

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ MADDELER İÇİN ÇEVRESEL RİSK
DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Emel TOPUZ**

Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği

Programı : Çevre Bilimleri ve Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ MADDELER İÇİN ÇEVRESEL RİSK
DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Emel TOPUZ
(501071709)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. İlhan TALINLI (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cumali KINACI (İTÜ)
Prof. Dr. Günay KOCASOY (BÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma sırasında bana yol gösteren, yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. İlhan TALINLI' ya çok teşekkür ederim.

Bu çalışmayı oluşturduğum yüksek lisans eğitimimi, BİDEB-2228 'Son Sınıf Lisans Öğrencileri için Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı' ile destekleyen TÜBİTAK' a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu tezi hazırlarken olduğu gibi beni bütün hayatım boyunca destekleyen, özveride bulunan ve teşvik eden canım aileme en içten sevgilerimle teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2009

Emel TOPUZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	4
2. ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRME	7
2.1 Çevre Yönetimi.....	7
2.1.1 Çevre yönetiminin tanımı.....	7
2.1.2 Çevre yönetiminin amacı.....	7
2.1.3 Çevre yönetim standartları.....	8
2.1.3.1 Çevre Yönetim ve Denetim Çerçevesi (Environmental Management and Audit Scheme (EMAS)).....	8
2.1.3.2 ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri.....	9
2.1.3.3 Çevre Etki Değerlendirme (ÇED).....	10
2.2 Risk Tanımı.....	11
2.3 Çevresel Risk.....	12
2.3.1 Risk karakteristikleri.....	13
2.3.2 Çevresel risk analizi.....	14
2.3.2.1 Risk analizin oluşturulması ve amacı.....	14
2.3.2.2 Risk analizi araçları.....	16
2.3.2.3 Risk analizin kısıtları.....	19
2.4 Çevresel Risk Değerlendirme.....	20
2.4.1 Çevresel Risk Değerlendirme amaçları.....	22
2.4.2 Çevresel Risk Değerlendirme çerçevesi.....	22
2.4.2.1 Tehlike tanımı.....	27
2.4.2.2 Maruz kalma değerlendirmesi.....	31
2.4.2.3 Doz-tepki değerlendirmesi.....	36
2.4.2.4 Risk karakterizasyonu.....	37
2.5 Risk Yönetimi.....	41
2.5.1 Risk Değerlendirmenin Yönetim Açısından Önemi.....	42
2.6 Risk İletişimi.....	42

2.7 Avrupa Birliği Topluluğunda Kimyasal Madde Risk Değerlendirme Yaklaşımları ve Mevzuatları.....	47
2.7.1 Tarihçe.....	47
2.7.2 ECETOC yaklaşımı.....	50
2.7.3 EUSES Yaklaşımı.....	51
2.7.4 REACH direktifi	56
2.7.5 TGD yaklaşımı	58
2.8 EPA Tarafından Sunulan Risk Değerlendirme Yaklaşımları.....	58
2.9 Türkiye' de Bulunan İlgili Yönetmelikler.....	60
3. TEHLİKELİ MADDELER.....	63
3.1 Tehlikeli Maddenin Tanımı.....	63
3.2 Tehlikelilik Özellikleri.....	63
3.2.1 Zehirlilik	63
3.2.1.1 Maruz kalma yolu.....	64
3.2.1.2 Maruz kalmanın süresi ve frekansı.....	64
3.2.1.3 Organizmayla ilgili faktörler	66
3.2.1.4 Çevresel faktörler.....	66
3.2.1.5 Kimyasallarla ilgili faktörler	67
3.2.1.6 Etki Çeşitleri.....	68
3.2.1.7 Doz-Tepki İlişkisi.....	70
3.2.1.8 Kanserojenite.....	70
3.2.1.9 Mutajenite.....	71
3.2.1.10 Üreme ile ilgili Zehirlilik ve Teratojenite.....	72
3.2.2 Koroziflik	72
3.2.3 Parlayıcılık.....	73
3.2.4 Reaktiflik	76
3.2.5 Patlayıcılık.....	78
3.3 Fiziksel ve Kimyasal Özellikler.....	78
3.3.1 Çözünürlük.....	78
3.3.2 Buhar basıncı.....	79
3.3.3 Henry sabiti.....	81
3.3.4 Oktonal-Su ayırım katsayısı.....	82
3.3.5 Su-organik katı madde arası birikme.....	82
3.3.6 Sıvı-buhar faz değişimi.....	83
3.3.7 Gazların ve buharların yoğunluluk farkları.....	83
3.3.8 Sıvıların yoğunluluk farklılıkları.....	84
4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK MANTIK	85
4.1 Analitik Hiyerarşı Prosesi (AHP)	85
4.1.1 Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	86
4.1.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması.....	87
4.2 Bulanık Mantık.....	88
4.2.1 Bulanık küme teorisi.....	88
4.2.1.1 Üyelik fonksiyonları.....	89
4.2.1.2 Bulanık kümelerde işlemler.....	91

4.2.2 Bulanık modeller.....	92
4.2.2.1 Bulanık çıkarım modeli.....	92
4.2.2.2 Mamdani bulanık modeli.....	93
5. ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ MADDELER İÇİN ÖNERİLEN ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI.....	97
5.1 Önerilen Yaklaşımın Tanıtımı.....	97
5.2 Önerilen Yaklaşımın Adımları.....	98
5.2.1 Hazırlık adımı.....	99
5.2.2 Faktör indeksi ölçüm adımı	101
5.2.2.1 Risk kriterlerinin oluşturulması.....	101
5.2.2.2 Fİ hiyerarşisindeki faktörlerin ölçümü.....	103
5.2.2.3 Faktörlerin ikili karşılaştırılması.....	122
5.2.2.4 Puanları SYBS haline dönüştürme	123
5.2.2.5 Faktör İndeksi Hesabı.....	124
5.2.2.6 Durulaştırma.....	125
5.2.3 Risk olasılığı ve risk şiddeti adımının hesaplanması.....	125
5.2.4 Bulanık sonuç çıkarma	125
6. UYGULAMA.....	129
6.1 Vinil Klorür Kullanan Bir İşletme için Çevresel Risk Değerlendirme	129
6.1.1 Hazırlık adımı.....	129
6.1.2 Fİ ölçüm adımı.....	135
6.1.3 Faktörlerin ikili karşılaştırılması	140
6.1.4 Faktör indekslerinin hesaplanması.....	150
6.1.5 Risk olasılığı ve risk şiddeti adımının hesaplanması.....	154
6.1.6 Bulanık sonuç çıkarma	156
6.1.7 Vinil Klorür kullanacak olan işletme için çevresel risk değerlendirme sonuçları ve yorumlama.....	159
6.2 Diğer Maddeler için Çevresel Risk Değerlendirme.....	161
6.2.1 Hazırlık adımı - Trikloroetilen (TCE)	161
6.2.2 Hazırlık adımı - Aseton	164
6.2.3 Hazırlık adımı - Hekzan	166
6.2.4 Hazırlık adımı - Asetonitril	168
6.2.5 Hazırlık adımı - Kloroform.....	169
6.2.6 Hazırlık adımı - Metanol.....	171
6.2.7 Risk Değerlendirme Sonuçlarının Yorumlanması.....	172
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	175
KAYNAKLAR.....	179

KISALTMALAR

PUKO	:Planla-Uygula-Kontrol et-Onar
BS	:British Standard
EMAS	:Environmental Management and Audit Scheme
I. S.	:Irish Standard
ISO	:International Standard Organization
UNE	:Spanish National Standard
ÇED	:Çevre Etki Değerlendirme
SARA	:The Superfund and Reauthorization Act of 1986
IPPC	:Integrated Pollution Prevention and Control
OECD	:Organization for Economic Co-orporation and Development
PNEC	:Predicted No Effect Concentration
TGD	:Technical Guidance Document
PEC	:Predicted Environmental Concentration
HONEC	:Highest No Effect Concentration
EC	:Effective Concentration
AF	:Assessment Factor
NOEC	:No Effect Concentration
LC	:Lethal Concentration
EPA	:Environmental Protection Agency
SDS	:Safety Data Sheet
EINEC	:European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances
ECETOC	:European Center for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals
EUSES	:European Union System for Evaluation of Substances
REACH	:Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals
ACGIH	:American Conference of Industrial Hygienists
OSHA	:Occupational Safety and Health Administration
PEL	:Permissible Exposure Level
TLV	:Thereshold Limit Value
MSDS	:Material Safety Data Sheet
Fİ	:Faktör İndeksi
RO	:Risk Olasılığı
RŞ	:Risk Şiddeti
RB	:Risk Büyüklüğü
SYBS	:Standrt Yamuk Bulanık Sayı
ÜF	:Üyelik Fonksiyonu
IARC	:International Agency for Research on Cancer
NTP	:National Toxicology Program

ECA : European Chemical Agency
AB : Avrupa Birliği
ERAGS : Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund
IPPC : Integrated Pollution Prevention and Control
US : United States
NRC : National Research Council
TUİK : Türkiye İstatistik Kurumu

SEMBOL LİSTESİ

F_i	: Y varlığı için kriter performansı puanı
A_{ij}	: Karşılaştırılan seçeneklerin birbirine göre önemleri
W_i	: i. Kriter için kendi seviyesindeki ağırlığı
w_i'	: i. Kriter için hiyerarşideki ağırlığı
$\mu_A(x)$	: Üyelik fonksiyonu
$F\tilde{I}^*$	: Fİ için bulanık toplam puan
R^k	: k. kural
K_{ow}	: Oktanol-su ayırım katsayısı
K_{oc}	: Organik karbon adsorbsiyon katsayısı
K_H	: Hanry Sabiti

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Risk analiz yöntemlerinin sınıflandırılması (Arunraj ve Maititi, 2007)	17
Çizelge 2.2: Maruz Kalma Değerlendirmesi – Su, toprak ve insan sağlığı için çevresel risk değerlendirme (ÇRD) stratejileri – maruz kalma değerlendirmesinden risk yönetimine (Hansen, 2007).	33
Çizelge 2.3: Etki Değerlendirmesi – Su, toprak ve insan sağlığı için çevresel risk değerlendirme (ÇRD) stratejileri – etki değerlendirmeden risk yönetimine	37
Çizelge 2.4: Risk değerlendirme ile risk yönetimi arasındaki ilişki 5 soru ile açıklanabilir (Cote ve Wells, 1991)	43
Çizelge 2.5: EUSES kapsamında korunması amaçlanan insan ve ekolojik popülasyonlar (EUSES, 2004)	54
Çizelge 3.1: Tehlikeli kimyasallar için gerekebilecek kapsamlı bilgi (Carson, 1994)	80
Çizelge 4.1: Önem Ölçeği (Güner, 2005; Saaty, 1994)	87
Çizelge 4.2: Faktörleri için ikili karşılaştırma matrisleri	88
Çizelge 5.1: Fİ, RO, RŞ, RB ile ilgili açıklamalar	102
Çizelge 5.2: Tehlikelilik özellikleri için referans değerler	111
Çizelge 5.3: Maddenin maruz kalma ile ilgili bileşenleri için referans değerler	113
Çizelge 6.1: Uygulamada kullanılacak tehlikeli maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri	131
Çizelge 6.2: Madde ve ekosistem özelliklerine ait en alt faktörler ve puanları	136
Çizelge 6.3: Kaza sonucu oluşacak emisyonlardan kaynaklanan risk için en alt faktörler ve puanları	139
Çizelge 6.4: Maddenin işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan risk için en alt faktörler ve puanları	140
Çizelge 6.5: A1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi - Bulanık puanlar	141
Çizelge 6.6: A1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi -Duru puanlar	142
Çizelge 6.7: A1 için II. ve B1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	142
Çizelge 6.8: A1 için III. ve C1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	142
Çizelge 6.9: A1 için III. ve C2 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	143
Çizelge 6.10: A1 için II. ve B2 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	144
Çizelge 6.11: A1 için IV. ve D2 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	144
Çizelge 6.12: A1 için V. ve E4 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	145
Çizelge 6.13: A1 için III. ve C5 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	145
Çizelge 6.14: A1 için III. ve C6 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	146

Çizelge 6.15: A2 için II. ve C7 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	147
Çizelge 6.16: A2 için II. ve C8 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	147
Çizelge 6.17: A2 için III. ve C8 için II. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	148
Çizelge 6.18: A2 için II. ve C9 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	148
Çizelge 6.19: A2 için III. ve C9 için II. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	149
Çizelge 6.20: A2 için II. ve C10 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	149
Çizelge 6.21: A3 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	150
Çizelge 6.22: A3 için II. ve B5 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	150
Çizelge 6.23: A3 için III. ve C11 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi	150
Çizelge 6.24: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için alt faktörlerin öncelik ağırlıkları	151
Çizelge 6.25: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ* hesabı	152
Çizelge 6.26: Kaza sonucu oluşan emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için alt faktörlerin öncelik ağırlıkları	153
Çizelge 6.27: Maddenin işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan risk için alt faktörlerin öncelik ağırlıkları	154
Çizelge 6.28: Vinil klorür kullanan işletme için Fİ* değerleri	154
Çizelge 6.29: A1, A3, C7, C8, C9, C10 için RO ve RŞ puanları	155
Çizelge 6.30: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ*, RO ve RŞ bileşenlerini temsil eden RB çıkarım tablosu	157
Çizelge 6.31: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ*, R0 ve RŞ sınıflarını temsil eden RB sınıfları	158

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Çevresel etki değerlendirme süreci için genel bir çerçeve (Sonnemann ve diğ., 2004).	11
Şekil 2.2: Çevresel risk analizi çerçevesi ve risk yönetimi ile ilişkisi (Wessberg v.d, 2008)	19
Şekil 2.3: Risk değerlendirme öğeleri (OECD,2001).	21
Şekil 2.4: Kavramsal bir değerlendirme modelinin bileşenleri (EPA, 1987).	24
Şekil 2.5: Kirlenmiş yüzey altlarının risk tabanlı temizlenmesi için çerçeve (Khadam ve Kaluarachchi, 2003)	25
Şekil 2.6: PEC, PNEC ve biyoakümülyasyon potansiyelinin değerlendirildiği çok adımlı bir çevresel risk değerlendirme çerçevesi (Saouter ve diğ., 2001)	26
Şekil 2.7: Risk yönetiminde adımlar (Leeuwen ve Vermeire ,2007)	27
Şekil 2.8: Risk değerlendirme sürecinin önceden kullanılan versiyonu (kare kutular ile gösterilen) (Moschandreas ve diğ., 2002).	31
Şekil 2.9: Maruz Kalma Değerlendirmesi Süreci (EPA, 1989)	34
Şekil 2.10: Risk Karakterizasyonu (Leeuwen ve Vermeire,2007)	39
Şekil 2.11: Örnek risk karakterizasyonu modeli (Hansen, 2007)	40
Şekil 2.12: AB sürecinde kimyasal maddeler için risk değerlendirme yasal tarihi (Knecht, n.d.)	49
Şekil 2.13: AB genel süreci (Perez, 2005)	50
Şekil 2.14: ECETOC yaklaşımı risk değerlendirme yöntemi (Feijtel, 2003)	51
Şekil 2.15: EUSES risk değerlendirme modeli (EUSES, 2004)	52
Şekil 2.16: EUSES ana modülleri (EUSES, 2004).	53
Şekil 2.17: EUSES: Maruz kalma değerlendirmesi (Knecht, n.d.)	54
Şekil 2.18: Çevresel maruz kalma: ikincil zehirlilik (Knecht, n.d.)	54
Şekil 2.19: İnsanlar için maruz kalma yolları (Knecht, n.d.)	55
Şekil 2.20: İnsan için dolaylı maruz kalma yolları (Knecht, n.d.)	56
Şekil 2.21: Etki değerlendirme (Knecht, n.d.)	56
Şekil 2.22: EUSES için Risk karakterizasyonu (Knecht, n.d.)	57
Şekil 2.23: Yeni maddeler, mevcut maddeler ve biyositler için risk değerlendirme genel prensipleri (TGD Part I, 2003)	59
Şekil 3.1: Yangın Üçgeni (Fire Safety Risk Assessment, 2006).	74
Şekil 3.2: Muhtemel reaktif kimyasal tehlikeleri (Carson ve Mumford, 1994)	76
Şekil 4.1: Çeşitli üyelik fonksiyonları (Şentürk,2006)	91
Şekil 4.2: Bulanık Mantık Kontrol Algoritması (Musee ve diğ., 2006)	92
Şekil 4.3: En büyük üyelik ilkesine göre arındırma (Uğur, 2006)	93

Şekil 4.4: Ağırlık merkezi (centroid) ile arındırma (Uğur, 2006)	94
Şekil 4.5: Ortalama en büyük üyelik (Uğur, 2006)	94
Şekil 5.1: Endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme yaklaşımı	100
Şekil 5.2: Fİ hiyerarşisinin genel yapısı (Zeng ve diğ., 2007).	104
Şekil 5.3: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin II. seviyesi	105
Şekil 5.4: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için I. seviyesi	106
Şekil 5.5: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için I. seviyesi	106
Şekil 5.6: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A3 için I. seviyesi	107
Şekil 5.7: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için II., B1 için I. seviyesi	107
Şekil 5.8: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için II., B2 için I. seviye	108
Şekil 5.9: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için II., B3 için I. seviye	109
Şekil 5.10: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için II., B4 için I. seviye	109
Şekil 5.11: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A3 için II., B5 için I. seviye	110
Şekil 5.12: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 ve A3 için III., A2 için IV. seviyesi	110
Şekil 5.13: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 ve A3 için IV., A2 için V., C1 için I. seviyesi	111
Şekil 5.14: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 ve A3 için IV., A2 için V., C2 için I. seviyesi	112
Şekil 5.15: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için IV, A2 için V., C3 için I. seviyesi	113
Şekil 5.16: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için IV, A2 için V., C4 için I. seviyesi	114
Şekil 5.17: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için IV, A2 için V., C4 için I. seviyesi	114
Şekil 5.18: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C6 için I. seviyesi	115
Şekil 5.19: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C7 için I. seviyesi	115
Şekil 5.20: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C8 için I. seviyesi	116
Şekil 5.21: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C9 için I. seviyesi	117
Şekil 5.22: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A3 için IV, C10 için I. seviyesi	117

Şekil 5.23: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D1 için I. seviyesi	118
Şekil 5.24: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D2 için I. seviyesi	119
Şekil 5.25: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D3 için I. seviyesi	119
Şekil 5.26: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D4 için I. seviyesi	120
Şekil 5.27: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., E1 için I. seviyesi	120
Şekil 5.28: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., E1 için I. seviyesi	121
Şekil 5.29: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., E1 için I. seviyesi	122
Şekil 5.30: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için VI, A2 için VII., E4 için I. seviyesi	122
Şekil 5.31: SYBS değerinin üyelik fonksiyonu	123
Şekil 6.1: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ*, RO ve RŞ sınıflarının ve üyelik derecelerinin belirlenmesi	157
Şekil 6.2: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için RB* çıkarımı	159
Şekil 6.3: Vinil klorürün Tuzla ve Malkara bölgesinde kullanılmasından kaynaklanan çevresel risklerin karşılaştırılması	161
Şekil 6.4: Ulaşım esnasında meydana gelen kazalardan kaynaklanan çevresel riske Tuzla ve Malkara bölgelerinde ekosistem özelliklerinin katkısı	162
Şekil 6.5: TCE için RB* sonuçları	173
Şekil 6.6: Aseton için RB* sonuçları	173
Şekil 6.7: Hekzan için RB* sonuçları	173
Şekil 6.8: Asetonitril için RB* sonuçları	174
Şekil 6.9: Kloroform için RB* sonuçları	174
Şekil 6.10: Metanol için RB* sonuçları	174

ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ MADDELER İÇİN ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI

ÖZET

Endüstrilerde üretilen ürünler insan hayatını kolaylaştırması bakımından önemlidir. Fakat bu işletmelerdeki üretim süreci bir çok çevresel riske neden olmaktadır. Bu risklerin çevresel zarara dönüştüğü en çarpıcı durumlar tehlikeli madde kullanan endüstrilerde yaşanmıştır. Bu nedenle endüstriyel tehlikeli maddelerin risklerinin değerlendirilmesi için birtakım modeller geliştirilmiştir. Ancak çevresel riskin bir çok faktörden etkilenmesi nedeniyle değerlendirme sürecinin çok karmaşık olması, çevresel süreçlerin bir çok belirsizlik içermesi ve veri eksikliği yapılan çalışmaların uygulanmasını ve gerçekçi sonuçlar alınmasını zorlaştırmıştır. Ayrıca risk değerlendirme süreçlerinin sınırlı sayıda risk kaynakları için geliştirilmiş olması tek bir yöntem kullanılarak tüm risk kaynaklarına ait risk büyüklüğünün ortaya çıkarılmasını mümkün kılmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, endüstriyel tehlikeli maddelerin bir endüstri tarafından üretim sürecinde kullanılmasından kaynaklanan tüm çevresel risklerin büyüklüğünü ortaya koyabilecek, çevre etki değerlendirmesi gibi çevre yönetim araçlarına girdi oluşturabilecek ve bahsedilen zorlukları ortadan kaldıracak bir yaklaşımın geliştirilmesidir. Çevre yönetim sistemlerinin ihtiyaçları, risk değerlendirme sürecinin adımları ve tehlikeli maddelerin özellikleri incelendikten sonra bu amaç doğrultusunda kullanılacak en uygun yöntemlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve bulanık mantık modelleri olduğu tespit edilmiştir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi, karmaşık problemlerin çözümü için sistematik bir yaklaşım getirmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi' nin bu özelliği sayesinde tüm risk kaynakları ve bunlara ait risk faktörleri hiyerarşik olarak belirlenmiş ve risk faktörlerinin ikili olarak karşılaştırılmasıyla faktörlere ait öncelik puanları bulunmuştur. Analitik Hiyerarşi Prosesi için hazırlanan hiyerarşide düzenli emisyonlardan, kaza sonucu meydana gelen emisyonlardan ve işyeri ortamı emisyonlarından meydana gelen risklerin büyüklüğünü tespit edebilmek için alt faktörler belirlenmiştir.

Bulanık kural tabanlı modelleme ise belirsizlik içeren ve veri eksikliği olan durumlar için uzman görüşlerinin dilsel değişkenlerini girdi verisi olarak kullanmayı sağlamıştır. Ayrıca, formülize edilmesi zor olan risk büyüklüğü, uzman görüşünü kullanarak faktör indeksi, risk olasılığı ve risk şiddeti bileşenlerinin birleştirilmesi suretiyle elde edilmiştir. Risk büyüklüğü elde edildikten sonra risk takdiri de yapılarak riskin sınıfı ve üyelik derecesi bulunmuştur.

Önerilen yaklaşımın uygulama adımlarını ve elde edilen sonuçların kullanılma potansiyelini göstermek üzere Tuzla bölgesinde kurulacak ve vinil klorür kullanacak bir işletme için uygulama yapılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen risk sınıfı ve derecesi sayesinde işletme için önem arz eden risk kaynakları sıralanabilmiştir. Ayrıca uygulama sırasında bulunan öncelik puanları kullanılarak faktörler riske

katkıları bakımından sıralanmıştır. Bu da çevre yönetimi için karar vericilere hangi faktörün iyileştirilmesinin riskin düşürülmesine katkıda bulunacağı yönünde girdi sağlamıştır. En büyük faktörün ekosistem özellikleri olduğu anlaşılınca aynı işletmenin Malkara bölgesinde kurulması durumu için uygulama yapılmıştır. Sonuçta risk sınıfının üyelik derecesinin düştüğü görülmüş böylece başlangıçta çevre yönetim sisteminin planlama aşamasına hizmet eden yöntem kontrol adımına da katkıda bulunmuştur.

AN ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT APPROACH FOR INDUSTRIAL HAZARDOUS MATERIALS

SUMMARY

Products, that are produced in industries, are very important for people, as they facilitate life of them. On the other hand, production processes in that industries cause serious environmental risk. Industries that use hazardous chemicals draw attention due to transformation of risk to the most intense environmental damage in the past. As a result, lots of approaches had been developed in order to assess environmental risk of industrial hazardous chemicals. However, their application was hard and results were not so accurate because of the complexity of evaluation process resulting from being affected by too much factor, uncertainties that environmental systems cause and the lack of environmental data. In addition, they include a limited number of risk sources in their assessment procedure, therefore it is not possible to reach the risk magnitudes for all risk sources by using those approaches.

The aim of that study is to develop an approach for industrial hazardous materials that enables users to calculate the risk magnitudes for all risk sources and provide data input for environmental management systems, such as environmental impact assessment by improving the problems mentioned before. Analytical Hierarchy Process (AHP) and fuzzy logic models were selected as the best appropriate methods for development of approach after exploring the needs of environmental management systems, main framework of environmental risk assessment procedure and the characteristics of hazardous materials.

AHP, provides a systematic approach for the solution of complex problems. All of the risk sources and their sub factors were determined hierarchically and the priority weight for all of the sub factors were calculated owing to the binary comparison matrix. Sub factors for risk that result from planned emissions, accidental emissions and work place emissions were assigned in the hierarchy in order to begin application of approach.

Fuzzy logic rule based modelling allow assessor to use linguistic variables as input data in approach in case of uncertainty and lack of data. Moreover, risk magnitude is calculated by using expert opinion which compose the risk probability, risk strength and factor index for that purpose. After having risk magnitude, class which risk belongs and the degree of membership in there can be described.

A practice have been done for a factory that will be opened in Tuzla and use vinyl chloride as raw material, in order to explain the usage of approach step by step and the potential benefits of the results. Risk sources that are important for factory was ranked owing to the results showing the class of risk with its membership degree. Furthermore, it is possible to rank the sub factors according to their participation in risk. As a result, environmental managers can easily decide about which factor must be improved in order to reduce risk. As it was understood that the ecosystem properties have the highest contribution in risk according to the priority weights,

approach was applied for the same factory which will be opened in Malkara. Risk was lower for Malkara which shows that approach has a great guidance capacity. As it is understood, approach can be used as a tool for both planning and control steps of environmental management process.

1. GİRİŞ

Tehlikeli maddeler bir çok endüstriyel proseste yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Endüstrilerin bu maddeleri kullanarak yaptıkları üretimin, ekonomik yönden ve gündelik yaşam açısından insan refahını üst düzeye çıkarma yönündeki katkıları yadsınamaz. Ancak bu olumlu katkıların yanı sıra çevre açısından uzun vadede çok ciddi olumsuz sonuçların da ortaya çıkacağı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle yapılması gereken bu kuruluşların üretim performanslarının yanı sıra çevre performanslarının da çok yakından takip edilmesidir. Ayrıca, bu kuruluşların faaliyete geçmeden önce proje aşamasında çevresel riskler bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü, çevresel risklerin ortaya konması ve bu risklerin en aza indirgenmesi için yönetim uygulamalarının gerçekleştirilmesi çevre yönetim sistemlerinin esasını oluşturmaktadır.

Günümüze kadar yaşanan tehlikeli madde kazalarının oluşturduğu çevresel sonuçları analiz etme konusunda duyarlılık geliştiği görülmektedir. Literatürde karşılaşılan çalışmalarda; maddelerin tehlike faktörlerini, dispersiyon faktörlerini, çevresel etkilerini ve bunların oluşturduğu tüm olumsuz etkileri bir arada değerlendiren yöntemlerin belirsizlikleri de beraberinde getirdiği bilinmektedir. Geliştirilen yöntemler sadece ekosistem etkilerini, su ya da hava üzerindeki etkileri, günlük işlemlerden çıkan planlı emisyonların etkilerini veya sadece kaza sonucu çıkan emisyonların etkilerini dikkate alan spesifik yöntemlerdir. Endüstrilerde kullanılan tehlikeli maddelerin çevresel akıbetlerini kestirmek ve değerlendirmek, tehlike dereceleri ve etkilerinin çeşitlilik göstermesi, bölgesel koşulların farklılığı ve girdi bilgisindeki belirsizlikler nedeniyle oldukça zordur (Arunraj ve Maiti, 2008).

Kullanılan yöntemlerin çoğu klasik mantık teorisi temel alınarak geliştirilmiştir. Bu nedenle, çevresel sonuç faktörleri, sayısallaştırılamayan, kusurlu ve ulaşılamayan bilgiler nedeniyle net bir şekilde değerlendirilememektedir. Yapılan çalışmalarda çok ölçütlü karar verme yöntemlerini ve bulanık mantığı kullanmanın yararları belirtilmektedir. Bu çalışmalarda yalnızca bulanık mantık yöntemi kullanıldığı gibi bununla birlikte analitik hiyerarşi prosesinden de yararlanılmaktadır. Bulanık

kompozit programlama da güncelliği olan diğer bir yöntemdir. Bu yöntemde birçok temel gösterge kendi içinde gruplanarak tek bir göstergeye dönüştürülmektedir (Arunraj ve Maiti, 2008).

Bu çalışmada da yaklaşım olarak adı geçen yöntem ve prosesler kullanılmış ve tehlikeli maddelerin kullanımından kaynaklanabilecek tüm riskler değerlendirilmeye alınmıştır. Çevresel riskleri etkileyen bir çok faktör ve her faktörün de etkilendiği bir çok alt faktör bulunmaktadır. Çevresel risklerin bu karmaşıklığı dikkate alınarak risk değerlendirme yaklaşımında buna uygun bir yöntemin seçilmesi gerekmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), bir çok faktörden etkilenen karmaşık problemlerin çözümüne sistematik bir bakış açısı ile yaklaşmayı sağlamaktadır. Bu yöntem çevresel riski, risk faktörlerinin riske olan katkılarını da ortaya koyarak değerlendirme imkanı sunmaktadır. Bu nedenle bulanık mantık ile birlikte kullanılması düşünülmüştür.

Eksik, tutarsız, belirsiz ve şüpheli (örneğin; zehirlilik hakkında maddenin çözünürlüğünden yorum çıkarma gibi) bir veri grubu için insan düşüncesinin dilselliği bulanık mantık teorisi ile modellenebilir ve benzeşim elde edilebilir. Bu nedenle, bulanık mantık karmaşık problemler için rasyonel ve iyi düşünülmüş sonuçlar sağlamaktadır (Musee ve diğ., 2008). Göstergeler arasındaki ilişkinin tam olarak anlaşılabilmesi durumunda bu ilişkinin doğru bir şekilde formül ile ifade edilmesi zordur. Bu ilişkiler genellikle dilsel olarak ifade edilmekte ve bulanıklık insan düşüncesinin kalitatif yapısından kaynaklanmaktadır. Bulanık mantık, karmaşık sistemlerin ve kararların analizinde kalitatif insan düşüncesini sayısallaştırmak için kullanılan bir araç olarak görülebilir. Burada kalitatif tabanlı düşünce, 'EĞER-İSE' (*IF-THEN*) bulanıklaştırma kuralları ile gerçek sayılara dönüştürülmektedir (Liu ve Lai, 2008). Bulanık karşılaştırma yönteminin, bulanık sınırlar içeren problemlerin çözümünde ve değerlendirme sonuçları üzerindeki izleme hatalarının etkisini kontrol etmede etkili olduğu kanıtlanmıştır (Li ve diğ., 2007). Mühendislik biliminde de yaygın olarak kullanılan bulanık kurallar; uzman görüşleri, sözel ifadeler ve sistem değişkenleri arasındaki ilişkiden çıkarılmaktadır. Bilginin gerçek kısmı olan sözel değişkenlerin kullanılması ise belirsizlik problemini ortaya çıkarmaktadır. Çevresel sistemlerin modellenmesinde önemli belirsizlikler vardır ve bunlar;

- bir olayın olma eğilimi,

- olay hakkındaki uzman görüşü,
- bilginin güvenilirliği (ölçümlerin kısıtlarından ve belirsiz terminolojiden kaynaklanan),
- genel kurallardan sapan durumlar (kural bilinmiyor olabilir yada uygulamak için oldukça karmaşıktır),
- bir sözelliğin sayısallaştırılması

olarak belirlenmektedir (Borri ve diğ., 1998).

Bulanık mantık risk değerlendirme için önemli bir araç olarak görülmektedir, çünkü çevresel politikaların görünen karmaşıklığına rağmen belirsizlik içeren problemler bir 'eğer-ise' kurallar topluluğu ile modellenenmektedir. Buna karşın dilsel haldeki veya terimler halindeki risk değerlendirme sonuçlarının, karar vericiler ve halk tarafından anlaşılır bir yaklaşımla sunulması da çok yararlıdır (Darbra v.d., 2008).

Yukarıda açıklanan çalışmaların, yöntemlerin ve değerlendirme şekillerinin özellikle tehlikeli maddelerin kullanımından kaynaklanan çevresel riskleri değerlendirmede somut, kolay anlaşılabilir veya sayısal modelleri gerektirdiği anlaşılmaktadır. Çevresel risk değerlendirme kapsamında ekosistemlerin ve ilgili maddelerin sayısız oranda etkileşim faktörü ile değerlendirilmesi problemin esasını teşkil etmektedir. Öte yandan risk değerlendirme ile elde edilen risk karakterizasyonunun çevresel etki değerlendirmeye esas olduğu düşünüldüğünde, karar vericilere ve hukuksal çerçeveye dilsel ve insani düşüncenin ortaya koyduğu belirsizliklerle değil somut sayısal verilerin desteklediği bir model sunulmalıdır. Somut verilerle değerlendirilen herhangi bir izinli ve planlı faaliyetin sistematik bir yaklaşımla çevre yönetimini daha kolay yapabileceği de açıktır. Bu bağlamda gerek çevresel etki değerlendirmenin ve risk değerlendirmenin temel kriterlerini çevresel etki değerlendirmeye ilişkilendirmede ve gerekse çevre yönetim sistematığına yardımcı olacak somut verileri üretmede yararlı olacaktır. Bu çalışmada, sözel düşünceleri sayısallaştırmada klasik mantık yerine bulanık mantık ve AHP yöntemleri kullanılarak yukarıda tanımlanan problemin çözümüne çalışılmıştır.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada sayısız tehlikeli madde için özellikle endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan çevresel etkilerin değerlendirilmesine, çevre yönetim sistematığıne esas olan çevresel risk değerlendirme prosesine yararlı olabilecek risk büyüklükleri, risk faktörleri ve bunlardan elde edilebilecek katkı payları gibi verileri üretmek amaçlanmıştır.

183,000 farklı isimle 33,000-63,000 adet olduğu bilinen ve tehlikelilik özelliği ile tanımlanan ve yaşamın her anında yer alan bu kimyasalların farklı amaçlarla gruplandırılması ve derecelendirilmesine karşın çevresel boyuttan bir değerlendirme yapabilmek için çevresel risk potansiyellerini değerlendirmek bu amaca esas alınmıştır. Potansiyel riskleri çevresel etkileri açısından değerlendirip risk yönetimine sayısal veri üretmek uygun yönetim biçimi için gereklidir.

Bu amaç çerçevesinde sayısal bir model ile değerlendirme yapmanın zorluğu göz önüne alınarak öncelikle;

- Çevresel risk değerlendirme yöntemi araştırılmış,
- Risk değerlendirme sonucunda elde edilen risk kestirimi ve risk takdiri ile risk karakterizasyonunun sayısallaştırılması gerektiği ortaya konmuştur.
- Risk değerlendirme sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan tehlikeli madde özellikleri ortaya konmuştur.
- Öznel sayılarla yapılan modeller ve karakterizasyondaki belirsizlikler bulanık mantık yöntemi ve risk değerlendirmedeki çok değişkenliliğin yarattığı karmaşıklık ise AHP ile çözümlenmeye çalışılmıştır.
- AHP ile tehlikeli maddelerin bütününe çevresel akıbeti uygun atamalarla şebekelendirilmiş ve risk faktörlerinin bu proste sayısal değerlere ulaştırılması sağlanmıştır.
- AHP' deki atama düzeyleri için bulunacak olan öncelik puanları AHP yönteminin temel adımları ile hesaplanmıştır. Bulanık çıkarım modelinden yararlanılarak risk büyüklüğü, riskin sınıfı ve üyelik derecesine ulaşılmış ve hem dilsel hem de sayısal veriler olarak risk yönetimine sunulmuştur.

- Örnek uygulama için özellikleri yakın olan 7 adet tehlikeli madde seçilerek önerilen yaklaşımla adı geçen büyüklükler ve üyelik dereceleri elde edilmiştir. Bu maddelerden biri için farklı bir ekosistem belirlenerek önerilen yaklaşım tekrar uygulanmış ve bu yaklaşımın kıyaslama aracı olarak kullanılabilceğı gösterilmiştir.
- Örnekleme ile varılan sonuçların bilinen sayısız tehlikeli madde için genel bir sınıflama ve derecelendirme sistemi ile risk değerdendirme adımlarına yararlı olabilecek bir modele uygulanması önerilmiştir.

Çalışmada kullanılan yöntemler ile insan düşüncesinin sayısallaştırılması sonucu elde edilen verilerin çevre mühendisliğı alanında önemli bir sistematik olan çevre yönetim sistematiğine yönetim alternatifleri getirmesi ve çevre etki değerdendirme sürecinin içinde bu alternatiflerin entegre edilerek çevresel etki değerdendirmenin olumsuz yönlerinin giderilmesi umut edilmektedir.

2. ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRME

2.1 Çevre Yönetimi

Çevresel risk değerlendirme sürecinin önemini ve nerelerde kullanıldığını tespit etmek üzere çevre yönetimi hakkında bilgi verilmektedir.

2.1.1 Çevre yönetiminin tanımı

Çevre yönetim sistemi, bir organizasyonun çevre boyutlarını ele almak için oluşturulan sistematik bir yaklaşımdır. Türü ya da boyutu ne olursa olsun bir organizasyonun faaliyetlerinin, ürünlerinin ya da hizmetlerinin çevre üzerindeki etkilerini kontrol etmeyi sağlayan bir araçtır (Url-3).

Çevre yönetim sistemi, bir organizasyonun çevresel gerekliliklerini yerine getirebilmesi için faaliyetlerini; planlama, uygulama, kontrol etme ve düzeltme (PUKO) döngüsünü esas alarak gerçekleştirdiği sürekli bir döngüdür. İşletmenin sistematik olarak incelenmesi ve olumsuzlukların düzeltilmesi, çevre performanslarının iyileşmesini sağlamaktadır. Çevre yönetim sistemlerinin çoğu, (ISO 14001 dahil) PUKO döngüsü esas alınarak oluşturulmuştur. Bu model sürekli gelişme kavramını gerçekleştirmeyi sağlamaktadır (Stapleton ve diğ., 2001).

2.1.2 Çevre yönetiminin amacı

Çevre yönetim sistemleri, işletmenin çevre performansını yönetmeyi ve iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Buna göre çevre yönetiminin amacı şu şekilde özetlenebilir(Url-4):

- Risklerin yönetimini ve çevre kanunları ve yönetmeliklerine uyumu sağlamak
- Etkin uygulamaları ile finansal kazanç getirebilmek
- Çalışanların, müşterilerin ve daha bir çok paydaşın itibarını ve saygısını kazanmayı sağlamak

2.1.3 Çevre yönetim standartları

Çevre yönetim standartları arasında en çok bilenenler aşağıda sıralanmıştır (Olson, 1999):

- BS 7750 İngiliz Ulusal Standardı (British National Standard)
- EMAS Çevre Yönetim ve Denetim Çerçevesi (Environmental Management and Audit Scheme)
- I. S. 310 İrlanda Ulusal Standardı (Irish National Standard)
- ISO 14001 Uluslar arası Standart Organizasyonu (International Standard Organization)
- UNE 77-801 (2) İspanya Ulusal Standardı (Spanish National Standard)

Bu standartların hepsi performans tabanlıdır ve hava alanlarından üretim tesislerine kadar tüm işletmelerin uygulamasına açıktır. Sadece EMAS, standardın yalnızca endüstriyel tesisler için uygulanabileceğini belirtmektedir. Bu standartlar, bir çevre yönetim sisteminin gereklerinden öte çevre politikası, amacı ve programı istemektedir. Çevresel etkileri düşürmek için, planlanan faaliyetlerin tümü çevresel açıdan maksimum performansı yakalama amacına hizmet etmelidir (Olson, 1999).

2.1.3.1 Çevre Yönetim ve Denetim Çerçevesi (EMAS)

EMAS, gönüllülük esaslı bir kuruluş olup kuruluş amacı şirketlerin çevre performansını arttırmaktır. Minimum yasal zorunluluk sınırlarına bağlı kalmayıp sürekli olarak çevresel performansını arttıran organizasyonları belirlemek ve ödüllendirmek amacıyla oluşturulmuş bir standarttır (Jones ve diğ, 2005). Bu standart; üye organizasyonlarına, doğruluğu ve güvenilirliği tarafsız bir çevre denetçisi tarafından kontrol edilen halka açık periyodik bir çevresel rapor hazırlama zorunluluğu getirmektedir. Bu nedenle standarda üye olan işletmeler güvenilirliklerini ve ünlerini arttırmaktadır (Url-5).

Bu sistemde başlangıçta bir politikanın oluşturulması, gerçekleştirilen faaliyetlerin çevresel etkilerinin ölçülmesi ve raporlanması, oluşturulan politikaya ulaşmak için yapılan programların gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla yönetim yapısının belirlenmesi ve kontrol edilmesi ve yıllık olarak ulaşılan hedeflerin halka açık olarak raporlanması esastır (Olson, 1999).

2.1.3.2 ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri

ISO (International Standard Organization), üretim, iletişim, ticaret ve danışmanlık sektörleri için zorunlu olmayan standartlar oluşturmuştur. Çevre yönetimi için oluşturulan standart serisi ise ISO 14000 serisidir. Serinin amacı ulusal ve uluslararası ticaretin çevrenin korunması konusunda uluslararası bir standarda uymasını sağlamaktır. ISO 14000 serisi için oluşturulan 5 ana standart şunlardır (Sonnemann ve diğ., 2004):

- ISO 14001-04 : Çevre yönetim sistemleri – Genel kılavuzlar- prensipler, sistemler, destekleyici teknikler
- ISO 14010 – ISO 14012 : Çevre denetim kılavuzları
- ISO 14020 – ISO 140024 : Çevresel etiketler ve açıklamalar
- ISO 14031 : Çevresel performans değerlendirme- rehberler
- ISO 14040 – ISO 14043 : Yaşam döngüsü analizleri

ISO, çevresel politikaların, amaçların, hedeflerin ve prosedürlerin oluşturulmasını gerekli görmektedir. Bu nedenle uygulayıcılar için bir kılavuz oluşturmuştur. ISO 14000 standartlar serisi bir çevre yönetim sistemini beş bileşenle tanımlamaktadır (Mathews,2003):

- 1) Plan: Çevre yönetim sistemlerinin başlangıç noktası çevre politikasının oluşturulmasıdır. Çevresel etkiler ve uyulması gereken gereklilikler belirlendikten sonra bu etkilerin en aza indirilmesi için hedefler ya da amaçlar oluşturulur.
- 2) Uygulama: Oluşturulan hedeflerin tutturulması için amaç doğrultusunda belirlenen etkinliklere uygun prosedürler hazırlanır. Çevre politikası, organizasyonun tabii olduğu yönetmelikler, faaliyetlerin prosedür ve protokolleri, izleme ve ölçme kayıtları dokümanite edilmelidir. Dokümanlar, belirlenen etkinlikleri ve organizasyondaki kişilerin bu etkinliklerdeki görevlerini tanımlar.
- 3) Kontrol: Çevre yönetim sisteminin bileşenleri değerlendirilir. Daha önce gerçekleşen ve çevresel bir etki oluşturan problemin nedenleri incelenebilir. Çevresel performansı değerlendirme fırsatı elde edilir. Çevresel performans ölçütleri gözden geçirilir.

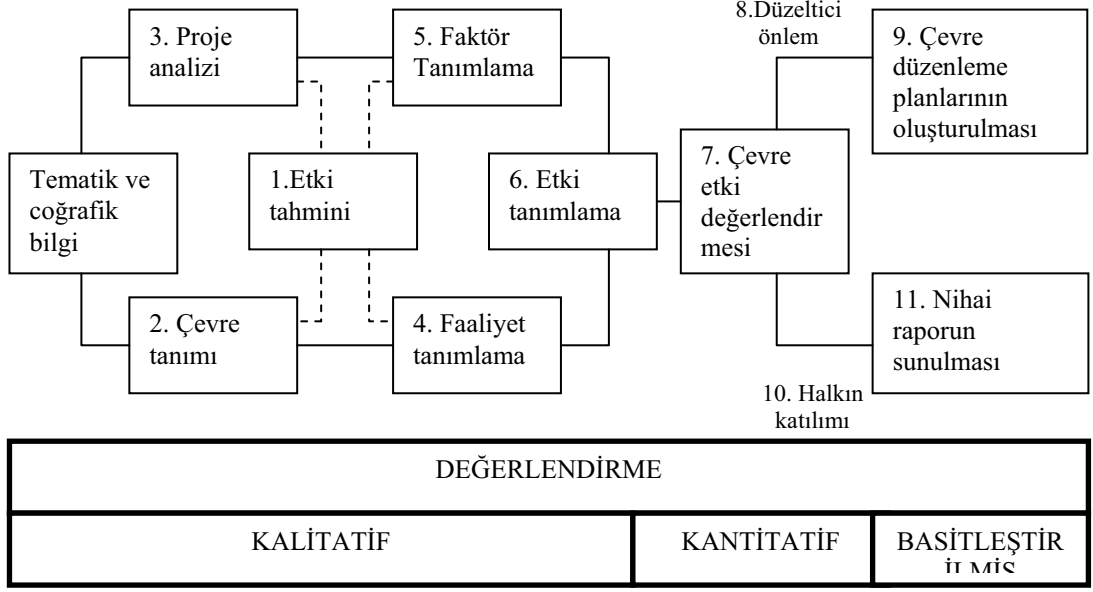
4) Düzelt: Organizasyonun tüm kademelerindeki etkinliklerinin çevresel etkilerini anlatmak için bir çok kademede eğitim ve bilgilendirme yapılır. Eğitim, çalışanların sorumlulukları ve performansı ile ilgili özel dersleri içerir. Bilgilendirme, tüm çalışanlara çevre politikasını ve işlerinin çevreye olan etkilerini öğretmeyi kapsamaktadır. Tedarikçilere, müşterilere hatta topluma bilgilendirme yapılabilir.

2.1.3.3 Çevre Etki Değerlendirme (ÇED)

Herhangi bir projeyi ya da faaliyeti gerçekleştirmenin neden olacağı çevresel etkileri kestirmek için kullanılan teknik araştırma sistemleridir. İlgili faaliyetten kaynaklanabilecek çevre üzerindeki etkilerin sonuçlarını belirlemek için oluşturulan analitik bir prosedürdür. Belirli faaliyetlerin insan hayatı ya da çevre kalitesi üzerindeki etki ya da sonuçlarını öngörme, tanımlama, belirleme ve düzeltmeyi amaçlayan disiplinler arası teknik bir yöntemdir (Sonnemann ve diğ., 2004).

Bu aracın geliştirilmesinin amacı, insan faaliyetlerinin yararını en büyüklerken olumsuz etkileri en aza indirmek ya da önlemektir. Yeni kurulan tesisler için yer seçimi yapmak amacıyla sayısal bir risk değerlendirme yapmak çevresel etki değerlendirme sürecinin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bazı durumlarda sayısal risk değerlendirme yasal bir zorunluluk da olabilmektedir. Sağlıkla ilgili ve çevresel risk değerlendirmelerin çevre yönetimi kararlarında ve düzeltici önlem planlarında kullanılması bir çok yerde önemli bir yasal gereklilik haline gelmektedir (Sonnemann ve diğ., 2004).

Karar verme planlarında ve gelişme uygulamalarında çevresel boyutların dikkate alındığını göstermek ise çevre etki değerlendirmenin ana amacıdır. Çevresel etki değerlendirme çalışmasının adımları Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Çevresel zararlara maruz kalma riskini oluşturan faktörlerin belirlenmesi bu sürece dahil edilebilmektedir. Çevresel tehditlerin belgelendirilmesi, mevcut risklerin analizi ve ilgili faaliyetin sonucunda oluşan halk sağlığı risklerinin analizi de bu sürecin kapsamına girmektedir. İlk altı adımda kalitatif değerlendirme yapılırken 7. adımda sayısal bir değerlendirme yapılmaktadır. 8. ve 9. adım da sayısal değerlendirmeye katılmaktadır. 10. ve 11. adımda sonuçlar basitleştirilerek sunulmaktadır (Sonnemann ve diğ., 2004).



Şekil 2.1: Çevresel etki değerlendirme süreci için genel bir çerçeve (Sonnemann ve diğ., 2004).

2.2. Risk Tanımı

İnsanları veya durumları tanımlamak için günlük dilde yaygın olarak kullanılan risk deyimi; tesadüfi sonuçları, tehlikeyi veya fırsatı ifade edebilmektedir. Örneğin, riskli iş karanlık uğraşlar anlamına gelmektedir; risk alıcı, cesur, güvenli ve gözü pek bir kişiyi tarif etmektedir; risk sevmeyen, riskten çekinen birini tanımlarken risksiz, hiçbir belirsizlik ya da olumsuz sonuç içermeyen etkinlikleri tanımlamaktadır (Moore, 2007).

Beslenmek, güneşlenmek veya sigara içmek gibi insanlar tarafından gönüllü olarak yapılan faaliyetlerin çoğu yaşamdaki risklerin kaynağını oluşturmaktadır. İnsanlar belirli riskleri kabul etmektedir çünkü bu riski oluşturan davranıştan ya da durumdan fayda da sağlayabilmektedir. Örneğin, bir yatırımcı kar etmeyi umarak paralarını borsada riske etmektedir. İnsanlar depreme veya kasırgaya karşı dayanıksız yerlerde yaşamayı seçebilmektedir, çünkü güzel iklimler genellikle bu bölgelerde görülmektedir. İnsanların hayattaki bir çok riski kabul etmesinin başka bir nedeni ise bu risklerin hem olağan hem de uzak görülmesidir. Caddede karşıdan karşıya geçmek, ilaç kullanmak, araba kullanmak, uçakla uçmak gibi günlük etkinlikler bile bir derece risk taşımaktadır, fakat insanlar tarafından güvenli olarak kabul edilir ve gerçekleştirilirler. Bu etkinlikler bildik ve rutin olduğu için tehdit edici olarak algılanmamaktadırlar (Moore, 2007).

Risk için farklı kaynaklarda yapılan tanımlar aşağıda özetlenmiştir:

Risk, kimyasal ya da fiziksel bir maddeye maruz kalma sonucunda belirli koşullar altında zararlı bir olayın oluşma olasılığıdır (Duffus ve Worth, 1996).

Risk, bir madde veya olayın belli koşullar altında ortaya çıkaracağı olumsuzluğun olasılığıdır. Riskin iki bileşeni, olumsuz bir olayın meydana gelme olasılığı ve bu olumsuz olayların sonuçlarıdır (Talınlı ve diğ., 1999).

Belirli bir zararın meydana gelme durumu ile bir olayın istenmeyen sonuçlarının şiddetinin frekansı ya da olasılığının kombinasyonudur. Risk; insan sağlığına, çevreye, mala veya değerli herhangi bir şeye etki edecek bir olumsuzluğun olma olasılığının ve şiddetinin ölçümü şeklinde ifade edilen tahrip veya yok olma ihtimalidir (Dick ve diğ., 1999).

Risk; istenmeyen sonuçlara maruz kalma olarak tanımlanabileceği için iki boyutu vardır: maruz kalma ve istenmeyen sonuçların doğası. Bir olayın olma olasılığı ve bu olayın çıktıkları ya da sonuçları riski ilgilendiren iki boyuttur. Bu iki boyut arasındaki ilişkinin sistematik olarak incelenmesi kullanışlı ve gerçekçi bir risk değerlendirme için esas teşkil eder (Lia ve diğ., 2007).

Risk, tanımlanan bir tehlikenin olma olasılığı veya frekansı ile bu tehlikenin sonuçlarının büyüklüğünün bir kombinasyonudur (Sonnemann ve diğ., 2004).

Herhangi bir tehlikeli olayın olma olasılığı ya da sıklığı ile bu olayın sonuçlarının birleşimidir (Wessberg ve diğ., 2007).

2.3 Çevresel Risk

Sonuçları; insan sağlığı, yaşam koşulları ve çevreyi, toprağı, yüzeysel suları, yer altı suyunu, havayı, iklimi, flora ve faunayı, biyolojik çeşitliliği, toplum yapısını, binaları, manzarayı, şehrin görüntüsünü, kültürel mirası ve bu bileşenler arasındaki ilişkiyi etkileyen riske çevresel risk denir (Wessberg ve diğ., 2007). Araba kullanmak veya sigara içmek gibi bazı riskler iyi tanımlanmıştır. Otomobil kazaları ile ilgili büyük miktarda bilgi ve istatistik bulunması bir otomobil kazasında ölme riski hakkında fikir yürütülmesini sağlamaktadır. Sigara içmek ve hastalıklar hakkındaki çok sayıda veri, sigara içmenin sağlık riski taşıdığını göstermektedir. Buna rağmen bazı riskler belirsizliklerle örtülü kalmaktadır. Bir çok çevresel risk, bu

kategoriye girmektedir. Çevresel risk, çağın bir gerçeğidir. Sentetik kimyasallar, tüketici ürünleri, enerji ve atıklar kimyasal kontaminasyon, kirlenme ve çevresel ayrışma yolu ile yeni riskler oluşturmaktadır. Kimyasal madde dökülmeleri veya patlamaları gibi çevresel felaketler, üretim ya da depolama tesisi civarında yaşayan milyonlarca insanı tehdit etmektedir (Moore, 2007).

Çevresel risklerin ana karakteristiği genellikle istem dışı olmalarıdır. İnsanlar, yiyecekleriyle ya da sularıyla böcek ilaçlarını ya da endüstriyel çözücü gibi kimyasalları yutmak, işyerlerinde tehlikeli kimyasallara maruz kalmak, kirli havayı solumak veya nükleer kazalara maruz kalmak istemezler. Bu çevresel riskler, halk sağlığını korumakla mükellef yasa yapıcılar için problem oluşturmaktadır. Bu risklerin sağlık etkileri hakkında sınırlı bilgiye ulaşılabilmektedir. Sonuç olarak, halk sağlığını korumak için gerçekleştirilen girişimlerde çeşitli devlet kurumlarının bu potansiyel tehlikelerin neden olduğu risk derecelerini belirlemek üzere inceleme yapması gerekmektedir. Bu riskleri anlamak ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini sayısallaştırmak için yapılan çalışmalar risk analizi alanına girmektedir (Moore, 2007).

2.3.1 Risk karakteristikleri

Risk bir çok tanımlayıcı karakteristiğe sahiptir. Riski en iyi tarif eden iki özellik belirsizlik ve bilinmeyenliktir. Risk, riskin ne zaman oluşabileceği yönündeki belirsizlik ile birlikte istenmeyen bir olayın olabilirliği olarak da tanımlanabilir. Riskin tanımları belirsizlik ve bilinmeyenlik kavramları üzerine yoğunlaşmaktadır. Diğer risk karakteristikleri arasında riskin aniden veya gecikmeli olarak gerçekleşmesi, gönüllülük esaslı veya istem dışı doğası ve gelecek nesillere olan potansiyel tehdidi sayılabilir. Risk, genellikle hastalık ya da ölüm ihtimalini belirten hastalık ya da ölüm oranı ile ifade edilmektedir. Belirli risk karakteristikleri, insanlarda bilinen ya da istenilen risklerden daha büyük etkilerin oluşmasına neden olabilir. Bir çok çevresel risk, bilinmezlik ve şiddetli etkiler oluşturma karakteristiklerine sahip olduğu için riske maruz kalmanın sonuçları endişe oluşturmaktadır. Risk analizi; risk hakkında bilgi oluşturduğu, potansiyel sağlık etkilerini ortaya koyduğu ve riski sınırlamak ve yönetmek amacıyla yöntemler düzenlediği için bu kaygıyı ortadan kaldırmanın bir yoludur (Moore, 2007).

2.3.2 Çevresel risk analizi

Kaza emisyonlarının, tehlikeli olayların ve risklerin tanımlandığı, sistematik olarak değerlendirildiği ve çevresel risk yönetimi için önerilerin sunulduğu bir süreçtir (Wessberg ve diğ., 2007). Risk analizi, son iki yüzyıldan beri organize bir çerçevede gerçekleştirilmektedir. Sistematik ve güvenilir bir risk değerlendirme modeli ile çevresel zarar potansiyeli ve insan sağlığını tehdit eden unsurlar verimli bir şekilde değerlendirilebilmektedir. İyi bir risk değerlendirme prosedürü için gerekli maliyet, çevresel zararlar nedeniyle oluşabilecek büyük maliyetler nedeniyle katlanabilir bir seviyede kalmaktadır. Çevre Kalitesi Konseyi'ne göre (Council of Environment), riski oluşturan faktörler şunlardır (Achour ve diğ., 2005):

- bir olayın olma olasılığı, (zehirli maddenin deşarj edilme ya da yayılma olasılığı)
- bazı olaylara bağılı olarak zehirli maddenin yayılma olasılığı
- çevrenin mevcut koşullarının zehirli maddelerin olası miktarlarını, konsantrasyonlarını, taşınmasını ve kaderini kısmen de olsa etkilemesi
- çevreye yayılan zehirli maddelere, kişilerin, toplumların ya da ekosistemlerin maruz kalma olasılığı
- insanların ya da çevrenin, çevreye salınan zehirli maddelere maruz kalması durumunda zarar görme olasılığı

2.3.2.1 Risk analizinin oluşturulması ve amacı

Risk analizi, bir tehlikenin insan sağlığı üzerindeki etkilerini karakterize etmek için bu tehlike hakkındaki bilgileri gözden geçirme sürecidir. Bu süreçte bilimsel çalışmalar gözden geçirilir, riskin özellikleri ortaya konur, insanın maruz kalma derecesi ve dozu, riskin olabilirliği, etkisi ve uzantısı hakkındaki sonuçlar değerlendirilir. Risk analizi, bu yöntemler uygulandığı sürece araştırmacıların çevresel riskin şiddeti ve sonuçları hakkında bir sonuca varmalarını sağlamaktadır (Moore, 2007).

Risk analizi, modern, teknoloji bazlı riskleri anlamak için son 30 yıldan beri kullanılmaktadır. Çevrenin, devlet, bilim ve kamu sektörü tarafından giderek artan bir ilgi görmesi ile ortaya çıkmıştır. Rachel Carson tarafından 1962 yılında çıkarılan

‘Sessiz Bahar’ isimli roman çevresel konular hakkında bir endişe oluşmasına neden olmuştur. ‘Love Canal’, ‘Three Mile Island’ gibi kazalar ve İtalya’ nın Seveso, Hindistan’ ın Bopal kentinde meydana gelen kimyasal kazalar gibi çevresel krizler, bu çevresel risklerin etkileri üzerine araştırmaların başlamasını sağlamıştır. Amaç, bu tehlikelerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek ve bu risklerin üstesinden gelebilmek için yöntemlerin geliştirilmesidir (Moore, 2007).

Risk analizi alanı, modern dünyadaki bir çok değişikliğe bir tepki olarak geliştirilmiştir. Öncelikle, bugün toplumun karşılaştığı risklerin sayısı, geçmiş zamanlara göre önemli ölçüde artmıştır. Örneğin, endüstri ve üretim proseslerinde, tüketici ürünlerinde, ev eşyalarında 70000 sentetik kimyasal kullanılmaktadır. Bu maddelerin çoğu için çok az detaylı risk bilgisi mevcuttur. İkincil olarak ise teknoloji riski ölçme kabiliyetini arttırmıştır. Risk analizinin devam eden gelişimi kapsamında sağlık açısından iyi olduğu bilinen ürünler için bile tehlike analizi yapılmaktadır. Üçüncü olarak, çevresel riski doğrudan ya da dolaylı olarak inceleyen devlet kurumlarının sayısı artmıştır. Dördüncü olarak, son 30 yılda çevreyi ve insan sağlığını ilgilendiren kanun ve düzenlemelerin sayısı önemli ölçüde artmıştır. Bu kanunların bazıları, risk yönetimini ve bilginin yayılımını büyük ölçüde değiştirmiştir. ‘The Superfund and Reauthorization Act of 1986 (SARA)’, toplumun kimyasallarla ilgili acil durumlara hazırlıklı olmasını ve kimyasallarla ilgili bilgilere ulaşımını garanti altına almıştır. Son olarak, halkın çevresel risk konusundaki ilgisinin artması riskleri sayısallaştırma çalışmalarını tetiklemiştir. Sivil toplum grupları ve halk hareketleri, halkın çevresel konulara yerel ve ulusal düzeyde katılmasını sağlamıştır. Risk analizinin gelişimi, yaşamımızla ilgili çevresel tehlikelerin ve risklerin etraflıca aydınlatılmasını ve aynı zamanda çevresel konular hakkında halkın bilincinin artmasını sağlamıştır (Moore, 2007).

Riskin detaylı kalitatif ve kantitatif tanımı; ilgili çalışma bilgileri bir araya getirilerek, önemli faktörler dikkate alınarak ve risk hakkında bir sonuca varılarak yapılabilir. Risk analizinde elde edilen risk tanımı, yönetimin karar verme sürecinde, çevre ve halk sağlığı politikaları geliştirmede kullanılabilir. Radyasyona maruz kalma nedeniyle oluşabilecek kanser vakalarını tahmin etmek için risk analizi kullanılabilir. Risk analizi, halk gruplarının bilinçli karar vermelerini ve toplumdaki riskleri ve yararları değerlendirmesini sağlar (Moore, 2007).

2.3.2.2 Risk analizi araçları

Risk analizi, riski karakterize etmek için bir çok bilimsel disiplinden faydalanmaktadır. Riskin doğru bir resmini oluşturmak için önemli miktarda hem kalitatif hem de kantitatif bilgi gerekmektedir (Moore, 2007). Çizelge 2.1’de risk analizi yöntemlerinin sınıflarını gösteren bir özet yapılmıştır.

Khan ve Abbasi (2001), kimyasal proses kullanan bir endüstri için optimum risk analizi (ORA) yöntemi ile risk değerlendirme yapmıştır. ORA, muhtemel kazaları kimyasal ve proses karakteristiklerini esas alarak modellemeyi, bu kazaların oluşma modunu değerlendirmeyi, detaylı sonuçların ve risk faktörlerinin tahminini sağlamaktadır. Bu çalışmada HIRA (Tehlike Tanımı ve Sıralama Analzi) risk analizinin ilk adımıdır. Potansiyel tehlikeleri barındıran kimyasallar ve prosesler belirlenir. Tehlike potansiyeli; malzemenin, kapasitenin, temel işlemin türünün, işletme koşullarının ve çevrenin bir fonksiyonu olan bir birimle ifade edilmiştir. Yangın ve patlamalar için Yangın Patlama İndeksi, zehirli madde salınımı için Zehirlilik Zarar İndeksi bu adımın sonucu olarak elde edilmektedir. Bu indeksler Dow, Mond şirketlerinin ve IFAL (anlık oransal kayıp) indekslerinden daha avantajlı ve sistematiktir. Ayrıca, daha çok gösterge kullandığı ve sayısallaştırdığı için daha güvenilir bir sonuç çıkarmaktadır. HIRA yöntemi, uygulaması kolay, modüler yapıda ve otomatikleştirilebilir bir yöntemdir. HAZOP bu adım için en iyi yöntemdir. Uzman bir grubun beyin fırtınası yaparak normal durumdan sapan işletme parametrelerini tartışıp tehlikelerin tanımlanmasını ve değerlendirilmesini içerir. Hata ağacı analizi ile kazanın nedenleri, oluşma sıklığı ve her bir nedenin kazanın oluşumuna katkısı belirlenebilir. Çok sayıda veri ve zaman gerekmektedir. Monte Carlo simülasyonu ve analitik yöntemlerle bulanık küme teorisi birleştirilmektedir. PROFAT (Probabilistic Fault Tree Analysis) yöntemi geliştirilmiştir. Kazaların başlamasına neden olan olaylar, bir kazanın başlamasına neden olan başlangıç olayları serisi, bu olayların oluşma olasılığı, her olayın kazaya katkısı bulunmaktadır. Sonuç Analizi, muhtemel kaza sonuçlarını değerlendirmektedir. Sonuçlar, zararın çapı, varlıklara olan zararlar ve zehirli etkiler çerçevesinde sayısallaştırılmaktadır.

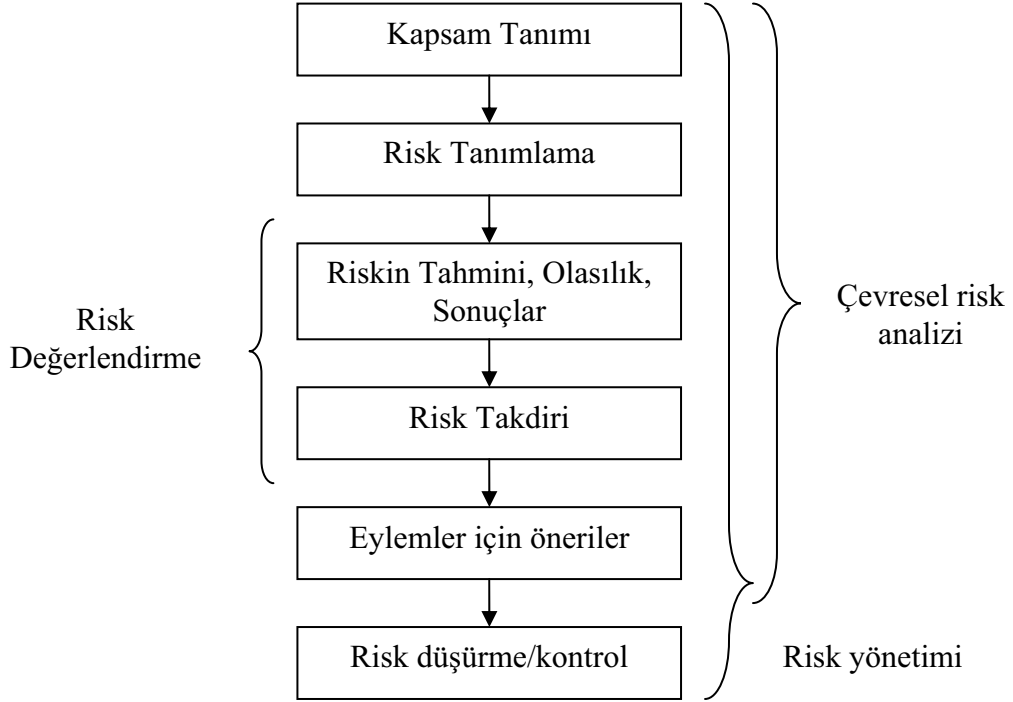
Tehlikeli maddelerin salınım hızları, patlama dereceleri, buharlaşma hızları kaynak modelleri ile bulunup; etki şiddeti modelleri kullanılmıştır. Zehirli gaz modelleri ile insanların tepkileri tahmin edilmiştir. MOSEC (MOdelling and Simulation of Fire and Explosion in Chemical process industries), HAZDIG (Hazardous dispersion of gases)

Çizelge 2.1: Risk analiz yöntemlerinin sınıflandırılması (Arunraj ve Maititi, 2007)

Yöntem Türü	Deterministik	Probabilistik	Deterministik ve Probabilistik
Kalitatif	Eylem hata analizi, Kontrol listeleri, tehlike kavram analizi, Hedefe yönelen hata analizi, Tehlike ve işletilebilirlik (HAZOP), Hata türü etki analizi (FMEA), İnsan tehlike işletilebilirliği (HumanHAZOP), Tehlike tanımlama sistemi (HAZID), Ana mantık diyagramı, Optimum tehlike ve işletilebilirlik(OptHAZOP), Tesis seviyesinde güvenlik analizi(PLSA), Öncül risk analizi, Proses tehlike analizi (PHA), Güvenilir blok diyagram (RBD), Görev analizi, “Eğer böyleyse” analizi, Risk matrisi	Delphi Tekniği, Uzman görüşleri, çabuk sırlama	Maksimum tolere edilebilir kaza analizi, SCHAZOP, Yapısal güvenlik analizi (SRA)
Kantitatif	Kaza tehlike indeksi, Kimyasal tükenme reaksiyonu tehlike indeksi (CEI), Dow’ s kimyasal patlama indeksi (FEI), Yangın ve patlama zarar indeksi, Tehlike tanımı ve sıralaması (HIRA), Olağan oransal yıllık kayıp (IFAL), Reaktivite risk indeksi (RRI), Güvenlik ağırlıklı tehlike indeksi (SWcHI), Zehir zarar indeksi (TDI)	Olay ağacı analizi(ETA), Hata ağacı analizi (FTA), Petri testleri, Olasılık hata analizi (PROFAT), Bulanık hata ağacı analizi, risk bütünleştirme	Yöntem bazlı sistematik risk analizi (MOSAR), Kantitatif risk analizi (QRA), Çabuk risk analizi, Olasılıklı risk analizi (PRA), Uluslar arası çalışma grubunun risk analizi (ISGRA), Optimum risk değerlendirmesi (ORA), IDEF yöntemi
Yarı kantitatif	Domino etkisi analizi, Koruma katmanları analizi (LOPA), Tahmini risk indeksi, Dünya sağlık örgütü (WHO), Risk öncelik değeri	IAEA-TECDOC-727, Bakım analizi, yarı kantitatif hata ağacı analizi, kısa risk değerlendirmesi	Güvenlik analizi, Hata türü etki kritiklik analizi (FMEAC), Tesis risk gözden geçirmesi (FRR)

DOMIFFECT (DOMino EFFect analysis) programları kullanılmıştır. Risk değerlendirme sonuçları iki farklı risk faktörü formunda temsil edilmektedir. FN eğrileri (oluşma frekansı-ölüm sayısı) veya risk kontörleri kullanılır. Risk kontörlerinde, Y eksenini kümülatif oluşma olasılığını, X eksenini zarar derecesini gösterir. En çok kullanılan ve en önemli yöntemdir.

Wessberg ve diğ. (2007), çalışmalarında kaza yolu ile emisyonlarının oluşmasının olasılığını belirlemede ve farklı sonuçlar açısından analiz etmektedir. Çevresel risk analizi, önleyici tedbirler alabilen ve alana özgü gerçekleştirilen bir süreçtir. Kazalar oluşmadan önce kaza yolu ile oluşabilecek emisyonları analiz eden çevresel risk analiz yöntemleri “AB Seveso Direktifi” ve “US Right to Know Act” ile önem kazanmıştır. “AB IPPC Direktifi” ile risk analizinin kapsamı tüm çevre bileşenlerini içerecek şekilde genişletilmiştir. Endüstriyel bölgelerde risk analizi gerçekleştirmek için bir rehber oluşturulması amaçlanmıştır. Kontrol listeleri ile risk analizinin adım adım takip edilmesi ve gerekli ip uçlarının kullanıcıya aktarılması sağlanmıştır. Sonuç ve risk matrisi ise, risk tahmini ve değerlendirmesi için yol gösterici olarak hazırlanmıştır. Yöntemde kullanılan terimlerin anlamlarının açıklanması farklı paydaşlar arasındaki risk iletişimini geliştirmektedir. Bu çalışmada kullanılan çevresel risk analizi adımları Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Kapsam tanımı adımı, analizin amacının ve limitlerinin açıklanmasını ve detaylı bir risk analizi için gerekli bilgilerin toplanmasını içermektedir. Analizin amacı, örneğin endüstriyel tesisteki tüm risklerin değerlendirilmesi olabilmektedir. Güvenlik raporları ve planları, kaza istatistikleri, çevre koşulları, endüstriyel alanın dış bölgesinin haritaları ve planı iyi bir risk analizi planı için gereklidir. Kullanılan tüm kimyasallar hakkında bilgi toplanmalı, miktarları ve kullanım yerleri belirlenmelidir. Tüm kimyasal bilgileri bir formda toplanmalıdır. Risk tanımlama adımında, proses çalışanları ile uzmanlar beyin fırtınası yardımıyla beraber muhtemel kazaları tanımlamaktadır. Etkinlik-proses modelleri kullanılarak değerlendirme yapılabilir. Bu model, prosesleri ve içeriklerini tanımlamaktadır. Bu nedenle proses tabanlı bir kontrol listesidir. Her proses, ilgili etkinlikten kaynaklanabilecek bir kaza olup olmayacağı kapsamında ele alınır. Modelde insan faktörleri, teknik ve organizasyonel faktörler dikkate alınmaktadır. Kapsam tanımı adımında toplanan bilgilerden faydalanılır. Risk tahmini, kazalardan kaynaklanan emisyonların olasılıklarının ve sonuçlarının değerlendirildiği ve birleştirildiği tekrarlamalı bir süreçtir. Sonuç matrisi oluşturulur



Şekil 2.2: Çevresel risk analizi çerçevesi ve risk yönetimi ile ilişkisi (Wessberg v.d, 2007)

Sonuçlar orta, büyük ve ciddi olarak sınıflara ayrılmıştır. Bu çalışmada insan sağlığı kapsamında daha çok endüstri dışında yaşayan insanların sağlığı dikkate alınmıştır. Diğer bir problem ise aynı bölgeye yapılan diğer küçük miktarlardaki deşarjların birikimsel etkisinin nasıl dikkate alınacağıdır. Risk kestirimi, sonuç ve olasılık matrisleri özel bir risk matrisinde toplanarak risk kategorileri oluşturulmaktadır. Her bir kategori için risk yönetimi önerileri oluşturulur. Riskler harita üzerinde gösterilmelidir. Önleyici önlemler alındıktan sonra kalan riskler de görülebilmelidir.

2.3.2.3 Risk analizinin kısıtları

Risk analizinin kısıtları arasında belirsizlik, değişkenlik ve çoklu maruz kalmaların etkisi bulunmaktadır. Çevresel risklerle ilgili tüm tahminlerde ve tavsiyelerde belirsizlik vardır. Genellikle, 'sıfır risk' mümkün değildir çünkü risk değerlendirmede yüksek derecede belirsizlik vardır. İnsanlar bir kimyasala maruz kalmanın güvenli sayılabilecek seviyesini kesin olarak bilmek isteseler de, bazı durumlarda gerçek bir kesinliğin sağlanması için madde hakkında çok az bilgi bulunur. Bir çok laboratuvar testlerine ve dikkatli bir risk analizine rağmen bir miktar belirsizlik derecesi kalır (Moore, 2007).

İlave olarak, insanlar arasındaki farklılıklar bir bireyin riskini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Toplumdaki bazı insanlar maruz kalmalara diğer insanlardan çok daha hassastır. Kişilerin, güvenli olarak tanımlanan bir dozdan dahi olumsuz sağlık etkileri geçirmeleri çok muhtemel olabilmektedir. Bu nedenle, belirlenen güvenli dozlar tüm insanları zarardan korumaya yetmeyebilir (Moore, 2007).

Risk analizleri, insanların aynı anda birden çok tehlikeye maruz kaldığını çok nadir dikkate almaktadırlar. Risk analistleri daha çok tek bir maddeye maruz kalma üzerinde odaklanır. Sinerjistik ya da toplamsal etkiler dikkate alınmaz ve doğru olmayan bir risk ortaya konur. Tüm bunlara rağmen, risk analizi, riski anlamak ve ortaya koymak için değerli bir araçtır (Moore, 2007).

2.4 Çevresel Risk Değerlendirme

Çevresel risk değerlendirme insan faaliyetlerinin etkilerini en aza indirmek amacıyla oluşturulan karar verme sürecinin en önemli araçlarından biridir. Risk değerlendirme uzun yıllardır kullanılan bir araç olmasına rağmen çevresel konulara uygulanması daha yakın zamanlara dayanmaktadır. Risk değerlendirmesi, tehlike saçan ve risk arz eden olayların belirlenmesini, bu risklerden kaynaklanacak etkilerin büyüklüğünü iletmeyi ve olayın olma eğilimini tahmin etmeyi içermektedir (Darbra ve diğ., 2008; Duffus ve Worth, 1996).

Ulusal Araştırma Konseyi' ne (National Research Council) göre ise, risk değerlendirme insanların çevresel zararlara maruz kalması durumunda oluşabilecek olumsuz sağlık etkilerinin karakterizasyonudur. Diğer organizmaların maruz kalma etkilerini de dikkate alan NRC tanımı bu yönde genişletmiştir (Achour ve diğ., 2005).

Risk değerlendirme, risklerin ve sosyal değerlerin hem kalitatif hem de kantitatif olarak tanımlanmasını içeren bir süreçtir. Şirketler kurumsallaştıkça ve daha fazla kazalar meydana geldikçe risk değerlendirmeye verilen önem her zaman artış göstermiştir (Khan ve Abbasi, 2001).

Çevresel risk değerlendirme; birey, grup, toplum ve çevre için kabul edilebilir bir risk seviyesini ortaya koyan bilgiyi oluşturma sürecidir. Bilimsel veriler ve analitik metotlar kullanılarak çevresel risklerin yapısı ve boyutu karakterize edilir, beklenen olumsuz etkilere ilişkin tahmin yapılır (Talınlı ve diğ., 1999). Çevresel risk

değerlendirmesi; güvenlik, insan sağlığı ve çevre risklerini bir çerçeve içinde birleştiren bir değerlendirme biçimidir. OECD (Ekonomik Birlik ve Gelişme Organizasyonu), bu üç prensibi bir bütün olarak ele almış ve bu yönde bir yönetim yaklaşımı geliştirmiştir. Bu üç kavramın, çevre yönetimi açısından birbiriyle nasıl kesiştiği Şekil 2.3’de OECD tarafından gösterilmiştir.

SAĞLIK				ÇEVRE	
GÜVENLİK					
Birey Sağlığı Etkisi (E)	İş Hastalıkları	İş Kazaları	Büyük Kaza Riski	Akut Çevresel E	Kronik Çevresel E

Şekil 2.3: Risk değerlendirme öğeleri (OECD,2001).

Değerlendirme tekniklerinin ele aldıkları çevresel konuların türü ve sayısı, ele aldıkları sistemi tanımlama biçimleri, sonuçları ifade ettikleri üslup, kullandıkları indikatör türleri, bu tekniklerin farklılaşmasına neden olmaktadır. Çevre değerlendirme teknikleri arasından doğru seçimin yapılabilmesi için kullanıcının özel ihtiyaçları ile seçilecek tekniğin karakteristiklerinin uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Çevre değerlendirme teknikleri genel anlamda 5 basamaktan oluşmaktadır (Hayo ve diğ., 2007):

1. Yöntemin nihai amacının tanımlanması: Çevresel etkinin değerlendirilmesi ya da bunun yanında sosyal ya da ekonomik önlemlerin de dikkate alınması gerekmektedir.
2. Çevresel amaçların tanımlanması: Nihai amaçların tanımlanması tek başına yeterli olmamaktadır. Çevresel amaçların da tanımlanması gerekmektedir. Çevresel amaç, kaygı duyulan çevresel konuların tanımlanması olarak da ele alınabilir. Etki sınıfları ya da çevresel temalar, çevre konularının yerine kullanılacak isimlerdir. Enerji tasarrufu, mevcut kalitenin korunması veya emisyonların düşürülmesi çevresel konulara örnek olarak verilebilir.
3. Analiz edilecek sistemin tanımlanması: İşletme süreci çoğu sistemin sınırlarını oluşturmaktadır. Girdilerin üretiminin de sistem sınırlarının içine dahil edilmesi gerekebilir.

4. Her bir çevresel amaca ait çevresel indikatörlerin tanımlanması ya da oluşturulması: İndikatörler değerlendirme kriteri gibi işlev görmektedir ve çevresel amaçların gerçekleşme derecesini sayısallaştırmak amacıyla belirlenmektedir. İndikatörün kalitesi, hesaplama algoritmasının doğruluğu ile ilişkilidir.
5. Sonuçların hesaplanması: Her bir üretim sistemi ya da senaryo için hesap yapılması gerekmektedir. Sonuçların daha iyi yorumlanması için tamamen ya da kısmen toplanması gerekebilir. İndikatör bazlı çevre değerlendirme tekniklerinden elde edilen sonuçların, değerlendirilen sistemin özelliklerinden daha çok kullanılan yöntemin özelliklerine bağlı olduğu öne sürülmektedir.

Sayısal risk değerlendirmenin, bir bilim ve yasal düzenlemeler için karar verme tabanı olarak ortaya çıkması 20 yıl öncesine dayanmaktadır. Birleşmiş Milletlerin Çevre ve Kalkınma Konferansında 21. gündemin 19. başlığında 'kimyasal risk değerlendirmenin genişletilmesi ve hızlandırılması' ilk tavsiye olarak sunulmuştur (EUSES, 2004).

2.4.1 Çevresel Risk Değerlendirmenin amaçları

Risk değerlendirme, çevresel problemlerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir araç haline gelmiştir. Risk değerlendirmesi, mevcut tehlikeli durumların belirlenmesine, potansiyel problemlerin bilinmesine, önceliklerin oluşturulmasına, yasal kontroller ya da düzeltici önlemlere esas oluşturmaya yardımcı olmak için bilimsel bilginin organize edilmesi, yapılandırılması ve düzenlenmesi için kullanılan bir araçtır. Düzeltici önlemlerin etkinliğini belirlemek ve bu etkinliği ölçmek için de kullanılabilir. Bazı risklerin tolere edilebilir olması risk değerlendirmenin prensibini açıklayan bir noktadır. Hiç bir şey tam olarak güvenli değildir (Sonnemann ve diğ., 2004). Risk değerlendirmenin, çevresel karar verme sürecinin çok önemli bir bileşeni olmasının nedeni kendisiyle ilgili bir çok belirsizliği içermesidir (Lia ve diğ., 2007).

2.4.2. Çevresel Risk Değerlendirme çerçevesi

Kirletici emisyonların insan sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel zararlarını değerlendirmek amacıyla matematiksel bir araç olan çevresel risk değerlendirme

yöntemleri kullanılmaktadır. Çevresel risk değerlendirme için izlenmesi gereken adımlar şunlardır:

1. Tehlike Tanımı: Bir maddenin yapısından dolayı neden olabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesidir.
2. Maruz Kalma Değerlendirmesi: İnsan popülasyonlarının ya da çevre bileşenlerinin maruz kalacağı ya da kalabileceği madde konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir.
3. Doz - Tepki Değerlendirmesi: Bir maddeye maruz kalma dozu ya da seviyesi ile olumsuz etkinin olabilirliği ve şiddeti arasındaki ilişkinin tahmin edilmesidir.
4. Risk Karakterizasyonu: Bir maddeye gerçekten ya da tahmini olarak maruz kalan insan popülasyonu ya da çevre bileşenlerinde oluşması muhtemel olumsuz etkilerin olabilirliği ve şiddetinin tahmin edilmesidir (Sonnemann ve diğ., 2004).

Çevresel risk değerlendirme için kavramsal bir modelin bileşenleri Şekil 2.4' de gösterilmiştir. Buna göre, değerlendirme modelinin 3 ana bileşeni vardır. Her ana bileşene ait değişkenler ve test edilecek hipotezler söz konusudur. Riskin oluşmasına neden olan bir kaynak, riskin olduğu bir yol ve riske maruz kalan alıcılar ana bileşenlerdir. Oluşan riski kalitatif ya da kantitatif olarak ortaya koyabilmek için bu riski oluşturan bileşenler tek tek sorgulanmalıdır.

Charnley (2008), EPA tarafından perklorat bileşiği için getirilen yaşam boyu maruz kalma limitinin, bazı kesimler tarafından çok sıkı bazı kesimler tarafından ise yeterince sıkı olmadığı yönünde eleştiriler almasından yola çıkarak, perkloratın risklerini tehlike tanımı, maruz kalma değerlendirme, doz-tepki değerlendirme ve risk karakterizasyonu adımlarını takip ederek değerlendirmiştir. Enick ve Moore (2007) da ilaç kimyasalları için yaptıkları çalışmalarında aynı risk değerlendirme çerçevesini kullanmışlardır.

Daha önce yapılan çalışmalarda değişik çevresel risk değerlendirme çerçeveleri kullanılmıştır. Khadam ve Kaluarachchi (2003) tarafından yapılan çalışmada kullanılan kirlenme kontrolü çerçevesi, risk yönetimi ve risk değerlendirme olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Risk değerlendirme kapsamında insan sağlığına olan zararlı etkinin görünme olasılığı ve bu olasılığın önemi değerlendirilmektedir. Bu

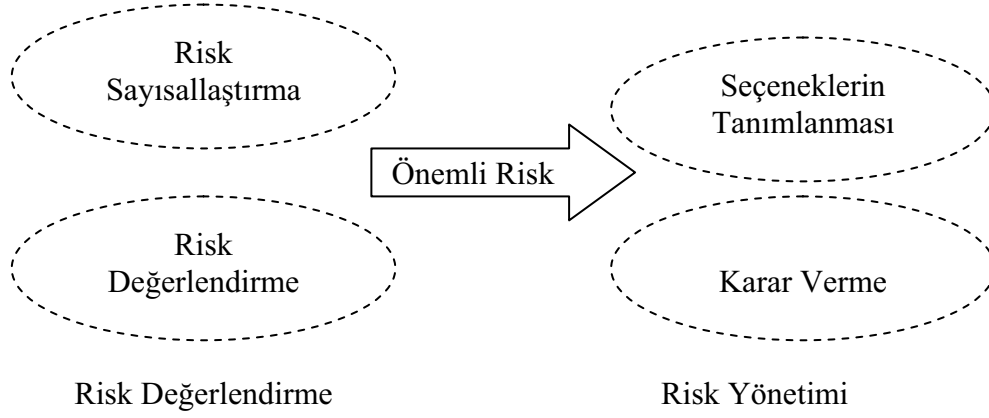
çalışma kapsamında kullanılan risk tabanlı ıslah çalışmasının çerçevesi Şekil 2.5’de gösterilmiştir.

KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME MODELİNİN BİLEŞENLERİ

	DEĞİŞKENLER	TEST EDİLECEK HİPOTEZLER
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">KAYNAKLAR</div>	<ul style="list-style-type: none"> -KİRLETİCİLER -KONSANTRASYONLAR -ZAMAN -YERLER 	<ul style="list-style-type: none"> -KAYNAK VARDIR -KAYNAK OLABİLİR -KAYNAK TAŞINABİLİR YA DA UZAKLAŞTIRILABİLİR -KAYNAK İYİLEŞTİRİLEBİLİR
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Y O L L A R</div> <div style="font-size: 2em; margin: 5px 0;">↓</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> -ORTAM -TAŞINMA HIZI -ZAMAN -KAYIP VE KAZANÇ FONKSİYONLARI 	<ul style="list-style-type: none"> -YOL VARDIR -YOLLAR KESİLEBİLİR -YOLLAR YOK EDİLEBİLİR
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;">ALICILAR</div>	<ul style="list-style-type: none"> -TÜRLER -HASSASLAR -ZAMAN -KONSANTRASYON -SAYILAR 	<ul style="list-style-type: none"> -ALICILAR KİRLETİCİLERİN TAŞINIMI İLE ETKİLENMEZLER -ALICILAR YERİNE KONABİLİR -ENSTİTÜ KONTROLLERİ YAPILABİLİR -ALICILAR KORUNABİLİR

Şekil 2.4: Kavramsal bir değerlendirme modelinin bileşenleri (EPA, 1989).

Anderrson ve diğ., (2007), kimyasal maddenin özelliklerini değerlendirilen bölgenin özellikleri ile birleştirerek risk değerlendirmeyi kolaylaştıran planlama proseslerinde kullanılabilecek Çevre –Kaza İndeksini veren bir strateji geliştirmiştir. Uzmanlardan oluşan bir panel ile kimyasal kazaların çevresel etkileri değerlendirilmiştir.



Şekil 2.5: Kirlenmiş yüzey altlarının risk tabanlı temizlenmesi için bir çerçeve (Khadam ve Kaluarachchi, 2003)

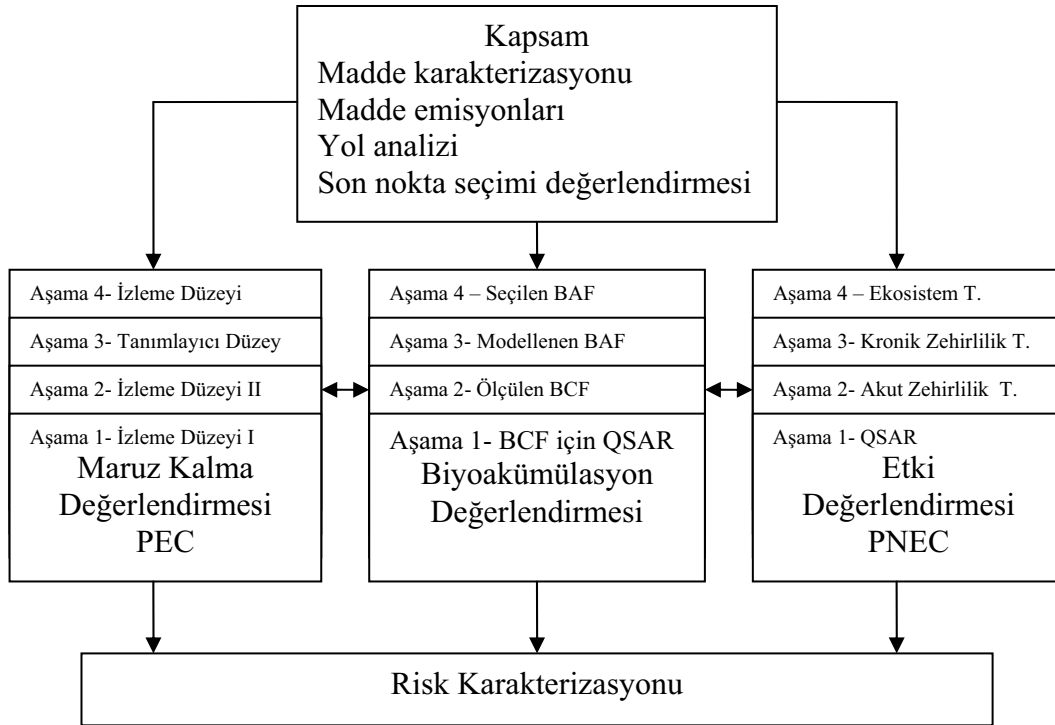
Bu değerlendirmeler kimyasal ve bölgesel özellikler ile ilişkilendirilerek çok değişkenli modellemeyi esas alan bir matematik model geliştirilmiştir. Bu model ile yeni bir sınıflandırma ölçeği oluşturulmuştur.

Blaser ve diğ., (2008), çalışmalarında tekstil ve plastik ürünlerine katılan nano partiküllerden salınan gümüşün tatlı su ekosistemlerine olan riskini analiz etmiştir. Çalışma; gümüşün kütle akış analizi ve emisyon tahmini, nehirlerde gümüşün akıbet analizi ve çevresel konsantrasyonunun tahmini, gümüşün çevrede bulunan formlarına ait zehirlilik verilerinin analizi ve tahmini zararsız konsantrasyonunun bulunması ve risk karakterizasyonu olmak üzere dört adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, gümüşün ve çevrenin özelliklerine bağlı olarak gümüşün çevrede bulunabileceği bileşenler bir çerçevede gösterilmiştir. Emisyon senaryoları ile doğal sulara ve karasal ortama ulaşan gümüş konsantrasyonu hesaplanmıştır. Maruz kalma değerlendirmesi için çeşitli yöntemlerle suda ve sedimentteki gümüş konsantrasyonu bulunmuştur. Doz-tepki değerlendirmesinde PNEC (Tahmini Etkisiz Konsantrasyon) değerleri tahmin edilerek değerlendirme faktörleri Teknik Rehber Dokümanı (TGD)'na göre belirlenmiştir. Hiç bir etki gözlemlenmediğinde, etkinin gözlemlenmediği en yüksek konsantrasyon (HONEC) rapor edilir. Gümüşün çevrede bulunabilecek gümüş sülfür ve serbest gümüş iyonu formları ayrı olarak ele alınmıştır. Risk karakterizasyonu için Tahmini Çevre Konsantrasyonu (PEC)/PNEC oranı değerlendirilmektedir. HONEC verisi mevcutsa (PEC)/(HONEC/Değerlendirme Faktörü (AF)) dikkate alınır.

Khan ve Abbasi (2001) kimyasal proses endüstrilerinde meydana gelen kazalar için risk değerlendirme yapabilmek amacıyla şu adımların kullanılması gerektiğini önermektedir:

- 1) Endüstrideki hassas veya yüksek riskli noktaların belirlenmesi
- 2) Kazaların simülasyonu ve neden olabilecekleri zararların değerlendirilmesi
- 3) Önleyici önlemlerin alınması gereken öncelikli alanların 2. adımın sonuçları ile bulunması
- 4) 1 ve 2 esas alınarak afet yönetim planlarının oluşturulması

Saouter ve diğ., (2001) çalışmalarında Şekil 2.6'da gösterilen çevresel risk değerlendirme çerçevesini kullanmıştır.

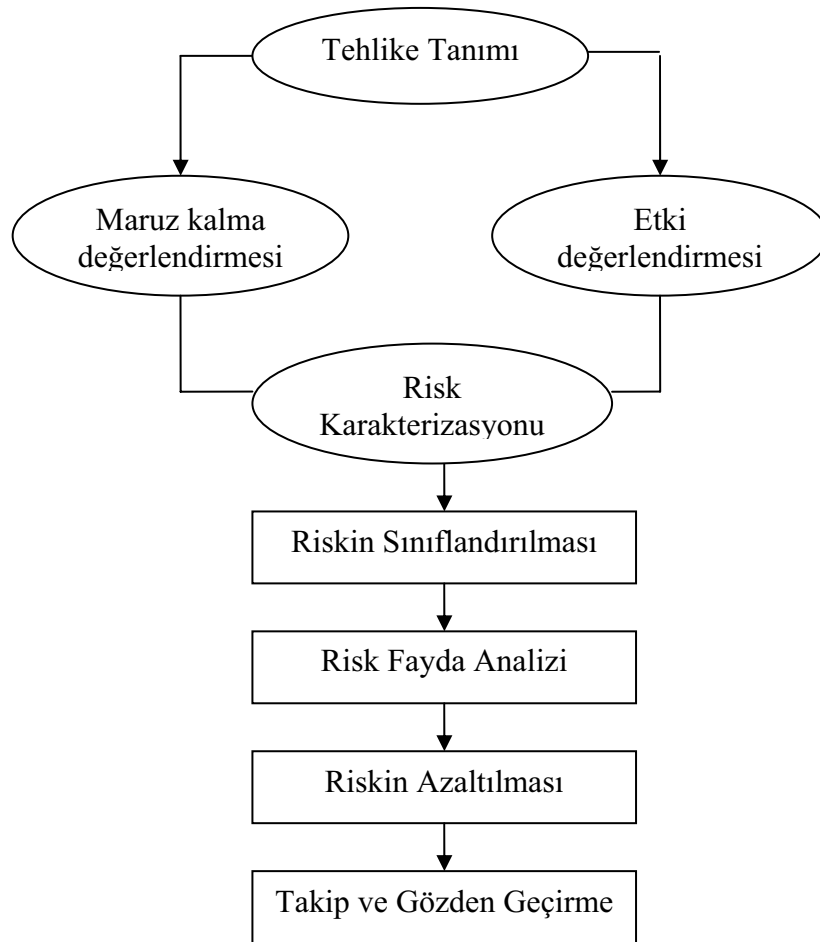


Şekil 2.6: PEC, PNEC ve biyokümüülasyon potansiyelinin değerlendirildiği çok adımlı bir çevresel risk değerlendirme çerçevesi (Saouter ve diğ., 2001)

Birinci adımda kimyasal maddenin karakterizasyonu yapılır, maddenin akıbetini ve etkisini gösteren bilgiler toplanır, testler yapılır ve değerlendirilecek hedeflerin simülasyonu için matematik modeller seçilir. Maruz kalma değerlendirmesinde organizmaların maruz kaldığı konsantrasyon tahmin edilir. Kimyasalların çevredeki dağılımını tahmin etmek için matematik modeller kullanılır. Biyolojik olarak parçalanabilirlik testleri ile maddenin biyolojik olarak parçalanabildiği bulunursa

çevrede birikemeyeceği anlaşılır. Etki değerlendirmesi, bir kimyasalın herhangi bir çevresel ortama ulaştığında neden olabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesidir. Etkili konsantrasyon (EC) değerleri belirsizlik durumları için kullanılan AF değerlerine bölünerek PNEC değerleri oluşturulur. Hidrofobik ve dirençli maddeler için biyokonsantrasyon ve biyoakümülyasyon potansiyelinin araştırılması gerekmektedir. Risk karakterizasyonu, PEC/PNEC ile yapılır. Her bir çevre ortamı için ayrı bir risk oranı hesaplanır.

Çevresel risk değerlendirme süreci için kullanılan ve Şekil 2.7'de gösterilen genel çerçeveye ait adımlar açıklanacaktır.



Şekil 2.7: Risk yönetiminde adımlar (Leeuwen ve Vermeire, 2007)

2.4.2.1 Tehlike tanımı

Risk analizinin ilk adımı olan tehlike değerlendirmesi, insan sağlığı için risk oluşturan kimyasalların tanımlanmasını içermektedir. Kimyasalların insanlar üzerindeki potansiyel olumsuz sağlık etkilerinin kalitatif olarak değerlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. Risk hakkındaki bilimsel araştırmaların değerlendirilmesi insanlar üzerindeki olumsuz etkilerin olabilirliğini belirlemektedir (Moore, 2007).

Tehlike tanımı kapsamında sorulması gereken soru ise “Kimyasal maddeden kaynaklanan olumsuz bir etki var mıdır?” olmalıdır. Tehlike tanımı genellikle sözel olarak yapılmaktadır. Amacı, maddenin sağlık etkilerini, bu etkilerin şiddetini veya büyüklüğünü, kirleticisi ile ilgili kurulan nedensel ilişkinin kanıtının ağırlığını belirlemektir (Leeuwen ve Vermeire ,2007).

Charnley (2008) tarafından yapılan çalışmada kimyasal maddeden kaynaklanan olumsuz etki sözel olarak ifade edilip tehlike tanımı gerçekleştirilmiştir. Buna göre, tehlike tanımı kapsamında, bu bileşiğin tiroid hormonu sentezinin gerçekleşmesi için tiroid bezlerine iyodürleri taşıyan Na⁺/I⁻ proteinlerini bağlama isteğinin büyük olduğu belirtilmiştir. Bu durumda bu bileşikler tiroid bezlerinde iyodür eksikliğine neden olarak guatra ya da ruhsal bozukluklara neden olmaktadır.

Kimyasalların yaşayan organizmalar içindeki aktiviteleri, hayvanlarla yapılan çalışmaların, hücresel çalışmaların, epidemiyolojik çalışmaların ve insan denemelerinin gözden geçirilmesi ile araştırılmaktadır. İnsanların maruz kalma olasılığını kesinleştirmek için maddenin kaynama noktası, uçuculuğu ve çözücülüğü dikkate alınır. Bir kimyasal, insan sağlığı için potansiyel bir tehdit olarak tanımlandıysa risk analizi devam eder (Moore, 2007).

Kirleticilerle ilgili önemli insan sağlığı etkileri şunlardır (Moore, 2007):

- Kanserojenite: kanser yapıcılık
- Mutajenite: genetik ya da kalıtsal bozukluklar
- Teratojenite: doğum bozuklukları
- Nörotoksisite: sinir sistemi zehirliliği
- Dolaşım sistemi etkisi: solunum ya da dolaşım sistemi zehirliliği
- Sistemik toksisite: belli bir organ ya da dokuya zarar (ör: akciğer, böbrek, deri)

Her bir kategori için etkiler, kronik ya da akut olabilir. Bu etkilerden bazıları ölümcülken bazıları ölümcül değildir. Tehlike tanımı için yararlanılabilecek çalışmalar şunlardır (Moore, 2007):

1. Epidemiyolojik çalışmalar: Hedef toplumun kimyasala maruz kalması ile bunun sonucunda gözlenen sağlık etkileri arasında pozitif istatistiksel ilişkiyi gösterir.

2. Hayvanlarla yapılan zehirlilik çalışmaları: Laboratuvar test hayvanlarında gözlenen etkilerle maruz kalma arasındaki pozitif ilişkiyi gösterir.

3. In vitro çalışmalar: Test hücre kütlelerinde yapılır.

4. Yapı-aktivite ilişkisi: Zehirliliğin moleküler yapıyla korelasyonunu gösterir. Maruz kalma değerlendirmesinin ön adımı olan tehlike tanımı kapsamında, kimyasalı yayıldığı kaynaklardan hedef topluma götüren muhtemel yol ve ortam da belirlenebilir. Önemli maruz kalma şekli ve yollarından bazıları şunlardır: (Moore, 2007).

1) Kimyasalların solunması

- Doğrudan dış ya da iç ortama yayılması
- Toprak, toz, bina veya bitki yüzeylerinden tekrar askıda hale dönüşme
- Kontamine olmuş bir su kaynağından duş, banyo veya diğer su kullanım aktiviteleri esnasında buharlaşma

2) Kimyasalların yutulması

- Toprak, toz veya bina yüzeylerinden elden ağza bulaşması
- Kamusal su kaynaklarından ya da özel kuyulardan içme suyu ile
- Yüzeysel sularda yüzme esnasında
- Yiyeceklerden, örneğin; kontamine olmuş yüzeysel sulardan çıkan balık, atmosferik çökeltilere maruz kalmış ya da kontamine su ile sulanmış meyva veya sebze, hava, su ya da besin zinciri yoluyla kirlenmeye maruz kalan çiftlik hayvanlarından elde edilen et ya da süt ürünleri

3) Kimyasalların deri yolu ile alınması

- Su kaynağında yıkama ya da banyo esnasında
- Yüzeysel sularda yüzme ya da su sporları esnasında
- Kontamine olmuş topraklarda kazı yaparken ya da çocuk oyun alanlarında

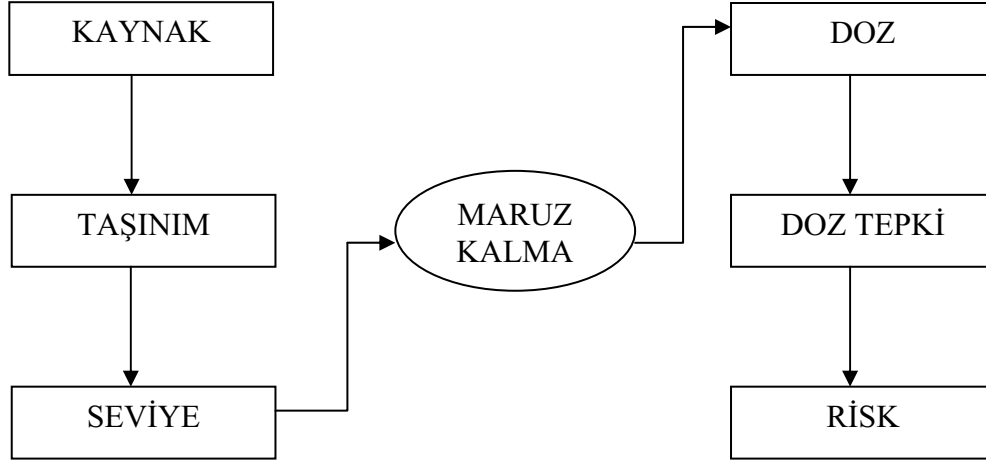
Çok sayıda yol ve güzergah maruz kalmaya neden olabilir ve bunların birçoğu birbiri ile ilişkilidir ya da ilgilidir. Tehlike tanımının bir amacı da, detaylı bir maruz kalma

değerlendirmesi yapmadan önce büyük ihtimalle önemli olabilecek maruz kalma yollarını belirlemektir (Moore, 2007). Tehlike tanımı adımı, risk değerlendirme çerçevesinde sayısallaştırılacak temel sonuçlara karar verilmesini içermektedir (Haas ve Eisenberg, 2001).

Khan ve Abbasi (1998), kontrol listelerinin tehlike tanımı için kullanılabilecek en basit yöntem olduğunu belirtmiştir. Bu listeler; tesisin yapısı, işleyişi, bakımı ve diğer endişe oluşturan konular hakkında sorular içermektedir ve tüm gerekliliklerin yerine getirildiğini, hiçbir konunun gözden kaçırılmadığını kanıtlamaktadır. Sadece sözel sonuçlar verdiği ve sistemi göstermediği, farklı bileşenlerin etkileşiminden meydana gelen tehlikeleri belirleyemediği, insanların tecrübesine dayandığı ve işlemin türünden, işletme koşullarının sertliğinden ve yanlış işlemlerden kaynaklanan tehlikeleri tespit edemediği için tavsiye edilmemektedir. Hata ağacı analizi, istenmeyen bir olayın oluşmasını belirlemek için tümden gelimli bir nedensel ilişki kullanmaktadır. 1960 yılında Bell laboratuvarlarında geliştirilmiş ve ilk olarak uzay endüstrisinde kullanılmıştır. Hem sayısal hem de sözel sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Sistemin muhtemel hatasının mekanizmasının anlaşılmasını sağlayan boyutlarını göstermektedir. Sistem yöneticilerinin tehlikeyi görselleştirmesine yarayan grafiksel bir sonuç çıkarmaktadır. Analistin sistem davranışını gerçekten görmesini sağlar. Hata modu etki analizi (FMEA), sistemin çalışmasına istenmeyen etkilerde bulunabilecek tüm bileşenlerin muhtemel hatalarının belirlenmesini sağlar. Tüm hata modları, bu hatalardan kaynaklanabilecek olaylar, nedenleri ve etkileri belirlenir. Her hata türü; fark edilebilirliği, test edilebilirliği, ikame edilebilirliği, yerine koyulabilirliği gibi karakterleri esas alınarak sınıflandırılır. Sistemin kullanım amacı, bileşenleri, işletme türü, özellikleri, zaman kısıtları ve çevre dikkate alınarak beklenen hata türleri listelenir. Sistemde oluşabilecek hatalar karmaşık bir mantık gerektiriyorsa bu yöntemin kullanılması uygun değildir. Bu sistem daha çok düşük/orta tehlikeli işlemlerin tehlike analizi için önerilmektedir. Bileşen düzeyinde olduğu ve bileşenler arasındaki etkileşimlerin etkilerini ortaya koyamadığı için önerilmemektedir. Eğer ise analizi, tehlikeleri belirlemek için 'eğer- ise' ile oluşan sorular sorar. Tehlike tanımı için kullanılan en eski analiz yöntemlerinden biridir. Büyük ölçüde uzman tecrübesine dayandığı için ve sistematik olmadığından tercih edilmemektedir.

2.4.2.2 Maruz kalma değerlendirmesi

Maruz kalma değerlendirmesi adımı, risk değerlendirme çerçevesine 1970' li yıllarda alınmıştır. Daha önce kullanılan risk değerlendirme süreci Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Risk değerlendirme sürecinin önceden kullanılan versiyonu (kare kutular ile gösterilen) (Moschandreas ve diğ., 2002).

Bir maddenin, hedef topluluk, organizma, organ, doku veya hücre tarafından absorbe edilmeye hazır hale gelmesi sürecine maruz kalma denir. Çevre ortamında insanların kimyasallara maruz kalma kaynağını, zamanını ve büyüklüğünü hem ölçüm hem de modelleme yoluyla değerlendirmeyi amaçlayan bir adımdır. Ölçümler varsa maruz kalma durumu doğrudan tahmin edilebilir. Buna rağmen çoğu durumda uygun veri yoktur. Maruz kalma durumunun tahmin edilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir (Moschandreas ve diğ., 2002):

1. Geçmiş maruz kalmaların yeniden yapılandırılması: Bir toplumdaki kronik maruz kalma için doz tepki ilişkisi geliştirilecekse önceki maruz kalma durumları önem kazanmaktadır. Toplumda gözlenen sağlık etkisinin muhtemel nedeni, yasal bir veri oluşturmak için gerekebilmektedir. Geçmiş veriler mevcutsa ve kullanılır değilse geçmişteki maruz kalmaların belirlenmesi için genelde modelleme gerekmektedir. İnsanlara ait biyolojik göstergelerin kullanılması güncel çalışmalarda önemli bir alandır. Bu kapsamda, maruz kalan bireylerin vücut dokularında, hücrelerinde veya DNA' larında meydana gelen değişiklikler incelenerek geçmişteki maruz kalmaların seviyesi tahmin edilmektedir.

2. Mevcut maruz kalmanın tahmin edilmesi: Maruz kalmanın ölçülmesi için bir çok yeni ve yaratıcı yaklaşım mevcuttur. Hava kaynaklı gazların ve partiküllerin pasif olarak izlenmesi; toprak, toz, su ve yiyeceklerdeki kimyasal konsantrasyonun ölçülmesi; vücut dokularında, akışkanlarda ve solunan havada kimyasal konsantrasyonların ölçülmesi örnek olarak verilebilir. Mevcut durum için oluşturulan modellerin tahmin yapmak amacıyla kullanılması için kalibre edilmesi ve doğrulanması gerekmektedir.
3. Alternatif risk yönetimi stratejileri altında gelecekteki maruz kalmaların tahmin edilmesi: Tasarlanan maruz kalmayı düşüren önlemlerin etkilerini uygulamaya almadan önce ölçmek ve test etmek çok az durumda mümkündür. Bu etkileri öngörmek için modellere başvurulmaktadır.

Maruz kalma, dozdan farklıdır. Maruz kalma, çevredeki madde miktarını verir, doz ise bir organizma tarafından alınan gerçek madde seviyesini gösterir. Doz, maddenin vücuda nasıl girdiğinden, deri tarafından absorplanma özelliğinden, besinlerle yutulmasından ya da solunmasından etkilenmektedir. Ölçülen madde miktarı ile gerçek doz arasındaki farklılık maruz kalma değerlendirilmesine dahil edilir. Maddenin, uçuculuk, çözünürlük, hava ortamında bulunma ya da topraktaki hareket kabiliyeti gibi özellikleri, çevre ile ilişkisini ve insanların maruz kaldığı yolu etkileyecektir. Değerlendirme, maddenin özelliklerini dikkate almanın yanı sıra, hamile bayan, çocuk, yaşlı gibi özellikle hassas olan gruplara ayrı bir ihtimam gösterilerek maruz kalan grubu da tanımlamalıdır. Maruz kalma türü; sürekli, kesikli, kısa dönemli, uzun dönemli, ya da kronik gibi belirtilmelidir. Verilen bölgedeki tüm alanların etkileri de göz önüne alınarak, ilgili bölgedeki kümülatif risk unsurları da dikkate alınmalıdır. Bu özelliklerle, maddenin uzun mesafede taşınmasının ve çevrede kalıcı olmasının mümkün olduğu durumlarda gereklidir (Moore, 2007).

Hansen (2007), tarafından yapılan çevresel risk değerlendirme çalışması iki ana adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar etkilerin ve maruz kalmanın tanımlanmasıdır. Çevresel risk değerlendirme sürecini desteklemek amacıyla operasyonel izleme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2.2’de suyun, toprağın ve insan sağlığının korunması için gerçekleştirilen çevresel risk değerlendirme stratejileri gösterilmektedir. Maruz kalma değerlendirmesi için bir çok parametre bulunmaktadır. Ticari bileşikler, bileşiklerin yapısal özellikleri, kaynakları ve güzergahları, formülleri (ör: pestisitler), biyolojik dönüşümü ve metabolitleri,

biyolojik ayrışma kinetikleri (kalıcılık) ve biyolojik olarak ulaşılabilirlik bu parametrelerden bazılarıdır.

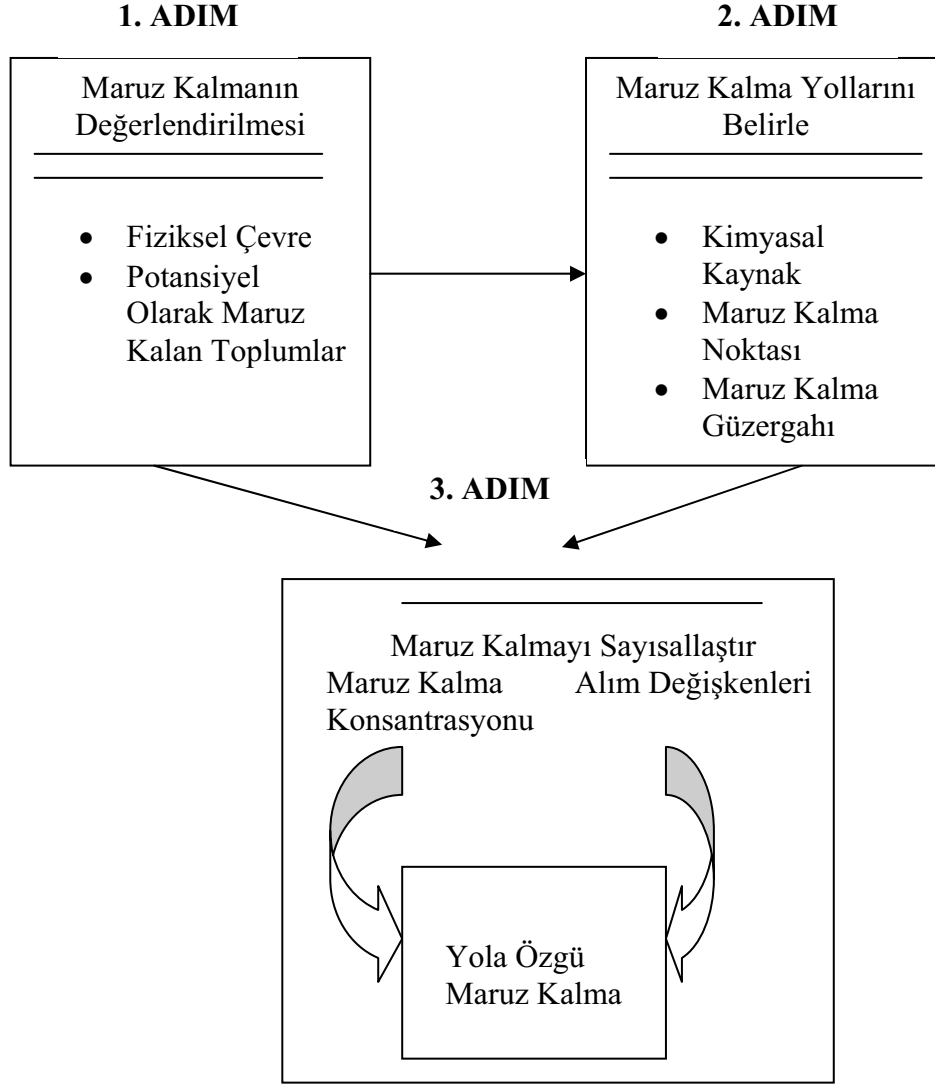
Çizelge 2.2: Maruz Kalma Değerlendirmesi (MKD) – Su, toprak ve insan sağlığı için çevresel risk değerlendirme (ÇRD) stratejileri – maruz kalma değerlendirmesinden risk yönetimine (Hansen, 2007).



Bir kimyasala toplam maruz kalma ve potansiyel doz, etkileşimde buldukları ortamdaki kimyasalın konsantrasyonuna, alınma hızına, frekansına ve maruz kalma süresine bağlıdır. Maruz kalma değerlendirilmesinde kullanılmak üzere bir dizi standart ya da sabit maruz kalma faktörleri oluşturulmuştur. 'Risk Assessment Guidance for Superfund' (EPA, 1989) ve 'Exposure Factors Handbook' (EPA,1997c) gibi raporlarda bu değerler yer almaktadır.

Bir kimyasalın vücuda girdikten sonra ne kadarının hedef dokulara ulaşip zehirlilik etkisi göstereceğini etkileyen bir çok fizyolojik faktör vardır. Vücut tarafından alınan kimyasalın ne kadarının uzun süre kalıp uzun süreli etki göstereceği, ne kadarının nispeten hızlı bir şekilde (ör: soluma ya da dışkı gibi) vücuttan atılacağı önemlidir. Zehirlilik hesapları için etkili dozu, günlük bazda vücut ağırlığına oranlayarak ifade etmek gerekir. Ömür ortalamalı günlük doz kronik etkiler için, maksimum günlük doz ise akut etkiler için kullanılmaktadır (Ramathan ve diğ., 2005).

EPA (1989) tarafından önerilen maruz kalma değerlendirme süreci Şekil 2.9'da gösterilmektedir.



Şekil 2.9: Maruz Kalma Değerlendirmesi Süreci (EPA, 1989)

Charnley tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada maruz kalma değerlendirilmesi kapsamında perkloratın kullanım alanları ve perkloratın çevrede nerde bulunduğu ve kaynakları belirtilmiştir. Maruz kalma değerlendirmeleri biyolojik izlemelerle yapılmış ve içme suyunda ve yiyeceklerde ölçülebilir limitlerde saptanmıştır. Bu nedenle önemli maruz kalma yollarından birinin besin yolu ile alma olduğu sonucuna varılmıştır. Perkloratın bulunduğu besinler dikkate alınarak insanlar için günlük ortalama perklorat alım dozu hesaplanmıştır. Perklorata maruz kalma limitlerinin yasalar çerçevesinde oluşturulabilmesi için yüksek konsantrasyonlarda perklorata maruz kalmanın etkilerinin epidemiyolojik çalışmalarda ortaya konması gerekmektedir.

2.4.2.3 Doz-tepki değerlendirmesi

Bir maddeye maruz kalma seviyesi ile bu maruz kalma sonucu oluşan etkinin şiddeti arasındaki bağlantının tahmini yapılmaktadır (Leeuwen ve Vermeire, 2007). Doz-tepki değerlendirmesi, riske kantitatif bir bakış sağlamaktadır. Bu adım ayrıca, bilimsel çalışmalar ve verilerin gözden geçirilmesini içermektedir. Bu durumda, tepkinin büyüklüğü doz ile ilişkilendirilir. Tepkideki farklılıkları tahmin etmek için her dozdaki sağlık tepkisi gözden geçirilir. Bu ilişkilendirme, farklı seviyelerdeki maruz kalmalar sonucu oluşan riskin seviyesi hakkında bilgi edinilmesini sağlar.

İlave olarak, maddenin gücünü ya da etkisini ve insanlarda olumsuz sağlık etkileri oluşturma potansiyelini belirlemek için epidemiyolojik çalışmalar yapılır (Moore, 2007). İnsan sağlığı risk değerlendirmesinde alınan dozlara karşılık ölçülen etkiler çizilir. Düşük dozlardaki tepkileri tahmin etmek için ekstrapolasyon yöntemleri kullanılır. Aynı doza maruz kalan insanlarda beklenen tepki ile hayvan tepkilerinin karşılaştırılabilmesi için bazı kabullerin yapılması gerekmektedir.

Charnley (2008) tarafından yapılan doz tepki değerlendirilmesinde tüm ayrıntılar dikkate alınmıştır. Bu çalışmanın doz-tepki değerlendirmesinde farklı perklorat dozlarının farklı hassasiyete sahip gruplarda farklı maruz kalma yolları ve süreleri ile denendiği ekolojik, mesleki ve klinik çalışmaların sonuçları rapor edilmiştir. Bu kapsamda denenen dozlar, gruplar, maruz kalma yolları ve süreleri belirtilerek buna karşılık gözlenen tepkiler sunulmuştur. Denek grupları arasında erkekler, bayanlar, büyüme evresindeki çocuklar, hamile bayanlar, maruz kalma yolları arasında işyeri ortamındaki hava kaynaklı perkloratların solunması ve içme suyu ile yutulması, maruz kalma süreleri arasında kısa ve uzun dönemler mevcuttur. Doz-tepki değerlendirmeleri kapsamında perklorat ile tiroid bezi hastalıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı belirtilmiştir.

Khadam ve Kaluarachchi (2003) tarafından yayınlanan bir çalışmada alınan kimyasalın dozu ile kişinin sağlığı arasında lineer bir ilişki olduğu kabul edilerek sağlık riski sayısallaştırılmıştır. Bu ilişki kanserojen maddeler için eğim faktörü adı verilen katsayı ile kanserojen olmayan maddeler için ise referans doz ile kurulmuştur. Eğim faktörü, maddenin ömür boyunca belli bir dozda alındığında kanser oluşturma potansiyelini göstermektedir. Referans doz ise kimyasalların yüksek miktarda alındığında neden olduğu olumsuz sağlık etkilerini ifade etmektedir.

Ekolojik risk değerlendirmeler için stres-tepki daha iyi bir ifade olabilir çünkü ekosistemler sadece zehirli kimyasallardan değil insan faaliyetlerinden kaynaklanan bir çok stresten etkilenebilir (US. EPA, 1991). Bu etkileri en temsil edici bir şekilde değerlendirmek için değerlendirmenin nerelerde yapılacağı önem kazanmaktadır.

Anderrson ve diğ., (2007) tarafından yapılan çalışmada, kimyasal kazaların oluşması durumunda etki değerlendirmesi yapmak için seçilmiş alanlar şunlardır:

- 1) Su ortamındaki hayvan yaşamı
- 2) Yeraltında yaşayan hayvanlar ve mikroorganizmalar
- 3) Kara hayvanları
- 4) Su ortamındaki bitki yaşamı
- 5) Karasal bitki örtüsü
- 6) Yer altı ve ya yüzeysel suyun içme suyu olarak kullanılma potansiyeli
- 7) Su ve ya toprağın ekonomik aktiviteler için kullanılma potansiyeli
- 8) Kanalizasyon, su arıtma tesisi gibi önemli tesisler
- 9) Alanın rekreasyonel aktiviteler için kullanılma potansiyeli

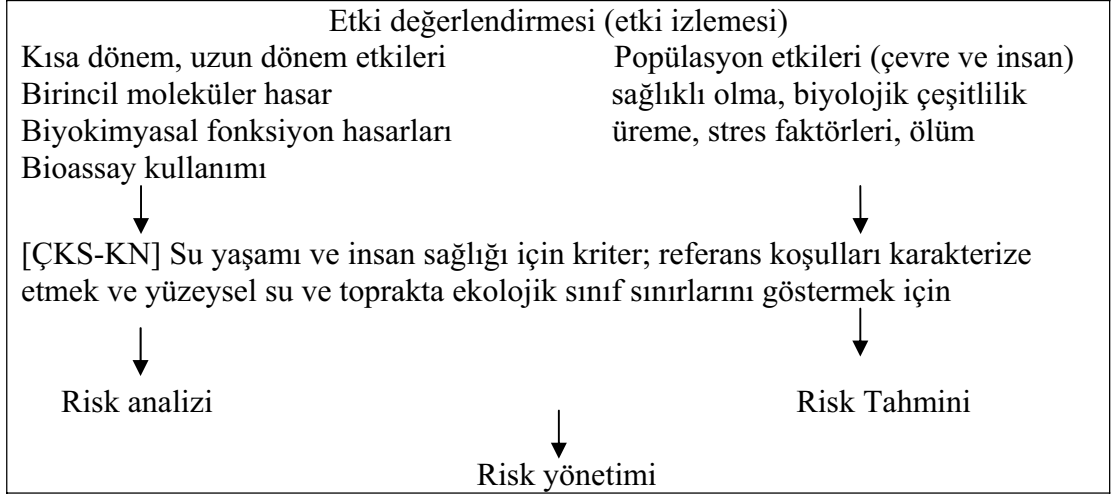
Çizelge 2.3' de gösterilen temel etki değerlendirmesi verileri biyolojik çalışmalar ve kalite normları ile elde edilmiştir. Biyolojik çalışmalarda kullanılan hedefler, akut ve kronik zehirliliği gösteren LC₅₀ ve NOEC değerleridir. Klasik biyolojik çalışmalar ve biyoakümülyasyon çalışmalarının yanı sıra ISO tarafından standardize edilmiş bir çok biyolojik gösterge mevcuttur.

Stres-tepki değerlendirilmesinin gerçekleştirilebilmesi için uygun değerlendirme ve ölçülecek hedeflerin seçilmesi gerekmektedir. Hedefler, türler ve biyolojik organizasyon kademeleri arasında ve laboratuardan arazi durumuna ekstrapolasyonların yapılması önemli bir konudur (US. EPA, 1991).

2.4.2.4 Risk Karakterizasyonu

Risk değerlendirmenin son adımı risk karakterizasyonudur. Risk karakterizasyonu, riskin şiddetini, olabilirliğini ve sonuçlarını gösteren önemli bir resmi ortaya koymaktadır. Tehlike değerlendirmesi, doz-tepki değerlendirmesi ve maruz kalma değerlendirmesi adımlarında elde edilen geçmiş tüm bilgiler risk karakterizasyonu

Çizelge 2.3: Etki Değerlendirmesi – Su, toprak ve insan sağlığı için çevresel risk değerlendirme (ÇRD) stratejileri – etki değerlendirmeden risk yönetimine (Hansen, 2007)



adımında birleştirilir. Risk karakterizasyonu, 100000 kişi arasında kanser ya da ölüm vakalarının sayısı gibi maruz kalan bireyler üzerindeki olumsuz etkilerin tahminini içermektedir. Diğer risk tahminleri arasında bir birey için ömrü boyunca söz konusu olabilecek riskler de vardır. Bunlar, milyonda bir kanser riski, ortalama ömrün azalması, göreceli risk, maruz kalan toplumdaki riske karşılık maruz kalmayan toplumdaki risk gibi tahminler olabilir. Bu etkilerin olasılıkları da ortaya konmaktadır (Moore, 2007).

Risk karakterizasyonu, hedef toplumda olumsuz sağlık etkileri oluşma durumunu tahmin eden risk değerlendirme sürecinin bir özetidir. Risk karakterizasyonu, son yıllarda çevresel riskle ilgili daha fazla konuyu dikkate almaya başlamıştır. Risk karakterizasyonu aşağıdaki konuları içeren bir süreçtir (Ramathan ve diğ., 2005):

1. Bireysel maruz kalma ve risk için nokta tahmini
2. Endişe duyulan kirleticiler ve çeşitli sağlık göstergeleri için popülasyon tahminleri, tahmini risk dağılımı ve tüm toplum ve toplumdaki farklı alt gruplar için etkinin meydana gelme durumu
3. Anahtar belirsizliklerin analizi, belirsizlikleri çözme çabaları ve bunların yakın gelecekte oluşma eğilimi

Risk karakterizasyonu, hem ekolojik hem de insan sağlığı risk değerlendirme sürecinin bir parçasıdır. Risk karakterizasyonu, risk değerlendirmenin önceki adımlarında elde edilen bilgileri birleştiren ve karar vericiler için tam, bilgilendirici ve kullanışlı bir risk sonucu ortaya koyan bir adımdır. İyi bir risk karakterizasyonu,

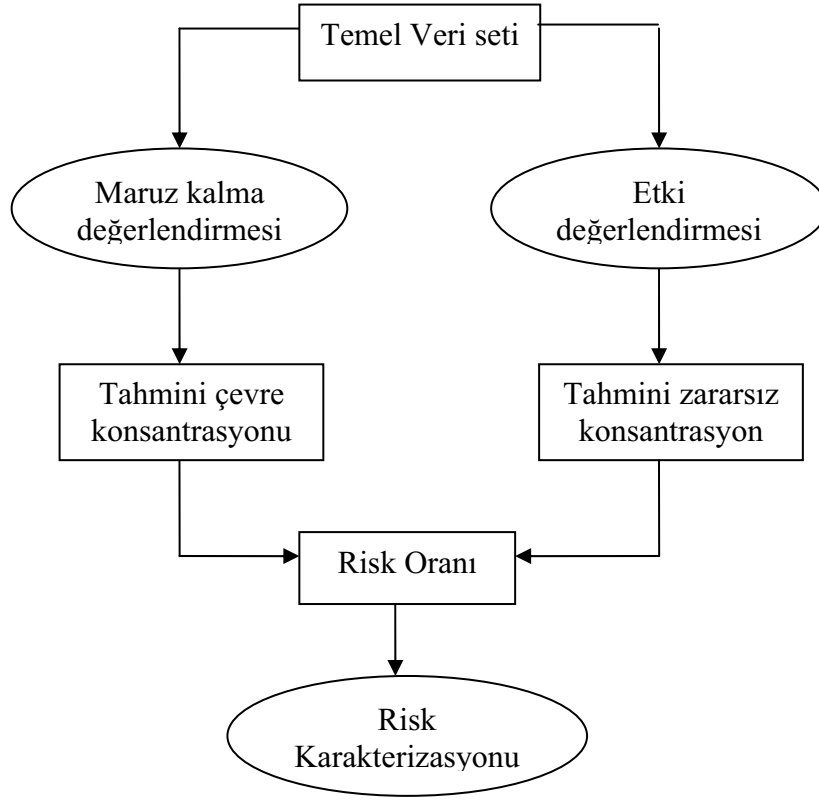
değerlendirmenin kapsamını tekrar belirtmeli, sonuçları açıkça ifade etmeli, ana kabulleri ve belirsizlikleri kolay anlaşılabilir bir şekilde belirtmeli, mantıklı alternatif yorumları belirlemeli ve politik yargıları bilimsel sonuçlardan ayırmalıdır. Risk karakterizasyonu sadece bilimle ilgili bir şey değildir, bilim kesin durumu söylemediğinden bilim ilkeleri arasından tercihlerin yapılması gerekmektedir (Leeuwen ve Vermeire, 2007).

Şekil 2.10'da risk karakterizasyonunun bileşenleri gösterilmiştir. Ekolojik risk değerlendirme ile insan sağlığı risk değerlendirmenin amaçları esasen aynıdır. Genel bir risk değerlendirmeyi esas alırlar ve benzer bir risk karakterizasyonu yaparlar (Leeuwen ve Vermeire, 2007).

İnsan sağlığı değerlendirmesi problem formülasyonu kavramını ekolojik risk değerlendirmeden alır ve planlama ve kavramsallaştırma aşamaları ile birleştirir. Her iki tür değerlendirmede de alıcı durumda olanları, ilgili kirleticileri ve değerlendirme için odaklanması gereken maruz kalma yollarını belirleyen kavramsal bir model oluşturulur (Leeuwen ve Vermeire, 2007).

Ekolojik risk değerlendirmede gerçekleştirilen maruz kalma değerlendirmesi, doz-tepki değerlendirmesi veya etki değerlendirmesini içeren analiz adımı insan sağlığı risk değerlendirmedeki doz-tepki ve etki değerlendirmesine benzemektedir. İnsan sağlığı risk değerlendirme, planlama ve problem formülasyonu adımlarına dayanarak bireylere ve toplumlara olan riskler üzerinde odaklanırken ekolojik risk değerlendirme bireylere (nadir bulunan veya nesli tükenmiş olan), popülasyonlara, toplumlara veya ekosistemlere olan riskler üzerine odaklanabilir. Risk karakterizasyonu, ekolojik risk değerlendirmenin bir parçası olup insan sağlığı risk değerlendirmenin ise son adımıdır. Ekolojik risk değerlendirmede, risklerin karakterizasyonu adımı risklerin ekolojik önemini belirtmek rutin bir iştir. Bir riskin oluşacağı tahmin edildiyse, bu riskle ilgili olarak çevrede işleyen diğer dinamik faktörler üzerinde bir değişiklik gözlenecek mi diye sorgulamak gerekmektedir. Benzer olarak, diğer benzer tehlikelere göre insan sağlığı risklerinin önemi risk karakterizasyonunda dikkate alınmaktadır (Leeuwen ve Vermeire, 2007).

Risk karakterizasyonu, risk değerlendirmenin tamamlayıcı bir parçasıdır. Risk karakterizasyonu adımı gerçekleştirilmeden risk değerlendirme sürecinin tamamlandığı söylenemez. Risk karakterizasyonu, risk yöneticileri ve ilgili kişiler



Şekil 2.10: Risk Karakterizasyonu (Leeuwen ve Vermeire,2007)

için kuvvetli ve zayıf yönleri ortaya koymaktadır. Risk karakterizasyonunda ortaya konan sonuç, halkı bilgilendirmek amacıyla risk iletişimde kullanılabilir. Risk değerlendirme sonuçları, kuralları ve yasaları oluşturmak için kullanılacaksa risk karakterizasyonu adımının yapılmış olması gerekmektedir.

Şekil 2.11’de Hansen (2007) tarafından uygulanan risk karakterizasyonu modeli verilmiştir.

Risk karakterizasyonu, şeffaflık, açıklık, tutarlılık ve mantıklılık ilkelerine sahip olmalıdır. Bu prensiplerin tüm risk değerlendirme adımlarında uygulanması tüm sürecin daha verimli yürütülmesini sağlayacaktır (US. EPA, 2000).

- Şeffaflık, risk değerlendirmenin tüm adımlarını, mantığını, anahtar kabullerini, kısıtlarını ve sonuçlarını tüm okuyucuların anlamasını sağlamaktadır.
- Açıklık ise, özlük, argodan kaçınma, anlaşılabilir sade bir dil kullanma, teknik terimleri kullanmadan kaçınma ya da eğer kullanılıyorsa anlamlarını açıklama, riskleri sayısal olarak açıkça belirtme, teknik verileri uygun tablo

Maruz Kalma
Kontrolü, İzleme

↓

Ekstrapolasyon

↓

PEC Hesabı
Tahmini Çevre
Konsantrasyonu

Ekotoksikolojik Verilerle
Etki İzleme ve Değerlendirme
LC₅₀, NOEC

↓

Güvenlik
Faktörleri

↓

PNEC
Tahmini Etkisiz Konsantrasyon

$$PNEC = \frac{NOEC(No\ Observed\ Effect\ Concentration)}{Güvenlik\ faktörü}$$

PEC/PNEC < 1: Risk yok – eyleme gerek yok
PEC/PNEC > 1: Risk var – düzenli eylem gerekli ve
Tehlike Değerlendirmesi güncelleştirilmeli

Şekil 2.11: Örnek risk karakterizasyonu modeli (Hansen, 2007)

ve grafiklerle sunma, matematiksel ilişkileri etkili bir şekilde göstermek için açık ve uygun eşitlikler kullanma anlamına gelmektedir.

- Tutarlılık, okuyucu için bir kapsam oluşturmaktadır. Risk değerlendirmenin sonuçları, ilgili politika, prosedürel rehber ve bilimsel gerçekler ile tutarlı olmalıdır ve uyumlu değilse bunun nedeni açıklanmalıdır. Risk değerlendirme süreci, diğer risk değerlendirme çalışmaları ile benzer bir çerçeveye oturtulmalıdır.
- Mantıklılık ise risk değerlendirme sonuçlarının, risk değerlendirmede yapılan risk değerlendirme kabullerinin ve politik tercihlerin bilimsel bir çerçevede olması gerektiğini ifade etmektedir. Karakterizasyon, ulaşılabilen en iyi bilimsel bilgi kullanılarak yapılmalıdır. Çeşitli aday risk yönetimi alternatifleri arasından riske uygun akla yakın alternatiflerin belirlenmesi ve açıklanması gerekmektedir

Khadam ve Kaluarachchi (2003) yaptıkları çalışmada riskin önemini US EPA tarafından tanımlanan kabul edilebilir ve önemli risk düzeylerini takip ederek

değerlendirmiştir. Kabul edilebilir risk 10^{-6} altında, önemli risk ise 10^{-4} üzerinde bulunmaktadır.

2.5 Risk Yönetimi

Risk yönetimi, tehlikenin yanında politik, sosyal, ekonomik ve mühendislik faktörleri dikkate alan, düzenleyici seçenekleri geliştiren, analiz eden ve güvenli bir kullanım için en iyi düzenlemeyi seçmeyi sağlayan karar verme sürecidir (Duffus ve Worth, 1996). Risk yönetiminin üç yolu, eğitim, ekonomi ve denetimdir. Bunlar ayrıktır, bir riski yönetmek için birlikte kullanılmalıdır.

Eğitimsel risk yönetimi, halkın risk hakkında bilgilendirilmesi veya halka riske ait bilgiler vermek için uyarıların stratejik olarak yerleştirilmesi amacıyla medyanın kullanılmasını kapsayabilir. Ekonomik risk yönetimi, çevre vergileri ve riskin düşürülmesini zorunlu teşvik edici veya caydırıcı önlemlerle vurgulayan izinlerle yapılmaktadır. Denetimci risk yönetimi, emir ve kontrol olarak da adlandırılır, potansiyel çevresel tehlikeler ve sağlık tehlikelerini içeren bir çok kanunda mevcuttur. 'The Clean Water Act', 'The Safe Drinking Water Act', 'The Toxic Substances Control Act', düzenleyici risk yönetiminin örnekleridir. Bu kanunlar, kirliliği, kimyasallara maruz kalmayı ve salınımları kısıtlamakta ve sınırlamaktadır (Sonnemann ve diğ., 2004).

Risk yönetimi, genellikle riski, maliyet ya da riskten kaynaklanan fayda gibi diğer faktörlerle karşılaştırmayı ya da düşürmeyi içermektedir. Maliyet-fayda analizi, risk-fayda analizi ve beklenmedik olay analizi gibi analitik metotlar kullanılır. Bu karşılaştırmalar, kural koyucuların ve kurumların riski kontrol etmek ya da yönetmek için en iyi seçeneği belirlemelerini sağlamaktadır. En iyi seçenek her zaman riski en çok düşüren seçenek değildir, aynı zamanda ekonomik olarak uygulanabilir olandır (Sonnemann ve diğ., 2004).

Risk yönetimi kararları, riskle ilgili tüm problemleri çözmez. Risk yönetimi, kabul edilebilir risk düzeyi fikrini kapsamaktadır (Sonnemann ve diğ., 2004). Khadam ve Kaluarachchi (2003) tarafından yapılan çalışmada da risk yönetimi, risk kabul edilemez bulunduğu önemli hale gelmiştir. Risk yönetimi kapsamında alternatif ıslah çalışmaları saptanmış ve yasalarla uyumu sağlayacak en iyi çalışma karar verme sürecinde belirlenmiştir. Risk yönetiminde belirlenen alternatif çözüm

önerileri toplam gelir, fayda/maliyet oranı, verim oranı gibi ekonomik indekslerle ölçülmüştür. Karar analizi çerçevesinde alternatif çözümler ekonomik indekslerle karşılaştırılmıştır.

Kanser vakalarının ya da ölüm oranlarının kabul edilebilir bir sayısının olması rahatsız edicidir fakat risk yönetiminin doğal bir boyutudur. Risk yönetimi, risk karakterizasyonunun, politik, ekonomik ve sosyal faktörlerin dikkatli bir şekilde göz önüne alınmasını gerektiren kompleks bir süreçtir (Sonnemann ve diğ., 2004).

2.5.1 Risk değerlendirme risk yönetimi kararları açısından önemi

Risk yönetimi, mantık olarak risk değerlendirme hemen arkasından gelmektedir. Hiçbir kesişim noktası olmayan iki ayrık küme gibi düşünülemez. Çizelge 2.4’de risk değerlendirme ile risk yönetimi arasındaki ilişki gösterilmektedir. Üretim, dağıtım, atıkların depolanması, arıtılması ve uzaklaştırılması esnasında uygulanacak çok çeşitli alternatifler mevcuttur. İyi bir risk değerlendirme sürecinin ardından gerçekleştirilen bir risk yönetimi daha ekonomik, yasal olarak daha yaptırımcı olacaktır (Sonnemann ve diğ., 2004).

Risk değerlendirme kapsamında, mevcut tüm bilimsel verinin en iyi şekilde değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu değerlendirme sonuçları, geniş bir alanda düzenlenebilir ve savunulabilir kararlar almak amacıyla risk yöneticileri tarafından kullanılabilir. Risk yönetimi programları, risk tabanlı karar verme süreci kullanılarak daha iyi bir şekilde oluşturulabilmektedir. Çünkü, daha etkili ve kapsamlı risk azaltma politikaları bu süreçlerle üretilmektedir ve bu süreçler öncelikleri oluşturmak amacıyla izleme araçları olarak kullanılabilir. Kabul edilebilir risk seviyesi, politik ve sosyal yargılar da dikkate alınarak oluşturulan risklerin tahmini ile tanımlanabilir. Risk değerlendirme kapsamındaki bir çok spesifik tür, risk yönetimi programları için verilmesi gereken kararların türlerini de etkilemektedir (Sonnemann ve diğ., 2004).

2.6 Risk İletişimi

Riskle ilgili iki ya da daha fazla tarafın arasında diyalog oluştuğunda gerçekleşir. Bu taraflar, devlet kurumları, endüstri ya da halk grupları olabilir. Risk iletişiminin amacı, risk analizinde oluşturulan bilgilerin ilgili çeşitli gruplara etkili olarak yayılmasını sağlamaktır. Risk iletişimi, farklı risk algısına, tarafa, bilimsel bilgiye,

Çizelge 2.4: Risk değerlendirme ile risk yönetimi arasındaki ilişki 5 soru ile açıklanabilir (Cote ve Wells, 1991).

Soru		Adım		Süreç
Muhtemel etki nedir?	}	Etki Analizi	}	Risk Tanımı
Etkiye maruz kalan kimdir?		Maruz Kalma Analizi		
Kimyasaldan nerde ne kadar vardır?		Olasılık Analizi	Risk	
Etkinin oluşma sansı nedir?		Yasal Analiz	Değerlendirme	
Hangi derecedeki etki hangi önlemi gerektirir?			Risk Yönetimi	

eğitim alt yapısına ve hatta ırk ve cinsiyete sahip insanlara hitap ettiği için zorlayıcı olabilmektedir. Etkili bir risk iletişimi için belli faktörler gereklidir. En önemlisi, sorumluluk ve güvenilirlik gereklidir. Halk genellikle endüstrilere güvenmemektedir, bu nedenle endüstri halkın güvenini kazanmalıdır. Endüstriler, genellikle halkın bilimsel bilgiden yoksun olduğunu düşünmektedirler. Halk, bilimsel prensipleri anlamak yolunda istekli olmak zorundadır. Etkili risk iletişimini engelleyen diğer etmenler, riski tanımlamak ve tartışmak için kullanılan bilimsel terimler ve ifadelerdir. Halkın ve uzmanların riski algılaması ve yorumlaması önemli ölçüde fark etmektedir. Milyarda bir parça, ifadeyi anlamayan biri için oldukça gereksiz bir bilgi olabilmektedir. Bu ifadeler, 6.4 ayda bir dakika gibi anlaşılabilir ve karşılaştırılabilir birimlere çevrilmelidir. Risk iletişimi karşıt gruplar arasında köprü oluşturulmasını da sağlamaktadır. Tüm taraflar, ilgili kavramlar ve konular üzerinde anlaşmaya varamasalar da anlayabilirler. Risk iletişimi, risk yönetiminin önemli bir boyutudur (Moore, 2007).

Son olarak, çevresel riskle ilgili boyutlar aşağıdaki gibi gruplanabilir (EPA, 1997b).

Boyut A. Popülasyon

1. İnsanlar

a. Bireyler

b. Genel nüfus dağılımı veya merkezi eğilimin ve en yüksek son maruz kalmanın tahmin edilmesi

c. Nüfus alt grupları

1. Yüksek derecede maruz kalan alt grup (örneğin; coğrafik bölge, yaş grubu, cinsiyet, ırk veya etnik grup, veya ekonomik durum nedeni ile)

2. Yüksek derecede hassas alt grup (örneğin; astımlılar veya diğer önceden var olan koşullar, yaş, ırk)
2. Ekolojik Varlıklar
 - a. Birey grupları
 - b. Nüfuslar
 - c. Çoklu türler
 - d. Habitat veya ekosistemler
3. Görünümle ilgili veya Coğrafik Endişeler
 - a. Yer altı suyu akiferleri
 - b. Havzalar (yüzeysel sular ve onların çevresindeki karasal ekosistemler)
 - c. Hava ortamı
 - d. Bölgesel ekosistemler
 - e. Eğlence alanları

Boyut B. Kaynaklar

1. Tek Kaynak
 - a. noktasal kaynak (örneğin; endüstriyel veya ticari deşarjlar, temizleme çalışması yapılan aşırı kirli alanlar)
 - b. noktasal olmayan kaynak (örneğin; otomobiller, tarım, tüketici kullanımından kaynaklanan salınımlar)
 - c. doğal kaynaklar (örneğin; sel, kasırga, deprem, orman yangınları)
2. Çoklu kaynaklar (yukarıdaki kaynakların kombinasyonu)

Boyut C. Strese Neden Olan Faktörler

1. Kimyasallar
 - a. Tek kimyasal
 - b. Yapısal olarak benzer gruptaki madde grupları
 1. Tek kimyasal (belli bir anda tek başına bulunan kimyasal)
 2. Bir karışımda bulunan
 - c. Yapısal olarak farklı fakat aynı etki mekanizması ve/veya hedef organı olan maddeler
 1. Tek kimyasal (belli bir anda tek başına bulunan kimyasal)
 2. Bir karışımda bulunan
 - d. Karışımlar (yapısı ve etki mekanizması farklı kimyasallar)
2. Radyasyon
3. Mikrobiyolojik veya biyolojik

4. Besinsel (örneğin; beslenme düzeni, sağlık durumu veya metabolik durumu)
5. Ekonomik (örneğin; sağlık hizmetlerine ulaşım)
6. Fizyolojik (örneğin; belirsiz risklerin etrafında yaşama bilgisi)
7. Habitat Değişimi (örneğin; şehirleşme, hidrolojik modifikasyon, ağaç hasadı)
8. Arazi Kullanımı Değişiklikleri (örneğin; tarımdan yerleşime, kamusal eğlence alanlarının özelleştirilmesi)
9. Küresel Isınma Değişiklikleri
10. Doğal Afetler (örneğin; seller, kasırgalar, depremler, salgın hastalıklar, veba salgını)

Boyut D. Yollar

1. Yollar
 - a. Hava
 - b. Yüzeysel su
 - c. Yer altı suyu
 - d. Toprak
 - e. Katı Atık
 - f. Gıda
 - g. Gıda dışı tüketim malzemeleri, kozmetikler
2. İnsan ve tekil tür için maruz kalma yolları
 - a. Yutma (hem gıda hem su)
 - b. Deri teması (absorpsiyon ve bitkiler tarafından alınma)
 - c. Soluma (gaz değişimi)
 - d. Besinsel olmayan yutma (örneğin; 'elden ağıza' yolu)
3. Toplum ya da ekosistem içindeki temas yolları
 - a. Doğrudan temas veya yutma
 - b. Biyoakümüülasyon
 - c. Biyomagnifikasyon
 - d. Vektör transferleri (örneğin; parazitler veya sivri sinekler)

Boyut E. Hedefler

1. İnsan Sağlığı Etkileri (örneğin; hayvan çalışmaları baz alınanlar, hastalık veya salgın kayıtları, laboratuvar ve klinik çalışmaları, veya epidemiyolojik çalışmalar ve verileri)
 - a. Kanserojenik
 - b. Nörotoksikolojik

- c. Üreme bozuklukları
- d. Gelişimsel
- e. Kalbe ve kan damarlarına ait olan
- f. Bağışıklık sistemi ile ilgili
- g. Böbrekle ilgili
- h. Karaciğerle ilgili
- 1. Diğerleri

2. Ekolojik Etkiler

a. Popülasyonlar veya Türler

- 1. Doğurganlığın kaybedilmesi
- 2. Büyüme hızının düşmesi
- 3. Akut ya da kronik toksisite
- 4. Biyolojik kütlede değişiklik

b. Toplum

- 1. Tür çeşitliliğinin kaybolması
- 2. Egzotik türlere giriş
- 3. Temel türlerin kaybolması

c. Ekosistem

- 1. Fonksiyon kaybı (örneğin; fotosentez, mineral metabolizması)
- 2. Habitat yapısının kaybolması
- 3. Organizmaların fonksiyonel gruplarının kaybı (örneğin; otlayanların, ayrıştırıcıların)
- 4. İklim Değişikliği (örneğin; güneş ışığı ve sıcaklık değişimi)
- 5. Peyzaj özelliklerinin kaybolması (örneğin; göç koridorları, ana yurtlar)

Boyut F. Zaman Dilimi

- 1. Akut
- 2. Subkronik
- 3. Kronik veya uzun gecikme periyodu olan etkiler
- 4. Kesikli

2.7 Avrupa Birliği Topluluğunda Kimyasal Madde Risk Değerlendirme Yaklaşımları ve Mevzuatları

2.7.1 Tarihçe

Kimyasal riskleri dzenleyen ilk yasa 67/548/EEC tehlikeli maddelerin sınıflanması, paketlenmesi ve etiketlenmesi konularını kapsamaktadır. Bu direktif, tehlikeli madde direktifi olarak bilinmektedir. Maddelerin tehlikelilik özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Daha sonraları değerlendirme işyeri ortamı ile kısıtlı kalmamış çevre ve insan sağlığına ilişkin kaygılar da kapsam altına alınmıştır. 1981 yılından önce piyasaya çıkarılan maddeler mevcut maddeler olarak tanımlandı ve EINEC listeleri ile verildi. Tehlikeli olduğu belirlenen maddeler Annex I de listelenir ve bu listelerde yer alan maddelerin paketleri üzerinde bazı bilgilerin verilmesi gerekmektedir. Bu maddeler hakkındaki daha detaylı bilgiler ise güvenlik veri dosyalarında verilir. 91/155/EEC direktifine göre endüstriyel kullanıcılar bu dosyaları kullanıcıya iletmekle yükümlüdürler. SDS' ler bir maddenin fiziksel/kimyasal ve zehirlilik özellikleri gibi temel verileri ve bunların güvenli depolama, kullanım, taşıma ve uzaklaştırma bilgilerini içermektedir. Acil durum bilgilerinin de bu dosyalarda verilmesi gerekmektedir. ANNEX I de listelenmeyen maddelerin üretici tarafından sınıflanması, paketlenmesi ve etiketlenmesi gerekmektedir. 1999/45/EC direktifi tehlikeli karışımların sınıflanması, paketlenmesi ve etiketlenmesi ile ilgili düzenlemeler içermektedir. 793/93 mevcut tehlikeli maddelerin risklerinin değerlendirilmesi ve kontrolü ile ilgili düzenlemeleri içermektedir. EINEC listesinde çok sayıda madde olduğu için değerlendirmesi yapılacak maddeler öncelik listeleri oluşturularak belirlenir. Öncelikli maddeler 'Yeni ve Mevcut Tehlikeli Maddeler' için risk değerlendirme 'TGD' kitapçığında belirtilen çerçevede yapılır. Muhtemel risk değerlendirme sonuçları detaylı bir değerlendirme sürecinin gerçekleştirilmesi, daha fazla değerlendirme ve risk düşürme gerekmediğine karar verilmesi, veya riskin düşürülmesi gerektiğine karar verilmesi ile sonuçlanabilir. 76/769/EEC risk yönetimi ile ilgili konuları kapsayan bir direktiftir.

2004/37/EEC işçileri, işyerinde kanserojen maddelere maruz kalma ile ilgili risklerden korumayı amaçlamaktadır. 89/391/EEC direktifi ile bir çok referans

direktif oluşturulmuştur. 'Article 6' genel risk önleme prensiplerini sıralamaktadır. Bunlar;

- risklerden kaçınma,
- kaçınılamayan riskleri değerlendirme
- riskleri kaynağında yok etme
- işin çalışana göre dizayn edilmesi
- teknolojik gelişmelerin uygulanması
- tehlikeli maddelerin tehlikeli olmayanlarla ikame edilmesi
- işçilerin eğitilmesi

98/24/EEC direktifi kimyasal maddelerden kaynaklanan riskleri önleme ile ilgili bir çerçeve oluşturur. Mesleki maruz kalma limitlerinin oluşturulması için şunların yapılması gerekmektedir:

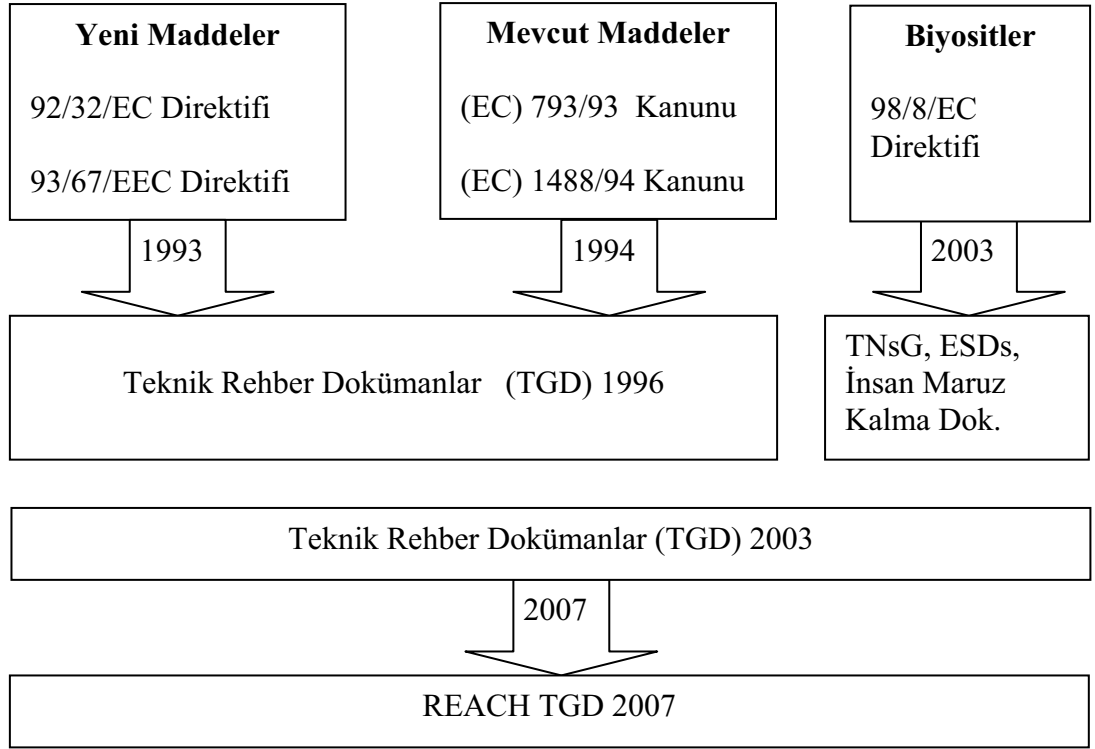
- risk değerlendirme ile kimyasal maddelerden kaynaklanan riskler belirlenmelidir
- maruz kalma önlenmeli ya da kontrol edilmelidir
- maruz kalma periyodik olarak izlenmelidir
- OELV değeri aşıldığında işveren önleyici ve koruyucu tedbirleri almalıdır

İlave olarak, işçiler tehlikeli maddeleri depolama konusunda eğitilmelidir. Düzenli olarak sağlık izlemesi yapılmalıdır. İşçilerin maruz kalma durumları kayıt altına alınmalı ve saklanmalıdır. Tehlikeli maddelerle ilgili kazalar için acil durum prosedürleri işçilere belirtilmelidir. Direktifte oluşturulan prensipler önleme, koruma ve kontrol esaslarına dayanmaktadır.

2004/37/EC işyerinde kanserojen maddelere maruz kalma ile ilgili risklerden işçileri korumayı kapsamaktadır. Bu direktifin kapsamı mutajen maddeleri de kapsamak üzere genişletilmiştir. Kanserojen maddelerin kullanımının minimuma indirilmesi üreticilerin sorumluluğu altındadır. Annex III de limit değerler bulunmaktadır. İşyerinde kullanılan kanserojen madde miktarları sınırlandırılmalı, bu maddelere maruz kalan işçi sayısı en aza indirilmeli, kanserojen madde emisyonunu en aza indirgeyen proses tasarımları ve mühendislik kontrolleri kullanılmalı, erken uyarı sistemleri için kanserojen madde ölçümleri yapılmalı, hijyenik önlemler alınmalı, işçiler eğitilmeli, risk sınırları belirlenmeli ve uygun güvenlik ve uyarı işaretleri asılmalı, olağan üstü madde emisyonları için acil durum planları oluşturulmalı,

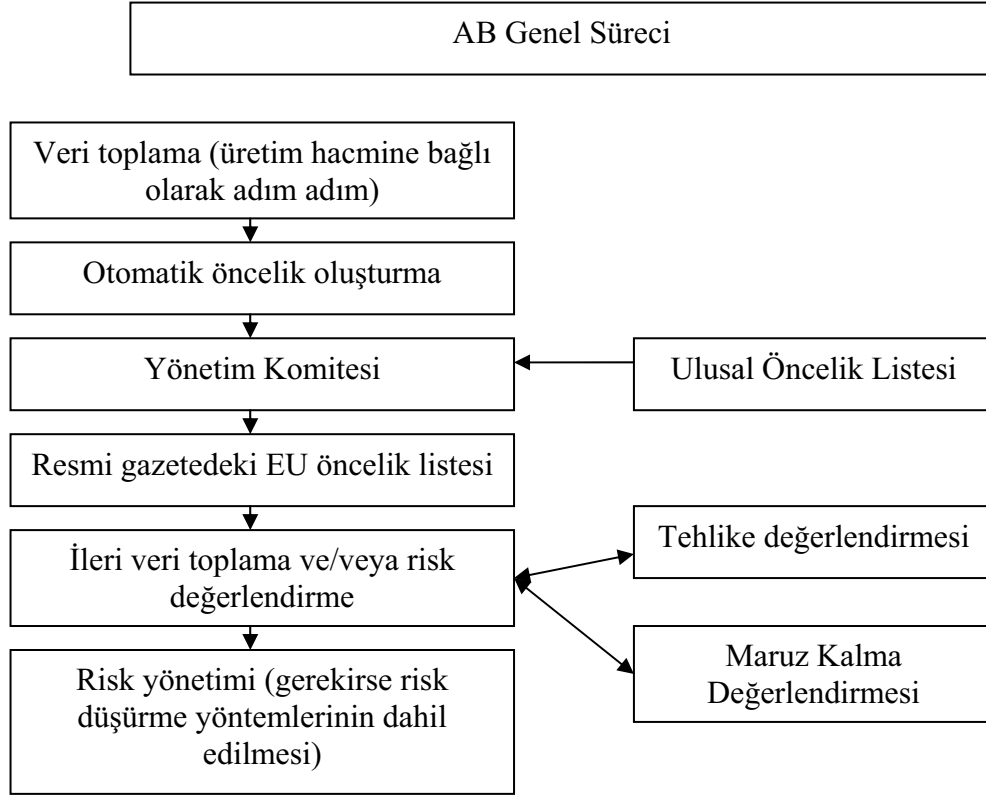
güvenli saklama, depolama ve taşıma yolları belirlenmelidir (Walters ve Grodzki, 2006).

Maddelerin veya karışımların sınıflanması, etiketlenmesi ve paketlenmesi ile ilgili 1272/2008 nolu EC direktifi 16 Aralık 2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu direktif 67/548/EEC direktifinin yerini almaktadır. Direktif maddelerin ve karışımların sınıflandırılması ile ilgili kriterleri tehlikeli maddelerin etiketlenmesi ve paketlenmesi ile ilgili kurullarla bütünleştirmektedir. Bu direktifte üreticiler, ithalatçılar, alt kullanıcılar ve tedarikçiler için yükümlülük getirilmektedir (Perez, 2005). AB de çıkarılan kimyasal madde risk değerlendirme ile ilgili yasalar Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12: AB sürecinde kimyasal maddeler için risk değerlendirme yasal tarihi (Knecht, n.d.)

Kimyasal maddelerin değerlendirilmesi ile ilgili AB’inde işleyen genel süreç Şekil 2.13’de gösterilmiştir.



Şekil 2.13: AB genel süreci (Perez, 2005)

2.7.2 ECETOC (European Center for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals) yaklaşımı

ECETOC yaklaşımı ‘Hedeflenen Risk Değerlendirme’ yöntemini önermektedir. İnsana veya çevreye, üretimi veya kullanımı sırasında tehlike arz etme potansiyeli bulunan maddelerin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu yöntemde karar verme risk tabanlıdır ve maruz kalma ve tehlike ile ilgili bilgileri göz önünde bulundurmaktadır. Üç adımdan oluşan yöntem Şekil 2.14’de gösterilmektedir (Feijtel, 2003).

Birinci adımdaki amaç, risk değerlendirmeye tabi tutulmasına gerek olmayan maddeleri elemek ve hedefleyici risk değerlendirme ihtiyacını belirlemektir. Risk değerlendirmeye ihtiyacı olmayan proses veya kullanımların elenmesi ve hedeflenen risk değerlendirmenin hangi proses ve kullanımlara uygulanacağını belirlemek amaçlanmaktadır. Bir önceki adımda belirlenen proses veya kullanımlar için geliştirilmiş senaryolardan kaynaklanan risklerin hedeflenen ve detaylı bir değerlendirilmesi yapılır. ECETOC yaklaşımının anahtar bileşenleri;

sınıflama/etiketleme sistemleri kullanılarak tehlikelerin kategorize edilmesi, insan sağlığı için türe özgü etki gözlenmeyen değerlerin, türe özgü işyeri maruz kalma

1. Adım	<p style="text-align: center;"><u>İnceleme Adımı</u></p> <p>Yazılı kuralları esas alan</p>
2. Adım	<p style="text-align: center;"><u>Hedefleyen Adım</u></p> <p>Anahtar maruz kalma senaryoları Tahmini maruz kalma Genel tehlike değerlendirmesi Tanımlanan risk oranı</p>
3. Adım	<p style="text-align: center;"><u>Hedeflenen Adım</u></p> <p>Endişelenen durumlar için senaryolar Endişelenen durumların anahtar tehlikeleri Gerçek verileri dikkate alma ve hataların elenmesi Gerçek risk oranının tanımlanması</p>

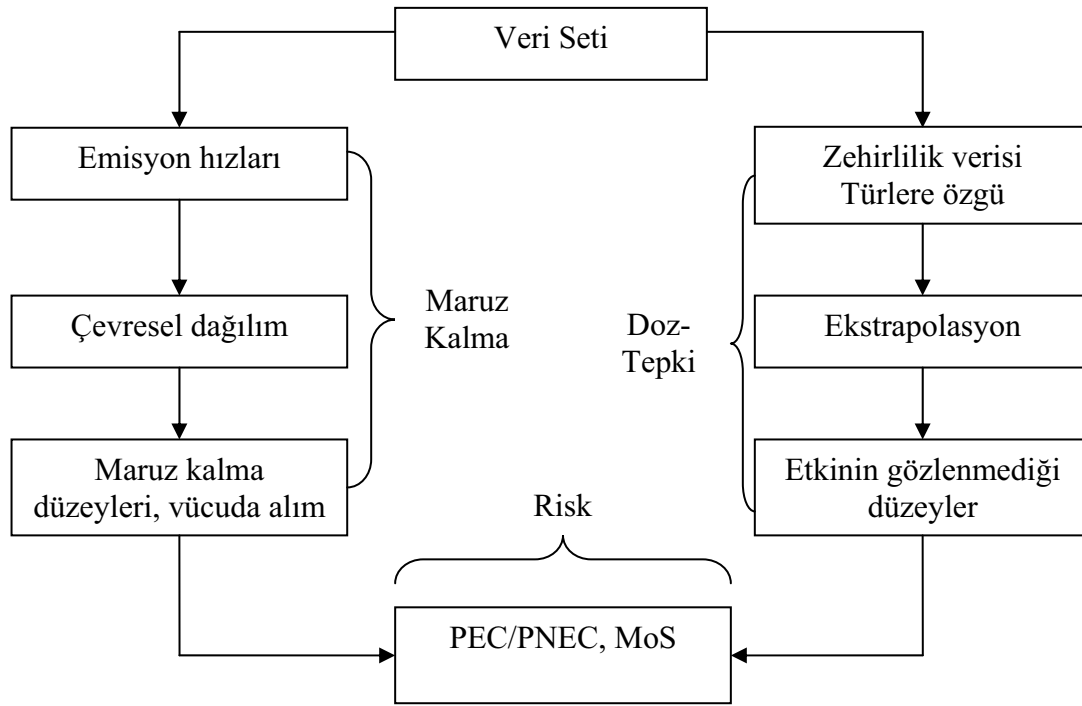
Şekil 2.14: ECETOC yaklaşımı risk değerlendirme yöntemi (Feijtel, 2003)

limitlerinin, türe özgü tüketici maruz kalma tahminlerinin, çevre sağlığı için türe özgü etki gözlenmeyen değerlerin, çevre, tüketici, işçi için endişe duyulan maruz kalma senaryolarının belirlenmesidir. Birinci adımda zarar verme potansiyeli düşük olan maddeleri elemek amacıyla risk matrisleri oluşturulur. AB sınıflama kriterleri esas alınarak tehlikeler kategorize edilir. Üretim ve kullanım amaçları esas alınarak maruz kalma potansiyelleri tahmin edilir. İşçi ve tüketici riskleri ile ilgili süreç, kimyasal tedarikçileri tarafından ulaşılabilen bilgileri, işçi ve tüketici sağlığını korumak amacıyla geliştirilmiş risk yönetimi yaklaşımlarını kullanmaktadır. İşyeri risklerini düşürmek için gerekli önlemler hakkında önemli tavsiyelerde bulunmakta ve Avrupa yasal standartlarıyla uyumlu sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Feijtel, 2003).

2.7.3 EUSES (European Union System for Evaluation of Substances) yaklaşımı

EUSES kapsamında risk değerlendirme için kullanılan adımlar Şekil 2.15’de gösterilmiştir. Maruz kalma değerlendirmesi, insanların ya da çevre bileşenlerin maruz kalabileceği konsantrasyon/dozun belirlenmesidir. Etki değerlendirmesi, tehlike tanımı ve doz-tepki değerlendirmesi adımlarından oluşmaktadır. Kimyasalın neden olabileceği olumsuz etkiler belirlenir ve maruz kalınan madde miktarı ile ortaya çıkan olumsuz etki arasındaki ilişki ortaya konur. Risk karakterizasyonunda

bir kimyasala maruz kalma sonucunda ortaya çıkabilecek muhtemel olumsuz etkilerin şiddeti ve frekansı tahmin edilir (EUSES, 2004).



Şekil 2.15: EUSES risk değerlendirme modeli (EUSES, 2004)

Risk karakterizasyonu için PEC/PNEC, MoS oranları kullanılarak sayısal bir sonuç elde edilir. Bu oranlar risk karakterizasyon oranı olarak adlandırılmaktadır. Bu oranlar risk karakterizasyonu yerine geçen parametreler olarak adlandırılabilir çünkü riskin olabilirliğini veya frekansını sayısallaştıramamaktadırlar. Riskin olabilirliğini daha iyi ifade eden yöntemler henüz bulunmadığı için bu oranların riskin olabilirliğini gösterdiği kabul edilmektedir (EUSES, 2004).

EUSES yaklaşımının ana modülleri Şekil 2.16'da gösterilmektedir. EUSES ile korunması amaçlanan ekosistemler ve popülasyonlar Çizelge 2.5'de gösterilmiştir. İnsan sağlığının korunmasında maruz kalan toplumun özellikleri dikkate alınırken özellikle en hassas bireyler ele alınmaktadır. Çevresel risk değerlendirmede ekosistemin hassasiyetinin bu ekosistemdeki en hassas türe bağlı olduğu kabul edilmektedir. Risk değerlendirme maddenin tüm hayat döngüsü ve çevre bileşenlerindeki akıbetini kapsamaktadır. Tüketici ve işçiler için yapılan risk değerlendirmelerde türe özgü maruz kalma modelleri çok geniş bir uygulama alanı için kullanılır. En kötü durum için yapılan bu değerlendirmelerde risk kabul edilebilir düzeyde çıkarsa süreç durdurulur. Aksi durumda, parametre değerleri değiştirilerek

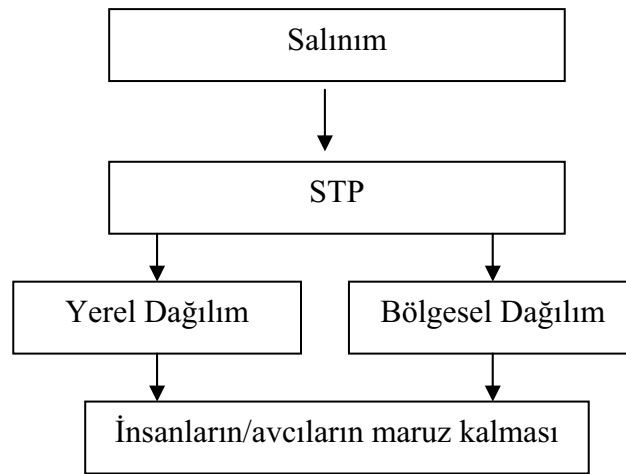
daha temsil edici veriler kullanılır. Girdi verisinin kalitesini değerlendirebilecek, uygun veriyi seçebilecek, yapılan kabulleri ve yöntemin kısıtlarını anlayabilecek ve sonuçları doğru bir şekilde yorumlayabilecek uzmanlar tarafından uygulanması gerekmektedir. Maruz kalma değerlendirmesi, maddenin üretim miktarı, fizikokimyasal özellikleri ve çevredeki taşınımı ve akıbeti dikkate alınarak modeller yardımıyla hesaplanır. EUSES içinde kullanılan maruz kalma değerlendirilmesi Şekil 2.17 ile gösterilmektedir. Ekotoksikolojik etki değerlendirmesinde, deneysel zehirlilik testlerinden ekstrapolasyon yardımıyla PNEC değerlerine geçilir. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi için ise NOAEL değerlerine geçiş yapılır. Şekil 2.18’de



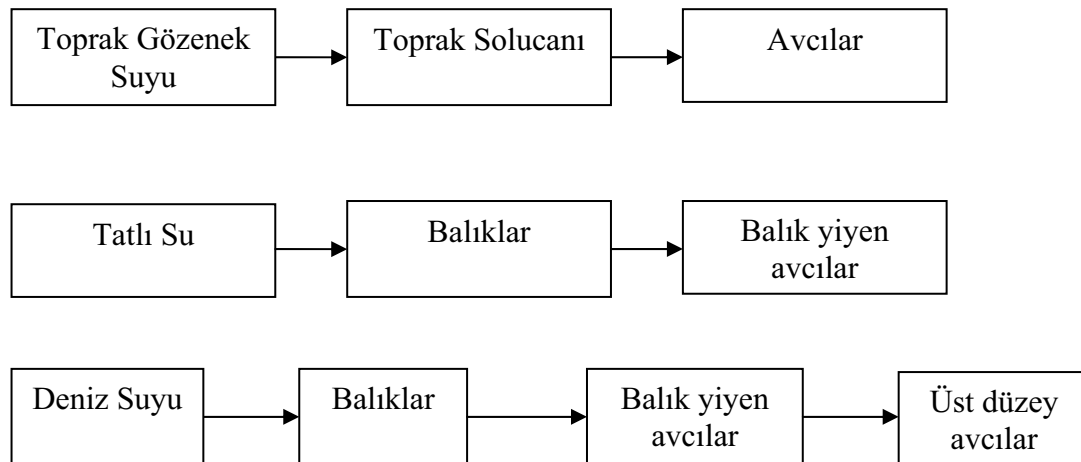
Şekil 2.16: EUSES ana modülleri (EUSES, 2004).

Çizelge 2.5: EUSES kapsamında korunması amaçlanan insan ve ekolojik popülasyonlar (EUSES, 2004)

İnsan popülasyonları: İşçiler Tüketiciler Amatör biyosid kullanıcıları Çevreden maruz kalan insanlar Ekolojik sistem ve popülasyonlar: Arıtma sistemlerindeki mikroorganizmalar Su ekosistemi Kara ekosistemi Sediment ekosistemi Üst düzey avcılar



Şekil 2.17: EUSES: Maruz kalma değerlendirme (Knecht, n.d.)

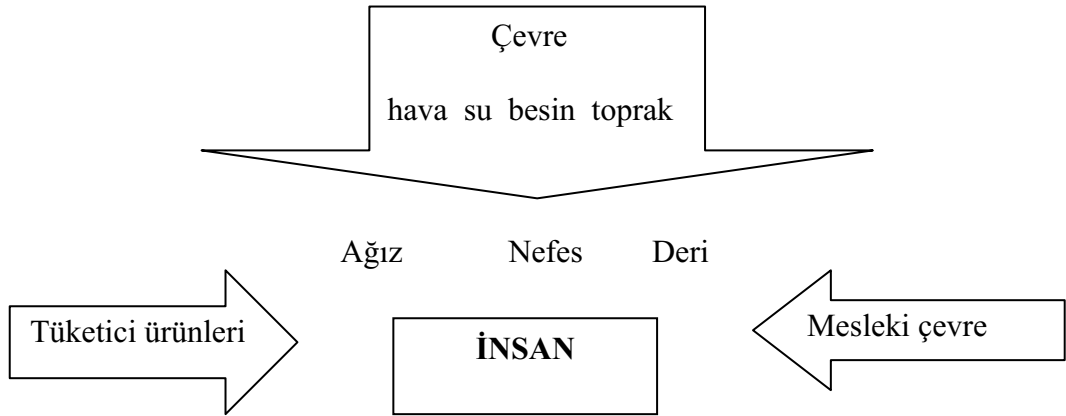


Şekil 2.18: Çevresel maruz kalma: ikincil zehirlilik (Knecht, n.d.)

ikincil zehirlilik için çevresel maruz kalma şeması gösterilmektedir. EUSES üç boyuta sahiptir. Bunlar yer, zaman ve gerçekçilik boyutlarıdır. Yer ölçeğinde üç

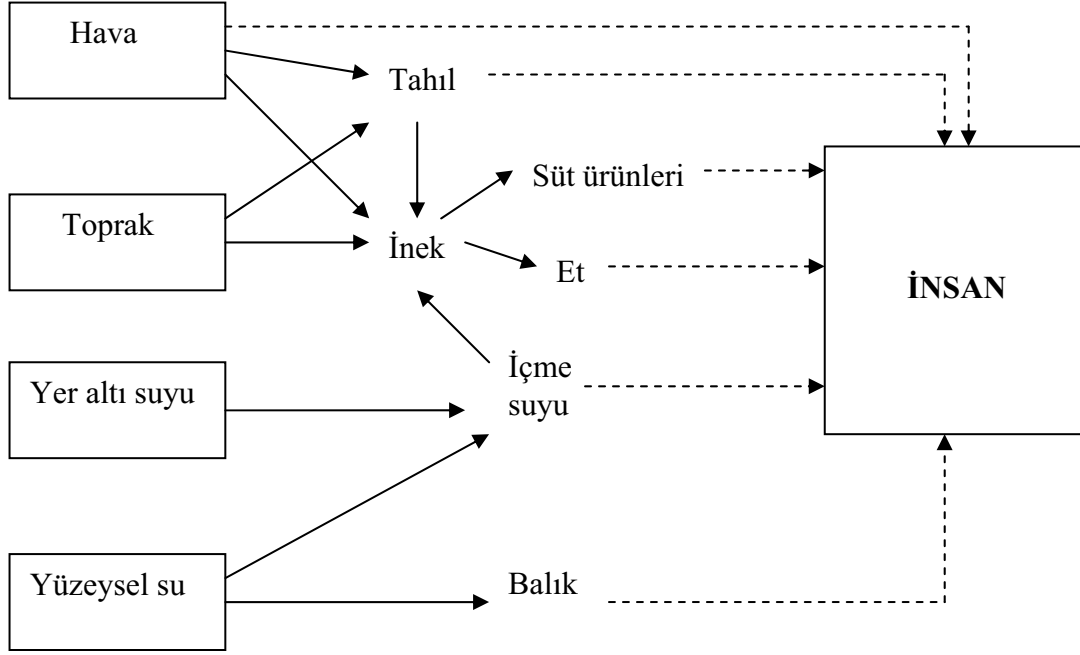
farklı ölçek kullanılmıştır. ‘Kişisel ölçek’ altında bireysel tüketiciler ya da işçiler gibi maddelere doğrudan maruz kalan kişiler dikkate alınmıştır. ‘Yerel Ölçek’, noktasal bir kaynağın hedefindeki büyük bir toplumu koruma amacını gözetmektedir.

‘Bölgesel ölçek’ daha büyük bir alandaki birden fazla madde kaynağına maruz kalan toplumun risklerini değerlendirmektedir. İnsanlar için maruz kalma yolları Şekil 2.19 ve dolaylı maruz kalma yolları ise Şekil 2.20 ile gösterilmiştir. Endüstriyel kimyasal emisyonlarının süreklilik durumu ve maruz kalan türün yaşam süresi maruz kalma süresinin niteliğini belirlemektedir. Eğer emisyonlar sürekliyse ve maruz kalan türün ömrü bu süreye yakınsa uzun süreli zehirlilik verileri kullanılır. Eğer emisyonlar kesikliyse ve maruz kalan türün ömrü bu süreye nazaran oldukça uzunsa kısa süreli zehirlilik bilgileri kullanılır. Bölgesel düzeyde yayılı kaynaklar söz konusu olduğu için bu ölçekte kararlı hal söz konusudur ve uzun dönemli maruz kalma seviyeleri tahmin edilir. Şekil 2.21’de ise etki değerlendirme çerçevesi verilmiştir.



Şekil 2.19: İnsanlar için maruz kalma yolları (Knecht, n.d.)

Bir model asla gerçeği temsil edici nitelikte olamaz çünkü gerçeğin doğası oldukça karmaşıktır ve yeterince bilgi yoktur. Bu nedenle parametrelerin değerlerinin tamamına yakını önemli ölçüde belirsizlik içermektedir. Bu belirsizlik aynı zamanda doğanın zaman ve yer açısından değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Bu modelde risk, etki ve maruz kalma değerlendirilmesinin oranlanması ile temsil edilmektedir ve nokta tahmini yapılmaktadır. Potansiyel riskin olduğundan daha düşük tahmin edilmesinden kaçınabilmek için tüm durum ve parametreler için en kötü değerler kullanılmaktadır. Bu durumda da gerçekleşmesi oldukça imkansız gerçek olmayan risk düzeyleri elde edilir. Model parametrelerinin özelliklerine bağlı olarak ortalama medyan ve tipik değerler kullanılması daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini



Şekil 2.20: İnsan için dolaylı maruz kalma yolları (Knecht, n.d.)

Çevresel Etki Değerlendirme

$$PNEC = \frac{Zehirlilik}{AF}$$

Destek: 10 NOEC (8 taks. Grup)
Var ise istatistiksel yöntem

$$PNEC_{EP} = \frac{K_{ortam-su}}{RHO_{ortam}} \times PNEC_{SU}$$

Karasal organizmalar ve sediment organizmaları için

İnsanlar için Etki Değerlendirme

Değerlendirme faktörleri kullanılabilir + yoldan-yola ekstrapolasyon

Şekil 2.21: Etki değerlendirme (Knecht, n.d.)

sağlayabilir. Şekil 2.22’de EUSES için risk karakterizasyonu gösterilmektedir (EUSES, 2004).

2.7.4 REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) Direktifi

‘Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals’ adlı REACH olarak da bilinen bir öneri sunulmuştur. Kimyasal ürünlerin kayıt altına alınması, değerlendirilmesi ve denetim altına alınması gerekmektedir. Aşağıda REACH adımları özetlenmiştir (Walters ve Grodzki, 2006):

Kayıt; AB’de 1 ton ve üzerinde üretilen ya da buraya ithal edilen kimyasal maddelerin ilgili otoriteler tarafından Avrupa Kimyasal Ajansına (ECA) kayıt edilmesi gerekmektedir. ECA, merkezi AB çapında bir veri tabanı oluşturacaktır.

Çevresel Risk Karakterizasyonu

$$RCR = \frac{PEC}{PNEC}$$

PNEC_{EP} kullanıldıysa ve Kow>5 ise toprak ve/veya sediment için PEC/PNEC oranı 10 ile çarpılmalıdır

İnsanlar için Risk Karakterizasyonu

$$MOS = \frac{Zehirlilik}{Vücudaalüandoz}$$
$$MOS = \frac{Zehirlilik}{Konsantrasyon}$$

RMOS, AOEL, RMOE + ömür boyunca kanser riskine karşılık değerlendirme yapılır

Şekil 2.22: EUSES için risk karakterizasyonu (Knecht, n.d.)

Şirketlerin, maddelerin kullanımı ile ilgili özet bilgi ve yapılan testler hakkında teknik sonuçlar girmesi gerekmektedir. Veri gereksinimleri, maddenin miktarına ve zehirlilik özelliklerine göre değişmektedir. Kayıt çeşitli adımlarda gerçekleşmektedir. 1000 ton ve üzerindeki maddeler yasa çıktıktan 3 yıl sonra kayıt altına alınacaktır. 100 ton üzerindeki 6 yıl içinde 1-10 ton arasındakiler 11 yıl içerisinde kayıt edilecektir (Walters ve Grodzki, 2006).

Değerlendirme; Kayıtlar esas alınarak değerlendirmeler gerçekleştirilecektir. İki tür değerlendirme yapılmaktadır:

- Doz değerlendirmesi: Kayıtlar dikkate alınarak gerekli testlere karar verilir.
- Madde değerlendirmesi: Herhangi bir yetkili kurum tarafından bir maddenin insan sağlığı ya da çevreye risk arz ettiği şüphesi belirlenirse madde değerlendirmesi gerçekleştirilir. Bu durumda kayıtlara ait tüm veriler kontrol edilir. Gerekirse yetkililerden kayıt verilerinden daha detaylı bilgiler istenir.

Yetkilendirme (Authorisation)

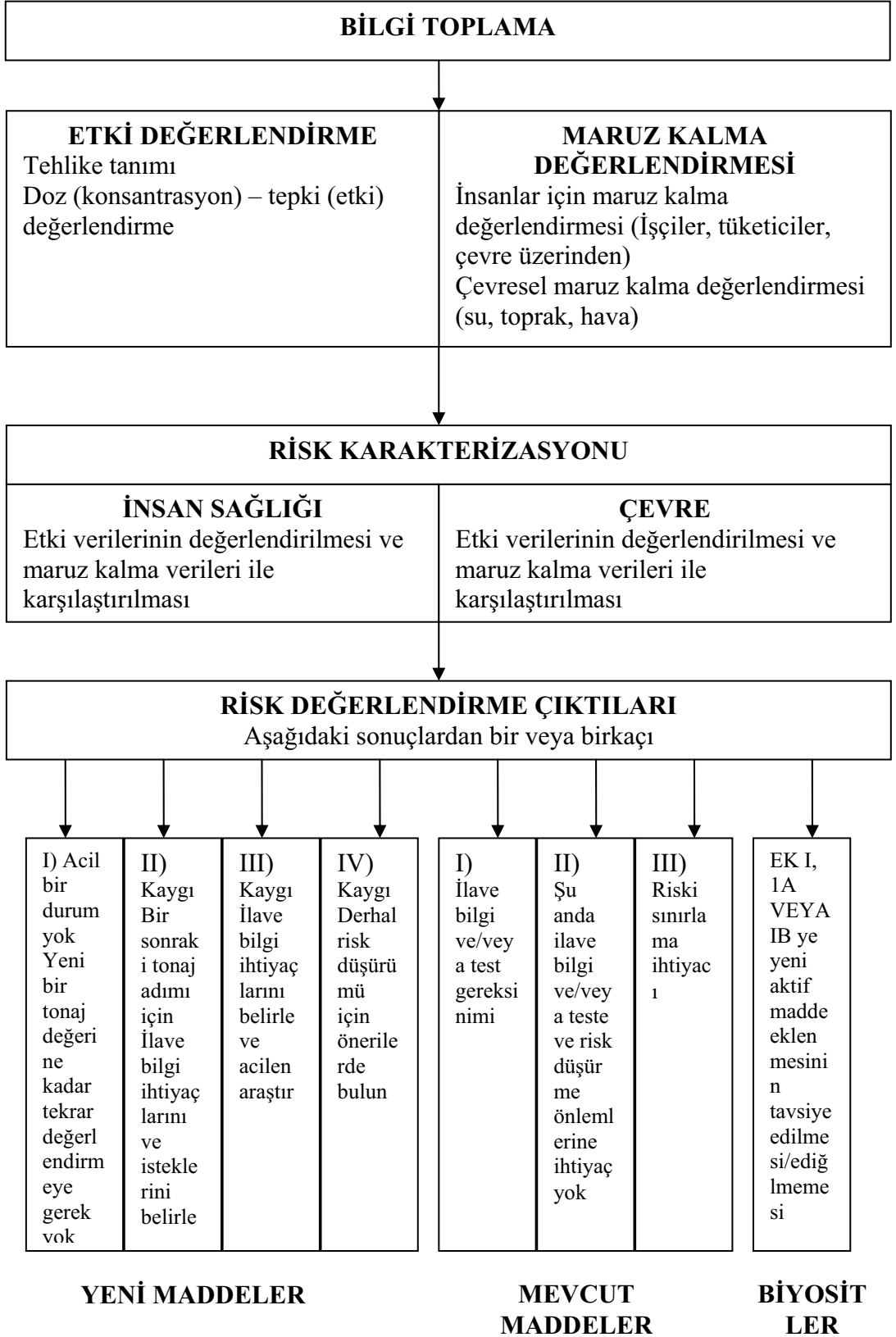
- Kayıt ya da değerlendirme esnasında yüksek derecede riskli görülen maddeler yetkilendirilmeden piyasaya sürülemez. Kimyasalın arz ettiği risklerin üretici tarafından uygun şekilde kontrol edileceği ya da bu risklerin sosyo ekonomik faydalar tarafından amorti edildiği belgelendirilirse yetkilendirme gerçekleştirilir. Sosyo ekonomik faydalar için verilen yetkilendirmeler zaman kısıtlı olacaktır.

2.7.5 TGD (Technical Guidance Document) yaklaşımı

Şekil 2.23 TGD kapsamında verilen risk değerlendirmenin genel prensiplerini göstermektedir. Jaworska ve diğ. (2002), HEDP, ATMP, EDTMP, DTPMP fosfonatlar için AB TGD formatına uygun bir risk değerlendirme çalışması yapmıştır. Ön araştırma olarak maddelerin fizikokimyasal özellikleri ve parçalanma (biyotik ve abiyotik) özellikleri belirlenmiştir. AB, TGD kapsamında 2. bölümde belirtilen yöntemle maruz kalma değerlendirmesi yapılmıştır. Yerel ve bölgesel çevre için maruz kalma hesaplanmıştır. Bölge nüfusu, alanı, arıtma tesisine bağlı nüfus yüzdesi kullanılmıştır. Çevresel etki değerlendirmesi için zehirlilik verilerinden PNEC verileri bulunmuştur. Suda ve sedimentte risk değerlendirme yapabilmek için risk oranları hesaplanmıştır. Tüm bileşikler için oran 1 den düşük çıkmıştır.

2.8 EPA Tarafından Sunulan Risk Değerlendirme Yaklaşımları

EPA 'Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund' (ERAGS), kirlenmiş bölgeler için 8 adımlı bir risk değerlendirme süreci tanımlamaktadır. Buna göre, ilk 2 adım izleme seviyesinde bir ekolojik risk değerlendirme olarak nitelendirilmektedir. Birinci adımda problem tanımlanır ve zehirlilik değerlendirilir. Bölge ile ilgili bilgi toplanır. Mevcut kimyasalların hangi seviyelerde olumsuz etkilere neden olacağı araştırılır. İkinci adımda maruz kalma tahmini yapılır ve risk hesaplanır. Bitki, hayvan ve insanların maruz kalacağı madde miktarı belirlenir. Risk, çevrede tahmin edilen konsantrasyonun zarara neden olan konsantrasyona oranlanması ile bulunan tehlike oranı ile sayısallaştırılır. 3. ve 7. adımların arasındakiler ise Temel Ekolojik Risk Değerlendirmenin bir parçası olarak tanımlanmaktadır. 3. adımda problem tanımı yapılır. Potansiyel olarak ekolojik tehditlere neden olabilecek maddeler diğer maddeler arasından elenir. Kimyasalın, biyolojik, kimyasal, fiziksel akıbeti belirlenir.



Şekil 2.23: Yeni maddeler, mevcut maddeler ve biyositler için risk değerlendirme genel prensipleri (TGD Part I, 2003)

Bitkiler ve hayvanlar üzerindeki olumsuz etkiler belirlenir. Mevcut bitkiler, hayvanlar ve habitat belirlenir, bu türlerin kimyasallara olan hassasiyeti araştırılır, mevcut su kütleleri tespit edilir. Kimyasalın kirletici kaynaktan besin zincirine nasıl geçtiği belirlenir. Bitki ya da hayvanların, kimyasalların neden olduğu zararlı etkiler cinsinden ölçülebilecek karakteristikleri araştırılır. Maruz kalma yolları tespit edilir. X kimyasalı Y bitkisi/hayvanı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip midir? sorusu cevaplanır. Dördüncü adımda çalışma planı ve veri kalitesi amaçları belirlenir. Çalışmanın nasıl ilerleyeceği planlanır, son noktalarla ilgili olarak ne ölçüleceği belirlenir. Potansiyel ekolojik riski değerlendirmek için ne tür testler yapılacağı araştırılır. Veri kalitesi, türü ve miktarının uygun ve savunulabilir olduğundan emin olmak için planlama aşamaları gerçekleştirilir. Beşinci adımda arazi örnekleme planını doğrulama çalışmaları yapılır. Arazi koşullarının 4. adımda yapılan planı uygulamaya izin verip vermeyeceği belirlenir. Altıncı adımda daha önce yapılan iş planı uygulamaya alınır ve elde edilen bilgi iş planına ve istatistiksel dizayna göre analiz edilir. Yedinci adımda risk tahmini ve karakterizasyonu yapılır. Ekolojik riski ortaya koymak için gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları ile riskin uzunluğunu, gelecek riskler için potansiyelini, kirlenmenin ne kadar kalabileceğini ve hiçbir önlem alınmazsa oluşacak doğal geri kazanımın seviyesini ortaya koyan çalışmaların sonuçları birleştirilerek gerçekleştirilir. Son adımda ise ileride gerçekleştirilebilecek eylemlere karar verme amacıyla risk yönetimi yapılmaktadır (US EPA, 1997a).

2.9 Türkiye’de Bulunan İlgili Yönetmelikler

76/464/AB Direktifine uyum sağlamak için 2005 yılında Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği çıkarılmıştır. Bu yönetmelik, su ve çevresinde tehlikeli maddelerden kaynaklanan kirliliğin tespit edilmesini ve kademeli olarak azaltılmasını amaçlamaktadır. Yönetmelik kapsamında yüzeysel sularda, haliç sularında, bölgesel sularda kirliliğe neden olan tehlikeli maddelerin belirlenmesi, kirlilik azaltma programlarının oluşturulması, kirliliğin önlenmesi ve izlenmesi, suya deşarj edilen tehlikeli maddelerin envanterinin yapılması, deşarj standartları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili teknik ve idari esaslar vardır. Tehlikeli madde deşarj izin belgesi alındıktan sonra alıcı ortama deşarja izin verilmektedir. Buna göre; bu yönetmelikte verilen deşarj limitlerinin aşılmaması, kirliliğin azaltılması, giderilmesi ve kirliliğe engel olunması

için temiz teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Ek 1 ve Ek 2' de geçen maddelere ait deşarj limit değerleri ile su kalite kriterlerinin belirlenmesi için envanter çalışması gerekmektedir. Ek 2' de verilen maddeler için ulusal ya da bölgesel bazda kirlilik azaltma ve önleme programlarının oluşturulması istenmektedir. Bu yönetmelikte uygulanan deşarj limitlerine uyulması durumunda su ve sediment biyotası ve diğer çevre bileşenlerinde kirlilik artışının gözlenmemesi gerekmektedir. Ek 2' de belirtilen maddeler için su kalitesi kriterlerine dayalı deşarj limitlerinin oluşturulması gerekmektedir. İlgili idarece; bu Yönetmelikle belirlenen ve envanter çalışması neticesinde belirlenecek olan limit değerlerden daha kısıtlayıcı değerler de uygulamaya alınabilir. Bunun için tehlikeli maddelerin çevrede oluşturduğu veya oluşturacağı zehirlilik, kalıcılık ve biyolojik birikme özellikleri, alıcı ortamın miktar, kalite ve biyolojik özellikleri ilgili idari birimlerce dikkate alınacaktır. Deşarj limit değerleri hesaplanırken uygulanabilir en temiz teknoloji dikkate alınır. Kirlilik azaltma programları hava, su ve toprakta kirliliği arttırmamalıdır. Ek 1 ve Ek 2' de yer alan maddelerden birini kullanan kuruluşlar kullandıkları miktarı ve maddenin özelliklerini ilgili kuruluşlara bildirmek zorundadır. Her bir tehlikeli madde ve deşarj yapılan alıcı ortamın takip edilmesi için ulusal bir veri tabanı oluşturur. Ek 2' de yer alan bütün tehlikeli maddeler için kalite hedeflerinin oluşturulması amacıyla tehlikeli maddelerin deşarjına ilişkin ülke bazında envanter çalışması yapılmalıdır. Ek 1 ve Ek 2' de yer alan maddeler için yapılan kirlilik azaltma programlarının sonuçları Bakanlığa rapor edilir.

Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği de tehlikeli kimyasalları kontrol altına alarak, bu maddelerin olumsuz etkilerinden çevre ve insan sağlığını korumayı amaçlamaktadır. Tehlikeli kimyasalların tespitini, sınıflandırılmasını, etiketlenmesini, ambalajlanmasını, üretilmesini, depolanmasını, taşınmasını, kullanımını, ithalat ve ihracatını kapsamaktadır. İthalat, kontrol altında tutulmaktadır. Üreticilerin ve ithalatçılarının madde ile ilgili bilgi verme yükümlülükleri vardır. Etiketleme, ambalajlama, depolama ve taşıma için gereklilikler belirtilmiştir. Özel hükme tabi maddeler bildirilmiştir. Eklerde tehlikelilik özellikleri listesi, zararlı kimyasalların beyanı için kullanılacak form örneği, risk durumları ve kombinasyonları, güvenlik durumları ve kombinasyonları, depolama ile ilgili sınıflandırma kriterleri ve ürünü atıktan ayıran kriterler verilmiştir.

31 Mart 2007 tarihinde Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik çıkarılmıştır. Amaç, insan sağlığı ve çevreye zarar vermeden maddelerin güvenli ve düzenli bir şekilde taşınması ve bununla ilgili sorumlulukların ilgili kişi ve kurumlara dağıtılmasıdır. Bunun için taşıyıcı firma, araçta bulunan kişiler, teslim alan kişi ve depo görevlileri için ayrı yükümlülükler getirilmiştir.

3. TEHLİKELİ MADDELER

3.1 Tehlikeli Maddenin Tanımı

Tehlikeli madde; miktarı, konsantrasyonu veya fiziksel ya da kimyasal özellikleri nedeniyle insan sağlığı ya da çevreye gerçekten tehlike arz edebilen maddelere denilmektedir (Url-6).

OSHA tarafından oluşturulan Tehlike İletişim Standardına (HCS) göre tehlikeli madde; fiziksel olarak ya da sağlık açısından herhangi bir tehlike oluşturan maddedir. Buna göre fiziksel tehlike; bir kimyasalın yanabilir bir sıvı, sıkışabilir bir gaz, patlayıcı, parlayıcı, organik peroksit, oksitleyici, piroforik, reaktif ya da su ile reaktif olduğuna dair bilimsel bir ispat olması durumunda söz konusudur. Sağlık tehlikesi ise, bir kimyasala insanların maruz kaldığında akut ya da kronik sağlık etkilerinin olduğu bilimsel prensiplere uygun olarak hazırlanmış ve istatistiksel olarak anlamlı en az bir çalışma ile ispatlandığında ortaya çıkmaktadır. Fiziksel tehlikeler; yangın, reaktivite ve patlayıcılık tehlikeleri kategorilerini içermektedir. Sağlık etkileri ise sistemik etkilerden ve hedef organ etkilerinden oluşmaktadır (Foulke, 2007).

3.2 Tehlikelilik Özellikleri

3.2.1 Zehirlilik

Zehirli maddeler, fizikokimyasal bir temasın sonucunda canlı dokularda şiddetli hasar ya da ölüme yol açabilen maddeler olarak bilinmektedir (Duffus ve Worth, 1996). Fiziksel bir sabit olmadığı için zehirliliği ölçmek zordur. Öldürücü doz (LD₅₀) ya da konsantrasyon (LC₅₀), belli bir maruz kalma süresince test edilen türlerin % 50 sinin ölmesine neden olan doz ya da konsantrasyondur. TLV (Threshold Limit Value) ise insanların olumsuz etkiler yaşamadan gün boyunca maruz kalabileceği üst limit konsantrasyon değeridir. Genellikle 8 saat/gün periyodu için hesaplanan bu parametre Amerikan Endüstriyel Hijyen Birliği (ACGIH) tarafından kullanılmaktadır. OSHA ise PEL (Permissible Exposure Level) değerini

kullanılmaktadır (Sacarello, 1994). Zehirlilik etkisi ancak etkiyi yaratan madde veya maddenin oluşturduğu yan ürünler uygun bir biyolojik hedefle, etkiyi yaratmaya yetecek kadar yüksek konsantrasyonda ve yeterince uzunlukta bir sürede temas ederse ortaya çıkar. Zehirlilik etkisi, maruz kalma durumuna, biyolojik hedefe ve maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Bir maddenin zehirliliğini anlamak için sadece etkiyi ve etkinin oluşması için gerekli dozu anlamak yetmez. Aynı zamanda maddenin karakteri, maruz kalma durumu ve biyolojik hedef bilinmelidir. Zehirliliği etkileyen maruz kalma ile ilgili faktörler, maddeyle temasın gerçekleştiği yol, maruz kalmanın uzunluğu ve frekansdır (Cote ve Wells, 1991).

3.2.1.1 Maruz kalma yolu

Madde, memeli türlerde vücuda deri, ak ciğer, mide veya bağırsak ile ilgili yollardan girebilir. Bu nedenle zehirlilik testleri genellikle memeli hayvanlarda ağız, soluma, deri, gözle ilgili yollardan yapılır. Testlerde en çok kullanılan yollar, maddenin deriye, deri altına, kaslara, kana, omuriliği sıvısına ya da karın sıvısına enjekte edilmesidir. Endüstriyel ortamda oluşan kazalarda ise en çok soluma ya da deriye bölgesel temas türü görülmektedir. Organizmaların tipik maruz kalma yolları absorpsiyon hızına göre soluma, karın sıvısı, deri altı, kaslar, deriye enjeksiyon, ağızdan, deriden topikal maruz kalma olarak sıralanabilir. Sıralama maddenin fizikokimyasal özelliklerine, absorblayıcı yüzeyin kullandığı araca ve mikro çevresine göre değişebilmektedir. Absorpsiyon hızı, zehirlilik etkisinin belirtilerinin gözleneceği hızı belirlemek için gerekli ana faktördür (Koren ve Bisesi, 1996). Zehirsizleştirme ya da dışkılama hızı, maddenin absorpsiyon hızını geçerse, zehirlilik belirtileri ölçülebilir bir seviyede olmaz (Sacarello, 1994).

Sucul organizmalar su, sediment ve yiyeceklerdeki maddelere maruz kalabilirler. Suda çözünen maddeler, çözünmeyen maddelere göre sucul organizmalar için daha ulaşılabilir bir konumdadır. Suda çözünmeyen maddeler, canlılara absorbe olur ya da bağlanır. Besinlerdeki maddeler ağız yolu ile alınır. Absorbe edilen maddeler zaman içerisinde bağ yapısından iyonlaşma yolu ile suya geçebilir ve organizmalara solungaçlar ya da vücut yüzeyinden ulaşır (Cote ve Wells, 1991).

3.2.1.2 Maruz kalmanın süresi ve frekansı

Maruz kalma süresine göre kronik, alt kronik, alt akut, akut olmak üzere dört farklı maruz kalma kategorisi vardır (Cote ve Wells, 1991). Akut etki, tekil ya da çoğul bir

ortamda yayılan bir maddeye kısa bir süre örneğin saat mertebesinde birkaç güne kadar maruz kalma durumudur (Sacarello, 1994). Sucul zehirlilik testlerinde akut maruz kalma, suya 96 saat ya da daha az maruz kalmaya karşılık gelmektedir. Memeliler için zehirlilik testlerinde akut maruz kalma, 24 saat ya da daha az maruz kalmayı ifade etmektedir (Cote ve Wells, 1991). Hızla absorblanan maddelere akut maruz kalma, genellikle ani etkiler ya da uzun süreli maruz kalmadan kaynaklanan etkilere benzer gecikmiş etkiler oluşmasına neden olmaktadır (Sacarello, 1994). Tekrarlanan sürekli maruz kalma alt kronik, alt akut, kronik olmak üzere 3 kategoriye ayrılabilir. Alt akut maruz kalma, organizmaların maddeye günlük olarak ya da sıkça bir aya kadar maruz kalmaları durumunu kapsamaktadır. Memeli organizma zehirliliğinde, alt kronik etki 1-3 aya kadar maruz kalmayı, kronik etki ise 3 aydan fazla maruz kalmayı ifade etmektedir. Kronik maruz kalmalar sırasında canlılar, maddelere düşük dozlarda fakat sürekli ya da periyodik olarak maruz kalmaktadır. Maddelere kronik olarak maruz kalma, akut etkilere benzer şekilde hızlı ve ani etkiler oluşmasına neden olabilir. Akut maruz kalma, organizmanın ömrü ile karşılaştırıldığında çok kısa sürelerle karşılık gelirken, kronik maruz kalma bir organizmanın ömrü kadar olabilir. Bir organizmanın maddeye erken hassas gelişme adımında maruz kalması alt kronik maruz kalma olarak adlandırılabilir. Sucul zehirlilikte de alt kronik maruz kalma durumu erken yaşam adımı, kritik yaşam adımı ya da embriyo-larva testleri olarak adlandırılır (Cote ve Wells, 1991).

Maruz kalma frekansı, zehirliliği etkileyebilir. Maddenin belirli bir konsantrasyonuna bir kez akut olarak maruz kalındığında organizma üzerinde ani olumsuz bir etki oluşturabilir. Buna rağmen peş peşe iki defada kümülatif olarak bir defada maruz kalınan miktara eşit bir dozaja maruz kalmak daha az bir etki oluşturabilir ya da hiç oluşturmayabilir. Bu durum iki maruz kalma arasında meydana gelen zehirsizleştirme prosesinin, boşaltımın ya da organizmanın maddeye aklime olmasının sonucu olarak ortaya çıkabilir. Eğer, organizmanın yavaş bir metabolizması varsa, madde kolay bir şekilde dönüştürülemeyebilir ya da boşaltılamayabilir bu nedenle organizmada kalarak kronik bir etkiye neden olur. Kronik maruz kalma sonucunda oluşan etki, madde biyolojik olarak birikebilme özelliğine sahipse, etkiler tersinir değilse, iki maruz kalma arasında hiçbir geri kazanım olmadysa ortaya çıkmaktadır (Sacarello, 1994).

3.2.1.3 Organizmayla ilgili faktörler

Her canlı türü kimyasallara karşı farklı hassasiyet özellikleri sergilemektedir. Metabolizmanın yapısı, hızı ve boşaltım hassasiyet özelliğini etkilemektedir. Doğal çevredeki genetik seçicilik bir çok maddenin pestisitlere maruz kalmasından sonra kanıtlanmıştır. Beslenme faktörleri de vücut kompozisyonunda, fizyolojik ve biyokimyasal fraksiyonlarda ve organizmanın besin kademesinde değişiklikler oluşturarak zehirliliği etkilemektedir (Cote ve Wells, 1991).

Genel olarak, yetişkinlik çağına gelmemiş organizmaların kimyasal maddelere yetişkin organizmalardan daha hassas olduğu bilinmektedir. Bu durum, yetişkin ve genç organizma arasında zehirsizleştirme mekanizmasının gelişim derecesi açısından bir farklılık bulunmasından kaynaklanmaktadır. Zehirli kimyasalların boşaltım hızlarındaki farklılık da yaşa bağlı zehirlilik etkilerinin içinde yer alabilir. Organizmaların boyutu ve yüzey alanlarının hacimlerine oranı da zehirlilik etkisi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.

Doğru tolerans, madde ile biyolojik hedef alanı arasındaki azalan reaksiyondur. Tolerans, canlı organizmanın maddenin ilk dozuna karşı azalan reaksiyonu olarak ifade edilmemelidir. Bu, dirençlilik olarak ifade edilebilir ve büyük ihtimalle maddeyi pasifleştiren bir enzim sisteminden kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde, bazı maddelere karşı bağışıklık geliştirilebilir. Bu reaksiyon, zehirli maddenin pasifleştirilmesi ile sonuçlanır ve maddeye karşı bir direnç geliştirir, bu bir tolerans değildir. Aynı yapıya ve biyolojik aktiviteye sahip olan maddeler için çapraz tolerans oluşabilir. Buna göre bir maddeye bağışıklık kazanıldıktan sonra benzer madde için de bu bağışıklık kazanılmış olur. Benzer kimyasallar arasındaki tolerans ya da 'çapraz tolerans', türün üyeleri arasında reaksiyonlarda farklılıklara neden olan maddelerin olumsuz etkilerine karşı geliştirilen bir bağışıklıktır (Cote ve Wells, 1991).

3.2.1.4 Çevresel faktörler

Çevresel faktörler, bir maddenin zehirliliğini etkileyebilir. Suda yaşayan organizmalar için bu etkiler, pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, çözülmüş katı konsantrasyonu gibi maddenin sudan biyolojik olarak alınabilirliği ile ilgilidir (Cote ve Wells, 1991).

3.2.1.5 Kimyasal ile ilgili faktörler

Herhangi bir maddenin zehirliliği, o maddenin kompozisyonu ile yakından ilgilidir. Yüksek derecede saf maddeyle yapılan zehirlilik testleri ise ticari olarak satılan maddenin özelliğini yansıtmayabilir. Zehirlilik testlerinde maddenin tanımı ve saflığı son derece önemlidir. Bir maddenin saf hali ile yapılan zehirlilik testleri, maddenin çevreye salındığında bu maddeye maruz kalma sonucunda oluşan tehlikeyi doğru bir şekilde tahmin etmeye yetmeyebilir. Çözünürlük, birikme katsayıları, buhar basıncı ve pH gibi fiziksel ve kimyasal özellikler maddenin zehirliliğini etkileyen diğer faktörler arasında yer almaktadır. Bu özellikler maddenin biyolojik olarak ulaşılabilirliğini, kalıcılığını, dönüşümünü, dağılımını ve çevredeki kaderini etkileyecektir (Cote ve Wells, 1991).

Suda çözünebilir maddeler çözünmeyen maddelere göre, su ve kara ortamında daha geniş ve homojen bir şekilde dağılmaya eğilim göstermektedirler. pK olarak ifade edilen organik solvent/su birikim katsayısı, maddenin organizmalardaki dağılımını, absorpsiyonunu ve madde için uygun ekstraksiyon ve ölçüm geliştirilmesini belirleyen önemli özelliklerdir. İyonize olmayan ve yağda çözünebilir bir organik madde dengeye ulaşılan kadar biyolojik membrandan kolaylıkla geçecektir. Yağda ve suda çözünmeyen maddeler ise membranda bulunan özel taşıyıcı bir madde ile hücre içine geçiş yapacaktır. Düşük moleküler ağırlıklı organik çözücüler ise aktif bir taşıyıcı mekanizmada seçici olarak birikebilen iyonlar yardımıyla basit bir difüzyon gerçekleştirerek bir çok hücreden geçecektir (Cote ve Wells, 1991).

Bir maddenin zehirliliği, maddenin pH değerinin azalması ya da artması ile değişebilmektedir. pH ve sıcaklık özellikle su ortamındaki zehirlilikte önemlidir çünkü suyun pH ve sıcaklık değeri coğrafi özelliklere ve mevsime göre değişmektedir. Bu nedenle maruz kalma ve tehlike önemli ölçüde değişmektedir. Laboratuarda yapılan zehirlilik testlerinin farklı pH ve sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bir çok madde daha çok ya da daha az zehirli maddelerin oluşmasına neden olan fotokimyasal reaksiyonlar geçirmektedir. Test çözeltilerinin hazırlanması ve saklanması süresince reaksiyonların oluşmasını önlemek amacıyla özel önlemler alınmalıdır (Cote ve Wells, 1991).

Maddenin buhar basıncı, hem laboratuvar hem de çevre koşullarında önemli bir özelliktir. Buhar basıncı yüksek olan ve çabuk buharlaşan maddeleri, akışkan bir

ortamla ya da besinlerle karıştırırken dikkatli olmak gerekmektedir. Düşük kaynama noktasına sahip maddelerin alımını doğru tahmin edebilmek amacıyla, besleme çalışmalarında buharlaşmadan kaynaklanan kaybı kısıtlamak için akışkan ve besinlerin kimyasal analizlerinin sık yapılması, çözeltilerin ve besinlerin sık hazırlanması, maruz kalma süresinin kısıtlanması gerekmektedir. Yüksek buhar basıncına ve düşük çözünürlüğe sahip maddeler, su ortamından atmosfere buharlaşma eğilimine sahiptir. Suda kalan kısım ise su ortamındaki biyotik ya da abiyotik ortama absorbe olabilir. Bu maddeler, dirençliyse ve önemli derecede ayrışmıyorsa çevrede zehirlilik etkisi yaratacak konsantrasyonlara kadar birikebilmektedir (Cote ve Wells, 1991).

Maddenin moleküler yapısı, biyolojik aktivitesini ve buna bağlı olarak zehirliliğini belirlemektedir. Bir maddenin zehirlilik etkisi yaratan yapısı büyük ölçüde moleküllerindeki fonksiyonel gruplardan kaynaklanmaktadır. Belirli bir hedef ile reaksiyona girebilecek madde türünün çalışılması yapı-aktivite ilişkisi (SAR) olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmalar, maddenin yapısı ile ilgili hipotezler oluşturulması açısından önemlidir (Cote ve Wells, 1991).

3.2.1.6 Etki çeşitleri

Her bir maddenin, bu maddeye maruz kalındığında hiçbir etkinin oluşmayacağı yeterince düşük bir konsantrasyon değeri vardır. Bu değer, zehirlilik etkisi olmayan yani kabul edilebilir bir konsantrasyondur. Bir maddenin kabul edilebilir dozuna ya da konsantrasyonuna sıra dışı bir tepki veren toplum bireyleri ‘yüksek derecede duyarlı’ olarak adlandırılmaktadır. Bir çok etki klasik bir derecelendirme ile ifade edilecek nitelikte değildir ve çoğunlukla ‘gerçekleşiyor’ ya da ‘gerçekleşmiyor’ olarak ifade edilmektedir. Kötü huylu bir tümörün oluşması ya da ölümün gerçekleşmesi bunlara örnek olarak verilebilir (Cote ve Wells, 1991).

Akut etkiler genellikle nispeten daha şiddetli olmaktadır. En çok gözlenen akut etki öldürücülük (lethality) ya da ölüm oranıdır (mortality). Kronik etkiler, maddelerin ya da onların metabolizma sonucu oluşan ürünlerinin birikmesinden ya da akut etkilerin toplanmasından kaynaklanmaktadır. Etkilerin ortaya çıkması için gerekli gecikme periyodu (oluşma zamanı), konsantrasyon ya da dozaj düşükse uzun olabilir. Kronik etkiler öldürücü olabilmektedir. En çok görülen öldürücü kronik etki, maruz kalan organizmanın yeni nesiller oluşturma kabiliyetinin bozulmasıdır. En sık görülen

öldürücü olamayan etkiler ise davranışsal (çekme/kaçma tepkileri), fizyolojik (büyüme, gelişme), biyokimyasal (enzim aktivitesi, iyonik düzey) ve histolojik (pankreas ya da akciğer hastalıkları) değişimlerdir (Cote ve Wells, 1991).

Bazı öldürücü olmayan etkiler dolaylı olarak ölümle sonuçlanabilmektedir. Örneğin, bazı davranışsal etkiler organizmanın yiyecek ya da eş bulmasını ya da avcıdan kaçmasını etkiliyor olabilir. Bu etkilerin bazıları sonunda ölümle sonuçlanabilir. Bazı öldürücü olamayan etkiler, bir maddeye akut olarak maruz kalmanın etkilerini ölçen laboratuvar testlerinde fark edilmeyebilir. Biyolojik etkiler, bir maddeye maruz kalma sırasında veya hemen ardından ortaya çıkabilir veya bir süre gecikebilir. Kısa yarılanma ömrü olan maddeler gecikmiş etkiler oluşturmayacaktır. Maddeler, kolaylıkla fiziksel, kimyasal, biyolojik proseslerle değişime uğrayabiliyorlarsa çevrede kısa bir yarılanma süresine sahip olabilmektedirler. Buna rağmen, organik bileşiklerin bazı metabolizma sonucu oluşan ara ürünleri kalıcı ve çabuk taşıyorsa zehirlilik etkisi oluşturabilmekte ve bazıları metabolizmaya uğradıktan sonra (yüksek molekül ağırlıklı PAH gibi) daha zehirli bir hale gelmektedir (Cote ve Wells, 1991).

Organizmalardaki etkilerin türleri, zehirli maddenin faaliyetini gerçekleştirdiği genel bölgeye göre farklılaştırılabilir. Zehirli madde ile organizmanın temas ettiği ilk noktada etki gerçekleşirse, buna yerel etki denir. Yerel etkiye bir örnek olarak derinin ya da solungaçların aşındırıcı ya da kostik maddeye verdiği reaksiyon gösterilebilir. Maddenin bir noktaya ilk girdikten sonra olumsuz bir etki oluşturması için organizmaya dolaşım sisteminden girmesi gerekmektedir. Sistemik etkilerin oluşması için maddenin ilk girdiği noktadan ya da orijinal temas noktasından uzak bir noktaya dağılması ve absorpsiyonu gerçekleşmelidir. Maddelerin çoğu sistemik etkiler oluşturmaktadır, fakat yüksek derecede reaktif maddeler genellikle oluşturmaz. Bazı maddeler hem yerel hem de sistemik etkiler oluşturmaktadırlar. Sistemik zehirlilik durumunda genellikle merkezi sinir sistemi hedef organ olmaktadır. Kaslar ve kemikler ise çok nadir olarak sistemik etkilere hedef olmaktadır (Cote ve Wells, 1991).

İki ya da daha fazla zehirli maddenin bulunması, daha çok iki maddenin tekil etkilerinin toplamına eşit bir etki oluşmasına neden olacaktır. Etki, toplam etkiden düşükse antogonistik, toplam etkiden büyükse sinerjistik etki olarak adlandırılmaktadır (Cote ve Wells, 1991).

3.2.1.7 Doz-Tepki ilişkisi

Zehirlilik testlerindeki amaç, kontrollü koşullar altında aynı türlerle gerçekleştirilen testte hızlıca meydana gelen ve sayısallaştırılabilen tepkinin olduğu madde konsantrasyonunun aralığını mümkün olduğunca doğru tahmin etmektir. Bir maddeye maruz kalmanın sonuçları, tepki veren organizmaların oranını test edilen maddenin konsantrasyonu ile ilişkilendiren bir grafik üzerinde gösterilir. Bu korelasyon, doz-tepki ilişkisidir. Bir toplumun bireylerinin çoğu, merkezi konsantrasyona yakın bir tepki verirken, birkaçı çok düşük konsantrasyonlarda bir kaçısı ise çok yüksek konsantrasyonlarda tepki verecektir. Bu durum, konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak tepki veren bireyler için frekans dağılımının oluşmasına neden olur. Genel olarak bu eğriler üst ve alt asimptotlara sahiptir. Bir minimum (eşik) değer altındaki tüm konsantrasyonlarda ölçülebilir bir etki belirlenemezken bir maksimum değer üstündeki tüm konsantrasyonlarda tüm test grubu olumsuz olarak etkilenebilmektedir. Tüm etkiler için ya şekil olarak ya da konsantrasyon eksenindeki yer olarak farklı bir doz tepki eğrisi oluşur (Cote ve Wells, 1991).

Doz (ya da konsantrasyon) – tepki ilişkisi, zehirlilikteki en temel kavramlardan biridir. Bu ilişki iki kabul üzerine oturtulmaktadır. (1) oluşan tepki (ya da etki) belirli bir kimyasal maddeye maruz kalmanın sonucudur (2) tepkinin şiddeti ya da derecesi organizmanın maruz kaldığı kimyasal maddenin konsantrasyonunun bir fonksiyonudur. Normal dağılımlı sigmoid bir eğride ölüm, konsantrasyon azaldıkça sıfıra, yükseldikçe yüze yaklaşmaktadır. Teorik olarak 0 ve 100 noktasından hiçbir zaman geçmemektedir. Düz eğimler, yavaş absorpsiyonu, çabuk boşaltımı ve zehirsizleştirmeyi gösterirken dik eğimler hızlı absorpsiyon ve etki değişimini göstermektedir. Sıfır etki ve % 100 etkinin gözlemlendiği konsantrasyon aralığının kimyasallar arasında farklılık göstermesinin, kimyasalların güvenli olduğu aralığın tespit edilmesi açısından önemi vardır (Cote ve Wells,1991).

3.2.1.8 Kanserojenite

Kanser, belirli türdeki hücrelerin ve bunlarla ilgili dokuların kontrolsüz bir şekilde büyümesine neden olan benzer bir grup hastalığa verilen genel bir terimdir. Kimyasal kanserojenite normalde gözlenmeyen tümör ya da kötü huylu neoplazmaların kimyasallar tarafından oluşturulmasıdır. Kimyasal kansere verilen tepkiler, türe, soya ve maruz kalan test hayvanının cinsiyetine göre değişmektedir. Kötü huylu bir

tümörün geliştiği yer, giriş noktasına ya da biyolojik dönüşümün gerçekleştiği yere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Asbest, akciğerlerde kanser oluşumuna neden olmaktadır. Azo boyaları, biyolojik dönüşümün gerçekleştiği karaciğerde tümör ya da kanser oluşturmaktadır. Aromatik aminler ise, boşaltımın gerçekleştiği mesanede kanser oluşturmaktadır. Kanserojenlerin kalitatif olarak tanımlanması için kullanılabilen 4 tür gösterge vardır: Epidemiyolojik çalışmalar, Uzun dönemli olarak canlı organizmalar üzerinde yapılan çalışmalar, Kısa dönemli testler, Yapı-aktivite ilişkileri (Koren ve Bisesi, 1996).

EPA, kanserojen maddeleri 5 grupta tanımlamaktadır (Koren ve Bisesi, 1996):

- (1) A grubu, insan için kanserojen maddeleri içerir. Bu gruptakiler, insanların ilgili kimyasala maruz kalma durumu ile kanserojen etki arasındaki ilişkiyi destekleyen epidemiyolojik çalışmalar mevcut olduğunda kullanılabilir.
- (2) B grubundakiler olası insan kanserojenleridir. Bu gruptakilerin kanserojenik etkileri için epidemiyolojik çalışmalar kısıtlı kalmaktadır.
- (3) C grubundakiler muhtemel insan kanserojenleridir, epidemiyolojik kanıtlar kısıtlıdır ve insanlarla ilgili veri de yoktur.
- (4) D grubundakiler insanlar için kanserojen olarak sınıflanmamaktadır. Kanserojenlikle ilgili uygun insan ve hayvan verisi yoktur.
- (5) F grubundakilerin insanlar için kanserojen olmadığına dair deliller vardır.

3.2.1.9 Mutajenite

Canlı hücrelerin bütünlüğünü, fonksiyonunu ve ilişkilerini belirleyen ve devam ettiren bilgilerin kalıcı olarak değişmesidir. Mutajen madde, hücrenin genetik materyalinde bulunan içsel bilgiye zarar veren maddedir (Duffus ve Worth, 1996). Mutajenite, hücre bölünmesi sırasında aktarılan DNA da meydana gelen değişiklik ile oluşur. Maruz kalan bireylerde ya da onların torunlarında şiddetli etkilere neden olabilir. Değişiklik, sperm ve/veya yumurta hücrelerinde oluşursa mutajenite gelecek nesillerde de oluşur ve genetik mutasyon olarak adlandırılmaktadır. Mutajenik etki uzun dönemli ya da gecikmiş olabilir buna rağmen yüksek dozlar zehirliliğin daha çabuk oluşmasına neden olabilir. Mutajenite, kanserojenite ile ortak karakteristiklere sahiptir. Kanserojenlerin çoğu aynı zamanda mutajendir. Çeşitli testlerden ve hayvan

modellerinden elde edilen biyolojik ve kimyasal veriler bir araya getirilerek insanlar için mevcut olan genetik tehditler tahmin edilir (Koren ve Bisesi, 1996).

3.2.1.10 Üreme ile ilgili Zehirlilik ve Teratojenite

Üreme ile ilgili zehirlilik, bay ve bayanlarda kısırlık problemleri, embriyo ve fetüste gelişim bozuklukları olmak üzere genel anlamda iki konuyu kapsamaktadır. Bir çok fiziksel, kimyasal ve hatta biyolojik madde üreme ile ilgili çıktıkları olumsuz etkileyebilir. 1970 yılında Japonya'daki Minamata halkını zehirleyen metil civa, kimyasal maddelerin teratojenik potansiyeli olabileceğini kanıtlamıştır. Mesleki maruz kalmalar, üreme sistemi üzerinde bir çok olumsuz etki oluşturabilmektedir. Hamile kalmadan önce baba soyundan kaynaklanan maruz kalma doğurganlığı azaltabilir, başarısız döllenmelere ya da normal olmayan bir fetüs oluşumuna neden olabilir. Hamile kaldıktan sonra anneden kaynaklanan maruz kalma fetüsün ölümüne ya da yeni doğanlarda yapısal ve fonksiyonel anormallikler görülmesine neden olabilir. Mesleki koşullardan kaynaklanan üreme ile ilgili tehlikeler kurşun, etilen oksit ve anestetik gazlara maruz kalmayla ilişkilendirilmektedir. Teratojenik madde, fetüsün başlangıç aşamasındaki embriyo gelişimi sırasında anatomik, fizyolojik, biyokimyasal gelişim kusurlarıyla ya da davranışsal etkilerle sonuçlanan değişimlerin oluşmasına neden olur. Teratojenite genellikle kronik bir etki olarak ele alınmaktadır. Koşulların şiddeti, maruz kalmanın türüne, miktarına ve gelişim sürecinde ne zaman oluştuğuna bağlıdır (Koren ve Bisesi, 1996).

3.2.2 Korozyon

Korozyon maddeler, temas noktasında metalleri aşındıran ya da insan derisinde değişim veya tahribata yol açan maddelerdir. Saf metaller ya da onların bileşikleri korozyon bir ortamın bileşenleriyle kararlı bileşikler oluşturmak üzere kademeli olarak etkileşimde bulunmakta ve metal yüzeyin paslanmasına neden olmaktadır. Korozyon reaksiyonunda elektronlar, anot ve elektrot arasında akmaktadır. Hidrojenin üstünde bulunan elementler, altında bulunan elementlere göre hidrojenle daha kolay yer değiştirmektedirler (Carson ve Mumford, 1994).

Kapalı metal tankların atmosferik korozyonu nedeniyle oksijen tüketmesi bir tehlike oluşturabilir. Stres, korozyon ürünlerinin yüksek miktardaki oluşumundan kaynaklanabilir. Bir çok tuz, sık kullanılan birçok yapı malzemesi için korozyondur. Metallerin korozyonu, kimyasal ve elektrokimyasal proseslerden kaynaklanırken

plastik ve diğ er metal olmayan maddelerin bozulması daha çok fizikokimyasal proseslerden kaynaklanmaktadır (Carson ve Mumford, 1994).

3.2.3 Parlayıcılık

Parlama noktası, sıvı bir yüzeyin üzerinde tutuşabilir bir karışımın oluştuğ u minimum sıcaklığı temsil etmektedir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere gazlara uygulanamaz. Bazı katı yüzeylerin üzerinde de kolayca tutuşabilir gazlar oluşmaktadır ve parlama noktası tespit edilebilmektedir. Yanmanın gerçekleşmesi için bu maddelerin parlama noktalarının üzerinde ısıtılmaları gerekmektedir. Buna da yanma noktası denir. Parlama noktaları açık ya da kapalı konteynırlarda belirlenebilmektedir ancak, aksi belirtilmedikçe ölçümler kapalı kaptaki gerçekleştirilmiştir. Genellikle, parlama noktası ne kadar düşükse yangın potansiyeli o kadar yüksektir. Dış ortam sıcaklığında veya daha düşük bir sıcaklıkta parlama noktasına sahip olan maddeler yüksek derecede yanıcıdır ve tutuşturucu bir kaynakla temas ettirildiğinde dış ortam sıcaklığında alev alabilir. Parlama noktaları, farklı yasalarda sıvıları sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Yanabilir gazlar ya da uçucu sıvılar özellikle tehlikelidir çünkü bunlar hava ile birlikte kolay bir şekilde parlayıcılık limitleri dahilinde karışımlar oluşturmaktadır. Herhangi bir sıvının yüzey alanındaki artış buharlaşmayı kolaylaştıracaktır. Her madde için yanmanın gerçekleşmeyeceği bir minimum konsantrasyon vardır. Ayrıca karışımın yanmak için çok zengin olduğ u bir konsantrasyon limiti de vardır (Carson ve Mumford, 1994).

Tutuşma limitleri sıcaklık ve basınçtan etkilenmektedir. Sıcaklık arttıkça tutuşma aralığı artmaktadır. Tutuşma aralığı ne kadar genişse yangın riski de o kadar yüksek olmaktadır. Tutuşabilen bir maddenin buhar basıncı, maddenin ne kadar kolay tutuşabilir buharlar oluşturduğunu göstermektedir. Buhar basıncı verileri genellikle farklı koşullarda oluşturulduğ u için kaynama noktasının test edilmesi (atmosferik basıncın buhar basıncına eşit olduğ u koşullarda) hangi maddenin daha kolay buharlaşacağı konusunda bir yaklaşım oluşturmaktadır (Carson ve Mumford, 1994).

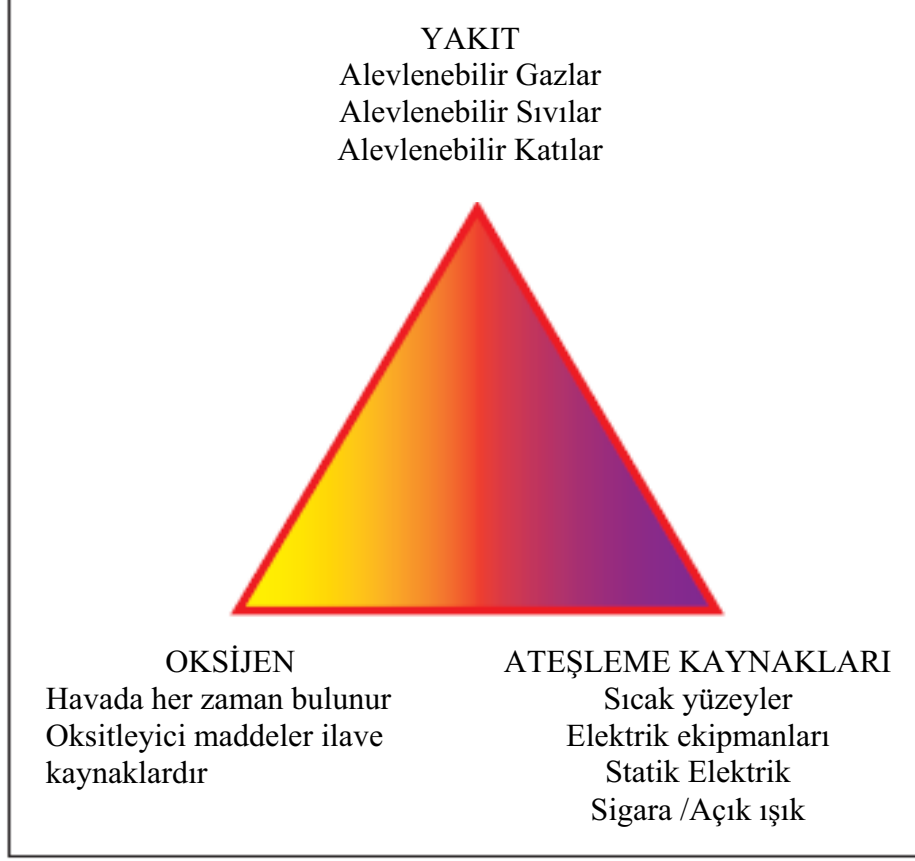
Belirli kimyasallar yangın ve patlama riskine sahiptir çünkü (Carson ve Mumford, 1994);

- Kolayca ateşlenirler. Buharlar, kimyasalın çıktığı noktadan uzakta olan bir ateşleme kaynağına kadar gidebilmektedirler.

- Önemli miktarda ısı üretilir. Bir çok uçucu madde yanan bir odundan on kat daha hızlı ısı yayma potansiyeline sahiptir.
- Alevlerle, ateş toplarıyla, ısı radyasyonu veya konveksiyon ile yangın kolayca yayılabilir.
- Patlama, içsel basınç oluşumu nedeniyle yanabilir kimyasalların havalandırılmayan tanklarında oluşabilir. Çok büyük bir buhar, gaz/hava buluntun yanması ile de oluşabilir.

Yanmanın oluşması için gerekli koşullar Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Buhar-hava karışımları için tutuşturma kaynakları şunlardır (Carson ve Mumford., 1994);

- Çıplak alev (kaynak meşalesi, esen lambalar, fırınlar, pilot ışıklar, kibrit)
- Elektrik şalt cihazı, motorlar veya sürtünmeden kaynaklanan arklardan oluşan kıvılcımlar
- Sıcak yüzeyler (sıcak borular, radyatörler, fırınlar, taşınabilir ısıtıcılar, sigaralar, yanan korlar)
- Motorlar. Taşıtlara ait petrol motorları kıvılcımlanma yolu ile potansiyel tutuşma kaynaklarıdır. Alevlenmeyen dizel motorlar ise sıcak egzoz boruları veya karbonlu partiküller nedeniyle potansiyel tutuşma kaynaklarıdır.
- İki farklı maddenin ayrılmasından kaynaklanan statik elektrik nedeniyle oluşan kıvılcımlar. Tehlikeli sıvıların elektrik geçirgenliği 0.1-100 ps/m arasında değişmektedir. Yük oluşturma hızı, borudaki debi ve daralmaların artmasıyla artmaktadır.
- Şimşek: Koruma düşük dirençle topraklama yaparak sağlanmaktadır. Kendiliğinden tutuşma sıcaklığının üzerinde olan bir madde, hava ile doğru oranlarda ve tutuşma kaynağının minimum sıcaklığında temas ettiğinde kendiliğinden tutuşacaktır.
- Alevlenebilir toz-hava karışımının tutuşması hava-buhar karışımından daha zordur. Daha büyük bir ısı kaynağı gereklidir ve daha yüksek hacimde akaryakıtın tutuşma sıcaklığına ısıtılması gerekmektedir.



Şekil 3.1: Yangın Üçgeni (HM Government, 2006).

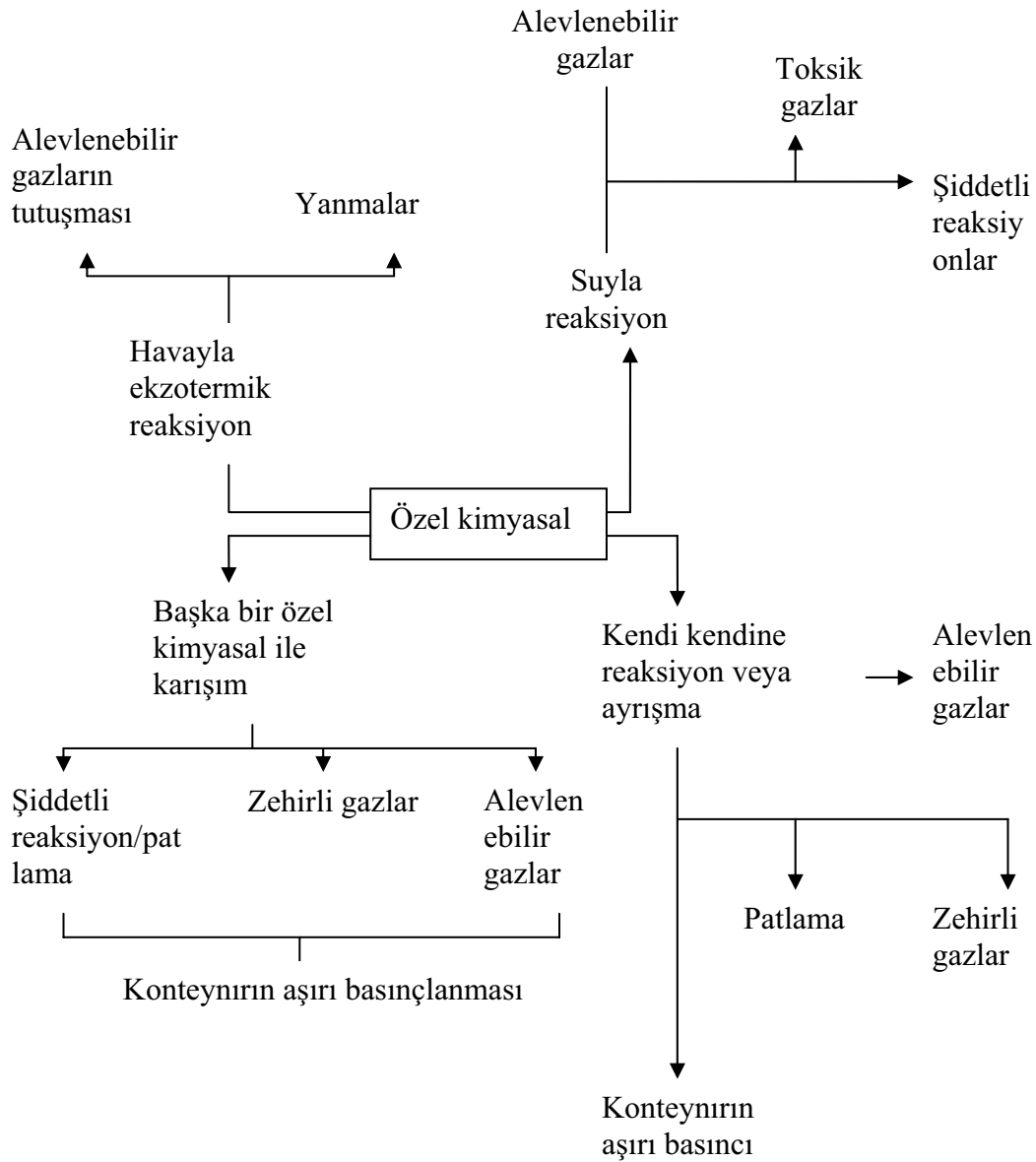
Okisasyon ajanları, normalde kendiliğinden alevlenebilir olmasa da yanmayı destekleyebilen bir oksijen kaynağı sunmaktadır. İndirgeyen reaktifler ile kolay bir şekilde reaksiyona girmektedirler. Okisasyon ajanı, yanabilen bir maddenin yanma hızını arttıracaktır. Çok küçük parçalar halinde bulunması durumunda böyle karışımlar patlama oluşturacak şekilde reaksiyona girebilmektedirler (Carson ve Mumford, 1994).

Güvenli depolama için yapılması gerekenler şunlardır (Carson ve Mumford, 1994):

- İşlemdeki proses ya da deneyler için pratikte mümkün olan minimum miktarın saklanması ve depolanması
- Malzemeleri diğer malzemelerden, özellikle indirgeyen ajanlardan, kağıttan, samandan, düşük parlama noktalı kumaş veya malzemelerden ayırmak
- Mümkün olduğunca en seyreltik formda ve potansiyel tutuşma kaynaklarından uzakta tam olarak belirlenmiş alanlarda saklanmalı
- Uygun göz/yüz korumaları, tulumlar ve eldivenler sağlanmalı ve kullanılmalı

3.2.4 Reaktiflik

Şekil 3.2, bir kimyasaldan kaynaklanabilecek muhtemel reaktiflik tehlikelerini göstermektedir. Bir kimyasalın ayrışma ya da bilinen diğer kimyasallarla temas ettiğinde şiddetli bir reaksiyona girme eğiliminden tehlike doğabilmektedir. Piroforik kimyasallar, havayla temas sonucunda atmosferik oksijenle (ortam koşullarında ve yüksek sıcaklıklarda) ya da suyla şiddetli reaksiyona girerler ve bu nedenle oldukça reaktiflerdir. Örnek olarak şunlar verilebilir (Carson ve Mumford, 1994):



Şekil 3.2 Muhtemel reaktif kimyasal tehlikeleri (Carson ve Mumford, 1994)

- Belirli metaller/bileşikler – alkali metaller (lityum, potasyum, sodyum), yavaş okside olan metaller/bileşikler veya hacimli formda pasif olan fakat küçük parçacıklar halinde iken oksijenle temas ettiğinde hemen alevlenen maddeler (alüminyum, magnezyum, zirkonyum)
- Fosfor
- Belirli fosfitler (fosforöz asitin tuz ya da esteri), hidritler
- Su ile alevlenebilir gazlar oluşturan maddeler. Hidrojenden daha az elektronegatif olan metaller suyun hidrojeni ile yer değiştirecektir.

Suya hassas kimyasallar, suyla temas ettiğinde alevlenebilir ya da zehirli gazlar oluşturabilirler ve/veya şiddetli bir reaksiyona girebilirler. Bu reaksiyonlar ekipmanda aşırı basınç oluşmasına neden olmaktadır. Alevlenebilir gazların üretilmesi esnasında oluşan reaksiyonun ısı tutuşmaya neden olabilir. Güvenli saklama koşulları için alınması gereken önlemler şunlardır (Carson ve Mumford, 1994):

- Suyun kaza ile girebileceği ya da suyla kaza ile temasın gerçekleşebileceği durumların önlemleri bir şekilde kimyasalın kullanılması ve saklanması gerekmektedir.
- Yağmurlama sistemlerinden, güvenlik duşlarından, yüksek su hatlarından ya da nem hatlarından uzakta kapalı bir saklama ortamı sağlanmalıdır.
- Su musluklarından veya havuzlardan uzak tutulmalıdır.
- Kimyasal olarak inert bir ortamda saklanmalıdır (Uygun derecede inert bir ortamın sağlandığından emin olmak için stoklar düzenli olarak kontrol edilmelidir).
- Diğer alevlenebilir malzemelerden ayrılmalıdır (solventler ya da yanabilir malzemeler).
- Uygun göz/yüz koruyucuları, iş tulumları ve eldivenler kullanılmalıdır.

Karışım sonucunda şiddetli bir reaksiyon oluşabileceği için bir çok kimyasal uyumsuzdur. Bazı koşullarda, bu durum patlama oluşmasına neden olabilir. Olması muhtemel en uç koşullarda (konsantrasyon, çalkantı, sıcaklık, basınç), ortamda bulunabilecek veya istemeden de olsa olması muhtemel (ara ürünler, yan ürünler,

veya atıklar) tüm kimyasalların nasıl reaksiyon vereceği hakkında bir tahmin yapılması gerekmektedir (Carson ve Mumford, 1994).

3.2.5 Patlayıcılık

Bazı kimyasallar, mekanik şoka, sürtünmeye, ısıya, ışığa veya katalitik kirleticilere maruz kalması durumunda kendisiyle reaksiyona girebilmekte veya ayrışabilmektedir. Bu nedenle patlamalar oluşabilmektedir. Kimyasallar, atomik gruplarına göre termodinamik açıdan kararsız ya da patlayıcı olarak sınıflanabilmektedir. Fabrikaların lisansları ile ilgili güvenlik mesafeleri dikkate alınarak patlayıcılar şu şekilde sınıflandırılmıştır (Carson ve Mumford, 1994): X- sadece yerel olarak etki yaratan yangın ve/veya hafif patlama riski; Y- kütleli yangın riskleri veya orta derecede patlama riski fakat kütleli patlama riski değil; Z- ciddi bir füze etkisi ile kütleli patlama riski; ZZ- Düşük füze etkisi ile kütleli patlama riski

Patlama türleri şunlardır (Carson ve Mumford, 1994):

- Sınırlı buhar bulutu patlaması: sınırlı bir hacimde gaz ya da buhar yanar ve yanma ürünlerinin konteynır ya da bina hasar görmeden önce hızla yayılımı engellenir.
- Buhar patlamasını büyüten kaynayan sıvı: Basınçlı alevlenebilir sıvı konteynırı bozular. Tutuşma, ateş topları ve sıçramalar oluşmasına neden olur.
- Toz patlaması
- Basınç kopması: Yüksek basıncın hızla salınımı
- Buhar patlaması: Erimiş metal, tuz ya da sıcak yağdaki suyun hızla buharlaşması

Bu bölümde verilen tehlikeli madde özellikleri Çizelge 3.1' de özetlenmiştir.

3.3 Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

3.3.1 Çözünürlük

Çözünürlük, su ortamında yer alacak konsantrasyonu belirlemektedir. 0,1 M çözelti oluşturabilen maddelere çözünen madde denmektedir. Çözünen madde miktarı su ile

taşınacak miktarı göstermektedir. Düşük çözünürlük organizma üzerinde zehirli etkiye neden olabilmektedir. Çözünürlüğün zehirlilik etkisinin anlaşılabilmesi için biyokonsantrasyon ya da biyomagnifikasyon özelliğinin anlaşılması gerekmektedir. Hidrofobik maddeler sudan yüzeysel cisimlere ya da biyolojik organizmalara geçme eğilimi göstermektedir. Örneğin, alglerin yüzey alanları büyüktür ve hidrofobik hücre yüzeyine sahiptirler. Bu nedenle hidrofobik maddeleri kolayca çekebilme ve yüzeylerinde tutabilmektedirler. Bu canlılarla beslenen avcılar da bu maddeleri biriktirmeye başlar. Sonuçta hidrofobik maddeler besin zincirinde üst canlılara ve insanlara kadar çıkabilmektedir. Bu maddelerin miktarları besin zincirinde birkaç basamakta milyon mertebesinde artış gösterebilmektedir. (Dunnivant ve Anders, 2006).

Maddelerin çözünürlüğü sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Katı kimyasallar çözünmeden önce sıvı faza geçmek için ısı enerjisine ihtiyaç duyduklarından sıcaklık arttıkça bu kimyasalların çözünürlükleri artmaktadır. Gaz formundaki kimyasalların ise, sıcaklık arttıkça sıvı fazdan kaçma eğilimleri artacağı için çözünürlükleri azalmaktadır. Sıvı kimyasallar için ise sıcaklık çok önemli değildir. Organik kimyasalların çözünürlüğü ise molekül ağırlığına yani kimyasal yapısına bağlıdır.

Büyük polar olmayan organikler daha çok hidrofobik olma eğilimi göstermektedir. Polar grupların artması ise çözünürlüğü arttırmaktadır. Benzer, benzeri çözer prensibine göre polar yapıdaki bileşikler polar yapıdaki suya yapışmakta ve kolay çözünmektedir (Ramaswami ve diğ., 2005).

3.3.2 Buhar basıncı

Buhar basıncı, buharlaşma potansiyelini göstermektedir. Atmosferik kirleticilerin akıbet ve taşınım modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Buhar basıncı arttıkça buharlaşma hızı artmaktadır (Dunnivant ve Anders, 2006). Buhar basıncı düştükçe kaynama noktası düşmekte, buhar konsantrasyonu artmakta ve buna bağlı olarak yangın tehlikesi artmaktadır. Buhar basıncı, sıcaklık ve moleküler ağırlığa bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık arttıkça buhar basıncı artmaktadır. Kimyasalın buhar basıncı, atmosferik basınçtan büyükse salınımları önlemek için kimyasalların basınçlı kaplarda saklanması gerekmektedir. 40 °C sıcaklık değişimi ile buhar basıncı 2 mertebe birden artabilmektedir. Aynı serideki kimyasal maddelerden daha büyük boyutlu polar olmayan maddelerin buhar basıncı düşüktür. Polar maddeler ise (alkol

Çizelge 3.1. Tehlikeli kimyasallar için gerekebilen kapsamlı bilgi (Carson, 1994)

Kimyasalın ismi, diğer isimler	
Kullanımlar	
Tehlikelerin genel tanımları	
Önlemlerin genel tanımları	
Yangın söndürme yöntemleri	
Yasalar	
Önlem tavsiyelerinin kaynakları	
Karakteristikler: tüm proses koşullarında uygun olarak değerlendir	
Formül: kimyasal yapı	
Saflık (herhangi bir kirleticiyi tespit et), fiziksel durum, görünüm, diğer ilgili bilgiler	
Konsantrasyonlar, koku, ölçülebilir konsantrasyon, tat	
Fiziksel karakteristikler	
Moleküler ağırlık	Partikül büyüklüğü; boyut dağılımı
Buhar yoğunluğu	Köpürme/emülsifikasyon karakterleri
Erime noktası	Kritik sıcaklık/basınç
Kaynama noktası	Genişleme katsayısı
Çözünürlük/suyla karışılabilirlik	Yüzey gerilimi
Viskozite	Joule-Thompson etkisi
Korozivite	
Kirlenme faktörleri (uyumsuzluk), oksidasyon/indirgeme ajanı, tehlikeli reaksiyonlar	
Parlayıcılık bilgileri	
Alevlenme noktası	Buhar basıncı
Yanma noktası	Dielektrik sabiti
Alevlenebilme limitleri	Elektriksel direnç
Tutuşma sıcaklığı	Elektriksel grup
Spontene ısınma	Ateş içindeki tozun patlayıcılık özelliği
Zehirli termal ayrışma ürünleri	
Reaktivite (kararsızlık) bilgileri	
İvmelenme hız kalorimetrisi	
Diferansiyel ısı analiz	Isıl parçalanma testi
Etki testi	Etki testi
Termal kararlılık	Kendi kendini ivmelendirme testi
Kurşun blok testi	
Patlamayla infilak teksiri	
Zehirlilik Bilgileri	
Zehirlilik tehlikesi puanı	
Hijyen standardı (ör: OEL, TLV)	
Maksimum izin verilen konsantrasyon (MAC)	
Ölümcül konsantrasyon (LC ₅₀)	
Ölümcül doz (LD ₅₀)	
Biyolojik özellikler	
Maruz kalma etkileri	
Solunum (genel)	
Solunum yolu tahrişi	
Yutma	
Deri/göz tahrişi	

grupları), molekül içindeki çekici güçleri (hidrojen bağı ve dipole girişimleri) arttırır ve buhar basıncı düşer. Kirleticilere soluma yolu ile maruz kalma değerlendirilirken, solunan birim hacim hava içindeki kimyasal kütlesi gerekebilir. Aşırı soğutulmuş sıvı için çözünürlük ve buhar basıncı daha yüksektir (Ramaswami ve diğ., 2005).

Bir kimyasalın buhar basıncı, belirli bir sıcaklıktaki uçuculuğunun göstergesidir.

$$\log_e p' = (A/T) + B \quad (3.1)$$

Bir yaklaşım olarak saf bir kimyasalın buhar basıncı Denklem 3.1 ile tahmin edilebilmektedir. A ve B, ampirik olarak belirlenmiş katsayıları, T ise mutlak sıcaklığı göstermektedir. Bu nedenle, kimyasalın buhar basıncı sıcaklık ile belirgin bir şekilde artmaktadır. Bir buhar karışımındaki 'a' bileşeni, aynı sıcaklıkta aynı hacimsel konsantrasyonda bulunursa uygulayacağı kısmi basınç 'p_a' olacaktır. İdeal bir gaz karışımındaki maddenin 'p_a' kısmi basıncı, maddenin gaz fazındaki mol fraksiyonu ile aynı zamanda sıvı fazdaki konsantrasyonu ile orantılıdır. Bu nedenle şu sonuçlara varılabilmektedir (Carson ve Mumford, 1994):

- Alevlenebilen herhangi bir sıvının parlama noktası, daha uçucu ve alevlenebilir bir sıvı ile karıştırıldığında düşecektir.
- Alevlenebilir bir sıvıya ısı uygulanması (ör: yüksek sıcaklıkta yapılan bir iş nedeniyle) alevlenebilir bir buhar-hava karışımı oluşmasına neden olabilir.
- Zehirli bir sıvının sıcaklığındaki artış havada aşırı zehirli bir buhar konsantrasyonunun oluşumuna neden olabilir. Bu durum, ekzotermik bir reaksiyonun sonucu olarak ortaya çıkabilir.
- Tam olarak dolu olmayan bir sıvı konteynirindeki basınç sıcaklıkla artacaktır ve oluşan aşırı basınç nedeniyle konteynirde yırtılma oluşabilecektir

3.3.3 Henry sabiti

Belli bir sıcaklıktaki denge buhar basıncının gazların sudaki çözünürlüğüne etkisini göstermektedir. Henry Sabiti (K_H), sudan buharlaşmayı tahmin etmek için buhar basıncından daha önemli bir gösterge olarak kullanılabilir. Hidrofobik kirleticiler düşük buhar basınçları da olsa yüksek K_H değerine sahiptir (Dunnivant ve Anders, 2006). Genelde küçük ve daha polar organik maddeler havada bulunmayı tercih etmektedir (Ramaswami ve diğ., 2005). Sıcaklık arttıkça buhar basıncı etkisi ile Henry Sabitinin değeri de artmaktadır (Hemond ve Fechner-Levy, 2000).

Buharlaşma hızının artışını gösteren bir parametre olduğu için, özellikle soluma yoluyla zehirlilik etkisi gösteren maddelerin ve hava kirliliği için muhtemel etkilerin değerlendirilmesi açısından önemlidir (Ramaswami ve diğ., 2005).

3.3.4 Oktanol-Su ayırım katsayısı

Bir maddenin, organik maddeyi suya ne kadar tercih ettiğini göstermektedir. Büyük ve yüksek polar olmayan organik maddeler, benzer benzeri eker prensibiyle hidrofobik özellik göstermektedir. Bu maddeler oktanolu tercih eder ve yüksek K_{ow} değerine sahiptir. (K_{ow} : $1-10^{10}$ (mol/L_o)/(mol/L_w))

Oktanol, organik maddenin iyi bir temsilcisi olarak kabul edilse de tüm organik doku çeşitliliğinin davranışını tam olarak yansıtamaz (Ramaswami, ve diğ., 2005). Balıklarda biyoakümülyasyonu tahmin etmek için kullanılmaktadır. K_{ow} değeri yüksek olan maddeler, organik ortamda bulunmayı tercih ettiği için balıkların bünyesinde birikme özelliği gösterecektir. Çözünürlük de bir maddenin su fazında yer alma eğilimini gösterdiği için K_{ow} değerini tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır (Carson ve Mumford, 1994).

3.3.5 Su-Organik katı madde arası birikme

Toprak, bitki ve hayvan ölülerinden elde edilen organik madde ile kaplanmış, mineral fazdan oluşan bir yapı olarak tanımlanmaktadır. Toprakların doğal organik madde fraksiyonu, toprak sınıflarını oluşturmak amacıyla bir kriter olarak kullanılmaktadır. Toprağın organik yapısı, topraktaki organik madde kütesinin fraksiyonu ya da organik karbon kütesinin fraksiyonu ile ifade edilmektedir ($f_{OM} \approx 2f_{OC}$). Topraktaki organik madde fraksiyonunun % 0,1 değerinden büyük olması durumunda topraktaki organik maddeye tutunma baskın hale gelmektedir. İyonik olmayan, hidrofobik bileşikler için K_{ow} - K_{OC} lineer ilişkilidir (Ramaswami ve diğ., 2005). Katı fazdaki kirleticiler biyolojik olarak daha az erişilebilir ve daha az zehirlidir. Katı fazda tutulmuş olan kirleticiler çökmekte ya da yer altı suyunda hareketsiz hale gelebilmekte ve etkili bir biçimde uzaklaştırılabilmektedir (Dunnivant ve Anders, 2006). Katı-su birikme katsayısı, suyun pH değerine, katının türüne ve iyonik gücüne göre değişmektedir. Bir çok nötr doğal organik madde polar olmadıkları için düşük çözünürlüklü doğal organik maddelere tutunma eğilimi göstermektedir (Carson ve Mumford, 1994).

3.3.6 Sıvı-buhar faz değişimi

Bir sıvının buharlaşması, hacminde dikkate değer bir artışa neden olmaktadır. Örneęin, atmosferik basınçta 1 hacim suyun buharlaşması sonucunda 1600 hacim buhar oluşmaktadır. Benzer şekilde, 4,54 litre benzinin buharlaşması 0,93 m³ net buhar oluşumuna neden olmaktadır. Prosesin tersi ise hacimde dikkate değer ve genellikle hızlı bir dūřuře neden olmaktadır. Buna göre řu sonuçlara varılabilir (Carson ve Mumford, 1994):

- Suyun; erimiş metallere, erimiş tuzlar ya da sıcak yaę ile temasa geçmesi (atmosferik basınçta, 100 °C üzerinde) proses malzemelerinin pūskürmesiyle beraber buhar patlaması ya da aşırı kaynama ile sonuçlanabilir. Benzer etkiler diğer uçucu sıvılar ile de gözlenir.
- Kapalı bir alandaki nispeten küçük hacimdeki bir sıvının buharlaşması, alevlenebilir ya da zehirli buhar tehlikesi oluşturabilir. Atmosferik kaynama noktası üzerinde basınç ile sıvı olarak (ör: sıvılaştırılmış petrol gazları) ya da dondurma ile sıvı olarak (ör: amonyak) saklanan bir kimyasalın sızması ya da dökülmesi büyük bir buhar bulutunun oluşumu ile sonuçlanabilir.
- Kapalı veya uygun bir şekilde havalandırılmamış buharla dolu bir tankın aniden soğutulması sıvıya yoğunlaşma nedeniyle patlamaya neden olabilir.
- Havalandırılan bir tanktaki buharın soğutulması proses malzemelerinin geriye içeri çekilmesine ya da hava girmesine neden olabilir.
- Kapalı kaplardaki buharlaşma önemli derecede basınç ve patlama oluşturabilir.

3.3.7 Gazların ve buharların yoğunluk farklılıkları

Sabit basınçtaki gaz/buhar yoğunluğu maddenin moleküler ağırlığı ve mutlak sıcaklığı ile orantılıdır. Dış ortam şartlarında gaz ya da buharların çoğu havadan ağırdır. Sabit basınçta, bir gaz ya da buharın yoğunluğu mutlak sıcaklıkla ters orantılı olduğu için şu sonuçlara varılabilir (Carson ve Mumford, 1994):

- Dağılma esnasında, buharlar havadan ağır olduğu için düşük seviyelerde yayılma eğilimi göstermekte ve çukurlarda, haznelere yerlerdeki çöküntülerde birirmektedir. Bu durum, yangın/patlama tehlikesini, ya da

zehirlilik etkisini tetikleyebilmekte ya da kimyasala bağlı olarak oksijen bakımından yoksul bir atmosfer oluşmasına neden olabilmektedir.

- Dış ortam sıcaklığında havadan daha az yoğun olan buharlar soğukta düşük seviyelerde yayılma eğilimi göstermektedir (ör: sıvı amonyaktan çıkan buharlar ya da sıvılaştırılmış doğal gaz dökülmeleri)
- Havadan daha az yoğun gazlar ekipman ya da binadan yükseklere çıkabilmekte ve havalandırılmadıysa yükseklerde birikmeye eğilimli olmaktadır.
- Sıcak gazlar ısı etkisiyle yükselmekte ve açık havada yayılmaktadır. Duman ya da sıcak gazlar engellenmeden yukarı seviyelere yayılırsa, yangının ve zehirliliğin/boğulmanın artmasına neden olabilmektedir.
- Kimyasal bir buhar ile doymuş havanın yoğunluğu, havanın kendi yoğunluğundan önemli derecede farklı olmayabilir. Havalandırma sistemlerinin dizaynında dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır.

3.3.8 Sıvıların yoğunluk farklılıkları

Sıvı kimyasalların özgül ağırlıkları çok geniş bir ölçekte değişiklik göstermektedir. Sıcaklıktaki bir artış yoğunluğun düşmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak (Carson ve Mumford, 1994):

- Kapalı bir boru ekipmanında veya konteynırda sıvının ısı olarak genişmesi çatlama ya da kırılmalara neden olacak kadar hidrolik bir basınç oluşturabilir.
- Daha hafif bir sıvı yayılabilir ve karışmazsa daha yoğun bir sıvının üzerinde kalır. Bu durum, alçaklarda tehlike oluşmasına neden olur ve yangın söndürmede suyun bir püskürtücü olarak kullanılmasını engeller.

4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK MANTIK

4.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Thomas L. Saaty, 1970 yıllarında çok ölçütlü karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesini (AHP) geliştirmiştir. Saaty (1988) yaptığı tanıtımında bu yöntemi, sosyal ve yöntem bilimleri alanlarında model oluşturulamayan problemlerin bir sistem çerçevesinde modellendirilerek çözülmesini sağlayan bir teori veya teknik olarak değerlendirmiştir. 1989 yılında ise aynı yöntemi, karar verme sürecinde değerlendirilen nitel ve nicel faktörleri birleştirebilen güçlü ve kolay anlaşılabilir bir yöntem bilim olarak tanımlamıştır (Topel, 2006).

Karar verme sürecinin AHP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilebilmesi için aşağıdaki adımların izlenmesi gerekmektedir (Saaty, 1994).

1. Problem, temel öğeleri ve bu öğeler arasındaki ilişkileri gösteren bir model ile parçalara ayrılmalıdır.
2. Hiyerarşik bir yapının oluşturulması, ilgili alt öğelerin gruplanması ile sağlanır. Öğeler arasındaki fonksiyonel bağımlılık ilişkisi hiyerarşik yapı ile yansıtılmalıdır. Problem ile ilgili elde edilen bilgiler ve karar vericinin düşüncesi, ilişkiler oluşturulurken esas alınmalıdır.
3. Her bir alt öğeye bulunduğu gruptaki diğer alt öğeler dikkate alınarak anlamlı önem puanları verilmelidir.
4. Önem puanları kullanılarak hiyerarşideki alt öğelerin önceliği belirlenir.
5. Elde edilen öncelikler değerlendirilerek karar alternatifleri belirlenir.

AHP yönteminin uygulanması üç prensibe dayanmaktadır. Bu prensipler ayrıştırma, karşılıklı değerlendirmelerin yapılması ve önceliklerin sentez edilmesidir (Saaty, 1994).

Ayrıştırma prensibi kapsamında hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır. Hiyerarşi oluşturulurken üst düzeydeki kriterler ve bu kriterlere ait alt kriterler belirlenerek

problemin çözümü bir çerçeve içerisine oturtulmaktadır. Problemin etkin bir şekilde çözümü sağlanana kadar hiyerarşik yapıda alt seviyelere inmeye devam edilir. İkinci seviyedeki kriterlerin bağlı oldukları birincil kriterler açısından göreceli önemleri dikkate alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur (Saaty, 1994).

Problemin tüm ayrıntılarıyla tanımlanması, bir problemi çözmek için AHP yönteminin kullanılması açısından oldukça önemlidir. Karar probleminin hiyerarşik yapısının oluşturulabilmesi için bu karar açısından önemli bütün etkenler ve etkenlerin aralarındaki ilişkiler açıkça tanımlanmalıdır (Saaty, 1994).

4.1.1 Hiyerarşik yapının oluşturulması

Hiyerarşik düzen, tanımlanan sistem öğelerini değerlendirmeyi kolaylaştıracak biçimde ayrı gruplamayı sağlamaktadır. Her bir düzeydeki öğe gruplarının birbirinden bağımsız olduğu var sayılmaktadır. Çok ölçütlü problem yapısının karmaşıklığı, kriterlerin önem düzeylerine göre gruplandırılması ile aşılmaktadır. Alt düzeylerin sayısı kararın önem ve karmaşıklık düzeyi ile doğru orantılıdır. Aşağıda hiyerarşik yapı oluşturulurken göz önüne alınması gereken noktalar özetlenmiştir (Saaty,1990):

1. Problem, hiyerarşik yapı tarafından en iyi şekilde yansıtılmalıdır.
2. Problem ile ilgili diğer tüm faktörler de dikkate alınmalıdır.
3. Problemin çözümü ile ilgili tüm yayın ve belgeler gözden geçirilmelidir.
4. Problemin çözümüne katkıda bulunabilecek kişiler seçilmelidir.

Hiyerarşik yapının getirdiği faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilir (Yılmaz, 2006):

1. Hiyerarşik yapının üst düzeylerinde yer alan bileşenlerin değişimine bağlı olarak alt düzeyde yer alan elemanlarda meydana gelen değişim hiyerarşik yapı sayesinde tespit edilebilir.
2. “Sistem yaklaşımı” ilkesinin problemin çözümüne uygulanmasını sağlayan hiyerarşik yapı, sistemin iskeleti ve alt fonksiyonları hakkında fikir verir.
3. Modüler yapıya sahip bir sistemin hiyerarşik olarak yapılandırılmadan bir bütün olarak değerlendirmesi verimsiz sonuçlar alınmasına neden olur.
4. Hiyerarşik yapı ile sistemin değişikliklerden en az seviyede etkilenmesi sağlanır. Sistemde yapılan küçük değişikliklerin, örgüsü iyi yapılmış

hıyerarşilerden elde edilen verimi değiştirmemesi hıyerarşilerin aynı zamanda esnek ve kararlı olmasını sağlar.

4.1.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Hıyerarşı içindeki tüm seviyelerde bulunan faktörler kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılır. Hıyerarşideki faktörlerin, kendilerinden bir önceki seviyeye göre hangisinin daha öncelikli olduğu ‘a_{ij}’ ile gösterilen bir değerle ifade edilir. Karşılaştırılan kriterlerin nicel olması durumunda birbirlerine göre önemleri sayısal değerlerle ifade edilebilir. Nitel kriterler için ise Çizelge 4.1’de gösterilen, Saaty tarafından geliştirilmiş olan 1-9 ölçeği kullanılmaktadır. Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda ise Çizelge 4.2’de gösterilen ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmektedir (Güner, 2005).

Çizelge 4.1: Önem ölçeği (Güner,2005; Saaty, 1994)

ÖNEM DERESESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit Önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor
3	Birinin diğerine göre orta derecede önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor
5	Kuvvetli düzeyde önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir derecede tercih ettiriyor
7	Çok kuvvetli düzeyde önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor
9	Aşırı düzeyde önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük güvenilirliğe sahip
2,4,6,8	Ortalama Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasında düşen değerler

İkili karşılaştırmaların özellikleri aşağıdaki gibidir (Durdiler, 2006):

1. Kare olan matrisin tüm sayıları pozitif olmak zorundadır.

2. n sayısının ikili kombinasyonu kadar açılım yapılır.
3. Ağırlık veya öncelik vektörü, matrisin en büyük öz değerine karşılık gelen öz vektördür.
4. Matrisin köşegenleri 1'e eşittir.

Çizelge 4.2: Faktörler için ikili karşılaştırma matrisleri

FAKTÖRLER	1	2	3	4	N
1	a_{11}	a_{12}	.....	.....	a_{1j}
2	a_{21}	....	....	....	....
3	....	....	....	....	....
4	....	....	....	....	....
N	a_{i1}	....	....	....	a_{ij}

Göreceli önem vektörünün bulunması için geliştirilen dört yöntem aşağıda açıklanmıştır (Durdiler, 2006):

1. Her satırda bulunan elemanlar toplandıktan sonra elde edilen tüm toplamlar toplanır. Normalizasyon yapmak için, satır toplamları toplamlar toplamına bölünür. Elde edilen vektörde n . sonuç, n . elemanın öncelik puanını gösterir. Diğer yöntemlere göre en kaba tahmini veren yöntemdir.
2. Her sütunda bulunan elemanlar toplandıktan sonra tersleri alınır ve elde edilen tüm tersi alınmış toplamlar toplanır. Normalizasyon yapmak için, sütun toplamlarının tersi tüm terslerin toplamına bölünür.
3. Her sütunda bulunan elemanlar toplandıktan sonra o her eleman sütun toplamına bölünerek normalize edilir. Bu işlem sonucunda elde edilen her satırdaki elemanlar toplanır. Daha sonra her toplam, satırdaki eleman sayısına bölünerek ortalama alınır. En çok kullanılan ve en doğru sonucu veren bu yöntemdir.
4. Her satırdaki n adet eleman kendi içinde çarpılır ve elde edilen sonucun n . dereceden kökü alındıktan sonra normalizasyon yapılır.

4.2 Bulanık Mantık

4.2.1 Bulanık küme teorisi

Zadeh tarafından 1965 yılında önerilen bir kavramdır. Bir küme içindeki elemanların tümünün buldukları kümeye ne kadar ait olduğunu gösteren 0-1 arasında değişen

üyelik dereceleri vardır. Elemanın kesin olarak bulunduğu kümeye ait olması durumunda üyelik derecesinin 1 değerini, kesinlikle ait olmaması durumunda 0 değerini ve kısmen ait olması durumunda ara bir değer alması gerekmektedir. Her kümenin kendine ait bir üyelik fonksiyonu vardır (Güner, 2005).

X elemanının A bulanık kümesine üyelik derecesi $\mu_A(x)$ simgesi ile gösterilir ve $\mu_A(x) \in [0,1]$ olmak zorundadır. Üyelik derecelerinin tanımı gereği üç özelliği sağlaması gerekmektedir: Bunlar (Şen, 2004);

- 1) Bulanık küme normal olmalıdır, $x \in X$ olmak üzere $\mu_A(x)=1$ olan en az bir elemanı varsa A bulanık kümesi normaldir.
- 2) Bulanık küme monotondur. Üyelik derecesi 1'e eşit olan üyelerin sağındaki ve solundaki üyelerin de üyelik dereceleri 1'e yakındır.
- 3) Bulanık kümeler simetrik olmalıdır. Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit mesafede gidildiğinde bulunan üyelik dereceleri birbirine eşittir.

Klasik küme teorisinde, bir bileşen bir kümeye aittir ya da değildir. Örneğin, eğer A alt kümesi yarı ömrü maksimum 20 gün olan pestisitleri kapsıyorsa, bir pestisit bu kümeye aittir ya da değildir. A alt kümesi 'kalıcı olmayan' pestisitleri kapsar deniyorsa, A alt kümesinin elemanlarını belirlemek zordur. Eğer maksimum 20 gün yarı ömrü olan pestisitler kalıcı olmayan olarak tanımlanıyorsa, hemen hemen kalıcı olmayan 21 günlük yarı ömrü olan pestisit bu kümeye alınamayacaktır. Bulanık küme teorisinin kullanılması yararlıdır çünkü yarı ömür ve diğer ilgili değişkenler için elde edilen bilgiler belirsiz ve/veya yanlıştır. Sınıflar arasındaki geçişlerin kesin olduğu klasik küme teorisi esas alınarak yapılan sınıflamalar şüphelidir. Bulanık küme teorisi, bir kümedeki bileşen için üyelik fonksiyonlarıyla 'üyelik derecesini' tanımlama imkanı verdiği için dolayı bu tür bir problemi gidermektedir (Hayo ve diğ., 1998).

4.2.1.1 Üyelik fonksiyonları

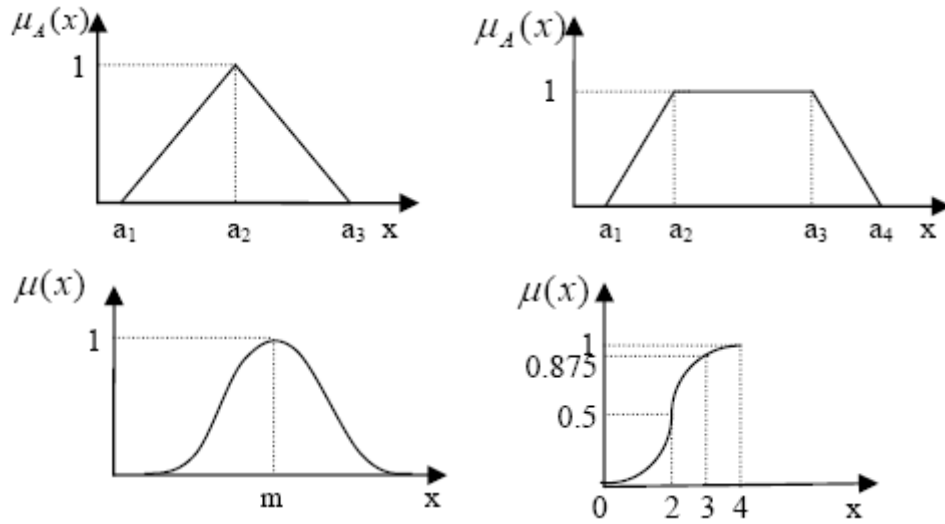
Belirsizliğin bulanık mantıkla modellenmesi için her değişkene ait üyelik fonksiyonu tanımlanır. Bulanık değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarını tanımlayabilmek için çok çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler aşağıda özetlenmiştir (Bali, 2004).

1. Sezgi: Bu yöntem fazlaca bir bilgi gerektirmediğinden basittir. Bu yöntemde karar verici kendi görüş, anlayış ve kapasitesini kullanır. Araştırılan konu için o konunun uzmanına danışılabilir.
2. Çıkarım: Bu yöntemin kullanılabilmesi için araştırılan konu hakkında mutlaka temel bilgiye ihtiyaç vardır.
3. Mertebelenme: Üyelik dereceleri, anket, araştırma yada seçim yapılarak belirlenir. Verilen iki seçenek arasındaki tercihler sayılır ve yapılan tercihlere puanlar verilerek işlemler yapılır.

Fonksiyonun şekli, spesifik değişkenin ve bulanık kümenin içerdiği belirsizlik ve bilgiyi yansıtmalıdır. Fonksiyonun şekli ayrıca, optimistlik ve pesimistliğin yada toleransa karşı korumacılığın derecesini de yansıtır. Üçgen üyelik fonksiyonu, trapez üyelik fonksiyonundan daha az toleranslıdır (iyimserdir) çünkü sonuçta yüksek üyelik derecesi elde etmek için girdi üçgenin tam noktası civarında olmalıdır. Trapez fonksiyon ise daha optimisttir çünkü en yüksek üyelik fonksiyonu daha geniş bir aralığa sahiptir (Gentile ve diğ., 2003). Şekil 4.1’de çeşitli üyelik fonksiyonları gösterilirken Denklem 4.1’de üçgen üyelik fonksiyonu, Denklem 4.2’de ise yamuk üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi verilmiştir.

$$\text{Üçgen}(x;a,b,c)= \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \\ 0, c \leq x \end{array} \right\} \quad (4.1)$$

$$\text{Yamuk}(x;a,b,c,d)= \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, c \leq x \leq d \\ 0, d \leq x \end{array} \right\} \quad (4.2)$$



Şekil 4.1: Üçgen, Yamuk, Gauss ve S Tipi üyelik fonksiyonları (Görgülü, 2007).

4.2.1.2 Bulanık kümelerde işlemler

1. Kesişim İşlemi

$$A \cap B = \{\forall x \in E \mid \min(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (4.3)$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \{\forall x \in E \mid \min(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (4.4)$$

2. Birleşim İşlemi

$$A \cup B = \{\forall x \in E \mid \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (4.5)$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \{\forall x \in E \mid \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (4.6)$$

3. Tümlenme İşlemi

$$\bar{A} = \{\forall x \in E \mid \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)\} \quad (\text{Yager ve Zadeh, 1992}) \quad (4.7)$$

4. Fark İşlemi

$$A - B = (A \setminus B) = A \cap \bar{B} \quad (4.8)$$

5. Bulanık Kümelerin Eşitliği

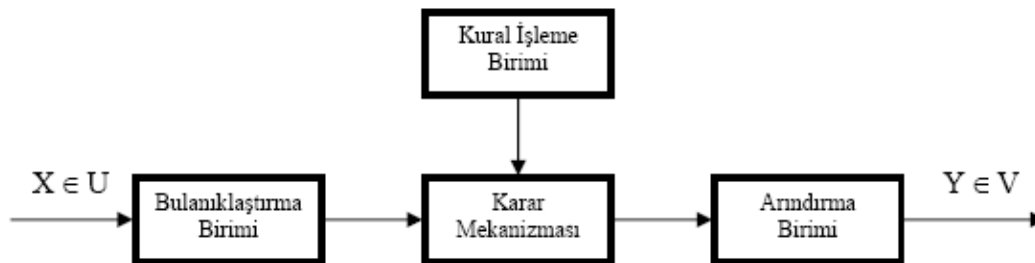
$$\forall x \in E \mid \mu_A(x) = \mu_B(x) \Rightarrow A = B \quad (\text{Ross, 1995}) \quad (4.9)$$

4.2.2 Bulanık modeller

Bulanık bir sistemde, bulanık mantığın kelimelerle hesaplama yeteneği sayesinde değişkenler dilsel değişkenler olarak kabul edilir. Dilsel değişken, değeri bulanık sayı olan yada dilsel terimlerle ifade edilen değişkenlere karşılık gelir (Musee ve diğ., 2006).

4.2.2.1 Bulanık çıkarım modeli

Hesaplama zamanını azaltmak ve hesabı kolaylaştırmak için, bir çok ‘eğer-ise’ kural kümesinin oluşturulmasıyla sonuçlanan modüler sistem yaklaşımı uygulanmaktadır. Şekil 4.2’de gösterilen bir bulanık mantık sistemi genel olarak, bir bulanıklaştırıcı, bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım motoru ve bir arındırıcıdan oluşmaktadır. Bulanıklaştırıcı, sistem çıktısını üyelik fonksiyonlarının yardımıyla hesaplamak için kesin girdi verisini kabul edilebilir bir dilsel değere dönüştürmekten sorumludur. Bulanık kural tabanı, atanan yada ölçülen girdi değişkenleri ile istenilen sonuçlar arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir dizi ‘eğer-ise’ kuralından oluşur. Kural tabanı, ‘eğer-ise’ kurallarının üretilmesinde kullanılan üyelik fonksiyonlarını tanımlayan veri tabanı ile desteklenir. Bir bulanık mantık sistemi için karar vermenin özü sonuç çıkarım motorudur. Kural tabanındaki ‘eğer-ise’ kurallarının bulunduğu spesifik bir modülden toplu sonuçların çıkarılması enstrümantel bir işlemdir. Bir çok bulanık çıkarım yöntemi geliştirilmiştir. ‘Max-min’, ‘max-dot’ ya da ‘max-prod’ en çok bilinen çıkarım yöntemlerindedir. Durulaştırma işlemi, çıkarım motoru tarafından üretilen bulanık toplu üyelik derecelerini bulanık olmayan bir değere çevirir. Merkezi ağırlık yöntemi en yaygın kullanılan yöntemdir. Aktif tüm kuralların sonuca katılımını sağladığı için avantajlıdır (Musee ve diğ., 2006).



Şekil 4.2: Bulanık Mantık Kontrol Algoritması (Musee ve diğ., 2006).

4.2.2.2 Mamdani bulanık modeli

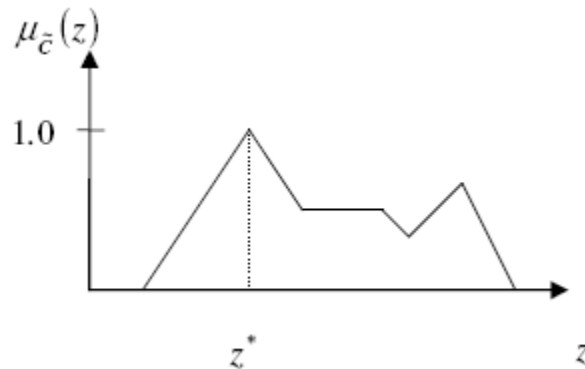
'Min-max' yöntemi olarak da ifade edilen bu model, karar verme aşamasında kuralların birleştirilmesi için minimum (T-norm) ve maksimum (T-conorm) operatörlerini birlikte kullanmaktadır. Elde edilen kuralların giriş değerlerinden minimum operatörü kullanılarak üyelik derecesi en düşük olan seçilip, maximum operatörü ile söz konusu kurallar birleştirilip elde edilen bölgenin maksimumu alınır. Elde edilen çıkış değeri, Mamdani modelde üyelik fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. X ve Y gibi iki girişli, Z gibi tek çıkışlı Mamdani Bulanık Model için kurallar aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

- Eğer X küçük ve Y küçük ise Z negatif büyük
- Eğer X küçük ve Y büyük ise Z negatif küçük
- Eğer X büyük ve Y küçük ise Z pozitif küçük
- Eğer X büyük ve Y büyük ise Z pozitif büyük

Mamdani Bulanık Model için beş farklı arındırma işlemi uygulanabilmektedir. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır (Jang ve diğ., 1997):

En büyük üyelik ilkesi, yükseklik yöntemi olarak da bilinmektedir. Tepeleri olan çıkarım bulanık kümeleri ile kullanılabilir. Şekil 4.3' de bu ilkenin kullanımı gösterilmektedir.

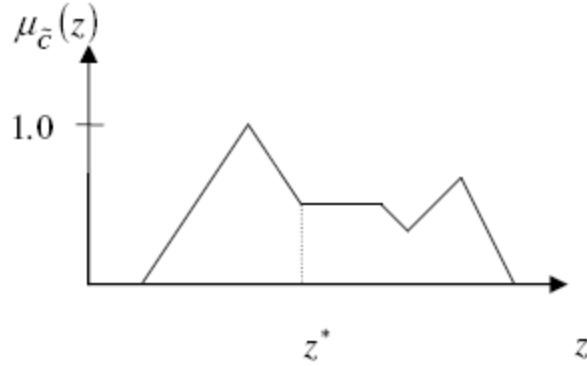
$$\mu_{\bar{c}}(z^*) \geq \mu_{\bar{c}}(z)$$



Şekil 4.3: En Büyüklük İlkesine Göre Arındırma (Uğur, 2006).

Ağırlık merkezi ile durulaştırma işlemi Şekil 4.4' de gösterildiği gibi ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak Denklem 4.10 ile yapılabilir.

$$z^* = \frac{\int \mu_{\bar{c}}(z).zdz}{\int \mu_{\bar{c}}(z)dz} \quad (4.10)$$



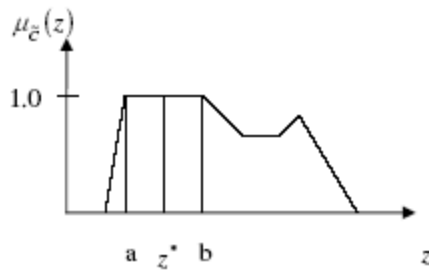
Şekil 4.4: Ağırlık Merkezi (Centroid) Yöntemi ile Arındırma (Uğur,2006).

Ağırlıklı ortalama yöntemi, simetrik üyelik fonksiyonunun olduğu durumlarda Denklem 4.11 ile kullanılabilir.

$$z^* = \frac{\sum \mu_{\bar{c}}(\bar{z}).z}{\sum \mu_{\bar{c}}(\bar{z})} \quad (4.11)$$

Ortalama en büyük üyelik, En Büyüklerin Ortası Yöntemi olarak da bilinmektedir. Birinci yöntemden farklı olarak en büyük üyelik derecesine sahip olan bir nokta yerine plato gibi düzlük bir kısmı da bulunabilir. Bu yöntem Şekil 4.5' de gösterilmiştir ve Denklem 4.12 ile kullanılabilir.

$$z^* = \frac{a+b}{2} \quad (4.12)$$



Şekil 4.5: Ortalama En Büyük Üyelik (Uğur,2006).

Toplamların merkezi, diğer yöntemlere göre en hızlı arındırma yöntemidir. Kullanılan bulanık kümelerin cebirsel toplamları kullanılır. Bu da örtüşen kısımların iki defa toplama girmesine neden olur. Ağırlıklar, ilgili üyelik fonksiyonlarının alanlarıdır. Denklem 4.13 ile hesaplanmaktadır.

$$z^* = \frac{\int_z \sum_{k=1}^n \mu_{C_k}^-(z) dz}{\int_z \sum_{k=1}^n \mu_{C_k}^-(z) dz} \quad (4.13)$$

En büyük alanın merkezi yönteminde, çıkış bulanık kümesi en azından iki tane dış bükey alt bulanık kümeyi içeriyor ise bunlardan en büyük alana sahip olanının ağırlık merkezi seçilir. Tüm çıkarımlar dış bükey ise ağırlık merkezi yöntemiyle aynı sonuç elde edilir. Bu nedenle tüm çıkarımların dış bükey olmadığı durumlarda Denklem 4.14 ile kullanılır.

$$z^* = \frac{\int \mu_{C_m}^-(z).z dz}{\int \mu_{C_m}^-(z) dz} \quad (4.14)$$

En büyük ilk ve ya son üyelik derecesi yönteminde, tüm çıktıların birleşimi olarak ortaya çıkan bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük (veya en büyük) bulanık küme değeri seçilerek kullanılır.

5. ENDÜSTRİYEL TEHLİKELİ MADDELER İÇİN ÖNERİLEN ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI

Bu çalışma kapsamında önerilen, endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme yaklaşımı 5. bölümde tanıtılacaktır. Bu kapsamda, öncelikle yaklaşımın çerçevesi açıklanacaktır. Daha sonra ise yöntemi oluşturan tüm adımlar sıra ile tanıtılacaktır. Her adımın anlam ve önemi, içeriği ve yürütülüşü aktarılacaktır.

5.1 Önerilen Yaklaşımın Tanıtımı

Giriş bölümünde belirtilmiş olan çevresel risk değerlendirme sürecinde yaşanan problemlerin çözümü için, yapılan literatür araştırması sonunda, bulanık mantık modeli ve AHP kullanan bir yaklaşımın uygun olacağı tespit edilmiştir. Çevresel risk değerlendirmenin bir çok faktörden etkilenen karmaşık yapısı ve bu faktörlerin değerlendirilmesi için gerekli verilerin eksik, belirsiz ve şüpheli olduğu dikkate alınarak bulanık mantık modeli seçilmiştir. AHP ise, çevresel riske neden olan faktörleri sistematik bir çerçevede ortaya koymayı ve değerlendirmeyi sağlamıştır. Bunun yanı sıra, faktörlerin ikili matrislerle karşılaştırılması öncelik ağırlıklarının bulunmasını sağlamış ve bu ağırlık puanları kullanılarak daha gerçekçi bir risk büyüklüğü elde edilmiştir.

Çevresel risk değerlendirmede kullanılan gösterge faktörlerin dilsel değişkenlerle temsil edilmesi ve bu faktörlerin sınırlarının bulanık üyelik fonksiyonları ile esnetilerek risk kategorileri arasında daha güvenli bir geçiş yapılması sağlanmıştır. Aynı zamanda, uzmanların puanlandırma yaparken bulanık sayılar kullanması sağlanarak karmaşık çevresel ilişkiler hakkındaki uzman görüşlerinin çevresel risk büyüklüğü sonucuna yansıtılması mümkün olmuştur. Çevresel riskleri değerlendirmek için oluşturulan sistemin ana bileşenleri 'if-then' kuralları topluluğu ile modellenerek, sistemin karmaşık ve belirsiz yapısı formül yardımıyla değil kalitatif insan düşüncesi ile ilişkilendirilmiş ve risk büyüklüğü ortaya konmuştur.

Zeng ve diğ. (2007) tarafından, inşaat projelerinin gecikme riskini hesaplamak amacıyla bir model geliştirilmiştir. Bulanık AHP yönetimini esas alan bu modelin, çevresel risk değerlendirme problemlerine de uygulanması yukarıdaki paragraflarda açıklanan nedenlerden dolayı uygun görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan model endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme yaklaşımı oluşturmak üzere düzenlenmiştir. Buna göre modelin hazırlık adımı, endüstriyel tehlikeli maddelerin çevresel risk değerlendirme sürecine hazırlığı sağlayacak şekilde değiştirilmiştir. Birden çok uzman görüşünün kullanılması değil, oluşturulan risk değerlendirme grubunun farklı disiplinlere ait görüşlerini birleştirerek bütüncül ve tek bir değerlendirme yapması tercih edilmiştir. Çevresel risk değerlendirmede, bir çok faktör farklı disiplinlerin görüşlerini gerektirmektedir. Bu faktörler için uzmanlardan ayrı görüşler alınması uygulamada zorluk yaratacağı gibi, faktörlerin birbirlerini tetiklemesi nedeniyle farklı disiplinlerden gelen uzmanların görüşlerinin birleştirilmesi daha doğru bir değerlendirme yapılmasını sağlayacaktır. Faktör indeksi için dilsel değişkenler değiştirilmiştir. Çevresel risk için daha uygun olduğu düşünülen değişkenler kullanılmıştır. Çevresel risk değerlendirme çalışmalarında da risk büyüklüğünü temsil eden bileşenlerin faktörlerin riske katkısı (Fİ), risk olasılığı (RO) ve risk şiddeti (RŞ) olduğu, risk karakteristikleri ve çevresel risk değerlendirme bölümlerinde belirtilmiştir. Bu nedenle modelin faktör indeksi, risk olasılığı, şiddeti ve büyüklüğü (RB) hesaplama adımlarında değişiklik yapılmamıştır. Bu bileşenler için kullanılan bulanık sayılar (üçgen ve standart yamuk bulanık sayı (SYBS)), bu çalışmada da kullanılmıştır. Puanlandırma için gerekli açıklamalar, faktör indeksi ve risk şiddeti için çevresel risk değerlendirmeye uyarlanmıştır. Faktör indeksi hesabında kullanılacak olan hiyerarşinin amacı, endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme olacak şekilde oluşturulmuştur.

5.2 Önerilen Yaklaşımın Adımları

Risk değerlendirme için öncelikle bir risk değerlendirme grubu oluşturulmalıdır. Bu grupta farklı disiplinlerden gelen uzmanlar ve ilgili konuda tecrübeli kişiler yer almalıdır. Bu uzman kadronun içinde maddenin özelliklerini değerlendirebilecek uzman kimyacılar, biyologlar, ekosistem özelliklerini ele alabilecek su bilimciler, ziraat mühendisleri, meteorologlar, şehir bilimciler, endüstrideki prosesleri ve üretim akışını iyi bilen endüstri mühendisleri ve hem maddenin hem de ekosistemin

özelliklerini çevresel açıdan yorumlayabilecek ve sonuç çıkarabilecek çevre mühendisleri bulunabilir. Aynı tür endüstrilerde uzun süre emek vermiş çalışanlar ya da yöneticiler veya bölgeyi çok iyi tanıyan yerli halk, tecrübeli kişiler olarak gruba dahil edilebilir. Risk değerlendirme grubu, risk ile ilgili bilgileri ve verileri gözden geçirip, risk ile ilgili kriterlerin kendi çalışmalarına uygunluğunu kontrol edip gerekirse yeni risk kriterleri oluşturarak değerlendirmeyi gerçekleştirir.

Bu bölümde Şekil 5.1’de gösterilen endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen çevresel risk değerlendirme yaklaşımının adımları ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır.

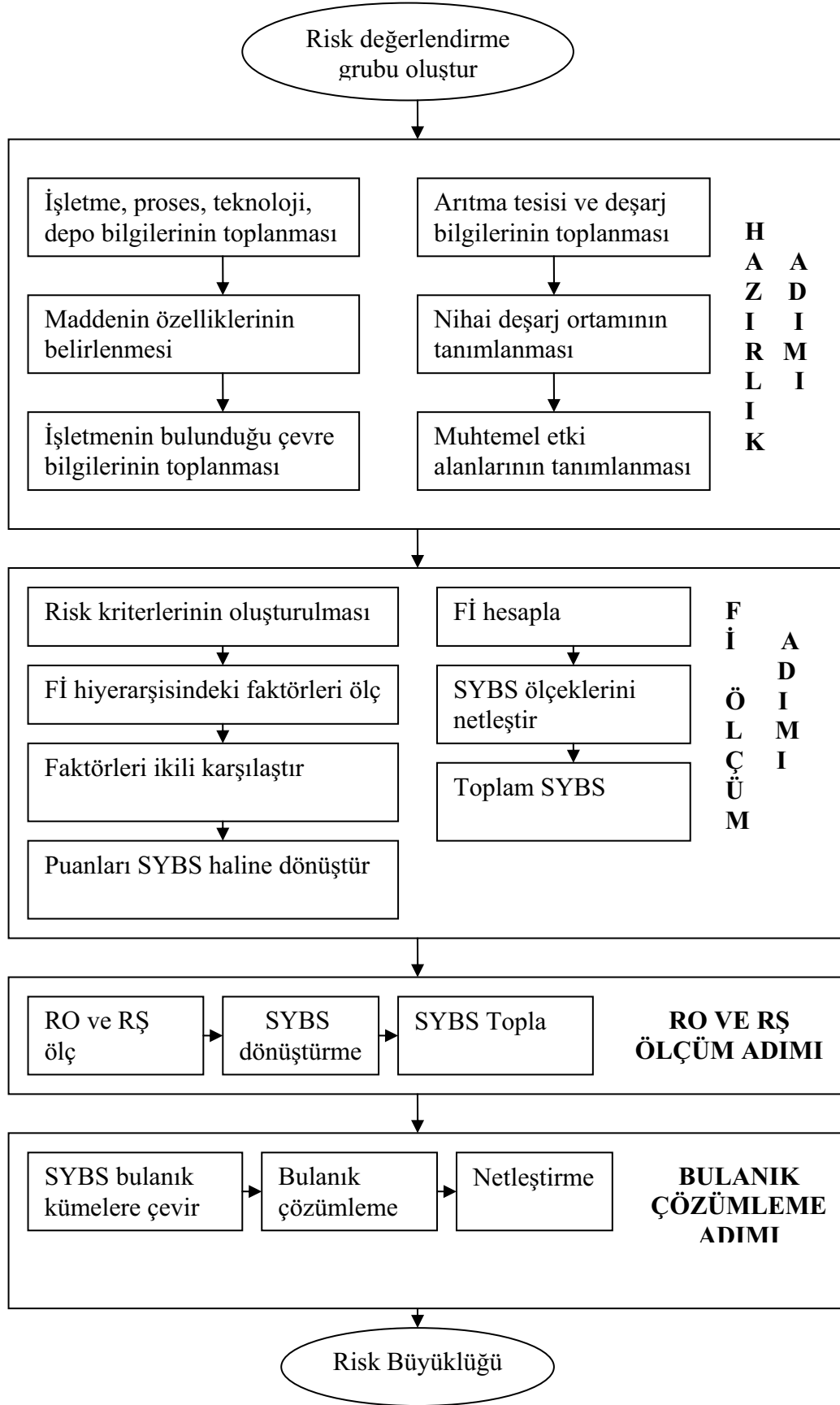
5.2.1 Hazırlık adımı

Endüstriyel tehlikeli maddelerin çevresel riski değerlendirilirken, riske katkısı olan veya riskin oluşumu ile ilgili faktörlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bölümün başında belirtildiği gibi bu faktörleri ölçmek ve sistematik bir şekilde değerlendirmek için AHP tekniği kapsamında bir hiyerarşi oluşturulmuştur. Bu hiyerarşide yer alan faktörleri değerlendirebilmek ve önerilen yaklaşımdan risk büyüklüğü sonucuna varabilmek için bu sistemin bileşenleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Ele alınan endüstride gerçekleştirilen üretim sürecinin bir sistem olduğu düşünüldüğünde, yaklaşımın amacı bu sistemde tehlikeli madde kullanımından kaynaklanan riski tespit etmek olduğundan söz konusu riski oluşturan faktörler de bu sistemin elemanları ya da çevresi olacaktır.

Buna göre riski oluşturan faktörlerle ilgili olarak bilinmesi gereken işletme, proses, teknoloji, depo bilgileri, kullanılacak olan maddenin özellikleri, endüstrinin kurulu olduğu çevrenin özellikleri, endüstrinin arıtma tesisi ve deşarj bilgileri, maddenin ve çevrenin özelliklerine bağlı olarak muhtemel etki alanlarıdır. Tüm bu bilgiler, risk değerlendirme kapsamında tehlike tanımı, maruz kalma ve tepki değerlendirmesi ve risk karakterizasyonu yapabilmek açısından gereklidir.

Mevcut bir tesis için endüstriyle ilgili bilgilerin toplanması oldukça kolayken henüz işletmeye alınmamış proje aşamasındaki bir tesis için daha çok proje bilgileri kullanılabilir ya da bazı koşullarla ilgili benzer mevcut tesislerden kestirimler yapılacaktır.

Madde özellikleri literatür bilgileri ile tespit edilebileceği gibi üreticilerin hazırlamakla yükümlü olduğu MSDS (Material Safety Data Sheet) benzeri dosyalarla



Şekil 5.1: Endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme yaklaşımı

da belirlenebilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde uygulamaya alınan REACH yönetmeliğine göre ise kimyasal madde üreticileri, üretim yaptıkları hacme bağlı olarak ürettikleri maddeler hakkında risk değerlendirmelerini de içeren kapsamlı güvenlik dosyaları hazırlamakla yükümlüdürler. Bu ayrıntılı dosyalar, endüstrinin söz konusu tehlikeli maddeyi kullanmasından kaynaklanan riski tespit etmesi için dikkate alacağı madde özelliklerini ortaya koyması açısından son derece faydalı olacaktır.

Endüstrinin kurulduğu ya da kurulacağı çevrenin özelliklerini belirlemek daha detaylı bir araştırma gerektirecektir. Bölgenin fiziksel ve meteorolojik özellikleri ile ilgili bilgiler belediye veya idari amirliklere bağlı kurumlardan elde edilebilir. Bunun haricinde, özellikle bölgenin mevcut durumunu tespit etmek için ilgili alanlarda bir takım ölçümler gerçekleştirilebilir. Çevresel koşulların riske olan katkısını belirlemede bölgede uzun seneler yaşımiş ve dolayısıyla bölgeyi iyi tanıyan kişilerin görüşü önem kazanabilmektedir. Bu kişiler meteorolojik koşullar ya da mevcut durum gibi veri arşivi gerektiren durumlarda hiçbir zaman takip edilmemiş ya da kayıt altına alınmamış verilerin yerine dilsel olarak veri girişı yapabilmektedirler.

Endüstrinin arıtma tesisi bilgileri özellikle rutin deşarjlardan kaynaklanan emisyonların oluşturduğu riski değerlendirmek açısından oldukça önemlidir. Arıtma tesisinde kullanılan yöntem, elde edilen giderim verimi, nihai deşarj ortamı ve miktarı söz konusu riski ilgilendiren faktörlerdir. Ayrıca üretim süreci de arıtma tesisine girdi oluşturduğu için son derece önemlidir. Üretim süreci için proses ve atık profilleri oluşturulmalıdır.

İşletme bilgileri, maddenin özellikleri, çevre ve deşarj bilgileri toplandıktan sonra maddenin etki göstereceği alanların ve topluluğun belirlenmesi, tüm bu verilerin dikkate alınması ile mümkün olacaktır.

5.2.2 Faktör indeksi ölçüm adımı

5.2.2.1 Risk kriterlerinin oluşturulması

Risk Büyüklüğü değerini bulabilmek için faktör indeksi (Fİ), risk olasılığı (RO) ve risk şiddeti (RŞ) girdi parametrelerinin seçilmesi gerekmektedir. Fİ değerini ifade etmek için beş dilsel değişken kullanılacaktır. Fİ, çok büyük (ÇB), büyük (B), orta (O), düşük (D) ve çok düşük (ÇD) değişkenleriyle, RO ve RŞ ise çok düşük (ÇD),

düşük (D), orta (O), yüksek (Y), çok yüksek (ÇY) değişkenleri ile ifade edilmiştir. RB, dört sınıfa ayrılmıştır. İhmal edilebilir (İE), önemsiz (Ös), önemli (Ö), kritik (K) kademeleri kullanılmıştır. Sınıflandırmalarla ilgili açıklamalar Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Fİ, RO ve RŞ üçgen bulanık sayılarla, RB ise yamuk bulanık sayılarla ifade edilmiştir.

Çizelge 5.1: Fİ, RO, RŞ, RB ile ilgili açıklamalar

Fİ Tanımı	Açıklama		Fİ bulanık sayı
çok büyük (ÇB)	Çevresel riske çok büyük katkısı var		(0.0,0.0,2.5)
büyük (B)	Çevresel riske belirgin bir katkısı var		(0.0,2.5,5.0)
orta (O)	Çevresel riske bir katkısı yok		(2.5,5.0,7.5)
düşük (D)	Çevresel riske kritik bir katkısı yok		(5.0,7.5,10.0)
çok düşük (ÇD)	Çevresel riske kesinlikle katkısı yok		(7.5,10.0,10.0)
RO Tanımı	Açıklama	Referans	RO bulanık sayı
çok düşük (ÇD)	Olma ihtimali çok az	$< 10^{-9}$	(0.0,0.0,2.5)
düşük (D)	Olma ihtimali az	$10^{-9}-10^{-7}$	(0.0,2.5,5.0)
orta (O)	Olmaya mehilli	$10^{-7}-10^{-5}$	(2.5,5.0,7.5)
yüksek (Y)	Olmaya çok mehilli	$10^{-5}-10^{-3}$	(5.0,7.5,10.0)
çok yüksek (ÇY)	Olması kaçınılmaz	$10^{-3}-10^0$	(7.5,10.0,10.0)
RŞ Tanımı	Açıklama		RŞ bulanık sayı
çok düşük (ÇD)	Akut etki yok, kronik etki belirsiz		(0.0,0.0,2.5)
düşük (D)	Akut ve kronik etki		(0.0,2.5,5.0)
orta (O)	Yüksek akut ve kronik etki		(2.5,5.0,7.5)
yüksek (Y)	Şiddetli akut ve yüksek kronik etki		(5.0,7.5,10.0)
çok yüksek (ÇY)	Şiddetli akut ve kronik etki		(7.5,10.0,10.0)
RB Tanımı	Açıklama		RB bulanık sayı
İhmal edilebilir (İE)	Risk kabul edilebilir		(0.0,0.0,1.0,3.0)
önemsiz (ÖS)	Risk tolere edilebilir fakat önlem alınmalıdır		(1.0,3.0,4.0,6.0)
önemli (Ö)	Risk düşürülmelidir		(4.0,6.0,7.0,9.0)
kritik (K)			(7.0,9.0,10.0,10.0)

Fİ için faktörlerin çevresel riske katkısı göz önüne alınarak katkısı çok büyük olana “çok büyük” derecesi verilmiş, “orta” derecesi için katkısı normal düzeyde olanlar belirlenmiş ve hemen hemen hiç katkısı olmayanlara “çok düşük” derecesi

atanmıştır. RO için referans olasılıklar alınarak olma ihtimali çok az olana “çok düşük” derecesi atanarak, ihtimal arttıkça “çok yüksek” derecesine doğru gidilmiştir. RŞ için meydana gelebilecek etkinin şiddeti baz alınarak akut ve kronik etkisi olmayana “çok düşük”, şiddetli akut ve kronik etkisi olana “çok yüksek” derecesi verilerek ara kademeler bu şekilde ayarlanmıştır. RB için ise, seviyelere göre risk ile ilgili yapılması gerekenler tanımlanmıştır.

Herhangi bir endüstriyel tehlikeli maddenin neden olduğu çevresel riskin büyüklüğünü tespit etmek üzere bu yaklaşımı kullanan değerlendiriciler kendi özel durumları nedeniyle yeni puanlama ölçeklerini oluşturabilirler.

5.2.2.2 Fİ hiyerarşisindeki faktörlerin ölçümü

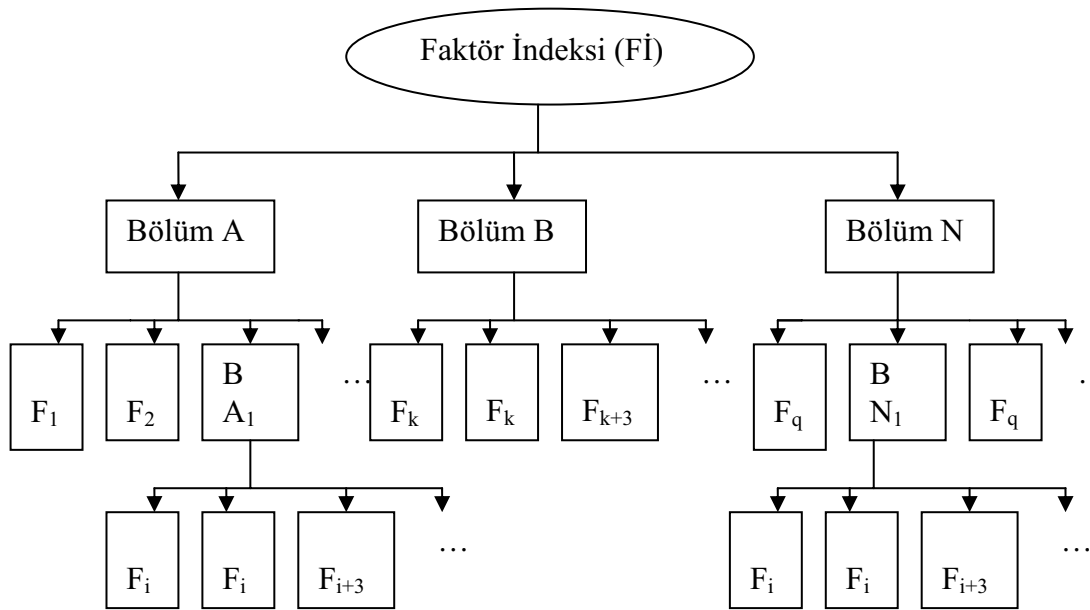
Riskin tanımından da anlaşılacağı üzere risk için esas olan olayın olma olasılığı ve meydana getireceği sonuçların şiddetidir. Bunun yanı sıra olayın olmaya yatkınlığı da bu iki ögenin gereği olarak ortaya çıkmaktadır. Faktör indeksi oluşturmanın amacı tehlikeli bir olayın olma yatkınlığını belirlemektir. Gentile ve diğ. (2003), olayın olmaya yatkınlığı ile olasılığı arasındaki ilişkiye açıklık getirmiştir. Olayın olmaya yatkınlığı/olasılığı, uyum prensibi olarak bilinen hissel kural; yatkınlık dağılımının, olasılık dağılımının üst limiti gibi davrandığını kabul etmektedir. Düşük yatkınlık, düşük olasılık demektir fakat yüksek yatkınlık ne düşük ne de yüksek olasılık anlamına gelmemektedir. Felaketler, yatkınlık teorisinin bu karakteri (ciddi sonuçlar, düşük olasılık) ile iyi bir şekilde tanımlanabilirler. Bu olayların neredeyse imkansız oluşu düşünülür çünkü olasılıkları düşüktür. Yatkınlık ölçümünün prensipleri, ancak sistemlerin özellikleri dikkate alınarak geliştirilebilir. Olmayı bekleyen bir kaza, çok düşük olasılığa sahip olsa da (faktörlerin özel bir kombinasyonundan dolayı) gerçekleşmesi çok muhtemel olarak algılanır. Yatkınlık teorisi, frekansları baz alan bir olayın olma durumunu değil özel faktörlerin bir araya gelmesinden kaynaklanan tehlikelerin varlığını ölçmede etkilidir. Bu durumda, olayın olma yatkınlığı ve olasılığı ele alınması gereken ve riski ortaya koyan iki ayrı ögedir. Yatkınlık prensibi, özellikle tehlike tanımı ve maruz kalma değerlendirmesi için, riski karakterize etmeyi sağlamaktadır. Etki değerlendirme adımı ise daha çok risk şiddeti ile temsil edilmektedir.

Endüstriyel tehlikeli maddelerden kaynaklanan çevresel riskleri değerlendirmek amacıyla kullanılacak olan AHP yönteminin kapsamında, riske yatkınlığı ölçen

faktörlerden oluşan bir hiyerarşi oluşturulması gerekmektedir. Bu hiyerarşide yer alan faktörler puanlandırılarak Fİ oluşturulur. Fİ hiyerarşisi hazırlamanın amacı, risk faktörlerinin yeterli derecede detaylandırılması ve Fİ'lerin etkili bir şekilde değerlendirilmesidir. Fİ analizinde belirlenen faktörler, alt faktörlere dallandırılarak Fİ hiyerarşisi oluşturulmuştur. Örnek bir model Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

1. kademe, Fİ analizinin sonucunu göstermektedir. 2. kademe ise, Fİ, riske neden olan N adet alt bölüme ayrılmıştır. Daha sonra tüm alt bölümler, mümkün olan tüm tehlike durumlarını tanımlamak için alt faktörlere ayrılmıştır. Fİ analizi, 3. ve 4. kademe başlayıp daha sonra 2. kademe dönmektedir ve son aşamada Fİ analizi gerçekleştirilmektedir.

Uzmanlar, ortak bir ölçek kullanarak Fİ hiyerarşisinin en son basamağındaki her bir faktörü değerlendirir. Risk faktörlerinin öncelik ağırlıklarını belirlemek amacıyla değiştirilmiş bir bulanık AHP yöntemi kullanılmaktadır. Fİ, verilen puanların ve risk faktörlerinin öncelik ağırlıklarının birleştirilmesiyle bulunur.

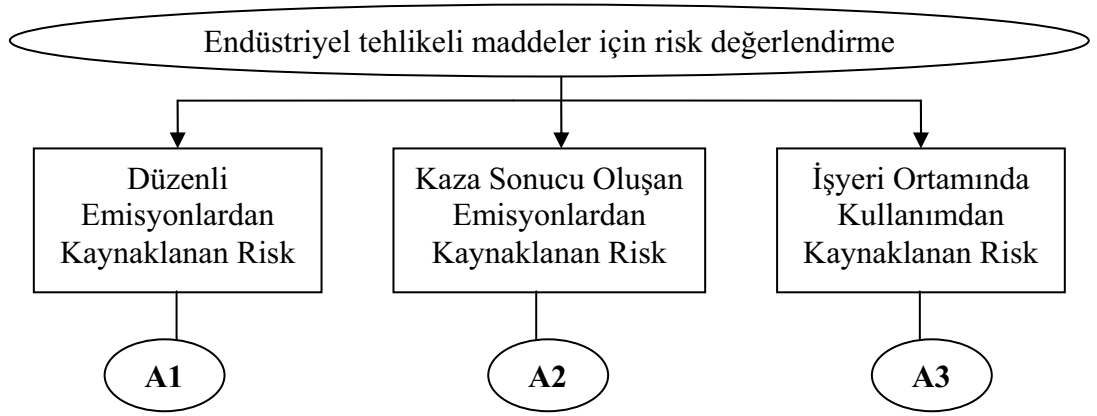


Şekil 5.2: Fİ hiyerarşisinin genel yapısı (Zeng ve diğ., 2007).

Uzmanlar, Fİ hiyerarşisinin alt kademelerindeki risk faktörlerini, tecrübelerine ve bilgilerine göre değerlendirir. Uzmanlar, kesin bir puan, sayısal bir aralık, dilsel bir değişken ya da bulanık sayı ile fikirlerini bildirebilirler. Eğer risk faktörü hakkında yeterli bilgiye ulaşılabiliyorsa, sayısal olarak ölçülebiliyorsa, uzmanlar çoğunlukla kesin bir puan ya da bir sayısal aralık vermeyi tercihe ederler. Risk faktörü, sayısal

olarak ölçülemiyorsa veya belirsizlikler içeriyorsa dilsel bir değişken ya da bulanık bir sayı ile değerlendirilmektedir.

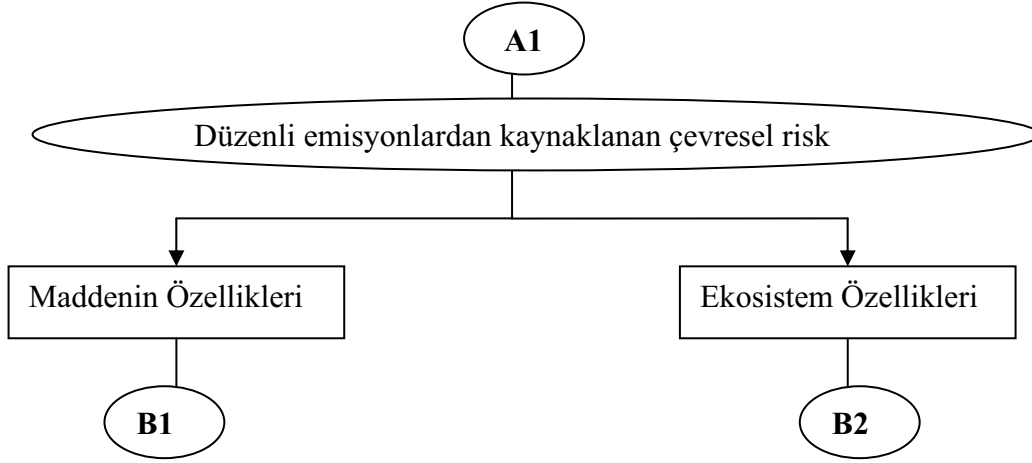
Bu çalışmada önerilen yaklaşımın amacı olan endüstriyel tehlikeli maddeler için risk değerlendirme, hiyerarşik yapının da amacı olup I. seviyede bulunmaktadır. Hiyerarşinin II. seviyesi ise, riske neden oldukları düşünülen düzenli emisyonlar, kaza emisyonları ve işyeri ortamı riski ile oluşturulmuştur. Bu seviyedeki üç faktör risk karakterizasyonu için A1, A2 ve A3 kodları ile Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin II. seviyesi

Maddenin potansiyel tehlikesinin bu seviyede karakterize edilmesinin endüstride kullanım, kaza ve düzenli emisyonlarla farklı şiddet, olasılık ve yatkinlıkla ortaya çıktığı düşünülmüş ve risk kaynakları olarak II. seviyeye atanmıştır. Düzenli emisyonlar; maddenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile tanımlanan ve potansiyel tehlikelerini yansıtan emisyonlar olup genellikle noktasal kaynaklıdır. Kazalardan veya işyerinde kullanımdan kaynaklanan emisyonlar, noktasal olmayan yaygın kaynak emisyonları olarak farklı karakterde olacağı için aynı seviyede diğer iki faktörü oluşturmaktadır.

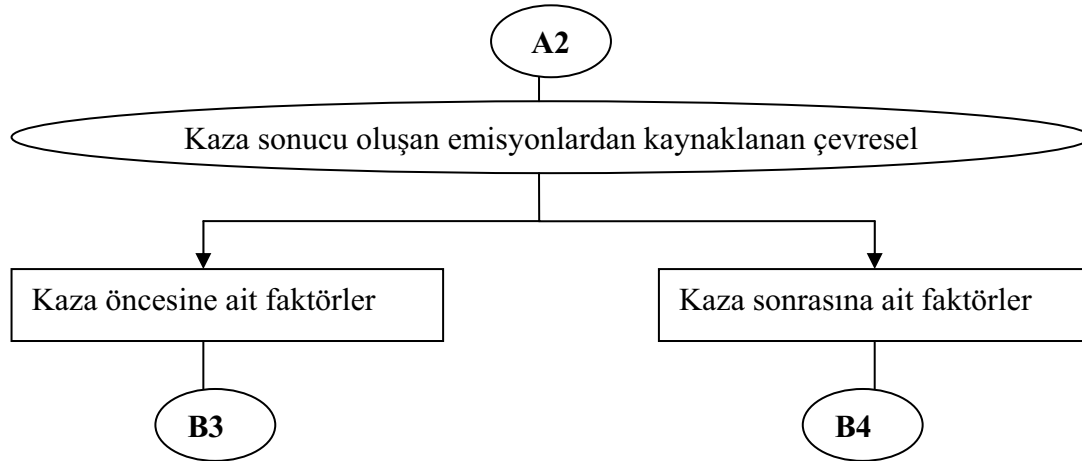
Hiyerarşinin üçüncü seviyesinde ise, çevresel risk kaynağı olan düzenli emisyonları etkileyen alt faktörler belirlenmiş ve Şekil 5.4’de gösterilmiştir. Endüstriyel faaliyet sonucu oluşan ve değerlendirilen tehlikeli maddeyi içeren emisyonlar, prosesin özellikleri ve sonrasında uygulanan arıtma süreci bilindiği için düzenli sayılmaktadır. Endüstri için proses araştırması bu maddelere ait kütle dengesini de içerdiğinden atık araştırması ile emisyonlara ulaşılmaktadır. Kütle dengesi ile maddenin proseslere ne miktarda girdiği ve yürütülen prosesin özelliklerine bağlı olarak çıktıda ne kadar ve



Şekil 5.4: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için I. seviyesi

ne şekilde bulunduğu sonucuna varılabilmektedir. Bu bilgiler ışığında maddenin atığa dönüşen ve alıcı ortama deşarj edilen formu ve miktarı belirlenebilir. Düzenli emisyonlar alıcı ortamlarda madde ve ekosistem özelliklerine bağılı olarak risk oluştururlar. Bu nedenle, madde özellikleri ile alıcı ortam yani ekosistem özellikleri A1 faktörünün I. seviyesi için iki faktör olarak atanmıştır.

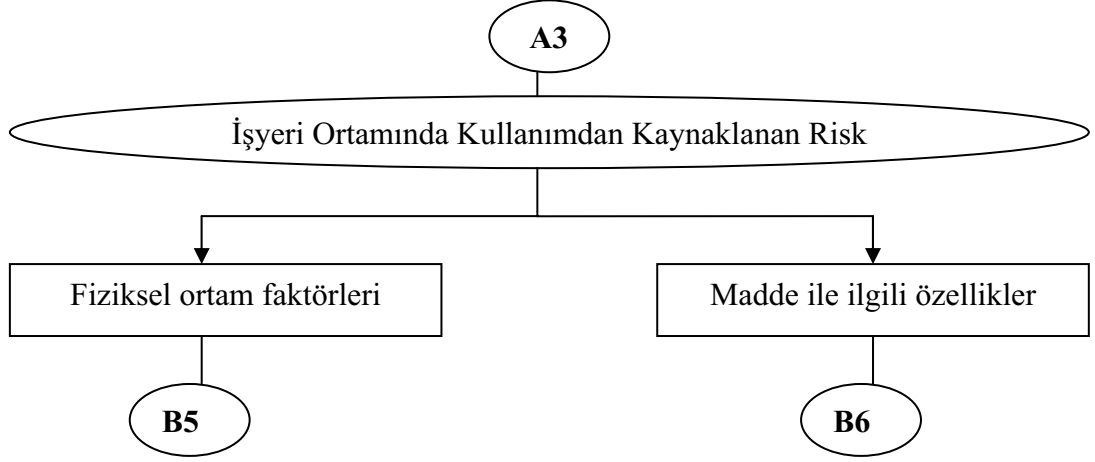
Kazalardan kaynaklanan emisyonların neden olduğu riski karakterize eden üçüncül adım faktörleri ise Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için I. seviyesi

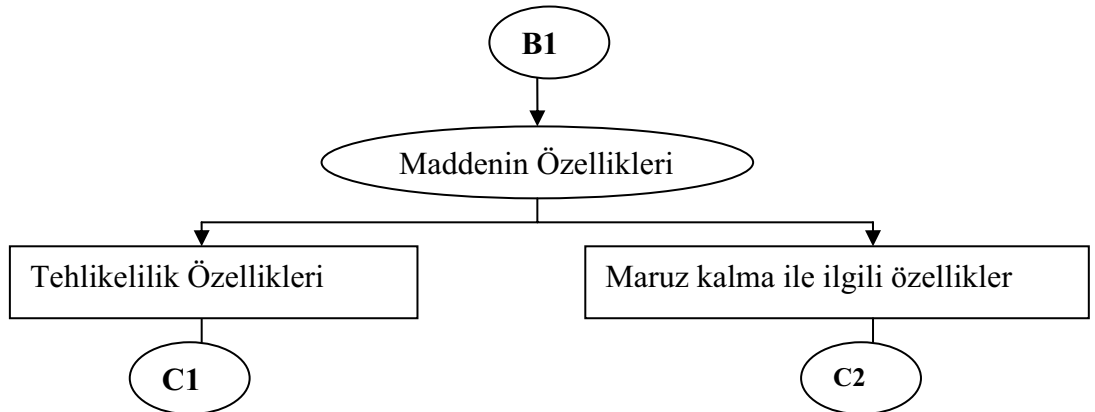
Kaza sonrası oluşabilecek çevresel emisyonlar için ikinci seviyedeki faktörler kazanın oluşma potansiyelini esas alan kaza öncesine ait faktörler ile aynı seviyede gösterilmiştir. Örneğin; tehlikeli maddenin depolanma veya taşınmasının şekli, kaza sonrasında oluşan bir emisyon miktarı kaza öncesi faktörlerle göz önüne alınmalıdır.

Şekil 5.6’da ise işyeri ortamında kullanımdan kaynaklanan risklerin hangi faktörlerle ortaya çıkarıldığı gösterilmektedir. Örneğin; işyeri ortamının kapalı bir ortam olması ortama ait fiziksel özellikleri ortaya koyarken riski etkileyen ana özelliklerden biri olacaktır. İkincil önemli nokta ise tehlikeli maddenin özelliklerine bağlı olarak ortamdakilerin maruz kalma şekli ve oluşan etki farklılık gösterecektir.



Şekil 5.6: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A3 için I. seviyesi

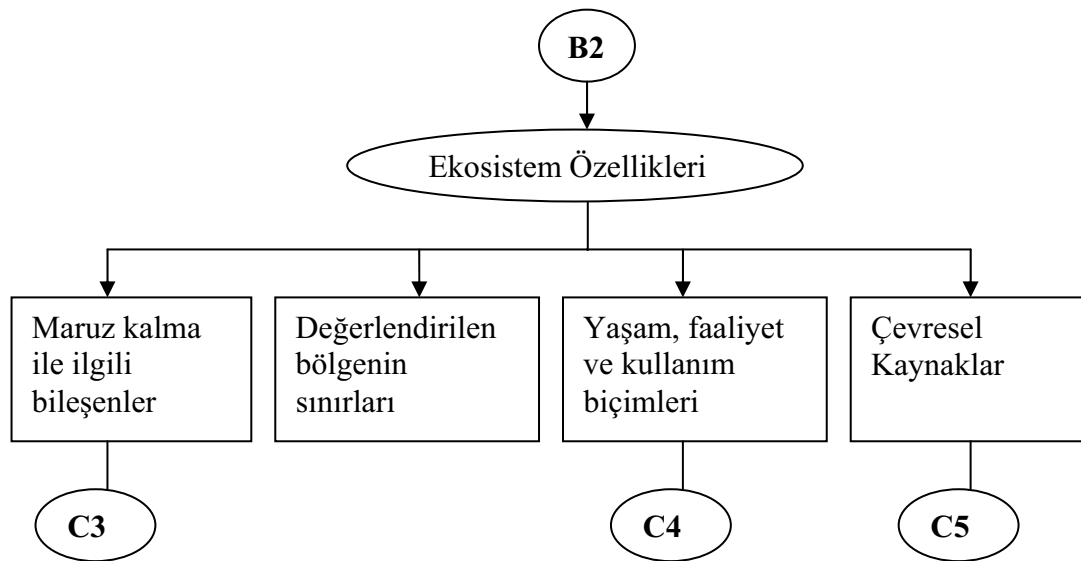
Şekil 5.7’de madde özelliklerine ait alt faktörler gösterilmektedir. Maddenin özellikleri, rutin deşarjlardan kaynaklanan emisyonların çevrede potansiyel bir tehlike oluşturmasını ve çevre bileşenlerinin bu tehlikeye maruz kalma durumunu etkileyecektir. Madde özelliklerinin riskin değerlendirilmesinde ortaya koyduğu bu etkiler düşünüldüğünde, IV. seviye maddenin tehlikelilik özellikleri ve maruz kalma ile ilgili özellikleri olarak iki ayrı gruba ayrılmıştır.



Şekil 5.7: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için II., B1 için I. seviyesi

Maddenin tehlikelilik özellikleri, bu maddenin kullanımının neden olacağı potansiyel tehlikeyi tanımlarken maruz kalma ile ilgili özellikleri doğrudan potansiyel tehlikeyi değil bu maddenin çevredeki taşınımı ve akıbeti sonucunda etkilenebilecek çevre bileşenlerini değerlendirmeyi sağlamaktadır.

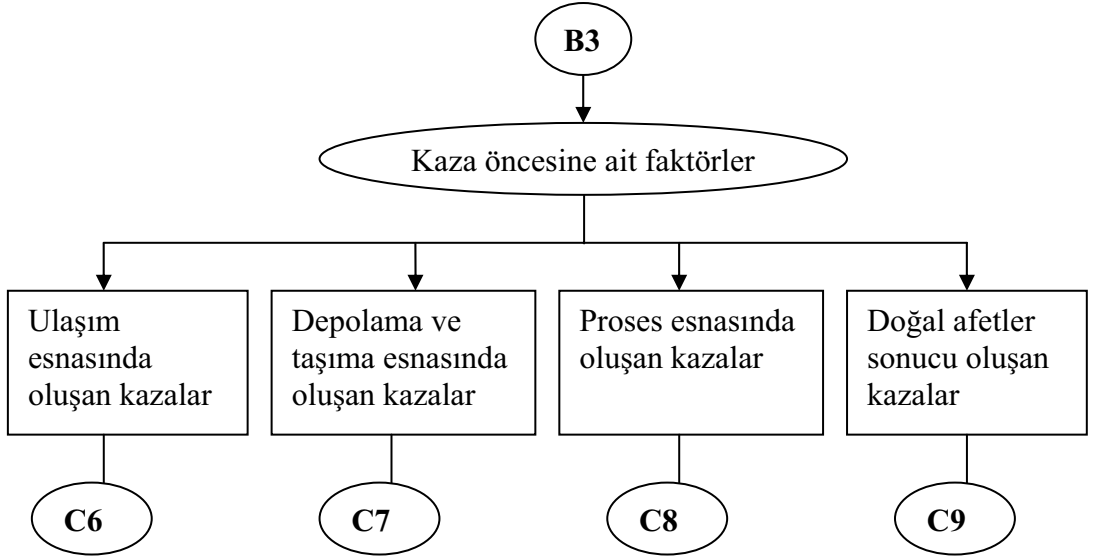
Endüstriyel bir faaliyet sonucu oluşacak emisyonların, ekosistem özelliklerine bağlı olarak neden olacağı riski ortaya koyan faktörler Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Öncelikle, ekosistemin birtakım özellikleri maddenin dağılımını ve akıbetini etkileyecektir, bu nedenle bu özellikler maruz kalma ile ilgili özellikler olarak gruplanacaktır. Değerlendirilen bölgenin sınırları ise diğer özelliklerden bağımsız olarak etkilenen alanın büyüklüğünü gösterecektir. Yaşam, faaliyet ve kullanım biçimleri; ortaya çıkacak potansiyel tehlikeyi bölgenin daha çok sosyal özelliklerini dikkate alarak belirlemeyi sağlamaktadır. Çevresel kaynaklar ise o bölgenin sahip olduğu çevre bileşenlerinin ve özelliklerinin riske olan katkısını belirlemek üzere oluşturulmuştur.



Şekil 5.8: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için II., B2 için I. seviyesi

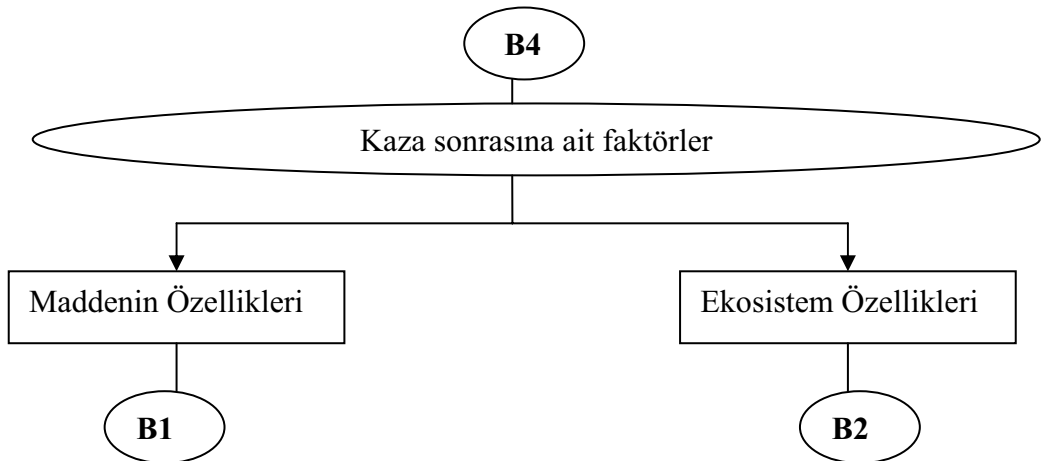
Şekil 5.9’da ise, kaza sonucu oluşabilecek emisyonların neden olduğu çevresel riski ortaya koyan kaza öncesi faktörlere ait alt faktörler gösterilmektedir. Hiyerarşinin IV. seviyesinde endüstriyel proses süresince kazaya neden olabilecek, her biri ayrı alt faktörlerden etkilenen ana faktörler belirlenmektedir. Endüstriyel tehlikeli maddenin işleneceği endüstriye taşınımı, endüstriyel faaliyet süresince depolanması ve depolardan ilgili birimlere taşınması ve üretimi kaza potansiyeli taşımaktadır. Endüstriyel faaliyet sürecinden bağımsız olarak doğal felaketler sonucu kaza

oluşumu da söz konusu olabilmektedir. Bu kaza potansiyellerinin ayrı faktörlerden etkilenmeleri, yani yatkinlıklarının farklı olmasının yanı sıra, olasılıkları ve neden olacakları riskin şiddeti de farklı olmaktadır.



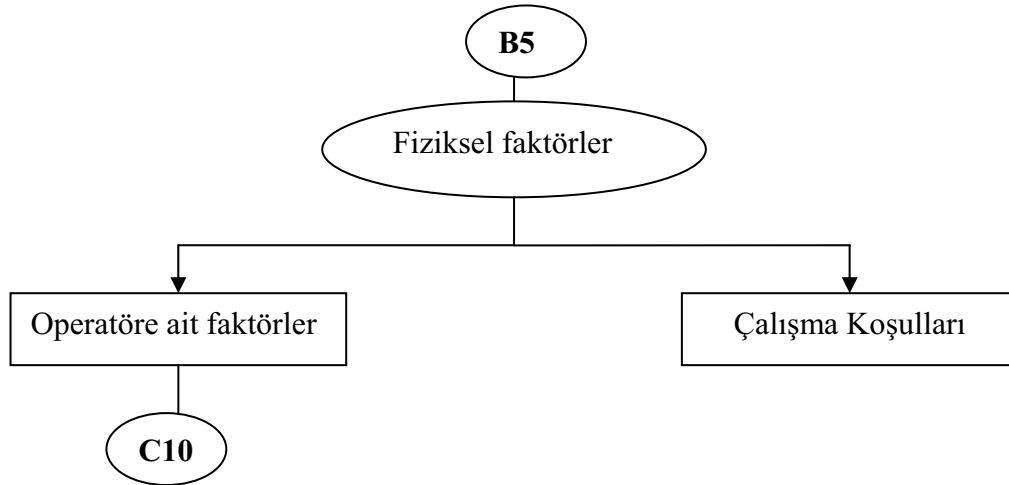
Şekil 5.9: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için II., B3 için I. seviyesi

Şekil 5.10'da ise kaza sonrasına ait alt faktörler gösterilmektedir. Kaza anında maddenin çevreye saçılması ya da dağılması nedeniyle ekosistem bileşenlerinin bu maddeye maruz kalma durumu olacaktır. Bu nedenle düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel riskte olduğu gibi kaza sonrasında oluşan çevresel riski belirleyen faktörler de maddenin özellikleri ve maruz kalma ile ilgili özellikler olacaktır.



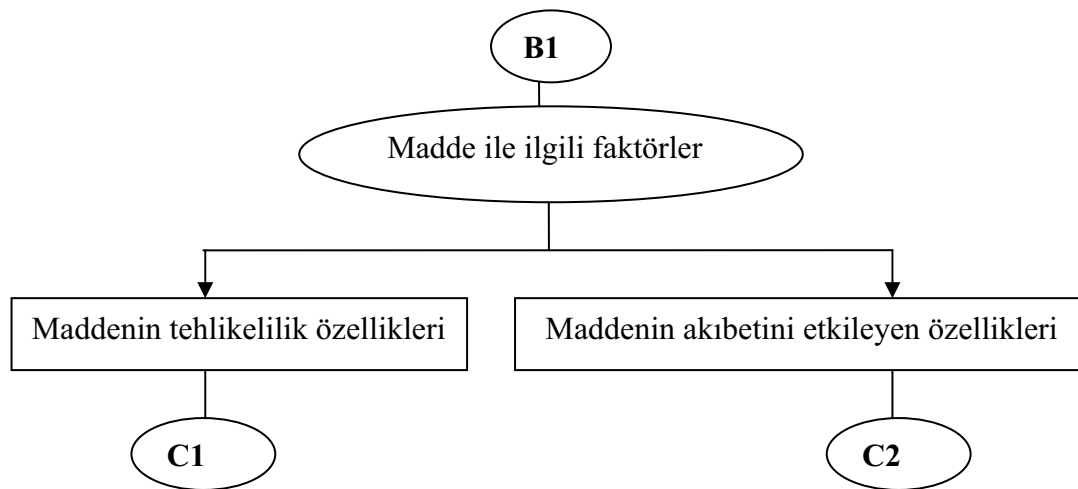
Şekil 5.10: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için II., B4 için I. seviyesi

Maddenin işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan çevresel riske ait fiziksel ortam faktörlerinin alt faktörleri Şekil 5.11’de gösterilmiştir. Çalışma koşulları ve operatörle ilgili faktörler işyeri ortamındaki fiziksel faktörleri temsil eden iki ayrı gruptur. Çünkü işyeri ortamında söz konusu maddeye maruz kalan ve dolayısıyla etkilenen tek unsur operatördür ve çalışma koşulları ise operatörün bu maddeden etkilenme durumunu belirlemektedir.



Şekil 5.11: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A3 için II., B5 için I. seviyesi

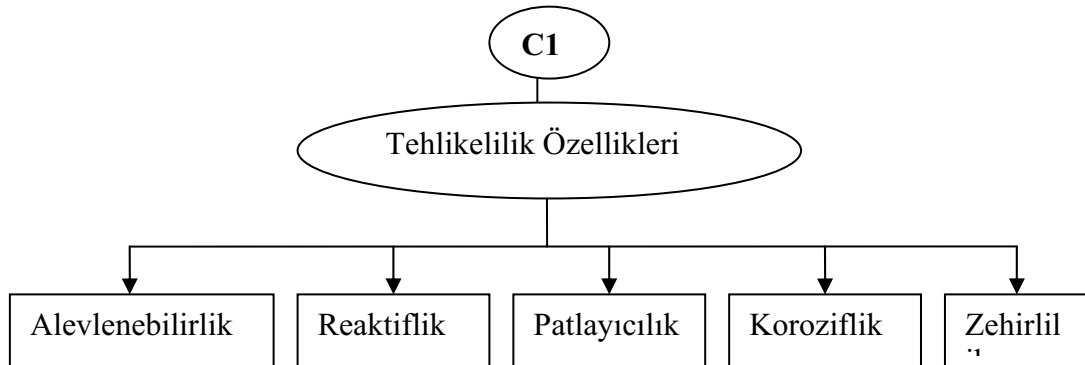
Şekil 5.12’de riskin üç kaynağı için de geçerli olan çevresel riske ait madde ile ilgili özelliklerin alt faktörleri gösterilmektedir. Madde ile ilgili faktörler, maddenin tehlikelilik özelliklerinden ve maddenin akıbetini etkileyen faktörlerden oluşmaktadır. Maddenin tehlikelilik özellikleri riskle ilgili tehlike tanımı açısından



Şekil 5.12: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 ve A3 için III., A2 için IV. seviyesi

önemlidir. Maddenin akıbetini etkileyen özellikler ise maruz kalma değerlendirmesi açısından önem kazanmaktadır.

Endüstriyel tehlikeli maddelerin kullanımından kaynaklanan çevresel riski değerlendirmek amacıyla oluşturulan hiyerarşinin IV. seviyesinde bulunan tehlikelilik özellikleri, madde özelliklerine ait bir alt faktördür ve bu alt faktörün değerlendirilmesi için kullanılacak faktörler Şekil 5.13’de gösterilmektedir. Tehlikelilik özellikleri, risk değerlendirme sürecinin de ilk adımı olan tehlike tanımı aşamasının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu özelliklerin referans tablolara göre puanlandırılması ile maddenin alıcı ortama verilen emisyonlarından kaynaklanacak tehlikenin olma eğilimini ortaya koyacaktır. Çizelge 5.2’de referans değerler gösterilmektedir. Bu referans değerler, daha en baştan risk takdiri yapılmasını sağlamaktadır. Hiyerarşinin son seviyesinde bulunan, yani riski karakterize etmek için kullanılacak olan bu faktörler Çizelge 5.2’de gösterildiği gibi alacakları değerlere göre bulanık olarak sınıflandırılmıştır. Göstergeler bulanık olarak sınıflandırıldığından risk büyüklüğü de bir ya da birkaç sınıfa ait olabilecektir.



Şekil 5.13: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 ve A3 için IV., A2 için V., C1 için I. seviyesi

Çizelge 5.2: Tehlikelilik özellikleri için referans değerler

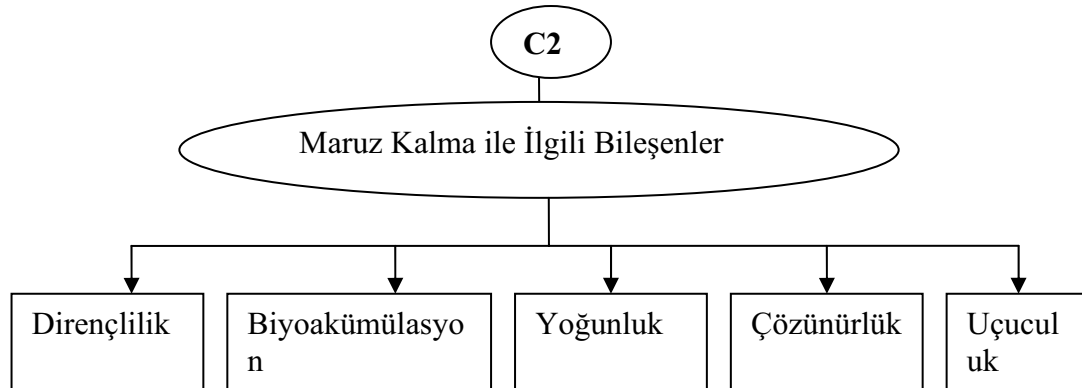
Risk Sınıfı	Parlayıcılık ($^{\circ}\text{C}$)	Korozivite (mm/yıl)	Zehirlilik (LC_{50})
Çok Büyük	0-60	>6,35	0-0,1
Büyük	0-80	8-4,5	0-20
Orta	60-100	6,35-3,17	0,1-50
Düşük	80-120	4,5-2	20-100
Çok Düşük	>100	<3,17	>50

Maddenin tehlikelilik özellikleri beş ana başlıkta toplanabilmektedir. Tehlikeli bir maddenin neden olabileceği tehlikeleri karakterize eden özellikler; alevlenebilirlik, reaktiflik, patlayıcılık, koroziflik ve zehirliliktir. Alevlenebilirlik, patlayıcılık,

reaktivite, maddenin neden olabileceği yangın potansiyelini ve yanma sonucu oluşabilecek tehlikeleri temsil etmektedir. Herhangi bir patlama ya da alevlenme durumunda yangın ve hasarın yanı sıra zehirli gaz oluşum riski de bulunmaktadır. Korozivite, doğrudan canlılar üzerinde hasara neden olabilmektedir. Bundan başka dolaylı yollardan ekipmanların aşınmasına neden olarak daha başka tehlikelerin oluşmasını tetikleyebilmektedir. Zehirlilik etkisi de maruz kalma şekli, süresi ve dozuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu gruplarda yer alan maddenin tehlikelilik özellikleri farklı göstergelerle değerlendirilebilmektedir. Parlayıcılık, parlama noktası sıcaklığı ile temsil edilmektedir. Parlama noktası sıcaklığı düştükçe parlama tehlikesi artmaktadır. Korozivite; maddenin, ASTM standardına göre uygulanan deney koşullarında bir malzemeyi 1 yılda aşındırma miktarı ile temsil edilmektedir. Aşındırma miktarı arttıkça maddenin koroziflik eğilimi artmaktadır. Zehirlilik ise LC₅₀ (Lethal Concentration) değerleri ile temsil edilmektedir. LC₅₀ değerleri düştükçe maddenin zehirlilik potansiyeli artmaktadır. Patlayıcılık ve reaktivite ise doğrudan bir gösterge ile temsil edilememekte ve uzmanlar tarafından değerlendirilmektedir.

Şekil 5.14'de maruz kalma ile ilgili özelliklere ait alt faktörler gösterilmektedir. Dirençlilik, maddenin çevrede bulunma süresinin uzun olması anlamına geldiği için maruz kalmayı doğrudan etkilemektedir. Biyoakümülyasyon ise özellikle besin zinciri yoluyla ağızdan maruz kalma durumunu göstermektedir. Yoğunluk birbiri ile karışmayan madde grupları için faz ayrımını gösterir. Daha yoğun maddeler aşağılarda biriktiği için özellikle ortamda gaz varsa soluma yoluyla maruz kalmaya neden olmaktadır. Uçuculuk maddeye soluma yolu ile maruz kalmaya neden olan diğer bir özelliktir.



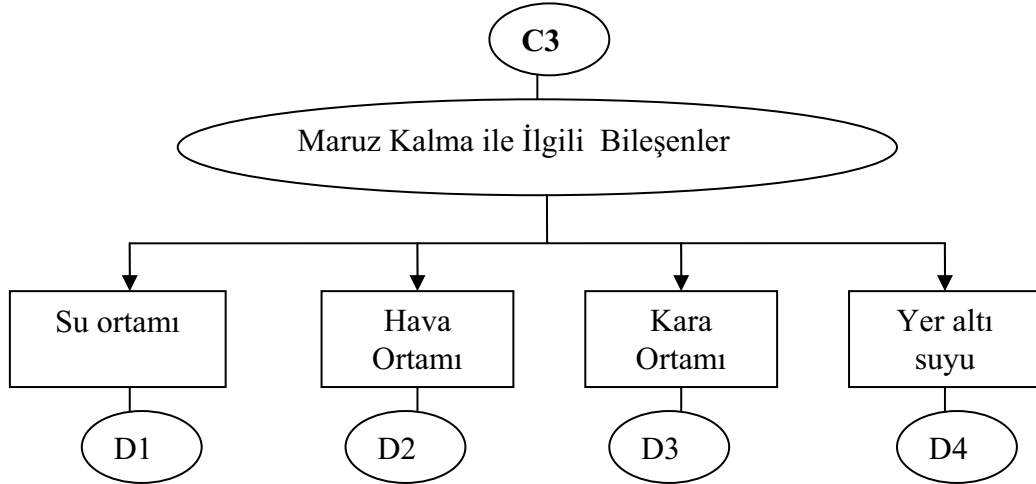
Şekil 5.14: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 ve A3 için IV., A2 için V., C2 için I. seviyesi

Çizelge 5.3’de bu özellikleri değerlendirmek için referans bir puanlama verilmiştir. Biyoakümülyasyon faktörü ile (BAF), dirençlilik ise yarılanma süresi ile ifade edilmiştir.

Çizelge 5.3: Maddenin maruz kalma ile ilgili bileşenleri için referans değerler

Fİ	FAKTÖRLER		
	Direnç. (gün ⁻¹)	Biyoakümülyasyon (BAF)	Çözünürlük (%)
Çok Büyük	>100	>1000	100-90
Büyük	>32	>750	100-25
Orta	100-10	1000-500	90-5
Düşük	32-3,2	750-250	25-1
Çok Düşük	<10	<500	<5

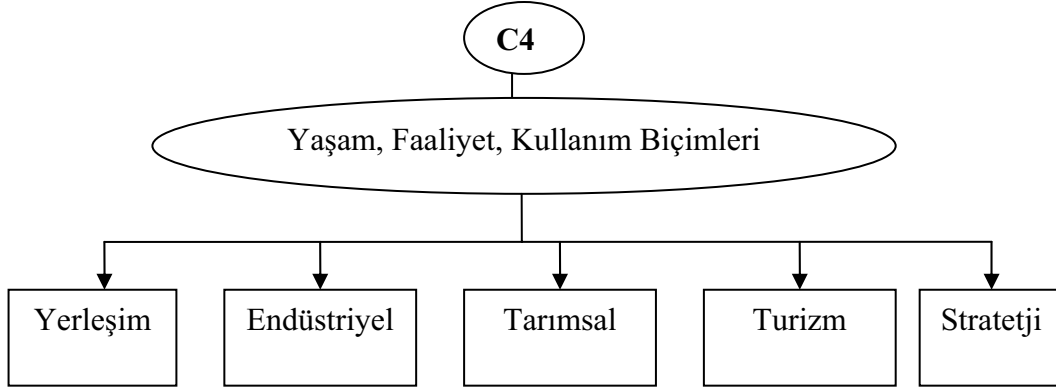
Ekosistem özelliklerinden kaynaklanan maruz kalma ile ilgili bileşenlere ait alt faktörler Şekil 5.15’de gösterilmektedir. Su, hava, kara ve yer altı suyu ortamları birbirlerinden farklı özelliklere sahip olduğu ve farklı faktörlerden etkilendikleri için bu şekilde gruplanmıştır.



Şekil 5.15: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için IV, A2 için V., C3 için I. seviyesi

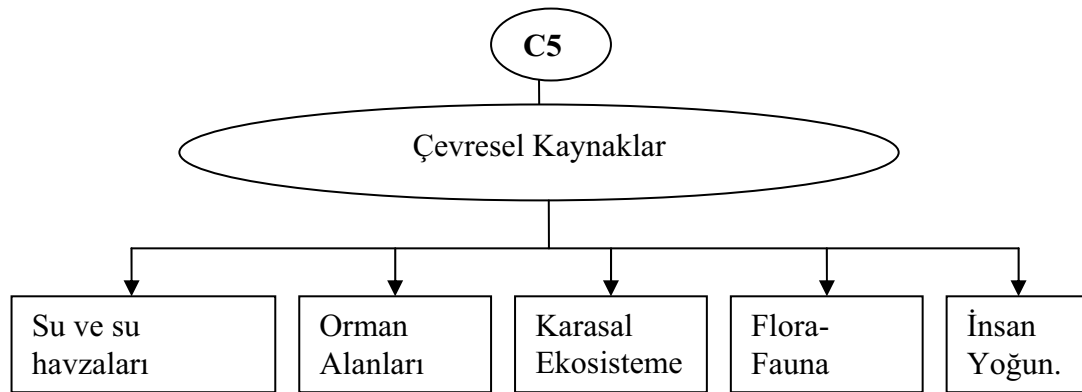
Ekosistem özelliklerinin altında bulunan yaşam, faaliyet, kullanım biçimlerine ait bileşenler Şekil 5.16’da gösterilmektedir. Bu alt faktörler bir bölgenin yararlı kullanım biçimine bağlı olarak o bölgede oluşacak zararın değerlendirilmesini sağlayacaktır. Örneğin, bir bölge tarım amaçlı kullanılıyorsa ve bu bölgede, yaydığı ya da yayabileceği emisyonlar tarım ürünlerine zarar veren bir endüstri varsa buranın tarımsal önemi ciddi bir risk oluşmasına neden olacaktır. Bir bölge ağırlıklı olarak yerleşim, endüstriyel, tarımsal ya da turizm amaçlı kullanılır. Birden çok kullanım şeklinin de önem kazandığı bölgeler bulunabilir. Bazı bölgeler ise ev sahipliği

yaptıkları bazı askeri birimler ya da önemli yapılar nedeniyle stratejik öneme sahip olabilmektedir. Örneğin, İstanbul boğazı kültürel bir miras kabul edilmesi nedeniyle stratejik bir öneme sahiptir.



Şekil 5.16: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için IV, A2 için V., C4 için I. seviyesi

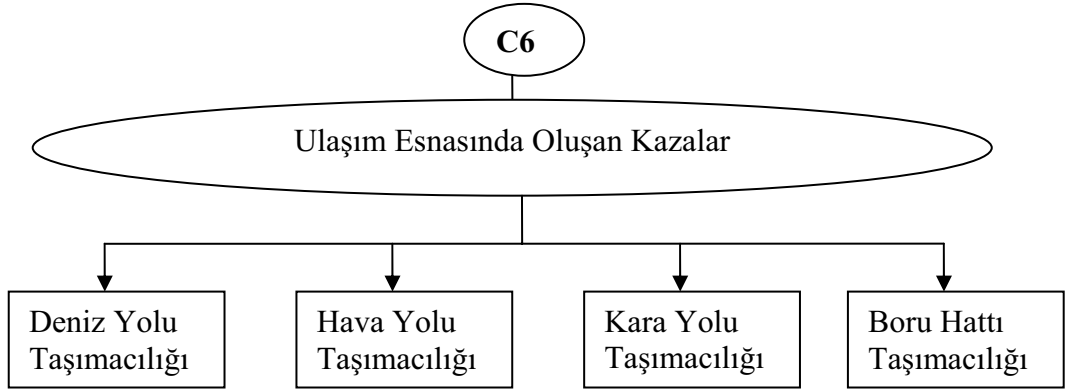
Şekil 5.17’de ekosistem özelliklerine ait çevresel kaynaklar faktörünün alt faktörleri gösterilmektedir. Endüstriyel tehlikeli maddelerin neden olacağı zarar, ekosistem bileşenlerini ve canlıları doğrudan ve/veya dolaylı yollarla etkileyecektir. Bu etkilenecek grup bölgenin özelliklerine göre değişmektedir. Bu değişkenliği çevresel risk değerlendirme sürecine yansıtılabilmek için su ve su havzaları, orman alanları, karasal ekosistemler, flora-fauna ve insan yoğunluğu çevresel kaynakların alt faktörleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu grupların her biri ekosistem içindeki fonksiyonlarına ve yerine göre ayrı bir önem arz etmektedir.



Şekil 5.17: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için IV, A2 için V., C4 için I. seviyesi

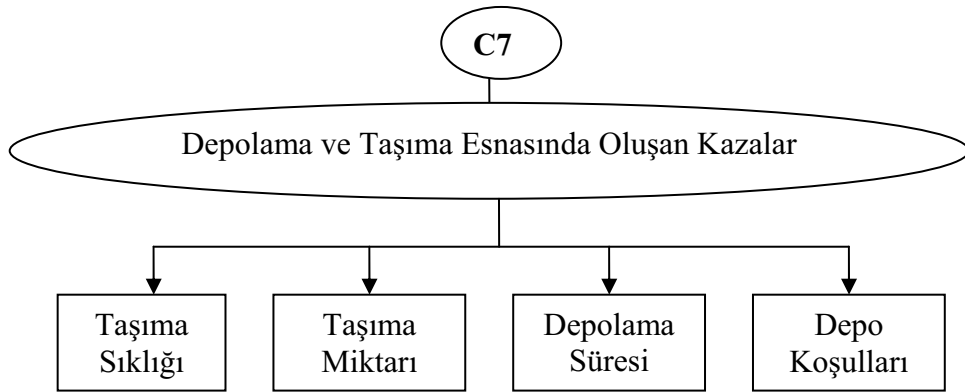
Ulaşım esnasında meydana gelebilecek kazaların değerlendirilmesi için, her biri farklı faktörlerden etkilenmekte olan ulaşım tipleri kullanılmıştır. Buna göre maddelerin kara yolu, deniz yolu, hava yolu, tren yolu veya boru hatları ile taşınması

alt faktörler olarak belirlenmiş ve Şekil 5.18’de gösterilmiştir. Bu kaza türlerinin yaratacağı riskin olasılığı ve yatkınlığı farklı olacaktır.



Şekil 5.18: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C6 için I. seviyesi

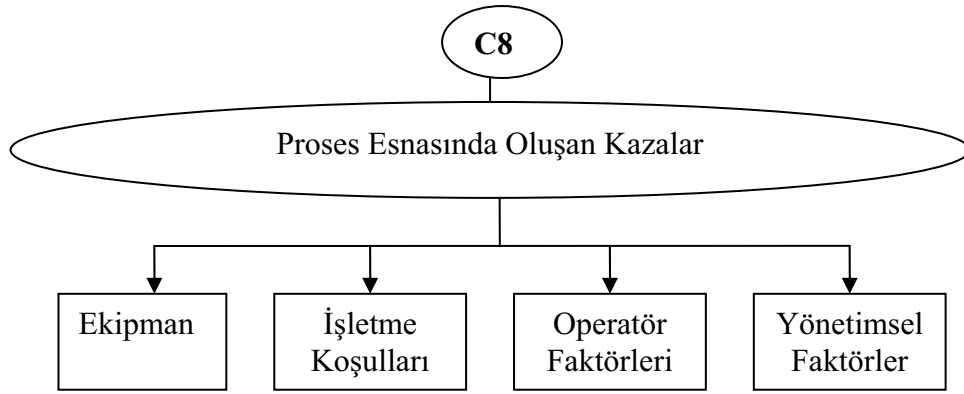
Taşıma sıklığı, taşıma miktarı, depolama süresi ve depo koşulları; depolama ve taşıma esnasında oluşan kazalar için alt faktörler olarak belirlenmiş ve Şekil 5.19’da gösterilmiştir. Taşıma sıklığı arttıkça bu süreçte kaza meydana gelme durumu artacaktır. Artan taşıma miktarı ise hem kaza eğilimini hem de kaza sonucu oluşacak zararı arttıracaktır. Depolama süresinin artması özellikle alevlenebilir, patlayabilir, reaktif ve/veya korozif olan maddelerin potansiyel riskini arttıracaktır. Depodaki düzensiz ve kalabalık durum riske olan yatkınlığı arttıracaktır. Aynı zamanda depo sıcaklığı, nemi, deponun yapı malzemesi gibi bazı fiziksel özellikler potansiyel tehlikeyi tetikleyecektir.



Şekil 5.19: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C7 için I. seviyesi

Şekil 5.20’de gösterilen ekipman, işletme koşulları, operatör faktörleri ve yönetimsel faktörlerden oluşan alt faktörler, proses esnasında oluşan kazalara olan yatkınlığı

değerlendirmek için kullanılmaktadır. Endüstrilerdeki üretim sürecinin bileşenleri ekipmanlar, operatörler, malzemeler ve üretimin yapıldığı fiziksel çevre olduğu için böyle bir gruplandırma yapılmıştır. Operatörlerin bilgi birikimi, tecrübesi, yeteneği gibi faktörler kaza oluşumuna etki eden faktörlerdir. Örneğin, tecrübeli bir operatörün kazaya sebebiyet verme yatkınlığı daha düşük olacaktır. Ağırlıklı olarak tecrübesiz işçilerin görev aldığı proseslerde kaza oluşma riski yüksektir. Proses ortamının sıcaklığı, nemi, basıncı, malzemesi gibi etkenler riske neden olabilmektedir. Örneğin; üretim prosedürünün bir gereği olarak yüksek sıcaklıklarda (30-35 °C) gibi işlem yapmak gerekiyorsa ortamda bulunan ve parlama noktası 40-50 °C olan bir maddenin parlama eğilimi artmaktadır. Kullanılan ekipmanların bakımsız

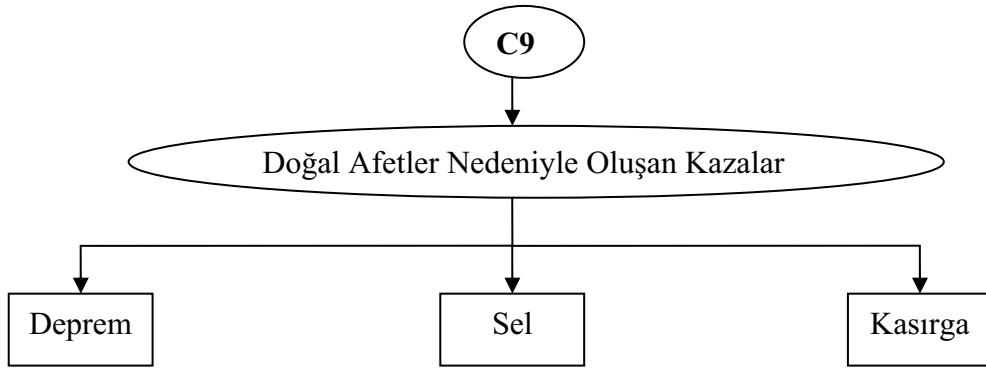


Şekil 5.20: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C8 için I. seviyesi

olması ya da proses için uygun olmaması ya da kullanılan madde ile uyumsuz özellikler göstermesi kaza riskini arttırmaktadır. Örneğin; ortamda yüksek basınç oluşmasına neden olan bir ekipman yüksek basınçta alevlenme özelliğine sahip bir maddenin alevlenmesini tetikleyebilmektedir. Yönetimsel faktörler ise proses kazalarını önleme doğrultusunda üretim sürecinin ve ortamının düzenlenmesi faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ile ilgilidir. Ekipman örneğinde verilen durum için, yönetim tarafından ekipman modifikasyonun yapılmaması riske olan yatkınlığı artırır.

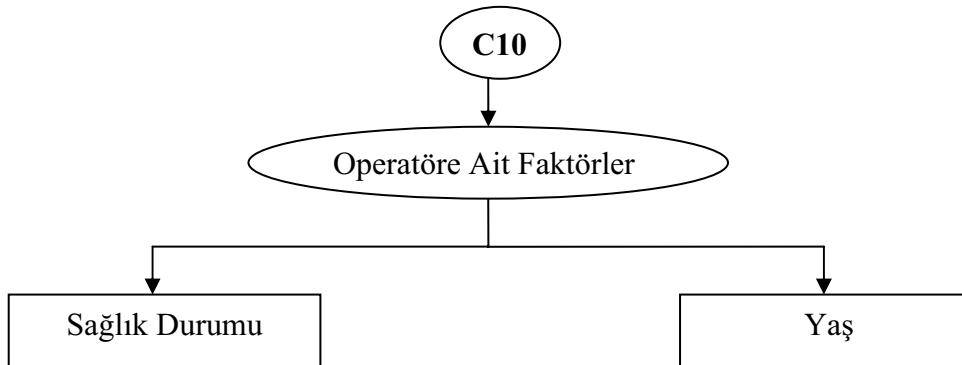
Endüstri faaliyetleri sırasında kaza oluşumuna neden olan faktörlerden biri olan doğal afetler için alt faktörler Şekil 5.21’de gösterilmiştir. Tehlikeli madde kullanılan endüstrilerde doğal afetler nedeniyle özellikle depolama alanlarında oluşabilecek kazalar ciddi zararlara neden olabilmektedir. Deprem, sel ya da kasırga etkisi ile oluşabilecek kazalar yıkımlara, patlamalara, yangınlara neden olabilecek ve oluşan

bu tehlikeler sonucunda ekosistem üzerinde ciddi zararlar oluşacaktır. Depremler bölgenin jeolojik, seller ve kasırgalar ise coğrafik ve meteorolojik özelliklerine göre oluşma eğilimi göstermektedir. Örneğin; birinci derece deprem bölgesinde kurulu bir endüstrinin tehlikeli madde depolama tankı, depremin etkisi ile yırtılabilir ve çok yüksek miktarlarda madde çevreye yayılır. Bu maddenin çevreye yayılmasından kaynaklanan çevresel riski oluşturan etmenler; kazanın meydana gelmesi, maddenin hedef ekosisteme ulaşip tehlike yaratacak özelliklere sahip olması ve yayıldığı ekosistemin hassasiyetidir. Dolayısıyla kaza sonucu oluşan çevresel risk değerlendirilirken bu etkenlerin üçü birden dikkate alınmaktadır.



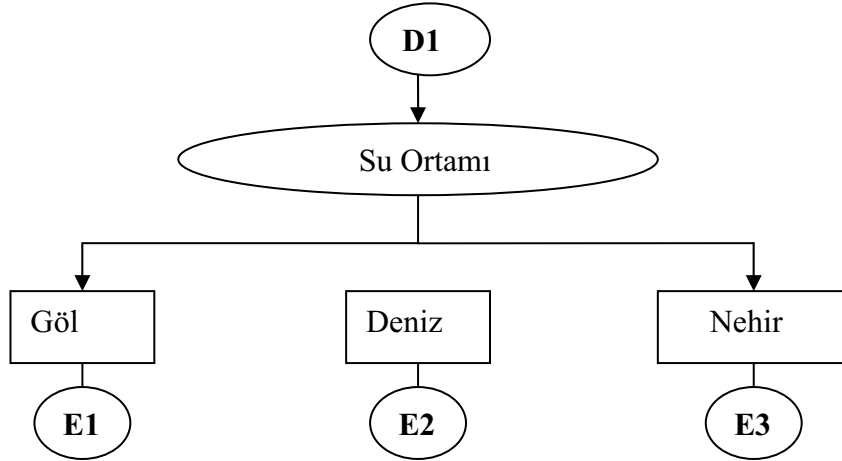
Şekil 5.21: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A2 için IV., C9 için I. seviyesi

Operatöre ait alt faktörler de Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Üretim esnasında operatör birebir maddeye maruz kalmaktadır. Dolayısıyla operatörün sağlık durumu ve yaşı oluşacak riskin büyüklüğünü etkileyecektir. Operatörün sağlık durumu, hassas ve bir takım hastalıklara yakalanmaya yatkın ise potansiyel tehlike artacaktır. Ayrıca bazı rahatsızlıkların gelişiminin yaşla ilgili olduğu bilinmektedir. Yaşlılarda olumsuz etkilere neden olan maddeleri yaşlı bir topluma kullandırtmak riski arttıracaktır.



Şekil 5.22: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A3 için IV, C10 için I. seviyesi

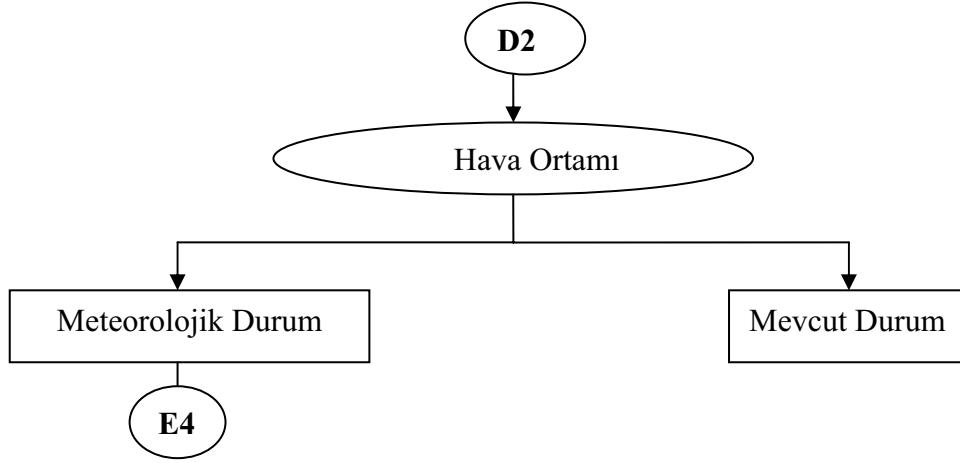
Ekosistemin maruz kalmayı etkileyen bileşenlerinden biri olan su ortamı için kullanılacak alt faktörler Şekil 5.23’de gösterilmiştir. Endüstriyel atık suların deşarjları çoğunlukla göl, nehir ya da deniz ortamına yapılmaktadır. Bu modelde kanala deşarj yapan endüstriler dikkate alınmamıştır. Bu alt faktörler ekosistemin maruz kalma ile ilgili bileşenlerini karakterize ettiği için göl, nehir ve deniz olarak üç bölüme ayrılmıştır. Maddenin taşınım ve dönüşüm proseslerini etkileyen özellikler ve ekosistem özellikleri her üç ortam için de farklıdır.



Şekil 5.23: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D1 için I. seviyesi

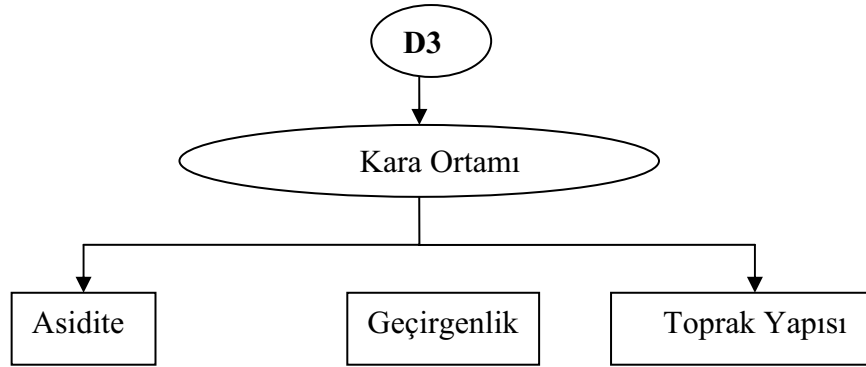
Maddenin hava ortamındaki taşınımını, akıbetini ve etkisini etkileyen özellikler hava ortamı için meteorolojik durum ve mevcut durum olarak ikiye ayrılmış ve Şekil 5.24’de gösterilmiştir. Hava ortamında yayılan madde için, o maddenin yayıldığı ortamda halihazırda bulunan konsantrasyonu ve diğer madde konsantrasyonları önem taşımaktadır. Maddenin uyumsuz olduğu ya da büyük alanlara taşınmasına yardımcı olacak maddelerin bulunması riski arttıracaktır. Diğer yandan, madde ile uyumlu olan ve maddenin bazı tehlikelilik özelliklerini azaltan ya da maddenin taşınımını değiştiren maddelerin bulunması riski azaltacaktır. Çok miktarda ve/veya hassas kuş türlerine sahiplik yapan bölgelerin hava ortamlarının da mevcut durumlarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Şekil 5.25’de gösterilen asidite, geçirgenlik ve toprak yapısı alt faktörleri maddenin kara ortamındaki davranışını ve dolayısıyla etkilerini belirleyen faktörlerdendir. Özellikle, gerekli önlemler alınmadan toprağa serilen çamurlardan kaynaklanan ağır metaller, asidik ortamda çözünüp hareket kabiliyeti kazanmaktadır. Bu durum da tehlikeli madde olan ağır metalin hızlı bir şekilde dağılmasına neden olur. Toprağın



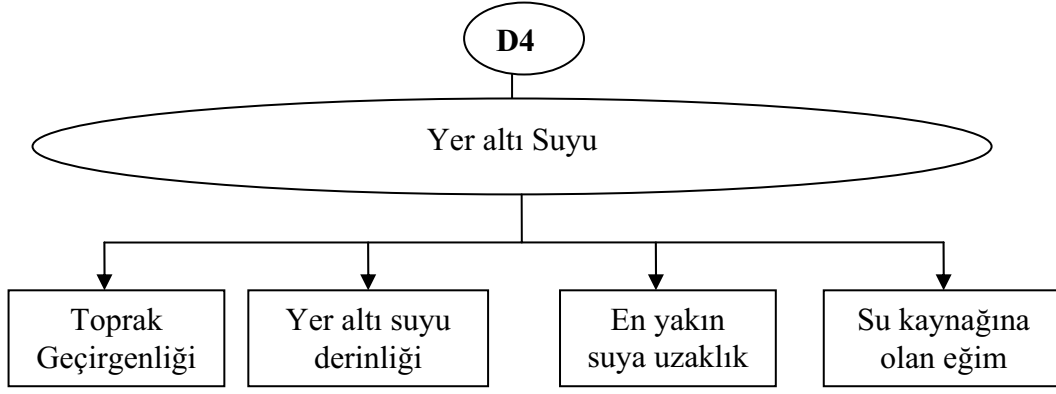
Şekil 5.24: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D2 için I. seviyesi

geçirgenliği toprakta bulunan bir maddenin yer altı suyu ortamına geçmesine neden olur. İlgili maddenin yönetimi bu özelliklerden olumsuz etkilenir. Toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı, maddenin davranışını etkilemektedir.



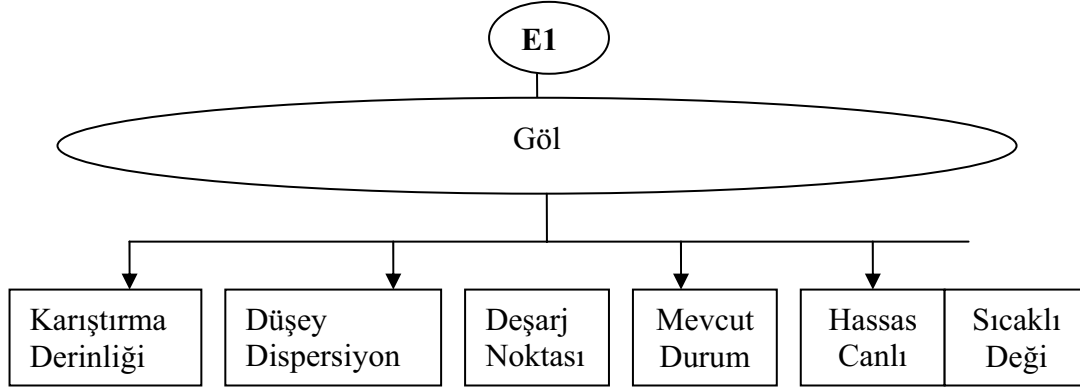
Şekil 5.25: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D3 için I. seviyesi

Ekosistemin maruz kalma ile ilgili bileşenlerinden yer altı suyu ortamına ait alt faktörler Şekil 5.26'da gösterilmiştir. Toprak geçirgenliği, yer altı suyuna ulaşabilecek miktarı etkilemektedir. Toprak geçirgenliği arttıkça yer altı suyuna ulaşan su miktarı artacaktır. Yer altı suyu derinliği de maddenin yer altı suyuna ulaşımını engellemektedir. Yer altı suyu ne kadar derinde olursa madde ile ya da diğer bileşenlerle teması o kadar engellenmektedir. Yer altı suyunun yüzeysel sulara uzaklığı azaldıkça, yer altı suyu kirleticilerinin yüzeysel sulara taşınımı yavaş olacak ve potansiyel tehlike büyüklüğü düşük olacaktır. Yer altı suyunun diğer su kaynaklarına olan eğimi arttıkça kirleticinin taşınımı gerçekleşecektir.



Şekil 5.26: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., D4 için I. seviyesi

Şekil 5.27’de gösterilen alt faktörler endüstriyel tehlikeli maddenin göl ortamına girdiğinde potansiyel bir tehlikeye neden olmasını etkilemektedir. Göllerdeki karışma derinliği ve düşey dispersiyon katsayısı, maddenin ortamda dağılımını etkileyecektir. Bu iki etken maddenin gölde herhangi bir zarar meydana getirmeyecek şekilde dağılmasını sağlıyorsa risk düşecektir. Aksi durumda maddenin etki alanını arttıracaktır. Ortamda bu maddenin tehlikelilik özelliğini azaltan ya da

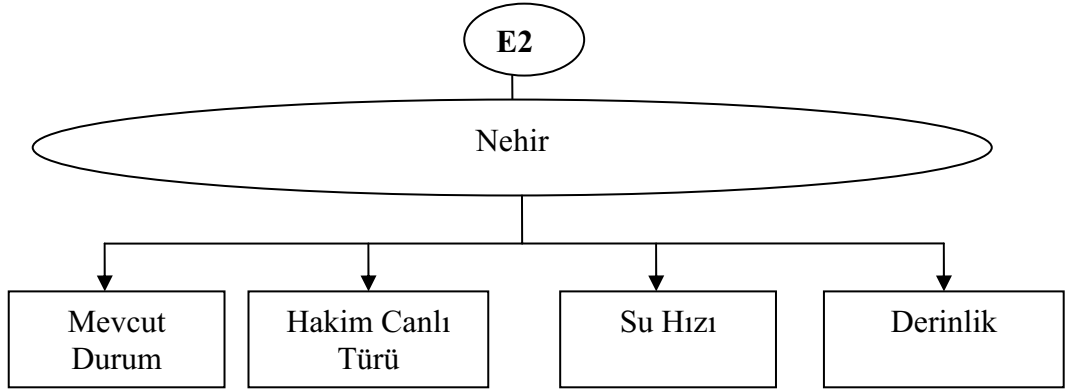


Şekil 5.27: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., E1 için I. seviyesi

canlıların bu maddeye maruz kalmasını engelleyen herhangi bir durum varsa risk değerlendirmede dikkate alınmalıdır. Örneğin; yeterince ışık geçirgenliğine sahip bir göl söz konusu ise ve madde foto oksidasyonla daha az zararsız bir forma dönüşebiliyorsa bu durum dikkate alınmalıdır. Deşarj noktası ise göl içindeki dağılımı etkileyebilir. Tabakalaşma mevcutsa ve madde girişi bu bölgeden gerçekleşiyorsa duruma göre riski olumlu veya olumsuz etkileyebilir. Örneğin; kaza sonucu üst tabakaya yayılan bir maddenin bu tabakadan toplanıp uzaklaştırılması riski düşürebilir. Göllerde bulunan hassas canlı türü, bu göle giriş yapan maddeye

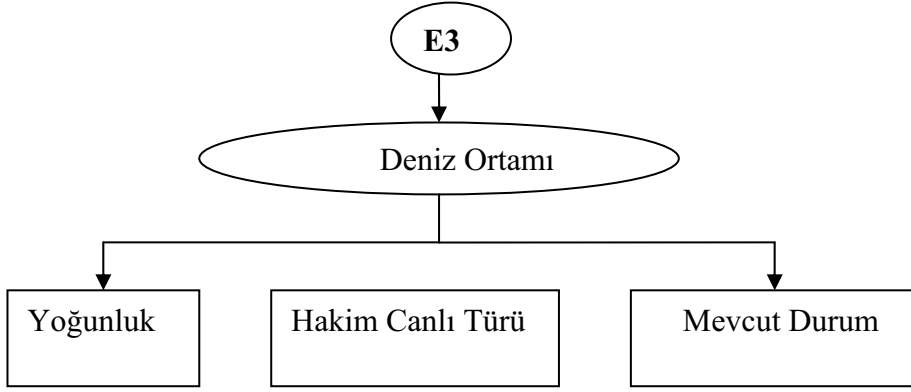
karşı hassas canlılar ise risk yüksek olacaktır. Bunun yanı sıra örneğin; madde biyoakümülyasyon özelliğine sahipse ve hassas canlı türü besin zincirinin alt basamaklarında ise veya bu göl insani kullanıma açıksa (balıkçılık v.b.) risk madde ve ekosistem özelliklerinin yanı sıra göldeki hassas canlı türüne de bağılı olarak artacaktır. Göllerdeki sıcaklık değişimi tabakalaşmayı etkilediği için, verilen örneklerden de anlaşılacağı üzere, riski de etkileyecektir.

Ekosistem bileşenlerinden biri olan nehir ortamında yayılan tehlikeli maddeye maruz kalma ile ilgili faktörler Őekil 5.28’de gösterilmiştir. Nehir için farklı olan su hızıdır. Suyun hızına bağılı olarak maddenin taşınımı ve dağılımı gerçekleşeceği için maddenin de özelliklerine bağılı olarak riski dūřürücü ya da arttırıcı bir etki oluşabilir. Örneđin; su hızı partikül formundaki bir kirleticinin çökmesine izin vermeyecek kadar yüksek olabilir. Bu maddenin çözünmediği ve dip birikintileri oluşturarak canlı türlere zarar verdiği biliniyorsa yüksek su hızı riski hafifletici bir faktör olabilir. Mevcut durum, hassas canlı türü ve derinlik faktörleri ise nehir ortamında da göl ortamındakine benzer etkilerde bulunmaktadır.



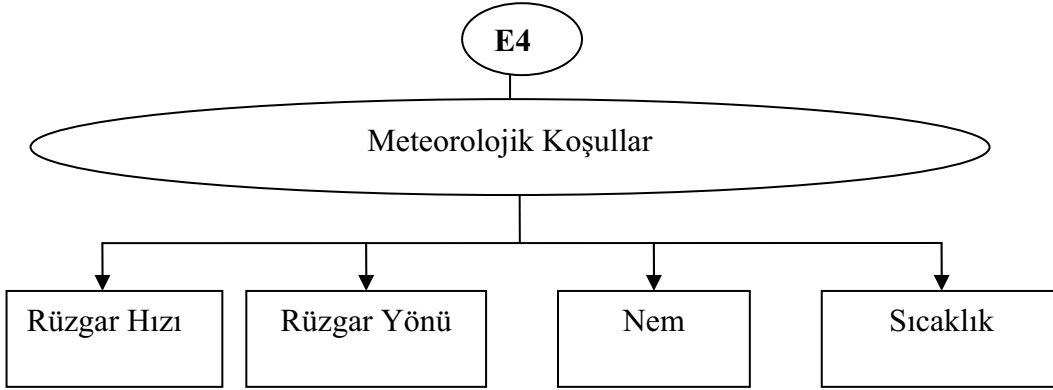
Şekil 5.28: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., E1 için I. seviyesi

Su ortamında maruz kalma ile ilgili bileşenlere ait faktörlerden biri olan deniz ortamı için belirlenen alt faktörler yoğunluk, hassas canlı türü ve mevcut durum olup Şekil 5.29’da gösterilmektedir. Hassas canlı türü ve mevcut durum etkisi diğer iki bileşende olduğu gibi değerlendirilecektir. Deniz ortamı için yoğunluk, maddeye maruz kalma ile ilgili önemli bir faktördür. Denizlerin tuzluluk oranına göre değerşiklik gösteren yoğunlukları maddenin yayılacağı bölgeyi tespit etmek açısından önemlidir.



Şekil 5.29: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için V, A2 için VI., E1 için I. seviyesi

Hava ortamında dağılan tehlikeli maddelere maruz kalma ile ilgili faktörlerden biri olan meteorolojik koşullara ait alt faktörler Şekil 5.30’da gösterilmektedir. Rüzgar hızı, maddenin hava ortamında dağılımını etkileyecektir. Rüzgar hızı yüksek olan bölgelerde maddenin kontrolü zorlaşacak etki alanı genişleyecektir. Rüzgar yönü ise yerleşim bölgesine doğru olduğu durumda riski arttıracaktır. Sıcaklık ve nem, gaz formundaki emisyonların hava ortamındaki davranışını etkileyen belli başlı iki özelliktir.



Şekil 5.30: Endüstriyel tehlikeli maddeler için önerilen risk değerlendirme hiyerarşisinin A1 için VI, A2 için VII., E4 için I. seviyesi

5.2.2.3. Faktörlerin ikili karşılaştırılması

Fİ hiyerarşisinde, her bir bölümün altında tanımlanan risk faktörlerinin kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılması yapılır. Fİ hiyerarşisi, kesin ya da bulanık ölçekte yapılandırılır. İkili karşılaştırmaları, sınıflandırmak için Bölüm 4’de bahsedilen [1-9] ölçeği kullanılır. Geliştirilmiş bulanık AHP modelde uzmanlar emin olmadıkları konularda bulanık ölçek kullanabilmekte ya da iki faktörü tam olarak karşılaştıramıyorsa bu karşılaştırmaları boş bırakabilmektedirler. “7 gibi”, “3-7

arasında olabilir”, “3-8 arasında olabilir ama büyük ihtimalle 6 (3-6-8)” gibi ifadelerle puanlandırma yapılabilir.

5.2.2.4 Puanları SYBS haline dönüştürme

Tüm uzmanlar farklı şekillerde puanlandırma yaptığı için, puanlandırmaların ortak bir formata dönüştürülmesi amacıyla standart yamuk bulanık sayı (SYBS) kullanılmıştır. SYBS, risk değerlendirme grubundaki uzmanların, eldeki bilgilere ve kişisel yorumlarına göre sundukları tercihleri yansıtmaktadır. U, söz konusu söylevin evrensel kümesi olmak üzere, $U=[0,u]$. SYBS, $A^*=(a^l, a^m, a^n, a^u)$ olarak tanımlanabilir. $0 \leq a^l \leq a^m \leq a^n \leq a^u \leq u$ olmak üzere Üyelik fonksiyonu (ÜF) Denklem 5.1 ile gösterilebilir:

$$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} (x - a^l)/(a^m - a^l) & a^l \leq x \leq a^m \text{ için} \\ 1 & a^m \leq x \leq a^n \text{ için} \\ (a^u - x)/(a^u - a^n) & a^n \leq x \leq a^u \text{ için} \\ 0 & \text{diğerleri için} \end{cases} \quad (5.1)$$

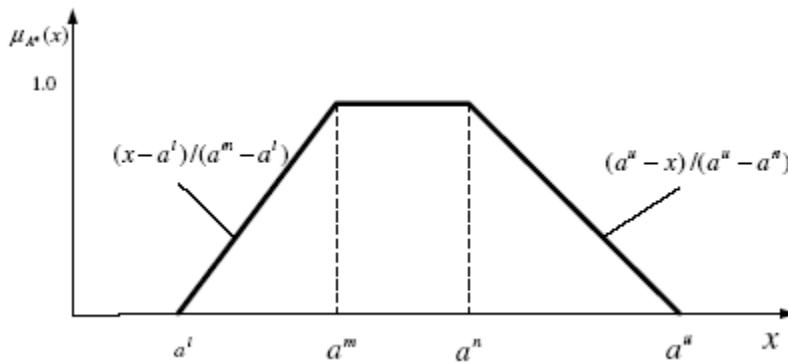
ÜF, tercihlerin derecesini yansıtır. Sayısal bir değer, bir değer aralığı, üçgen bulanık sayılar SYBS haline dönüştürülebilir.

$a^l = a^m = a^n = a^u \implies$ SYBS, sayısal bir değer

$a^l = a^m$ ve $a^n = a^u \implies$ SYBS, sayısal bir değer aralığı

$a^m = a^n \implies$ SYBS, üçgen bulanık sayı

Şekil 5.31’de yamuk bulanık sayı grafiği gösterilmektedir.



Şekil 5.31: SYBS değerinin üyelik fonksiyonu

5.2.2.5. Faktör İndeksi hesabı

Risk faktörlerinin öncelik ağırlıkları hesaplanmalıdır. F_1, F_2, \dots, F_n bir bölümdeki risk faktörleri kümesini göstermektedir. a_{ij} ; F_i ile F_j karşılaştırılması sonucu elde edilen sayısal değeri temsil eden duru puandır. Aynı bölümdeki F_i ile F_j karşılaştırılması Denklem 5.2 'de verilen $n \times n$ matrisi ile gösterilir:

$$A = a_{ij} = \begin{matrix} & \begin{matrix} F_1 & F_2 & \dots & F_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \dots \\ \cdot & \cdot & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

$$a_{ii} = 1, a_{ji} = 1/a_{ij}$$

A matrisindeki öncelik ağırlıkları, aritmetik ortalama yöntemini kullanarak Denklem 5.3 ile hesaplanabilir :

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5.3)$$

w_i , F_i faktörünün kendi bölümü içindeki ağırlığıdır. F_i faktörü, F_i hiyerarşisinde t adet farklı bölümde yer alıyorsa, $w^{(i)}_{\text{bölüm } i}$ üst bölümün bölüm ağırlığını göstermektedir. w'_i , F_i 'nin hiyerarşi içindeki ağırlığını göstermektedir ve Denklem 5.4 ile hesaplanabilir.

$$w'_i = w_i \times \prod_{i=1}^t w^{(i)}_{\text{bölüm}} \quad (5.4)$$

F_i hiyerarşisindeki bölümleri ağırlıklandırmak için Denklem 5.3 kullanılabilir.

P^* , risk faktörlerinin öncelik ağırlıkları bulunduktan sonra Denklem 5.1 ile hesaplanabilir. FI^* ; F_i faktörünün Denklem 5.5 ile bulunan bulanık toplam puanıdır.

$$FI^* = \sum_{i=1}^n P^*_i \times w'_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.5)$$

5.2.2.6 Durulaştırma

SYBS puanları durulaştırılmalıdır. SYBS puanlarını, bu puanlara karşılık gelen kesin bir puana çevirmek gerekmektedir. Toplam SYBS puanının $a^*_{ij}=(a^1_{ij}, a^m_{ij}, a^n_{ij}, a^u_{ij})$ olduğu kabul edilirse, buna karşılık gelen a_{ij} kesin değeri Denklem 5.6 ile hesaplanabilir.

$$a_{ij} = \frac{a^1_{ij} + 2 * (a^m_{ij} + a^n_{ij}) + a^u_{ij}}{6} \quad (5.6)$$

$$a_{ii} = 1, a_{ji} = 1/ a_{ij}$$

Sonuç olarak, tüm toplam bulanık puanlar, a^*_{ij} ($i,j=1,2,...,n$), $[0,9]$ aralığındaki a_{ij} kesin puanına çevrilmiştir. İkili karşılaştırma puanları SYBS formuna dönüştürüldükten sonra durulaştırılır. Denklem 5.3 ile ‘ w_i ’ hesabı yapılır. Fİ puanlarının durulaştırılması için de Denklem 5.6 kullanılabilir.

5.2.3 Risk Olasılığı ve Risk Şiddeti adımıının hesaplanması

Bu adımıın hesabı, risk faktörlerinin hesabına benzemektedir. Bu büyüklükler, uzmanlar tarafından belirlenmekte ve Denklem 5.1 kullanılarak SYBS formuna çevrilmektedir. Daha sonra bulanık sonuç çıkarma adımıında kullanılacaktır.

5.2.4 Bulanık sonuç çıkarma

Bu adımda, Fİ*, RO ve RŞ büyüklüklerinin toplam SYBS değerleri, bunlara karşılık gelen bulanık kümelere çevrilecektir. Bulanık sonuç çıkarma adımıının girdileri, mevcut duruma uygun kurallara karar vermek için toplam SYBS değerleri olacaktır. Daha sonra, RB* bulanık sonucu hesaplanacaktır.

Fİ*, RO ve RŞ büyüklüklerine ait tüm SYBS değerleri, hepsi için aynı formu oluşturmak amacıyla bunlara karşılık gelen bulanık kümelere çevrilecektir. Risk parametrelerine karşılık gelen üyelik fonksiyonu ile SYBS değerleri keşiştirilerek bulunacaktır.

Çevresel etkilerle ilgili kesin olmayan ve şüpheli bilgilerle uğraşmak için etkili bir araçtır. Bilgi, uzmanların düşünceleri ve istatistiki bilgilerle sınırlıdır. Fİ*, RO ve RŞ girdi parametreleri ile RB* çıktı arasındaki ilişki “eğer-ise” kuralları ile belirlenmiştir. k. kural, üç kısımdan oluşmaktadır.

R^k : Eğer FI^* , $\mu_{FI^*}^k$; RO , $\mu_{RE^*}^k$; $RŞ$, $\mu_{RS^*}^k$ ise RB^* , $\mu_{RB^*}^k$ olur.

$\mu_{FI^*}^k$, $\mu_{RE^*}^k$, $\mu_{RS^*}^k$ ve $\mu_{RB^*}^k$ sırasıyla FI^* , RE^* , RO ve $RŞ$ terimlerinin üyelik fonksiyonunu temsil etmektedir. R^k , $k=1,2,\dots,K$; kural tabanındaki k. kuralı göstermektedir. Bulanık sonuç çıkarma sistemi FI^* , RO , $RŞ$ girdi parametreleri ile RB sonucu arasında bir ilişkilendirme yapmaktadır. Önermedeki üç kısım “ve” operatörü ile bağlanmaktadır. R^k bulanık kuralının atılma gücünü gösteren μ_{R^k} , bulanık kesişim (minimum) operatörünü kullanarak bulunabilir. Bulanık kesişim operatörü Denklem 5.7 ile gösterilmiştir.

$$\mu_{R^k}(x, y) = \mu_{FI^*}^k(x_1) \wedge \mu_{RL^*}^k(x_2) \wedge \mu_{RS}^k(x_3) \wedge \mu_{RM^*}^k(Y) \quad (5.7)$$

$k=1,2,\dots,K$

$x_1 \in X_1$, $x_2 \in X_2$, $x_3 \in X_3$, $x \in X_1 \times X_2 \times X_3$ ve $y \in U$ olmak üzere

X_1, X_2, X_3 ve U sırasıyla FI^* , RO , $RŞ$ ve RB^* terimlerinin evrenidir. Atılma gücü, sonuçta bulunan üyelik fonksiyonuna dahil edilebilir ve kesik bir bulanık üyelik fonksiyonu elde edilir. Her kuralın uygulama sonuçlarını temsil eden kesik bulanık üyelik fonksiyonları tek bir bulanık üyelik fonksiyonunda toplanır. Toplam, bulanık birleşim (maksimum) operatörü kullanılarak Denklem 5.8 ile yapılır:

$$\mu R(x, y) = \bigvee_{k=1}^K R^k(x, y) \quad (5.8)$$

$\mu R(x, y)$, toplamadan sonra elde edilen bulanık ÜF sonucudur. FI^* , RO ve $RŞ$ terimlerini temsil eden RB^* girdi olarak kullanıldığında RB^* sonucu Denklem 5.9 ile bulunabilir.

$$RB^* = RP^* \circ R(x, y) \quad (5.9)$$

“ \circ ”sembolü, bulanık kümelerin kompozisyonel operatörünü temsil etmektedir.

Bulanık sonuç çıkarım adımında elde edilen bulanık bir küme olduğu için, RB^* değerini tam olarak temsil edebilecek bu değere karşılık gelen sayısal değeri elde etmek amacıyla durulaştırma yapılmaktadır. Durulaştırma için merkez-ortalama yöntemi kullanılmaktadır. Bulanık sonuç çıkarma adımında elde edilen sonucun q adet bulanık küme terimli $RB^* = \{y, \mu_{RM}(y) | y \in U, \mu_{RM} \in [0,1]\}$ olduğu kabul edilirse RB , Denklem 5. 10 kullanılarak hesaplanabilir.

$$RB = \frac{\sum_{i=1}^q Y_i \mu_{RM^*}(y_i)}{\left(\sum_{i=1}^q \mu_{RM^*}(y_i) \right)} \quad i=1,2,\dots,q \quad (5.10)$$

y_i , RM^* teriminin i . bulanık kümesinin merkezini göstermektedir. $\mu_{RM^*}(y_i)$ ise bu kümenin ÜF' nu ifade etmektedir.

RB değeri elde edildikten sonra RB fonksiyonunda çizilerek riskin sınıfı ve üyelik derecesi çıkarılır.

6. UYGULAMA

Bu çalışma kapsamında önerilen endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme yaklaşımının adımları 5. bölümde açıklanmıştır. Bu bölümde ise önerilen yaklaşım kullanılarak 7 tane endüstriyel tehlikeli maddenin henüz proje aşamasında olan fabrikalarda kullanılması durumu için çevresel risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Vinil klorürün Tuzla bölgesinde kurulacak bir endüstride kullanılması durumu için önerilen yöntem kullanılarak yapılan çevresel risk değerlendirme çalışması, önerilen yöntemin pratikte kullanımını açıklamak amacıyla ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Diğer maddeler için ise maddelere ait çevresel risk değerlendirme açısından önemli özellikler açıklandıktan sonra doğrudan elde edilen sonuçlar aktarılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda elde edilen çevresel risk değerlendirme sonuçları yorumlanarak vinil klorür kullanacak işletmenin Tuzla bölgesinde değil Tekirdağ-Malkara bölgesinde kurulması durumu için çevresel risk değerlendirme yapılmış ve Tuzla bölgesi için çıkan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçların yorumlanması ile, önerilen yaklaşımdan elde edilen sonuçların çevre yönetimi kapsamında gerçekleştirilmek zorunda olan risk yönetimine nasıl yön vereceği ortaya konacaktır.

6.1 Vinil Klorür Kullanan Bir İşletme için Çevresel Risk Değerlendirme

Ele alınan durumda İstanbul – Tuzla bölgesinde ham madde olarak vinil klorür kullanan bir PVC üretim işletmesinin kurulması planlanmaktadır. Bu endüstriyel tehlikeli maddenin işletmede kullanılması durumunda neden olacağı çevresel riskin tespit edilmesi istenmektedir. Çevresel risk sonuçları kullanılarak risk yönetimi gerçekleştirilmek istenmektedir.

6.1.1 Hazırlık adımı

Şekil 5.1’ de gösterilen çevresel risk değerlendirme yaklaşımına göre öncelikle oluşturulan risk değerlendirme grubunun hazırlık aşamasını gerçekleştirmesi

gerekmektedir. Şekil 5.1' e göre hazırlık aşaması için yapılması gerekenler dikkate alınarak incelenen durum için gerekli bilgiler toplanmıştır.

Kurulacak olan işletmede 40000 ton/yıl vinil klorür kullanılacaktır. Vinil klorürün kara yolu ile yaklaşık 100 km lik bir güzergahtan geçerek işletmeye taşınması planlanmaktadır. İşletme vinil klorürü aylık olarak temin edecektir ve 3500 ton kapasiteli vinil klorür deposu için proje hazırlamıştır.

Vinil klorür polimerizasyon prosesinden geçirilerek PVC elde edilecektir. Vinil klorür polimerizasyon tankına pH tamponu, süspansiyonu sağlayacak maddeler, köpük önleyici ve reaksiyonu başlatacak olan maddeler birlikte beslenir. % 80-% 90 verime ulaşıldığında tanka inhibitör ilave edilerek proses sonlandırılır. Proses esnasında vinil klorür kondenser yardımıyla geri kazanılır. Süspansiyon filtre edilerek PVC ayrılır. Kalan vinil klörür açık buharlaştırma sistemi ile uçurularak gazometreye alınır. Atık suyun tamamı arıtma tesisine pompalanmadan önce uçurma işlemine tabi tutulduğu için vinil klörürün atık sudan % 100 verimle giderildiği kabul edilir. İşletmenin atık profiline göre atık suda vinil klorür bulunmamaktadır. Geri dönüşüm verimi nedeniyle tam olarak çevrilemeyen vinil klorür, gerekli arıtma birimlerinden geçirilerek havaya verilmektedir. Bu nedenle uygulanan yaklaşımda, işletmenin atık profilinden dolayı oluşan düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk değerlendirme kapsamında doğrudan değerlendirilecek olan alıcı ortam hava ortamıdır. Düzenli emisyonlar açısından değerlendirme, işletme için bağlayıcı olan gerekli standartların uygun arıtma teknikleriyle sağlandığı ve çok düşük miktarlarda emisyon oluştuğu dikkate alınarak yapılacaktır.

İşletme ve proses bilgilerinden sonra değerlendirilecek olan tehlikeli maddenin özelliklerini belirlemek gerekmektedir. Vinil klorür için MSDS formatlarında verilen fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 6.1'de verilmektedir. Buna göre vinil klorür için dikkat çeken özellikler yüksek buhar basıncı, havadan ağır olduğunu gösteren buhar yoğunluğu, düşük parlama ve kaynama noktasıdır. Vinil klorürün işletme tarafından hava ortamına verildiği düşünülürse bu özellikler önem kazanmaktadır. Vinil klorür yüksek buhar basıncı ve düşük kaynama noktası nedeniyle oldukça uçucudur ve neredeyse tamamı havada gaz formunda bulunur. Havadan ağır olması ise bu maddenin yer seviyesinde birikmesine ve dolayısıyla ekosistem bileşenlerinin maddeye maruz kalmasına neden olmaktadır. Düşük parlama noktası vinil klorürün yüksek derecede alevlenebilir bir gaz olduğunu göstermektedir. Bu nedenle oda

Çizelge 6.1: Uygulamada kullanılacak tehlikeli maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Vinil Klorür	Trikloroetilen	Aseton	Heksan	Asetonitril	Kloroform	Metanol
Fiziksel Durum	Sıvı	Sıvı	Sıvı	Sıvı	Sıvı	Sıvı	Sıvı
Renk	Rekssız	Rekssız	Rekssız	Rekssız	Rekssız	Rekssız	Rekssız
Koku	Tatlı	Tatlı	Nane gibi	Benzin gibi	Aromatik	Tatlı	Alkol gibi
Buhar Basıncı (mmHg)	2580 (20 °C)	61 (20 °C)	180	151 (25 °C)	72.8	160 (20 °C)	128
Buhar Yoğunluğu	2.2	4.5	2	3	1.42	4.1	1.11
Kaynama Noktası (°C)	- 13.9	87.2 (20 °C)	56.53	69	81.6	62	64.6
Donma Noktası (°C)	-153.7	-73 (20 °C)	-94.9	-95	-46	-63.5	-97.6
Suda çözünürlük (g/L)	1.1	1.28 (25 °C)	Çözünür	Çözünmez	Çözünür	8 (20 °C)	Çözünür
Spesifik Ağırlık	0.9106	1.46 (20 °C)	0.79 (20 °C)	0.7	0.783	1.48 (20 °C)	0.791
Moleküler Formül	C ₂ H ₃ Cl	C ₂ HCl ₃	C ₃ H ₆ O	C ₆ H ₁₄	C ₂ H ₃ N	CHCl ₃	CH ₃ OH
Molekül Ağırlığı (g/mol)		131.39	58.08	86.18	41.05	119.38	32.04
Parlama Noktası (°C)	-61	-	- 20	-22	6.6	Alevlenmez	11
Patlayıcılık Limiti (%)	3.6-33	8-12.5	2.5-12.8	1.1-7.5	4.4-16	-	6-36
Kendiliğinden Yanma N.	473 °C	420 °C	465 °C	225 °C	973	-	464 °C

sıcaklığı üzerindeki sıcaklıklarda bile yüksek yangın potansiyeline sahip olan bir maddedir. Hem proses hem de depolama koşullarının bu açıdan dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu koşullar, depolama ve proses esnasında büyük bir kazanın meydana gelme eğilimini arttırabilmektedirler. Vinil klorürün çözünürlüğü düşük seviyededir. Maddenin su ortamına yayılması durumunda hızla buharlaşarak uçuşması çözünme potansiyelini daha da düşürmektedir.

Suda ve toprakta hızla buharlaşma potansiyeline sahiptir. Biyolojik olarak birikme özelliğine sahip değildir (ATSDR, 2006). Suda ve toprakta 40 gün içinde % 30, 108 günde ise % 99 oranında biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Hava ortamında foto degradasyon prosesi ile 2.2.-2.7 gün arasında daha zehirli maddelere parçalanmaktadır (OECD SIDS, 2001). Hava ortamındaki vinil klorür insanların soluma yolu ile bu maddeye maruz kalmasına neden olacaktır. Su ve kara ortamı ise çok büyük miktarlarda dökülmelerin yaşandığı kazalar meydana gelmediği sürece önemli etkilere neden olmayacaktır. Maddenin bu derece uçucu olması, gerekli önlemler alınmadıkça bu madde ile çalışan işçilerin, maddeye maruz kalmasına neden olacaktır.

Vinil klorür yüksek derecede alevlenebilir ve zehirli bir madde olarak bilinmektedir. IARC, OSHA, NTP de bu maddeyi kanser yapıcı olarak sınıflamaktadır. Yüksek dozda vinil klorür uyuşukluğa ve uyku halinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Daha yüksek konsantrasyonlar ise ölüme dahi yol açmaktadır. Vinil klorüre yıllarca maruz kalan işçilerin karaciğerlerinde yapısal bozukluklar gözlenmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlar, sinir ve bağışıklık sistemi bozukluklarına da yol açmaktadır. Deri ile temas durumunda çalışanların parmaklarında kan akışını bozarak beyaz parmak sendromuna neden olmaktadır. Karaciğer, beyin ve akciğer kanserine neden olduğu epidemiyolojik çalışmalarla kanıtlanmıştır. Hayvanlarda büyüme ve gelişmeyi de engellediği ortaya çıkmıştır (ATSDR, 2006). Maddenin büyük oranda hava ortamında bulunma eğilimi ve havadan ağır olduğu için yer seviyesinde birikme özelliği dikkate alınacak olursa insanların bu maddeye soluma yolu ile maruz kalma potansiyeli oldukça yüksektir. Maddeye soluma yolu ile maruz kalındığında ortaya çıkan etkiler göz önüne alındığında vinil klorürün kaza ile çevreye dağılması durumunda yüksek riske neden olacağı açıktır. Ayrıca yangına neden olma potansiyeli de çok yüksek olduğundan tüm çevresel bileşenleri etkileme potansiyeli oldukça yüksektir.

İşletmenin İstanbul-Tuzla bölgesinde kurulması planlanmaktadır. İstanbul ilinin en güneyinde yer alan Tuzla ilçesi, Türkiye sınırları içindeki en kalabalık ilçelerden biridir. Güney batısında Kocaeli yarım adası, kuzeyde ve batıda Pendik, doğuda Gebze ile komşudur. Güneyinde ise Marmara Denizi bulunmaktadır. 86 km² yüz ölçümüne sahip ilçede TÜİK 2007 verilerine göre 525,239 kişi yaşamaktadır ve insan yoğunluğu km² başına 1000 civarındadır . Komşuları da yüksek nüfusa sahiptir (Url- 1). Vinil klorür gibi yüksek uçuculuğa sahip ve şiddetli akut etkilere neden olabilen bir maddenin, herhangi bir nedenle oluşan bir kaza sonucunda etrafa yüksek miktarlarda saçılması, bu derece yüksek insan yoğunluğu nedeniyle çok yüksek riske neden olacaktır. Çünkü, insanlar çok kısa sürede doğrudan soluma yolu ile bu maddenin veya bu maddenin neden olduğu bir yangın sonucu oluşacak başka maddelerin emisyonlarına maruz kalacaklardır.

Tuzla iklim olarak yazın Akdeniz ikliminin, kışın ise karasal iklimin hakim olduğu bir bölgedir. Yazlar, sıcak ve kurak geçerken kışlar, soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yazın sıcaklık 34-39 °C arasına kadar yükselmektedir. Ortalama sıcaklık 12 °C civarındadır. Bitki örtüsü ise kırsallarda makilerden oluşmaktadır. Orman örtüsü tahrip edilmiştir. Yazın poyraz, kışın ise lodos esmektedir. Bölge 2. derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır (Url- 1). Yaz aylarında görülebilen yüksek sıcaklıklar, alevlenebilir maddelerin depolanması ve işlenmesi açısından önem kazanmaktadır. Ayrıca, maddenin uçuculuğunun da sıcaklıkla değiştiği dikkate alınırsa bu faktörlerin alınabilecek önlemlerde göz önüne alınması gerekmektedir. Rüzgar yönü ise, kurulacak işletmenin oluşturabileceği potansiyel tehlikelerin diğer alanlara taşınması açısından önem kazanmaktadır.

Tuzla da sanayi oldukça gelişmiştir. Özellikle kuzey kesimlerinde hızla sanayi bölgeleri kurulmaktadır. Artan sanayi toplu göçü de beraberinde getirmekte ve nüfus da artmaktadır. Bölge de organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bir çok sanayi tesisini barındıran bölge, boyacılar ve vernikçiler, mermerciler ve kimyacılar organize sanayi bölgesine yakındır. Aynı zamanda Tuzla Organize Deri Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. Kıyı kesimlerde ise bir çok tersane faaliyet göstermektedir. (Url-2). Tuzla ilçesindeki çok sayıdaki sanayi bölgesi vinil klorür gibi alevlenebilir ve şiddetli patlamalara neden olabilecek, buharları uzun mesafelere taşınabilen bir madde kullanan endüstriler için çok büyük riske neden olmaktadır. Oluşacak yangın tehlikesi ekosistem için ciddi boyutta akut etkiye neden olabileceği gibi dolaylı

yollardan çok büyük maddi hasarlar oluşacaktır. Ayrıca bölgede sanayinin bu derecede gelişmiş olması bölge ve civarına ait çevresel kaynaklar açısından da risk arz etmektedir. Her bir işletme çevredeki kirlilik yükünü arttırmakta ve özümleme kapasitesini sınırlamaktadır. Bu durum da bu bölgelerde kirlilik yükü oldukça düşük bir bölgeye göre madde emisyonlarından kaynaklanan riskin derecesinin artmasına neden olmaktadır.

Tuzla bölgesinde turistik sayılabilecek tek önemli kaynak kaplıcalardır. Fakat bu kaplıcalar sanayi bölgelerine nispeten uzak bir konumdadırlar. Kayda değer tarımsal bir faaliyet gerçekleştirilmemektedir. Stratejik önemi ise bölge sınırlarında Piyade Okulu ve Deniz Harp Okulu bulunmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, bölgenin Türkiye sanayisi açısından önemli bir çok büyük endüstriye ev sahipliği yapması da bölgeye önem kazandırmaktadır. Tuzla bölgesinin çevresel risk değerlendirme açısından önem taşıyan yani doğrudan ya da dolaylı olarak tehlikeye neden olan, ekosistem bileşenlerinin tehlikeye maruz kalmasını etkileyen, oluşan etkinin şiddetinde katkısı bulunan ya da riskin olasılığını etkileyen özellikleri belirlenmiştir.

Arıtma sistemi ve deşarj bilgileri de işletme bilgileri ile verildiğine ve madde ve ekosistem özellikleri tespit edildiğine göre, muhtemel etki alanları belirlenip faktör indeksi ölçüm adımıyla çevresel risk değerlendirme sürecine devam edilebilir. Maddenin düzenli emisyonlarının hava ortamına verildiği ve yüksek buhar basıncı nedeniyle % 99' undan fazlasının havada yer alma eğilimi gösterdiği dikkate alınırsa hava ortamı ile ilgili maruz kalmayı belirleyen çevresel özellikler değerlendirilmelidir. Kara yolu ile taşınacak maddenin, sadece kara ortamına dökülebilecek bir güzergahta taşınacağı bilinmektedir. Ancak maddenin neredeyse tamamı hava ortamına dağılacaktır. Nispeten düşük çözünürlüğü ve biyolojik olarak birikme özelliğinin olmadığı dikkate alınarak diğer çevre bileşenleri için maruz kalma değerlendirmesinin ihmal edilebileceği kabul edilmiştir. Ulaşım esnasında meydana gelebilecek kazalarda, kazanın meydana geldiği bölgedeki ekosistem bileşenleri dikkate alınacaktır. Buna göre, taşıma güzergahı boyunca bölgeler kullanım özelliklerine göre gruplandırılarak, her bir grup için ayrı bir risk değerlendirme yapıp elde edilen sonuçlardan tek bir sonuca varılabileceği gibi, güzergah boyunca değerlendirmede kullanılan özelliklerin değişmediği kabul edilerek en hassas özelliklere göre de değerlendirme yapılabilir. Bu uygulamada,

taşıma mesafesinin kısa olmasına dayanılarak vinil klorürün benzer özellikler gösteren bölgelerden oluşan bir güzergahta taşındığı kabul edilmiştir.

6.1.2 Fİ ölçüm adımı

Şekil 5.1'e göre Hazırlık Adımından sonra Fİ ölçüm adımına geçilmektedir. Faktör indekslerinin puanlandırılması için gerekli tüm bilgiler hazırlık adımında toplanmıştır. Fİ ölçümü için kullanılacak dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar ve risk kriterleri Çizelge 5.1'de gösterilmiş ve Bölüm 5.2.2.1'de açıklanmıştır. Bölüm 5.2.2.2' de ise ölçüm süreci ile ilgili açıklamalar yapılmıştır. Buna göre, ilgili bölümde açıklanan hiyerarşik yapının en alt seviyesindeki faktörler risk kriterlerine göre puanlandırılacaktır.

Hiyerarşik yapı açıklanırken, endüstriyel tehlikeli madde için yapılan çevresel risk değerlendirme kapsamında maddenin düzenli emisyonlarından, kaza nedeniyle oluşan emisyonlarından ve işyeri ortamında kullanılmasından kaynaklanan risklerinin büyüklüğünün risk karakteristiklerinin farklı olması nedeniyle ayrı hesaplanacağı belirtilmişti. Bu nedenle, vinil klorürün Tuzla bölgesinde kurulacak bir PVC üretim işletmesinde kullanılmasından kaynaklanacak çevresel risk için puanlandırma düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel riske (A1) ait en alt faktörler puanlandırılarak başlatılacaktır. A1 için en alt faktörler Çizelge 6.2'de gösterilmiştir. Hazırlık adımında, en son muhtemel etki alanlarına dair değerlendirme yapılmış ve maruz kalmayı etkileyen özellikler için sadece hava ortamına ait özelliklerin değerlendirilmesi gerektiği, nedenleriyle birlikte açıklanmıştı. Bu nedenle, maruz kalmayı etkileyen özelliklere (C3) ait en alt faktörlerden sadece hava ortamına ait en alt faktörler (D2) değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.2'de gösterilen puanlandırma yapılırken değerlendirmeye alınan hususlar şunlardır: Vinil klorürün düşük parlama noktası nedeniyle oldukça alevlenebilir olduğu ve Çizelge 5.2'de verilen referans parlama noktası aralığı da göz önüne alınarak riske katkısının 0-2 arasında değiştiği yani çok büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Vinil klorür etkisiz sayılabilecek bir ateş kaynağı ile büyük bir patlamaya ya da yangına yol açma potansiyeline sahiptir. Vinil klorür sadece kuvvetli oksitleyicilerle uyumsuzluk göstermektedir. Bu nedenle reaktivitenin riske olan katkısı 4-6 seviyesinde tutulmuştur. Uyumsuzluk gösterdiği maddelerin çok fazla olmaması bu yatkınlığın nispeten düşük olmasına neden olmaktadır. Maddenin

Çizelge 6.2: Madde ve ekosistem özelliklerine ait en alt faktörler ve puanları

FAKTÖRLER	PUAN		SYBS			
Alevlenebilirlik	0	2	0	0	2	2
Reaktivite	4	6	4	4	6	6
Patlayıcılık	5	7	5	5	7	7
Korozivite	6	7	6	6	7	7
Zehirlilik	0	2	0	0	2	2
Dirençlilik	7	8	7	7	8	8
Biyoakümülyasyon	8	10	8	8	10	10
Yoğunluk	2	4	2	2	4	4
Çözünürlük	6	8	6	6	8	8
Uçuculuk	1	3	1	1	3	3
Rüzgar hızı	3	5	3	3	5	5
Rüzgar Yönü	2	5	2	2	5	5
Nem	7	9	7	7	9	9
Sıcaklık	4	7	4	4	7	7
Mevcut Durum	4	6	4	4	6	6
Değerlendirilen Bölgenin Sınırları	2	5	2	2	5	5
Yerleşim	0	2	0	0	2	2
Endüstriyel	0	3	0	0	3	3
Tarımsal	8	10	8	8	10	10
Turizm	6	8	6	6	8	8
Strateji	3	6	3	3	6	6
Su ve Su Havzaları	6	7	6	6	7	7
Orman Alanları	5	8	5	5	8	8
Flora-Fauna	6	8	6	6	8	8
İnsan Yoğunluğu	0	3	0	0	3	3

doğrudan patlayıcılık etkisi bulunmamaktadır. Ancak, vinil klorür buharları uzun mesafelerde taşınıp patlayıcılık etkisine sahip maddeleri tetikleyebildiği için etkisinin 6-7 seviyesinde olduğu öngörülmüştür. Maddenin koroziflik etkisi de doğrudan değil dolaylı yollardan risk oluşumunu etkileyebilmektedir. Herhangi bir maddenin koroziflik etkisini göstermesine neden olabilmektedir. Vinil klorürün akut ve kronik zehirlilik etkileri hazırlık adımıında anlatılmıştı. Bu etkilere dayanarak, maddenin zehirlilik etkisinin riske çok büyük katkıda bulunacağı açıktır. Vinil klorürün biyolojik olarak birikme özelliği ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu için riske katkısı hemen hemen hiç yoktur. Vinil klorür hava ortamında çok kısa sürede parçalandığı için Çizelge 5.2’de gösterilen referans değer aralıklarına göre de riske çok düşük katkıda bulunmaktadır. Vinil klorürün buhar yoğunluğunun 1’ den büyük olması, yer seviyesine taşınarak ekosistem bileşenlerinin maddeye maruz kalmasını doğrudan etkilediği için riske katkısı büyüktür. Maddenin çözünürlüğünün düşük

olması, su ortamı gibi nispeten daha iyi kontrol edilebilir bir ortamda toplanarak uzaklaştırılmasını engellediği için dolaylı yoldan riske katkıda bulunmaktadır. Vinil klorürün yüksek buhar basıncı, çok uçucu olmasına neden olmaktadır. Maddenin uçuculuğunun yüksek olması insanların bu maddeye soluma yolu ile maruz kalmasına yol açmaktadır. Soluma ise, canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için istem dışı gerçekleştirdiği bir faaliyet olduğu ve maddeyi doğrudan ciğerlere aldığı için en tehlikeli maruz kalma yoludur. Bu nedenle uçuculuğun çevresel riske olan katkısı çok yüksektir.

Ekosistem özellikleri arasında maddeye maruz kalmayı etkileyen özellikler, hava ortamı ile ilgili olanlardır. Rüzgar hızı ve yönünün de riske katkısı yüksek derecededir. Çünkü, bölgedeki ortalama rüzgar hızı vinil klorür emisyonlarının hava ortamında uzun mesafelere kadar dağılmasına ve çok geniş bir bölgenin etki altına alınmasına neden olmaktadır. Diğer yandan rüzgar hızı zaman içinde konsantrasyonun seyrelmesine katkıda bulunarak özellikle kronik etkilerin ortaya çıkma eğilimini düşürmektedir. Bu nedenle riske katkısı çok yüksekten yükseğe doğru kaymaktadır. Rüzgar yönü ise, kurulacak işletmenin hakim rüzgar yönüne göre konumunun değerlendirilmesi açısından önem kazanmaktadır. İşletmeden kaynaklanacak emisyonlar, hakim rüzgar yönü etkisi ile ilçe içinde yerleşim alanının en yoğun olduğu bölgeye doğru taşınacaktır. Soluma yolu ile önemli etkilere yol açan bu madde için rüzgar yönünün riske katkısı büyük olacaktır. Nemin, maddenin özelliklerini göstermesi açısından herhangi bir önem taşımaması riske katkısını düşürmektedir. Sıcaklığın katkısı ise orta derecededir. Yazın çok yüksek sıcaklıklara çıkılması bu maddenin alevlenebilirlik özelliğini tetikleyecek ve ayrıca çok daha çabuk buharlaşmasına neden olacaktır. Sıcaklıkların yalnızca 4 ay yüksek seyretmesi risk olasılığını düşürecek dolayısıyla riske katkısını orta derecede tutacaktır. İşletmenin, endüstrinin son derece yaygın olduğu bir bölgede kurulması mevcut hava kalitesinin riske katkısının yüksek olmasına neden olmaktadır. Bölgede vinil klorür kullanan ve emisyonlarını hava ortamına deşarj eden başka endüstriler de bulunmaktadır. Bu durum da, vinil klorürün havadaki konsantrasyonunun yükselmesine yani etkinin gerçekleşme eğiliminin artmasına neden olmaktadır.

Vinil klorür Tuzla bölgesinde kullanılacağından değerlendirilen bölgenin sınırları riske büyük katkıda bulunmaktadır. İşletmenin emisyonlarından etkilenen bölge geniş bir alana yayılmaktadır ve bu etki alanı içindeki bölgenin yaşam, faaliyet,

kullanım biçimleri önem arz etmektedir. Etkilenen bölgenin yerleşim amaçlı kullanılması, maddenin insanlara taşınmasına ve insanların etkilenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, bu faktörün riske katkısı çok yüksektir. Aynı şekilde işletmenin endüstriyel bir bölgede kurulması, maddenin özellikleri de dikkate alındığında, hem maddenin tehlikelilik özelliklerinin ortaya çıkması hem de mevcut kirlilik yükünden de kaynaklanacak toplamsal etki açısından riske çok yüksek katkıda bulunacaktır. Ayrıca vinil klorür gibi yangın çıkarma potansiyeli yüksek bir maddenin, böyle bir potansiyel tehlike oluştuğunda bundan başka bir çok çevresel riske neden olacağı açıktır. Bölgenin çok kritik bir turizm değeri yoktur ve yok denebilecek kadar az tarımsal faaliyet sürdürülmektedir. Bu nedenle her iki faktörün de riske katkısı çok düşüktür. Bölgenin stratejik önemi ise piyade okuluna ve deniz harp okuluna ev sahipliği yapmasından kaynaklanmaktadır ve böyle bir durumun riske katkısı orta derecede olacaktır.

Ekosistem çevresel kaynaklar açısından değerlendirildiğinde, su ve su havzaları çevresel riske katkı açısından orta derecede önem taşımaktadır. Vinil klorür su ortamına döküldüğünde bile çok yüksek oranda havaya uçuş eğilimi göstermektedir. Yer altı suyuna sızma potansiyeli de, hem havada bulunma eğiliminin yüksek hem de çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı oldukça düşüktür. Tuzla bölgesinde, deniz haricinde önemli bir su kaynağı bulunmamaktadır. Bölgede çok miktarda ve önemli orman alanları ve flora/fauna zenginliği de bulunmamaktadır. Bu nedenle, bölgedeki orman alanları ve flora/fauna özellikleri, çevresel riske çok düşük katkıda bulunacaktır. Bölgede insan yoğunluğunun 1000 kişi/km²' den fazla olduğu, maddenin insan sağlığı açısından önemli akut ve kronik etkilerinin bulunduğu ve gerek çevresel koşulların gerek madde özelliklerinin bu maddeye maruz kalmayı tetikleyen özelliklere sahip olduğu göz önüne alındığında insan yoğunluğunun riske katkısı çok büyüktür.

Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel riske (A1) ait en alt faktörler puanlandırıldıktan sonra, kaza ile meydana gelen emisyonlardan kaynaklanan çevresel faktörlere (A2) ait en alt faktörler puanlandırılacaktır. Şekil 5.10'da gösterildiği gibi kaza sonrası (B4) ait alt faktörler, madde özellikleri ve ekosistem özelliklerinden oluşmaktadır. Bu özelliklere ait alt faktörler bir önceki süreçte değerlendirilmiş ve Çizelge 6.2'de gösterilmişti. Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de gösterilen kaza öncesine ait en alt faktörler ise puanlandırılarak Çizelge

6.3'de gösterilmiştir. Buna göre ulaşım esnasında oluşan kazalar (C6) için; vinil klorür kara yolu ile temin edileceğinden sadece karayolu taşımacılığı faktörü değerlendirilecektir. Kara yolu taşımacılığı riske orta derecede katkıda bulunacaktır.

Çizelge 6.3: Kaza sonucu oluşacak emisyonlardan kaynaklanan risk için en alt faktörler ve puanları

FAKTÖRLER	PUAN		SYBS			
Kara Yolu Taşımacılığı	4	5	4	4	5	5
Taşıma Sıklığı	5	7	5	5	7	7
Taşıma Miktarı	4	6	4	4	6	6
Depolama Süresi	3	5	3	3	5	5
Depo Koşulları	4	5	4	4	5	5
Ekipman	6	9	6	6	9	9
İşletme Koşulları	2	4	2	2	4	4
Operatör Faktörleri	4	5	4	4	5	5
Yönetimsel Faktörler	5	6	5	5	6	6
Deprem	3	6	3	3	6	6
bkz. Çizelge 6.2						

Kara yollarında herhangi bir kaza meydana gelme eğilimi, tren ve deniz yoluna göre daha fazladır. Depolama ve taşıma esnasında oluşan kazaların (C7) alt faktörleri dörde ayrılmıştır. Maddenin taşıma sıklığı uygun periyotlarda ayarlandığı için nispeten seyrek olacak ve kaza oluşturma eğilimi ortada derecede kalacaktır. Taşıma miktarları da taşıma sıklığı ile optimize edilerek ayarlandığı için orta derecede olacak fakat etkinin şiddetine doğrudan katkıda bulunduğu için riske neden olma yatkınlığı daha yüksek olacaktır. Vinil klorür gibi kolay alevlenebilen ve her türlü ateş kaynağından etkilenen bir madde için, depolama süresi riske yüksek derecede katkı sağlayacaktır. Ayrıca, depo koşullarını böyle bir madde için güvenli tutabilmek de zor olduğundan depo koşulları riski önemli derecede etkileyecektir.

Proses esnasında oluşacak kazalar (C8) için alt faktörlerden biri ekipmanlardır. Kullanılacak ekipmanlar, maddenin tehlikelilik özelliklerini ön plana çıkartacak tetikleyici özellikler sergilememektedir. Ayrıca ekipmanlar yeni olacakları için, ekipmanlardan kaynaklanan kaza da beklenmemektedir. Vinil klorür uçucu ve kolay alevlenebilir bir madde olduğu için herhangi bir kazaya neden olmaması için operatörün çok dikkatli davranması gerekmektedir. Operatörlerin çoğunun işyeri ortamına ve prosese alışık olmayacağı düşünülerek operatörlerin riske katkısı çok yüksek görülmüştür. Ayrıca, vinil klorürün soluma yolu ile oluşan akut etkilerinin arasında uyusukluk gibi etkiler bulunduğu için operatörün kaza yapma eğilimi

artmaktadır. Proses esnasında kaza oluşmaması için yeterli önlemler alınacak gibi plan yapılmıştır fakat, bazı önlemlerin yeni olması güvenilirliği hakkında soru işareti uyandırmaktadır. Bu nedenle, yönetsel faktörlerin riske katkısının orta derecede olduğu düşünülmüştür.

Doğal afetlerden meydana gelebilecek kazalar (C9) için bölge özellikleri dikkate alındığında, tek doğal afet potansiyelinin deprem faktörü olduğu görülmektedir. Tuzla bölgesi 2. derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır ve depolama tankları için yeterli güvenlik önlemi alınmamıştır. Bu nedenle, deprem dolayısıyla bir kazanın meydana gelme eğiliminin yüksek olacağı açıktır.

Üçüncü olarak ise işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan risk (A3) için en alt faktörler puanlandırılacaktır. Çizelge 6.4’de gösterilen bu faktörlere A3 altındaki kodlar takip edilerek ulaşılabilir. Daha önce Çizelge 6.2’de gösterilen madde özelliklerine ait en alt faktörler ve puanları burada gösterilmemiştir. Operatöre ait

Çizelge 6.4: Maddenin işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan risk için en alt faktörler ve puanları

FAKTÖRLER	PUAN		SYBS			
Sağlık Durumu	4	5	4	4	5	5
Yaş	5	7	5	5	7	7
Çalışma Koşulları	4	6	4	4	6	6
bkz. Çizelge 6.2						

faktörler (C10) olan sağlık durumu ve yaş, riske orta derecede katkıda bulunmaktadır. Maddeye ait bilgilerde daha önceden rahatsızlığı bulunan kişilerde daha şiddetli etkilere yol açar diye özel bir uyarıda bulunulmamıştır fakat yine de rahatsızlığı olan bir insan için vinil klorür gibi şiddetli akut etkilere ve kansere neden olabilen bir madde daha etkili olacaktır. Çalışanların yaş ortalamasının nispeten genç olması bazı etkilerin ortaya çıkmasını engelleyebilir. İşe alım politikasında bu faktörü dikkate alacak olan firma için bu faktörün riske katkısı düşük olacaktır. Çalışma koşulları ise, gerekli iş güvenliği önlemleri tam olarak alınmadığı için riske yüksek derecede katkıda bulunacaktır.

6.1.3. Faktörlerin ikili karşılaştırılması

Faktörler, Bölüm 5.2.2.3’de anlatıldığı gibi [1-9] ölçeği kullanılarak önem derecelerine göre ikili olarak karşılaştırılacaktır. Bölüm 5.2.2.2’de açıklanan tüm

hiyerarşi seviyeleri kendi aralarında ikili matrisler oluşturularak, önem düzeylerine göre puanlandırılacaktır. Değerlendirmelerin tümü standardı sağlamak amacıyla yamuk bulanık sayıya çevrilmekte ve net ağırlık puanlarının hesaplanabilmesi için durulaştırılmaktadır. İlk karşılaştırma örneği için bu çevirme işlemleri detayları ile birlikte gösterildikten sonra pratiklik açısından diğer karşılaştırma matrisleri için verilen yamuk bulanık sayılar değil bunlara karşılık gelen durulaştırılmış sayılar gösterilecektir. Şekil 5.4’de gösterilen A1 için I. seviyenin ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.5’de gösterilmiştir. Ekosistem özelliklerinin düzenli emisyonlardan kaynaklanacak çevresel riske olan katkısı maddenin özelliklerinden önemli derecede

Çizelge 6.5: A1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi - Bulanık puanlar

	Madde Özellikleri						Ekosistem Özellikleri					
	Puan		SYBS				Puan		SYBS			
Madde Özellikleri	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1/2	1/2
Ekosistem Özellikleri	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1

yüksek olmasa da biraz fazla olacaktır. Vinil klorürün özellikleri bazı tehlikelere yol açmaktadır fakat bu tehlikelerden etkilenen olan ekosistem özellikleri riske daha fazla katkıda bulunmaktadır. Örneğin; bölgede insan yoğunluğunun çok yüksek olması vinil klorür emisyonlarının hava ortamında dağılarak fazla sayıda insanın maruz kalması anlamına gelmektedir. Vinil klorürün zehirlilik özellikleri olmasa insan yoğunluğunun yüksek olmasının bir anlamı olmayacaktır çünkü, ortada bir tehlike mevcut değildir. Aynı şekilde, vinil klorürün zehirli olması etki alanında canlı organizma yaşamıyorsa hiçbir anlam ifade etmeyecektir. Riskin meydana gelmesi için bir ekosistem bileşeninin bir tehlikeye maruz kalması ve bu tehlikeden etkilenmesi gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında madde özellikleri ve ekosistem özellikleri eşit öneme sahiptir. Fakat, ekosistem özellikleri bu maddenin tehlikelilik özelliklerinin ortaya çıkmasında tetikleyici olmakta ve ekosistem bileşenlerinin bu tehlikeye maruz kalmasına zemin hazırlamaktadır. Puanlandırma yapıldıktan sonra Denklem 5.6 ile bulanık puan durulaştırılır.

$$a_{21} = \frac{1 + 2 * (1 + 2) + 2}{6} = 1,5$$

Çizelge 6.6’da ise A1 için I. seviyeye ait olan duru puanlarla gösterilen ikili karşılaştırma matrisi verilmektedir.

Çizelge 6.6: A1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi -Duru puanlar

FAKTÖRLER	Madde Özellikleri	Ekosistem Özellikleri
Madde Özellikleri	1	0,75
Ekosistem Özellikleri	1,5	1

B1 için birinci seviyede, maddenin tehlikelilik ve maruz kalmayı etkileyen özelliklerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Çizelge 6.7’de gösterildiği gibi vinil klorürün tehlikelilik özellikleri, maruz kalmayı etkileyen özelliklerinden orta derece

Çizelge 6.7: A1 için II. ve B1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	TÖ	MÖ
Tehlikelilik Özellikleri (TÖ)	1,00	5,00
Maruz Kalmayı Etkileyen Özellikleri (MÖ)	0,21	1,00

daha önemlidir. Vinil klorür zehirli ve alevlenebilir bir madde olduğu için özellikle soluma yolu ile önemli akut etkilere yol açmaktadır. Maruz kalmayı etkileyen özellikleri, bu tehlikelerin yalnızca daha kolay bir şekilde ve daha geniş bir alana yayılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle tehlikelilik özellikleri, maruz kalmayı etkileyen özelliklerinden çok yüksek derecede baskın olmamakta ancak yine de tehlikenin kaynağını oluşturduğu için maruz kalmayı etkileyen özelliklerine göre orta düzeyde bir önem kazanmaktadır.

Maddenin tehlikelilik özellikleri ikili olarak karşılaştırıldığında ise Çizelge 6.8’de gösterilen sonuca varılmaktadır. Daha önce de açıklandığı gibi alevlenebilirlik maddenin en önemli özelliğidir. Reaktivite ve patlayıcılık ise dolaylı yollardan da olsa

Çizelge 6.8: A1 için III. ve C1 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	A	R	P	K	Z
Alevlenebilirlik (A)	1,00	4,00	4,00	8,00	0,75
Reaktivite (R)	0,27	1,00	0,38	6,00	0,17
Patlayıcılık (P)	0,27	3,00	1,00	8,00	0,17
Korozivite (K)	0,13	0,17	0,13	1,00	0,11
Zehirlilik (Z)	1,50	6,00	6,00	9,00	1,00

maddenin bir tehlike potansiyeli oluşturmasına neden olmaktadır. Bu nedenle alevlenebilirlik, bu iki özellikten riske olan katkısı açısından daha önemlidir. Vinil klorürün herhangi bir koroziflik etkisi olmadığı gibi başka maddelerin bu etkisini tetikleyen bir etkiye de sahip değildir. Bu nedenle vinil klorürün alevlenebilirlik özelliği koroziflik özelliğinden oldukça fazla önemlidir. Alevlenebilirlik de zehirlilik de vinil klorürün ekosistem üzerinde ciddi etkilere neden olan iki özelliğidir.

Zehirliliğin alevlenebilirlikten biraz daha önemli olmasına neden olan ise maddenin alevlenebilirlik sonucunda da zehirlilik etkisini göstermesidir. Madde, hem uçuculuğundan dolayı soluma yolu ile zehirlilik etkisi gösterirken, hem de alevlenme sonucu oluşan yangın nedeniyle de bu etkiyi göstermektedir. Vinil klorür kuvvetli yükseltgeyicilerle şiddetli patlamalara neden olabileceği için reaktiviteden daha önemli etkiler oluşturmaktadır. Korozivitenin vinil klorür için çok etkisiz bir özellik olduğu ve reaktivite ile patlayıcılığın birbirlerine göre olan önem dereceleri dikkate alındığında; patlayıcılığın biraz daha fazla olmak üzere her iki özelliğin de koroziflik özelliğinden çok daha önemli olacağı sonucuna varılmaktadır. Zehirlilik özelliğinin alevlenebilirlik özelliğinin bile önüne geçtiği dikkate alındığında zehirlilik özelliği, reaktivite ve patlayıcılık özelliklerine göre çok daha fazla önem kazanacaktır. Zehirlilik özelliği ise koroziflik özelliği karşısında en baskın özellik olarak öne çıkacaktır.

Maddenin maruz kalmayı etkileyen özellikleri için verilen önem puanları, Çizelge 6.9'da ikili karşılaştırma matrisinde gösterilmiştir. Vinil klorürün biyolojik olarak birikme, çözünürlük ve dirençlilik özellikleri önemli sayılabilecek düzeyde değildir. Bu nedenle, çevresel riske olan katkıları da diğer tüm faktörler karşısında önemsiz düzeyde olacaktır. Çevresel riske olan katkıları ise birbirlerine göre eşit önemde olacaktır. Maddenin maruz kalmayı etkileyen özelliklerinden, yoğunluk ve uçuculuk özelliği ön plana çıkmaktadır. Uçuculuğu son derece yüksek olan bu madde, buhar yoğunluğunun da yüksek olması nedeniyle yer seviyesinde birikerek ekosistem bileşenlerinin bu maddeye maruz kalma potansiyelini etkilemektedir. Bu nedenle, uçuculuk ve yoğunluk riske eşit önemde katkıda bulunuyor gibi durmasına rağmen asıl risk kaynağının maddenin uçuculuğundan gelmesi bu özelliği biraz daha fazla öne çıkarmaktadır.

Çizelge 6.9: A1 için III. ve C2 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	D	B	Y	Ç	U
Dirençlilik (D)	1,00	1,00	0,11	1,00	0,11
Biyokümülyasyon (B)	1,00	1,00	0,11	1,00	0,11
Yoğunluk (Y)	9,00	1,00	1,00	9,00	0,67
Çözünürlük (Ç)	1,00	1,00	0,11	1,00	0,11
Uçuculuk (U)	9,00	9,00	2,00	9,00	1,00

A1 için I. seviyede bulunan ekosistem özelliklerine (B2) ait alt faktörler önem derecelerine göre ikili olarak karşılaştırılmış ve Çizelge 6.10'da verilen matris elde

edilmiştir. Ekosistem özelliklerinden maruz kalmayı etkileyen bileşenlerin sadece hava ortamına ait özellikler olduğu hazırlık adımında belirtilmişti. Hava ortamına ait özellikler, ekosistem bileşenlerinin bu maddeye maruz kalmasına önemli etkilerde bulunmamaktadır. Tuzla bölgesinde çok şiddetli rüzgar hızlarına çok nadir rastlanmaktadır. Fakat, hava kalitesinin mevcut durumu ve rüzgar yönü faktörü katkıda bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi bölgedeki etki alanının sınırlarının genişliği, çevresel kaynaklar ve yaşam faaliyet kullanım biçimleri riske çok daha önemli katkılarda bulunmaktadır. Bölgenin yerleşime açık ve endüstriyel bir bölge olması, yaşam faaliyet kullanım özelliklerini diğer tüm faktörlerden önemli kılmaktadır. Bölgenin yerleşime açık ve endüstriyel bir bölge olmasının önemi faktör puanlandırma kısmında anlatılmıştı. Çevresel kaynaklar arasında riske en önemli katkıyı ise bölgedeki insan yoğunluğu yapmaktadır. Bu nedenle yaşam, faaliyet ve kullanım biçimlerinin önemi daha öne çıkmaktadır. Değerlendirilen bölgenin sınırları ile çevresel kaynaklar eşit öneme sahiptir fakat, vinil klorürün olumsuz etkileri açısından insan yoğunluğu bölgenin sınırlardan daha belirleyici bir faktör olacağından çevresel kaynaklar daha belirleyici olacaktır.

Çizelge 6.10: A1 için II. ve B2 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	MB	BS	YFK	ÇK
Maruz Kalmayı Etkileyen Bileşenler (MB)	1,00	0,17	0,13	0,38
Değerlendirilen Bölgenin Sınırları (BS)	6,00	1,00	0,27	0,75
Yaşam, Faaliyet, Kullanım Biçimleri (YFK)	8,00	4,00	1,00	4,00
Çevresel Kaynaklar (ÇK)	3,00	1,50	0,27	1,00

A1 için III. seviyede bulunan hava ortamına ait alt faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.11’de gösterilmiştir. Tuzla bölgesinde bir çok endüstrinin bulunduğu ve bu endüstrilerden bazılarında vinil klorür kullanıldığı göz önüne alınırsa, vinil klorür açısından havadaki kirlilik yükünün bu endüstri için sınırlayıcı olacağı sonucuna varılabilir. Rüzgar yönü ise vinil klorüre maruz kalmayı doğrudan etkileyen bir faktör olduğu ve kurulacak işletme için de maruz kalmayı artırıcı bir etkide bulunduğu için meteorolojik koşulların daha önemli olduğu açıktır.

Çizelge 6.11: A1 için IV. ve D2 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	MK	MD
Meteorolojik Koşullar (MK)	1,00	6,00
Mevcut Durum (MD)	0,17	1,00

Meteorolojik koşullar ile mevcut durum karşılaştırılırken açıklandığı gibi rüzgar yönü çevresel riske önemli bir katkıda bulunmaktadır. Çizelge 6.12’de gösterildiği gibi diğer önemli faktör ise sıcaklıktır. Parlama noktası oldukça düşük olan vinil klorür için sıcaklık oldukça önemlidir. Tuzla bölgesinde sıcaklık yaz mevsimi boyunca çok yüksek derecelere kadar çıkmaktadır. Sıcaklığın yüksek olması alev alma ve yangın oluşturma potansiyelini arttırmaktadır. Vinil klorür için nem, tehlike doğuran bir etkiye sahip olmadığından çevresel risk açısından diğer meteorolojik faktörlerden oldukça önemsizdir.

Çizelge 6.12: A1 için V. ve E4 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	RH	RY	N	S
Rüzgar Hızı (RH)	1,00	0,13	9,00	0,27
Rüzgar Yönü (RY)	8,00	1,00	9,00	0,75
Nem (N)	0,11	0,11	1,00	0,11
Sıcaklık (S)	4,00	1,50	9,00	1,00

Çizelge 6.13 yaşam, faaliyet, kullanım biçimleri için alt faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisini göstermektedir. Tuzla bölgesinin sanayi bölgesi olması, bir çok tehlike potansiyelinin gerçekleşme eğilimini arttırdığı ve önemli etkilere neden olduğu için, risk açısından aynı seviyedeki tüm faktörlerden daha öne çıkmaktadır. Öne çıkan diğer faktör ise Tuzla bölgesi ve civarının aynı zamanda kalabalık bir yerleşim bölgesi olmasıdır. Bu durum vinil klorürün insan sağlığı açısından yarattığı tehlikelere insanların maruz kalma potansiyelini arttırmaktadır. Bu nedenle stratejik önemin önüne geçmektedir. Bölgede tarımsal faaliyetlerin ihmal edilebilecek kadar düşük olması diğer tüm faktörlere göre riske olan katkısını düşürmektedir. Bölgenin turizm amaçlı kullanımı ise tarım amaçlı kullanımına göre çok daha önemli olmasına rağmen endüstriyel ve yerleşim amaçlı kullanımına göre riske olan katkısı oldukça düşüktür. Bölgedeki askeri okullar ise bölgeye stratejik önem kazandırmakla birlikte endüstriyel ve yerleşim amaçlı kullanımı ile ilgili öneminin önüne geçememektedir.

Çizelge 6.13: A1 için III. ve C5 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	Y	E	Ta	Tu	S
Yerleşim (Y)	1,00	0,38	9,00	6,00	3,00
Endüstriyel (E)	3,00	1,00	9,00	8,00	5,00
Tarımsal (Ta)	0,11	0,11	1,00	0,11	0,11
Turizm (Tu)	0,17	0,13	9,00	1,00	0,13
Stratejik (S)	0,38	0,21	9,00	8,00	1,00

A1 için II. Seviyede bulunan çevresel kaynaklara (C5) ait alt faktörler riske olan katkılarının önemi açısından ikili olarak karşılaştırılmış ve ikili karşılaştırma matrisi olarak Çizelge 6.14’de gösterilmiştir. Nüfus yoğunluğunun 1000 kişi/km²’ den fazla olması Tuzla bölgesinde vinil klorür kullanımından kaynaklanacak çevresel riskin eğilimini oldukça arttırmaktadır. Bölgenin insan yoğunluğuna göre önemli miktarda orman alanı ya da flora/faunaya sahip olmaması, insan yoğunluğu faktörünü bu iki faktöre göre oldukça önemli kılmaktadır. Bölgedeki flora/fauna çeşitliliği ve miktarının da kısıtlı sayıdaki ve tahrip edilmiş orman alanlarına göre riske biraz daha fazla katkıda bulunacağı sonucuna varılmıştır. Su ve su havzaları ise ekosistem bileşenlerinin tehlikeye maruz kalma eğilimini artırma potansiyeline sahip olduğu için bölgede kayda değer bir öneme sahip olmayan orman alanları ve flora/faunaya göre çevresel riske katkı açısından ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 6.14: A1 için III. ve C6 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	S	O	FF	İY
Su ve Su Havzaları (S)	1,00	8,00	6,00	0,27
Orman Alanları (O)	0,13	1,00	0,27	0,11
Flora/Fauna (FF)	0,17	4,00	1,00	0,17
İnsan Yoğunluğu (İY)	4,00	9,00	6,00	1,00

Vinil klorürün Tuzla bölgesinde kurulacak bir işletmede kullanılmasından kaynaklanan çevresel riski tespit etmek için kullanılan hiyerarşide ilk seviyede bulunan düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel riske ait tüm alt seviyeler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Kaza nedeniyle oluşan emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk (A2) için de tüm alt seviyelere ait faktörlerin ikili olarak karşılaştırılması yapılacaktır.

A2 için I. seviye, kaza öncesi ve sonrası faktörler olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Kaza öncesi faktörünün alt faktörleri, risk şiddeti ve olasılığı açısından farklı özellik sergileyeceğinden her biri için ayrı risk büyüklüğü hesaplanacaktır. Bu nedenle bu dört alt faktör için kaza öncesi faktörler ve kaza sonrası faktörlerden oluşan seviye de ayrı ayrı değerlendirilecektir. İlk değerlendirme ulaşım esnasında oluşabilecek kazalar için yapılacaktır. Vinil klorür kara yolu ile taşınacağı için çevresel risk açısından kaza sonrası faktörler önem kazanacaktır. Kazanın kara yolunda meydana gelmesi kazanın etkileri açısından önemli bir katkıda bulunmamaktadır. Çizelge 6.15’de gösterildiği gibi kaza sonrası faktörler çok baskın olacaktır.

Çizelge 6.15: A2 için II. ve C7 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	KÖ	KS
Kaza Öncesi Faktörler (KÖ)	1,00	0,11
Kaza Sonrası Faktörler (KS)	9,00	1,00

Kaza sonrasına ait alt faktörler ise Şekil 5.10'da gösterildiği gibi madde ve ekosistem özelliklerinden oluşmaktadır. Bu özellikler A1 faktörü için puanlandırılıp gerekli açıklamalar yapıldığı için tekrar açıklanmayacaktır. Çizelge 6.6 – Çizelge 6.14 arasındaki tüm karşılaştırma matrisleri A2 faktörünün altındaki C6, C7, C8 ve C9 faktörlerine ait kaza sonrası faktörler için de geçerlidir.

Depolama ve taşıma esnasında oluşan kazalar (C7) ile ilgili kaza öncesi ve sonrası faktörler için hazırlanan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.16'da gösterilmektedir. İşletmede depolama esnasında ya da depodan işletmeye araçtan depoya taşıma esnasında kaza meydana gelme potansiyeli bulunmaktadır. Depolama durumu için kaza öncesi faktörler de riske daha belirgin bir katkıda bulunabilmektedir. Depo koşulları, depolama süresi, taşıma sıklığı ve miktarı riske katkıda bulunan kaza öncesi faktörlerdir. Bu faktörler kaza sonrasına ait faktörlerin risk açısından önemini bir miktar aşağıya çekmektedir.

Çizelge 6.16: A2 için II. ve C8 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	KÖ	KS
Kaza Öncesi Faktörler (KÖ)	1,00	0,27
Kaza Sonrası Faktörler (KS)	4,00	1,00

C7 için kaza sonrasına ait alt faktörlerin ikili karşılaştırmaları Çizelge 6.17'de gösterilmektedir. Yüksek miktarda depolanacak ve taşınacak olan vinil klorür çevresel riske riskin şiddetinin artması yönünde katkı sağlayacaktır. Depolama süresinin uzun olması depolama hacminin büyük olmasına ve dolayısıyla güvenlik kontrollerinin zorlaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca tankların aynı yerde sabit durması bir takım aşınma faktörlerine karşı zamanla direncin azalmasına kaza oluşum eğiliminin artmasına neden olmaktadır. Kaza oluşma riskini doğrudan etkileyen bu iki faktör diğer faktörlerden öne çıkmaktadır. Depo koşulları ise yüksek derecede alevlenebilir bir madde olan vinil klorürün bu potansiyel tehlikesini ortaya çıkarmasını tetikleyebilecek bir unsur olabilir. Deponun yeterince havalandırılmaması uygun saklama koşullarının yerine getirilmemesine neden olmaktadır. Aynı zamanda depo için gerekli yerleşim planının oluşturulmaması

deponun dağınık olmasına neden olacak ve kaza potansiyelini arttıracaktır. Bu nedenle depo koşullarının riske katkısı diğer iki faktör kadar olmasa da önemli düzeyde olacaktır. Taşıma sıklığı riskin oluşması açısından en düşük katkıyı sağlamaktadır çünkü vinil klorür taşınımı yeterince seyrek yapılmaktadır.

Çizelge 6.17: A2 için III. ve C8 için II. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	TS	TM	DS	DK
Taşıma Sıklığı (TS)	1,00	0,27	0,27	0,27
Taşıma Miktarı (TM)	4,00	1,00	1,00	4,00
Depolama Süresi (DS)	4,00	1,00	1,00	4,00
Depo Koşulları (DK)	4,00	0,27	1,00	3,00

Proses esnasında oluşabilecek kazalardan kaynaklanacak çevresel risk için kaza öncesi ve sonrası faktörler karşılaştırıldığında depolama ve taşıma esnasında oluşan kazalarda olduğu ve Çizelge 6.18’de gösterildiği gibi kaza sonrası faktörler biraz daha ön plana çıkacaktır. Çünkü kaza öncesi faktörler de nispeten riske katkıda bulunmakta ve kaza sonrası faktörlerin baskın karakterini düşürmektedirler.

Çizelge 6.18: A2 için II. ve C9 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	KÖ	KS
Kaza Öncesi Faktörler (KÖ)	1,00	0,27
Kaza Sonrası Faktörler (KS)	4,00	1,00

Çizelge 6.19’da C8 faktörünün alt faktörleri için oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisi gösterilmektedir. Maddenin alevlenebilirlik ve uçuculuk özelliği dikkate alınırsa proses esnasında herhangi bir ateşleme kaynağıyla karşılaşma olasılığı vardır ve kazaya neden olabilir. Bunun için gerekli önlemlerin alınmış olması gerekir. Örneğin; proses ortamındaki tankların kesinlikle ağız açık bırakılmamalıdır. Tehlikelilik özellikleri ciddi boyutta olan bir maddeyle çalışacak olan operatörlerin oryantasyondan geçirilmesi gerekmektedir. İşletmenin projesinde bu tür önlemlere yer verilmediği için yönetsel faktörlerin riske katkısı diğer tüm faktörlere göre daha çok önem kazanmaktadır. İşletme koşulları ise ikinci derecede önem kazanmaktadır. İşletmenin projesinde işyeri ortamının sıcaklığını dengeleyecek bir yalıtım tedbiri belirtilmemiştir. Bu ortam koşulu, parlayıcılığı yüksek olan vinil klorür için oldukça önem taşımaktadır. Operatör faktörleri de diğerlerine göre riske daha düşük bir katkıda bulunmaktadır. Operatörlerin maddenin işlenmesi ile ilgili doğrudan bir fonksiyonu olmadığı için etkiye katkıda bulunma potansiyeli de düşüktür. Ekipmanlar ise kaza oluşturma potansiyeli çok düşük olan son teknoloji

özelliklerine sahip otomasyonlu aletlerdir. Bu nedenle diğer tüm faktörlere göre kaza oluşumuna katkıları oldukça düşüktür.

Çizelge 6.19: A2 için III. ve C9 için II. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	E	İK	OF	YF
Ekipman (E)	1,00	0,17	0,27	0,15
İşletme Koşulları (İK)	6,00	1,00	4,00	0,38
Operatör Faktörleri (OF)	4,00	0,27	1,00	0,17
Yönetimsel Faktörler (YF)	7,00	3,00	6,00	1,00

Çizelge 6.20’de gösterildiği gibi doğal afetlerden kaynaklanan riskler için, kaza öncesi faktörler kaza sonrası faktörler kadar önem taşımaktadır. Hatta, tehlikeyi meydana getiren baskın etken olduğu için, kaza sonrası faktörlere göre biraz daha fazla öneme sahip olacaktır. Tuzla bölgesinde yıkıcı etkili bir deprem meydana geldiğinde, hem proses esnasında kullanılan hem de depolarda bekletilen vinil klorürün herhangi bir şekilde tehlike oluşturmaması neredeyse mümkün değildir. Çok kısa sürede etrafa yayılacak ve aynı depremden etkilenerek oluşacak herhangi bir yangın ile etkileşime girerek tehlike oluşturacak ya da doğrudan kendisi alev alıp parlayacaktır.

Çizelge 6.20: A2 için II. ve C10 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	KÖ	KS
Kaza Öncesi Faktörler (KÖ)	1,00	2,00
Kaza Sonrası Faktörler (KS)	0,67	1,00

Vinil klorürün işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan çevresel riski (A3) değerlendirmek amacıyla ikili olarak karşılaştırılması gereken ilk seviyede fiziksel faktörler ve madde ile ilgili faktörler vardır. Çizelge 6.21’de gösterilen matriste görüldüğü gibi çevresel risk açısından, madde özellikleri fiziksel faktörlere göre daha fazla önem taşımaktadır. Çünkü vinil klorür oldukça uçucu bir maddedir ve işçilerin bu maddeye uzun süre (yıllar mertebesine kadar) maruz kalma potansiyeli vardır. Böyle bir potansiyel söz konusu olduktan sonra fiziksel faktörler bu potansiyeli belirli bir derecede düşürme olanağına sahiptir. Fakat, bu işletme için yapılan projede alınan iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri yeterli görülmemiştir. Bu nedenle maddenin tehlikelilik özelliklerinden kaynaklanan potansiyel tehlike, maruz kalmayı etkileyen özelliklerinin de yardımıyla ortaya çıkacaktır.

Çizelge 6.21: A3 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	FF	MF
Fiziksel Faktörler (FF)	1,00	0,17
Madde ile ilgili Faktörler (MF)	6,00	1,00

A3 faktörünün altında bulunan fiziksel faktörlere ait alt faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.22’de gösterilmektedir. Maddenin yaşa ya da sağlık durumuna bağlı olarak belirli bir insan grubu üzerinde daha şiddetli etkiler gösterdiği yönünde herhangi bir bilgi mevcut değildir. Çalışma koşulları, operatöre ait faktörlere göre riske çok daha büyük katkıda bulunacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi uygulanması planlanan iş ve işçi sağlığı tedbirleri yeterli görülmemektedir.

Çizelge 6.22: A3 için II. ve B5 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	OF	ÇK
Operatör Faktörleri (OF)	1,00	0,17
Çalışma Koşulları (ÇK)	6,00	1,00

Operatöre ait faktörler ise sağlık durumu ve yaş alt faktörlerinden oluşmakta olup bunlar için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.23’de verilmektedir. Özellikle, vinil klorürün kanser yapıcı bir madde olduğu dikkate alındığında, sağlık durumu kanser oluşumunu hızlandıracak ya da bu etkinin ortaya çıkmasını tetikleyecek nitelikte olan çalışanlar riske daha büyük katkıda bulunacaktır.

Çizelge 6.23: A3 için III. ve C11 için I. seviyeye ait karşılaştırma matrisi

FAKTÖRLER	SD	Y
Sağlık Durumu (SD)	1,00	6,00
Yaş (Y)	0,17	1,00

6.1.4. Faktör indekslerinin hesaplanması

İkili karşılaştırma matrislerinden Denklem 5.3 yardımıyla öncelik ağırlıkları hesaplanmaktadır. Çizelge 6.6’da verilen ikili karşılaştırma matrisi için örnek bir hesaplama aşağıda gösterilmektedir. Çizelgelerle verilen tüm ikili karşılaştırma matrisleri için kendi seviyelerindeki öncelik ağırlıkları bu şekilde hesaplanmış ve düzenli emisyonlar için bulunan değerler Çizelge 6.24’de gösterilmiştir.

$$w_{madde\text{özellikleri}} = \frac{1}{1,5+1} + \frac{0,75}{0,75+1} = 0,41 \quad w_{ekosistem\text{özellikleri}} = \frac{1,5}{1,5+1} + \frac{1}{0,75+1} = 0,59$$

Çizelge 6.24: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için alt faktörlerin öncelik ağırlıkları

FAKTÖRLER	w	w'
Düzenli Emisyondan Kaynaklanan Çevresel Risk Faktörleri		
Madde Özellikleri	0,41	
Ekosistem Özellikleri	0,59	
Madde Özelliklerinin Karşılaştırılması		
Tehlikelilik Özellikleri	0,83	0,34
Maruz Kalmayı Etkileyen Özellikleri	0,17	0,07
Tehlikelilik Özelliklerinin Karşılaştırılması		
Alevlenebilirlik	0,31	0,11
Reaktivite	0,09	0,03
Patlayıcılık	0,14	0,05
Korozivite	0,03	0,01
Zehirlilik	0,43	0,15
Maruz Kalmayı Etkileyen Özelliklerin Karşılaştırılması		
Dirençlilik	0,052	0,004
Biyoakümülyasyon	0,052	0,004
Yoğunluk	0,313	0,022
Çözünürlük	0,052	0,004
Uçuculuk	0,530	0,037
Ekosistem Özelliklerinin Karşılaştırılması		
Maruz Kalmayı Etkileyen Özellikler	0,05	0,03
Değerlendirilen Bölgenin Sınırları	0,19	0,11
Yaşam, Faaliyet ve Kullanım Biçimleri	0,57	0,34
Çevresel Kaynaklar	0,18	0,10
Maruz Kalmayı Etkileyen Özellikler (Hava Ortamı)		
Meteorolojik Koşullar	0,855	0,027
Mevcut Durum	0,145	0,005
Meteorolojik Koşullara Ait Faktörlerin Karşılaştırılması		
Rüzgar Hızı	0,178	0,005
Rüzgar Yönü	0,394	0,011
Nem	0,035	0,001
Sıcaklık	0,393	0,011
Yaşam, Faaliyet ve Kullanım Biçimlerinin Karşılaştırılması		
Yerleşim	0,25	0,08
Endüstriyel	0,46	0,16
Tarımsal	0,03	0,01
Turizm	0,08	0,03
Stratejik	0,18	0,06
Çevresel Kaynakların Karşılaştırılması		
Su ve Su Havzaları	0,294	0,031
Orman Alanları	0,040	0,004
Flora/Fauna	0,100	0,010
İnsan Yoğunluğu	0,565	0,059

Faktörün hiyerarşi içindeki ağırlığını hesaplamak için ise Denklem 5.4 kullanılmaktadır. Örneğin; alevlenebilirlik özelliğinin hiyerarşi içindeki ağırlığını hesaplamak için bu özelliğin kendi seviyesindeki ağırlığı, üstündeki faktörlerin kendi seviyelerindeki ağırlık puanları ile çarpılır. Alevlenebilirliğin ağırlık puanı, tehlikelilik özelliğinin ve maddenin özelliklerinin ağırlık puanı ile çarpılır.

$$W'_{\text{alevlenebilirlik}} = W_{\text{alevlenebilirlik}} * W_{\text{tehlikelilik özellikleri}} * W_{\text{maddenin özellikleri}} = 0,31 * 0,83 * 0,41 = 0,1$$

Puanlandırılması yapılan en alt faktörlerin hiyerarşi içindeki ağırlık puanları da hesaplandıktan sonra Denklem 5.5 kullanılarak $Fİ^*$ hesaplanır. Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için I. seviyede iki alt faktör olduğundan bunlara ait alt faktörlerin puanları bu alt faktörlerin hiyerarşi içindeki ağırlık puanı ile çarpılarak toplanacak ve $Fİ^*$ değeri elde edilecektir. $Fİ^*$ değerini elde etmek için yapılan hesaplar Çizelge 6.25'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.25: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için $Fİ^*$ hesabı

FAKTÖRLER	SYBS				W' E	Fİ*			
	A	B	C	D		A*E	B*E	C*E	D*E
Alevlenebilirlik	0	0	2	2	0,11	0,00	0,00	0,22	0,22
Reaktivite	4	4	6	6	0,03	0,12	0,12	0,18	0,18
Patlayıcılık	5	5	7	7	0,05	0,25	0,25	0,35	0,35
Korozivite	6	6	7	7	0,01	0,06	0,06	0,07	0,07
Zehirlilik	0	0	2	2	0,15	0,00	0,00	0,30	0,30
Dirençlilik	7	7	8	8	0,004	0,03	0,03	0,03	0,03
Biyoakümülyasyon	8	8	10	10	0,004	0,03	0,03	0,04	0,04
Yoğunluk	2	2	4	4	0,022	0,04	0,04	0,09	0,09
Çözünürlük	6	6	8	8	0,004	0,02	0,02	0,03	0,03
Uçuculuk	1	1	3	3	0,037	0,04	0,04	0,11	0,11
Rüzgar hızı	3	3	5	5	0,005	0,02	0,02	0,03	0,03
Rüzgar Yönü	2	2	5	5	0,011	0,02	0,02	0,06	0,06
Nem	7	7	9	9	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
Sıcaklık	4	4	7	7	0,011	0,04	0,04	0,08	0,08
Mevcut Durum	4	4	6	6	0,005	0,02	0,02	0,03	0,03
Değerlendirilen Bölgenin Sınırları	2	2	5	5	0,11	0,22	0,22	0,55	0,55
Yerleşim	0	0	2	2	0,08	0,00	0,00	0,16	0,16
Endüstriyel	0	0	3	3	0,16	0,00	0,00	0,48	0,48
Tarımsal	8	8	10	10	0,01	0,08	0,08	0,10	0,10
Turizm	6	6	8	8	0,03	0,18	0,18	0,24	0,24
Strateji	3	3	6	6	0,06	0,18	0,18	0,36	0,36
Su ve Su Havzaları	6	6	7	7	0,031	0,19	0,19	0,22	0,22
Orman Alanları	5	5	8	8	0,004	0,02	0,02	0,03	0,03
Flora-Fauna	6	6	8	8	0,010	0,06	0,06	0,08	0,08
İnsan Yoğunluğu	0	0	3	3	0,059	0,00	0,00	0,18	0,18
TOPLAM (Fİ*)						1,60	1,60	3,97	3,97

Çizelge 6.26’da kaza sonucu oluşan emisyonlardan ve Çizelge 6.27’de maddenin işyeri ortamında kullanılmasından kaynaklanan çevresel risk için, Denklem 5.3 kullanılarak hesaplanan “w” ve Denklem 5.4 kullanılarak hesaplanan “w’” değerleri verilmektedir. Bu hesaplamaların hepsi düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için verilen örnek hesaplamalardaki gibi yapılmıştır.

Çizelge 6.26: Kaza sonucu oluşan emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için alt faktörlerin öncelik ağırlıkları

FAKTÖRLER	w	w’
Kaza Sonucu Oluşan Emisyondan Kaynaklanan Çevresel Risk Faktörleri		
Ulaşım Esnasında Oluşan Kazalara Ait Faktörlerin Karşılaştırılması		
Kaza Öncesi Faktörler	0,1	
Kaza Sonrası Faktörler	0,9	
Kaza Öncesi Faktörlerin Karşılaştırılması		
Kara Yolu Taşımacılığı*	0,1	
Kaza Sonrası Faktörlerin Karşılaştırılması		
Çizelge 6.24’de verilen w’ değerleri * kaza sonrası faktörler (0,9)		
Depolama Esnasında Oluşan Kazalara Ait Faktörlerin Karşılaştırılması		
Kaza Öncesi Faktörler	0,21	
Kaza Sonrası Faktörler	0,79	
Kaza Öncesi Faktörlerin Karşılaştırılması		
Taşıma Sıklığı*	0,07	0,01
Taşıma Miktarı*	0,34	0,07
Depolama Süresi*	0,34	0,07
Depo Koşulları*	0,25	0,05
Kaza Sonrası Faktörlerin Karşılaştırılması		
Çizelge 6.24’de verilen w’ değerleri * kaza sonrası faktörler (0,79)		
Proses Esnasında Oluşan Kazalara Ait Faktörlerin Karşılaştırılması		
Kaza Öncesi Faktörler	0,21	
Kaza Sonrası Faktörler	0,79	
Kaza Öncesi Faktörlerin Karşılaştırılması		
Ekipman*	0,05	0,01
İşletme Koşulları*	0,28	0,06
Operatör Faktörleri*	0,12	0,02
Yönetimsel Faktörler*	0,55	0,11
Kaza Sonrası Faktörlerin Karşılaştırılması		
Çizelge 6.24’de verilen w’ değerleri * kaza sonrası faktörler (0,79)		
Doğal Afet Nedeniyle Oluşan Kazalara Ait Faktörlerin Karşılaştırılması		
Kaza Öncesi Faktörler	0,63	
Kaza Sonrası Faktörler	0,37	
Kaza Öncesi Faktörlerin Karşılaştırılması		
Deprem*	0,63	
Kaza Sonrası Faktörlerin Karşılaştırılması		
Çizelge 6.24’de verilen w’ değerleri * kaza sonrası faktörler (0,37)		

* Fİ* hesaplamak için kullanılan en alt faktörleri göstermektedir.

Çizelge 6.27: Maddenin işyeri ortamında kullanımından kaynaklanan risk için alt faktörlerin öncelik ağırlıkları

FAKTÖRLER	w	w'
İşyeri Ortamında Kullanılmasından Kaynaklanan Çevresel Risk		
Fiziksel Faktörler	0,14	
Madde ile İlgili Faktörler	0,86	
Fiziksel Faktörlerin Karşılaştırılması		
Operatöre Ait Faktörler	0,14	0,02
Çalışma Koşulları	0,86	0,12
Operatöre Ait Faktörlerin Karşılaştırılması		
Sağlık Durumu	0,855	0,018
Yaş	0,145	0,003
Madde ile İlgili Faktörlerin Karşılaştırılması		
Çizelge 6.24'de verilen w' değerleri* madde ile ilgili faktörler (0,86)		

Faktörlerin hiyerarşi içindeki ağırlık puanları bulunduktan sonra Denklem 5.5 ile ulaşım, depolama ve taşıma, proses esnasında ve doğal afetlerden sonra oluşan kazalardan ve işyeri ortamında kullanılmasından kaynaklanan çevresel riskler için $Fİ^*$ değerleri hesaplanır. Bu amaçla bunlara ait alt faktörlere verilen faktör puanları (bkz. Çizelge 6.2, Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4) Çizelge 6.26 ve Çizelge 6.27'de verilen hiyerarşi içindeki ağırlık puanları (w') ile çarpılır. Her bir çevresel risk kaynağının altındaki faktörlere ait ağırlıklandırılmış puanlar toplanarak ilgili çevresel risk kaynağı için Çizelge 6.28'de gösterilen $Fİ^*$ değerleri elde edilir.

Çizelge 6.28: Vinil klorür kullanan işletme için $Fİ^*$ değerleri

FAKTÖRLER	SYBS			
	A	B	C	D
Ulaşım esnasında oluşan kazalardan kaynaklanan çevresel risk	1,60	1,60	3,97	3,97
Depolama esnasında oluşan kazalardan kaynaklanan çevresel risk	2,51	2,51	4,68	4,68
Proses esnasında oluşan kazalardan kaynaklanan çevresel risk	2,55	2,55	4,66	4,66
Doğal afet esnasında oluşan kazalardan kaynaklanan çevresel risk	2,71	2,71	4,83	4,83
Maddenin işyeri ortamında kullanılmasından kaynaklanan risk	2,61	2,61	3,50	3,50

6.1.5 Risk olasılığı ve risk şiddeti adımının hesaplanması

Bu adımda, risk değerlendirme grubu tarafından çevresel risk büyüklüğü hesaplanacak olan 6 ana faktör için (A1, A3, C6, C7, C8, C9) Çizelge 5.1'de gösterilen kriterler esas alınarak RO ve RŞ puanları verilecektir. Tuzla bölgesinde kurulacak ve hammadde olarak vinil klorür kullanacak bir işletme için verilen RO ve RŞ puanları Çizelge 6.29'da gösterilmektedir.

Çizelge 6.29: A1, A3, C6, C7, C8, C9 için RO ve RŞ puanları

FAKTÖRLER	RO				RŞ			
Düz. Em. Kay. Çev. Risk (A1)	1	1	3	3	2	2	4	4
Ul. Kaz. Mey. Gel. Çev. Risk (C6)	0	0	3	3	6	6	8	8
Dep. Kaz. Mey. Gel. Çev. Risk (C7)	2	2	4	4	5	5	6	6
Pros. Kaz. Mey. Gel. Çev. Risk (C8)	1	1	2	2	3	3	4	4
Doğ. Af. Kaz. Mey. Gel. Çev. Risk (C9)	1	1	2	2	7	7	9	9
İş. Ort. Kul. Kay. Çev. Risk (A3)	4	4	6	6	6	6	7	7

Düzenli emisyonlardan kaynaklanacak çevresel riskin olasılığı çok düşük olacaktır. İşletme için gerekli arıtma tesisinin projesi mevcuttur. Arıtma tesisinin verimi, vinil klorür için müsaade edilen maksimum maruz kalma limitinin çok altında emisyon çıkışını sağlayabilmektedir. Arıtma tesisi otomasyon teknolojisi ile donatılmış olup arıza durumunda emisyon çıkışını engellemekte ve operatörü uymaktadır. Riskin şiddeti ise düşük olacaktır. İstenilen standartların çok altında emisyon çıkışı gerçekleşmektedir. Ancak bölgenin endüstriyel bir bölge olması ve hava kalitesinin gerek vinil klorür yükü açısından gerekse vinil klorürün uyumsuzluk gösterdiği maddeler açısından düşük olması riski şiddetlendirmektedir.

Ulaşım esnasında bir kaza meydana gelme olasılığı çok düşüktür. Tehlikeli madde taşıyan tırların söz konusu güzergahta daha önce herhangi bir trafik kazası geçirmemiş olması, mesafenin kısa oluşu olasılığın çok düşük olmasına neden olmaktadır. Ancak böyle bir kaza meydana geldiğinde saçılmanın kontrolsüz şartlar altında yaşanma durumu ve vinil klorürün son derece uçucu ve alevlenebilir bir madde olması şiddeti arttıracaktır. Çünkü, vinil klorür soluma yolu ile canlılar üzerinde ciddi akut ve kronik etkilere neden olmaktadır. Ayrıca vinil klorürün yangın çıkarma potansiyelinin yüksek olması nedeniyle ekosistem bileşenlerinin tümü üzerinde şiddetli etkiler meydana gelecektir.

Depolama sırasında bir kaza meydana gelme olasılığı düşüktür. Depolama ve işletme içinde taşımanın sürekli gerçekleştirilen bir süreç olması, risk olasılığını ulaşıma göre yüksek kılmaktadır. Kazaları önleme açısından depo şartlarının kontrolü dikkate alındığında kazanın meydana gelme olasılığı düşük görülmüştür. Depolama sırasında meydana gelecek bir kaza sonucu oluşması beklenen potansiyel tehlikenin şiddeti orta derecede olacaktır. Depolama esnasında da yüksek miktarda madde kaza ile saçılacaktır. Fakat, işletme organizasyonu içinde meydana gelebilecek herhangi bir kazaya anında müdahale imkanı bulunduğu için şiddet çok büyümeden düşürülecektir.

Proses esnasında meydana gelecek kazanın yarattığı riskin şiddeti depolama esnasındaki göre düşük olacaktır. Proses ortamında bulunan madde miktarı depodakinden çok daha düşük olacaktır ve proses şartlarının kontrol imkanları kaza sonucu oluşacak etkiyi büyümeden durduracaktır. Yine proses ortamındaki şartlar kazanın meydana gelme olasılığını düşürecek yöndeki kontrol ve önlemleri sağlamaktadır.

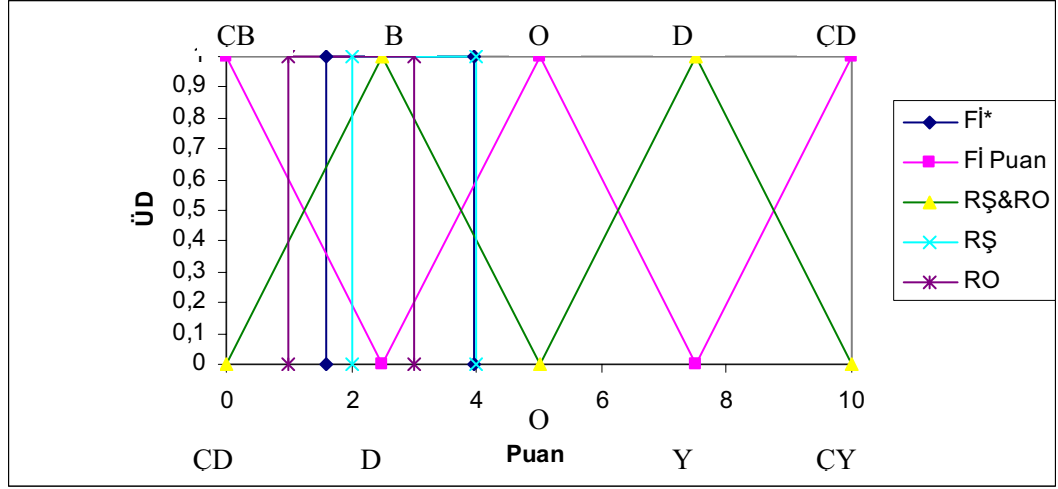
Tuzla bölgesindeki doğal afet potansiyeli, yalnızca deprem tehlikesinden kaynaklanmaktadır. Bölge II. derece deprem kuşağında bulunmaktadır ve depo projesi depremden kaynaklanabilecek yırtılmaları ya da yıkımları belirli bir dereceye kadar önleyecek şekilde hazırlanmıştır. Bu nedenle depremden dolayı bir çevresel risk yaşanma olasılığı düşüktür. Fakat söz konusu riskin şiddeti yüksektir çünkü çok miktarda vinil klorür havada dağılacak ve insan yoğunluğu çok yüksek olan bölgede soluma yolu ile tüm canlıları akut ve kronik olarak etkileyecektir.

Vinil klorürün işyeri ortamında kullanılmasından kaynaklanan riskin olasılığının orta düzeyde olması beklenmektedir. Vinil klorürün uçucu ve havadan ağır olması insanların maruz kalma olasılığını arttırmaktadır. Diğer yandan alınması planlanan önlemler bu riskin olasılığını orta dereceye düşürmektedir. Riskin şiddeti yüksektir, çünkü işçiler vinil klorüre doğrudan maruz kalmakta ve akut etkilerini yaşamaktadırlar. Ayrıca maddenin kansere neden olması, uzun süre bu işyerinde çalışan elemanlar için kronik etkilere neden olmaktadır.

6.1.6 Bulanık sonuç çıkarma

Bulunan Fİ*, RO ve RŞ puanlarının bulanık kümelerle çevrilmesi gerekmektedir. Bunun için Çizelge 5.1’de gösterilen risk kriterlerinin bulanık üyelik fonksiyonları çizilecek ve Fİ*, RO ve RŞ puanlarının bu fonksiyonla kesişen noktalarından Fİ*, RO ve RŞ kriterlerinin sınıfları ve bu sınıfla ait üyelik dereceleri bulunacaktır. Bu adım, risk karakterizasyonunun risk takdiri adımına karşılık gelmektedir. Sınıfların belirlenmesi ve üyelik derecelerinin bulunması için düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel riske ait Fİ*, RO ve RŞ puanları Şekil 6.1’de gösterildiği gibi üyelik fonksiyonu grafiğinde çizdirilmiştir. Diğer ana faktörler için grafik gösterimi verilmeden doğrudan bulunan sonuçlar verilecektir. Fİ* puanlarının üyelik fonksiyonunu kestiği noktalar ÇB(0,37), B(0,65) ve O(0,59) sınıflarına ve üyelik derecelerine denk gelmektedir. RO için ise ÇD(0,61), D(0,81) ve O (0,21) sınıfları

bulunmuştur. ÇD (0,18), D(0,82) ve O (0,6) noktaları ise RŞ için bulunan kesişim noktalarıdır.



Şekil 6.1: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ*, RO ve RŞ sınıflarının ve üyelik derecelerinin belirlenmesi

Bulunan sınıflar kullanılarak bulanık kural tabanı hazırlanacaktır. Bu üç kriterin ‘ve’ operatörüyle bağlanması sonucu RB elde edilecektir. Bulanık mantıkta ‘ve’ operatörü kesişim anlamına gelmektedir. Bulunan sonuç bulanık olacak ve Fİ*, RO ve RŞ bileşenlerini temsil edecektir. Çizelge 6.30’da bulanık çıkarım tablosu gösterilmektedir. Denklem 5.6 kullanılarak çıkarım yapılmaktadır. Örneğin; eğer RO ÇD (0,61) ve RŞ ÇD (0,18) ve Fİ* O (0,21) ise risk İE (0,18) olacaktır çünkü risk faktörlerinin riske yatkınlığı orta derecede olsa bile hem risk olasılığı hem de risk şiddeti çok düşüktür. Risk olasılığı düşük olmasına rağmen bir şekilde tehlike ortaya çıksa bile şiddeti çok düşük olacaktır ve bu nedenle risk ihmal edilebilir.

Çizelge 6.30: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ*, RO ve RŞ bileşenlerini temsil eden RB çıkarım tablosu

		RO		
Fİ	RŞ	ÇD (0,61)	D (0,81)	O (0,21)
ÇB(0,37)	O (0,6)	Ö (0,37)	Ö (0,37)	K (0,21)
	D (0,82)	Ös (0,37)	Ö (0,37)	K (0,21)
	ÇD (0,18)	İE (0,18)	İE (0,18)	Ös (0,18)
B (0,65)	O (0,6)	Ö (0,6)	Ö (0,6)	Ö (0,6)
	D (0,82)	Ös (0,61)	Ös (0,65)	Ö (0,21)
	ÇD (0,18)	İE (0,18)	İE (0,18)	Ös (0,18)
O (0,59)	O (0,6)	Ö (0,59)	Ö (0,59)	Ö (0,21)
	D (0,82)	İE (0,59)	Ös (0,59)	Ös (0,21)
	ÇD (0,18)	İE (0,18)	İE (0,18)	Ös (0,18)

Her kuralın uygulama sonuçlarını temsil eden kesik bulanık üyelik fonksiyonları tek bir bulanık üyelik fonksiyonunda toplanır. Toplam, bulanık birleşim (maksimum) operatörü kullanılarak Denklem 5.8’de gösterildiği gibi elde edilir. Örneğin; İE düzeydeki risk büyüklüklerini birleştirmek için, İE sınıfında çıkan risk büyüklüklerinden üyelik derecesi en büyük olanın üyelik derecesi, toplam İE sınıfının üyelik derecesi yapılır. Böylelikle İE sınıfında çıkan tüm risk büyüklükleri ‘veya’ operatörü ile birleştirilmiş olur. Çizelge 6.30’a göre, İE sınıfında olan risk büyüklüklerinin en büyük üyelik derecesi 0,59 olup toplam İE sınıfının da üyelik derecesi 0,59 olacaktır. Buna göre, Çizelge 6.30’dan elde edilen toplam risk sınıfları Çizelge 6.31’de gösterilmiştir. Bulanık çıkarım motorundan elde edilen sonuçlar bulanık olduğu için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak Denklem 5.10 ile durulaştırma yapılacaktır. Elde edilen duru sonuç da Çizelge 6.31’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.31: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için Fİ*, R0 ve RŞ sınıflarını temsil eden RB sınıfları

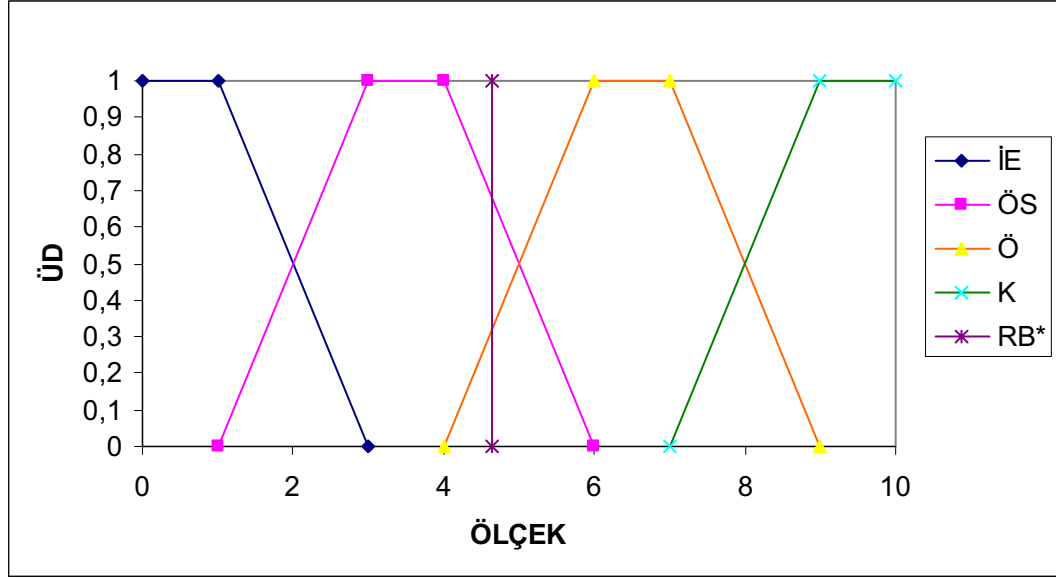
RB	ÜD
İE	0,59
ÖS	0,65
Ö	0,60
K	0,21
RB*	4,63

$$RB^* = \frac{0,59 * 2 + 0,65 * 4 + 0,6 * 7 + 0,21 * 10}{0,59 + 0,65 + 0,6 + 0,21} = 4,63$$

Denklem 5.10 ile elde edilen duru sonuç, Şekil 6.2’de gösterilen RB üyelik fonksiyonu grafiğinde çizilir. RB değerinin üyelik fonksiyonunu kestiği nokta, RB sınıfını ve üyelik derecesini göstermektedir. Buna göre 4,63 olan RB* değeri, Şekil 6.2’de görüldüğü gibi, önemli risk sınıfına 0,3 üyelik derecesi ile ait iken önemsiz risk sınıfına 0,7 üyelik derecesi ile aidiyet göstermektedir. Yani, Tuzla bölgesinde vinil klorür kullanacak olan işletme düzenli emisyonlarından dolayı düşük derecede önemli risk arz etmektedir ve Çizelge 5.1’e göre riski düşürülmelidir.

Ulaşım esnasında meydana gelen kazalardan kaynaklanabilecek risk, 0,75 dereceyle önemli iken 0,25 derece önemsizdir. Depolama esnasında meydana gelebilecek kazalardan kaynaklanan çevresel risk 0,92 düzeyinde önemsiz, 0,08 düzeyinde önemli bulunurken proses esnasında meydana gelebilecek kazalardan kaynaklanan

çevresel risk, 0,95 düzeyinde önemsiz 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Deprem nedeniyle oluşabilecek herhangi bir kazadan kaynaklanan çevresel risk, 0,69 düzeyinde önemli iken 0,31 düzeyinde önemsizdir. Vinil klorürün işyeri ortamında kullanılmasından kaynaklanan çevresel risk ise 1 düzeyinde önemli çıkmıştır.



Şekil 6.2: Düzenli emisyonlardan kaynaklanan çevresel risk için RB* çıkarımı

6.1.7 Vinil Klorür kullanacak olan işletme için çevresel risk değerlendirme sonuçları ve yorumlama

Önerilen risk değerlendirme yaklaşımının Tuzla bölgesinde kurulacak ve vinil klorür kullanacak olan işletme için uygulanması sonucunda 5 ayrı sonuç elde edilmiştir. İşletmede önemli derecede risk arz eden durumlar; vinil klorürün işletmeye taşınması esnasında veya muhtemel bir depremin olması durumunda oluşabilecek kazalar, işletmenin üretim sürecinin sonucunda oluşan ve gerekli kontrolü yapılarak uzaklaştırılan düzenli emisyonlar ve bu maddenin işyeri ortamında kullanılmasıdır.

Maddenin işyeri ortamında kullanılmasından dolayı çalışanlara arz ettiği risk en öncelikli durumdadır. Bu durumdan kaynaklanan riskin önemli sınıfına ait üyelik derecesi birdir. Yani risk tamamen önemlidir. Bu riskin en kısa sürede düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için bilinmesi gereken bu riski meydana getiren faktörlerin riskin oluşumundaki paylarıdır. İşyerindeki riske neden olan en baskın faktör vinil klorürün özellikleridir. Vinil klorürün tehlikelilik özelliklerini ortaya çıkarmasını ya da maddeden kaynaklanan tehlikeye işçilerin maruz kalmasını engelleyen yeterli önlemlerin alınmaması, maddenin özelliklerinin katkısını engellememiştir. Vinil

klorürün özelliklerinden uçuculuk ve zehirlilik özelliği riske en büyük katkıyı sağlamaktadır. Çalışma koşullarının uygun olmayışı da üçüncü öncelikli faktördür. Çalışanların, maddenin uçuculuğu dolayısıyla, maddeye maruz kalması engellenirse riskin önemli sınıfına aidiyeti 0,25 düzeyine inmektedir. Yani riskin önemli sınıfındaki yeri % 75 düşürülmektedir.

İkinci sırada öncelikli olan risk ise maddenin işletmeye taşınmasından kaynaklanmaktadır. Taşıma esnasında hangi nedenle, nerede ve ne tip bir kaza olacağı çok büyük belirsizlikler içermektedir. Kaza öncesi faktörlerin payı çok düşüktür çünkü, bununla ilgili alınabilecek önlemler çok kısıtlıdır ve riske yatkınlığı düşüktür. Kaza öncesi önlemler, ancak güzergah optimizasyonu ve araç bakımı ile gerçekleştirilebilir. Kaza sonrası faktörlerin riskteki payı çok büyüktür. Özellikle, Tuzla bölgesi ve civarında yerleşimin ve endüstrileşmenin son derece yüksek olduğu düşünülürse riskin şiddeti artmaktadır. Bu nedenle, risk ancak güzergahın yeniden gözden geçirilmesi ya da alternatif bir taşıma türü ile bambaşka bir güzergah kullanılması durumunda düşürülebilir.

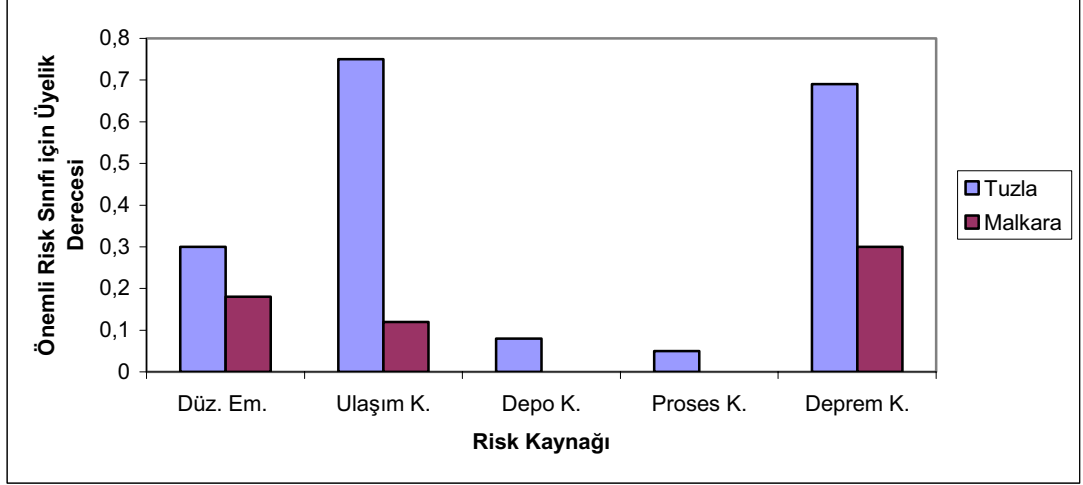
Deprem sonucu oluşacak kazalar da önemli derecede risk arz etmektedir. Risk faktörlerinden en önemlisi kaza öncesi faktörlerdir. Bölge II. derece deprem kuşağında yer aldığı için şiddetli bir deprem olma olasılığı yüksektir. Bölgede, bu nedenle risk arz edebilecek bir çok endüstrinin de bulunması vinil klorür gibi alevlenebilir bir maddenin başka kazalardan da etkilenmesi durumunu beraberinde getirmektedir. Kaza sonrası faktörlerden ise ekosistem özellikleri, yine riske olan önemli katkısı nedeniyle dikkat çekmektedir.

İşletmenin düzenli emisyonlarından kaynaklanan çevresel risk de düşük de olsa önem arz etmektedir. Bu durum için de en önemli risk kaynağı ekosistem özellikleridir. Özellikle Tuzla bölgesinin yaşam, faaliyet ve kullanım biçimleri çok ciddi riske neden olmaktadır. Bunun için başka bir yer alternatifi gözden geçirilebilir.

İşletme, depolama ve taşıma süreçlerinden kaynaklanabilecek kazalar nedeniyle oluşabilecek potansiyel tehlikeler neredeyse önemsiz risk sınıfına girmektedir. Bunun en önemli nedeni, kaza öncesi faktörlerin olabildiğince minimize edilmiş olmasıdır. Bu durumda doğrudan risk olasılığı ve şiddeti de düşmektedir.

Vinil klorürün, Tuzla bölgesinde kurulacak bir işletmeden kaynaklanan çevresel risklerinin kaynakları arasında en dikkat çeken unsur riskin şiddetini ve yatkınlığını

yüksek kılan ekosistem özellikleridir. Bu nedenle, işletmenin Tuzla bölgesine alternatif olarak Tekirdağ-Malkara bölgesinde kurulması durumunda meydana gelecek çevresel riskler değerlendirilmiş ve Şekil 6.3’de Tuzla bölgesine ait sonuçlarla karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.3: Vinil klorürün Tuzla ve Malkara bölgesinde kullanılmasından kaynaklanan çevresel risklerin karşılaştırılması

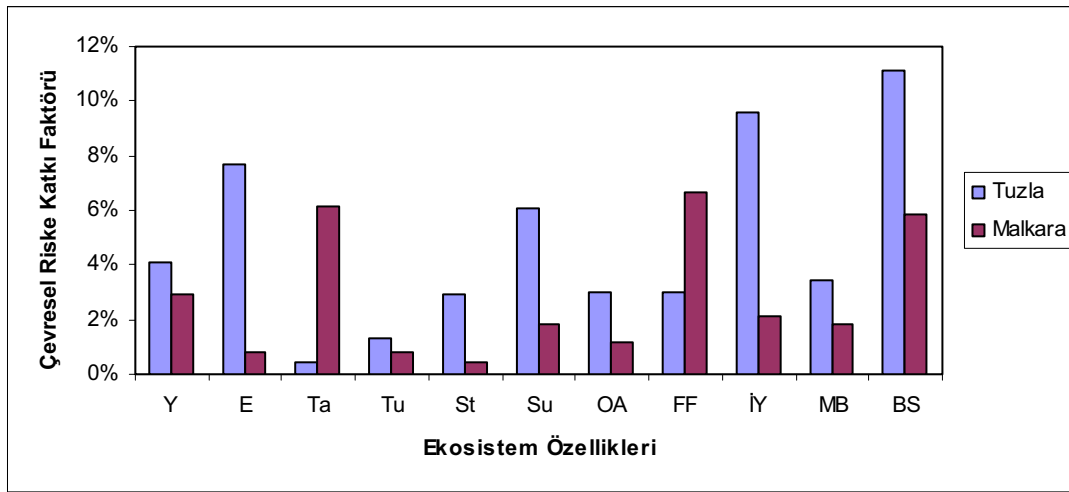
Şekil 6.3’de görüldüğü gibi ekosistem özelliklerinin değişmesi riskin önemli sınıfına aidiyetini düşürmüştür. Bölgenin deprem riskinin düşük olması depremden kaynaklanan riski büyük oranda düşürmüştür. Örneğin; ulaşım esnasında meydana gelebilecek kazalardan kaynaklanan çevresel riske Tuzla ve Malkara için ekosistem özelliklerinin katkı yüzdeleri Şekil 6.4’de gösterilmiştir. Malkara bölgesi sanayileşmenin çok düşük olduğu bir bölge olduğu için diğer endüstrilerden kaynaklan tehlike potansiyelleri bulunmamaktadır. Bölgede nüfus yoğunluğu çok düşüktür. Yerleşim amaçlı kullanımı bu açıdan kısıtlıdır. Değerlendirilen bölgenin sınırları düşüktür. Bu faktörlerin riske katkısı Malkara bölgesinde oldukça düşüktür. Tarım amaçlı kullanım önem kazanmaktadır. Bu faktörün riske olan katkısı da artmıştır.

6.2. Diğer Maddeler için Çevresel Risk Değerlendirme

6.2.1. Hazırlık adımı – Trikloroetilen (TCE)

TCE, endüstrilerde daha çok yağ giderici bir çözücü olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamada da yeni kurulacak bir metal işleme işletmesi, buharlaştırma ile yağ

giderimi prosesini gerçekleştirmeyi planlamaktadır. Yağ giderimi prosesinde 10000 kg/yıl TCE kullanılacaktır. Emisyonlar % 75 verimle çalışması planlanan arıtma



Şekil 6.4: Ulaşım esnasında meydana gelen kazalardan kaynaklanan çevresel riske Tuzla ve Malkara bölgelerinde ekosistem özelliklerinin katkısı

sürecinden geçirilerek havaya verilecektir. İşletme, TCE tanklarını kendi bünyesindeki depolarda saklayacaktır. Depolamanın aylık yapılması planlanmaktadır. TCE, işletmeye kara yolu ile ulaştırılacaktır. Bu çalışma kapsamında endüstriyel tehlikeli maddelerden kaynaklanan çevresel riskin değerlendirilmesi için önerilen yaklaşımda belirlenen üç temel risk kaynağı bileşeninin de alt faktörleri arasında tehlikeli maddenin özellikleri gelmektedir. Beşinci bölümde önerilen yaklaşım açıklanırken maddenin özelliklerinin risk değerlendirmesi açısından önemi belirtilmiştir.

Çizelge 6.1’de gösterilen trikloroetilenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden en dikkat çekenleri; yüksek buhar basıncı, buhar yoğunluğu ve spesifik ağırlığıdır. TCE yüksek buhar basıncı nedeniyle kolayca buharlaşarak uçabilmektedir. Maddenin uçucu olması bulunduğu ortamdan taşınımını etkileyecektir. Yüzeysel sularda bulunan TCE büyük oranda buharlaşarak hava ortamına taşınacaktır. Bu nedenle hava ortamında TCE değerlendirmesi yapılırken yüzeysel sulardan olabilecek buharlaşmalar da dikkate alınmalıdır. Yüzeysel sular değerlendirilirken de, bu ortamda bulunan TCE miktarı buharlaşma hızı dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Buhar yoğunluğu 1’ den büyük olan maddenin yoğunluğu havadan büyük olduğu için atmosferde alçak seviyelerde birikmesi beklenmektedir. Bu durum, herhangi bir kaza anında ya da düzenli olarak yapılan deşarjlar nedeniyle, insanların ya da diğer

ekosistem bileşenlerinin bu maddeye soluma yolu ile maruz kalma yatkınlığını artıracaktır. Maddenin spesifik ağırlığının birden büyük ve çözünürlüğünün de düşük olması nedeniyle su ortamlarında yüzeyde yer alacağı bilinmelidir. Maddeyle ilgili herhangi bir tehlike ya da maruz kalma değerlendirmesinde bu durum göz önüne alınmalıdır.

TCE ile ilgili çevresel risk değerlendirme açısından bilinmesi gereken diğer durumlar ise şöyle özetlenebilir: Yapılan çalışmalarda TCE için K_{OC} değeri 30-150 arasında bulunmuştur. Buna göre maddenin topraktaki hareket kabiliyeti yüksektir ve yer altı suyuna girme olanağına sahiptir. Maddenin yüzeysel sulardaki yarı ömrü, yüksek buhar basıncı nedeniyle, rüzgar ve karışım şartlarına da bağlı olarak, birkaç dakika ile birkaç saat arasında değişmektedir. Biyokonsantrasyon faktörü ise çeşitli çalışmalarda 2-39 arasında bulunmuş olup sucul canlılarda biyokonsantrasyon önemli seviyelerde değildir. Besin zincirinde görülme olasılığı düşüktür. Oksijenli ve oksijensiz ortamlarda biyolojik olarak parçalanması için gereken yarılanma süresi ise 6 aydan 1 yıla kadar çıkabilmektedir. Fotoliz yolu ile parçalanması için gerekli yarılanma süresi ise 1-11 gün arasında değişmektedir. Hava koşullarının sisli olduğu durumlarda parçalanma için yarılanma süresi saat mertebelerine kadar düşebilmektedir (US EPA, 2001). Maddenin, sadece yüzeysel suya ya da toprağa atık olarak bırakılması durumunda bile hava ortamına taşınacağı ve buna bağlı etkilerde bulunacağı değerlendirilmelidir. Bu nedenle herhangi bir ekosistem bileşeni için maruz kalma yolu soluma olacaktır. Maddeyi kısa süreli olarak ve düşük miktarlarda solumak baş ağrısı, baş dönmesi, koordinasyon bozukluğu ve konsantrasyon eksikliğine neden olmaktadır (ATSDR, 2003). Buna göre özellikle işyeri ortamında çalışanların maddeye düşük miktarda maruz kalmaları doğrudan çok ciddi bir probleme yol açmıyor gibi durmaktadır. Fakat, etkinin koordinasyon kaybı ve konsantrasyon bozukluğu olması işyeri ortamında çalışanlardan kaynaklanan proses kazalarının yaşanma olasılığını arttıracaktır. Büyük miktarlarda TCE solunması ise kalp fonksiyonlarında bozukluklara, bilinç kaybına ve ölüme neden olacaktır (ATSDR, 2003). Çok büyük miktarda TCE' nin döküleceği kazalar için bu etkiler göz önüne alınmalıdır. Kazalarla ilgili olarak dikkate alınabilecek diğer bir husus ise düşük miktarda TCE' nin uzun süreli olarak içildiğinde karaciğer ve böbreklere zarar vermesi, bağışıklık sistemi fonksiyonlarını bozması ve hamile bayanlarda ceninin gelişimini engellemesidir (ATSDR, 2003). TCE, herhangi bir kaza ile yüzeysel

sulara ya da yer altı suyuna girdiğinde ve içme sularına karıştığında düşük miktarları bile, bu suların içilmesi yoluyla, uzun vadede ciddi problemlere yol açacaktır. TCE kullanan bir işletmenin içme suyu havzalarına olan yakınlığı ya da içme suyu havzaları civarında TCE taşımacılığının yapılması ciddi bir riske neden olacaktır.

Uluslar Arası Kanser Araştırma Ajansına (IARC) göre TCE, insanlarda kanser yapma potansiyeline sahiptir (ATSDR, 2003). Işık ve nem mevcutsa yavaş yavaş hidroklorik aside dönüşmektedir (Mallinckrodt, 2000). Özellikle işyeri ortamında, bu şartların baskın olduğu çalışma koşullarında, çalışanların hidroklorik aside maruz kalmasına neden olur. Kuvvetli alkali bileşik ve bazlarla uyumsuzdur. Baryum, lityum, sodyum, magnezyum, titanyum, berilyum ve sıvı oksijenle de uyumsuzluk göstermektedir (Mallinckrodt, 2000). Maddenin deşarj edildiği alıcı ortamın ya da işyeri ortamı ve depoların bu maddeler dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Depoların ya da işyeri ortamının bu maddeleri de içeriyor olması çalışanlar açısından doğrudan akut etkilere yol açabileceği gibi muhtemel depolama ve proses kazalarına da zemin hazırlayacaktır.

6.2.2 Hazırlık adımı - Aseton

Aseton, suyla ve diğer organik çözücülerle her oranda çözünebildiği için çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan bir çözücüdür. Asetonun yeni kurulacak bir ilaç endüstrisinde çözücü olarak kullanılması planlanmaktadır. Endüstrinin 8000 ton/yıl aseton tüketmesi beklenmektedir. Asetonun tüm proseslerin sonunda % 70 nin tüketilmiş olması ve kalanın % 75 arıtma verimi ile havaya verilmesi öngörülmektedir. İşletme, aseton tanklarını karayolu ile temin edecek ve kendi bünyesinde depolayacaktır. Depolama hacmi, 15 günlük depolama süresi için tasarlanmıştır.

Çizelge 6.1' de verilen parlama noktası sıcaklığından da anlaşılacağı üzere asetonun en önemli tehlikesi yüksek derecede alevlenebilir olmasıdır. Bu parlama noktası üzerinde oluşan buhar-hava karışımı patlayıcı özelliğe sahiptir ve uzun mesafelere taşınarak buralarda da patlama ve yangın tehlikesi potansiyeline neden olmaktadır (Mallinckrodt, 2001). Asetonun bu özelliği çevresel risk değerlendirmede dikkate alınmalıdır. Özellikle depolama ve proses koşulları, asetonun yüksek derecede alevlenme özelliği dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Depolama ve proses esnasında bir ateşleme kaynağı söz konusu ise ya da bu bölgelerin çok yakınında

işletme içinde ya da dışında ateşleme kaynakları mevcutsa bu faktörlerin riske katkısı çok yüksek olacaktır. Çizelge 6.1’de aseton ile ilgili dikkat çeken diğer bir özellik ise maddenin düşük kaynama noktası ve yüksek buhar basıncıdır. Aseton oldukça uçucu bir maddedir. Bu durumda öncelikle muhtemel etki alanları belirlenirken bu özellik dikkate alınmalıdır. Aseton, yüzeysel sulara ya da toprağa girdiğinde çok kısa sürede büyük bir miktarı havaya uçacaktır. Diğer yandan, asetonun uçuculuğu ile birlikte buhar yoğunluğunun havadan yüksek olması ve uçan buharların yer seviyesinde birikmesi operatörlerin işyeri ortamında bu maddeye maruz kalmalarını kolaylaştıracak ve riske neden olacaktır.

Asetonla ilgili dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta uyumsuz olduğu bileşiklerdir. Asetik asit, nitrik asit, hidrojen peroksit ile patlayıcı peroksitler oluşturma potansiyeline sahiptir. Kloroform ve bromoform ile bazik şartlarda yangın ve patlama riskine neden olabilmektedir (ILO, 1994). Özellikle depolama ve proses kazalarında meydana gelebilecek büyük miktarlardaki saçılmalarda bu maddelerin o civardaki varlığı riskin şiddetini etkileyecektir.

Maddenin taşınımını ve ekosistem bileşenlerinin bu maddeye maruz kalmasını etkileyecek olan suda çözünürlük özelliğine sahip olduğu Çizelge 6.1’den görülmektedir. Aseton su ortamına girdiğinde, suda kolayca çözünerek hareket kabiliyeti kazanacaktır. Öte yandan toprağa bırakıldığında, yüzeysel su akışı ve karların erimesi etkisi ile yüzeysel sulara ve yer altı sularına ulaşacaktır. Bu durum muhtemel etki alanlarının belirlenmesinde dikkate alınmalıdır. Maddenin uçucu olması taşınacak miktarın çok büyük olmasını engellemektedir. Özellikle, herhangi bir kaza sonucunda, maddenin su ya da toprağa dökülmesi çözünürlük özelliği nedeniyle büyük alanlarda çok sayıda ekosistem bileşeninin bu maddeye maruz kalmasına neden olacaktır. Maddenin çözünürlüğü yanı sıra biyolojik olarak parçalanabildiği de bilinmektedir (ATSDR, 1995). Maddenin biyolojik olarak parçalanması, bulunduğu su ortamından uzaklaştırılarak ekosistem bileşenlerinin maddeye maruz kalma durumunu azaltmakta fakat su ortamında çözünmüş oksijen tüketimine yol açmaktadır. Bu da suyun kalitesini düşürmekte ve canlı yaşamını zora sokmaktadır. Yani, sucul canlılar için doğrudan zehirlilik etkisi göstermeyen aseton, dolaylı yollardan canlı yaşamını tehdit etmektedir.

Asetonun çevrede yarılanma süresi 1-10 gündür. Havada, UV ışığı ya da foto oksidasyon sonucu oluşan hidroksil radikalleri ile 22 günde parçalanmaktadır (ILO,

1994). Bu nedenle maddenin kronik etki gösterme olasılığı düşüktür. Sudaki çözünürlüğü çok yüksek olan bu maddenin biyoakümülyasyon potansiyeli ihmal edilebilecek seviyededir. Besin zinciri yolu ile maruz kalma söz konusu değildir. Uçuculuğu ve havadan ağır olması nedeniyle, soluma yoluyla ya da içme suyu kaynağına girdiğinde içme suyu ile maruz kalınabilmektedir. Özellikle işyeri ortamında deri teması ile maruz kalma olasılığı mevcuttur. Soluma yolu ile yüksek miktarlara kısa süreli maruz kalma boğaz ağrısına, öksürüğe, baş ağrısına, baş dönmesine, bilinç kaybına neden olmaktadır. Deri ile temas sonucunda kuruluk hissi oluşturmaktadır. Gözlerde kızarıklığa, ağrıya ve korneal bozukluklara yol açmaktadır. Yutulduğunda kusmaya, ciğer ve böbreklerde tahrişe neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda kronik etkiye rastlanmamıştır. Canlılar için zehirlilik özelliği göstermemektedir.

6.2.3 Hazırlık adımı - Hekzan

Bitkisel ürünlerden yağ ekstrakte etmek amacıyla yaygın olarak kullanılan hekzan, bundan başka yapışkan, elektro kaplama, yalıtım, pestisit ve baskı endüstrilerinde de kullanılmaktadır. Hekzanın yeni kurulacak olan elektro kaplama işletmesinde çözücü olarak kullanılması planlanmaktadır. Bu proseste 5000 ton/yıl kullanılacak olan hekzan % 70 lik bir kullanım veriminden sonra % 75 verimle çalışan bir arıtma ünitesinden geçirilerek havaya verilecektir. İşletme aseton tanklarını karayolu ile temin edecek ve kendi bünyesinde depolayacaktır. Depolama hacmi, 15 günlük depolama süresi için tasarlanmıştır.

Hekzan için yapılan tehlike tanımlarında alevlenebilirlik, zararlı madde ve çevre için zararlı madde plakartları kullanılmaktadır. Çizelge 6.1'de belirtildiği gibi hekzan, düşük parlama noktasına sahip yüksek derecede alevlenebilir bir maddedir. Bu maddenin depolandığı ve işlendiği endüstrilerde alev alma kaynaklarına yakın durması ciddi risklere neden olacaktır. Hekzandan oluşan buhar hava karışımı, alev alma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda şiddetli patlamalara neden olabilmekte ve bu karışım uzun mesafelerde taşınmaktadır (ILO, 2000a). Endüstrinin kurulacağı çevrenin bu açıdan değerlendirilmesi gerekmektedir. Alevlenebilir maddelerle çalışan endüstrilere yakın olması, patlama ve yangın potansiyelini arttıracaktır. Ayrıca işletmenin yerleşim alanı, turistik tesis, orman alanı ya da stratejik bölge gibi yerlere yakın kurulması da riske büyük katkıda bulunacaktır. Hekzanın, havanın

yoğunluğundan büyük olan buhar yoğunluğu da yer seviyesindeki canlıların oluşacak tehlikeye maruz kalmasına neden olacaktır.

Çizelge 6.1’de hekzanla ilgili dikkat çeken diğer bir özellik ise yüksek buhar basıncıdır. Bu nedenle kara ya da su ortamına girse bile büyük çoğunluğu havaya uçacaktır. İşyeri ortamında ise hekzanın buharları çalışanlar açısından risk oluşturacaktır. Çalışanlar her gün solunma yolu ile hekzana maruz kalarak akut etkileri yaşayacakları gibi uzun çalışma dönemleri sonunda kronik etkileri de yaşayacaklardır. Hekzan kuvvetli oksidanlarla uyumsuzdur. Bu nedenle, kuvvetli oksidanlarla beraber depolanmaları ya da proseste kullanılmaları ciddi risklere neden olacaktır.

Hekzanın suda çözünürlüğü Çizelge 6.1’de belirtildiği üzere yoktur. Hekzanın suda çözünmemesi kara ortamından yer altı suyuna taşınma imkanını ortadan kaldıracaktır. Hekzanın suda taşınımı; hem suda çözünmemesinden hem de su ortamında hızlıca buharlaşmasından dolayı güçleşecektir. Biyoakümülyasyon faktörü ihmal edilebilir düzeydedir. Toprakta ve suda biyolojik olarak parçalanabilirliği orta derecededir. Su ortamında ve hava ortamında yarı ömrü 1-10 gündür. Havada, fotokimyasal reaksiyonlarla oluşan hidroksil radikalleriyle parçalanmaktadır (Mallinckrodt, 2007c). Bu nedenle işyeri ortamından başka uzun süreli maruz kalma durumlarını gözlemek zordur.

Yüksek miktarda hekzan yutulursa ciğerlerde tahribata neden olmaktadır. Yüksek miktarlarda solunan hekzan ise sonucu ölüme kadar gidebilen kalp atışı bozukluklarına yol açmaktadır. Hekzana akut olarak aşırı dozda maruz kalınması merkezi sinir sistemini etkilemektedir. Baş dönmesi, baş ağrısı, yorgunluk, bilinç kaybı ise diğer belirtiler arasında yer almaktadır. Suda yaşayan canlılar için zehirli etkilerde bulunmaktadır. Deri ile temas halinde kızarıklık ve yanma hissine neden olmaktadır. Yutulduğunda ağızda yanma hissi oluşturur. Hekzanın düşük viskozitesi, yutulduğunda ciğerler tarafından emilmesine neden olabilmektedir. Uzun süreli ve tekrarlayan maruz kalma durumları alevlenmeye ve tahrişe neden olmaktadır. Kronik etkileri arasında ciğerlerde fonksiyon bozukluklarına yol açma da vardır. Kronik deri teması ise hareketsizlik, uyuşukluk, kas kaybı, görme bozukluğu, refleks kaybı ve motor fonksiyonlarda bozukluk oluşturmaktadır (CITGO, 2008). Bazı çalışmalarda teratojen ve mutajen etkiler gözlenmiştir (BOC, 1996). Tüm bu etkiler göz önüne alındığında hekzandan kaynaklanan çevresel bir riskin şiddeti tahmin edilebilir.

6.2.4 Hazırlık adımı - Asetonitril

Asetonitril bir çok endüstride çözücü olarak kullanılmaktadır. Bu maddenin yeni kurulacak olan bir ilaç fabrikasında çözücü olarak kullanılması planlanmaktadır. Proses gereği % 70 verimle geri kazanılacak olan asetonitril daha sonra % 75 verimle çalışan bir arıtma ünitesinden geçirilerek havaya verilecektir. Yıllık asetonitril tüketiminin 5000 ton olması planlanmaktadır. İşletme kara yolu ile temin edeceği asetonitril tanklarını üç aylık depolama süresi için dizayn ettiği depolarda saklayacaktır.

Asetonitril ile ilgili fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 6.1'de gösterilmiştir. Parlama noktası oldukça düşük olan asetonitril yüksek derecede alevlenebilir bir maddedir. Buhar yoğunluğunun da 1' den büyük, yani havadan ağır olması yer seviyesinde birikmesine neden olmaktadır. Maruz kalma değerlendirmesi açısından oldukça önemli bir faktördür. Ayrıca, asetonitrilin suda çözünmesi, su ortamında geniş bir bölgeye yayılarak geniş bir kitleyi etkileme potansiyeline neden olmaktadır.

Asetonitril yüksek derecede alevlenebilir olmasının yanı sıra bazı maddeler ile uyumsuzluk göstermektedir. Asetonitril, kuvvetli oksitleyiciler ve asitler ile şiddetli bir şekilde reaksiyona girmekte ve patlamaya neden olabilmektedir. Kuvvetli baz ve indirgeyiciler de şiddetli reaksiyonlara neden olmaktadır. Su veya buharla da reaksiyona girerek zehirli gaz oluşturma potansiyeline sahiptir (Caledon, 2008).

Asetonitrilin, $\log K_{OC}$ değerine göre toprağa tutunma potansiyeli düşüktür. Asetonitril toprağa yayıldığında, katı yüzeylerde düşük tutunma potansiyeli ve yüksek çözünürlüğü nedeniyle, yer altı suyuna sızma eğilimi göstermektedir. Henry sabiti düşük, buhar basıncı orta ve suda çözünürlüğü yüksek olduğu için sudan buharlaşması zordur (EPA, 1994). Asetonitril, su ve kara ortamında orta hızla biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Biyokonsantrasyon faktörü 100 den düşüktür. Bu nedenle biyokonsantrasyon prosesi asetonitril için ihmal edilebilecek düzeydedir. Hava ortamında ise hidroksil radikalleriyle parçalanamamaktadır. Hava ortamında 30 günden fazla yarılanma süresine sahiptir (Mallinckrodt, 2007a). Herhangi bir kaza durumunda asetonitrilin kara ortamına yayılması hem yer altı suyuna hem de yüzeysel sulara taşınmasına neden olacaktır. Asetonitrilin yayıldığı su ve kara ortamlarının yararlı kullanım biçimleri insanların ve ekosistem bileşenlerinin maruz kalması açısından önem kazanacaktır. Hava ortamına dağılan ve taşınan asetonitril

ise insanların bu maddeye soluma yolu ile maruz kalmasına ve zehirli gazlar oluşması nedeniyle şiddetli akut etkilere neden olacaktır.

Asetonitrile soluma yolu ile maruz kalan kişilerde görülen akut etkiler arasında kaygı ve heyecan duygusu, güçsüzlük, baş ağrısı, kusma, nefes darlığı, mide bulantısı, cilt kızarıklığı, uyuşukluk, baş dönmesi, göz tahrişi, düşük nabız, yüksek tansiyon gibi etkiler bulunmaktadır. Akut etkilerin son noktası bilinç kaybı ve ölüme kadar gidebilmektedir. Asetonitril buharları gözleri, deriyi, burnu ve boğazı tahriş edebilmektedir. Asetonitril oda sıcaklığında çok kolay buharlaşabilmektedir. Ciğerler tarafından kolay absorplanabilen asetonitril siyanür zehirlenmesine neden olmaktadır çünkü, asetonitril vücutta siyanür ve tüyo siyanüre dönüşür. Deriyle teması sonucunda oluşan etkiler, madde deri tarafından absorblanabildiği için, soluma yolu ile oluşan etkilerle aynı olmaktadır. Asetonitrilin kronik etkileri arasında ise; tiroid bezi büyümesi, sinir ve soluma sistemi bozuklukları, mide rahatsızlıkları yer almaktadır. Asetonitril oluşturduğu hidrojen siyanür gibi zehirli gazlarla ciddi problemlere yol açmaktadır (Caledon, 2008).

6.2.5 Hazırlık adımı - Kloroform

Kloroform bir çok organik sıvı içinde kolay çözünebildiği için endüstrilerde solvent olarak kullanımı yaygındır. Kloroformun yeni kurulacak olan bir ilaç fabrikasında çözücü olarak kullanılması planlanmaktadır. Bu proseste 4000 ton/yıl kullanılacak olan kloroform, % 70' lik bir kullanım veriminden sonra % 75 verimle çalışan bir arıtma ünitesinden geçirilerek havaya verilecektir. İşletme kloroform tanklarını karayolu ile temin edecek ve kendi bünyesinde depolayacaktır. Depolama hacmi 15 günlük depolama süresi için tasarlanmıştır.

Kloroformun Çizelge 6.1'de gösterilen fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında yüksek buhar basıncı, düşük kaynama noktası ve 1' den büyük olan buhar yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Kloroformun yüksek buhar basıncı ve düşük kaynama noktası bu maddenin oldukça uçucu olduğunu göstermektedir. Madde, kullanıldığı üretim prosesi sonucu ya da herhangi bir kaza nedeniyle suya ya da toprağa girdiğinde, maddenin uçuculuk özelliği bu ortamlardaki taşınımını etkileyecektir. Madde su ya da kara ortamında hızlı bir şekilde buharlaşarak büyük bir bölümü havaya uçacaktır. Muhtemel etki alanlarının değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. Maddenin uçucu olması, çalışanın işyeri ortamında bu maddeye kolayca maruz kalmasına neden

olacaktır. Maddenin zehirlilik ya da sağlık etkileri de mevcutsa bu maruz kalma sonucunda ilgili etkiler ortaya çıkacaktır. Maddenin buhar yoğunluğunun 4 olması ise hava ortamında havadan ağır olduğu için yer seviyesine okmesine neden olacaktır. Bu da çalışanların bu maddeye maruz kalmasını olumsuz yönde etkileyecektir. Ayrıca maddenin bu özelliği dikkate alınarak mühendislik önlemlerinin alınması ve acil durum planlarının oluşturulması gerekmektedir. Kloroform; kuvvetli bazlarla, alüminyum, magnezyum tozları, sodyum, potasyum, aseton, flor, metanol gibi maddelerle uyumsuzluk göstermektedir (Mallinckrodt, 2007b).

Kloroformun suda znrlğ izelge 6.1'de görüldüğü gibi % 0.8 olup oldukça dşktir. Bu nedenle kloroformun su ortamında bulunduğunda uzun mesafelerde taşınması mümkün değildir. Bu da maddenin etkisinin geniş alanlara yayılmasını önlemektedir. Ayrıca, kloroformun znrlğnn çok düşük olması yer altı sularına ulaşması için çok uzun bir zaman gerektirmektedir. Kloroformun log K_{ow} değeri 3' den küçük olup ihmal edilebilir düzeyde biyoakümülasyon potansiyeline sahiptir (Mallinckrodt, 2007b).

Kloroformun suda yarılanma süresi 1-10 gün arasında değişmektedir. Hava ortamında ise, fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan hidroksil radikalleri ile reaksiyona girerek parçalanabilmektedir. Fotoliz prosesi ile orta derece bir hızla parçalanabilmektedir. Havadaki yarı ömrü 30 günden byktir (Mallinckrodt, 2007b). Havadaki yarı ömrünün 30 günden büyük olması soluma yolu ile maruz kalma açısından ciddi akut etkilere neden olabilir.

Kloroformun düşük konsantrasyonlarına maruz kalma solunum yollarında tahrişe neden olmaktadır. Ayrıca merkezi sinir sistemini etkileyerek baş ağrısı, baş dönmesi ve sersemlik yapmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda kloroform solunması bilinç kaybına ve lme neden olmaktadır. Kloroformun yutulması boğazda ve ağızda şiddetli yanık hissine neden olmaktadır. Deri ile teması sonucunda kızarıklık, ağrı ve tahriş yapmaktadır. Gözleri de tahriş etmektedir. İşyeri ortamında uzun ve tekrarlayan srelerde kloroforma maruz kalan kişilerde sinir sistemini, kalbi, ciğerleri, böbreği etkilemektedir. Kanserojen olmasından şüphe duyulmaktadır. Daha önceden deri, göz, ciğer, böbrek ve solunum yolları ile ilgili rahatsızlıklara sahip olanlar bu tür etkiler yaşama açısından daha fazla risk altındadır (Mallinckrodt, 2007b).

6.2.6 Hazırlık adımı - Metanol

Metanol suda ve bir çok organik madde içinde çözünebildiği için endüstrilerde çözücü olarak kullanılmaktadır. Metanolun boya çıkarıcı üretecek olan bir endüstride kullanılması planlanmaktadır. Bu proseste 2000 ton/yıl kullanılacak olan metanol % 70 lik bir kullanım veriminden sonra % 75 verimle çalışan bir arıtma ünitesinden geçirilerek havaya verilecektir. İşletmenin kendi bünyesinde depolanacak olan metanol tankları karayolu ile temin edilecektir. Depolama hacmi altı aylık depolama süresi için tasarlanmıştır.

Metanolun buhar basıncı ve kaynama noktası Çizelge 6.1'de verilmiştir. Maddenin buhar basıncının yüksek olması kaynama noktasının düşük olmasına ve dolayısıyla uçucu bir karakterde olmasına neden olmuştur. Metanolun bu özelliği dikkate alındığında her hangi bir çevre ortamına girdiğinde hızla buharlaşacağı ve hava ortamında buhar fazında bulunacağı anlaşılmaktadır. Özellikle yüksek miktarlardaki metanolun çevrede dağılması ekosistemlerin bu maddeye çok kolay bir şekilde maruz kalmasına neden olacaktır. Metanolun buhar yoğunluğunun da birden büyük olduğu düşünüldüğünde yer düzeyinde birikeceği sonucuna varılabilir. Bu da ekosistem bileşenlerinin bu maddeye maruz kalmasını tetiklemektedir. Metanolun bu fazda önemli akut etkileri olduğu da bildiğine göre çevresel bir riske neden olacaktır. Metanol, fotokimyasal reaksiyonlar sonucu üretilen hidroksil radikalleriyle parçalanabilmektedir ve yarılanma üresi 17 gün civarındadır. Metanol suda tamamen çözünebilen bir maddedir. Bu nedenle toprağa döküldüğünde yer altı suyuna sızma potansiyeline sahiptir (Mallinckrodt, 2007d).

Metanol, suda ve toprakta biyolojik olarak kolay parçalanabilen bir maddedir. Su ortamında hidroliz, oksidasyon, fotoliz, sedimentte birikme ve biyokonsantrasyon gibi dönüşüm prosesleri etkin değildir (Mallinckrodt, 2007d). Bu nedenle su ortamında biyolojik olarak parçalanabilirlik ile ilgili risk faktörleri dikkate alınmalıdır. Metanolun suda biyolojik olarak kolay parçalanabilmesi çözünmüş oksijen tüketimi nedeniyle canlı yaşamı açısından risk oluşturmaktadır. Sudaki yarılanma süresi 3-30 gün arasında değişmektedir.

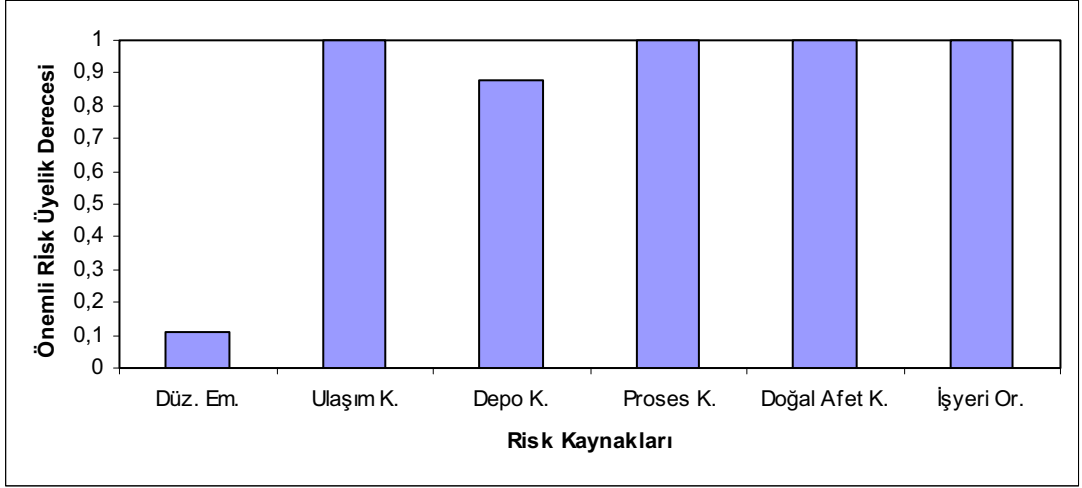
Metanola soluma yolu ile maruz kalındığında akut etki olarak sinir sistemi bozuklukları ortaya çıkmaktadır. Metanolun vücuda alındıktan sonra metabolize olarak vücuttan atılması çok uzun zaman almaktadır. Metanole aşırı derecede maruz

kalınması baş ağrısına, uyuşukluğa, kusmaya, bulanık görüğe, mide bulantısına, körlüğe, komaya ve ölüme neden olmaktadır. Metanolun içilmesi körlüğe ve hatta ölüme neden olabilir. 100-125 ml metanol ölüme yol açabilmektedir. Metanolun içilmesi sonucunda solunum yolu ile maruz kalındığında ortaya çıkan etkiler de oluşmaktadır. Metanolun deri ile teması deride kuruluk ve çatlamaya neden olmaktadır. Metanolun deri yolu ile absorbe edilebilmesi nedeniyle deriyle temas sonucunda solunum yolu ile oluşan etkilere benzer etkiler gözlenmektedir. Metanola sürekli maruz kalma göz fonksiyonlarında bozukluğa neden olmaktadır. Ayrıca daha önceden göz, deri, ciğer, böbrek ile ilgili rahatsızlıklara sahip olan insanların metanole maruz kalma dolayısıyla oluşan etkileri gösterme eğilimi yüksektir (ILO, 2000b).

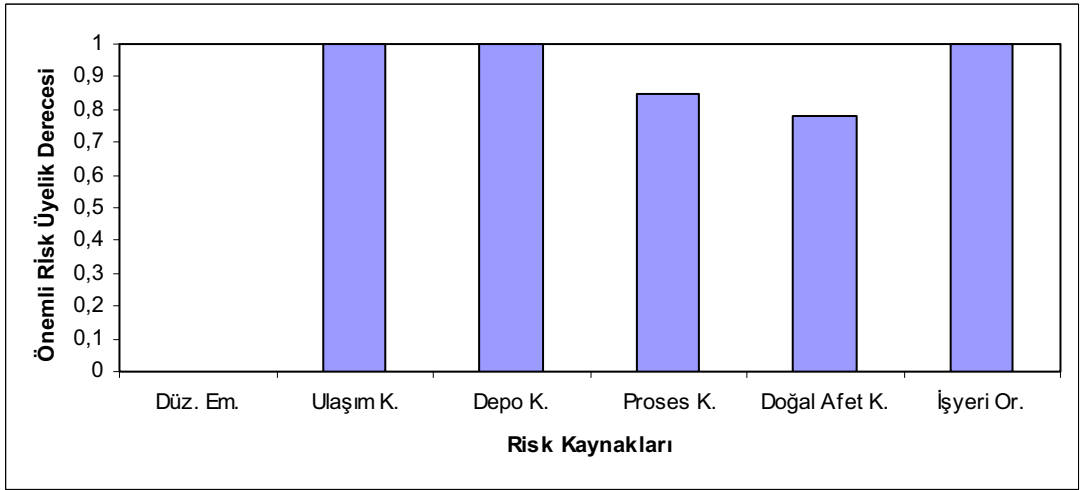
6.2.7. Risk değerlendirme sonuçlarının yorumlanması

Üretim sürecinde TCE kullanacak olan endüstri için çıkan RB* sonuçları Şekil 6.5’de gösterilmektedir. Bu endüstri proje aşamasında, sadece düzenli emisyonları için yapacağı kontrol faaliyetlerini tasarlamıştır. Bu nedenle diğer risk büyüklükleri hem ekosistemin hassasiyetinden hem de maddenin tehlikelilik özelliklerinden dolayı önemli derecede risk arz etmektedir. İşletmenin bu risk kaynakları için değerlendirilen faktörlerine ait öncelik ağırlıklarını gözden geçirerek riske büyük katkıda bulunan faktörlere yönelik önlemler alması gerekmektedir. Şekil 6.6’da gösterilen aseton, Şekil 6.8’de gösterilen asetonitril ve Şekil 6.10’da gösterilen metanol için de aynı durum söz konusudur. İşletmelerin düzenli emisyon kontrolleri dışındaki tüm risklerini düşürmesi gerekmektedir. Şekil 6.7’de gösterilen heksan için prosesden kaynaklanan kazalar ve işyeri ortamı riskleri nispeten düşüktür. Heksan kullanacak olan işletmede proses esnasındaki güvenlik önlemleri planlandığı için risk önemsizeye yakın çıkmıştır. İşyeri ortamı için ise planlanan önlemler tam olarak etkili olamamıştır ve riskin bir miktar daha düşürülmesi gerekmektedir. Şekil 6.10’ da verilen metanol için ise tüm risk kaynakları için riskin düşürülmesi gerekmektedir.

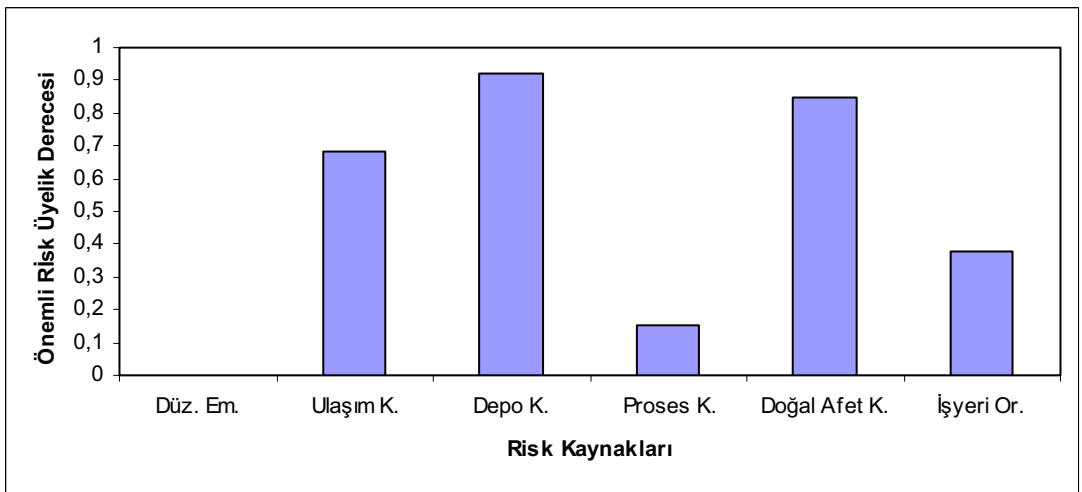
Aynı bölge için benzer özellikteki maddelerin çevresel risk değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonuçlarının birbirine yakın çıkması ve incelenen özelliklerle uyumlu sonuçlar elde edilmesi nedeniyle önerilen yaklaşımın beklenen sonuçları verdiği ve hassas olduğu söylenebilir.



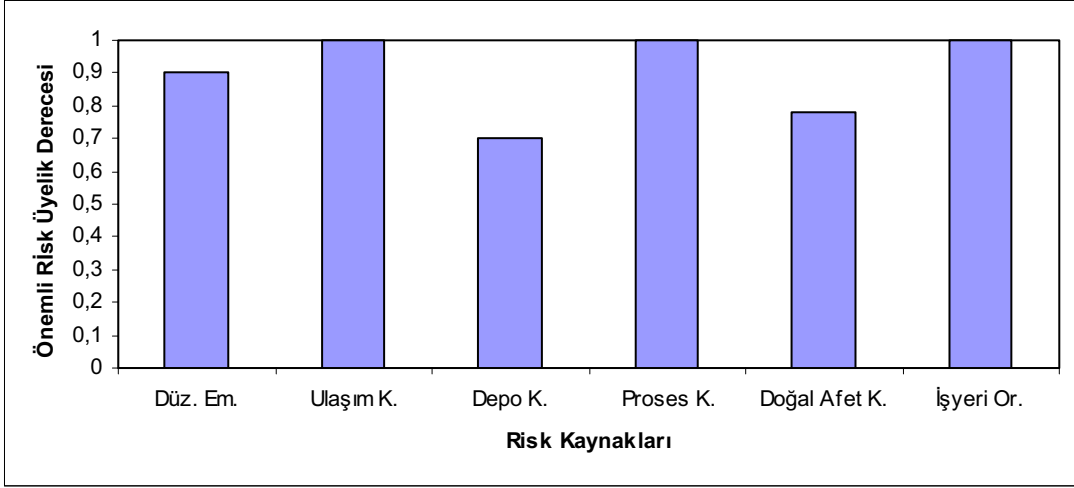
Şekil 6.5: TCE için RB* sonuçları



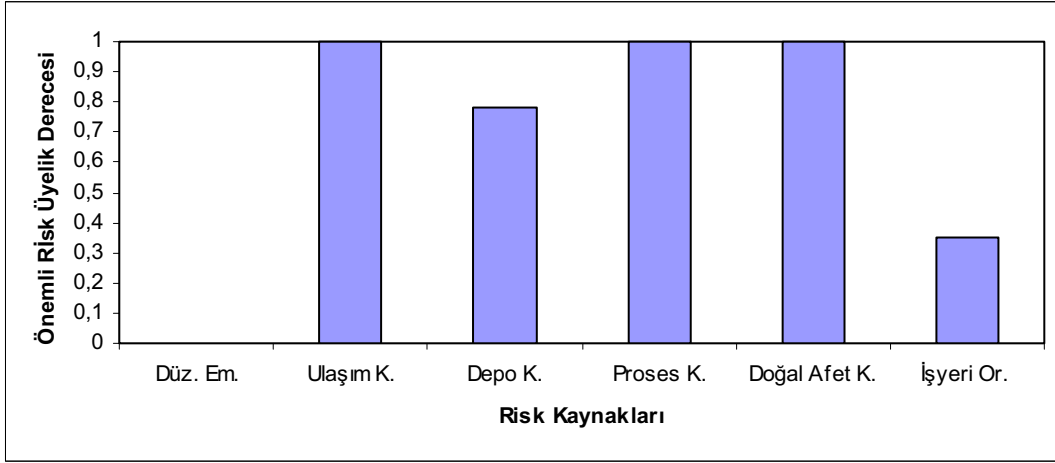
Şekil 6.6: Aseton için RB* sonuçları



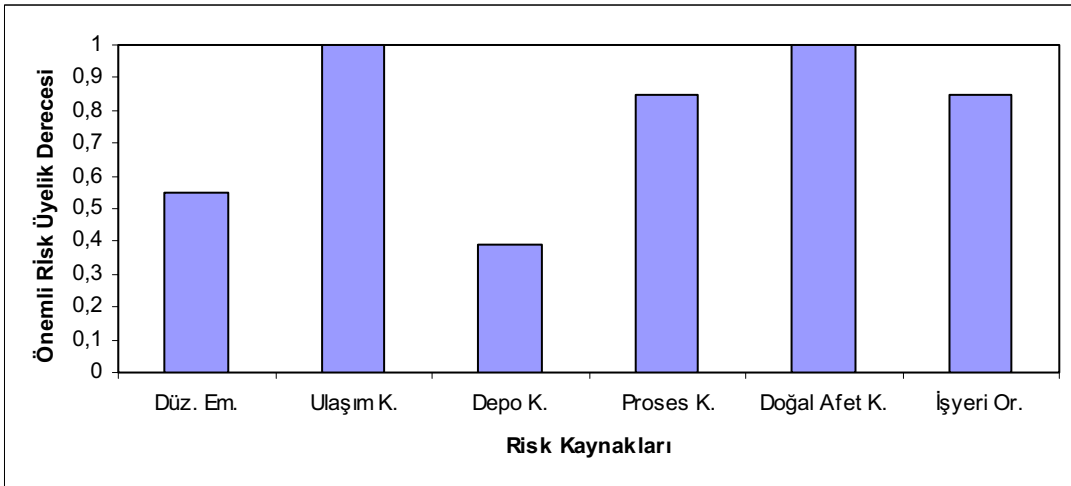
Şekil 6.7: Hekzan için RB* sonuçları



Şekil 6.8: Asetonitril için RB* sonuçları



Şekil 6.9: Kloroform için RB* sonuçları



Şekil 6.10: Metanol için RB* sonuçları

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada önerilen endüstriyel tehlikeli maddeler için risk değerlendirme yaklaşımının oluşturulması ve uygulanması neticesinde varılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Tehlikeli madde kullanan endüstrilerden kaynaklanacak çevresel risklerin karakterizasyonu önemlidir.
- Tehlikeli maddelerin endüstrilerde kullanılmasından kaynaklanacak risklerin önceden değerlendirilerek tahmin edilmesi çevre yönetimi için bir gerekliliktir. Risk değerlendirme sonuçları kullanılarak yönetim stratejilerinin kapsamı ve önemi belirlenmelidir.
- Tehlikeli maddelerin kullanımından kaynaklanan çevresel riski ortaya koyan bir çok faktör olduğuna göre bu faktörlerin sistematik bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Çevresel riskin değerlendirme sürecinin karmaşıklığını indirmek için AHP yönteminin kullanılması önerilmektedir.
- Tehlikeli maddelerin kullanılmasından kaynaklanan çevresel riskin kaynakları üretim süreci boyunca ortaya çıkan düzenli emisyonlar, kazalar nedeniyle oluşan emisyonlar ve işyeri ortamında oluşan emisyonlardır. Bu üç risk kaynağı da farklı faktörlerden etkilenmekte ve risk olasılığı ve şiddeti açısından farklı özellikler taşımaktadırlar.
- Bu kaynaklara ilişkin tehlike tanımı, etki ve maruz kalma değerlendirmesi hiyerarşide alt faktörler ile yapılmalıdır.
- Maddenin tehlikelilik özellikleri ile birlikte maruz kalan ekosistem değerleri de tehlike tanımı açısından göz önüne alınmalıdır.
- Kazaya neden olan faktörler bakımından kazalar dört grupta incelenmelidir. Bunlar; maddenin işletmeye taşınması, depolanması, proseste kullanılması ve deprem, saldırı gibi öngörülemez kaza potansiyeli olmalıdır

- Bulanık mantıkla; risklerin büyüklüğü faktör katkıları, risk olasılığı ve risk şiddeti ile temsil edilerek, risk takdirini ve kestirimini birlikte gerçekleştirmek mümkündür.
- Risk büyüklüğü bu üç bileşenle hesaplanabilir ve çevresel etki değerlendirmeye temel olacak risk büyüklüğü, risk sınıfı ve riskin derecesi ortaya konarak risk takdiri yapılabilir.
- Uygulama sonuçları ile bir tehlikeli madde için tüm riskleri ve risk sınıflarındaki dereceleri de ortaya koymak mümkündür. Bu uygulamanın yönetilmesi gereken risk kaynağını da gösterdiği sonucuna varılmıştır. Örneğin; değerlendirilen işletme için önemli görülen risk kaynakları arasında bu sınıfa aidiyet derecesi en büyük olan işyeri ortamı emisyonları öne çıkmıştır. Bu nedenle yönetim planının bu öncelik sırasına göre oluşturulması sağlanabilmektedir.
- Yöntemin uygulanması sonucunda sadece risk büyüklükleri değil bu riske katkısı olan faktörlerin öncelik ağırlıkları da elde edildiğinden risk yöneticileri, yönetim stratejileri oluştururken hangi risk kaynağını düşürmeye yönelik önlemler alınırsa riskin etkili bir şekilde düşürüleceğini görebilmektedir. Risk yönetiminin kapsamının elde edilen AHP ağırlık puanlarına göre oluşturulabileceği sonucuna varılmıştır.
- Değerlendirilen riskin sınıfının derecesi ile birlikte ortaya konması yönetim alternatifleri arasından seçim yapmayı da kolaylaştırabilir ve işletmenin farklı bölgelerde kurulması durumu için uygulanacak bölgesel alternatiflere ait risk sınıfını derecesi ile ortaya koyacağından alternatiflerin sıralanmasını sağlayabilir. Bu nedenle yer seçimi, madde seçimi, teknoloji seçimi gibi alternatifler arasından karar vericiyi rahatlatacağı sonucuna varılmıştır.
- Özellikle çevre etki değerlendirme sürecinde proje aşamasındaki bir faaliyetin potansiyel çevre etkilerini belirlemek zorunda olan kuruluşlar için önemli faydalar sağlayacaktır. ÇED' e yardım edebilir.
- Risk faktörlerinin hiyerarşi içindeki ağırlıklarının belirlenmesi işletme için çevre açısından stratejik analizler yapılmasını da sağlamaktadır. İşletme çevresel risk açısından güçlü ve zayıf yönlerini tespit edebilmektedir. Ayrıca yöntemin kontrol aracı olarak da kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

- Uygulanan her risk dűşürme önleminde sonra değerlendirmenin tekrar yapılması mevcut durumun risk derecesini ortaya koyacağı için riskin ne derece dűşürüldüğünü de ortaya koyacaktır. İşletmelerin bunu çevre yönetim sistemleri için performans göstergesi olarak kullanmaları önerilmektedir.
- Önerilen yöntemle risk değerlendirme çalışmalarının yapılması çevre yönetimi için esas alınan PUKO (Planla-Uygula-Kontrol Et-Onar) döngüsünün işletilmesini kolaylaştırabilir.
- Riskleri dilsel ifadelerle de ortaya koyabilen yöntemin özellikle çevre etki değerlendirme sırasında halkın katılımı adımıda halkın anlayacağı bir dille iletişim kurulması kolaylığını getirmektedir. Aynı durum reklamını yapmaya ihtiyaç duyan firmaların çevreye verdikleri önemi tüketicilere anlaşılabilir bir dille aktarmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada önerilen risk değerlendirme yaklaşımının risk yönetimi adımları ile çevre etki değerlendirmeye ve çevre yönetim sistemlerine uygun entegrasyonunu sağlayacak bir model ile bir dizin'in yapılması gelecek çalışmalar için önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Achour, M. H., Haroun, A. E., Schult, C. J., Gase, K. A. M.,** 2005: A new method to assess the environmental risk of a chemical process. *Chemical Engineering and Processing*. Vol. **44**, 901-909.
- Andersson, A. S., Tysklind, M., and Fangmark, I.,** 2007: A method to relate chemical accident properties and expert judgements in order to derive useful information for the development of Environment-Accident Index. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. **147**, pp. 524-533.
- Arunraj, R.S., and Maititi, J.,** 2007: Risk based maintenance – Techniques and applications. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. **142(3)**, pp. 653-661
- Arunraj, R.S., and Maititi, J.,** 2008: Development of Environmental consequence index (ECI) using fuzzy composite programming. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. **162(9)**, pp. 29-43
- Bali, Ö.,** 2004. AHP, Bulanık AHP ve Bulanık Mantıkla Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- ATSDR,** 1995. ToxFAQs of Acetone. Retrieved April 3, 2009 from <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts21.html>
- ATSDR,** 2003. ToxFAQs of Trichloroethylene. Retrieved April 3, 2009 from <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts19.pdf>
- ATSDR,** 2006. ToxFAQs of Vinyl Chloride, Retrieved April 3, 2009 from <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts20.pdf>
- Blaser, S. A., Scheringer, M., MacLeod, M., and Hungerbühler, K.,** 2008: Estimation of cumulative aquatic exposure and risk due to silver: Contribution of nano-functionalized plastics and textiles. *Science of Total Environment*. Vol. **390**, pp. 396-409.
- BOC Gases.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Hexane, 1996. Retrieved April 3, 2009 from <http://www.vngas.com/pdf/g38.pdf>
- Borri, D., Concilio G., and Conte E.,** 1998: A Fuzzy Approach For Modelling Knowledge In Environmental Systems Evaluation. *Comput, Environ and Urban Systems*. Vol. **22(3)**, pp. 299-318.
- Caledon Laboratory Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Acetonitrile, 2008. Retrieved April 3, 2009 from <http://www.caledonlabs.com/upload/msds/1200-1e.pdf>
- Carson, P. A., and Mumford, C. J.,** 1994: Hazardous Chemicals Handbook, Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, UK.

- Charnley, G.**, 2008: Perchlorate: Overview of risks and regulation. *Food and Chemical Toxicology*. Vol. **46**, pp. 2307-2315.
- CITGO Petroleum Corporation**. Material Safety Data Sheet (MSDS) for Hexane, 2008. Retrieved April 3, 2009 from http://www.docs.citgo.com/msds_pi/19041.pdf
- Cote, R. P., and Wells, P. G.**, 1991: Controlling Chemical Hazards. Unwin Hyman, London, UK.
- Darbra, R.M., Eljarrat, E., and Barcelo D.**, 2008: How to measure uncertainties in environmental risk assessment. *Trends in Analytical Chemistry*. Vol. **27 (4)**, pp. 377-385
- Dick, W., Belluz, D., and Craig, L.**, 1999. Current Directions in Risk Assessment and Management. Retrieved November, 20, 2008, from <http://www.neram.ca>
- Duffus, J. H., and Worth, H. G. J.**, 1996: Fundamental Toxicology for Chemists, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Dunnivant, F. M., and Anders E.**, 2006: A basic introduction to pollutant fate and transport : an integrated approach with chemistry, modeling, risk assessment, and environmental legislation, Wiley-Interscience, Hoboken, N.J.
- Durdudiler, M.**, “Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlendirmesinde AHP ve Bulanık AHP Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YTÜ, İstanbul, 2006.
- Enick, O. V., and Moore, M. M.**, 2007: Assessing the assessments: Pharmaceuticals in the Environment. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. **27(8)**, pp. 707-729.
- EUSES 2.0 Background Report-Introduction**, 2004. Retrieved March 30, 2009, from http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/EUSES/EUSES_2.1/EUSES_2.0_documentation/EUSES2.0Introduction_def.doc
- Feijtel, T.**, 2003. ECETOC APPROACH To Targeted Risk Assessment, Basel. Retrieved March 30, 2009, from www.toscanaeuropa.it/allegatidef/ecetoc_basel%20outreach3254.ppt
- Foulke, E. G.**, 2007. OSHA Guidance for Hazard Determination for Compliance with the Osha Hazard Communication Standard (29 Cfr 1910.1200). Retrieved March 15, 2009, from <http://www.osha.gov/dsg/hazcom/ghd053107.html>
- Gentile, M., Rogers, W. J., and Mannan M. S.**, 2003: Development Of A Fuzzy Logic-Based Inherent Safety Index. *Institution of Chemical Engineers*. Vol. **81 (B)**, pp. 444-456.
- Görgülü, Ö.**, “Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, 2007.

- Güner, H.**, “Bulanık AHP ve Bir İşletme için Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2005.
- Haas C., and Eisenberg J. N. S.**, 2001: Water quality: guidelines, standards, and health : assessment of risk and risk management for water-related infectious disease, Edited by Fewtrell, L., and Bartram, J., IWA Publishing. Retrieved March 30, 2009, from <http://books.google.com.tr/books?id=d0i6rc0NO5kC&printsec=frontcover&dq=Water+quality:+guidelines,+standards,+and+health+:+assessment+of+risk+and+risk+management+for+water-related+infectious+disease>
- Hansen, P. D.**, 2007: Risk assessment of emerging contaminants in aquatic systems. *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. **(26)11**, pp. 1095-1099.
- Hayo M.G., Werf, V., Tzilivakis J., Lewis, K., and Basset-Mens, C.**, 2007: Environmental impacts of farm scenarios according to five assessment methods. *Agriculture Ecosystems & Environment*. Vol. **118**, pp. 327-338.
- Hayo M.G., Werf, V., and Zimmer C.**, 1998: An Indicator of Pesticide Environmental Impact Based on A Fuzzy Expert System. *Chemosphere*. Vol: 10(36), pp. 2225-2249.
- Hemond, H. F., and Fechner-Levy, E. J.**, 2000: Chemical fate and transport in the environment. Academic Pres, San Diego.
- HM Government.** Fire Safety Risk Assessment Factories and Warehouses, 2006. Alındığıyer:<http://www.communities.gov.uk/documents/fire/pdf/150952.pdf> Alındığı tarih: 29.03.2009
- International Organization Labour (ILO)**, 1994. Acetone. Retrieved April 3, 2009 from http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/isc/dtasht/_isc00/isc0087.htm
- International Organization Labour (ILO)**, 2000a. n-Hexane. Retrieved April 3, 2009 from http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/isc/dtasht/_isc00/isc0087.htm
- International Organization Labour (ILOb)**, 2000b. Methyl Alcohol. Retrieved April 3, 2009 from http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/isc/dtasht/_isc00/isc0057.htm
- Jang, J.S. R. Sun, C.T. ve Mizutani, E.**, 1997. Neuro fuzzy and soft computing a computational approach to learning and machine intelligence, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Jaworska, J., Genderen-Takken, H. V., Hanstveit, A., Plassche, E., and Feijt, T.**, 2002: Environmental risk assessment of phosphonates, used in domestic laundry and cleaning agents in the Netherlands. *Chemosphere*. Vol. 47(6). pp. 655-665.
- Jones, R. R. Pryde, M. ve Cresser, M.**, 2005. An evaluation of current environmental management systems as indicators of environmental performance. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. **16**, pp. 211-219.

- Khadam I., and Kaluarachchi, J., J.,** 2003: Applicability of risk-based management and the need for risk-based economic decision analysis at hazardous waste contaminated sites. *Environment International*. Vol. **29**, pp. 513-519.
- Khan, F. I., and Abbasi, S. A.,** 1998: Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries, *Journal of Loss Prevention*. Vol. **11**, pp. 261-277.
- Khan, F. I., and Abbasi, S. A.,** 2001: Risk analysis of a typical chemical industry using ORA procedure. *Journal of Loss Prevention in the Process Industrie*. Vol. **14**, 43–59.
- Knecht, J.,** n.d., European Union System for the evaluation of substances –EUSES. Retrieved March 30, 2009, from <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/>
- Koren, H., and Bisesi, M.,** 1996: Handbook of environmental health and safety : principles and practices, Cilt 1, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Leeuwen, C. J., and Vermeire, T. G.,** 2007: Risk Assessment of Chemicals: An Introduction, Springer, Hollanda.
- Li W. X., Zhang, X. X., Wu B., Sun S. L., Chen Y. S., Pan W. Y., Zhao D. Y., and Cheng S. P.,** 2007: An integrated fuzzy-stochastic modeling approach for risk assessment of groundwater contamination. *Journal of Environmental Management*. Vol. **82**, pp. 173-178.
- Lia, J., Huang, G.H., Zeng, G., Maqsood, I., and Huang, Y.,** 2007: An integrated fuzzy-stochastic modeling approach for risk assessment of groundwater contamination, *Journal of Environmental Management*, **82**, 173-188.
- Liu, K. F. R., and Lai, J. H.,** 2008: Decision support for environmental impact assesment: A hybrid approach. *Expert Systems with Applications*.
- Mallinckrodt Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Acetone, 2001. Retrieved April 3, 2009 from http://www.prism.princeton.edu/PRISM_cleanroom/MSDS/ACETONE.pdf
- Mallinckrodt Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Acetonitrile, 2007a. Retrieved April 3, 2009 from <http://evans.mse.berkeley.edu/~dan/msds-evansgroup/msds-ACETONITRILE.pdf>
- Mallinckrodt Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Chloroform, 2007b. Retrieved April 3, 2009 from <http://evans.mse.berkeley.edu/~dan/msds-evansgroup/msds-CHLOROFORM.pdf>
- Mallinckrodt Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Hexane, 2007c. Retrieved April 3, 2009 from http://www.prism.princeton.edu/PRISM_cleanroom/MSDS/HEXANEE.pdf
- Mallinckrodt Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Methyl Alcohol, 2007d. Retrieved April 3, 2009 from http://www.prism.princeton.edu/PRISM_cleanroom/MSDS/METHYL%20ALCOHOL.pdf
- Mallinckrodt Chemicals.** Material Safety Data Sheet (MSDS) for Trichloroethylene, 2000. Retrieved April 3, 2009 from http://www.prism.princeton.edu/PRISM_cleanroom/MSDS/TRICHLOROETHYLENE.pdf

- Matthews, D.H.**, 2003. Environmental management systems for internal corporate environmental benchmarking, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. **10**, 95-106.
- Moore G.S.**, 2007: Living with the Earth: Concepts in Environmental Health Science. CRC Pres, Boca Raton, FL.
- Moschandreas, D. J., Watson, J., Abreton, P. D., Scire, J., Zhu, T., Klein, W., and Saksena, S.**, 2002. Chapter three: methodology of exposure modeling. *Chemosphere*. Vol: 49, pp. 923-946.
- Musee, N., Aldrich, C., and Lorenzen, L.**, 2008: New methodology for hazardous waste classification using fuzzy set theory Part II. Intelligent Decision support system. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. **157**, pp. 94-105.
- Musee, N., Aldrich, C., and Lorenzen, L.**, 2006: An integrate fuzzy hazardous index for composite wastes. *Journal of Hazardous Materials*. Vol: A137, pp. 723-733.
- OECD, Environment Directorate**, 2001. OECD Series on Chemical Accidents No. 9, ENV-JM-MONO-2002-21
- OECD SIDS** Initial Assessment Report for SIAM 13: Vinyl Chloride, UNEP Publications, Bern, Switzerland, 2001. Retrieved April 3, 2009 from www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECD/SIDS/VINYLCHEM.pdf
- Olson, S.**, 1999: International Environmental Standards Handbook. Retrieved March 15, 2008 from <http://0-www.environmentbase.com.divit.library.itu.edu.tr/ejournals/search/searchquery.asp?cmd=search&request=environmental+management>
- Perez, A. P.**, 2005. Data collection needs for hazard and risk assessment of chemical substances. IUCLID and the future REACH IT, European Chemicals Bureau, Joint Research Center. Retrieved March 30, 2009, from <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/home.php?CONTENU=/DOCUMENTS/>
- Ramaswami, A., Milford, J. B., and Small, M. J.**, 2005: Integrated environmental modeling : pollutant transport, fate, and risk in the environment, J. Wiley, Hoboken, N.J.
- Ramathan, A., Milford, J. B., and Small, M. J.**, 2005 Integrated Environmental Modeling, Pollutant Transport, Fate, and the Risk in the Environment, John&Wiley Sons., New Jersey, USA.
- Ross, T.J.**, 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications, Mc-Graww Hill, New York
- Saaty, T.L.**, 1994: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP, RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L.**, 1990: The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. RWS Publications, Pittsburgh.
- Sacarello, H. L. A.**, 1994: The Comprehensive Handbook of Hazardous Materials Regulations, Handling, Monitoring, and Safety, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

- Saouter, E., Pittinger, C., and Feijtel, T.,** 2001: Aquatic Environmental Impact of Detergents: From Simple to More Sophisticated Models. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. **50**, pp. 153-159.
- Sonnemann, G., Castells, F., and Schuhmacher, M.,** 2004. Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes Environmental Risk Assessment, CRC Pres. Retrieved September 15, 2008, from <http://0-www.environetbase.com>
- Stapleton, P. J., Glover, M. A., and Davis, S. P.,** 2001: Environmental Management Systems: An Implementation Guide for Small and Medium Sized Organizations, Second Edition. NSF International, Ann Arbor, USA.
- Şen, Z.,** 2004: Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul
- Talınlı, İ., Platin, K. M., ve Sunar, T.,** 1999: Tehlikeli Maddelerin Çevresel Risk Değerlendirmesi, DPT Projesi son rapor, İstanbul, Türkiye.
- Technical Guidance Document (TGD) on Risk Assessment Part I,** 2003: Institute for Health and Consumer Protection, European Commission Joint Research Centre, Italy Retrieved April 3, 2009 from http://ecb.jrc.ec.europa.eu/Documents/TECHNICAL_GUIDANCE_DOCUMENT/EDITION_2/tgdpart1_2ed.pdf
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,** Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, 1993. Alındığı yer: www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/20749.html, Alıntı tarihi: 25.03.2009
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,** Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği, 2005. Alındığı yer: www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/26005.doc, Alıntı tarihi: 25.03.2
- Topel, A.,** “Analitik Hiyerarşi Prosesinin Bulanık Mantık Ortamındaki Uygulamaları-Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- Uğur, B. G.,** Çok Amaçlı Bulanık Transport Problemi İşleme Prensipleriyle Çözülmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- Url-1** <www.tuzla.bel.tr>, alındığı tarih 03.04.2008
- Url-2** <www.itosbr.org>, alındığı tarih 03.04.2008
- Url-3** <<http://ew.eea.europa.eu/ManagementConcepts/>>, alındığı tarih 25.02.2009
- Url-4** <<http://www.iema.net/ems/newtoems>>, alındığı tarih 15.04.2009
- Url-5**<<http://www.emas.org.uk/aboutemas/mainframe.htm>>, alındığı tarih 28.03.2008
- Url-6**<http://www.tpub.com/content/advancement/14504/css/14504_105.htm>, alındığı tarih 01.04.2009
- U.S. EPA,** 1989: Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final, EPA/540/1-89/002, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

- U.S. EPA**, 1991: Guidelines for Developmental Toxicity Risk Assessment, EPA/600/FR-91/001, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- U.S. EPA**, 1994. Chemical Summary for Acetonitrile. Retrieved April 3, 2009 from http://www.epa.gov/chemfact/s_acenit.txt
- U.S. EPA**, 1997a: Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments, Interim Final, EPA 540-R-97-006, Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC.
- U.S. EPA**, 1997b: Guidance on Cumulative Risk Assessment, Science Policy Council, Washington.
- U.S. EPA**, 1997c: Exposure Factors Handbook, EPA/600/P-95/002Fa, Office of Research and Development National Center for Environmental Assessment, Washington, DC.
- U.S. EPA**, 2000: Risk Characterization Science Policy Council Handbook, EPA 100-B-00-002, Office of Science Policy Office of Research and Development, Washington, DC.
- U.S. EPA**, 2001. Sources, Emission and Exposure for Trichloroethylene (TCE) and Related Chemicals. Retrieved April 3, 2009 from http://books.google.com.tr/books?id=6kd2Rwr4T0oC&printsec=frontcover&dq=trichloroethylene&source=gbs_summary_r&cad=0#PPP1,M1
- Walters, D., and Grodzki, K.**, 2006: Beyond limits? : dealing with chemical risks at work in Europe, Elsevier, Boston, USA.
- Wessberg N., Molarius R., Seppala, J., Koskela, S., Pennanen J.**, 2007: Environmental risk analysis for accidental emissions. *Journal of Chemical Health & Safety*. pp. 24-31.
- Yager, R. R., and Zadeh L. A.**, 1992. An Introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems
- Yılmaz, S.**, “Uçak Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesinde AHP ve Bulanık AHP Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YTÜ, İstanbul, 2006.
- Zeng, J., An, M., and Smith, N. G.**, 2007: Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assesment, *Project Management*, Vol. **25**, pp. 589-600

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Emel Topuz

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 17/03/1984

Adres: İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü , 34469, Maslak/İstanbul

Lisans Üniversitesi: Çevre Mühendisliği Bölümü, İTÜ

Endüstri Mühendisliği Bölümü, İTÜ