De JONG, A. P. J. M., 1995. Congener-Specific Bioavailability of PCDD/Fs and Coplanar PCBs in Cows: Laboratory and Field Measurements. *Chemosphere*, 31/8, 3827-3838.
79. SMITH, Killian E. C. and JONES, Kevin C., 2000. Particles and Vegetation: Implications for the Transfer of Particle-Bound Organic Contaminants to Vegetation. *The Science of the Total Environment*, 246, 207-236.
80. STEPHENS, R. D., PETREAS, M. X. and HAYWARD, D. G., 1992. Biotransfer and Bioaccumulation of Dioxins and Dibenzofurans from Soil. *Organohalogen Compounds*, 8, 377-380.
81. SWEETMAN, Andrew J., THOMAS, Gareth O. and JONES, Kevin C., 1999. Modelling the Fate and Behaviour of Lipophilic Organic Contaminants in Lactating Dairy Cows. *Environmental Pollution*, 104, 261-270.
82. TEMA, 2001. Türkiye Erozyonla Mücadele Vakfı Erozyon Raporu. (http://members.tripod.com/h_onan/stema/e_rapor.htm#INDEKS).
83. TRAVIS, C. C., HOLTON, G. A., ETNIER, E. L., COOK, C., O'DONELLI, F.,R., HETRICK, D. M. and DIXON, E., 1986. Assessment of Inhalation and Ingestion Population Exposures from Incinerated Hazardous Wastes. *Environment International*, 12, 533-540.

84. TRAVIS, C. C. and HATTEMER-FREY, H., 1988. Uptake of Organics by Aerial Plant Parts: A Call for Research. *Chemosphere*, 17, 277-283.
85. TRAVIS, C. C., YAMBERT, M. W. and ARMS, A. D., 1988. Food Chain Exposure from Municipal Waste Incineration. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
86. US EPA, 1981. Interim Evaluation of Health Risks Associated with Emissions of Tetrachlorinated Dioxins from Municipal Waste Resource Recovery Facilities. Washington D.C.
87. US EPA, 1987a. Methodology for the Assessment of Health Risks Associated with Multiple Pathway Exposure to Municipal Waste Combustor Emissions, Cincinnati, Ohio.
88. US EPA, 1987b. MWC Study: Assessment of Health Risks Associated with Municipal Waste Combustion Emissions. EPA/530-SW-87-021g. Washington D.C.
89. US EPA, 1989. Exposure Factors Handbook. EPA/600/8-89/043. Office of Health and Environmental Assessment, Washington D.C.
90. US EPA, 1990. Methodology for Assessing Health Risks Associated with Indirect Exposure to Combustor Emissions. EPA/600/6-90/003, Washington.
91. US EPA, 1992. Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds, Office of Research and Development, EPA/600/6-88/005B.
92. US EPA, 1993. Addendum to the Methodology for Assessing Health Risks Associated with Indirect Exposure to Combustor Emissions. EPA/600/AP-93/003, Washington D.C.
93. US EPA, 1994. Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds, Volume I-II-III. Review Draft, EPA/600/6-88/005Ca,b,c. Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington D.C.
94. US EPA, 1994b. Health Assessment Document for 2,3,7,8-Tetrachloro Dibenzo-p- Dioxin (TCDD) and Related Compounds. External Review Draft, EPA/600/BP-92/001c. Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Washington D.C.

95. US EPA, 1995. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, Vol I-User Instructions and Vol II-Description of Model Algorithms. EPA-454/B-95-003a,b. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina.
96. US EPA, 1996. Guideline On Air Quality Models (Revised). 40 CFR 51, Appendix W. EPA 450/2-78-027R. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina.
97. US EPA, 1999. PCRAMMET User's Guide. EPA-454/B-96-001b. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina
98. VALBERG, Peter A., DRIVAS, Peter J., McCARTHY, Sharon and WATSON, Ann Y., 1996. Evaluating the Health Impacts of Incinerator Emissions. *Journal of Hazardous Materials*, 47, 205-227.
99. WILD, S. R., HARRAD, S. J. and JONES, K. C., 1994. The Influence of Sewage Sludge Applications to Agricultural Land on Human Exposure to Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins (PCDDs) and -furans (PCDFs). *Environmental Pollution*, 83, 357-369.
100. WHO, 1997. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans, Vol. 69. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. ISBN: 92-832-1269 X, Lyon.
101. WHO, 1999. Assessment of the Health Risk of Dioxins: Re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). WHO Report EHBI 010201, Geneva.
102. YAMASAKI, H., KUWATA, K. and MIYAMOTO, M., 1982. Effects of Ambient Air Temperature on Aspects of Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Environmental Science and Technology*, 16, 189-194.
103. YOSHIDA, Kikuo; IKEDA, Shino; NAKANISHI, Junko and NOBUYUKI, Tsuzuki, 2001. Validation of Modelling Approach to Evaluate Congener-Specific Concentrations of Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans in Air and Soil Near a Solid Waste Incinerator. *Chemosphere*, 45, 1209-1217.
104. ZEMBA, Stephen G., GREEN, Laura C., CROUCH, Edmund A. C. and LESTER, Richard R., 1996. Quantitative Risk Assessment of Stack Emissions from Municipal Waste Combustors. *Journal of Hazardous Materials*, 47, 229-275.

EK 1

**ÇALIŞMADA GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMAYAN MARUZ KALMA
YOLLARI**

- **Temas Yoluyla Maruz Kalma**
- **Yeraltı Suyuna Etkileri**
- **Yüzey Sularına Deşarj**

ÇALIŞMADA GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMAYAN MARUZ KALMA YOLLARI

Giriş

Bölüm 6'da bir insineratörün PCDD/F emisyonlarının tesis çevresinde yaşayan insanlara ulaşabilmesi açısından sekiz ayrı yol tanımlanmış ve bunlar rapor içinde ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu yollar şunlardır:

- Havanın solunması,
- Toprağın yutulması,
- Yüzeysel suyunun kullanımı,
- Yerel olarak yetiştirilen bitkisel ürünlerin tüketimi,
- Yerel olarak üretilen hayvansal ürünlerin tüketimi,
- Yerel süt ürünlerinin tüketimi,
- Yerel sularda yakalanan balıkların tüketimi,
- Anne sütünün tüketimi.

Bunlardan yüzeysel sularının kullanımı, insineratör emisyonlarının deşarj edildiği İzmit Körfezi için böyle bir durum olmadığı için kapsam dışı tutulmuş, diğer maruz kalma yolları raporda değerlendirilmiştir. Dört maruz kalma yolu da, diğerlerine göre önemsiz oldukları için raporda ihmal edilmişlerdir. Bu yollar şunlardır:

- Toprak, toz ve sulardan, temas yoluyla PCDD/F'lere maruz kalma,
- PCDD/F'lerin yeraltı sularına etkisi,
- PCDD/F deşarjlarının ırmak ve haliçlere deşarj edilmesi,
- PCDD/F'lerle kirlenmiş uçucu küllerin etkisi.

Uçucu küllerin etkisi ve alınması gereken önlemler Bölüm 10'da belirtilmiştir. Raporda ayrıntılarıyla değerlendirilmeyen diğer üç maruz kalma yolu, bu bölümde tartışılmıştır.

Toprak, Toz ve Sulardan Temas Yoluyla PCDD/F'lere Maruz Kalma

Bölüm 3'te insineratörlerde yapılan birçok risk değerlendirmesinin sonuçları verilmiştir. Şekil 3.1'de da görüldüğü gibi, temas yolunun toplam maruz kalmaya etkisi çok düşüktür. Bu konuya ilişkin olarak, topraktan temas yoluyla maruz kalınan PCDD/F dozlarının diğer herhangi bir maruz kalma yoluyla alınan dozlara oranını göstermek amacıyla bir inceleme yapılabilir. Bunun için temas yoluyla solunum yolunun karşılaştırılması yapılmıştır.

Örnek olarak ortam havasındaki PCDD/F konsantrasyonu $1 \text{ pg I-TEQ} / \text{m}^3$ alınırsa; solunum dolayısıyla günlük olarak alınacak PCDD/F dozu, Bölüm 6'da verilen algoritmalar yardımıyla hesaplanabilir. Bu durumda;

$$\text{INH} = \text{Cy} * \text{IR} * \text{ABS} \text{ pg /gün} \quad (\text{E1.1})$$

Olaacaktır. Burada $\text{Cy} = 1 \text{ pg I-TEQ} / \text{m}^3$; $\text{IR} = 20 \text{ m}^3 / \text{gün}$ ve $\text{ABS} = 1.0$ (alınan dozun % 100'ü etkili) alırsak, solunumdan kaynaklanan PCDD/F dozu;

$$\text{INH} = 20 \text{ pg I-TEQ} / \text{gün} \text{ olarak bulunur.}$$

Topraktaki PCDD/F konsantrasyonunu belirlemek için birikim hızını 0.2 cm/s ; yıkanma katsayısını $100\,000$ ve ortalama yağışı KAC m/ yıl alınmıştır. $1 \text{ pg I-TEQ} / \text{m}^3$ 'lük hava konsantrasyonunu toplam birikim hızına dönüştürsek $1.3 \times 10^{-7} \text{ pg I-TEQ} / \text{m}^2 / \text{yıl}$ bulunur. Bu değerleri Bölüm 6.3.4'te verilen algoritmada yerine koyarsak topraktaki PCDD/F konsantrasyonunu $12 \text{ pg I-TEQ} / \text{g}$ olarak buluruz.

PCDD/F'lere temas yoluyla maruz kalınması ile alınması beklenen doz, Lipsky (1989) tarafından verilen denklemle bulunabilir:

$$\text{DERM} = \text{CT} * \text{SA} * \text{CA} * \text{CS} * \text{ABS} \text{ pg I-TEQ} / \text{gün.} \quad (\text{E1.2})$$

Burada;

- CT = temas süresi (tutucu bir yaklaşımla 0.25 gün alınmıştır)
- SA = maruz kalınan yüzey alanı (2940 cm²)
- CA = temas miktarı (3.5 mg / cm² = 0.0035 g / cm²).
- CS = topraktaki PCDD/F konsantrasyonu (12 pg I-TEQ / g)
- ABS = biyolojik etkinlik faktörü (0.01; alınan dozu % 1'i)

Bu denklemi temas yoluyla maruz kalınan doz (DERM) için çözersek;

DERM = 0.3 pg / gün bulunur.

Görüldüğü gibi tutucu yaklaşımlar kullanıldığında bile temas yoluyla alınan dozlar, solunum yolunun % 1.5'ine karşılık gelmektedir. Bu bakımdan temas yolunun çalışmada kapsam dışında bırakılması uygun görülmüştür.

PCDD/F'lerin Yeraltı Sularına Etkisi

Bu konuya ilişkin olarak iki tür maruz kalma yolu tanımlanmaktadır:

- İnsineratörden çıkan PCDD/F'lerin toprağa birikmesi ve oradan yeraltı suyu akiferine transferi,
- İnsineratörden çıkan küllerin depolama alanına bertarafı sonrasında sızıntılar ile yeraltı suyuna ulaşması.

Her iki durumda da kimyasallara insanların maruz kalması, ancak bu kirlenmiş yeraltı sularının insanlar tarafından içme suyu olarak kullanılması sonucu ortaya çıkar.

Toprağa Biriken PCDD/F'lerin Ye altı Suyuna Etkisi

US EPA (1987a)'da PCDD/F'lerin birikim yoluyla yeraltı suyu kaynaklarına ulaşabilmeleri olasılığı üzerinde durulmuştur. Son derece tutucu kabuller kullanılarak, denge koşullarının, atmosferden toprağa biriken tüm PCDD/F'lerin sızıntı yoluyla tamamen tükenince oluşacağı temelinde yeraltı suyuna sızacak

PCDD/F konsantrasyonları hesaplanmıştır. Belirli bir kalınlıktaki doymamış bölge ele alınarak akifere ulaşma süreleri belirlenmiştir. Bu durumda, PCDD/F'lerin doymamış bölge boyunca hareketi, kimyasallar ve toprak arasında bir etkileşim yoksa hızlı, eğer güçlü bir etkileşim varsa da yavaş olacaktır.

Yeraltı Suyu Sızıntı Modeli'nden elde edilen sonuçlara göre, 10 – 100 µg / m²/ yıl arasındaki bir PCDD/F birikim hızı için kimyasalların akifere ulaşması 300 000 – 500 000 yıl alacaktır. Kısacası, pratik anlamda PCDD/F'ler toprakta, en azından dikey hareket bazında, hareketsizdirler.

Bu analize dayanarak US EPA, atmosferik birikimin ardından topraktan yeraltı sularına PCDD/F'lerin ulaşmasını önemsiz bir maruz kalma yolu olarak tanımlamış ve akiferde gerçekçi bir zamanda PCDD/F konsantrasyonlarının insanların maruz kalması bakımında önem teşkil edecek bir şekilde artışının sıfır kabul edilebilecek düzeyde, son derece küçük olduğunu belirtmiştir.

Depolanan Küllerin Yeraltı Sularına Etkisi

Başka bir potansiyel maruz kalma yolu da, insineratör küllerinin depolandığı düzenli depolama alanlarından, insanlar tarafından kullanılan yeraltı suyu kaynaklarına sızıntı olmasıdır. İnsineratörlerden kaynaklanan uçucu küllerin sızıntı suyu karakteristikleri hakkında birçok çalışma yapılmış olup, tümünde, PCDD/F'lerin toprak ortamındaki hareketinin yavaşlığının bu kimyasalları hareketsiz kıldığı sonucuna varılmıştır (HMIP, 1996)

PCDD/F'lerin toprak matrisindeki hareketinin ne kadar zaman aldığı, bir gecikme faktörünün, R_f , hesaplanması yoluyla gösterilebilir. Bu gecikme faktörü, kimyasalın toprağa tutunma eğiliminin ve dolayısıyla toprak içindeki hareketinin engellenmesinin bir ölçüsüdür. Bir gecikme faktörünün hesaplanması Marshall et al. (1989) tarafından verilmiştir:

$$R_f = 1 + \frac{d + K_d}{n} \quad (E1.3)$$

Burada;

- d = gözenekli ortamın yoğunluğu, (1.6 g / cm^3)
- n = gözeneklilik, (0.4)
- K_d = dağılım katsayısıdır.

Dağılım katsayısı K_d , şu formülle ifade edilir:

$$K_d = K_{oc} * f_{oc} \quad (E1.4)$$

$$\log K_{oc} = \log K_{ow} - 0.21 \quad (E1.5)$$

Burada;

- K_{oc} = organik karbon bölüm katsayısı,
- f_{oc} = organik karbon fraksiyonu, (0.01 olarak alınmıştır)
- K_{ow} = oktanol-su bölüm katsayısıdır.

PCDD/F'lerin altında 3 m'lik bir kil tabakası olduğu varsayıldığında Marshall et al. (1989) tarafından 2,3,7,8-TCDD için hesaplanan gecikme faktörü 340 000'dir. Gecikme faktörünün 0.0 olması durumunda kimyasalların bu 3 m'lik kil tabakasını aşip akifere ulaşmalarının 9 yıl alacağı hesaplanmıştır.

PCDD/F'lerin küllerin depolandığı yerden akiferlere taşınmasının yavaşlığı, başka çalışmalarda da belirtilmiştir. Carsch et al. (1986) ve Murphy (1989) bu çalışmalara örnektirler. Gerçek kül depolama alanlarındaki sızıntılar üzerinde yapılan saha çalışmaları da yukarıdaki teorik çalışmalardan elde edilen sonuçları doğrulamaktadır. Örneğin, US EPA (1987b)'de 4 evsel katı atık depolama alanından toplanan 13 sızıntı numunesi ile insineratör küllerinin depolandığı alanlardan alınan 6 sızıntı

numunesi alınmış ve incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sızıntı suları niteliklerine ilişkin bulgular şunlardır:

- Genel olarak, evsel katı atık ve insineratör külleri depolama alanları sızıntı suları arasında nitelik olarak belirgin bir farklılık bulunmamaktadır.
- İki çeşit sızıntı suyu numunelerinde de çok az miktarda organik bileşiklere rastlanmıştır. Bu numunelerde çok küçük miktarlarda 11 uçucu bileşik, 4 yarı-uçucu bileşik ve 5 pestisit türü tanımlanmıştır.
- Sızıntı suları 2,3,7,8-TCDD içermemektedirler. Sadece çok küçük toksik eşdeğerlik faktörlerine (TEQ) sahip HxCDD ve OCDD ile PeCDF bileşikleri, ppt seviyelerinde bulunmuştur.

Bütün bu çalışmalar ışığında, PCD/F'lerin atmosferik birikim veya insineratör küllerinin depolanması sonucu yeraltı suyuna etki etmeleri, diğer maruz kalma yollarına göre önemsiz derecededir.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nde de tesisten çıkan uçucu küller, cürufklar ve arıtma tesisinden çıkan çamur keki (filtre pres sonrası) tesisin hemen yanındaki düzenli depolama alanında, endüstriyel atıklar için özel olarak hazırlanmış ve sızdırmazlığı daha da güçlendirilmiş özel bölüme depolanmaktadırlar. Tüm bunlar göz önüne alınarak bu yol, risk değerlendirme kapsamı dışında tutulmuştur.

PCDD/F Deşarjlarının Nehir ve Haliçlere Etkisi

İnsineratörlerden çıkan atıksuların doğrudan nehir ve haliçlere deşarjı, US EPA (1994b) tarafından, kağıt endüstrisi gibi bazı endüstriyel deşarjlara göre "ihmal edilebilir" olarak sınıflandırılmıştır. İnsineratörler, su ortamları için önemli bir PCDD/F kaynağı olarak görülmediklerinden, şimdiye kadar yapılan insineratör risk değerlendirmelerinin hiçbirinde nehir ve haliçlerin sularının yutulması ya da burada tutulan balıkların tüketilmesi yolları değerlendirmeye alınmamıştır.

Buna rağmen, bu yolların önemli olabileceği durumlar için bu yollara ilişkin algoritmalar US EPA (1994) tarafından sunulmuştur.

Bir nehire deşarj edilen atıksudaki PCDD/F konsantrasyonu, HMIP (1995)'te de sunulan basit bir seyrelme modeli ile hesaplanabilir:

$$C_{\text{tot}} = \frac{\text{EFR} * \text{RC}}{\text{EFR} + \text{RFR}} \quad (\text{E1.6})$$

Burada;

C_{tot} = sudaki toplam konsantrasyon, mg/l

RC = atıksudaki kirletici konsantrasyonu, mg/l

EFR = atıksu debisi, m³/s

RFR = nehir debisi, m³/s

Benzer bir denklem de HMIP (1995)'te haliçlere deşarj için verilmiştir.

PCDD/F'lerin suda çözünürlükleri az olduğu ve yüzey adsorpsiyonu eğilimleri güçlü olduğu için, sudaki toplam konsantrasyonları çözünmüş fazda ve sediment fazında olmak üzere ikiye bölünür:

$$C_{\text{wat}} = \frac{C_{\text{tot}}}{1 + (\text{Kd}_{\text{mix}} * \text{TSS}_{\text{mix}} * 10^{-6})} \quad (\text{E1.7})$$

$$C_{\text{ssed}} = \text{Kd}_{\text{mix}} * C_{\text{wat}} \quad (\text{E1.8})$$

Burada;

C_{wat} = çözünmüş fazdaki PCDD/F'ler, mg/l (=mg/kg)

C_{ssed} = askıdaki sedimentlerdeki PCDD/F'ler, mg/kg

Kd_{mix} = askıdaki sediment-su bölüm katsayısı, l/kg

TSS_{mix} = su sütununda karışma zonundaki toplam askıda katı maddeler, mg/l

Karışım zonundaki toplam askıda katı madde konsantrasyonu, atıksudaki TSS konsantrasyonu ile deşarj noktasından önce nehirde bulunan TSS konsantrasyonunun ağırlıklı ortalaması alınarak bulunur.

Askıdaki katıların bölüm katsayısı K_{dmix} ise aşağıdaki bağıntıdan bulunur:

$$K_{dmix} = K_{oc} * OC_{mix} \quad (E1.10)$$

Burada;

K_{oc} = konjenere özgü organik karbon bölüm katsayısı, l/kg

OC_{mix} = karışım zonundaki askıdaki sedimentlerin organik karbon içeriği

OC_{mix} , atıksudaki askıda katı maddelerin organik karbon içeriği ile alıcı su kütleindeki askıda katı maddelerin organik karbon içeriğinin ağırlıklı ortalaması alınarak bulunur.

Son olarak, balıkların yağlı dokularındaki PCDD/F konsantrasyonları şu denklemlerle ifade edilir:

$$C_{fish} = \frac{C_{ssed}}{OC_{mix}} * BSSAF * f_{lipid} \quad (E1.11)$$

Burada;

C_{fish} = tüm balıktaki PCDD/F konsantrasyonu, mg/kg

f_{lipid} = balıktaki yağ oranı,

BSSAF = biyota-askıda katı madde birikme (akümülyasyon) faktörü

Yukarıda verilen algoritmalar kağıt endüstrisi atıksuları gibi çok büyük atıksu miktarlarında denenmiştir. Bir karşılaştırma yapmak üzere burada son olarak US EPA'nın kağıt endüstrisi atıksuları ile ilgili çalışmaları özetlenecektir. Bu çalışmalarda, kağıt fabrikalarından çıkan ortalama deşarj miktarı 4000 m³/h; alıcı su kütlesinin debisi ise 400 000 m³/h olarak kabul edilmiştir. Deşarj edilen 2,3,7,8-TCDD miktarı (toplam TEQ değerinin yaklaşık % 85'ini oluşturmakta) ortalama 0.197 mg/h olarak bulunmuştur.

Tipik bir insineratörden deşarj edilen atıksu debisi ise yaklaşık 60 m³/h olup, bu sudaki PCDD/F konsantrasyonu da ortalama 1 pg I-TEQ / 1 düzeyindedir (deşarj edilen PCDD/F miktarı 60 ng/h ya da 6x10⁻⁵ mg/h). İnsineratörden deşarj edilen PCDD/F miktarlarının kağıt endüstrisinden 3000 kat daha düşük olmasına ek olarak, bu miktarların nehir ya da haliçlere deşarj olduktan sonra çok daha büyük bir seyrelmeye uğrayacağı da göz önünde bulundurulduğunda, bu deşarjların ne kadar önemsiz olduğu ortaya çıkar.

İZAYDAŞ İnsineratörü'nden çıkan atıksular Bölüm 5'te ayrıntıları verildiği şekilde arıtma tesisinde arıtılmakta ve ondan sonra da şehir kanalizasyonuna deşarj edilmektedir. Burada, diğer atıksularla birlikte İzmit Evsel ve Endüstriyel Arıtma tesisi'nde bir kez daha arıtıldıktan sonra İzmit Körfezi'ne deşarj edilmektedir. Her ne kadar İZAYDAŞ İnsineratörü atıksularında şimdiye kadar PCDD/F miktarlarına ilişkin bir çalışma yapılmamışsa da, gerek çıkan atıksu miktarının azlığı, gerekse Körfez'e deşarj öncesinde iki kez arıtma işleminden geçirilmesi nedeniyle atılan PCDD/F miktarının, yukarıdaki çalışmada da belirtildiği üzere, çok küçük olması beklenmektedir. Ayrıca İzmit Körfezi'nin içme suyu kaynağı olarak kullanılmaması ve rekreasyonel amaçlar ve balıkçılık için de sınırlı kullanımı nedeniyle insanların sudaki PCDD/F kirliliğinden etkilenmeleri son derece düşük bir ihtimaldir. Bütün bu bilgilerin ışığında yüzey sularından kaynaklanan herhangi bir sağlık riskinin önemsiz olacağı yargısına varılmış ve bu maruz kalma yolu da değerlendirme kapsamına alınmamıştır.

EK-2

KONJENERE ÖZGÜ GİRİŞ PARAMETRELERİ



Tablo E2.1. Modelde Kullanılan Konjenere Özgü Giriş Parametreleri

Konjenere	B_{vpa} (birimsiz)	K_{oc} (ml/g)	H (atm m ³ /mol)	D_a (cm ² /s)	Kd_{ssed} (l/kg)	K_{ow} (birimsiz)	P_s (atm)	T_m (K)
2,3,7,8-TCDD	6.1×10^4	2.70×10^4	1.60×10^{-5}	0.05	1.35×10^5	4.37×10^6	1.35×10^{-12}	578
1,2,3,7,8-PeCDD	1.2×10^5	2.70×10^4	1.46×10^{-5}	0.05	1.35×10^5	4.37×10^6	1.40×10^{-12}	513
1,2,3,4,7,8-HxCDD	4.5×10^5	3.80×10^5	1.42×10^{-5}	0.05	1.90×10^6	6.17×10^7	1.59×10^{-13}	547
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4.5×10^5	1.20×10^5	1.42×10^{-5}	0.05	6.00×10^5	2.00×10^7	1.26×10^{-13}	555
1,2,3,7,8,9-HxCDD	4.5×10^5	1.20×10^5	1.42×10^{-5}	0.05	6.00×10^5	6.17×10^7	1.06×10^{-13}	558
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.5×10^5	9.77×10^5	8.21×10^{-6}	0.04	4.89×10^6	1.58×10^8	4.18×10^{-14}	538
OCDD	8.6×10^6	2.40×10^5	5.06×10^{-9}	0.04	1.20×10^6	3.89×10^7	2.46×10^{-15}	598
2,3,7,8-TCDF	8.1×10^4	2.10×10^4	2.66×10^{-5}	0.05	1.05×10^5	3.39×10^6	1.14×10^{-11}	500
1,2,3,7,8-PeCDF	4.6×10^4	3.80×10^4	1.88×10^{-5}	0.05	1.90×10^5	6.17×10^6	6.79×10^{-12}	469
2,3,4,7,8-PeCDF	4.6×10^4	5.13×10^4	2.54×10^{-5}	0.05	2.56×10^5	8.32×10^6	2.49×10^{-12}	499
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.5×10^5	1.20×10^5	1.88×10^{-5}	0.05	6.00×10^5	2.00×10^7	8.03×10^{-13}	499
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.5×10^5	1.20×10^5	1.88×10^{-5}	0.05	6.00×10^5	2.00×10^7	6.55×10^{-13}	506
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.5×10^5	1.20×10^5	1.76×10^{-5}	0.05	6.00×10^5	2.00×10^7	3.13×10^{-13}	520
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.5×10^5	1.20×10^5	9.43×10^{-6}	0.05	6.00×10^5	2.00×10^7	4.47×10^{-13}	512
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	4.4×10^5	4.90×10^5	1.39×10^{-5}	0.04	2.45×10^6	7.94×10^7	1.62×10^{-13}	509
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	4.4×10^5	4.90×10^5	9.87×10^{-6}	0.04	2.45×10^6	7.94×10^7	1.18×10^{-13}	495
OCDF	1.3×10^6	3.90×10^6	7.66×10^{-6}	0.04	1.95×10^7	6.31×10^8	1.59×10^{-14}	532

Tablo E2.2. Parametre Tanımları

Parametre	Tanımı
B_{vpa}	Havadan- yaprağa biyokonsantrasyon faktörü
K_{oc}	Organik karbon bölüm katsayısı
H	Henry Kanunu sabiti
D_a	Konjenrin havadaki difüzyon katsayısı
Kd_{ssed}	Askıdaki sediment/su bölüm katsayısı
K_{ow}	Oktanöl/su bölüm katsayısı
P_s	25 °C'deki kristalleşmiş katı buhar basıncı
T_m	Erime noktası

Tablo E2.33. Biyokonsantrasyon Faktörleri

Konjener	Sığır ^a	Sakatat	Kümes H.	Yumurta	Süt ^b	Balık ^c
2,3,7,8-TCDD	3.50	7.2	9.4	13.0	4.32	0.09
1,2,3,7,8-PeCDD	2.57	3.1	6.3	4.2	4.16	0.09
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.65	2.9	4.8	4.8	2.02	0.04
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.65	2.9	5.5	5.3	1.74	0.04
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.65	2.9	2.8	3.4	2.24	0.04
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.20	1.9	1.2	3.2	0.36	0.0005
OCDD	0.05	0.6	0.2	1.5	0.52	0.0001
2,3,7,8-TCDF	0.75	1.7	5.2	1.5	0.94	0.09
1,2,3,7,8-PeCDF	0.64	3.2	1.6	2.2	0.73	0.09
2,3,4,7,8-PeCDF	2.57	12.7	6.8	8.2	3.10	0.09
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.65	15.5	4.9	6.2	2.34	0.04
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.65	15.5	4.1	5.5	2.00	0.04
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.65	15.5	4.3	6.0	2.00	0.04
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.65	15.5	2.2	1.7	1.78	0.04
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.30	4.6	1.0	2.2	0.41	0.005
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.74	11.4	0.9	1.6	0.99	0.005
OCDF	0.10	0.7	0.4	1.0	0.20	0.0001

^a Koyun, et ürünleri ve hayvansal yağlara uygulanmıştır.
^b Süt ve süt ürünlerine uygulanmıştır.
^c BSAF = Biyotadan sedimente birikim faktörü.

ÖZGEÇMİŞ

Aykan KARADEMİR 1994 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek Lisans Eğitimi'ni 1997'de, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda "Maya Endüstrisi Atıksularında Biyokütleinin Protein Yardımıyla Belirlenmesi" konusundaki çalışması ile tamamladı. 2001 yılında TÜBİTAK-NATO Bursu ile University of Newcastle Upon Tyne'a giderek doktora çalışmaları ile ilgili araştırmalar yaptı. 1995 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

**İÇ YÜKSEKÇEKETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**