

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU İLE TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA
YERLEŞİM ALANLARININ RİSKLERİ**

YÜKSEK LİSANS

Kimya Müh. Merve ERCAN KALKAN

Anabilim Dalı: Kimya Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Veli DENİZ

KOCAELİ, 2012

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU İLE TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA
YERLEŞİM ALANLARININ RİSKLERİ**

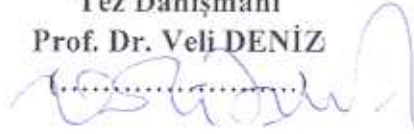
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Müh. Merve ERCAN KALKAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Aralık 2011

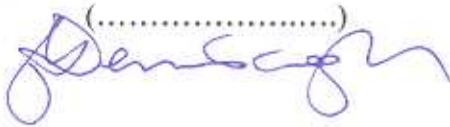
Tezin Savunulduğu Tarih: 11 Ocak 2012

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Veli DENİZ**



Üye

Prof. Dr. Mustafa DEMİRCİOĞLU

(.....)


Üye

Yard. Doç. Dr. Bağdagül KARAĞAÇ

(.....)



KOCAELİ, 2012

TEŞEKKÜR

Toplumsal olaylara karşı duyarlılığıyla kendisini her zaman örnek aldığım ve çalışmamı yürütmemde beni yüreklendirerek, yol gösterici olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Veli DENİZ'e,

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli kolaylıkları gösteren Karayolları Genel Müdürlüğü Başmühendisliği'ne ve tüm iyi niyetleri ile her konuda bana yardımcı olan Kimyasal Kontrol Noktaları'nda görevli personele,

Anket çalışmalarını uygulamamda yardımcı olan İzmit, Başiskele, Derince, Kandıra, Körfez ve Tekirdağ İtfaiye Müdürlükleri ile tüm katılımcılara,

Bilgi gizliliği nedeniyle ismini veremediğim, ancak tüm anket sorularımı samimiyetle yanıtlayan taşımacılık şirketlerinde görevli çalışanlara,

Değerli vaktini ayırarak, görüşleriyle çalışmama katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. Melih İNAL'a,

Deneyimleri ve gülyüzleri ile her zaman yanımda olan sevgili çalışma arkadaşlarım Şebnem KEMALOĞLU DOĞAN ve N. Gamze KARSLI YILMAZ'a,

Her zaman samimi düşüncelerini paylaşmaktan çekinmeyen sevgili arkadaşlarım Hümeysra ŞİRİN ve Dilek TURAN'a,

Çalışmam sırasında bana gösterdikleri anlayış, destek ve oluşturdukları sıcak çalışma ortamı için Biyoteknoloji ailesinin sevgili üyeleri, Bahar KUTLUK, Togayhan KUTLUK ve Melda AKBİN'e,

Aynı dönemde yüksek lisansa başlayarak, yine aynı dönemde çalışma hayatına atıldığım ve hiçbir zaman benden desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Filiz UĞUR NİGİZ'e,

Destekleri ile her zaman yanımda hissettiğim, sevgili arkadaşlarım H. Elif AKAR ve K. Pelin ÇALIŞKAN'a,

Bana her zaman inandıklarını hissettirerek, beni gönülden destekleyen, her zaman bir parçası olmaktan mutluluk duyduğum sevgili annem Nigar ERCAN ve sevgili babam Necdet ERCAN ile bana yaşama sevinci aşılayan sevgili kardeşim Buket'e,

İnancı, sonsuz desteği ve anlayışı ile tehlikeli madde yolculuğumda beni yalnız bırakmayan sevgili eşim M. Emin KALKAN'a

En içten teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vii
SİMGELER.....	viii
ÖZET	x
İNGİLİZCE ÖZET.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Kocaeli Kenti Hakkında Genel Bilgi	2
1.2. Kocaeli Kenti ve Karayolları	4
1.3. Karayolunda Tehlikeli Madde Taşımacılığı.....	7
1.4. Trafik Kaza İstatistikleri	9
2. TEMEL KAVRAMLAR.....	10
3. TAŞIMACILIK RİSK ANALİZİ (TRA).....	19
4. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALARA GENEL BİR BAKIŞ	28
5. MEVZUAT	38
5.1. Ulusal Mevzuat	38
5.2. Uluslararası Düzenlemeler	42
5.2.1. ADR Anlaşması'nın A eki	46
5.2.1.1. Genel hükümler (ADR-Bölüm 1).....	46
5.2.1.2. Sınıflandırma (ADR-Bölüm 2)	46
5.2.1.3. Tehlikeli malların listesi, özel hükümler ve sınırlı ve istisnai mallara ilişkin muafiyetler (ADR-Bölüm 3)	47
5.2.1.4. Paketleme ve tank hükümleri (ADR-Bölüm 4).....	49
5.2.1.5. Sevkiyat işlemleri (ADR-Bölüm 5)	50
5.2.1.6. Ambalajlar, ortaboy dökme kaplar (IBC), büyük ambalajlar ve tankların yapı ve testleri için gereklilikler (ADR-Bölüm 6)	56
5.2.1.7. Taşıma, yükleme, boşaltma ve elleçleme ile ilgili hükümler (ADR-Bölüm 7)	57
5.2.2. ADR Anlaşması'nın B eki	57
5.2.2.1. Araç personeli, ekipmanlar, işlem ve dokümantasyon (ADR-Bölüm 8)	57
5.2.2.2. Araçların yapısı ve uygunluğu ile ilgili gereklilikler (ADR-Bölüm 9).....	57
6. BULANIK MANTIK.....	58
6.1. Bulanık Küme Kuramı	60
6.2. Bulanık Sistemler	64
6.2.1. Bulanıklaştırma	65
6.2.2. Bulanık sonuç çıkarma (çıkartım) sistemi (FIS)	65
6.2.3. Öncül önermelerin bağlanması	66
6.2.4. Kural sonuçlarının birleştirilmesi	66
6.2.5. Durulama.....	66
6.3. Bulanık Uzman Sistem.....	67
7. ARAŞTIRMA VE UYGULAMA YÖNTEMİ	69

7.1. Mevcut Durumu Belirleme Çalışmaları	69
7.1.1. Kimyasal madde kontrol noktaları ve tehlikeli madde akış verileri	69
7.1.2. Karayolları tehlikeli madde kaza verileri	73
7.1.3. Acil müdahale ekiplerinin durumunun belirlenmesi.....	73
7.1.4. Taşıyıcı firmaların ADR geçiş sürecindeki durumlarının belirlenmesi	75
7.2. Önerilen Uygulama Yöntemi: Bulanık Uzman Sistem	76
8. BULGULAR VE TARTIŞMA	83
8.1. Tehlikeli Madde Akış Verileri	83
8.2. Karayolları Tehlikeli Madde Kaza Verileri	88
8.3. Acil Müdahale Ekiplerinin Durumu	89
8.4. Taşıyıcı Firmalar Açısından ADR Geçiş Süreci	95
8.5. Bulanık Mantık Uygulaması	96
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR	110
EKLER	116
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	136
ÖZGEÇMİŞ	137

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Türkiye haritası üzerinde Kocaeli ili	3
Şekil 1.2: İzmit körfezi'nin uydu görüntüleri	3
Şekil 1.3: Karayolları Genel Müdürlüğü bölgeler haritası	4
Şekil 1.4: Karayolları 1. Bölge	5
Şekil 1.5: Kocaeli'nin 1. bölge sınırları içerisindeki bölümü	5
Şekil 1.6: 2010 yılı devlet yolları bölgeler bazında taşıt, yolcu ve ton-km değerleri	6
Şekil 1.7: 2010 yılı devlet yolları bölgeler bazında taşıt, yolcu ve ton-km değerlerinin Türkiye geneline oranı	7
Şekil 1.8: Kocaeli'de yaşanan trafik kazalarının yıllara göre dağılımı	9
Şekil 3.1: Risk analizinin ana bileşenleri	20
Şekil 3.2: Karayolu tankerinde taşınan alevlenebilir sıvılar için oluşturulan örnek bir olay ağacı kesiti	21
Şekil 3.3: Toplumsal risk eğrisi örneği	23
Şekil 3.4: Bireysel risk temsiliinde kullanılan ISO-risk eş yükselti eğrileri örneği	24
Şekil 5.1: ADR Anlaşması ek-A, bölüm 3.2'de yer alan tehlikeli madde listesinden bir kesit	48
Şekil 5.2: Patlayıcı madde veya malları belirtmek üzere kullanılan etiketler	50
Şekil 5.3: No. 2.1 ile sınıflandırılan alevlenebilir gazları belirtmek üzere kullanılan etiketler	51
Şekil 5.4: No. 2.2 ile sınıflandırılan alevlenebilir ve zehirli olmayan gazları belirtmek üzere kullanılan etiketler	51
Şekil 5.5: No. 2.3 ile sınıflandırılan ve zehirli gazları belirtmek üzere kullanılan etiketler	51
Şekil 5.6: Alevlenebilir sıvılar sınıfına dahil olan maddeleri belirtmek için kullanılan etiketler	52
Şekil 5.7: 4.1 ve 4.2 sınıflarına ait yanıcı katılar ve kendi kendine yanabilen maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiketler	52
Şekil 5.8: Sınıf 4.3 su ile temasında alevlenebilir gazlar yayan maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiketler	52
Şekil 5.9: Oksitleyici maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket	53
Şekil 5.10: Organik peroksitleri belirtmek üzere kullanılan etiketler	53
Şekil 5.11: Sınıf 6.1'e dahil olan zehirli maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket	53
Şekil 5.12: Sınıf 6.2'ye dahil olan bulaşıcı maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket	54
Şekil 5.13: Farklı etkinlik düzeylerindeki radyoaktif maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiketler	54
Şekil 5.14: No. 7E ile ifade edilen parçalanabilir (filyon) maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket	55
Şekil 5.15: Aşındırıcı (korozyif) maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket	55

Şekil 5.16: Diğer sınıfların kapsamına girmeyen çeşitli tehlikeli madde ve malları belirtmek üzere kullanılan etiket	55
Şekil 5.17: Tehlike tanımlama numarası ve Birleşmiş Milletler numarasının yer aldığı turuncu plaka örneği.....	56
Şekil 6.1: Bulanık mantık ve uygulamaları için sınıflandırma önerisi	59
Şekil 6.2: Sıcaklık için klasik küme örneği.....	61
Şekil 6.3: Sıcaklık için bulanık küme örneği	61
Şekil 6.4: Klasik uzun boylular kümesi örneği	62
Şekil 6.5: Klasik kümelerde kesişim.....	62
Şekil 6.6: Boy uzunlukları bulanık kümesi	63
Şekil 6.7: Farklı üyelik işlevi örnekleri.....	63
Şekil 6.8: Klasik sistem.....	63
Şekil 6.9: Bulanıklaştırıcı-durulayıcı birimli bulanık sistem	64
Şekil 7.1: Kavacık'ta yer alan 1. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı kimyasal madde kontrol noktası	70
Şekil 7.2: Etiler Kavşağı'nda yer alan 1. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı kimyasal madde kontrol noktası	71
Şekil 7.3: MATLAB programı bünyesindeki bulanık mantık araç kutusuna erişim	78
Şekil 7.4: Bulanık mantık araç kutusu üzerindeki bulanık çıkartım sisteminin genel görünümü	78
Şekil 7.5: Tanımlanan bulanık sistemin giriş ve çıkış değişkenleri	79
Şekil 7.6: Sürücü deneyimi için oluşturulan üyelik işlevi.....	80
Şekil 7.7: Araç uygunluğu için oluşturulan üyelik işlevleri.....	80
Şekil 7.8: Nüfus yoğunluğu için oluşturulan üyelik işlevleri.....	81
Şekil 7.9: Acil müdahale ekipleri için oluşturulan üyelik işlevleri.....	81
Şekil 7.10: Risk düzeyi için oluşturulan üyelik işlevleri	81
Şekil 8.1: Seçilen rastgele tarihlerde geçiş yapan tehlikeli maddelerin akış yönüne göre dağılımı	85
Şekil 8.2: Avrupa-Asya yönündeki tehlikeli madde akışlarının ADR sınıflarına göre dağılımı.....	86
Şekil 8.3: Asya-Avrupa yönündeki tehlikeli madde akışlarının ADR sınıflarına göre dağılımı.....	87
Şekil 8.4: Merkezi Kocaeli'de bulunan ve tehlikeli madde taşımacılığı yapan bir firmanın bir hafta süresince yükleme ve boşaltma noktaları.....	88
Şekil 8.5: 2009 ve 2010 yılları için Kocaeli kenti tehlikeli madde taşımacılığı kaza haritası	89
Şekil 8.6: Katılımcı yanıtlarının 1. ve 2. sorular için dağılımı.....	90
Şekil 8.7: Katılımcı yanıtlarının 3., 4. ve 5. sorular için dağılımı.....	91
Şekil 8.8: Katılımcı yanıtlarının 6., 7., 8. ve 9. sorular için dağılımı.....	92
Şekil 8.9: Katılımcı yanıtlarının 10., 11., 12. ve 13. sorular için dağılımı.....	92
Şekil 8.10: Katılımcı yanıtlarının 14. ve 15. sorular için dağılımı.....	93
Şekil 8.11: Katılımcı yanıtlarının 16., 17., 18. ve 19. sorular için dağılımı.....	94
Şekil 8.12: Belirlenen her bir giriş değişkeninin çıkış değişkeni ile ilişkileri a) nüfus yoğunluğu b) araç uygunluğu c) acil müdahale ekipleri d) sürücü deneyimi	97
Şekil 8.13: Araç uygunluğu ve sürücü deneyiminin risk düzeyi ile ilişkisi.....	97
Şekil 8.14: Sürücü deneyimi ve nüfus yoğunluğunun risk düzeyi ile ilişkisi	98
Şekil 8.15: Sürücü deneyimi ve acil müdahale ekiplerinin risk düzeyi ile ilişkisi	98

Şekil 8.16: Araç uygunluğu ve nüfus yoğunluğunun risk düzeyi ile ilişkisi	99
Şekil 8.17: Araç uygunluğu ve acil müdahale ekiplerinin risk düzeyi ile ilişkisi.....	99
Şekil 8.18: Nüfus yoğunluğu ve acil müdahale ekiplerinin risk düzeyi ile ilişkisi	100
Şekil 8.19: Oluşturulan kural tabanından bir kesit.....	100
Şekil 8.20: Kural görüntüleyiciden bir kesit	101
Şekil 8.21: Oluşturulan grafik arayüzünden bir kesit	101
Şekil 8.22: Uygulama çıktısından örnekler	102
Şekil 8.23: Farklı sınır koşullarında risk düzeyleri a) en kötü senaryo için b) en olumlu senaryo için risk düzeyi	103

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1: Karayolları üzerinde taşınan yükler ve taşıtlar bazında dağılımı	7
Tablo 3.1: Tehlikeli madde taşımacılığı kullanılan hesaplamalar	27
Tablo 5.1: ADR anlaşmasının genel yapısı	45
Tablo 5.2: ADR-tehlikeli maddeler listesine göre metanolün sınıflandırılması ve paketlenmesi ile ilgili hükümler	48
Tablo 5.3: ADR-tehlikeli maddeler listesine göre metanolün taşınması ile ilgili hükümler	49
Tablo 7.1: İtfaiye anketi katılımcı profili	75
Tablo 7.2: Tehlikeli madde taşıyan firmalara yönelik anket katılımcıları hakkında ön bilgi	76
Tablo 7.3: Belirlenen giriş etmenleri ve derecelendirme düzeyleri	80
Tablo 7.4: Belirlenen çıkış etmeni ve derecelendirme düzeyleri	80
Tablo 8.1: Yıllara göre FSM Köprüsü'nden denetimli olarak tehlikeli kimyasal madde taşıyan çeşitli cins ve kapasitelerdeki araç sayıları	83
Tablo 8.2: Aylara göre FSM Köprüsü'nden denetimli olarak tehlikeli kimyasal madde taşıyan çeşitli cins ve kapasitelerdeki araç sayıları	84
Tablo 8.3: Rastgele tarihlerde FSM Köprüsü'nden denetimli olarak tehlikeli kimyasal madde taşıyan çeşitli cins ve kapasitelerdeki araç sayıları	84
Tablo 8.4: Seçilen rastgele tarihlerde geçiş yapan tehlikeli madde akış verilerinin ADR tehlike sınıflarına göre dağılımı	86
Tablo 8.5: Kocaeli bölgesinde tehlikeli madde taşıyan farklı ölçeklerdeki firmaların ADR geçiş sürecindeki durumları	95

SİMGELER

A	: olay
$A_{L,1}$	: yol üzerindeki ölümcül alan (km^2)
$A_{L,2}$	: ölümcül alan (km^2)
$A_{L,t}$	: toplam ölümcül alan (km^2)
C	: A olayının sonucu
C_i	: i hattı üzerinde meydana gelen kazaya bağlı sonuçların bir ölçümü
D	: nüfus yoğunluğu (nüfus.km^{-2})
D_i	: i hattı boyunca uzanan bölgedeki toplam nüfus
f_{iS}	: S senaryosunun gelişmesi olasılığı (kaza sayısı)
F_j	: bir kazanın N'den fazla ölümle gerçekleşme olasılığı
h_j	: yerel parametre (kaza/km.araç)
k	: ortalama araç kullanım faktörü (nüfus/araç sayısı)
L_i	: yolun uzunluğu (km)
N	: ölü sayısı
N	: toplam küme veya derecelendirme sayısı
n_i	: araç sayısı
N_i	: i kümesindeki kazaların sayısı
N_s	: S senaryosuna bağlı olarak gerçekleşen ölümcül olaylar
N_{s1}	: ölü sayısı
N_{s2}	: yol dışındaki ölü sayısı
P	: olasılık
P_f	: olasılık, bağlı sıklık
P_I	: kazaya dahil olan alevlenebilir maddelerin tutuşma olasılığı
R	: risk
S	: senaryo
U	: A ve C ile ilgili belirsizlikler
y, j	: eş zamanlı senaryolar
γ_0	: temel sıklık ($\text{kaza.km}^{-1}/\text{araç}$)
γ_i	: i'nci hat üzerinde beklenen sıklık ($\text{kaza.km}^{-1}/\text{araç}$)
$\mu(x)$	: üyelik derecesi
θ	: bölgedeki trafik yoğunluğu (araç.km^{-2})

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACS	: Any colony system (Karıncalar kolonisi sistemi)
ADR	: Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route (Uluslararası Karayollarında Tehlikeli Maddelerin Taşınmasına Dair Avrupa Anlaşması)

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CCOHS	: Canadian Center for Occupational Health and Safety (Kanada İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi)
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
FIS	: Fuzzy Inference System (Bulanık Çıkartım Sistemi)
HSEES	: Hazardous Substances Emergency Events Surveillance System (Tehlikeli Madde Acil Durum Gözetim Sistemi)
IBC	: Intermediate Bulk Container (Orta boy dökme kaplar)
IHHMM	: Institute of Hazardous Materials Management (Tehlikeli Maddelerin Yönetimi Enstitüsü)
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standart Organizasyonu)
ISTAT	: Istituto Nazionale di statistica (İtalya Ulusal İstatistik Enstitüsü)
İGEME	: İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KOSANO	: Kocaeli Sanayi Odası
MEGC	: Birden fazla bölüm içeren gaz kaplar
MEMU	: Hareketli (mobil) patlayıcı üretim birimleri
MHIDAS	: The Major Hazard Incidents Data Service (Büyük Tehlikeli Kazalar Veri Hizmeti)
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration (ABD İş Sağlığı Güvenliği İdaresi)
TEM	: Trans European Motorways (Avrupa Transit Otoyolu)
TIUS	: Truck Inventory and Use Survey (Kamyon Envanter ve Kullanım Araştırması)
TKSD	: Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TSK	: Takagi Sugeno Kang
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UN	: United Nations (Birleşmiş Milletler)
UNECE	: United Nations Economic Commissions for Europe (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu)
USDOT	: United States Department of Transportation (ABD Ulaştırma Bakanlığı)

KARAYOLU İLE TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA YERLEŞİM ALANLARININ RİSKLERİ

Merve ERCAN KALKAN

Anahtar Kelimeler: Tehlikeli Madde Taşımacılığı, Riskler, Belirsizlikler, Bulanık Mantık

Özet: Hızla gelişen sanayileşme ile birlikte, tehlikeli maddelerin yaygın olarak kullanımı bu maddelerin bir noktadan diğerine taşınmasını zorunlu hale getirmiştir. Tehlikeli maddeler, başta karayolu olmak üzere çeşitli yollarla taşınmakta, ancak bu maddelerin bir kısmı hedefine güvenli olarak ulaşırken, bir kısmı da büyük felaketlere yol açabilecek kazalarla sonuçlanmaktadır. Zehirli, yanıcı, ya da aşındırıcı maddeler hemen her gün nüfusun yoğun olduğu endüstrileşmiş kentlerden, geçiş yolları üzerinde bulunan küçük kentlere kadar birçok yaşam alanını tehdit etmektedir.

Bu çalışmada, bir sanayi kenti olan ve karayolu ile tehlikeli madde trafiğinde önemli bir geçiş noktası olan Kocaeli ilindeki tehlikeli madde akışı araştırılmıştır. Söz konusu akışın Asya-Avrupa yönünde yoğunluk kazandığı ve en çok alevlenebilir ve aşındırıcı maddelerin dahil olduğu ADR 3 ve 8 sınıflarına ait maddelerin taşındığı görülmüştür.

Acil müdahale ekipleri ile tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin bir dizi anket çalışması yapılmıştır. Atık giderimi (bertarafı) ve acil durumlarda karar verme konusunda eksikliklerin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca taşıyıcı firmalar ile ADR'ye uyum durumları hakkında görüşülmüş, büyük ölçekli firmaların bu konuda hazırlıklarını tamamladığı, ancak küçük ve orta ölçekli firmaların araçlarının teknik uygunluğu ve sürücülerin eğitimleri ile ilgili eksikliklerinin olduğu gözlenmiştir. Sektördeki ilgili personelin tehlikeli maddeler konusundaki eğitim eksikliklerinin ivedilikle tamamlanması gerekmektedir. Kaza kayıtları araştırılarak kentte tehlikeli madde kazalarının yoğun olarak yaşandığı bölgeler belirlenmiştir.

Diğer yandan yukarıda bahsedilen veriler ile belirsizlik içeren verilerin işlenmesine olanak sağlayan, bulanık mantık temelli bir risk değerlendirme yöntemi önerilmiş ve uygulanmıştır. Böylece belirlenen etkenlerin her bir düzeyindeki değişimin risk düzeyine etkisini izlemek olanaklı olacak ve yöntem, esnek yapısı sayesinde farklı bölgelere de uygulanabilecektir.

URBAN RISKS FROM HAZARDOUS MATERIALS TRANSPORTATION BY ROAD

Merve ERCAN KALKAN

Keywords: Hazardous Material Transportation, Risk, Uncertainty, Fuzzy Logic

Abstract: Rapidly growing industrialization, together with the widely use of hazardous materials lead to necessarily transportation of these materials from one location to another. Hazardous materials are transported by various means, mainly by road, a portion of these materials reach its destination safely, but some result with accidents that can cause great disasters. Toxic, flammable, corrosive substances can threat almost every day the habitat both in densely populated industrialized cities and small towns located on the transition path.

In this study, hazardous materials streams in the province of Kocaeli which is an important transition point for the traffic of dangerous goods by road as an industrial city, were investigated. It is observed that major parts of the stream in question is from Asia side to Europe, and mainly are flammable and corrosive substances of ADR 3 and 8 classes.

A questionnaire was administered with the emergency response teams. Some nonconformity in the conscious about hazardous waste disposal and decision-making in emergency situations were observed. It was found in addition, that the statuses of compliance with ADR of large-scale firms were good, but the small and medium-sized companies had still some problems in personal competence and technical compliance of the vehicles.

A novel fuzzy logic based risk assessment method, which allows processing uncertain data, is proposed and applied. So that, it will be possible to determine the risk level for different levels of the circumstances and this method can be implemented in different regions due to its flexible structure.

1. GİRİŞ

Ülkemizde yük ve yolcu taşımacılığında en çok tercih edilen yöntem karayolu taşımacılığıdır. Yolcu taşımacılığının yaklaşık %95'i, yük taşımacılığının da yaklaşık %90'ı karayolu üzerinden gerçekleşmektedir (İGEME, 2009). Aynı zamanda, karayolu ile tehlikeli madde taşımacılığı da yapılmaktadır. Ancak söz konusu maddelerin kendi doğasından kaynaklanan veya dış etkenlerin etkisiyle ortaya çıkan birtakım özellikleri nedeniyle sıradan taşımacılık olaylarından ayrı incelenmelidir.

ABD İş Sağlığı Güvenliği İdaresi (OSHA), tehlikeli maddeyi “sağlık tehlikesi” veya “fiziksel tehlike” içeren kanserojenler, zehirli etmenler, tahriş ediciler, aşındırıcılar, hassaslaştırıcılar, kan hücreleri yapımından sorumlu hematopoetik sisteme etkileyen etmenler, ciğerleri, deriyi, gözleri veya mukoza membranını etkileyen etmenler, yanıcı, patlayıcı, alevlenebilir, oksitleyici, piroforik maddeler, kararsız reaktifler veya su ile reaktif olanlar ile normal elleçleme, kullanım veya depolama esnasında toz, gaz, duman, sis açığa çıkaran ve daha önce anılan özelliklerden herhangi birine sahip olan kimyasallar olarak tanımlamıştır. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), tehlikeli maddeyi, OSHA'nın tanımına ek olarak, “dökülme, sızma, pompalama, dökme, yükleme, boşaltma, enjekte etme, kaçak, sönüm veya elden çıkarma durumlarında insanlara, bitkilere veya hayvanlara zarar verebilecek madde veya kimyasallar” olarak tanımlamıştır. ABD Ulaştırma Bakanlığı (Department of Transportation, DOT), tehlikeli maddeyi “taşınması veya hareketi esnasında toplum güvenliği ve çevre için bir risk olan ve çeşitli yasal düzenlemelerle kontrol edilen madde veya kimyasal” olarak tanımlamıştır. ABD Tehlikeli Maddelerin Yönetimi Enstitüsü (IHMM), tehlikeli maddeyi “insanlara, hayvanlara veya çevreye kendisi veya diğer etmenlerle etkileşimi ile zarar verebilecek biyolojik, fiziksel, kimyasal madde veya etmenler” olarak tanımlamıştır.

Tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasını düzenlemeye yönelik girişimlerin 1950’li yıllarda Fransa’nın önderliği ile başladığı ve bugün ADR olarak anılan Uluslararası Karayollarında Tehlikeli Maddelerin Taşınmasına Dair Avrupa Anlaşması’nın da Fransa’nın bu konudaki endişelerini komşu ülkeleriyle paylaşması sonucu doğduğu bilinmektedir. Ülkemizde ise tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin yasal düzenlemelerin tam anlamıyla yürürlükte olmaması nedeniyle uygulamada sıkıntılar yaşanmaktadır. Herhangi bir kayıt ve kontrol işleminin de yapılmıyor olması, geçiş sürecinde olduğumuz bu günlerde taşıyıcı firmalar ve şoförler ile acil müdahale ekipleri ve konunun diğer paydaşı olan halk için belirsizliğini korumaya devam etmektedir.

Bu çalışmada, tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasında bir sanayi kenti olan ve tehlikeli madde trafiğinde önemli bir geçiş noktası olan Kocaeli kentinin mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Tehlikeli madde akış verileri araştırılmış ve acil müdahale ekipleri ile tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin bir dizi anket çalışması yapılmış, taşıyıcı firmalar ile geçiş sürecindeki durumları hakkında görüşülmüştür. Kaza kayıtları araştırılarak kentte tehlikeli madde kazalarının yoğun olarak yaşandığı bölgeler belirlenmiştir. Diğer yandan yukarıda bahsedilen veriler ile belirsizlik içeren verilerin işlenmesine olanak sağlayan bulanık mantık temelli bir sistem oluşturulmuş ve tanımlanan değişkenler için risk düzeyleri belirlenmiştir.

1.1. Kocaeli Kenti Hakkında Genel Bilgi

Kocaeli, Asya ve Avrupa’yı birbirine bağlayan geçiş yolları üzerinde kilit bir rol oynamaktadır. Yüzölçümü 3.625 km² olan Kocaeli ilinin nüfusu ise 2010 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre 1.560.138 kişi, ilin nüfus yoğunluğu ise km² başına 432 kişidir (TÜİK, 2011).

Şekil 1.1’de Türkiye haritası üzerinde Kocaeli ilinin bir görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 1.1: Türkiye haritası üzerinde Kocaeli ili

Kocaeli, İstanbul'dan sonra gelen ikinci büyük sanayi kenti olup, Türk üretim endüstrisine önemli katkı sağlamakta ve Kocaeli Sanayi Odası (KOSANO)’nın verilerine göre bu özelliğini son 20 yıldır korumaktadır. Gelişmiş bir sanayi kenti olan Kocaeli, organize sanayi bölgeleri, serbest bölge ve teknopark projeleri ile bir teknokent olma yolunda ilerlemektedir. KOSANO’nun verilerine göre 2.200 sanayi kuruluşu odaya kayıtlı olarak faaliyetlerini sürdürmekte ve bu kuruluşların büyük bir bölümü de İzmit, Körfez ve Gebze ilçelerinde yoğunlaşmaktadır (KOSANO, 2011). Şekil 1.2’de İzmit körfezinin uydu görüntülerine yer verilmiştir.



Şekil 1.2: İzmit körfezi’nin uydu görüntüleri (Kocaeli Valiliği, 2011)

Bir sanayi kenti olan Kocaeli, çevresi ile demiryolu ve karayolu ağına sahiptir. Kocaeli'nin sanayileşmesindeki önemli etkenlerden biri tüm ulaşım olanaklarına sahip olmasıdır. Kara ve demiryolu ağları ile yapılan taşımacılık özellikle Avrupa ve Ortadoğu'ya kadar ulaşmakta olup, limanlar ile yapılan deniz taşımacılığı da önemli bir boyuta ulaşmıştır. İstanbul ve Bursa gibi önemli ticaret ve sanayi merkezlerine yakınlığı yatırımcılar açısından Kocaeli'yi öncelikli kılmaktadır. Kocaeli'nin şehir merkezi İzmit'in İstanbul'a uzaklığı 85 km'dir. İstanbul'un batı yakasında bulunan Atatürk Havalimanı ve doğusunda faaliyet gösteren Sabiha Gökçen Havalimanı ile dünyaya açılan Kocaeli, Ankara'ya da TEM otoyolu ile bağlıdır. Uluslararası İstanbul Atatürk Havalimanı'na 90 km, Sabiha Gökçen Havalimanı'na ise 50 km mesafededir. İki tane kamu limanı olmak üzere 36 adet özel iskele ile de deniz ulaşımı olanakları açısından ülkemizin önemli noktalarından biridir (KOSANO, 2011). 2011 yılında Kartepe ilçesinde yeniden düzenlenen Cengiz Topel Havaalanı da sivil uçuşlara açılmıştır. Alandan şimdilik sadece sınırlı sayıda yurtiçi uçuş yapılmaktadır.

1.2. Kocaeli Kenti ve Karayolları

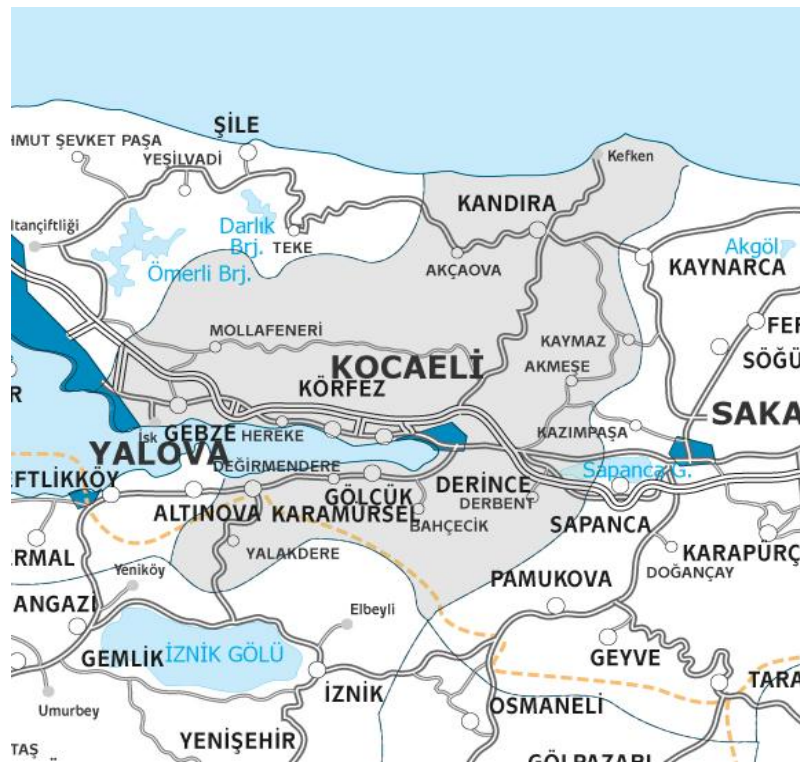
Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'ne bağlı 18 adet bölge müdürlüğü bulunmaktadır. Her bir bölgenin sınırları Şekil 1.3'te görülmektedir. 17 ve 1 No'lu bölgeler 2011 yılında 1. Bölge adıyla birleştirilmiştir. Kocaeli karayollarının büyük bölümü de 231 km devlet yolu ve 140 km il yolu olmak üzere 1. Bölge'ye dahildir (Şekil 1.4). Merkezi Bursa'da bulunan 14. Bölge Müdürlüğü'ne dahil olan bölüm ise Şekil 1.5'te görülmekte ve 27 km'lik devlet yolundan oluşmaktadır (KGM, 2011).



Şekil 1.3: Karayolları Genel Müdürlüğü bölgeler haritası (KGM, 2011)



Şekil 1.4: Karayolları 1. Bölge (KGM, 2011)

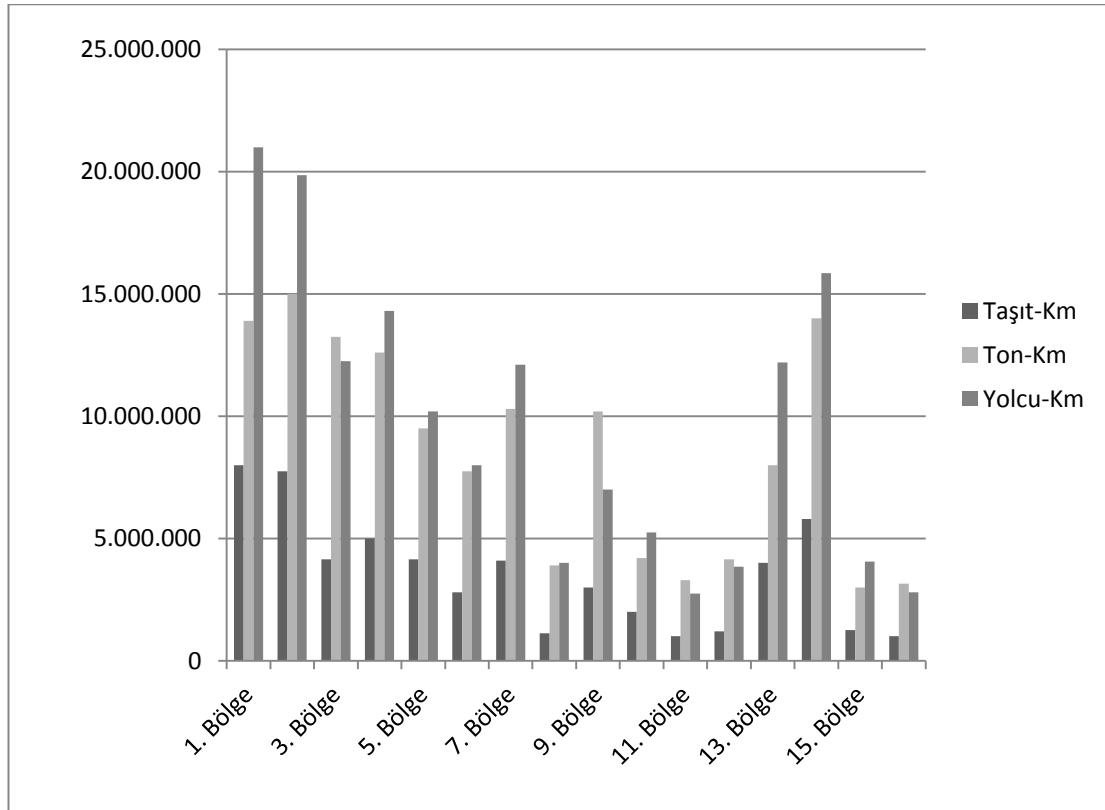


Şekil 1.5: Kocaeli'nin 1. bölge sınırları içerisindeki bölümü (KGM, 2011)

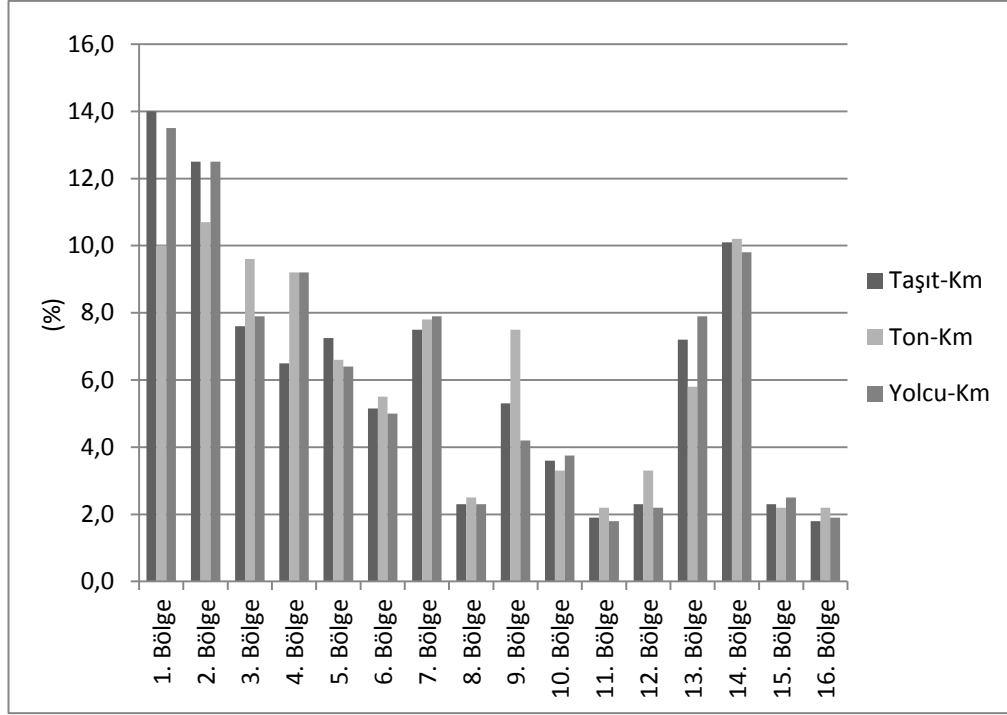
Taşıt-kilometre, bir motorlu kara taşıtının bir kilometre mesafedeki hareketiyle elde edilen trafik ölçü birimidir. Ton-kilometre, bir ton yükün bir kilometre mesafeye taşınmasıyla elde edilen trafik ölçü birimidir. Yolcu-kilometre, bir yolcunun bir kilometre mesafeye taşınmasıyla elde edilen trafik ölçü birimidir. Bu değerler taşıma

sistemlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasında kullanılır. Bütün taşıma sistemleri aynı birime getirilerek karşılaştırma yapılabilir (KGM, 2011). KGM'nin 2010 yılı Ulaşım ve Trafik İstatistikleri incelendiğinde (Şekil 1.6), 1. Bölge'nin taşıt-km ve yolcu-km değerlerinin diğer bölgelere oranla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 1.7'de ise bölgesel değerlerin Türkiye geneline oranına yer verilmiştir.

2010 yılı otoyollar ve devlet yollarının illere göre dağılımı bilgileri incelendiğinde, Kocaeli ili için otoyol ve devlet yolları için taşıt-km değerleri 1.468.086 ve 1.539.818, yolcu-km değerleri 5.143.642 ve 3.809.671, ton-km değerleri ise 4.865.596 ve 3.187.980 olduğu görülmektedir.



Şekil 1.6: 2010 yılı devlet yolları bölgeler bazında taşıt, yolcu ve ton-km değerleri (KGM, 2010)



Şekil 1.7: 2010 yılı devlet yolları bölgeler bazında taşıt, yolcu ve ton-km değerlerinin Türkiye geneline oranı (KGM, 2010)

1.3. Karayolunda Tehlikeli Madde Taşımacılığı

Karayolları Genel Müdürlüğü'nce taşınan yükler cinslerine göre yirmi bir farklı sınıfta sınıflandırılmıştır. Tablo 1.1, farklı yüklerin taşındıkları taşıt sınıfına göre dağılımını ifade etmektedir. Buna göre yüklerin taşınmasında özel bir tehlike sınıfı ayrımı yapılmadığı ve hampetrol ve doğalgazın ayrı bir sınıfa, rafine edilmiş petrol ürünleri ve nükleer yakıtların ayrı bir sınıfa, kimyasallar ve kimyasal ürünleri ile ikincil hammadde ve atıkların ayrı sınıflara dahil edildiği görülmektedir.

Tablo 1.1: Karayolları üzerinde taşınan yükler ve taşıtlar bazında dağılımı (KGM, 2010)

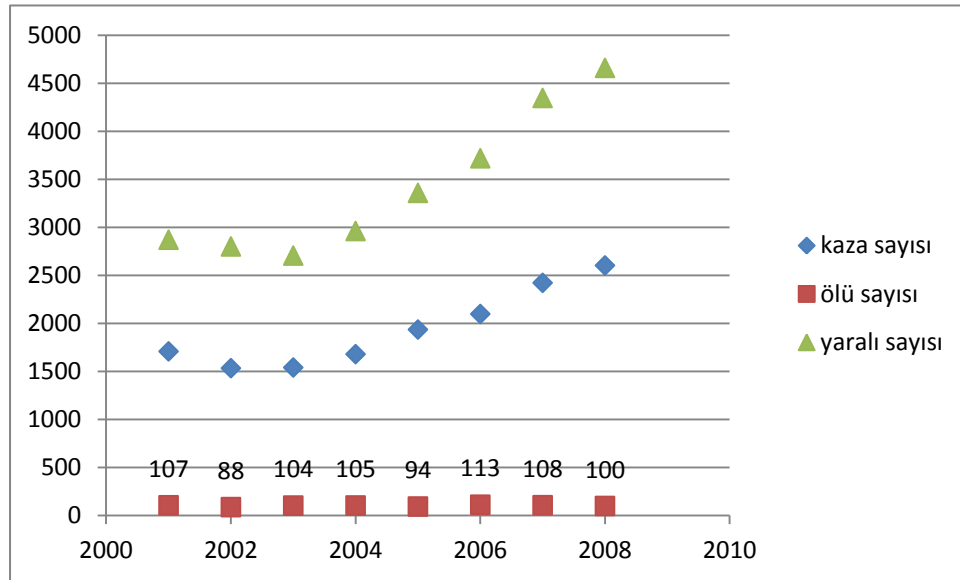
Yük Kodu	Yük cinsleri	Kamyon (%)	Kamyon+Römork-Çekici+Yarı Römork (%)	Toplam Taşıt (%)
0	Boş	39	32	37
1	Tarım ve hayvan ürünleri, avcılık ve orman ürünleri, balık ve balık ürünleri	8	5	7
2	Taşkömürü ve linyit, bataklık kömürü, ham petrol ve doğalgaz, uranyum ve toryum	1	2	1

Tablo 1.1 (Devam): Karayolları üzerinde taşınan yükler ve taşıtlar bazında dağılımı (KGM, 2010)

Yük Kodu	Yük cinsleri	Kamyon (%)	Kamyon+Römork-Çekici+Yarı Römork (%)	Toplam Taşıt (%)
3	Metal cevherleri, diğer maden ve madencilik ürünleri	4	9	6
4	Gıda ürünleri, içecek ve tütün	11	10	11
5	Tekstil, tekstil ürünleri, deri ve deri ürünleri ve mantar sama kamış ve örgü ürünlerinden yapılmış eşyalar,kağıt hamuru, kağıt ve kağıt ürünleri, yazılı metin, kaydedilmiş medya	2	2	2
6	Ağaç ve ağaç ürünleri ve mantar (mobilya hariç), saman kamış ve örgü maddelerinden yapılmış eşyalar, kağıt hamuru, kağıt ve kağıt ürünleri, yazılı metin, kaydedilmiş medya.	3	2	3
7	Kok kömürü, rafine edilmiş petrol ürünleri ve nükleer yakıt	5	3	4
8	Kimyasallar, kimyasal ürünler, suni elyaflar, kauçuk ve plastik ürünler	2	4	3
9	Diğer metalik olmayan mineral ürünler	7	10	8
10	Temel metaller, fabrikasyon metal ürünleri, makine ve ekipmanlar hariç	2	5	3
11	Makineler ve ekipmanlar, ofis makineleri ve bilgisayarlar, elektronik makineler ve cihazlar, radyo, televizyon ve iletişim ekipmanları ve cihazları, tıbbi, duyarlı ve optik aletler, saatler	2	3	2
12	Taşımacılık ekipmanları	1	2	1
13	Mobilya	2	1	2
14	İkincil ham materyaller, belediye atıkları ve diğer atıklar	1	1	1
15	Mektup vekoliler	0	0	0
16	malların taşınmasında kullanılan ekipman ve materyaller	1	2	1
17	Ev ve ofis taşınması; yolculardan ayrı taşınan bagaj, tamir için taşınan motorlu taşıtlar, diğer ticari olmayan taşımalar vs	2	0	1
18	Gruplandırılmış mallar: bir arada taşınan karışık kategorideki mallar	3	1	2
19	Tanımlanamayan (konteynır v.b. içindeki) mallar: Herhangi bir sebepten dolayı tanımlanamayan ve bundan dolayı 01-16 gruplarına tahsis edilemeyen maddeler	0	1	1
20	Diğer mallar	3	4	3

1.4. Trafik Kaza İstatistikleri

TÜİK tarafından hazırlanan trafik kaza istatistiklerinde, 1995 ve 2009 yılları arasında kazalara neden olan kusurlar listelenmiştir. Buna göre kaza nedenleri arasında en büyük payı ortalama %95,66 ile sürücüler oluştururken bunu %3,35 ile yaya, %0,4 ile yol, %0,36 ile araç kusurları ve %0,23 ile de yolcu kusurları izlemiştir. Son yıllarda özellikle araç ve yol kusurlarında belirgin düşüşler gözlenirken sürücü ve yaya hataları için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Yine TÜİK verilerinde, 2010 yılı itibarıyla, ülkemizde 15 milyonun üzerinde motorlu kara taşıtı bulunduğu belirtilmektedir (TÜİK, 2010).



Şekil 1.8: Kocaeli’de yaşanan trafik kazalarının yıllara göre dağılımı (TÜİK, 2010)

2. TEMEL KAVRAMLAR

Günlük hayatımızda, risk ve tehlike gibi birtakım kavramlarının sıkça birbirinin yerine kullanıldığına tanık olmaktayız. Risk değerlendirme sürecinin sağlıklı olarak yürütülebilmesi için bazı temel kavramların bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde, başta risk kavramı olmak üzere temel kavramlar ele alınmış ve çeşitli kaynaklarda bulunan ifadelere yer verilerek, tartışılmıştır.

Tehlike tanımı sıkça karşılaşılan ve genellikle sözlüklerde kesin tanımına yer verilmeyen veya risk terimi ile karıştırılan bir kavramdır. Türk Dil Kurumu'nun kayıtlarında tehlike iki şekilde tanımlanmıştır: Bunlardan ilki, tehlikenin büyük zarar veya yok olmaya yol açabilecek durum olduğu, ikincisi ise gerçekleşme olanağı bulunan fakat istenmeyen sakıncalı durum olduğudur.

Tehlike, TS ISO/IEC Kılavuz 73'te "zararın potansiyel kaynağı" olarak tanımlanmıştır. Tehlike teriminin, elektrik, şok, kırma, kesme, toksik, yangın ve suda boğulma tehlikesi gibi beklenen zararın kaynağının ve yapısının tarif edilmesi amacıyla kullanılmakta olduğu ifade edilmiştir.

Kanada İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (CCOHS) tehlikeyi, belirli koşullar altında birşey veya biri üzerinde olası hasar, zarar veya istenmeyen sağlık etkilerinin kaynaklarından herhangi biri olarak tanımlamıştır.

Olasılık, bir olayın oluşma ihtimali olarak tanımlanmış ve matematiksel olarak 0-1 ölçeğinde rastgele olayın oluşumuyla ilişkilendirilen pozitif bir sayı olarak ifade edilmiştir. Olasılığın, meydana gelecek bir olaya inanma derecesi veya çok sayıda tekrarlanan olaylarda, olayın göreceli oluşma sıklığı olarak ifade edilebileceği belirtilmiştir. Ancak, riskleri tanımlamada olasılıktan daha ziyade sıklığın kullanılabileceği vurgulanmıştır. Olasılığa inanma derecelerinin ise "nadiren", "beklenmeyen", "orta dereceli", "beklenen", "hemen hemen kesin" veya

“inanılmaz”, “ihtimal dışı”, “çok uzak”, “ara sıra olan”, “muhtemel”, “sık sık” şeklinde ifade edilebileceği belirtilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Sıklıkçı olasılık olarak ifade edilen $P_f(A)$, benzer koşullar altında sürekli tekrarlanabilecek bir A olayının zaman kesri şeklinde tanımlanmıştır. Bilgiye dayalı olasılık ise $P(A)$ ile ifade edilmiştir, değerlendiricinin bir A olayının olması hakkında kendi belirsizliklerini (inanç derecesini) kıyaslamasıdır (Aven, 2011).

Geleneksel olarak risk, olasılık ve şiddetin bir bileşimi olarak ifade edilmektedir. Ancak son yıllarda bu tanım eleştiriler almaya başlamış ve riski tanımlamak üzere yeni yaklaşımlarda bulunulmuştur. Literatürdeki risk algısını ve bu algının zamanla değişimini, ortak ve farklı yönlerini şu şekilde görmek olanaklıdır:

Rosenbloom (1972), riski kayıpların belirsizliği olarak tanımlamıştır.

Lowrance (1976), riski olumsuz etkilerin olasılık ve şiddetlerinin bir ölçüsü şeklinde ifade etmiştir.

Başka bir çalışmada riskin, s_i i'nci senaryo, p_i bu senaryonun gerçekleşme olasılığı, c_i i'nci senaryonun sonuçlarını temsil etmek üzere (s_i, p_i, c_i) , üçlüsüne denk gelmekte olduğu ifade edilmiştir (Kaplan ve Garrick, 1981, Kaplan, 1991, Zio, 2006).

Williams ve Heins (1985)'a göre ise risk, belirli bir dönemde içinde bulunulan koşullar altında gelecekteki sonuçların değişimidir.

Wang (2003), riski olumsuz sonuçların olma olasılığı ve karar verme sürecindeki çeşitli belirsizliklerle ilgili olarak, verilen karara bağlı kayıplar şeklinde tanımlamıştır.

2005 yılında, Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayınlanan TS ISO/IEC Kılavuz 73, risk yönetiminde kullanılan terim ve tariflerin yer aldığı bir rehber niteliğindedir. Burada risk, “bir olay ve onun sonuçlarına ilişkin olasılıklar kombinasyonu” olarak ele alınmış ve genellikle risk teriminin sadece en az bir olumsuz sonuç ihtimali

bulunduğu durumlarda kullanıldığı ve bazı durumlarda da riskin beklenen sonuçtan veya olaylardan sapma olasılığından kaynaklandığı belirtilmiştir. Aynı kılavuzda, terimler ve tariflerin yer aldığı Ek-A bölümünde risk, “zararın ve bu zararın şiddetinin meydana gelme olasılığının bileşimi” olarak tanımlanmıştır (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Başka bir çalışmada riskin, olayların/sonuçların ve belirsizliklerin iki boyutlu bir bileşimine karşılık geldiği ifade edilmiştir (Aven, 2007).

Aven ve Renn (2009), riski insanların değer verdiği bir şey ile ilgili bir etkinliğin sonuçlarının belirsizliği ve ciddiyeti olarak tanımlamışlardır.

Aven (2010), çalışmasında riskin farklı şekillerde tanımlanabileceğini ve mühendislik yaklaşımında da genellikle beklenen kayıplara bağlı olarak ifade edildiğini belirtmiştir. Ancak bu şekilde olma olasılığı düşük, fakat büyük felaketlere neden olabilecek olaylar ile sıkça gerçekleşen fakat etkileri nispeten daha hafif olan olaylar arasında olası sonuçlar ve ilgili olasıkların çarpımlarının eşit olması bakımından tam bir ayrım yapılamayacağını ve risk yönetimi açısından da söz konusu iki olayın farklı yaklaşımlar gerektireceğini ifade etmiştir. Örnek olarak, nükleer kazalar ve terörizm gibi olası sonuçları son derece etkili olabilecek ve olasılıkları nispeten düşük olaylar verilmiştir.

Ni ve diğ. (2010), riskin özelliklerine değinmişler ve riskin nesnel bir varlık olduğunu belirtmişlerdir. İlk olarak, riskin azaltılabileceğini, kontrol edilebileceğini, aktarılabileceğini veya geçiştirilebileceğini ancak üstün bir gayretle bile giderilemeyeceğini öne sürmüşlerdir. İkinci olarak ise riskin beklenmedik bir olgu olduğunu vurgulamışlar, insan farkındalığı ve algısındaki kısıtlamalar nedeniyle insanların genellikle herhangi bir önlemleri olmaksızın risklerle aniden karşı karşıya kaldıklarını belirtmişlerdir. Üçüncü olarak, risklerin zarar verici yönü üzerinde durulmuş ve risk gerçekleştiğinde insanların büyük ya da küçük, ölümcül ya da önemsiz şeylere katlanmak durumunda oldukları ifade edilmiştir. Dördüncü olarak riskin belirsizliği ele alınmış ve risklerin ne zaman meydana geleceğinin bilinemeyeceği belirtilmiştir. Son olarak, riskin gelişmekte olduğu ifade edilmiş

nükleer ışıma ve çevre kirliliği gibi bazı risklerin bilim ve teknolojinin gelişmesi ile ortaya çıktığı belirtilmiştir. Riskin söz konusu özellikleri ışığında, belirsizlik ve zararlılığın bu tanımda kullanılması gereken iki kilit sözcük olduğu kanısına varılmıştır.

Risk kavramının tanımı üzerine yoğunlaşan başka bir çalışmada da mevcut tanımların olaylar (başlatıcı olaylar, senaryolar), sonuçlar (çıktılar) ve olasılıklar içerdiği belirtilmiştir. Belirsizliklerin olasılıklar aracılığıyla ele alındığı ve şiddetin de sonuçları tanımlamanın bir yolu olduğu ifade edilmiştir. Bu durum aşağıdaki formülle açıklanmıştır:

$$\text{Risk} = (A, C, P) \quad (2.1)$$

Burada, A olayı, C ise A'nın sonucunu ve P ilgili olasılıkları temsil etmektedir. Verilen örneklerde, A olayı bir tesisteki gaz sızıntısı veya terörist bir saldırı olabilirken, C gaz kaçağı veya terörist saldırıya bağlı kayıpların sayısını ifade etmektedir. Çalışmanın çıkış noktasını ise söz konusu (A, C, P) üçlüsünün riskleri tanımlamada yeterli olup olmadığı sorusu oluşturmaktadır. Bu amaçla çeşitli önerilerde bulunulmuştur:

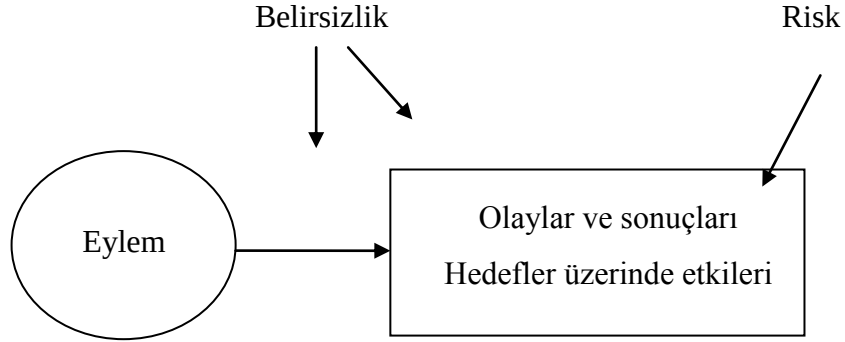
$$\text{i) Risk} = (A, C, P_f), \quad (2.2)$$

P_f olasılık olarak da yorumlanan bağıl sıklığı ifade etmekte,

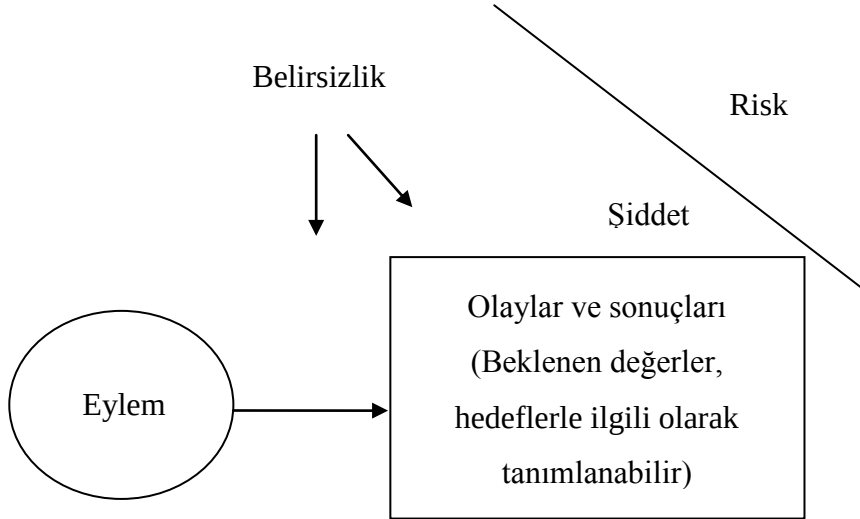
$$\text{ii) Risk} = (A, C, U), \quad (2.3)$$

U, A ve C ile ilgili belirsizlikleri temsil etmek üzere A ve C'yi etkileyen etmenleri içermektedir (Aven, 2010).

Aven (2011), ISO dökümanlarında yer alan tanımlara değinmiş ve bu tanımlardan yola çıkarak ISO dökümanlarında bulunmayan sıkçı (frequentist) olasılık, bilgiye dayalı olasılık, şans, tehdit, risk kaynağı gibi bir takım yeni tanımlar önermiştir.



Şekil 2.1: Riskin bir olay, sonuç ya da hedefler üzerindeki etki olarak tanımlanması halinde temsili (Aven, 2011)



Şekil 2.2: Belirsizliklerin risk kavramına dahil edilmesi durumunda riskin temsili (Aven 2011)

Tehdit, risk kaynağı veya riskle ilgili olay olarak tanımlanmıştır. Risk kaynağını belirlemek, risk kaynaklarını bulmak ve listelemektir. Şans ise genel anlamda olasılık ile aynı anlamda ele alınmıştır (Aven, 2011).

AS/NZS 4360 Risk Yönetimi Standardı'na göre risk, önceden tanımlanmış hedefler üzerine etkisi olacak şeylerin gerçekleşme şansı olarak tanımlanmış ve riskin olasılık ve şiddet cinsinden ifade edildiği belirtilmiştir (Aven, 2011). Daha sonra bu

standardın yerini alan ISO 31000:2009 Risk Yönetimi Standardı'nda ise risk, belirsizliklerin hedefler üzerinde etkisi olarak tanımlanmıştır.

Risk, bir zararın olma olasılığı veya eşyaya veya çevreye zarar verme olasılığı ve zararın şiddetinin bileşimi olarak tanımlanmıştır. “Bileşim” genellikle “çarpım” anlamında kullanılmaktadır (UNECE, 2008).

Zarar, insan sağlığında, eşya veya çevrede meydana gelen zarar olarak açıklanmıştır (UNECE, 2008). Diğer yandan benzer şekilde, TS ISO/IEC Kılavuz 73'te, insan sağlığının fiziksel olarak hasar veya zarar görmesi, ya da mülkün veya çevrenin zarar görmesi olarak açıklanmıştır.

Risk değerlendirme (assessment), kapsamlı risk analizi ve risk değerlendirme süreci olarak tanımlanmıştır (UNECE, 2008). Benzer şekilde, TS ISO/IEC Kılavuz 73'te risk değerlendirme, risk analizi ve risk değerlendirmesini kapsayan genel bir süreç olarak tanımlanmıştır.

Risk analizi, tehlikeleri tanımlama ve riskleri tahmin etmede kullanılabilir bilgi kaynaklarının sistematik değerlendirmesidir (UNECE, 2008). Benzer şekilde, risk analizi, risk kaynaklarını belirlemek ve riski tahmin etmek amacıyla bilginin sistematik kullanımı olarak ifade edilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Risk tahmini, olasılık ve sonuçlara değer atama sürecidir (UNECE, 2008). Risk tahmininin, risk olasılıklarına ve sonuçlarına karşı değerleri atamakta kullanılan süreç olduğu, risk tahmininde, çıkar gruplarının faydaları, maliyetleri, kaygıları ve risk değerlendirmesine uygun düşen diğer değişkenlerin dikkate alınabileceği belirtilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Risk derecelendirme, riskin önemini tayin etmek amacıyla tahmin edilen riskin verilen risk ölçütleri ile karşılaştırılması süreci olarak ifade edilmiş ve risk derecelendirmesinin, riskin kabul edilmesi veya risk muamelesi kararına yardımcı olmak amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005). Yine aynı kılavuzun ekinde yer alan ISO/IEC Kılavuz 51'de ise risk derecelendirmenin,

katlanılabilir riskin gerçekleşip gerçekleşmediğine karar vermek için risk analizine dayalı prosedür olduğu belirtilmiştir.

Risk değerlendirme (evaluation), kabul edilebilir risklere ulaşıp ulaşılmadığını belirleme risk analizine dayalı bir süreçtir (UNECE, 2008).

Risk ölçütü (kriteri), değerlendirilen riskin büyüklüğü için referans değerdir (UNECE, 2008). Risk ölçütü, riskin önemini değerlendirme kuralları olarak tanımlanmış ve risk ölçütlerinin, ilgili fayda ve maliyetleri, yasal ve hukuki gerekleri, sosyo-ekonomik ve çevre boyutunu, çıkar gruplarının kaygılarını, değerlendirilecek öncelikleri ve diğer girdileri içerdiği belirtilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Risk iyileştirme, risk indirgeme ile ilgili önlemlerin uygulanmasıdır (UNECE, 2008). Risk yönetimi, risk değerlendirme, karar verme, iyileştirme ve kontrol süreçlerinin tümünü kapsamaktadır (UNECE, 2008). Risk yönetiminin, bir kuruluşu risk ile ilgili olarak kontrol etmek ve yönlendirmek amacıyla kullanılan koordineli faaliyetler olduğu ve risk yönetiminin, genellikle risk değerlendirmesi, risk muamelesi, riskin kabulü ve risk hakkında bilgi edinmeyi içerdiği belirtilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Karar ölçütü, özellikle risk iyileştirme ile riskler ve toplumsal, ekonomik ve/veya politik hususları içerir. Bu tanım da ISO/IEC 51 veya 73 numaralı kılavuzlarda yer almamaktadır (UNECE, 2008).

Risk belirleme, riski bulma, listeleme ve unsurlarını sınıflandırma süreci olarak tanımlanmıştır (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Katlanılabilir risk, toplumun mevcut değerlerine dayalı, kabul edilen risk olarak tanımlanmıştır.

Karar ise, karar ölçütünü temel alarak risk iyileştirme önlemleri için süreç seçimidir. Bu tanım da ISO/IEC 51 veya 73 numaralı kılavuzlarda yer almamaktadır (UNECE, 2008).

Bireysel risk, kişinin bireysel olarak zarara uğrama riskidir. Aynı zamanda konum ile değiştiğinden “yere bağlı risk” olarak da anılmaktadır. Ancak bu tanım ISO/IEC Kılavuz 51 veya 73’te yer almamaktadır (UNECE, 2008).

Toplumsal risk, tüm olası kişilerin zarara uğrama riskidir. Bireysel riskler, olasılık yoğunluğu fonksiyonu veya bu fonksiyonun integrali olarak da anılmakta, ancak bu tanım da ISO/IEC Kılavuz 51 veya 73’te yer almamaktadır (UNECE, 2008).

Dışsal (harici) riskler, taşıma sistemi veya altyapısının bir parçası olmayan kişi veya eşyaların zarar görme riski olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda üçüncü taraf (third party) riskler olarak da tanımlanmakta, ancak bu tanım iç (internal) risk kavramının aksine ISO/IEC Kılavuz 51 veya 73’de yer almamaktadır (UNECE, 2008).

Risk algısı, bir paydaşın, endişelerini dikkate alarak risklere bakışını ifade eder (UNECE, 2008). Risk algılama, bir çıkar grubunun değer ve kaygı temeline dayalı olarak bir riske bakış şekli olarak ifade edilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Paydaş, risk üretebilecek, risklerden etkilenebilecek veya kendini risklerden etkilenmiş olarak algılayan herhangi bir birey, grup veya organizasyon olarak tanımlanmıştır. Karar vericinin de bir paydaş olduğu bilinmektedir (UNECE, 2008).

Çıkar grupları, riski etkileyen, riskten etkilenen veya kendini etkilenmiş gibi algılayan kişi, grup veya kuruluş olarak tanımlanmış, karar vericinin de bir çıkar grubu olduğu ifade edilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

İlgili taraf ise, bir kuruluşun başarısından veya performansından fayda sağlayan kişi ya da grup olarak tanımlanmış ve müşteriler, kuruluşun sahipleri, kuruluştaki kişiler, tedarikçiler, bankacılar, sendikalar, ortaklar veya toplumun bu gruba dahil olduğu ifade edilmiştir (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

Riskten kaçınma, yüksek zarar potansiyeli olan, insan etkisi dışında gerçekleşen olayların veya bilinmeyen riskler içeren olayların olumsuz bir şekilde algılanarak risklerin değerlendirilmesi için ek bir faktördür (UNECE, 2008). Riskten kaçınma,

riskli bir durumla ilgili olmama kararı veya riskli bir durumdan çekilme eylemi olarak tanımlanmıştır (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

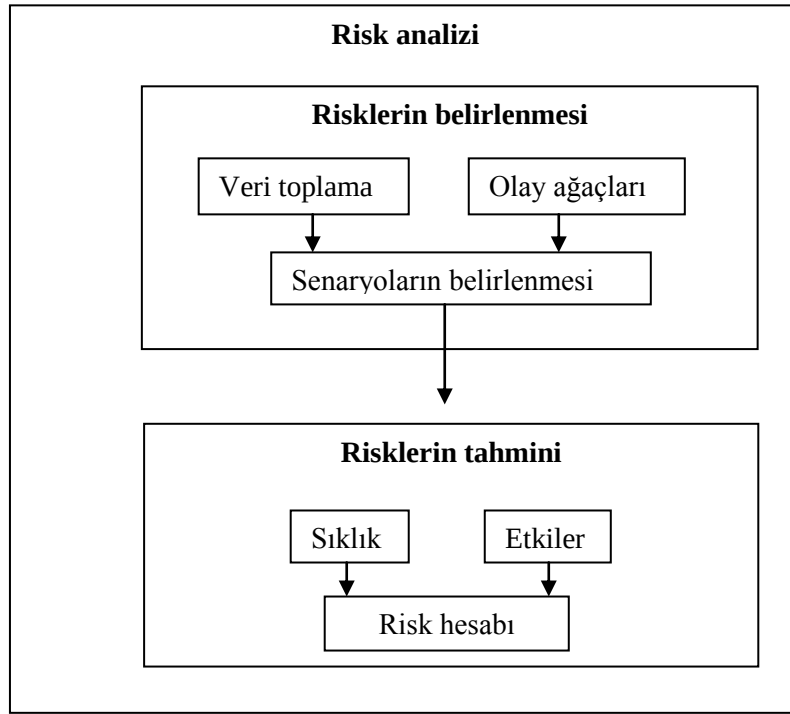
Risk iletişimi, riske ilişkin bilgilerin karar verici ve diğer çıkar grupları arasında değişimi veya paylaşımı olarak tanımlanmıştır (TS ISO/IEC Kılavuz 73, 2005).

3. TAŞIMACILIK RİSK ANALİZİ (TRA)

Bu bölümde, taşımacılık risk analizi (TRA)'nde kullanılan yaklaşımlara yer verilmiştir. Birçok çalışmada TRA'nın hesaplanmasında farklı etkenler dikkate alınmış ve karşılaşılan güçlükler nedeniyle de çeşitli basitleştirmeler yapılmıştır. Aşağıda, literatürde yer alan TRA yaklaşımlarına ilişkin çeşitli örnekler yer almaktadır.

ADR anlaşması dikkate alınarak, 84 ve 85. Dönem Çalışma Grupları tarafından tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasında risklerin hesaplanması için bir rehber yayınlanmıştır. Anlaşmaya üye ülkeler arasında çeşitli uygulama farklılıkları bulunduğundan, risklerin hesaplanması için genel öneriler niteliğinde bir rehber hazırlanmıştır. Rehberde göre, risk analizi, risk değerlendirme sürecinin bir parçasıdır ve risk analizinin sonuçları, taşımayla ilişkili bireysel ve toplumsal risklerin çıktıları olarak değerlendirilebilir. Risk analizi, kaza senaryoları ve bu kaza senaryolarıyla ilgili olası sonuçları türetmektedir. Şekil 3.1'de risk analizinin temel bileşenleri görülmektedir. Rehberde, risk analizinin senaryo belirleme, istatistiksel veriler, kaza sonuçlarının modellenmesi ve risklerin tahmini başlıkları altında incelendiği görülmektedir.

Çok sayıdaki olası kaza senaryolarını değerlendirmek için risk analizinin ilk adımı, bu senaryoları bir küme tehlikeli maddeyi içeren makul sayıda ana senaryoya indirgemektir. Tüm karışımlar veya maddeler, kendilerine özgü özellikler sergilemektedir. Tehlike, öncelikle maddenin kendi özelliklerinden kaynaklanmasına rağmen, sıcaklık gibi bazı koşullar da bu maddelerin etkileri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Binlerce madde, ya da karışımı tanımlamak yerine bu maddelerin ve karışımların kümelenmesi önerilmektedir. ADR sınıflarının ve tehlike tanımlama numaralarının bu kümelendirmede kullanılabileceği belirtilmiştir (UNECE, 2008).



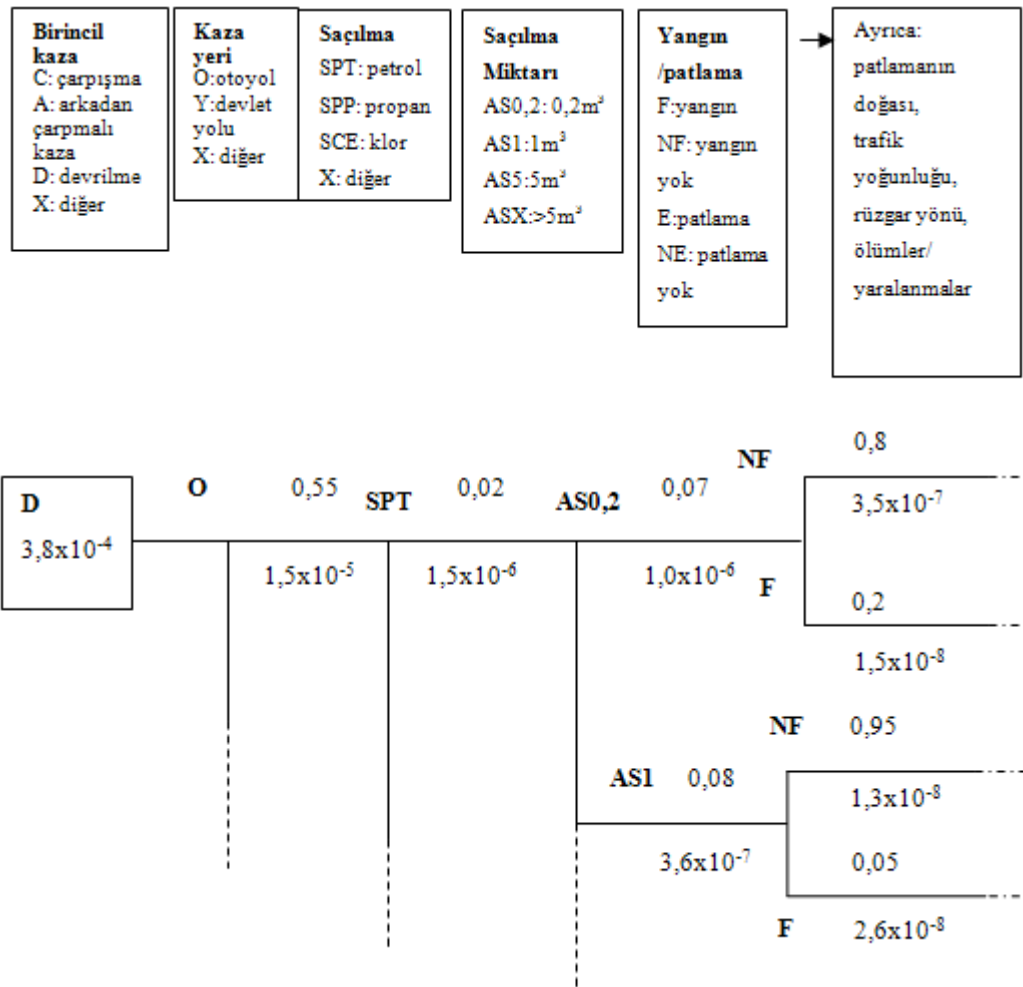
Şekil 3.1: Risk analizinin ana bileşenleri (UNECE, 2008)

Kaza senaryolarının sınıflandırılmasında ve risk hesabında kullanılabilecek en iyi yöntemin olay ağacı olduğu belirtilmiştir. Şekil 3.2’de bir olay ağacı örneği görülmektedir. Bu yöntemde birincil olayların sıklığı sistematik olarak belirlenir. Böylece, yöntemin olayları net bir şekilde ortaya koyması ve hesaplamanın nicel bileşenlerini kademeli süreçler olarak içermesi, hesaplamaları kolaylaştırmaktadır. Kaza senaryosu sınıflandırmalarını olay ağacıyla en iyi şekilde yapmak için, tüm senaryoların kesin sıklıkları hesaba katılmalıdır (UNECE, 2008).

Risk analizi, aynı zamanda acil durumların etkilerini de içermelidir. Bazı durumlarda, acil müdahale ekiplerinin hızlı ve etkin müdahalesi ile kazaların etkileri daha az olmaktadır. Bu nedenle acil durum hizmetlerinin durumu, kaza senaryolarının analizinde bir etkidir (UNECE, 2008).

Tehlikeli maddelerin taşınması için yapılacak bir olay ağacı analizinde dikkate alınması gereken konular şu şekilde sıralanabilir: Araçlar ve trafik; taşınan maddenin cinsi, araç ve tank tipleri, özel güvenlik önlemleri ve taşıma zamanı dikkate alınmalıdır. Yol ağı; yolun tipi, hız limitleri, bariyer ve trafik ışıkları gibi güvenlik

tertibâtı, tûnel geçitleri, demiryolu kavşakları dikkate alınmalıdır. Birincil olayların belirlenmesinde ilgili senaryolar çarpışma, arkadan çarpmalı kaza, devrilme, diğ er nesnelere çarpma, yangın, patlama veya saçılma, tankların beklenmedik bir şekilde arızalanması (sudden tank failure) göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanı sıra yıkıcı eylemler, terörizm, fırtınalar, depremler ve sellerin etkileri de önemli olabilmektedir. Aynı zamanda tehlikeli maddelerin boşaltılmasına ilişkin senaryolar da oluşturulmalı ve ani/sürekli, saçılma ile tamamen veya kısmen saçılma ayrımı da yapılmalıdır (UNECE, 2008).



şekil 3.2: Karayolu tankerinde taşınan alevlenebilir sıvılar için oluşturulan örnek bir olay ağacı kesiti (UNECE, 2008)

İstatistiksel olarak anlamlı sıklık ve koşullu olasılık bilgilerini sağlamak için kaza sayısı bilgilerine gereksinim duyulmaktadır. Tehlikeli madde taşımacılığı kaza oranları diğ erlerine göre nispeten düşüktür, fakat bu durum olay ağacı dallarında

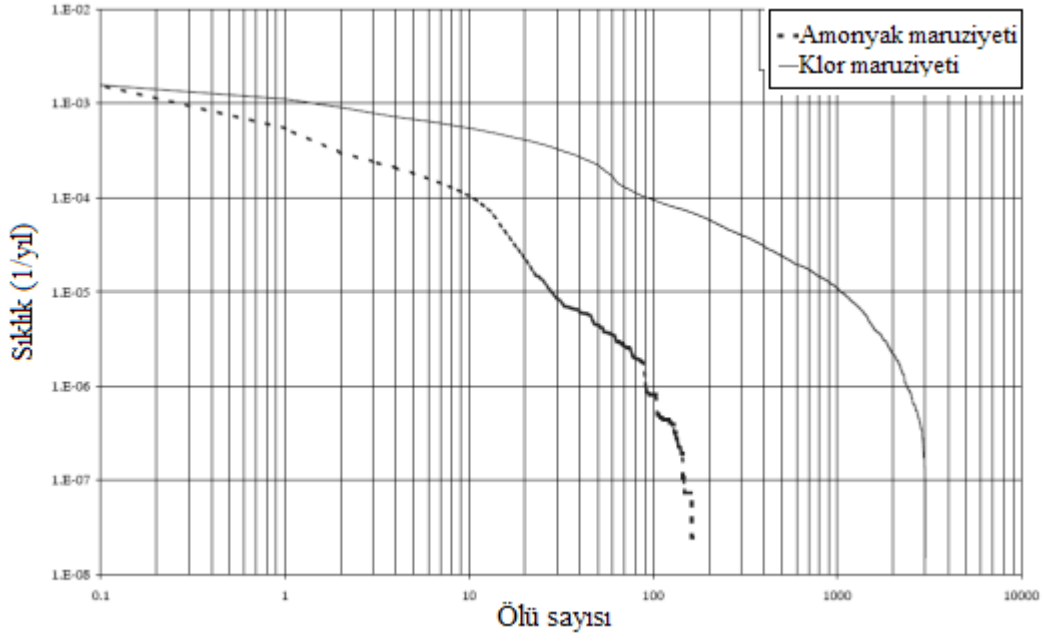
kullanılacak istatistiksel verilerin kullanımını kısıtlamaktadır. Risk analizine yönelik istatistiksel veriler türetilirken uluslararası kaza veri tabanları ve genel yük taşımacılığı kaza verilerinin dikkate alınması önerilmiştir. Ancak bu istatistiklerin her bir tehlikeli madde taşımacılığı senaryosuna uygulanabilmesi için kontrol edilmesi ve bu verileri kullanmak için yapılan kabullerin de doğrulanması gerekmektedir. Kaza araştırmaları ve raporlarının ADR 1.8.5 bölümüne (tehlikeli maddelerin taşınmasına ilişkin olayların bildirilmesi) uygun şekilde uyarlanması gelecekte uluslararası kaza istatistikleri ve kaza dizilerinin analizinde temel sağlayacağı düşünülmektedir. Ulusal kaza istatistikleri arasında yol, araç, yük miktarı, belirlemelerde kullanılan en düşük eşik değerler ve diğer etkenlere bağlı olarak sistematik farklılıklar bulunduğu hesaba katılmalıdır. Ayrıca, kaza istatistiklerinde uzun dönemli eğilimler incelenirken iyileştirilen güvenlik seviyeleri de dikkate alınmalıdır (UNECE, 2008).

Her bir kaza senaryosuna sıklık türetebilmek için yıldan yıla farklılaşan taşıma mesafeleri, taşınan yükler, rota tipi gibi verilere gereksinim duyulmaktadır. Kaza sonuçlarının modellenmesinde, rota boyunca nüfus yoğunluğu, trafik yoğunluğu ve trafiğin tıkanma olasılığı, doğa ve çevreleyen binaların kullanımı ve diğer altyapılar, acil servislere erişebilirlik, atmosferik koşullar ve coğrafi yapının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. İnsan ve çevre üzerinde etkisi olan senaryoların da patlama, yangın, zehirli maddelerin atmosfere yayılımı, su ve toprak kirliliği olarak sıralanabileceği belirtilmiştir. Genel anlamda, zarar veya hasarların kaza anında veya kazadan kısa süre sonra gerçekleşen ölü sayısı, yaralanan sayısı, zarar gören önemli bina ve yapılar, açığa çıkan maddeye bağlı olarak çevre kirliliği şeklinde incelenebileceği belirtilmiştir (UNECE, 2008).

Risklerin sistematik tahmini için incelenen rota, standart bir uzunlukta farklı bölümlere ayrılmalıdır. Risklerin türetilmesinde tipik referans (örnek) uzunluğu yıl başına 1 km'ye 100 m'dir. Farklı rotalar söz konusu olduğunda, her bir rota için toplam toplumsal riskler karşılaştırılarak değerlendirilir (UNECE, 2008).

Bireysel risk, tipik olarak ISO-risk eş yükselti eğrileri (yıl ve rota uzunluğu başına ölü sayısı) ile ifade edilmektedir. Mevcut nüfus yoğunluğu dikkate alınmaksızın

risklerin uzamsal dağılımı hakkında bilgi veren grafik alanlarıdır. Toplumsal risk, zarar (ölü sayısı, N) ve sıklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler ile ifade edilir. Bu durumda nüfus yoğunluğu dağılımı hesaba katılır. Her iki tür risk örnekleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te verilmiştir.

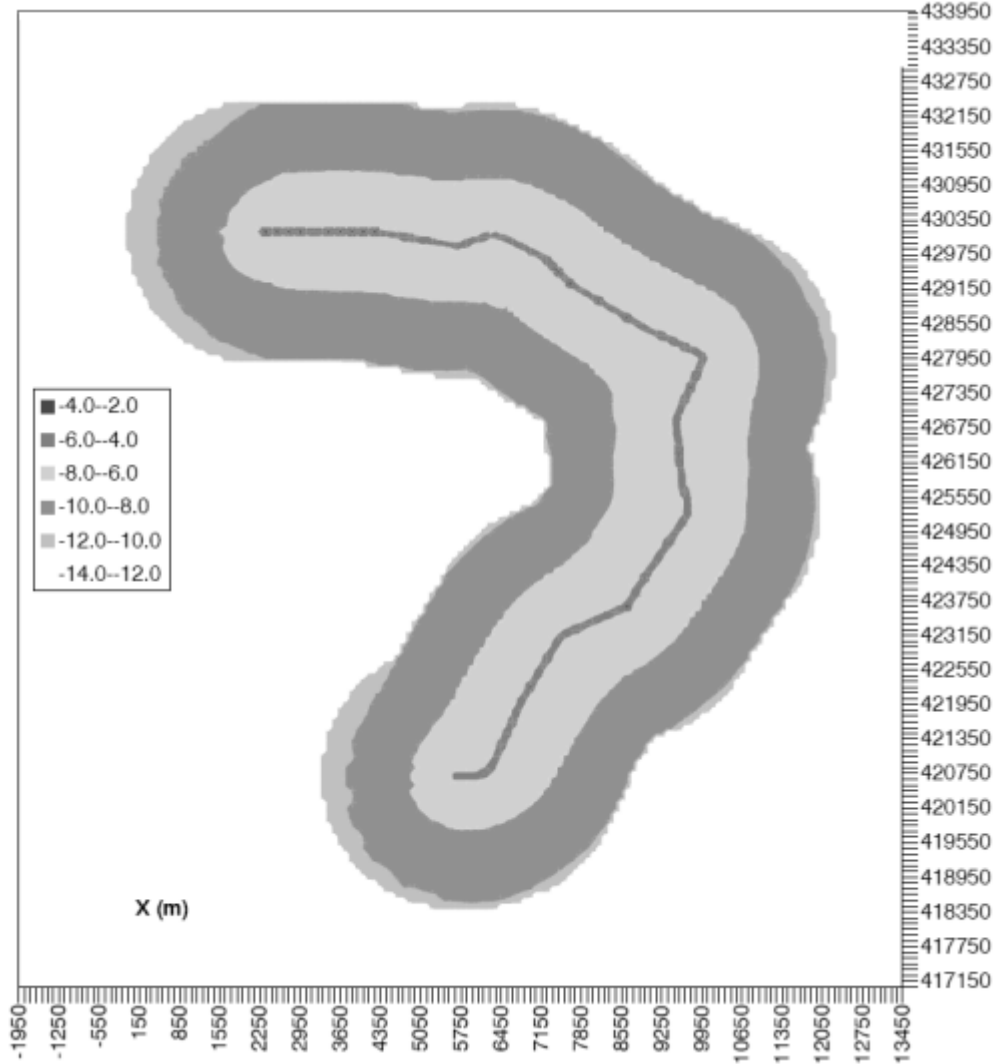


Şekil 3.3: Toplumsal risk eğrisi örneği (UNECE, 2008)

Leonelli ve diğ. (2000), risk analizinde birçok risk göstergesinin (indeks) geliştirildiğini ve bunlar arasında “bireysel risk” ve özellikle $f(N)$ eğrileriyle başarılı bir şekilde temsil edilen “toplumsal risk”in de bulunduğunu belirtmiştir. Bireysel riskin, etkilenen alanın sabit bir noktasında koruyucu cihazlar olmaksızın sürekli olarak bulunan bireylerin yıllık ortalama ölüm sıklığını temsil ettiği belirtilmiştir. Toplumsal riskin bir ölçüsü olan $f(N)$ eğrilerinin ise, bir kazanın N, ya da daha fazla ölü ile F birikimli sıklığına sahip olarak gerçekleşmesi durumunu ifade ettiği kaydedilmiştir.

Başka bir çalışmada bireysel riskin, belirli bir alanda sürekli olarak bulunan bir kişinin tehlikeli madde taşımacılığına bağlı olarak ölme olasılığını temsil ettiği belirtilmiştir. Bireysel riskin, yıl^{-1} cinsinden ifade edildiğine değinilmiş ve toplumsal risk kavramına da yer verilmiştir. Yerel toplumsal riskin nüfus yoğunluğundan

etkileneceği göz önüne alınarak tanımlama yapılmıştır. Kuramsal olarak metrekare başına bir kişinin düştüğü durumlarda devamlı olarak her iki risk de eşit olacaktır. Fakat toplumsal risk $\text{yıl}^{-1}\text{m}^{-2}$ cinsinden ifade edildiğinden her iki risk türü için farklı birimler söz konusu olacaktır (Cassini,1998).



Şekil 3.4: Bireysel risk temsilinde kullanılan ISO-risk eş yükselti eğrileri örneği (UNECE, 2008)

Çeşitli çalışmalarda, ölümlü kaza istatistiklerinin, birikimli sıklık (frekans)/ölü sayısı grafikleri kullanılarak toplumsal risk eğrilerini elde etmede kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu grafiklerin, belirli bir kazadaki ölü sayısı ile bu sayının bağlı olasılığı arasında ilişki kurduğu ifade edilmiştir. Gerçekleşen tüm kazalara ilişkin verilere ulaşılamayacağından kaza sıklığının (ölüm/yıl) hesaplanması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle ölü sayısı-sıklık gösteriminde y ekseninde tüm 1

ölüm içeren kazalara 1 değerinin atanmasıyla bağıl sıklığın tahmin edilebileceği belirtilmiştir. Birikimsel olasılık veya sıklık hesabında aşağıdaki denklemden yararlanılmıştır:

$$P_{(x \geq N)} = F_j = \frac{\sum_{i=j}^n N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (3.1)$$

N değeri, ölü sayısını, $P_{(x \geq N)} = F_j$ ise bir kazanın N'den fazla ölümle gerçekleşme olasılığı, n toplam küme veya derecelendirme sayısını, N_i ise i kümesindeki kazaların sayısını ifade etmektedir. Ayrıca çalışmada bu yöntemin yaralanan, tahliye edilen veya zehirlenen kişilerin risk şiddetini hesaplamada kullanılabileceği de ifade edilmiştir (Oggero, 2006, Yang ve diğ., 2010).

Bubbico ve diğ. (2004), taşımacılık risk analizine özgü yöntemi aşağıdaki adımlarla özetlemiştir:

- Olası saçılma senaryoları tanımlanır,
- Her bir senaryonun gerçekleşme sıklığı belirlenir,
- Her bir senaryonun jet yangını, havuz yangını, zehirli bulut gibi olası sonuç dönüşme olasılığı değerlendirilir,
- Her bir olası sonuç için hava koşulları da dikkate alınarak etki alanı belirlenir,
- Etki alanındaki ölümcül olayların sayısı tahmin edilir.

Fabiano ve diğ. (2002), risklerin değerlendirilmesinde etkin bir yaklaşım için, tahmini sıklığın başlangıç noktası olması gerektiğini belirtmiştir. i'nci hat üzerinde bir kazanın olma olasılığının aşağıdaki denkliklerle ifade edilebileceği belirtilmiştir:

$$f_i = \gamma_i L_i n_i \quad (3.2)$$

$$\gamma_i = \gamma_0 \sum_{j=1}^6 h_j \quad (3.3)$$

γ_i , i'nci cadde üzerinde beklenen kaza sıklığı (kaza.km⁻¹/araç), L_i yolun uzunluğu (km), n_i araç sayısı, γ_0 temel sıklık (kaza.km⁻¹/araç) ve h_j yerel arttırıcı/azaltıcı yönde etkiyen etmenlerdir. Yerel etmenler yolun geometrisi, yol tipi, hava koşulları, trafik yoğunluğu, köprü ve tünel varlığı olarak 6 farklı şekilde incelenmiştir.

Bir kazanın S senaryosuna bağlı olarak, i'nci hat üzerinde gerçekleşme sıklığı şu şekilde ifade edilmiştir:

$$f_{is} = \gamma_i L_i n_i P_S P_I \quad (3.4)$$

P_S , S senaryosunun gelişmesi olasılığı, P_I , kazaya dahil olan alevlenebilir maddelerin tutuşma olasılığıdır.

Kazanın boyutu ile ilgili olarak hem yol üzerindeki sürücüler, hem de yol dışındaki nüfus (off-route) dikkate alınmalıdır.

Bir S senaryosuna bağlı olarak gerçekleşen ölümcül olaylar N_s , izleyen eşitliklerle hesaplanabilir.

$$N_s = N_{s1} + N_{s2} \quad (3.5)$$

$$N_{s1} = k(\theta A_{L,1}) \quad (3.6)$$

$$N_{s2} = D(A_{L,2}) \quad (3.7)$$

N_{s1} ölü sayısı, θ bölgedeki trafik yoğunluğu (araç.km⁻²), k ortalama araç kullanım faktörü, $A_{L,1}$, yol üzerindeki ölümcül alan (km²), N_{s2} yol dışındaki nüfus ölü sayısı, $A_{L,2}$, ölümcül alan (km²) ve D nüfus yoğunluğudur (nüfus.km⁻²).

y ve j gibi eşzamanlı farklı senaryoları dikkate alırken, aşırı tahminden kaçınmak için, toplam ölümcül alan şu şekilde ifade edilebilir:

$$A_{L,t}=A_y+A_j-[A_y\cap A_j] \quad (3.8)$$

Erkut ve Ingolfsson (2005), tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan hesaplamaları özetlemişlerdir. p_i , i hattı üzerinde kazanın olma olasılığı, C_i , i hattı üzerinde meydana gelen kazaya bağlı sonuçların bir ölçümünü ifade etmektedir. D_i , i hattı boyunca uzanan bölgedeki toplam nüfus olmak üzere ilgili ifadeler Tablo 3.1 'de yer almaktadır. q_i ise aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$q_i=1-\exp(-p_i) \quad (3.9)$$

Tablo 3.1: Tehlikeli madde taşımacılığı kullanılan hesaplamalar (Erkut ve Ingolfsson, 2005)

Hesaplanan özellik	Matematiksel ifade	Kaynak
Geleneksel risk	$TR(r)=\sum_{i \in r} p_i C_i$	Alp, 1995
Kitlesel maruziyet	$PE(r)=\sum_{i \in r} D_i$	ReVelle, 1991
Kaza olasılığı	$IP(r)=\sum_{i \in r} p_i$	Saccomanno, 1985
Algılanan risk	$PR(r)=\sum_{i \in r} p_i C_i^{q_i}$	Abkowitz, 1992

Tehlikeli madde taşımacılık riskini nicelleştirmenin birçok yolu olduğu, fakat hangi yöntemin seçileceğinin net olmadığı ifade edilmiştir (Erkut ve Ingolfsson, 2005).

4. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALARA GENEL BİR BAKIŞ

Tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınması konulu araştırmalar incelendiğinde bu çalışmaların 1970’li yıllara dayandığı, genellikle kaza istatistikleri ve yorumlanması, risk analizleri, rota tayini ve karar verme konularında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölümde, yapılan bazı çalışmaların kısa özetlerine yer verilmiştir.

Chen ve diğ. (1997), tehlikeli kimyasal kazalarında acil durum yönetimi için kimyasalların tanımlanmasının önemli bir adım olduğunu belirtmiş ve kimyasalların acil durumlarda tanınmasını kolaylaştırmak için bir sınıflandırma sistemi önermiştir. Önerilen sistemde yaşanan kazalar yer, zaman, rüzgarın hızı ve yönü, nemlilik, meteorolojik koşullar, ortam, taşıma ve sürücü bilgileri, açığa çıkan tehlikeli maddenin gözlenebilir özellikleri, fiziksel durumu, acil klinik bulgular göz önüne alınarak sınıflandırma yapılmıştır.

Pine ve Marx (1997), 1987 ve 1992 yıllarında araç sahiplerinin bildirim esasına dayalı olarak oluşturulan Truck Inventory and Use Survey (TIUS) veri tabanı ile 1989 ve 1994 yıllarında ilki 38, ikincisi ise 12 saatlik sürelerle yapılmış ve bir grup öğrencinin tehlikeli madde taşıyan araçlar üzerindeki plakaları kayıt altına almasına dayanan gözlem verilerini karşılaştırmıştır. Çalışmanın kesin bir belirteç olmasa da, tehlikeli madde taşımacılığına bölgesel ya da ulusal yönden bir bakış açısı kazandıracağı ifade edilmiştir.

Cassini (1998), riskleri en aza indirmek için “şehir içi yolları mı, yoksa nüfusun daha az yoğun olduğu daha uzun yolları mı tercih etmek gerekir?” sorusuna yanıt aramıştır. Nicel bir risk analizi yöntemi önerilerek olabilecek kaza senaryoları ve gerçekleşme olasılıkları ile olası sonuçların hesaba katılması gerektiği belirtilmiştir. Bu yöntemde bölgedeki nüfus yoğunluğu, araç trafiği ve öngörülen rotalar, tehlikeli madde trafiği, meteorolojik veriler, rota üzerindeki tünellerin tasarımı gibi birçok veri dikkate alınmış ve on farklı senaryo tanımlanmıştır. Herbir durum için f-N

eğrileri çizilerek bireysel ve toplumsal risk hesaplanmıştır. Eğriler yardımıyla rota seçimi yapılabileceği belirtilmiş, ancak eğrilerin kesişmesi ve matematiksel beklentilerinin birbirine yaklaşması halinde karar vermede yardımcı olamayacağı da kaydedilmiştir.

Burgess ve diğ. (2001), 1993-1997 yılları arasında Washington'da gerçekleşen 1.974 tehlikeli madde olayını inceleyerek sınıflandırmış ve tehlikeli madde bazında, her bir madde için yaşanan olay sayısı, mağdurlar ve kazaların ne kadarlık bir bölümünün taşıma esnasında meydana geldiği araştırılmıştır. Çalışmanın devamında her bir kimyasalın yarattığı sağlık sorunları sıralanmıştır. Analiz sonucunda olayların dağılımı belirlenerek, mağdurların sağlık kuruluşlarına götürülmesine karar verme, tahliye veya yerinde koruma kararı ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Fabiano ve diğ. (2002), tehlikeli maddelerin taşınmasında risk değerlendirmesi ve tehlikeli maddelerin taşımacılığı için bir çerçeve yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada, İtalya Ulusal İstatistik Enstitüsü (ISTAT) verilerinden yararlanılmıştır. Belirli bir rota üzerinde gerçekçi bir sıklık hesabı için tüneller, demiryolu geçitleri, eğim ve meteorolojik koşullar gibi doğal etkenlerin yanı sıra, trafik koşulları ile ilgili etmenlerin de dikkate alınması gerektiği belirtilmiş ve her bir etmen için belirli bir katsayı belirlenmiştir. Seçilen karayolunun her bir bölümü için trafik yoğunluğu, kaza sıklığı ve uzunluk dikkate alınmış, seçilen yol üzerinde farklı araçların ortalama hızları göz önünde bulundurulmuş ve günün farklı zaman dilimlerine ait kaza verileri ile ADR araçlarına ait kaza verileri karşılaştırmalı bir şekilde sunulmuştur. Önerilen yöntem pilot bir bölgeye uygulanmış ve alevlenebilir ve patlayıcı maddeler içeren senaryolar referans alınarak bireysel ve toplumsal riskler hesaplanmıştır. Geliştirilen modelin sadece taşımacılık risklerinin tahmininde değil, risklerin indirgenmesi için yöntem belirlemede ve acil durum yönetiminde de kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Shorten ve diğ. (2002), 1987-1999 yılları arasında Pensilvanya (Pennsylvania)'da gerçekleşen kazaların kimyasal madde içerikleri, kaza zamanı açısından haftanın günleri ve saat dilimi, seyahat edilen yolun uzunluğu ve yıllara göre dağılımını incelemişlerdir. Hidrokarbon içerikli yakıtların %67 ile en sık saçılan bileşenler olduğu, ancak kazalarla sülfürik asit, klor ve amonyak gibi bazı tehlikeli

kimyasalların da çevreye yayılımının gerçekleştiği belirtilmiştir. En çok saçılan hidrokarbonun dizel yakıt olduğu ve birçok tehlikeli madde kazasının Cuma günleri gerçekleştiği, Pazar günleri ise kaza oranlarının diğer günlere göre oldukça az olduğu kaydedilmiştir. Sabah ve öğle saatlerinde yaşanan kazalarda bir artış gözlemlendiği belirtilmiş ve en çok kazanın 1994 yılında yaşandığını, ardından bir azalma görüldüğü, fakat 1998 ve 1999 yıllarında kazaların tekrar artış gösterdiği belirtilmiştir.

Kara ve diğ. (2003), tehlikeli kimyasalların taşınması için iki rota seçme algoritması (sonlu işlem sırası) önermiştir. Önerilen yaklaşımın literatürde yaygın olarak kullanılan standart en kısa yol sonlu işlem sırasına göre üstünlükleri olduğu ifade edilmiş, en kısa yol sonlu işlem sırasında her bir taşıma bağlantısının dirençlerinin (empedans) bilinmesi ve diğer bağlantıların dirençlerinin de bağımsız olması gerektiği ve tehlikeli madde taşımacılığı probleminin bu yöntemle çözümünün birtakım basitleştirmeler yapmayı gerektirdiği, ancak mevcut çalışma ile bu gerekliliğinin çürütüldüğü ifade edilmiştir. Bu çalışmada en kısa yol sonlu işlem sırasının iyileştirilmiş bir türü ve bağlantı etiketleme (link labeling) işlem sırasının bir uyarlaması yapılmıştır.

Horton ve diğ. (2003), her gün büyük miktarda tehlikeli maddenin taşınmakta olduğunu, bu maddelerin geçişinde kontrolsüz saçılmalar meydana geldiğini ve bu durumun saçılmanın gerçekleştiği bölgede, ya da yakınında bulunan bireyler için ani (akut) genel sağlık sorunlarına neden olabileceğini belirtmişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 16 eyalete ait sağlık departmanlarının dahil olduğu sistem, geçişte meydana gelen saçılmaların toplumsal sağlık etkilerini belirlemek için taranmıştır. 9.392 taşıma olayı analiz edilmiş ve zarar gören toplumsal grupların genellikle memur ve işçilerden oluştuğu kaydedilmiştir. Olayların %5,5'inde tahliye yoluna gidildiği ve yaklaşık 63.000 kişinin tahliye edildiği, 2008 mağduriyetten 115'inin ölümle sonuçlandığı belirtilmiştir. Kaza nedenleri arasında insan hatası ve ekipman hatalarının en yaygın etmen olduğu, en sık görülen mağduriyetin ise solunum sisteminde tahribat olarak sınıflandırılabilmesi ifade edilmiştir. Bu bulgular ışığında toplumsal sağlık sorunlarının oluşmasında ve etkilerinin en aza indirgenmesinde iş

güvenliği eğitiminin, toplumsal planlamanın ve etkin acil durum yönetimi konularının öneminin bir kez daha altının çizilmesi gerektiği kaydedilmiştir.

Bubbico ve diğ. (2004a), tehlikeli maddelerin karayolu ve demiryolu ile taşınması için basitleştirilmiş bir risk analizi yaklaşımı önermiştir. Değişkenler rotaya bağımlı ve rotadan bağımsız olmak üzere iki şekilde incelenmiştir. Rotadan bağımsız değişkenlerin verilerin istatistiksel analizi ile elde edilebileceği ifade edilmiş, senaryolar ve bu senaryoların bir kazayı izleyerek gerçekleşme olasılığı, başlatıcı olay, taşıma ekipmanlarının özellikleri, saçılma miktarları ve ürünün özellikleri gibi bilgiler bu başlık altında sınıflandırılmıştır. Diğer yandan, kaza oranları, meteorolojik koşullar, risk altındaki nüfus ve yol koşulları da rotaya bağımlı değişkenler olarak belirlenmiştir. Oluşturulan senaryolara göre jet yangını, havuz yangını ve zehirli bulut gibi her bir durumun çıktısı dikkate alınarak etki alanları belirlenmiş ve bu alanlardaki kitle için tahmini mağdur sayısı hesaplanmıştır. Yöntemin uzman olmayan kişilerce hızlı risk analizi yapılmasına olanak sağlayacağı ve bireysel ve toplumsal risk hesabında kullanılabileceği belirtilmiştir. Sonuçların karar verme süreçlerinde veya daha detaylı çalışmalarda temel olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Bubbico ve diğ. (2004b), tehlikeli maddelerin karayolu ve demiryolu taşımacılığı için coğrafi bilgi sisteminin kullanımına dayanan bir risk analizi yöntemi önermiştir. Bu yaklaşımın risk analizini etkileyen nüfus, kaza oranı, rota boyunca hava koşulları gibi kolaylıkla güncellenebilecek bölgesel verileri eksiksiz bir şekilde hesaba kattığı belirtilmiştir. Risk değerlendirme aracı olarak ele alındığında, yöntemin rota belirlemede yardımcı olacağı ve tekli ya da çoklu taşımacılıkta hızlı bir şekilde doğru risk analizi yapmaya olanak sağlayacağı belirtilmiştir. Yöntemde kullanılan bölgesel veriler kaza oranı, rota üzerindeki trafik yoğunluğu ve yerleşim yerlerindeki nüfus yoğunluğu ile en düşük, ortalama ve en yüksek sıcaklık verileri, rüzgar hızı ve yönü, endüstriyel tesislerin ve acil durum merkezlerinin konumu olarak sıralanabilir. Yöntem, tüm mevsimler ve rota bölümleri için tekrarlanarak bireysel ve toplumsal risk değerleri elde edilmiştir. Yöntemin kara, demiryolu ve karma taşımacılıkta risk değerlendirme olanağı verdiği ve hızlı bir yöntem olduğu gibi, rota seçme olanağı

sunduğu da belirtilmiş ancak uygulamada detaylı bölgesel bilgilere gereksinim duyulacağı ifade edilmiştir.

Hu ve Raymond (2004), Louisiana Tehlikeli Madde Acil Durum Gözetim Sistemi (Hazardous Substances Emergency Events Surveillance System- HSEES) üzerinde 2001 yılına ait 815 kayıtlı veriyi incelemiştir. Kazaların türü, sayısı, etkilenen sayısı, kaza nedenleri, sağlık etkileri araştırılmıştır. Olaylar sırasında 1.164 kimyasalın açığa çıktığını, 63 kişinin yaralandığını ve olayların genellikle solunum sisteminde tahrişe neden olduğunu belirlemişlerdir. Sabit tesislerde meydana gelen kazalarda daha fazla etkilenen olmasına rağmen taşımacılıkla ilgili olaylardan zarar görme olasılığının daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Karayolunda meydana gelen kazaların diğer taşımacılık türlerine oranla daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Alhajraf ve diğ. (2005), tehlikeli madde taşımacılığında atmosferik koşulların tahminine olanak sağlayan gerçek zamanlı bir yanıt sistemi önermişlerdir. Deniz seviyesinden yükseklik, rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, bağıl nem, basınç, güneş ışınlamı, yağış miktarı ve buharlaşma gibi etmenler dikkate alınmıştır. Oluşturulan senaryolar her bir etmenin farklı değerleri için değerlendirilmiştir. SLAB ve ALOHA isimli dağılım (dispersiyon) modellerinden yararlanılmıştır. Çeşitli kontrol etmenlerinin, etkilenen alanın büyüklüğü ve yönüne etkisi model sonuçları ile belirlenmiştir. Önerilen sistemin acil durum müdahale yönetiminde etkin olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Oggero (2006), 1981-2004 yılları arasında tehlikeli maddelerin kara ve demiryolu ile taşınması esnasında meydana gelen 1.932 kazayı incelemiştir. Araştırmalar MHIDAS (The Major Hazard Incidents Data Service) veri tabanı üzerinden yapılmıştır. Kaza verilerinden hareketle kazaların taşıma türüne ve sonuçlarına göre dağılımı yapılmıştır. İncelenen kazaların yarısından çoğunun (%67) karayolunda gerçekleştiği belirtilmiş ve bu kazaların da %78'inin kimyasal maddelerin açığa çıkması, %28'inin yanma, %14'ünün patlama ve %6'sının da gaz bulutu şeklinde gerçekleştiği belirtilmiştir. Kazaların nedenleri, söz konusu tehlikeli maddeler ve kazaların kitlesel sonuçları analiz edilmiştir. Kazaların %73,5'i darbe veya çarpma ile meydana gelirken, bunu sırayla mekanik hatalar, dış etkiler ve insan faktörü

izlemiştir. 1981-2000 yılları arasında kazalarda büyük artış gözlemlendiği belirtilmiş ve bu durumun kara ve demiryolu taşımacılığının artması ile ilişkilendirilebileceği gibi kaza bilgilerine ulaşma olanağının artmasına da bağlanabileceği ifade edilmiştir. Kazalardan etkilenen kitle, ölü sayısı, yaralı sayısı ve tahliye edilen birey sayısı olarak dikkate alınmıştır. Kaza-ölü sayısı istatistikleri toplumsal risk eğrileri kullanılarak f-N grafiği adıyla da bilinen birikimli sıklık-ölü sayısı grafikleri elde edilmiştir. Kazaları önlemek için alınabilecek en iyi önlemin ulaşım alanında uzman kişilerin yetiştirilmesi olduğu ileri sürülmüştür.

Bubbico ve diğ. (2006), sabit tesislerde uygulanmakta olan birçok yöntemin rota boyunca değişkenlikler içermesi nedeniyle taşımacılık risk analizine uygulanmasının zor olduğunu ileri sürmüştür. Rota boyunca çeşitli verileri analiz etmek amacıyla coğrafi bilgi sisteminin kullanılabileceğini, ancak gerekli tüm verilerin burada mevcut olmadığını belirtmiştir. Buna ek olarak gerekli verilerin sağlanabilmesi durumunda bile risk analizinin kısa zamanda yapılması gerektiğini ifade etmiştir.

Carotenuto ve ark. (2007), tehlikeli maddelerin karayolu taşımacılığında, belirli bir bölgedeki kalkış ve varış noktaları arasında en az risk taşıyan yolların belirlenmesi konusunu ele almışlardır. Problem matematiksel olarak formüle edilerek, çözümü için sezgisel sonlu işlem sırası yöntemi önerilmiş ve seçilen bölgeler için bir dizi hesaplama testleri uygulanmıştır.

Zhang ve Zho (2007), tehlikeli kimyasal taşımacılığını kaza oranlarının değerlendirilmesi ve sonuçların benzetimi (simülasyonu) olmak üzere iki şekilde incelemişlerdir. Kaza oranını değerlendirmek için yayılım (difüzyon) kuramı kullanılmış ve kaza sonuçlarının analizi için de coğrafi bilgi sistemi (CBS) benzetim teknolojilerinden yararlanılmıştır. Daha önce öne sürülen yöntemlerin yeterli gözlem ve verileri içermediğinden düşük doğrulukta olduğu, ancak söz konusu yöntemin içerdiği coğrafi bilgiler ile bu durumun üstesinden geldiği ifade edilmiştir. Önceki çalışmalar, kullanılan verilerin belirli bölgelere ait ve sınırlı olduğu, örnekleme alanındaki bölgesel farklılıkların ihmal edildiği ve belirsizlik faktörlerinin dikkate alınmadığı konusunda eleştirilmiş ve birçok çalışma kaza tahmini ve etkileri

konusunda yetersiz bulunmuştur. Önerilen yöntemin etkin karar verme ve insan hayatının korunması konusunda yardımcı olacağı belirtilmiştir.

Matias ve diğ. (2007), tehlikeli maddelerin taşınmasında yolun uygunluğunu belirleme ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bir kazanın yolun belirli şeridi üzerine etkisinin tanımlandığı 31 etken belirlenmiş ve kaza olasılığı ve kaza şiddeti olmak üzere etkenler iki alt grupta incelenmiştir. Yapay zeka ile öğrenme (machine learning) yöntemlerinden “çok katmanlı algılayıcı ağlar”, “sınıflandırma ağaçları”, ve “destek vektör makinaları” ile uygulamalar yapılmış, en iyi sonuçların vektör makineleri kullanılarak elde edildiği ifade edilmiştir.

Qiao ve diğ. (2009), kaza sıklığı tahmininin temel bir konu olduğunu ve son zamanlarda birçok veri tabanının kaza sıklığı için yalnızca birkaç etmeni dikkate aldığını belirtilmiş ve kaza sıklığı tahmini için toplumsal veri tabanları ve uzman görüşleri kullanılarak bir tahmin yöntemi önermişlerdir. Tahminler için kullanılan değişkenler rotaya bağımlı ve rotadan bağımsız olarak iki şekilde ele alınmışlardır. Rotaya bağımlı parametreler hat sayısı, hava koşulları ve nüfus yoğunluğu olarak belirlenirken rotadan bağımsız değişkenler araç düzenlemesi, yük kapasitesi ve sürücü deneyimi olarak seçilmiştir. Kaza sıklığını rotaya bağımlı değişkenlerin bir fonksiyonu olarak türetmek için veri tabanlarına negatif binom dağılımı (negatif binomial regresyon) uygulanmış, rotadan bağımsız değişkenler ise bulanık mantık ile modellenmiştir. Bu bileşik yöntemin risk analizi için bir temel sağladığı ve daha sonra karar destek sistemlerinde kullanılmak üzere geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Samuel ve diğ. (2009), tehlikeli madde taşımacılığı kazalarının sıklığını kaza yeri ve araç kalkış noktasının bir fonksiyonu olarak incelemiştir. ABD Ulaştırma Bakanlığı (United States Department of Transportation, USDOT) verileri kullanılarak 1995 ve 2004 yılları arasında gerçekleşen kazalar dikkate alınmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığındaki risklerin sadece taşınan maddeden değil, aynı zamanda yolun özellikleri, hava koşulları, sürücü ve etkilenen nüfus ile de ilişkili olacağı ifade edilmiştir. Ölümle sonuçlanan kazalar, hastanede tedavi gerektiren kazalar, tahliye gerektiren durumlar ile ana yolların kapatıldığı durumlar incelenmiştir. Bir küre üzerindeki iki nokta arasındaki uzaklığı hesaplamada “coğrafi kodlama sistemi

(geocoding)” kullanılmıştır. Analiz sonucunda yıllara göre kaza dağılımları ve sıklık-kaza mesafesi grafikleri elde edilmiştir. Uzun mesafeli yollarda kazaları önlemek ve azaltmak amacıyla birçok düzenleme yapıldığına değinilmiştir. Ancak bu çalışmada kaydedilen kazaların büyük bir bölümünün 161 km’nin altında gerçekleştiği belirtilmiş ve bu nedenle kısa mesafeli yerel taşımacılıklarda da kazaların önlenmesi ve kontrolüne özel önem verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Uzun ve kısa mesafeli yolculuklar için ayrı düzenlemeler yapılması önerilmiş ve uzun mesafeli yolculuklarda meydana gelen kaza verileri incelendiğinde, aralıksız taşıt kullanma süresinin de gözden geçirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Milazzo ve diğ. (2010), tehlikeli madde taşımacılığında kazalarla ilgili risklerin tahmini konusunda bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmanın ilk bölümünde meteorolojik ve demografik veriler ile tehlikeli madde akış verileri toplanmıştır. Taşınan maddeler ADR sınıflarına göre sınıflandırılmış; yanıcı ve zehirli gaz ile sıvılar olmak üzere farklı kategorilerde incelenmiştir. Araçların kalkış ve varış noktaları dikkate alınarak farklı rotalar tanımlanmıştır. Kaza sıklığının tahmini için literatürdeki verilerden yararlanılmış, kazaların temel nedenleri lastik patlaması ve fren arızası olarak kabul edilmiştir. Sıklık değerleri hesaplanırken de yol tipi dikkate alınmış, otoyol ve şehiriçi yollar için farklı hesaplamalar yapılmıştır. Rota boyunca sıklığın sabit olduğu kabul edilmiştir. Ancak köprüler, yol geçişleri, tüneller gibi kesişme noktaları dikkate alınarak bir düzeltme faktörü tanımlanmış ve her bir rota için bireysel ve toplumsal riskler elde edilmiştir.

Lozano ve diğ. (2010), Meksika’da meydana gelen kazalara dayanarak, kalabalık kentsel bölgelerde tehlikeli madde taşımacılığı kazalarının analizi üzerine çalışmışlardır. Yaşanan kazalardan sonuçları ciddi veya ciddi olabilecek 6 adet olay seçilmiş ve olayların ayrıntıları listelenmiştir. Her bir kaza için maruziyet bölgeleri belirlenmiş ve olası kazalarda tahliye edilmesi gereken bölge sakinlerinin ve seyahat halindeki kişilerin sayısı hesaplanmıştır. Saçılmalar için, farklı zehirlilik seviyelerinde yayılma modelleri kullanılmış, ağır gazlar için ise “Gauss kirlilik modeli” uygulanmıştır. Sonuç olarak bölgede büyük kayıplara yol açacak bir kaza yaşanmamış olmasına rağmen bu durumun gerçekleşebileceği ve çözümün çok

tehlikeli maddelerin varış noktalarını yeniden yapılandırmak ve kentsel bölgelerde bu araçların geçişinin yasaklamak olabileceği ifade edilmiştir.

Yang ve diğ. (2010), Çin’de 2000-2008 yılları arasında yaşanan tehlikeli madde kazaları üzerine bir araştırma yapmışlardır. Ulusal bir veri tabanları olmadığı için Journal of Safety and Environment verileri kullanılmış, buna ek olarak gazete ve internet kaynaklarından kazalarla ilgili detaylı bilgiler araştırılmıştır. Herbir kaza için yer, zaman, yol türü, kazanın nedenleri, maddelerin Çin sınıflandırma sistemine göre sınıfı, kaza tipleri, neden olunan kirlilik türü ve şiddeti araştırılmıştır. Kazaların gerçekleştiği bölgelere göre dağılımı, olay ağacı üzerinden kaza sonuçları, başlatıcı olaylar, ölü ve yaralı sayıları, tahliye edilen nüfus, çevresel etmenler incelenmiş, ölüm, yaralanma, tahliye edilme ve zehirlenme durumlarının her biri için f-N eğrileri elde edilmiştir.

Pradhananga ve diğ. (2010), tehlikeli madde taşımacılığının çok amaçlı eniyilemesi (optimizasyonu) için karınca kolonisi sistemi (ant colony system-ACS) kullanarak yeni bir yarı-sezgisel sonlu işlem sırası önermişlerdir. Bu çalışmada zaman pencereli araç rotalama problemi (vehicle routing problem with time windows) tehlikeli maddelerin taşınması yönüyle ele alınmış ve rota seçiminde Pareto eniyilemesinden yararlanıldığı belirtilmiştir. Yöntemin geçerliliği birkaç problem ile test edilmiş ve tatmin edici sonuçlar elde edildiği ifade edilmiştir.

Guo ve Verma (2010), tehlikeli maddelerin karayolu taşımacılığı üzerine risk değerlendirme ve rota belirleme konularında birçok çalışma yapıldığı, ancak neredeyse tüm çalışmalarda sabit yük kapasitesi kabulü yapıldığından, araç kapasitelerine ilişkin bir çalışmada bulunulmadığını belirtmiştir. Bu çalışmada, belirlenen bir rota üzerinde farklı yük kapasitelerinin tehlikeli madde taşımacılığı üzerine etkisi araştırılmıştır. Yük kapasitelerinin seçiminde, karar vericinin risklere karşı duyarlı ve duyarsız olması durumları dikkate alınmıştır. Risklere duyarsız karar vericilerin, kaza olasılığı tüm araç boyutlarında sabit olduğu sürece tek araç kullanmayı seçecekleri, risklere duyarlı karar vericilerin ise riskten kaçınma eğilimlerine bağlı olarak karar verecekleri belirtilmiştir.

Reniers ve diğ. (2010), farklı şekillerde taşınan hareket halindeki tehlikeli maddelerin bağıl risk seviyelerini değerlendirmek için bir yöntem geliştirmiştir. Rotalar daha küçük alt kesimlere (segment) bölünmüş ve kaza senaryoları oluşturulmuştur. Kaza senaryolarının sonuçları, ölümcül mesafenin %1'i içindeki insanların sayısı cinsinden hesaplanmıştır. Yöntemin kullanıcı dostu, yarı-nicel risk analizi aracı sağladığı belirtilmiş ve tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan rotaların alt kesimleri arasında karşılaştırma yapmaya olanak sağladığı ifade edilmiştir.

5. MEVZUAT

Bu bölümde, tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuata değinilmiştir. Konu ile ilgili yürürlükte olan yasal düzenlemeler ve anlaşmalar hakkında bilgi verilerek mevcut durumu özetlemek amaçlanmıştır.

5.1. Ulusal Mevzuat

Karayollarında tehlikeli maddelerin taşınması ile ilgili mevzuatımız söz konusu olduğunda; hem karayolları, hem de tehlikeli maddelerle ilgili düzenlemeleri dikkate almak gerekmektedir. Dolayısıyla konu aşağıdaki düzenlemelerin bir kısmı ile doğrudan, bir kısmı ile de dolaylı olarak ilişkilidir.

- 2918 sayılı Karayolları Trafik Yasası
(Resmi Gazete Tarih: 18/10/1983, Sayı: 18195)
- 4925 sayılı Karayolları Taşıma Yasası
(Resmi Gazete Tarih: 19/07/2003, Sayı: 25173)
- 2872 sayılı Çevre Yasası
(Resmi Gazete Tarih: 11/8/1983, Sayı: 18132)
- 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Yasa
(Resmi Gazete Tarih: 17/06/2009, Sayı: 27261)
- Karayolu Taşıma Yönetmeliği
(Resmi Gazete Tarih: 11.06.2009, Sayı: 27255)

- Tehlikeli Maddelerin Karayolu İle Taşınması Hakkında Yönetmelik
(Resmi Gazete Tarih: 31.03.2007, Sayı: 26479)
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
(Resmi Gazete Tarih: 14.03.2005, Sayı: 25755)
- Karayolu Taşımacılık Faaliyetleri Mesleki Yeterlilik Eğitimi Yönetmeliği
(Resmi Gazete Tarih: 03.09.2004, Sayı: 25572)
- Karayolunda Tehlikeli Maddelerin Taşınması için Tasarlanan Motorlu Araçlar ve Römorkları ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (98/91/AT)
(Resmi Gazete Tarih: 11.05.2003, Sayı: 25106)

Karayolları Trafik Yasası, karayollarında, can ve mal güvenliği yönünden trafik düzenini sağlamak ve trafik güvenliğini ilgilendiren tüm konularda alınacak önlemleri belirleyen genel bir düzenlemedir (Mevz.1, 1983).

Karayolu Taşıma Yasası, karayolu taşımacılığını ülke ekonomisinin gerektirdiği şekilde düzenlemek, taşımada düzeni ve güvenliğini sağlamak, taşımacı, acente ve taşıma işleri komisyoncuları ile nakliyat ambarı ve kargo işletmeciliği ve benzeri hizmetlerin koşullarını belirlemektedir. Ayrıca taşıma işlerinde istihdam edilenlerin niteliklerini, haklarını ve sorumluluklarını saptamak, karayolu taşımacılığının, diğer taşıma sistemleri ile birlikte ve birbirlerini tamamlayıcı olarak hizmet vermesini ve mevcut olanakların daha yararlı bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Madde 1). Yasada, tehlikeli yük taşıyan taşıtların ve bunların bağlı olduğu taşımacıların, taşıyacakları yüklerin özelliğine uygun olduğunu gösteren bilgi ve belgelere dayanarak yetki belgesinden ayrı olarak ilgili mercilerden ayrıca izin almakla yükümlü oldukları belirtilmiştir (Madde 5), (Mevz.2, 2003).

Çevre Yasası, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını amaçlamaktadır. Bu yasada, tehlikeli kimyasalların tanımına yer verilmiş ve 13. maddesinde tehlikeli kimyasalların üretimi, satışı, depolanması, kullanılması ve taşınması faaliyetleri ile

tehlikeli atıkların toplanması, taşınması, geçici ve ara depolanması, geri kazanımı, yeniden kullanılması ve giderimi faaliyetlerinde bulunanların zincirleme olarak sorumlu olduğu belirtilmiştir. Yasanın idari nitelikteki cezaların belirtildiği bölümünde, tehlikeli kimyasallar ve bu kimyasalları içeren eşyayı belirtilen usul ve esaslara, yasak ve sınırlamalara aykırı olarak üreten, işleyen, ithal ve ihraç eden, taşıyan, depolayan, kullanan, ambalajlayan, etiketleyen, satan ve satışa sunanlara, 100.000 Türk Lirası'ndan 1.000.000 Türk Lirası'na kadar idarî para cezası verileceği ifade edilmiştir. Ayrıca öngörülen idarî para cezalarının kurum, kuruluş ve işletmelere üç katı olarak verileceği ve Bakanlar Kurulu'nun öngörülen ceza miktarlarını on katına kadar artırmaya yetkili olduğu belirtilmiştir.(madde 20, (Değişik madde: 26/04/2006 - 5491 S.K./14. mad)). Ancak, 25 Aralık 2010 tarihli ve 27796 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "2872 Sayılı Çevre Kanunu Uyarınca Verilecek İdari Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (2011/1)" ile yasaya aykırılık halinde uygulanacak idari para cezaları belirlenmiştir. Buna göre söz konusu durum için uygulanacak cezanın 1/1/2011 – 31/12/2011 tarihleri arasında 142.460 TL'den 1.424.615 TL ye kadar değişebileceği belirtilmiştir (Mevz.3, 1983).

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Yasa'da, Sivil Savunma Daire Başkanlığı'nın görevleri tanımlanmıştır. Bu görevler arasında kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer maddelerin meydana getireceği tehlikelere karşı alınacak önlemleri ve yapılacak çalışmaları tespit etmek ve bunlarla ilgili bakanlık, kamu ve özel kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlamak ve kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer maddelerin tespiti, teşhisi ve arındırılması ile ilgili hizmetleri yürütmek, ilgili kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyonu sağlamak gibi görevler bulunmaktadır (Madde 11), (Mevz.4, 2009).

Karayolu Taşıma Yönetmeliği'nde, tehlikeli maddelerin ve tehlikeli atıkların taşınması konusunda yetki belgesi sahiplerinin, tehlikeli madde ve tehlikeli atık taşımalarını ilgili mevzuata uygun olarak yapmak zorunda olduğu belirtilmiştir. Yetki belgesi sahiplerinin, tehlikeli madde veya tehlikeli atık taşıyan taşıtların; taşıyacakları tehlikeli maddenin veya tehlikeli atığın özelliğine uygun olduğunu gösteren bilgi ve belgeler ile tehlikeli madde sorumluluk sigortası poliçesini ibraz

ederek, ilgili mercilerden bu taşımalar için ayrıca izin almakla yükümlü olduğu belirtilmiştir. Şöforlerde aranılan belge ve şartlar başlığı altında tehlikeli madde taşıyan taşıtları kullananlarının, ilgili mevzuatın öngördüğü eğitimi aldığını gösteren belgeye sahip olmaları gerektiği belirtilmiştir (Madde 36), (Mevz.5, 2009).

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, tehlikeli atık olarak sınıflandırılan ve tehlikeli kabul edilen özelliklerinden birini veya birden fazlasını gösteren atıkların üretimi, toplanması, geçici olarak depolanması, ara depolanması, taşınması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, ithali ve ihracatına ilişkin yasak, sınırlama ve yükümlülükleri, alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri, tabi olunacak hukuki ve teknik sorumlulukları kapsamaktadır (Mevz.6, 2005).

Tehlikeli maddelerin karayolları üzerinde taşınması, yüklenmesi, boşaltılması, “Tehlikeli Maddelerin Karayolu İle Taşınması Hakkında Yönetmelik” hükümlerine tabidir. Bu yönetmeliğin amacı, tehlikeli maddelerin; insan sağlığı ve diğer canlı varlıklar ile çevreye zarar vermeden güvenli ve düzenli bir şekilde kamuya açık karayoluyla taşınmasını sağlamaktır. Ayrıca bu faaliyetlerde yer alan gönderenlerin, alıcıların, dolduranların, yükleyenlerin, boşaltanların, ambalajlayanların, taşımacıların ve tehlikeli maddeleri taşıyan her türlü aracın operatör veya sürücülerinin sorumluluk, yükümlülük ve çalışma koşullarını belirlemektir. Bu nedenle yönetmelik, mevzuatımız içinde uygulamaların diğerlerine oranla daha ayrıntılı bir şekilde belirtilmesi bakımından önemli bir yere sahiptir. Yönetmelik, sonraki bölümde detaylı olarak değinilecek olan ADR Anlaşması’na paralel olarak hazırlanmıştır. Ancak yönetmeliğin 1’inci, 2’nci, 3’üncü ve 4’üncü maddeleri 1/1/2011 tarihinde yürürlüğe girmiş, işaretleme, etiketleme ve ambalajlamayla ilgili hükümlerinin 1/1/2012 tarihinde, taşıma araçlarıyla/üniteleriyle ilgili hükümlerinin 1/1/2013 tarihinde, diğer hükümlerin ise 1/1/2014 tarihinde yürürlüğe gireceği belirtilmiştir (Mevz.7, 2007).

Karayolu Taşımacılık Faaliyetleri Mesleki Yeterlilik Eğitimi Yönetmeliği, Karayolu Taşıma Yönetmeliği’nde, taşımacılık faaliyetleri için öngörülen mesleki yeterlilikle ilgili; mesleki yeterlilik eğitimi ve sınavı, bu eğitimi verecek kurum ve kuruluşların nitelikleri ile bunlara verilecek yetki belgeleri, bu eğitimleri tamamlayanlara veya bu

eğitimden muaf olanlara verilecek mesleki yeterlilik belgeleri ve bunlara ilişkin usul ve esasları düzenler. Buna göre tehlikeli madde taşımacılığı için SRC 5 mesleki yeterlilik belgesi aranmaktadır (Mevz.8, 2004).

“Karayolunda Tehlikeli Maddelerin Taşınması için Tasarlanan Motorlu Araçlar ve Römorkları ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (98/91/AT)”, araçların yapım ve kullanım açısından karayolu yapısına ve trafik güvenliğine uyma zorunluluğunu yerine getirmek üzere; karayolunda tehlikeli maddelerin taşınması için tasarlanan araçlara AT Araç Tip Onayı Belgesi verilmesine ilişkin hükümleri ve bunların uygulanmasına ait usul ve esasları belirlemektedir (Mevz.9, 2003).

5.2. Uluslararası Düzenlemeler

Bu bölümde tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasına dair uluslararası düzenlemeler incelenmiştir.

Söz konusu düzenlemeleri ikili ve çok taraflı anlaşmalar olarak sınıflandırmak olanaklıdır. Buna göre ülkemizin Afganistan, Almanya, Arnavutluk, Avusturya, Azerbaycan, Belarus, Belçika, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Gürcistan, Hırvatistan, Hollanda, Irak, İngiltere, İran, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Kazakistan, Kırgızistan, Kuveyt, Letonya, Litvanya, Lübnan, Lüksemburg, Macaristan, Makedonya, Mısır, Moğolistan, Moldova, Norveç, Özbekistan, Polonya, Romanya, Rusya, Slovenya, Suriye, Suudi Arabistan, Tacikistan, Tunus, Türkmenistan, Ukrayna, Ürdün, Yemen, Yugoslavya ve Yunanistan ile ikili karayolu anlaşmaları bulunmaktadır.

İkili uluslararası karayolu taşımacılığı anlaşmaları metinlerinde genellikle uygulama alanı, tanımlar, yolcu taşımacılığı, pazara giriş, yük taşımacılığı, sigorta, kabotaj, gümrük ve sağlık kontrolü ile araçların teknik kontrolü konuları yer almaktadır. Ayrıca, bu anlaşmaların uygulanması ile ilgili tüm konular için karma komisyonlar oluşturulması, bu komisyonların tarafların temsilcilerinden oluşması, karayolu taşımacılık sektörü temsilcilerinin komisyon toplantılarına çağrılacakları, komisyonların yılda en az bir kere toplanacakları, toplantı gündeminin evsahibi

tarafça veya toplantı talebinde bulunan tarafça toplantı tarihinden iki hafta önce hazırlanıp sunulacağı ve toplantının tarafların heyet başkanlarınca bir protokolün imzalanmasıyla sona ereceği hükme bağlanmaktadır (Dışişleri Bakanlığı, 2011).

Bunun yanısıra, ülkemizin dahil olduğu, karayollarında uluslararası taşımacılığa ilişkin çok taraflı anlaşmalar: TIR Anlaşması, Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmalarına İlişkin Avrupa Anlaşması (AETR), Eşyaların Karayolunda Uluslararası Taşınması için Anlaşma (CMR), Uluslararası Karayollarında Tehlikeli Maddelerin Taşınmasına Dair Avrupa Anlaşması (ADR)'dır. Bu bölümde, tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin düzenlemelerin ayrıntılı şekilde ele alındığı ADR anlaşması hakkında bilgi verilmiştir.

ADR, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu nezdinde 30 Eylül 1957 tarihinde Cenevre'de kabul edilmiş ve 29 Ocak 1968'de yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, 21 Ağustos 1975'te New York'ta "değişiklik yapılan 14.(3) madde protokolü" gereğince değiştirilmiş ve bu hali de 19 Nisan 1985'te yürürlüğe girmiştir.

Anlaşma, 17 maddeden oluşmaktadır. İlk madde, anlaşmada yer alan terimlerin kısa tanımlarını içermektedir. Anlaşmanın anahtar maddesi olarak bilinen 2. madde, anlaşmanın A Eki ile taşınması yasaklanan tehlikeli maddelerin uluslararası taşımalarda kabul edilemeyeceğini ve aşırı tehlikeli maddelerin dışında, diğer tehlikeli maddelerin uluslararası karayolları ile taşınmasının aşağıdaki koşullara uygunluğun sağlanması halinde gerçekleştirilebileceğini ifade etmektedir.

- Söz konusu mallar için özellikle paketleme ve etiketleme ile ilgili olarak Ek-A
- Söz konusu malları taşıyan araçların yapı, ekipman ve işletimi ile ilgili olarak ise Ek-B'ye uygunluk aranmaktadır.

Madde 3, eklerin anlaşmanın ayrılmaz bir parçası olduğunu ifade etmektedir. Anlaşmanın dikkat çeken maddelerinden biri olan 4. madde ise sözleşme taraflarının taşıma esnasında güvenlik dışındaki sebeplerle topraklarına tehlikeli maddelerin girişini düzenleme, ya da yasaklama hakkının bulunduğunu ifade etmektedir. Aynı maddede, tarafların ikili, ya da çok taraflı anlaşmalarla bazı durumlarda yasaklanmış

bazı maddelerin taşınmasına veya Ek-A ve B ile belirtilen koşullara oranla daha hafifletilmiş koşullarda taşınmasına ilişkin düzenlemelerde bulunabileceğine yer verilmiştir.

Anlaşmanın A ve B ekleri, ADR'nin yürürlüğe girmesinden bu yana sürekli olarak değiştirilmiş ve güncellenmiştir. 1 Ocak 2011'de yürürlüğe giren değişikliklerin bir sonucu olarak gözden geçirilmiş ve birleştirilmiş bir baskı olan ECE/TRANS/215 iki cilt halinde basılmıştır. Birinci cilt önsöz, içerik ve anlaşma metni ile birlikte genel hükümlerin yer aldığı Ek-A'nın ilk iki bölümü ile üçüncü bölümünün de bir kısmını içermektedir. İkinci cilt ise Ek-A'nın üçüncü bölümü ile başlamakta ve Ek B'yi de kapsayacak şekilde sonlanmaktadır.

Anlaşmanın yapısı incelendiğinde tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin birçok düzenleme ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu düzenlemeler şu şekilde sıralanabilir: Tehlikeli Maddelerin Taşınmasına Dair Birleşmiş Milletler Tavsiye Kararı, model düzenlemeler, Uluslararası Denizcilik Tehlikeli Maddeler Kodu (Uluslararası Denizcilik Örgütü), Tehlikeli Maddelerin Güvenli Taşınması İçin Teknik Hava Talimatı (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü), Tehlikeli Maddelerin Demiryolu ile Uluslararası Taşınması ile İlgili Düzenleme (Demiryolu ile Uluslararası Taşımacılığa İlişkin Hükümetlerarası Örgüt). Tablo 5.1'de anlaşmanın genel yapısı özetlenmiştir.

ADR 2011, önceki basımlarda yer alan bazı gerekliliklerle uyum halindedir ve bir geçiş süreci sağlamaktadır. 1 Ocak 2011 itibarıyla, ADR 2011 olarak bilinen ECE/TRANS/215 yürürlüğe girmiştir. Geçiş döneminde Birleşmiş Milletler tarafından basılan ve daha sonra üzerinde değişiklik yapılan 2009 basımı ECE/TRANS/202'nin de 30 Haziran 2011'e kadar kullanılabileceği ifade edilmiştir (UNECE, 2011).

Tablo 5.1: ADR anlaşmasının genel yapısı (UNECE, 2011)

Ek A: Genel hükümler ve tehlikeli madde ve yükler ile ilgili hükümlülükler	
Bölüm 1	Genel hükümler
Bölüm 2	Sınıflandırma
Bölüm 3	Tehlikeli malların listesi, özel hükümler ve sınırlı ve istisna miktarlar ile ilgili muafiyetler
Bölüm 4	Paketleme ve tank hükümleri
Bölüm 5	Sevkiyat işlemleri
Bölüm 6	Ambalajlar, orta boy dökme kaplar (IBC), büyük ambalajlar ve tankların yapı ve testleri için gereklilikler
Bölüm 7	Taşıma, yükleme, boşaltma ve elleçleme ile ilgili hükümler
Ek B: Taşıma ekipmanları ve taşıma işlemleri	
Bölüm 8	Araç personeli, ekipmanlar, işlem ve dökümantasyon
Bölüm 9	Araçların yapısı ve uygunluğu ile ilgili gereklilikler

ADR, devletlerarası bir anlaşma olmakla birlikte genel ve devletlerüstü bir yaptırım organı bulunmamaktadır. Uygulamada, karayolu denetimleri sözleşmeyi imzalayan taraflarca gerçekleştirilmekte ve anlaşma hükümlerine uyulmaması halinde ulusal makamlar tarafından kendi yerel düzenlemelerine göre yasal işlemler yapılmaktadır. Anlaşma herhangi bir ceza öngörmemektedir.

Anlaşmanın önsözünde üye ülkelere yer verilmiştir. Ekim 2011 itibarıyla güncel listede, Türkiye de dahil olmak üzere, anlaşmaya 47 taraf ülke bulunduğu görülmektedir. Sözleşmeye taraf olan ülkeler şu şekilde sıralanabilir: Almanya, Arnavutluk, Andora, Avusturya, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Belçika, Bosna Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Fas, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İtalya, İspanya, İsviçre, İsveç, Karadağ, Kazakistan, Kıbrıs, Letonya, Lihtenştayn, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Makedonya, Malta, Moldova, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya Federasyonu, Sırbistan, Slovakya, Slovenya, Tunus, Türkiye, Ukrayna ve Yunanistan.

5.2.1. ADR Anlaşması'nın A eki

Anlaşmanın A Eki, “Genel Hükümler ve Tehlikeli Maddelerle İlgili Genel Hükümler” olarak anılmaktadır. Bu bölümde, 7 alt bölümden oluşan Ek-A incelenmiş ve her bir bölümün içeriklerine dair bilgi verilmiştir.

5.2.1.1. Genel hükümler (ADR-Bölüm 1)

Bu bölümde anlaşmanın içeriği ve amacı hakkında bilgi verilmiş ve anlaşmaya konu olabilecek sıradışı durumlar belirtilmiştir. Çeşitli terimler alfabetik olarak açıklanmış ve anlaşmada kullanılmakta olan ölçü birimlerinin bir listesi verilmiştir. Tehlikeli malların taşınmasında görev alacak personelin eğitimi ve katılımcıların güvenlik ile ilgili yükümlülükleri, muafiyetler, geçici önlemler, radyoaktif maddeler ile ilgili genel hükümler de bu bölümde yer almaktadır. Kontroller ve güvenlik gerekliliklerinin sağlandığına dair destek önlemleri, yetkili makamlarca getirilen kısıtlamalar ve güvenlik hükümleri bölümde yer alan diğer konulardır.

5.2.1.2. Sınıflandırma (ADR-Bölüm 2)

Bu bölüm, sınıflandırma ile ilgili genel hükümler ile özel sınıflara ait hükümleri içermektedir. Buna göre tehlikeli maddeler 9 sınıfa ayrılmıştır.

Sınıf 1	Patlayıcı madde ve yükler
Sınıf 2	Gazlar
Sınıf 3	Yanıcı sıvılar
Sınıf 4.1	Yanıcı katılar, kendiliğinden reaktif maddeler ve katı duyarsızlaştırılmış patlayıcılar
Sınıf 4.2	Kendi kendine yanabilen maddeler
Sınıf 4.3	Su ile temas ettiğinde yanıcı gaz çıkaran maddeler
Sınıf 5.1	Oksitleyici maddeler

Sınıf 5.2	Organik peroksitler
Sınıf 6.1	Zehirli (toksik) maddeler
Sınıf 6.2	Bulaşıcı maddeler
Sınıf 7	Radioaktif maddeler
Sınıf 8	Aşındırıcı maddeler
Sınıf 9	Çeşitli tehlikeli madde ve mallar

Farklı sınıflardaki herbir maddeye dört haneli bir UN (Birleşmiş Milletler) numarası atanmıştır. Aynı bölümde, sınıflandırmada kullanılan ilkelere değinilmiş ve test yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Paketleme ile ilgili sınıflandırmalara da bu bölümde değinilmiş ve 1, 2, 5.2, 6.2 ve 7 numaralı tehlike sınıflarının dışında kalan tehlikeli maddeler ile kendiliğinden reaktif maddelerin dahil olduğu sınıf 4.1 haricindeki maddeler için üç farklı paketleme sınıflandırması yapılmıştır:

Paketleme grubu I: Yüksek tehlike taşıyan maddeler

Paketleme grubu II: Orta derecede tehlikeli maddeler

Paketleme grubu III: Az tehlikeli maddeler

5.2.1.3. Tehlikeli malların listesi, özel hükümler ve sınırlı ve istisnai mallara ilişkin muafiyetler (ADR-Bölüm 3)

Bu bölümde genel hükümler ile tehlikeli maddelerin bir listesine yer verilmiştir. Bu listede maddenin adı, dört haneli UN numarası, sınıfı, sınıflandırma ve ambalaj kodu, etiket bilgileri, özel hükümler, sınırlı ve istisnai miktarlar, ambalajlama, tank ve konteynerlere (özel kap) ilişkin bilgiler, ADR tankları, taşımacılıkla ilgili özel hükümler, tehlike tanımlama numaraları gibi bilgiler kısaltma ve çeşitli kodlarla ifade edilmiştir. Tablo 5.2 ile 22 sütundan oluşan tehlikeli maddeler listesine bir örnek verilmiştir. Anlaşmanın A ekinde yer alan Bölüm 3 Tablo A'dan detaylı bilgiye ulaşmak mümkündür. Bölümün devamında alfabetik olarak maddelerin sıralandığı ve UN numarası ile madde sınıfı bilgilerinin yer aldığı bir liste de bulunmaktadır. Bazı maddelere ilişkin uygulanabilir özel hükümler, sıradışı (istisnai)

miktarlarda paketlenen tehlikeli maddeler ile ilgili uygulama bilgileri de bu bölümde yer almaktadır. Şekil 5.1’de tehlikeli madde listesinden bir kesit yer almaktadır.

UN No.	Name and description	Class	Classification code	Packing group	Labels	Special provisions	Limited and excepted quantities		Packaging			Portable tanks and bulk containers	
							3.4.6	3.5.1.2	Packing instructions 4.1.4	Special packing provisions 4.1.4	Mixed packing provisions 4.1.10	Instructions 4.2.5.2 7.3.2	Special provisions 4.2.5.3
(1)	(2)	(3a)	(3b)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)	(9a)	(9b)	(10)	(11)
0004	AMMONIUM PICRATE dry or wetted with less than 10% water, by mass	1	1.1D		1		0	E0	P112(a) P112(b) P112(c)	PP26	MP20		
0005	CARTRIDGES FOR WEAPONS with bursting charge	1	1.1F		1		0	E0	P130		MP23		
0006	CARTRIDGES FOR WEAPONS with bursting charge	1	1.1E		1		0	E0	P130 LP101	PP67 L1	MP21		
0007	CARTRIDGES FOR WEAPONS with bursting charge	1	1.2F		1		0	E0	P130		MP23		
0009	AMMUNITION, INCENDIARY with or without burster, expelling charge or propelling charge	1	1.2G		1		0	E0	P130 LP101	PP67 L1	MP23		
0010	AMMUNITION, INCENDIARY with or without burster, expelling charge or propelling charge	1	1.3G		1		0	E0	P130 LP101	PP67 L1	MP23		

Şekil 5.1: ADR Anlaşması ek-A, bölüm 3.2’de yer alan tehlikeli madde listesinden bir kesit (UNECE, 2011)

Tablo 5.2: ADR-tehlikeli maddeler listesine göre metanolün sınıflandırılması ve paketlenmesi ile ilgili hükümler (UNECE, 2011)

UN no		(1)	1230
Maddenin adı ve tanımı 3.1.2		(2)	metanol
Sınıf 2.2		(3a)	3
Sınıflandırma Kodu 2.2		(3b)	FT1
Paketleme Grubu 2.1.1.3		(4)	II
Etiketleme 5.2.2		(5)	3 +6.1
Özel hükümler 3.3		(6)	279
Sınırlı ve hariç miktarlar	3.4.6	(7a)	1L
	3.5.1.2	(7b)	E2
Paketleme	Paketleme talimatları 4.1.4	(8)	P001, IBC02
	Özel paketleme hükümleri 4.1.4	(9a)	-
	Birlikte paketleme hükümleri 4.1.10	(9b)	MP19

Tablo 5.3: ADR-tehlikeli maddeler listesine göre metanolün taşınması ile ilgili hükümler (UNECE, 2011)

Taşınabilir tanklar ve dökme kaplar	Talimatlar 4.2.5.2 7.3.2	(10)	T7
	Özel hükümler 4.2.5.3	(11)	TP2
ADR tank	Tank kodu 4.3	(12)	L4BH
	Özel hükümler 4.3.5, 6.8.4	(13)	TU15
Tank taşımacılığı için araçlar 9.1.1.2		(14)	FL
Taşıma kategorisi (tünel sınırlama kodu) 1.1.3.6 (8.6)		(15)	2 (D/E)
Taşıma için özel hükümler	Paketleme 7.2.4	(16)	-
	Dökme 7.3.3	(17)	-
	Yükleme, boşaltma ve elleçleme 7.5.11	(18)	CV13 CV28
	İşletim 8.5	(19)	S2 S19
Tehlike tanımlama no 5.3.2.3		(20)	336
UN no		(1)	1230
Maddenin adı ve tanımı 3.1.2		(2)	metanol

5.2.1.4. Paketleme ve tank hükümleri (ADR-Bölüm 4)

Orta boy dökme kaplar (IBC) ve büyük amabalajlar da dahil olmak üzere ambalajların kullanımı bu bölümde ele alınmış, farklı sınıflardaki maddelerin paketlenmesine ilişkin talimatlar ile taşınabilir tanklara ilişkin talimatlara yer verilmiştir. Bu bölümde elyaf takviyeli plastik tankların, sabit tankların (sarnıçlı araç), sökülebilir tankların, tank içerikleri ve tank yük nakil kasalarının kullanımı, vakumla çalışan atık tanklarının kullanımı, hareketli (mobil) patlayıcı üretim birimlerinin (MEMU) kullanımı konularında talimatlar yer almaktadır.

5.2.1.5. Sevkiyat işlemleri (ADR-Bölüm 5)

Bu bölümde, genel hükümler ile işaretleme ve etiketleme ile her bir sınıfa ait etiketleme örnekleri yer almakta, kapların, birden fazla bölüm içeren gaz kaplarının (MEGC), hareketli patlayıcı üretim birimlerinin, tank-kapların, taşınabilir tankların ve araçların etiketlenmesi ve işaretlenmesi konularına değinilmekte, tehlike tanımlama numaralarının anlamları, dökümantasyon, tehlikeli maddelerin çok modelli (multimodal) taşımacılığında kullanılan bir form örneği ve özel hükümler yer almaktadır.

Aşağıda, anlaşmanın A-Eki'nde yer alan ve her bir tehlike sınıfı için kullanılması gereken etiketlere yer verilmiştir.



(No.1)

Bölüm 1.1, 1.2 ve 1.3



(No 1.4)
Bölüm 1.4

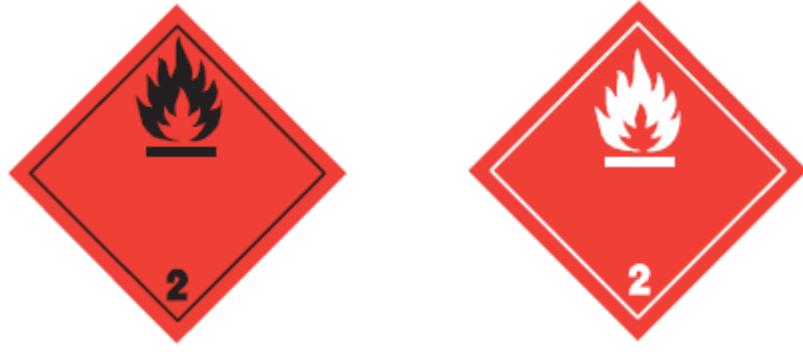


(No 1.4)
Bölüm 1.4



(No 1.4)
Bölüm 1.4

Şekil 5.2: Patlayıcı madde veya malları belirtmek üzere kullanılan etiketler



Şekil 5.3: No. 2.1 ile sınıflandırılan alevlenebilir gazları belirtmek üzere kullanılan etiketler



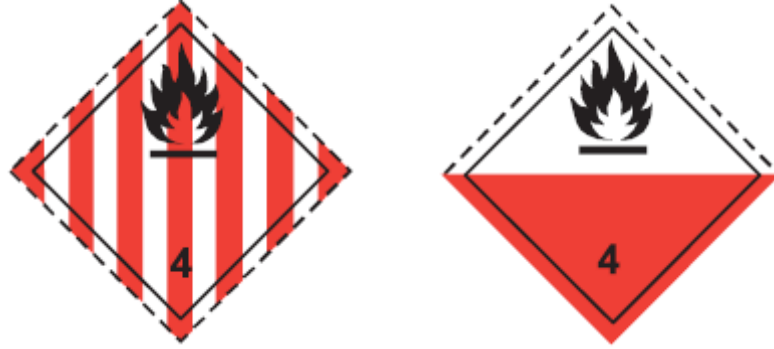
Şekil 5.4: No. 2.2 ile sınıflandırılan alevlenebilir ve zehirli olmayan gazları belirtmek üzere kullanılan etiketler



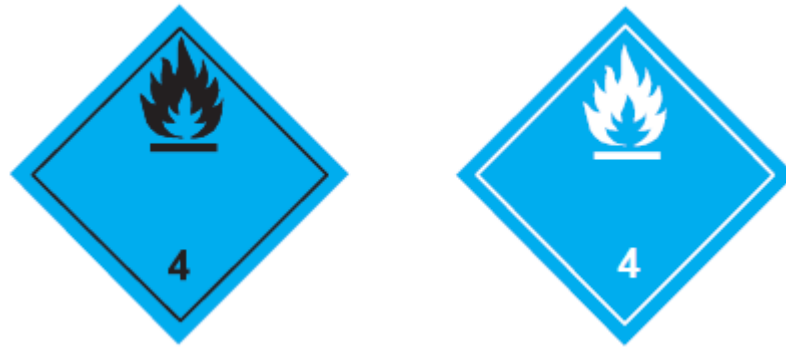
Şekil 5.5: No. 2.3 ile sınıflandırılan ve zehirli gazları belirtmek üzere kullanılan etiketler



Şekil 5.6: Alevlenebilir sıvılar sınıfına dahil olan maddeleri belirtmek için kullanılan etiketler



Şekil 5.7: 4.1 ve 4.2 sınıflarına ait yanıcı katılar ve kendi kendine yanabilen maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiketler



Şekil 5.8: 4.3 sınıfındaki su ile temasında alevlenebilir gazlar yayan maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiketler



Şekil 5.9: Oksitleyici maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket



Şekil 5.10: Organik peroksitleri belirtmek üzere kullanılan etiketler



Şekil 5.11: Sınıf 6.1'e dahil olan zehirli maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket



Şekil 5.12: Sınıf 6.2'ye dahil olan bulaşıcı maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket



No 7A



No 7 B

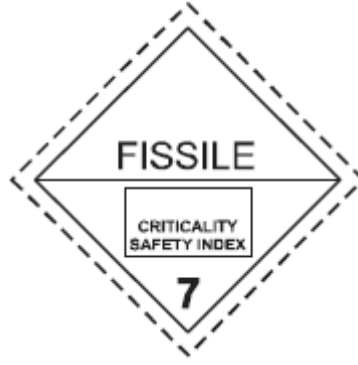
Kategori-I



No 7C

Kategori-II

Şekil 5.13: Farklı etkinlik düzeylerindeki radyoaktif maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiketler



Şekil 5.14: No. 7E ile ifade edilen parçalanabilir (fission) maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket



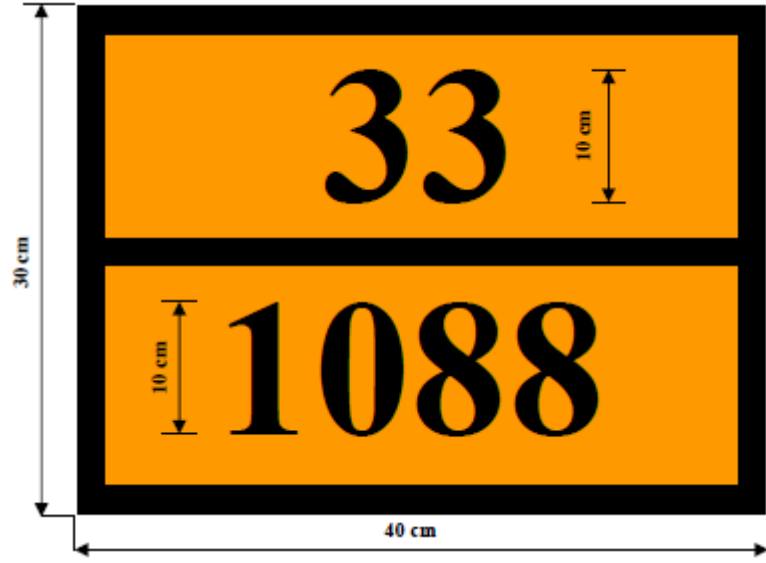
(No.8)

Şekil 5.15: Aşındırıcı (korozif) maddeleri belirtmek üzere kullanılan etiket



Şekil 5.16: Diğer sınıfların kapsamına girmeyen çeşitli tehlikeli madde ve malları belirtmek üzere kullanılan etiket

Aynı bölüm içinde yer alan başka bir alt başlıkta ise tehlike tanımlama numarası ve UN numarasının yer aldığı turuncu renkli plakaya ilişkin gereklilikler açıklanmıştır.



Şekil 5.17: Tehlike tanımlama numarası ve Birleşmiş Milletler numarasının yer aldığı turuncu plaka örneği

Söz konusu plakaya ilişkin bir örnek Şekil 5.17’de bulunmaktadır. Anlaşmanın beşinci bölümündeki diğer alt başlık ise, turuncu plakanın üst kısmında yer alan tehlike tanımlama numaralarının ve bu numaraların farklı şekillerde bir araya gelerek oluşturdukları özel anlamların yer aldığı bölümdür.

5.2.1.1.6. Ambalajlar, ortaboy dökme kaplar (IBC), büyük ambalajlar ve tankların yapı ve testleri için gereklilikler (ADR-Bölüm 6)

Bu bölümde ambalajların yapım ve testine ilişkin gereklilikler ile basınçlı kaplar, aerosol dağıtıcılar, gaz içeren küçük kaplar, sıvılaştırılmış alevlenebilir gaz içeren yakıt hücresi kovanları için gereklilikler tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra bulaşıcı maddelerin ve radyoaktif maddelerin ambalajlarının yapımı ve testi için gereklilikler, ortaboy dökme kaplar ile büyük ambalajların yapımı ve testleri için gereklilikler, taşınabilir tankların ve birden fazla bölüm içeren gaz kaplarının tasarımı, yapımı, muayenesi ve test edilmesi için gereklilikler açıklanmıştır. Sabit tankların, sökülebilir tankların, tank kapların, tank yük nakil kasasının, batarya araçlarının yapımı, ekipmanları, tip onayı, muayene, testleri ve işaretlenmesi ilgili gereklilikler belirtilmiştir. Elyaf takviyeli plastik sabit tanklar (tank araçlar), sökülebilir tanklar, tank konteynerler ve tank yük nakil kasasının, dökme kapların, vakumla çalışan atık

tanklarının, hareketli patlayıcı üretim birimlerinin tasarımı, yapımı, ekipmanları, tip onayı, test ve işaretleme gerekliliklerine de aynı bölümde yer verilmiştir.

5.2.1.1.7. Taşıma, yükleme, boşaltma ve elleçleme ile ilgili hükümler (ADR-Bölüm 7)

Bu bölümde genel hükümler, ambalajların taşınması ve dökme taşıma, tankların taşınması ile ilgili hükümler ile birlikte yükleme, boşaltma ve elleçleme ile ilgili hükümler, etiket numaralarına göre birlikte yüklenmesine izin verilebilecek maddelerin bulunduğu bir çizelge yer almaktadır.

5.2.2. ADR Anlaşması'nın B eki

5.2.2.1. Araç personeli, ekipmanlar, işlem ve dokümantasyon (ADR-Bölüm 8)

Bu bölümde, taşıma birimleri ve araca monte edilmiş ekipmanlarla ilgili gereklilikler, araç personelinin eğitimi ve araç personeline uyulması gereken gereklilikler, araçların gözetim ve denetimi ile ilgili gereklilikler, belirli sınıflara veya maddelere ilişkin ek gereklilikler ile tehlikeli madde taşıyan araçlar için tünel kısıtlamaları yer almaktadır.

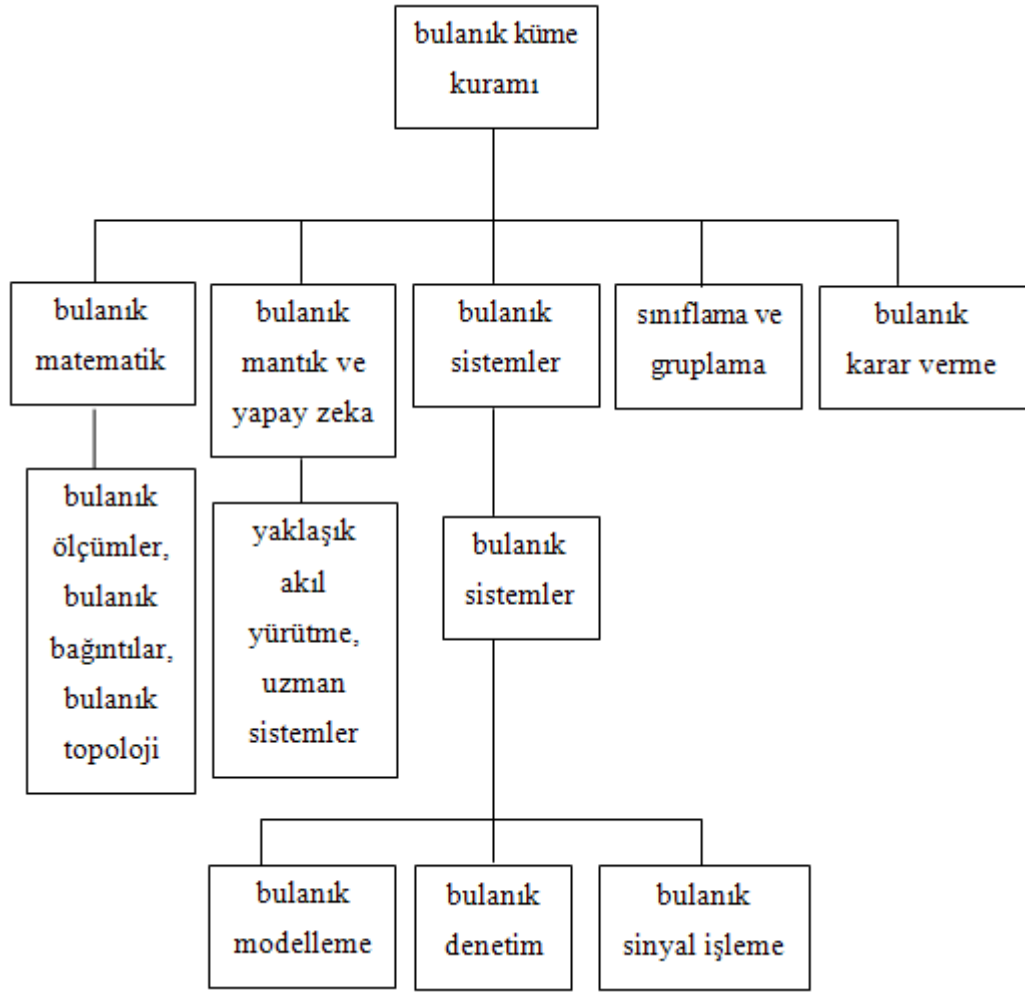
5.2.2.2. Araçların yapısı ve uygunluğu ile ilgili gereklilikler (ADR-Bölüm 9)

Amaç, tanımlar ve araç uygunluğu ile ilgili gereklilikler, araçların yapısı, tip onayları, paketler halinde tehlikeli madde taşıyacak araçlar ve dökme katı, sıcaklık kontrollü madde taşıyacak araçlar için ek gereklilikler ile sabit tanklar, batarya araçlar, sökülebilir tanklar ve birden fazla bölüm içeren gaz kapları ile ilgili ek hükümler bu bölümde yer almaktadır.

6. BULANIK MANTIK

Bulanıklık, belirsizliğin bir ifadesi olarak yorumlanmaktadır. Geçmişte, belirsizlikleri işlemek ve anlamlı sonuçlar elde etmek amacıyla olasılık kuramı kullanılmıştır. Ancak bu kuram, belirsizlikleri ele alırken istatistik yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır. Bu nedenle tüm belirsizliklerin rastgele olduğu düşüncesi hakimdir. Ancak rastgeleliğin en önemli özelliği sonuçların ortaya çıkmasında şans etmeninin rol oynaması ve gerekli öngörülerin ve tahminlerin kesin bir doğrulukla önceden yapılamıyor olmasıdır. Ne var ki, söz konusu belirsizliklerin hepsi rastgele özellikte değildir. Rastgele özellikte olmayan olayların, örneğin sözel belirsizlikler halinde inceleme ve sonuç çıkarma işlemlerinde olasılık kuramı ve istatistik gibi sayısal belirsizlikleri gerektiren yöntembilimler kullanılamaz (Şen, 2004).

Yukarıda değinilen farklı belirsizlik durumları arasında sözel olanların mükemmel olmayan bilgi içeriği yönüyle daima yaklaşıklık ve bulanıklık içerdiği anlaşılmaktadır. Bu gibi belirsizlik durumlarında en uygun yöntembilimin bulanık mantık olduğu 1965 yılında Azeri bilimadamı Lütfü Askerzade tarafından önerilmiştir (Şen, 2004). Ancak özellikle batı kültüründe uzun yıllar boyunca dışlanarak uygulama olanağı bulamayan bu görüş 1980'lerin başında Japonya'nın liderliğinde video kamera ve bulaşık makineleri gibi teknolojik ürünlerde kullanılmaya başlanmasıyla yaygın hale gelmiştir. Literatürde de matematik ve mantıktan, geleneksel ve ileri mühendislik yöntemlerine kadar çok geniş alanlarda bulanık küme uygulamalarında artış görülmüştür. Uygulamaların tıptan ekonomiye, insan etmeninden tüketim ürünlerine, araç kontrolden bilgisayar ve dilbilime kadar birçok alanda çeşitlilik gösterdiği belirtilmiştir (Zimmermann, 1999). Şekil 6.1'de bulanık mantık ve uygulamaları için bir sınıflandırma önerisine yer verilmiştir.



Şekil 6.1: Bulanık mantık ve uygulamaları için sınıflandırma önerisi (Baykal ve Beyan, 2004)

Bulanık mantık sisteminin temeli, üyelik işlevleri ile oluşturulan dilsel (sözel) değişkenlerin oluşturduğu girdileri karar verme sürecinde kullanmaktır. Bu değişkenler, sözel EĞER-İSE kuralları ile birbirleriyle eşleşirler. Her bir kuralın sonucu, girişlerin üyelik derecelerinden durulama yöntemiyle sayısal bir değer elde edilmesiyle belirlenir. Bulanık mantık sisteminin kural listesi oluşturma ve üyelik işlevi tasarımı için genellikle uzman görüşlerinden yararlanılmaktadır (Elmas, 2003). Başka bir deyişle, giriş verileri bilgi tabanındaki üyelik işlevleri tarafından sözel ifadeler ve giriş verisinin bu ifadeyi ne oranda desteklediğini gösteren üyelik derecelerine dönüştürülür. Bu aşamaya “bulanıklaştırma” adı verilir. Bulanıklaştırma sonucu elde edilen sözlü ifadeler, insanın doğal karar verme sürecinde olduğu gibi kural tabanındaki önermelerle karşılaştırılır ve yine sözel yargı sonuçlarına varılır.

Bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğu yine girişteki üyelik derecelerin belirlenir. Bu kısma “bulanık karar verme süreci” adı verilir. Bulanık karar verme sürecinin çıkışında yargı sonuçlarını ifade eden sözel etiketler ve bunların destek dereceleri bulanık çıkışlar olarak adlandırılır. Eğer bilgisayar, çıkışta makineye bir bilgi yolluyorsa, bulanık çıkışlar yine makinenin anlayacağı bir dil olan sayısal çıkış değerlerine dönüştürülmektedir. Bu dönüştürme işlemi durulama olarak bilinmektedir (Yılmaz, 2007).

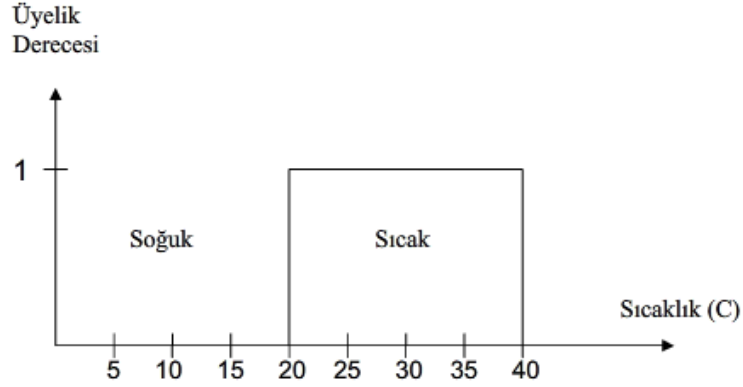
Bulanık mantık kavramı ile birlikte matematikte de bulanık kümeler kavramı ortaya çıkmıştır.

6.1. Bulanık Küme Kuramı

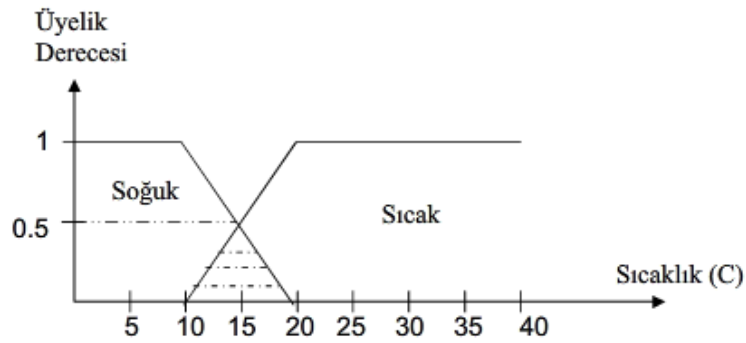
Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin elemanıdır, ya da değildir. Yani kısmi üyelik söz konusu değildir. Nesnenin üyelik değeri “1” ise “kümenin elemanı”, “0” ise “elemanı değildir”. Başka bir deyişle klasik kümelerde elemanların üyelikleri $\{0,1\}$ değerlerini alır. Bulanık mantık, insanın günlük yaşantısında nesnelere verdiği üyelik değerlerini, dolayısıyla insan davranışlarını taklit eder. Örneğin elini suya sokan bir kişi hiçbir zaman tam olarak sıcaklığını bilemez, onun yerine “sıcak, az sıcak, soğuk, çok soğuk” gibi sözel niteleyiciler kullanır (Elmas, 2003).

Klasik kümelerin aksine, bulanık kümlerde elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında sonsuz sayıda değişebilir (Elmas, 2003). Klasik kümelerde bir öğeden diğerine geçiş keskin ve aniden değişen üyelik dereceleri sayesinde olmaktadır. Ancak bulanık kümelerde bu geçiş yumuşak ve sürekli bir şekilde olmaktadır. Bu geçişlerde belirsizlik, hayalgücü, sezgi gibi görüşler rol oynar. Üyelik dereceleri fonksiyonu, bu tür görüşlerin karışık bir şekilde öğelere yayılmasını temsil eder. Buradan hareketle bulanık kümeler, değişik üyelik derecelerinde öğeleri olan bir topluluk olarak tanımlanabilir. Klasik kümelerde bir öğenin kümeye ait olması için üyelik derecesinin mutlaka 1’e eşit olması gerekirken, bulanık kümede nerede ise bütün öğelerin değişik derecelerle kümeye ait olmaları mümkündür. Ayrıca bir bulanık küme öğesi aynı değişken özelliğine sahip olmak üzere, başka bir kümenin de öğesi olabilir. Örneğin, bir yerde 30°C sıcaklık gözlenmesine rağmen, aynı derece,

nem miktarının artması sonucunda bunaltıcı sıcaklığı da temsil eden bir başka kümenin ögesi olabilir (Şen, 2004). Şekil 6.2’de bir klasik küme örneği, Şekil 6.3’te ise bulanık küme örneği yer almaktadır.



Şekil 6.2: Sıcaklık için klasik küme örneği (Elmas, 2003)



Şekil 6.3: Sıcaklık için bulanık küme örneği (Elmas, 2003)

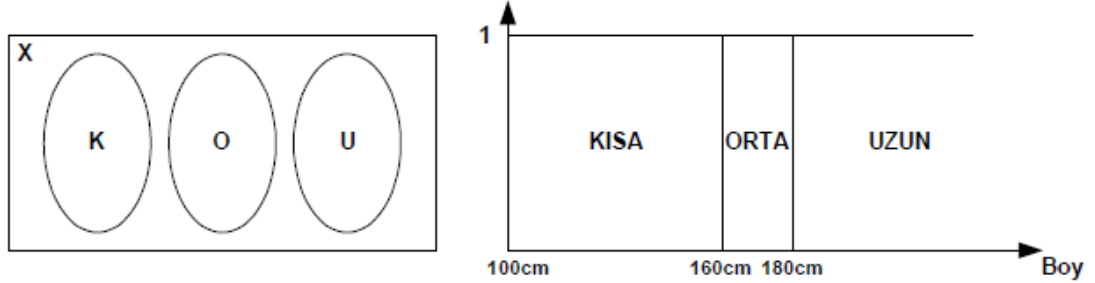
Bulanık kümede yatay eksenindeki gerçek sayıların herbiri, düşey ekseninde 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerine dönüştürülür. Böylece yatay eksenindeki bir gerçek sayı x ile gösterilirse, üyelik derecesi $\mu(x)$ ile gösterilecektir. Buna göre:

$$0 \leq \mu(x) \leq 1 \quad (6.1)$$

olduğu görülmektedir (Şen, 2004).

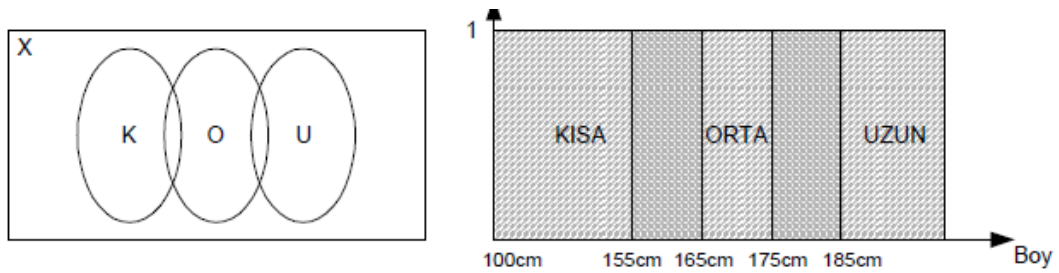
X evrensel kümesi insanların boy uzunluklarının tanımlandığı küme, K kısa boyluları, O orta boyluları ve U uzun boyluları belirtmek üzere Şekil 6.4’ teki gibi temsil edildiği kabul edilsin. Buna göre 160 cm’nin altında kalanlar kısa boylu iken

160 cm ile 180 cm arasında kalanlar orta boylu ve 180 cm ve üzeri de uzun boylu olarak kabul edilmiştir. Burada 159 cm boyunda olan bir kişi kısa boylu iken 161 cm boyunda kişi ise orta boylu, yine 179 cm boyundaki kişi orta boylu iken 181 cm uzunluğundaki kişi ise uzun olarak kabul edilmektedir.



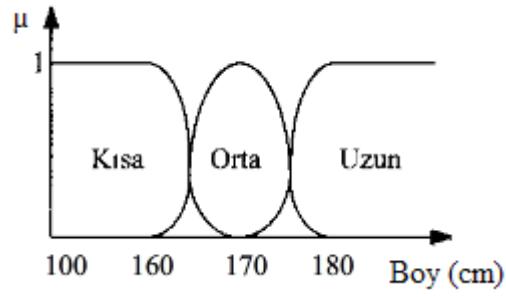
Şekil 6.4: Klasik uzun boylular kümesi örneği (Elmas, 2003)

Ancak görüldüğü gibi arada farklı sınıflandırmayı gerektirecek büyüklükte bir fark bulunmamaktadır. Söz konusu değerler her iki kümeye de ait olarak düşünüldüğünde ise Şekil 6.5'teki durum ortaya çıkmaktadır. Buna göre 155 cm ile 165 cm arası hem kısa hem orta boylu, 175 cm ile 185 cm arası hem orta hem uzun boylu kabul edilmiştir. Şekil 6.5'te ortaya çıkan keskin geçişler bu kez yeni bir probleme yol açmıştır. 164 cm olan birisi ile 156 cm olan birisinin hem K, hem de O kümesine aitlik derecesi 1 değerinde olmuştur ancak aslında 164 cm olan birisi 156 cm olan birine oranla O kümesine daha çok aittir.



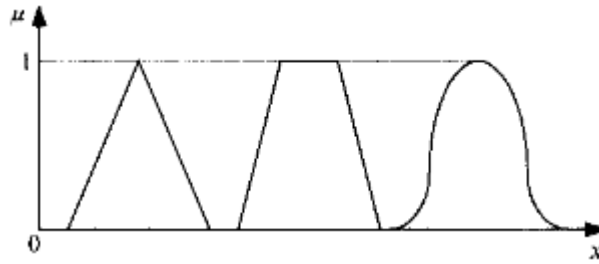
Şekil 6.5: Klasik kümelerde kesişim (Elmas, 2003)

Söz konusu probleme, Şekil 6.6'da olduğu gibi bulanık küme kuramı ile çözüm getirmek mümkündür. Görüldüğü gibi 160 cm'den 170 cm'e doğru büyüyen değerler için K kümesine ait olma derecesi düşerken, O kümesine ait olma derecesi artmaktadır.



Şekil 6.6: Boy uzunlukları bulanık kümesi (Elmas, 2003)

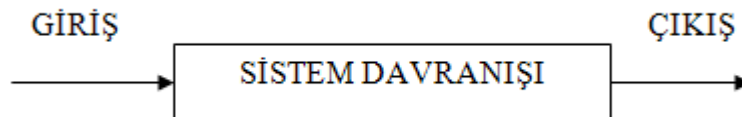
Üyelik derecelerinin 0'dan 1'e kadar ne şekilde değişeceğini belirleyen üyelik işlevleridir (fonksiyon). Üyelik işlevinin şekli, kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre değişiklik gösterir. Genelde kullanılan üyelik işlevleri üçgen, yamuk, Gauss dağılımlı veya çan eğrisi şekillerinde, ya da S veya Z şeklinde (sigmoid) eğrilerdir (Yılmaz, 2007). Şekil 6.7'de farklı üyelik işlevi örnekleri yer almaktadır.



Şekil 6.7: Farklı üyelik işlevi örnekleri (Elmas 2003)

Üyelik işlevleri, genellikle küçük, orta, büyük olarak 3; küçük, orta küçük, orta, orta büyük, büyük olarak 5 veya çok küçük, küçük, az küçük, sıfır, az büyük, büyük, çok büyük olarak 7 etiketle tek sayı olarak tanımlanmaktadır (Elmas, 2003).

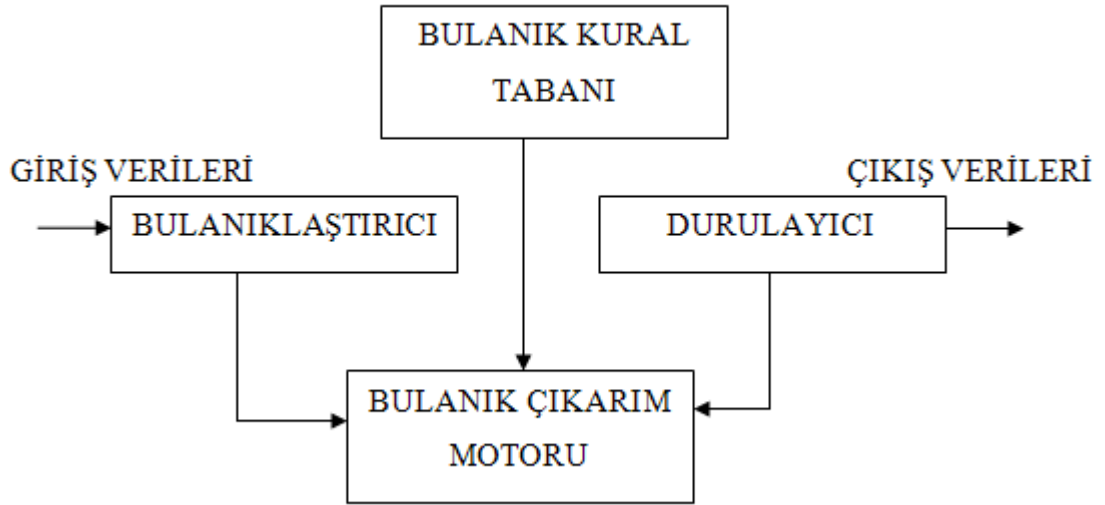
Şekil 6.8'de ise klasik sistemlerin şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 6.8: Klasik sistem (Şen, 2004)

6.2. Bulanık Sistemler

Matematik, olasılıksal/rastgele (stokastik) veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi Şekil 6.8'deki gibi üç bileşenden oluşmaktadır. Bulanık sistemlerin bu klasik tasarımdan farkı sistem davranışı kısmının ikiye ayrılarak Şekil 6.9'da gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır. Burada bulunan birimlerin herbirinin farklı, fakat birbirleriyle ilişkili görevleri vardır.



Şekil 6.9: Bulanıklaştırmacı-durulayıcı birimli bulanık sistem (Şen, 2004)

- a) Genel Bilgi Tabanı Birimi: İncelencek olaydan etkilenen girdi değişkenleri ve bunlar hakkındaki bilgileri içerir. Genel veritabanı olarak adlandırılması buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesinden kaynaklanmaktadır.
- b) Bulanık Kural Tabanı Birimi: Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER-İSE türünde yazılabilen bütün kuralları içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık bağlantıları düşünülür. Böylece her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. Bu bağlamaların tümü kural tabanını oluşturur.

- c) **Bulanık Çıkarım Motoru Birimi:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş ilişkileri bir arada toplayarak, sistemin tek çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler topluluğunu barındıran mekanizmadır. Bu motor, her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak, tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesinde kullanılır.
- d) **Çıktı Birimi:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının, bulanık çıkartım motorları ile etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerleri topluluğunu belirtmektedir (Şen, 2004).

6.2.1. Bulanıklaştırma

Giriş verilerini, dilsel niteleyiciler olan sembolik değişkenlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden yararlanarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeyi/kümeleri ve üyelik derecesini belirleyip giriş verilerine dilsel değişkenler atar. Sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla değişik şekillerde bulanık kümeler seçilebilir (Elmas, 2003).

6.2.2. Bulanık sonuç çıkarma (çıkartım) sistemi (FIS)

Bulanık sonuç çıkartma sistemleri için literatürde çeşitli yöntemler önerilmiştir. İngiliz bilim adamı Mamdani'nin önerdiği Mamdani modeli, Sugeno ve arkadaşlarının önerdiği Takagi Sugeno Kang (TSK) modeli ve Tsukamoto modeli bunlardan başlıcalarıdır. Bazı çalışmalarda bulanık sonuç çıkarma sistemi, kavram olarak bulanık sistem yerine kullanılmakta ve bulanıklaştırma ile durulama işlemlerini de sisteme dahil etmektedir. Bazı çalışmalarda ise durulama sistemin dışında tutulmaktadır (Yılmaz, 2007).

6.2.3. Öncül önermelerin bağlanması

Kural tabanında öncül bileşke önerme kısmı kendi aralarında VE (min, prod) yöntemi veya VEYA (max, probor) yöntemleriyle bağlanır ve üzerinde uzlaşılan bir

üyelik derecesini kuralın derecesini temsil etmek üzere çıkışa yansıtır (Yılmaz, 2007).

6.2.4. Kural sonuçlarının birleştirilmesi

Bulanıklaştırma sonucunda elde edilen sözel ifadeler, kural tabanında yorumlanıp yine sözel sonuçlara varılır, bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğunu yine girişteki üyelik dereceleri belirler. Kural tabanlı sistemlerin çoğu birden fazla kuraldan oluşur. Herbir kuralın geçerlilik derecesi ve sonucu hesaba katılarak tüm sisteme ait bir sonuç elde etme süreci “kuralların birleştirilmesi” olarak adlandırılır.

Birleştirme yöntemi olarak maksimum (max), toplama (sum) veya aritmetik ortalama (probor) tercih edilir. Tüm sonuçları temsil edecek bir sonuç alanı bulmak amaçlanır. Elde edilecek son şekil “sonuç bulanık kümesi”dir.

Maksimum yöntemi ile elde edilen çıkış üyelik fonksiyonlarının kesiştiği noktalarda büyük üyelik dereceli olan alınır. Böylece aynı noktalardaki daha düşük dereceli alanlar dikkate alınmamış olur.

Toplama (sum) yöntemi ile üyelik derecesi büyük ya da küçük olsun çıkan tüm noktalar dikkate alınır. Böylece tüm kuralların etkisi ihmal edilmemiş olur.

Aritmetik toplama (probor) yöntemi, “veya” işlemini gerçekleştirirken üyelik derecelerinin 0-1 aralığında çıkması ve bu değerden büyük olmaması isteniyorsa toplama yerine aritmetik toplama işlemi kullanılabilir (Yılmaz, 2007).

6.2.5. Durulama

Durulama ile elde edilen çıkış bölgesi girişler karşısında bulanık sonuç çıkarma sisteminin yanıtını ifade eder. Başka bir deyişle, bulanık sonucu, makinelerin anlayacağı sayısal bir değere dönüştürme işlemidir. Bulanık küme kavramının ve bulanık mantığın işlevi burada sona ermektedir. Tüm çıkış bölgesini en iyi şekilde temsil edebilecek çıkış değerini belirlemek üzere literatürde farklı yöntemler

önerilmiştir. Ağırlık merkezi yöntemi, alan açığı, en büyükler yöntemleri, ağırlıklı ortalama, toplamların merkezi yöntemleri, en büyük alanın merkezi yöntemi bunlardan bazılarıdır (Yılmaz, 2007).

6.3. Bulanık Uzman Sistem

Verilerin yetersiz ve az olduğu sistemlerin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çıkarımların yapılması yoluna gidilebilir.

Bulanık uzman sistem, belirsizliği ve bulanık bilgiyi değerlendirebilen bir sistemdir. Uzman bilgilerinin sözel terimlerle ifade edildiği durumlarda bilgiyi bulanık kurallarla temsil etmek ve bulanık çıkartım yöntemlerini kullanmak yerinde olacaktır.

Bulanık uzman sistemler, bulanık modelleme ilkelerine göre kurulurlar. Genel olarak tercih edilen kural tipi Mamdani yaklaşımıdır.

Bu tip bir sistem oluşturmak için izlenmesi gereken yaklaşım şu şekilde özetlenebilir:

1. Problem alanı belirlenir ve sözel değişkenler tanımlanır,
2. Bulanık kümeler belirlenir,
3. Bulanık kurallar oluşturulur ve yapılandırılır,
4. Bulanık kümeleri, bulanık kuralları ve işlemler uzman sistemde bulanık çıkarımı sağlayacak şekilde kodlanır,
5. Sistem değerlendirilir ve ayarlanır (Baykal ve Beyan, 2004).

İlk aşama problemi belirleme ve sözel değişkenleri tanımlamadır.

İkinci aşama, bulanık kümeleri belirlemektir. Bulanık kümeler, farklı şekillerde olabilir. Bununla beraber, üçgen ya da yamuk üyelik fonksiyonları uzman bilgilerinin yeterince sunulabilmesini sağlamak ve hesaplama sürecini de basitleştirmektedir.

Üçüncü aşamada bulanık kuralların yapılandırılmasına sıra gelmiştir. Bunun için daha önceden belirlenen bulanık sözel değişkenler kullanılır. Etmenler bağımsız ya da ikili ilişkiler halinde değerlendirilirse az sayıda kural ile kural tabanı kurulabilir. Ancak kuralların her birinin diğeri ile ilişkisini düşünerek bir kural tabanı oluşturmak gerekirse her etmenin değişkenlerinin arasındaki ilişki ayı ayrı incelenmelidir.

Bulanık sistemlerin ayarlanmasında aşağıdaki gibi çeşitli yaklaşımlar olabilir:

1. Girdi ve çıktı değişkenleri tekrar gözden geçirilip, gerekiyorsa aralıkları değiştirilmelidir.
2. Bulanık kümeler gözden geçirilip, gerekiyorsa evrensel kümeye ek kümeler eklenmelidir.
3. Komşu kümeler arasında yeterli örtüşmeler sağlanmalıdır. Üçgen-üçgen veya yamuk-üçgen bulanık kümelerinin yaklaşık %25-50 kadarının örtüşmesi önerilmektedir.
4. Kurallar gözden geçirilip gerekiyorsa kural tabanına yeni kurallar eklenmelidir.
5. Sistemin hatalı davranışlarını yakalamak üzere, sınır kuralları açısından kural tabanı değerlendirilmelidir.
6. Kural çalışma aralıkları ayarlanmalıdır. Bulanık mantık araçlarından çoğu ağırlıkları değiştirmek suretiyle kuralların öneminin denetlenmesini sağlayacaktır.
7. Bulanık kümelerin şekli gerekiyorsa düzenlenmelidir. Çoğu olguda, bulanık sistemler yaklaşık biçime oldukça toleranslıdır (Baykal ve Beyan, 2004).

7. ARAŞTIRMA VE UYGULAMA YÖNTEMİ

Bu bölümde, çalışma yöntemi mevcut durumu belirleme çalışmaları ve bulanık mantık temelli uygulama çalışması olmak üzere iki bölümde sunulmuştur.

7.1. Mevcut Durumu Belirleme Çalışmaları

Mevcut durum belirleme çalışmaları, Kocaeli ili için, tehlikeli madde akış ve kaza verileri araştırması, itfaiye ekiplerinin tehlikeli madde eğitim ve bilgilerine yönelik araştırma ile taşıyıcı firmaların ADR uyum sürecindeki durumlarını belirlemeye yönelik araştırmalardan oluşmaktadır.

7.1.1. Kimyasal madde kontrol noktaları ve tehlikeli madde akış verileri

Ülkemizde, karayolu üzerinde gerçekleştirilen tehlikeli madde taşımacılığına dair herhangi bir kayıt bulunmamakta ve bu maddelerin izlediği güzergahlar ile taşıdığı tehlikeler bilinmemektedir. Dolayısıyla, bir sanayi kenti olan Kocaeli için de benzer durum söz konusudur. Bu nedenle, kimyasal madde geçişinin karayolları üzerinde kısmen de olsa kayıt altına alındığı tek yer olan Fatih Sultan Mehmet (FSM) Köprüsü incelenmiştir. Ancak söz konusu kayıt ve kontrol çalışmalarının can veya mal kaybını önlemeye yönelik düzenlemeler olmadığı, sadece köprü bütünlüğünü korumayı hedeflediği unutulmamalıdır.

Asya ile Avrupa arasında tehlikeli madde geçişi sadece FSM Köprüsü'nden yapılmakta, Boğaziçi Köprüsü'nde ise tehlikeli madde geçişine izin verilmemektedir. FSM Köprüsü'nden kimyasal madde geçişini kontrol altına almak amacıyla, biri Kavacık, diğeri ise Etiler Kavşağı'nda olmak üzere köprünün iki yakasında kimyasal madde kontrol noktaları bulunmaktadır. Bu çalışmanın bir parçası olarak söz konusu noktalara çeşitli ziyaretler gerçekleştirilmiş ve işleyişleri ile ilgili bilgi

edinilmiştir. Bu bölümde kimyasal kontrol noktaları ve kimyasal madde ekiplerinin işlevi hakkında bilgi verilecektir.



Şekil 7.1: Kavacık'ta yer alan 1. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı kimyasal madde kontrol noktası

Kimyasal maddelerin köprüden geçişi, 03/10/2003 tarihli “FSM Köprüsü’nden Kimyasal Madde Geçişinde Uygulanacak Esaslara Ait Talimatname” ile düzenlenmiştir. Talimatname kapsamında kimyasal maddeler “tehlikeli” ve “tehlikesiz” olarak sınıflandırılmıştır. Tehlikesiz olarak sınıflandırılan kimyasal maddelerin gündüz geçişine izin verilirken tehlikeli kimyasal maddelerin geçişinin ise gece konvoy halinde gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Gündüz geçişleri esnasında herhangi bir kayıt tutulmazken, gece geçişlerine ait izin belgesi, irsaliye, güvenlik bilgi formu verileri arşivlenmektedir. Uygulama organı olarak Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü Trafik Başmühendisliği’ne bağlı olarak çalışan “Kimyasal Madde Ekipleri” olarak adlandırılan trafik işletme grubunun görevlendirildiği belirtilmiştir (Talimatname, 2003).

FSM Köprüsü üzerinden geçişine izin verilen kimyasal maddenin taşınmasında, ADR 3, 4, 5, 6, 8 ve 9 numaralı sınıflara dahil olan maddelerin/ürünlerin özel geçiş kurallarına uyularak geçebileceği belirtilmiştir. Söz konusu maddeler/ürünler ancak gece özel bir ekip eşliğinde geçiş yapabilmektedir. ADR sınıflandırmasına girmemiş maddelerin taşınmasında ise Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği (TKSD)’nin

görüşlerinden yararlanılmaktadır. Kimyasal maddenin geçişine maddenin güvenlik analiz bilgilerini de dikkate alınarak karar verilmektedir.



Şekil 7.2: Etiler Kavşağı'nda yer alan 1. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı kimyasal madde kontrol noktası

Hakkında yeterli bilgi bulunmayan maddeler için, üretici-taşıyıcı firmaların üniversitelerden veya TKSD'den analiz ve güvenlik bilgi formları olarak yetkililere sunmaları gerektiği ve gerekli onayın verilmesi halinde geçiş yapabilecekleri de talimatnamede belirtilmiştir.

ADR 1 ve 2 sınıflarına dahil olan maddelerin köprüden geçişine kesinlikle izin verilmediği, ancak ADR 2 sınıfı içinde yer alan maddelerden bazılarının üniversitelerden veya TKSD'den alınan rapor ile uygun görülmesi halinde geçişine izin verilebilebileceği belirtilmiştir. ADR sınıf 7'de yer alan radyoaktif maddelerin taşınabilmesi için ise Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'ndan izin belgesi alınması gerekmektedir. Aeresol türü bazı sıkıştırılmış gazlar veya bunları içeren ürünler ADR 9 olarak sınıflandırılabilirdiğinden, sıkıştırılmış gazların geçişine mevcut bilgi, analiz ve güvenlik formları incelenerek karar verileceği belirtilmiştir.

LPG ve LNG taşıyan tankerlerin geçişine boş, ya da dolu olmaları fark etmeksizin izin verilmediği, mazot ve fuel oil taşıyan araçların geçişinin ise konvoy halinde gece sağlanabileceği belirtilmiştir.

Asya-Avrupa yönünde geçiş yapmak isteyen tehlikeli kimyasal madde taşıyan araçların, II. Çevreyolu Çamlık mevkiindeki Kimyasal Park ve Bekleme Alanı'nda saat 17:00 itibarıyla sıraya girmeleri gerektiği belirtilmiştir. Kavacık Bakım ve İşletme Şefliği trafik vardiya sorumlusunun, yardımcı bir ekip eşliğinde ışıklı cihazlarla donatılmış araçlarıyla 01:00'de park ve bekleme alanında hazır bulunduğu belirtilmiştir. Geçiş yapacak araçlar için üç kopya izin belgesi düzenlendiği ifade edilmiştir. İlk iki nüsha vardiya sorumlusu ve ekipte muhafaza edilirken, üçüncü nüsha gişe memuruna verilmektedir. İzin belgesi işlemlerinin tamamlanmasının ardından araçların 02:00'de itfaiye, trafik ve kurtarma ekipleri ile bakım ve temizlik ekipleri eşliğinde bir konvoy oluşturarak 50 km/saat hızla sağ şeridi kullanarak geçiş yapabilecekleri ifade edilmiştir. FSM Köprüsü çıkışından Etiler ayrımına kadar refakat işleminin devam edeceği belirtilmiştir.

Avrupa-Asya yönündeki geçişler için, tehlikeli kimyasal madde taşıyan araçların II. Çevreyolu'nun Edirne-Ankara yönünde Akşemseddin Viyadüğü mevkiindeki Kimyasal Madde Park ve Bekleme Alanı'nda saat 17:00 itibarıyla sıraya girmeleri gerektiği belirtilmiştir. Bekleme alanında üç nüsha izin belgesi düzenlenmekte olduğu ifade edilmiştir. Asya-Avrupa yönündeki geçişler takip edilerek, diğer ekiplerle koordineli olarak araçların konvoyla katılmasının sağlanacağı ifade edilmiştir. Görevlilerce önceden belirlenen gişeden geçiş esnasında, izin belgesinin sunulacağı ve araçların ücretlerini ödeyerek gişe alanında sağa yanaşarak bekletileceği ve Kavacık Kavşağı'na kadar eskort ile eşlik edileceği belirtilmiştir.

Köprü üzerinden kayıtlı olarak geçiş yapan tehlikeli maddeler hakkında yapılan araştırma kapsamında, Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı kontrol noktalarında arşivlenen 2001-2010 yılları arasında gerçekleşen yıllık geçişler ile 2011 yılına ait aylık toplu geçiş verileri ve rastgele günlerde gerçekleşen 839 adet geçişe ilişkin kayıtlı bilgiler incelenmiş ve tehlikeli kimyasalların FSM köprüsünden geçiş yönleri, tehlikeli maddeler ve ADR sınıfları ile madde miktarı verileri değerlendirilmiştir.

Buna ek olarak, denetimli geçiş yapan araçlara ait irsalıyeler incelenerek tehlikeli maddelerin varış ve kalkış noktalarının yoğunluk kazandığı bölgeler belirlenmiştir.

FSM Köpürüsü’nde kaydedilen akış verilerinin yanısıra, merkezi Kocaeli’de bulunan ve Türkiye’nin hemen her noktasına hizmet veren bir lojistik firmasının bir haftalık varış ve kalkış noktası verileri de incelenmiştir.

7.1.2. Karayolları tehlikeli madde kaza verileri

Ülkemizde karayollarında gerçekleşen tehlikeli madde kaza kayıtları özel bir kayıt sistemine tabi değildir. Emniyet Genel Müdürlüğü’ne yapılan bilgi edinme başvurusu sonucu “trafik kaza kayıtlarında, kazalara karışan araçların taşıdıkları yük cinslerine ilişkin herhangi bir bölüm bulunmadığından, bu kapsamda istatistiki bilgi mevcut olmadığı” yanıtı alınmıştır (Ek-A).

Çalışmanın bu bölümünde, Kocaeli kentinin karayolu üzerinde “tehlikeli madde kaza haritası”nı çıkarmak hedeflenmiştir. Ancak tehlikeli madde içerikli kazaların kayıt altına alınmasına dair özel bir kayıt sistemi bulunmadığından, itfaiye birimlerince arşivlenen yangın ihbar formları ve yangın raporları incelenerek tehlikeli madde kaza kayıtları araştırılmış, kazaların yoğun olarak yaşandığı bölgeler belirlenmiştir. Bu amaçla, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı’nın arşivinde yer alan İzmit, Derince, Körfez, ayırova, Gebze ve Dilovası itfaiye birimlerince, 2009 ve 2010 yıllarında müdahale edilen toplam 4.144 olay incelenmiştir.

7.1.3. Acil müdahale ekiplerinin durumunun belirlenmesi

Karayollarında meydana gelebilecek bir tehlikeli madde kazası yaşanması halinde, kazanın şiddeti acil müdahale ekiplerinin bilgi ve deneyiminden önemli ölçüde etkilenecektir. Diğer yandan, kazazedelerin yanında, ilk zarar görececek kişiler de acil durum çalışanları olacaktır. Bu nedenle, tehlikeli madde taşımacılığı sırasında meydana gelebilecek olası bir kazaya karşın, acil müdahale ekiplerinin tehlikeli maddeler ve müdahale ile ilgili bilgilerini ortaya koymak amacıyla bir dizi anket çalışması yapılmıştır.

Ankete İzmit, Derince, Körfez, Kandıra ve Başiskele ilçelerinden toplam 104 itfaiye çalışanı katılmış ve katılımcılara 19’ar soru yöneltilmiştir. Anketlerin bir bölümü yüz yüze gerçekleştirilmiş, bir bölümü de vardiyalı çalışma saatleri nedeniyle daha sonra teslim alınmak üzere ilgililere iletilmiştir. Diğer yandan tehlikeli madde taşımacılığında önemli bir yer tutan başka bir il olan Tekirdağ’da da anket çalışmaları yürütülmüş, Kocaeli ve Tekirdağ şehir merkezlerindeki anket sonuçları kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Katılımcılara eğitimlerine ilişkin yöneltilen sorular için “evet-hayır” seçeneği, yeterliliklerine yönelik sorular için ise “evet-kısmen-hayır” seçeneği sunulmuştur. Diğer yandan katılımcılara, tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili düşüncelerini ifade edebilecekleri sorular da yöneltilmiş ve bu soruların ölçeklendirmesinde ise “herzaman-sıklıkla-bazen-oldukça az-asla” ifadeleri kullanılmıştır. Bunun yanısıra katılımcıların ek görüş bildirmesine olanak sağlayan bir bölüm de anketin sonunda yer almaktadır.

İtfaiye çalışanlarının tehlikeli maddelere müdahale konusunda eğitim durumları, atık giderimi, tehlikeli madde etiketleri hakkındaki bilgileri, kişisel koruyucu donanım kullanma durumu ve acil durumlarda karar verebilme yeterliklerini de kapsayacak şekilde hazırlanan anketin bir örneği Ek-B’de bulunmaktadır.

Katılımcıların bulundukları birimlere göre yaş, eğitim ve deneyimlerine göre dağılımları, Tablo 7.1’de görülmektedir.

Tablo 7.1: İtfaiye anketi katılımcı profili

	Yaş Dağılımı (%)				Eğitim Durumlarına göre dağılım (%)					Deneyim (yıl)			
	20-25	25-30	30-35	>35	İlk okul	Orta okul	Lise	Ön lisans	Lisans	0-2	2-4	4-8	>8
Kandıra itfaiyesi	15,8	31,6	10,5	42,1	21,1	10,5	36,8	15,8	15,8	57,9	0	15,8	26,3
Derince itfaiyesi	13,3	6,7	6,7	78,3	6,7	13,3	53,3	6,7	20	15,4	7,7	7,7	69,2
Başiskele itfaiyesi	6,2	25	6,2	62,6	25	25	31,2	12,5	6,3	18,8	0	62,4	18,8
Körfez itfaiyesi	3,7	14,8	7,4	74,1	7,4	33,3	40,7	3,7	14,9	14,8	11,1	22,2	51,9
İzmit itfaiyesi	27,8	25	8,3	38,9	11,1	13,9	22,2	33,3	19,5	41,7	8,3	19,4	30,6

7.1.4. Taşıyıcı firmaların ADR geçiş sürecindeki durumlarının belirlenmesi

Merkezi Kocaeli’de bulunan ve tehlikeli madde taşımacılığı yapan farklı büyüklükte çeşitli firmalarla görüşülerek, araçların ADR’ye uygunluğu ve sürücülerin ADR konusundaki eğitim durumları hakkında araştırma yapılmıştır. Bunun yanı sıra ankete katılan ulaşım sorumlularına tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin kişisel görüşlerini belirtebilecekleri sorular da yöneltilmiştir.

Ankete katılan firmaların ismi bilgi gizliliği nedeniyle kodlanmıştır. Farklı büyüklükteki katılımcı firmaların tehlikeli madde taşımacılığı için istihdam ettikleri sürücü ve araç sayısı Tablo 7.2’de görülmektedir.

Tablo 7.2: Tehlikeli madde taşıyan firmalara yönelik anket katılımcıları hakkında ön bilgi

Tehlikeli madde taşıyan		
Taşımacı şirket	Araç sayısı	Sürücü sayısı
a	19	25
b	4	4
c	15	15
d	5	43
e	5	5
f	2	2
g	15	12
h	12	12
ı	75	140

7.2. Önerilen Uygulama Yöntemi: Bulanık Uzman Sistem

Verilerin yetersiz ve az olduğu sistemlerin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çıkarımların yapılması yoluna gidilebilir.

Bonvicini ve diğ. (1998), risk değerlendirme alanında belirsizlikleri ele alırken, durumlar arasında kademeli geçişe olanak sağladığından bulanık mantık kullanılabileceğini ve bulanık mantığın belirsizlikleri doğal bir yöntemle ifade etme ve üstesinden gelme yeteneğine sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Zhang ve Zhao (2007), tehlikeli kimyasalların taşınmasını kaza oranlarının değerlendirilmesi ve sonuçlarının benzetimi olmak üzere iki şekilde incelemişlerdir. Veri eksikliğine bağlı hataların üstesinden gelmek için bulanık matematik kullanmışlardır. Bu yöntemin bulanık bilgilerin kullanımını eniyilediği ve gözlenen örnek değerlerini bulanık bir kümeye dönüştürdüğü ifade edilmiştir.

Quiao ve diğ. (2009), tehlikeli madde taşımacılığında risk yönetimi ve değerlendirmesi için kaza sıklığı tahminine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişler ve söz konusu değerlerin tahmini için veri tabanları ve uzman bilgilerini kullanarak bir yöntem önermişlerdir. Tahmin sürecinde rotaya bağımlı ve rotadan bağımsız değişkenler ele alınmış ve rotadan bağımsız değişkenlerin modellenmesinde bulanık mantık kullanılmıştır.

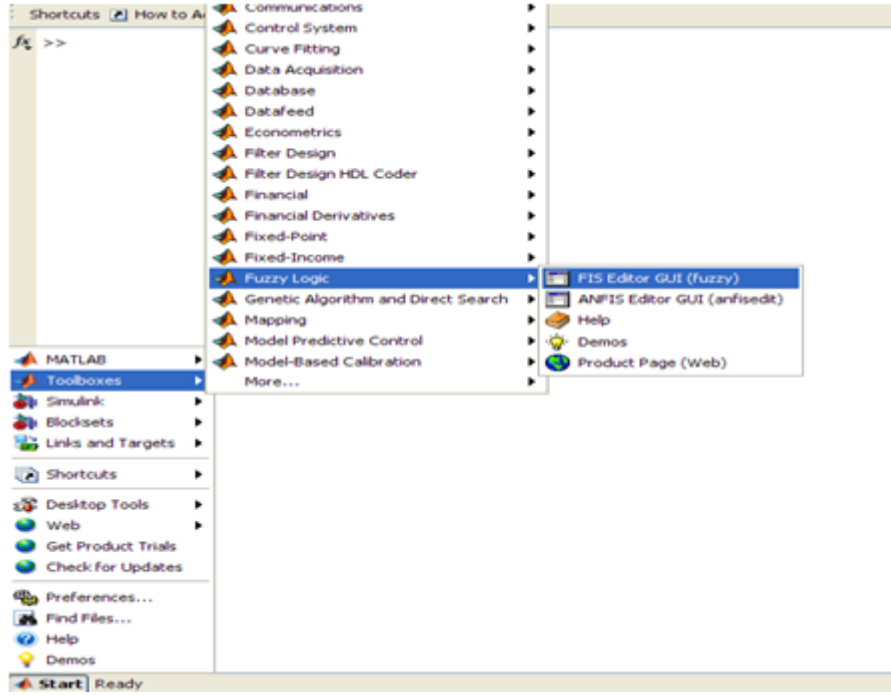
Görüldüğü gibi bulanık mantık risk değerlendirme çalışmalarında da uygulanmaktadır. Bu çalışmada, mevcut durum araştırması sonucunda risklere etkiyebilecek etmenler belirlenmiş ve bulanık uzman sistem kullanılmıştır.

Bulanık uzman sistem, belirsizliği ve bulanık bilgiyi değerlendirebilen bir sistemdir. Uzman bilgilerinin sözel terimlerle ifade edildiği durumlarda bilgiyi bulanık kurallarla temsil etmek ve bulanık çıkartım yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir.

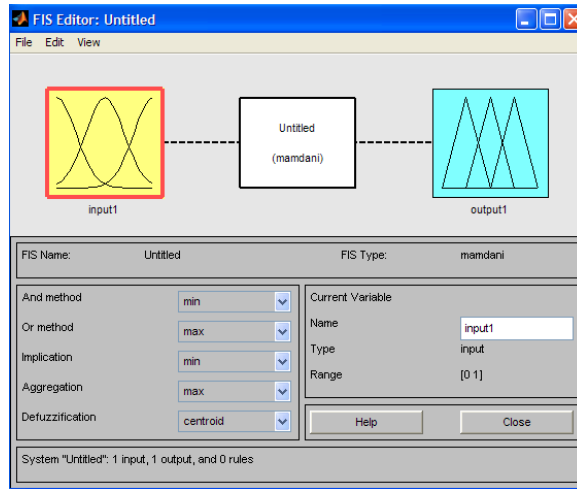
Bu yaklaşımı oluşturmak için izlenen yaklaşım şu şekilde özetlenebilir:

1. Problem alanı belirlenerek, sözel değişkenler tanımlanmıştır,
2. Bulanık kümeler oluşturulmuştur,
3. Bulanık kurallar oluşturulmuş ve yapılandırılmıştır,
4. Bulanık kümeleri, bulanık kuralları ve işlemleri uzman sistemde bulanık çıkarımı sağlayacak şekilde kodlanmıştır,
5. Sistem değerlendirilmiştir.

Söz konusu bulanık sistem, MATLAB programı bünyesindeki “bulanık mantık (fuzzy logic)” araç kutusu üzerindeki “bulanık çıkartım sistemi (FIS)” kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 7.3’te MATLAB programı bünyesindeki bulanık mantık araç kutusuna erişimi gösteren bir kesit yer almaktadır. Şekil 7.4’te ise bulanık mantık araç kutusu üzerindeki bulanık çıkartım sisteminin genel görünümü yer almaktadır.



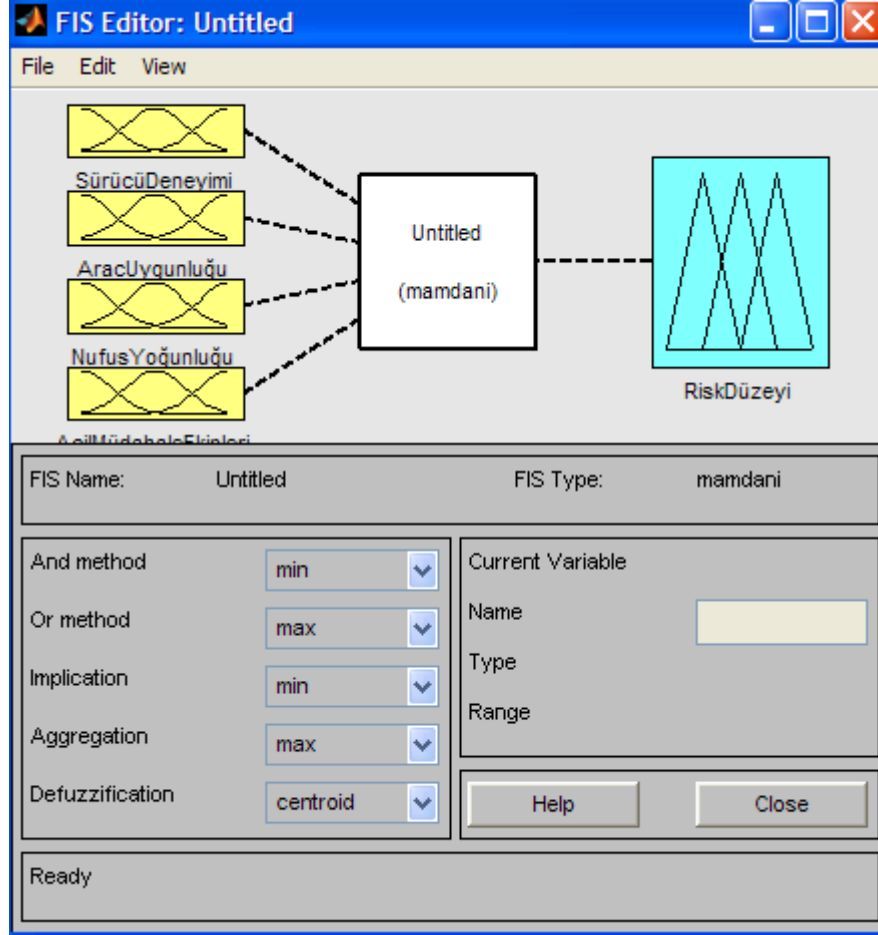
Şekil 7.3: MATLAB programı bünyesindeki bulanık mantık araç kutusuna erişim



Şekil 7.4: Bulanık mantık araç kutusu üzerindeki bulanık çıkartım sisteminin genel görünümü

İlk aşamada problem, tehlikeli madde taşımacılığına bağlı risklerin düzeylerini belirlemek olarak ele alınmıştır. Sistemin girişine etkiyecek, ya da başka bir deyişle tehlikeli madde taşımacılığında risk yaratabilecek etmenler “sürücünün deneyimi”, “aracın uygunluğu”, “müdahale ekiplerinin deneyimi” ve “nüfus yoğunluğu” olarak belirlenmiştir. Çıkış değişkeni ise “risk düzeyi” olarak belirlenmiştir. Aslında söz konusu çıkış değişkeni, atmosfer olayları, yol türü, mevsim, trafik yoğunluğu gibi

sayısı artırılabilir. Oldukça fazla etmeden etkilenmektedir. Ancak burada mevcut durumu belirleme çalışmasının çıktılarından yararlanılmış ve söz konusu değişkenlerin yeterli olduğu düşünülmüştür. Şekil 7.5'te tanımlanan sisteme ait bir kesit yer almaktadır.



Şekil 7.5: Tanımlanan bulanık sistemin giriş ve çıkış değişkenleri

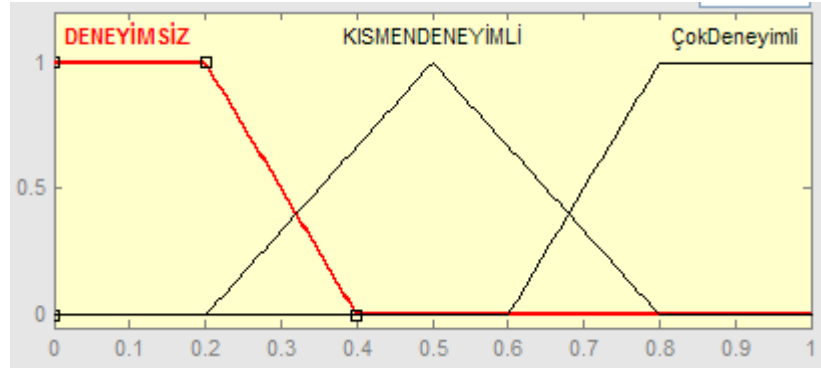
İkinci aşamada, bulanık kümeler belirlenmiştir. Bulanık kümeler, farklı şekillerde olabilir. Bununla beraber, üçgen ya da yamuk üyelik fonksiyonları uzman bilgilerinin yeterince sunulabilmesini sağlamak ve hesaplama sürecini de basitleştirmektedir. Bu nedenle bulanık kümelerin oluşturulmasında üçgen ve yamuk üyelik işlevleri kullanılmıştır. Tablo 7.3'te belirlenen giriş değişkenleri ve değişkenlere ait derecelendirme düzeyleri yer almaktadır. Tablo 7.4'te ise çıkış değişkenine ilişkin derecelendirme düzeyleri yer almaktadır. Şekil 7.6'da sürücü deneyimi, Şekil 7.7'de ise araç uygunluğuna ilişkin üyelik fonksiyonları yer almaktadır.

Tablo 7.3: Belirlenen giriş etmenleri ve derecelendirme düzeyleri

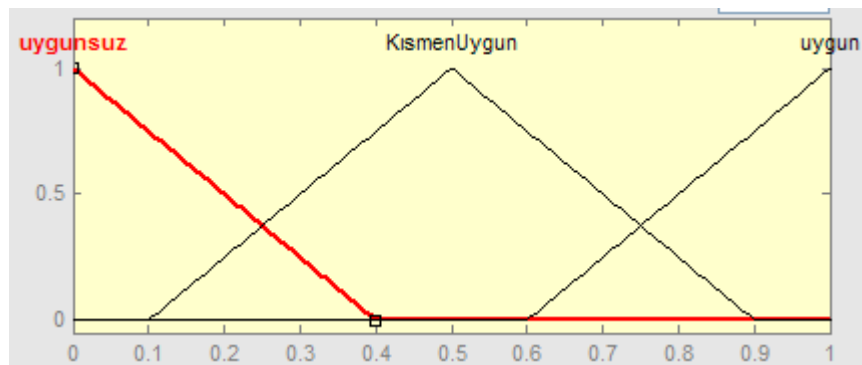
Etmen	Derecelendirme Düzeyi		
Sürücü	Deneyimsiz	Kısmen deneyimli	Çok deneyimli
Araç	Uygunsuz	Kısmen uygun	Uygun
Müdahale ekipleri	Deneyimsiz	Kısmen deneyimli	Çok deneyimli
Nüfus yoğunluğu	Az	Normal	Çok

Tablo 7.4: Belirlenen çıkış etmeni ve derecelendirme düzeyleri

Etmen	Derecelendirme Düzeyi				
Risk Düzeyi	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Oldukça Yüksek

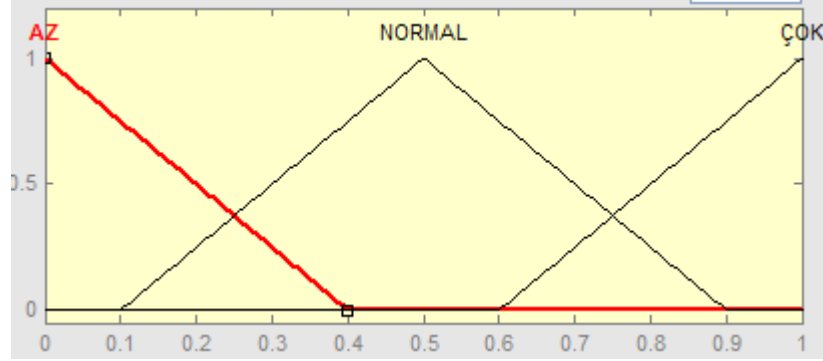


Şekil 7.6: Sürücü deneyimi için oluşturulan üyelik işlevi

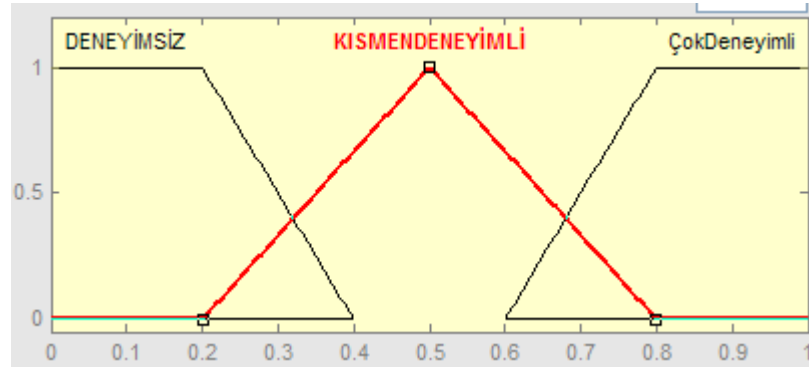


Şekil 7.7: Araç uygunluğu için oluşturulan üyelik işlevleri

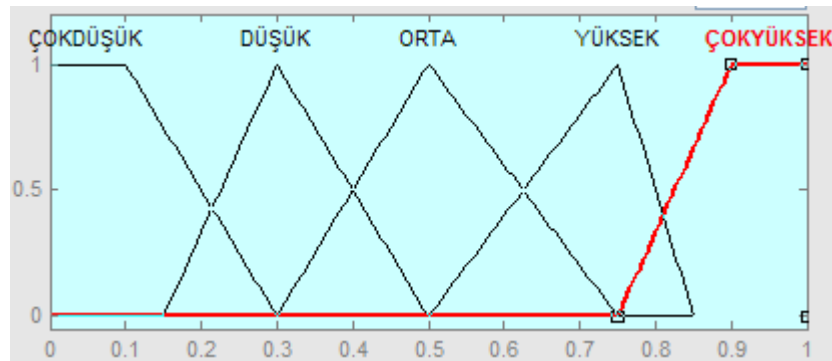
Şekil 7.8’de nüfus yoğunluğu, Şekil 7.9’da ise acil müdahale ekipleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları yer almaktadır. Şekil 7.10, risk düzeyi için oluşturulan üyelik fonksiyonlarını göstermektedir.



Şekil 7.8: Nüfus yoğunluğu için oluşturulan üyelik işlevleri



Şekil 7.9: Acil müdahale ekipleri için oluşturulan üyelik işlevleri



Şekil 7.10: Risk düzeyi için oluşturulan üyelik işlevleri

Üçüncü aşamada bulanık kurallar yapılandırılmıştır. Bunun için daha önceden belirlenen kademeli bulanık sözel değişkenler kullanılmıştır.

Etmenler bağımsız, ya da ikili ilişkiler halinde değerlendirilirse az sayıda kural ile kural tabanı kurulabilir. Ancak kuralların her birinin diğeri ile ilişkisini düşünerek bir kural tabanı oluşturmak, her etmenin değişkenlerinin arasındaki ilişki ayı ayrı inceleme olanağı sağlamaktadır. Bu nedenle giriş ve çıkış etmenleri arasındaki tüm olası ilişkiler 81 adet “EĞER-İSE” kuralı ile tanımlanmıştır (Ek-F). Oluşturulacak kural sayısını ise her bir etmenin düzey sayısı belirlemektedir. Burada, kural sayısı sürücünün deneyimi (3) x araç uygunluğu (3) x acil müdahale ekiplerinin deneyimi (3) x nüfus yoğunluğu (3) = 81 olarak belirlenmiştir.

Bulanık sistemin öğeleri olarak, sözel verilerin işlenmesine olanak sağlayan Mamdani bulanık çıkartım sistemi kullanılmıştır. Diğer yandan, kural tabanında öncül bileşkelerin önerme kısmı kendi aralarında VE (min, prod) yöntemi ile birleştirilmiştir. Durulama yöntemi olarak ağırlık merkezi (centroid) yönteminden yararlanılmıştır.

8. BULGULAR VE TARTIŞMA

8.1. Tehlikeli Madde Akış Verileri

Rastgele tarihlerde FSM Köprüsü üzerinden kayıtlı olarak gerçekleştirilen 839 adet geçiş verisi incelenmiş, ayrıca kayıtlardan 2011 yılına ait aylık geçiş verileri ile 2001 ve 2010 yılları arasında gerçekleşen yıllık geçiş verilerine ulaşılmıştır.

Tablo 8.1 ve Tablo 8.2’de yer alan yıllık ve aylık bazda tehlikeli madde geçiş verileri ile Tablo 8.3’te yer alan rastgele tarihlerde yapılan kayıtlı geçişlerden hareketle tehlikeli madde trafiğinin yoğun olduğu yön belirlenmiştir. Buna göre Asya/Avrupa yönünde gerçekleşen geçişlerin Avrupa/Asya yönüne oranla oldukça yoğun olduğu görülmektedir. Aylık geçiş verileri ile rastgele tarihlere ilişkin kayıtlı veriler, geçişlerin yaklaşık %65 oranında Asya/Avrupa yönünde gerçekleştiğini göstermektedir. 2001-2010 yılları arasında tehlikeli madde akış yönlerini gösteren Tablo 8.1’e göre de geçişler benzer şekilde %69 oranında Asya/Avrupa yönünde gerçekleşmiştir.

Tablo 8.1: Yıllara göre FSM Köprüsü’nden denetimli olarak tehlikeli kimyasal madde taşıyan çeşitli cins ve kapasitelerdeki araç sayıları

Yıllar	Asya-Avrupa Yönü	Avrupa-Asya Yönü	Toplam
2001	12.589	6.014	18.603
2002	15.884	8.423	24.307
2003	16.348	7.632	23.980
2004	18.250	7.653	25.903
2005	17.838	7.281	25.119
2006	20.422	8.965	29.387
2007	21.685	10.265	33.044
2008	21.912	10.315	32.000
2009	23.753	9.465	31.377
2010	23.753	11.802	35.555
Toplam	191.460	87.815	279.275

Tablo 8.2: Aylara göre FSM Köprüsü’nden denetimli olarak tehlikeli kimyasal madde taşıyan çeşitli cins ve kapasitelerdeki araç sayıları

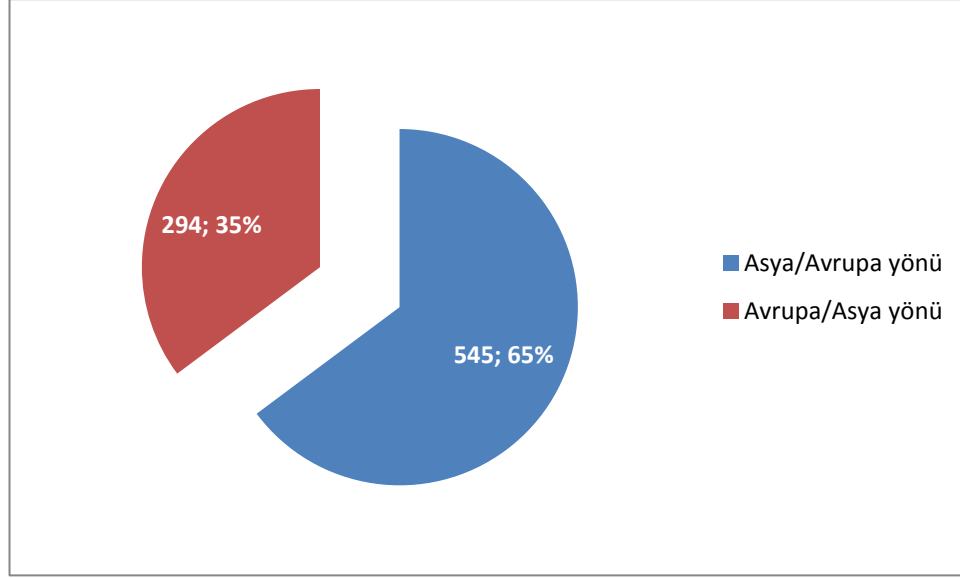
	Kuzey yol kimyasal araç geçişleri (Asya/Avrupa)	Güney yol kimyasal araç geçişleri (Avrupa/Asya)	Toplam
Ocak’11	2.023	1.073	3.096
Şubat’11	2.056	1.019	3.075
Mart’11	2.332	1.174	3.506
Nisan’11	2.317	1.095	3.412
Mayıs’11	2.102	1.099	3.201
Haziran’11	2.218	1.143	3.361
Temmuz’11	2.087	1.067	3.154
Ağustos’11	1.865	1.096	2.961
Eylül’11	2.043	1.156	3.199
Ekim’11	2.268	1.417	3.685
Kasım’11	1.914	1.086	3.000
Toplam araç sayısı	23.225	12.425	35.650
Toplamda dağılım %’si	65,1	34,9	100

Tablo 8.3: Rastgele tarihlerde FSM Köprüsü’nden denetimli olarak tehlikeli kimyasal madde taşıyan çeşitli cins ve kapasitelerdeki araç sayıları

	Avrupa/Asya yönü	Asya/Avrupa yönü	Toplam
	Araç adeti	Araç Adedi	
25 Ağustos’11	55	82	137
10 Eylül’11	47	73	120
01 Ekim’11	37	83	120
18 Ekim’11	71	101	172
11 Kasım’11	42	119	161
01 Aralık’11	47	82	129

Şekil 8.1’de görüldüğü gibi tehlikeli madde akışının Asya/Avrupa yönünde daha yoğun gerçekleşmesi ülkemizin Asya kıtasındaki yüz ölçümünün Avrupa kıtasına oranla oldukça büyük olmasının yanında Kocaeli, Sakarya, Bursa gibi sanayi şehirlerinin de yoğun olarak bu kıtada konumlanması ile açıklanabilir. Ülkemizin Asya/Avrupa arasında geçiş noktası olması nedeniyle, Asya ülkelerinden ithal edilen tehlikeli maddelerin çoklu taşımacılık ile belirli noktalara kadar denizyolu ile taşındığı, ancak daha sonra karayolunu kullanarak Avrupa kıtasına geçtiği de

irsaliyelerindeki bilgilerde görülmüştür. Kuşkusuz, ülkemizin Asya ve Avrupa kıtaları arasında geçiş noktası teşkil etmesi de tehlikeli madde trafiğini arttıran bir etmendir.



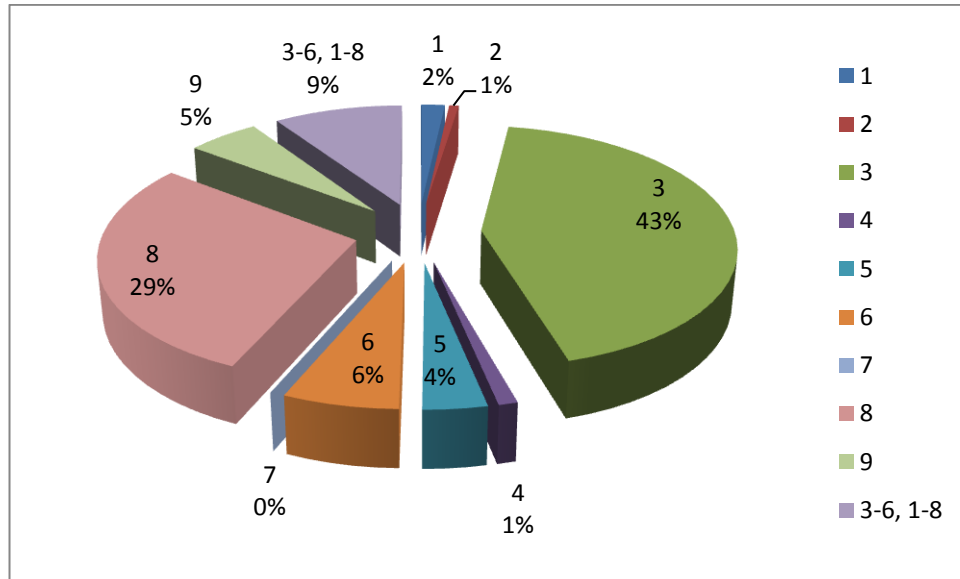
Şekil 8.1: Seçilen rastgele tarihlerde geçiş yapan tehlikeli maddelerin akış yönüne göre dağılımı

Hem Asya/Avrupa yönünde, hem de Avrupa/Asya yönünde taşınan maddelerin tehlike sınıflarına göre dağılımı incelendiğinde alevlenebilir maddelerin dahil olduğu “ADR 3” sınıfının ilk sırada yer aldığı ve bunu aşındırıcı maddelerin dahil olduğu “ADR 8” sınıfının izlediği görülmektedir. Asya/Avrupa yönündeki geçişlerde taşınan maddelerin yaklaşık %80’inin alevlenebilir maddelerden oluştuğu, Avrupa/Asya yönünde ise bu oranın %43 ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir.

Tablo 8.4’te rastgele tarihlerde geçiş yapan tehlikeli madde akış verilerinin ADR sınıflarına göre dağılımı yer almaktadır. Avrupa/Asya yönündeki geçişlerin ADR sınıfına göre dağılımı Şekil 8.2’de, Asya/Avrupa yönündeki geçişlerin ADR sınıflarına göre dağılımı ise Şekil 8.3’te görülmektedir.

Tablo 8.4: Seçilen rastgele tarihlerde geçiş yapan tehlikeli madde akış verilerinin ADR tehlike sınıflarına göre dağılımı

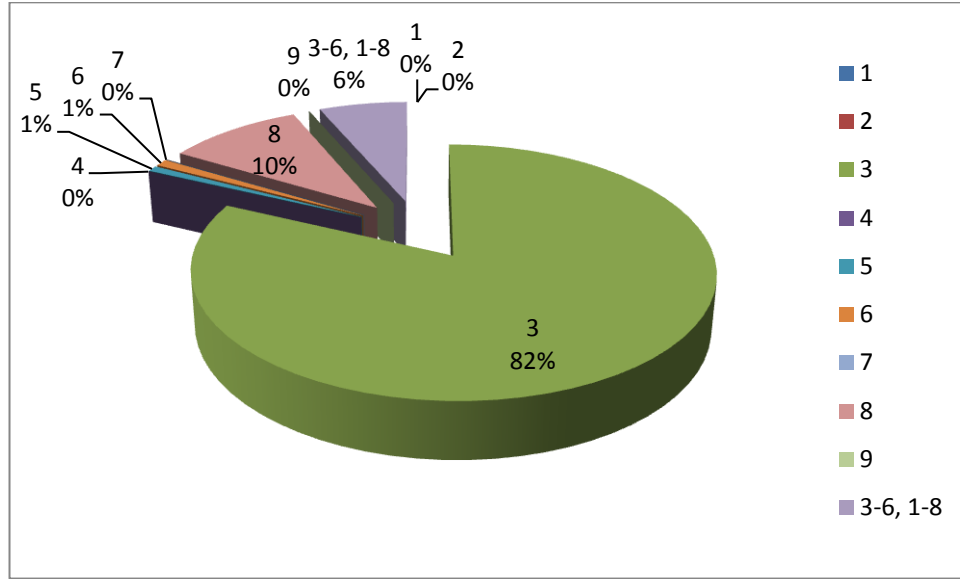
ADR no	Avrupa/Asya Yönü		Asya/Avrupa Yönü	
	Toplam araç sayısı	% oran	Toplam araç sayısı	Ortalama % oran
1	5	1,8	0	0,0
2	2	0,7	0	0,0
3	123	43,2	443	81,9
4	3	1,1	0	0,0
5	10	3,5	4	0,7
6	18	6,3	5	0,9
7	0	0,0	0	0,0
8	82	28,8	54	10,0
9	15	5,3	0	0,0
3-6, 1-8	27	9,5	35	6,5
Toplam	285	100,0	541	100,0



Şekil 8.2: Avrupa-Asya yönündeki tehlikeli madde akışlarının ADR sınıflarına göre dağılımı

Alevlenebilir olarak sınıflandırılan madde trafiğinin Asya/Avrupa yönünde daha yoğun olmasında, TÜPRAŞ gibi büyük sanayi tesislerinin Kocaeli’de olmasının etkisi olabileceği düşünülebilir. Bunun yanında Avrupa/Asya yönünde gerçekleşen tehlikeli madde akışında, tehlikeli atıklar kapsamında gerçekleşen geçişler de kayıtlarda yer almaktadır. Bu durum da yine Kocaeli kentinde bulunan İZAYDAŞ

(İzmit Atık ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş.) firmasının bölgedeki tehlikeli atık hareketlerine yön verdiği şeklinde yorumlanabilir.



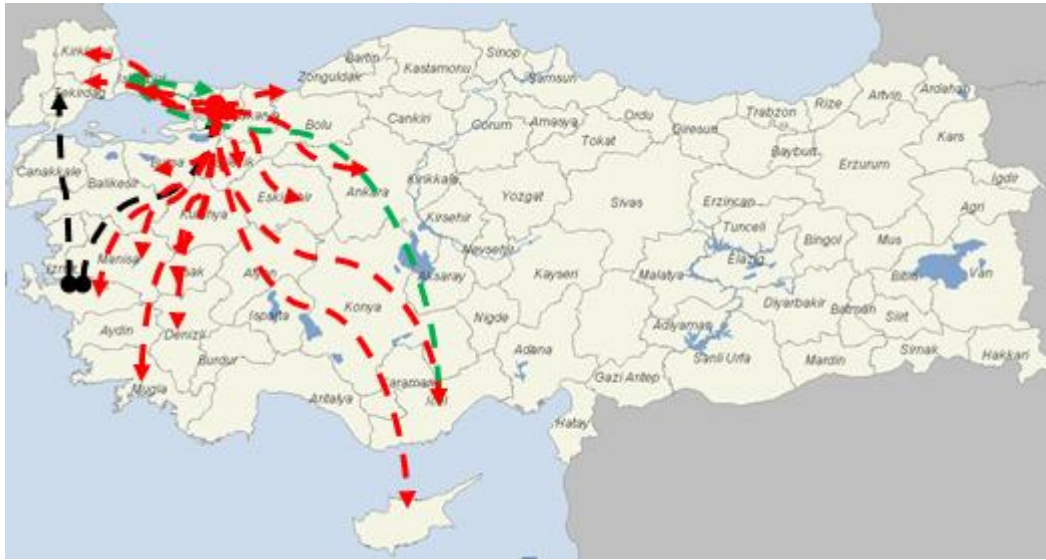
Şekil 8.3: Asya-Avrupa yönündeki tehlikeli madde akışlarının ADR sınıflarına göre dağılımı

Tablo 8.4, Şekil 8.2 ve Şekil 8.3 incelendiğinde, radyoaktif madde geçişinin kayıtlardan rastgele seçilen tarihlerde gerçekleşmediğini görülmektedir. FSM Köprüsü’nden radyoaktif madde geçişinin TAEK’ten özel izinle gerçekleştirilebileceği de göz önüne alındığında, radyoaktif madde akışının diğer maddelere oranla daha kontrollü olmakla birlikte nadiren gerçekleştiği söylenebilir.

Tehlikeli madde yolculuğunun kalkış ve varış noktalarını da belirlemek amaçlanmış, ancak arşivlenen irsaliyelerin tek tip olmaması ve her birinde söz konusu bilgilerin belirtilmemiş olması, ya da ilgili firmaların merkez binalarına ilişkin adres gösterilmesi sonucu geçişlerin sadece bir bölümünü bu şekilde değerlendirmek mümkün olmuştur. Bu kapsamda 226 adet denetimli geçişe ait irsaliye incelenmiş ve Asya/Avrupa yönünde gerçekleşen akışların kalkış noktaları Yalova, Gebze, Dilovası, Derince, Yeniköy, Tuzla, Darıca, Körfez, Ankara, Bursa, Mersin, Eskişehir, Kayseri iken, varış noktalarının İstanbul, Silivri, Çorlu, Çerkezköy, Tekirdağ ve Lüleburgaz olduğu görülmüştür. Diğer yandan Avrupa/Asya yönünde gerçekleşen tehlikeli madde akışlarında kalkış noktalarının İstanbul, Kırklareli, Çorlu, Çerkezköy, Tekirdağ, Marmara Ereğlisi olduğu, varış noktalarının ise Yalova, Tuzla, Pendik, Adapazarı, İzmit, Gebze, Derince, Çayırova, Düzce, Amasya, Bursa,

İzmir, Ankara, Manisa, Mersin, Konya ve Kayseri olduğu görülmüştür. Sadece bu verilerden hareketle bile Kocaeli kentinin tehlikeli madde trafiğinde önemli bir geçiş noktası olmanın yanısıra varış ve kalkış noktası olduğu söylenebilir.

Tehlikeli madde akışları hakkında fikir sahibi olmak için, merkezi Kocaeli’de bulunan ve Türkiye’nin her noktasına tehlikeli madde taşımacılığı yapan bir nakliye şirketinin haftalık akış verileri de incelenmiştir. Şekil 8.4’te tehlikeli maddelerin bir haftalık yolculuğu görülmektedir.



Şekil 8.4: Merkezi Kocaeli’de bulunan ve tehlikeli madde taşımacılığı yapan bir firmanın bir hafta süresince yükleme ve boşaltma noktaları

8.2. Karayolları Tehlikeli Madde Kaza Verileri

Ülkemizde karayollarında gerçekleşen tehlikeli madde kaza kayıtları özel bir kayıt sistemine tabi değildir. Emiyet Genel Müdürlüğü’ne yapılan bilgi edinme başvurusu sonucu “kaza kayıtlarında, trafik kazalarına karışan araçların taşıdıkları yük cinslerine ilişkin herhangi bir bölüm bulunmadığından bu kapsamda istatistiki bilgi mevcut olmadığı” yanıtı alınmıştır (Ek-A).

Bu çalışmada, 2009 ve 2010 yıllarında Kocaeli ilindeki İzmit, Derince, Körfez, Çayırova, Gebze ve Dilovası itfaiye birimlerince müdahale edilen toplam 4.144 adet olay incelenmiştir. Bu olayların %2,7’sinin fabrika/tesislerde, %38,9’unun binalarda,

%43,3'ünün açık alanlarda ve %15,1'inin de karayolları üzerinde gerçekleştiği görülmüştür. Ancak tehlikeli madde içerikli kazaların kayıt altına alınmasına dair özel bir kayıt sistemi bulunmadığından itfaiye birimlerince arşivlenen yangın ihbar formları ve yangın raporları incelenerek tehlikeli madde kaza kayıtları araştırılmıştır. 2009 ve 2010 yılı için karayolunda gerçekleşen tehlikeli madde olaylarının sırasıyla Körfez, Gebze ve İzmit ilçelerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

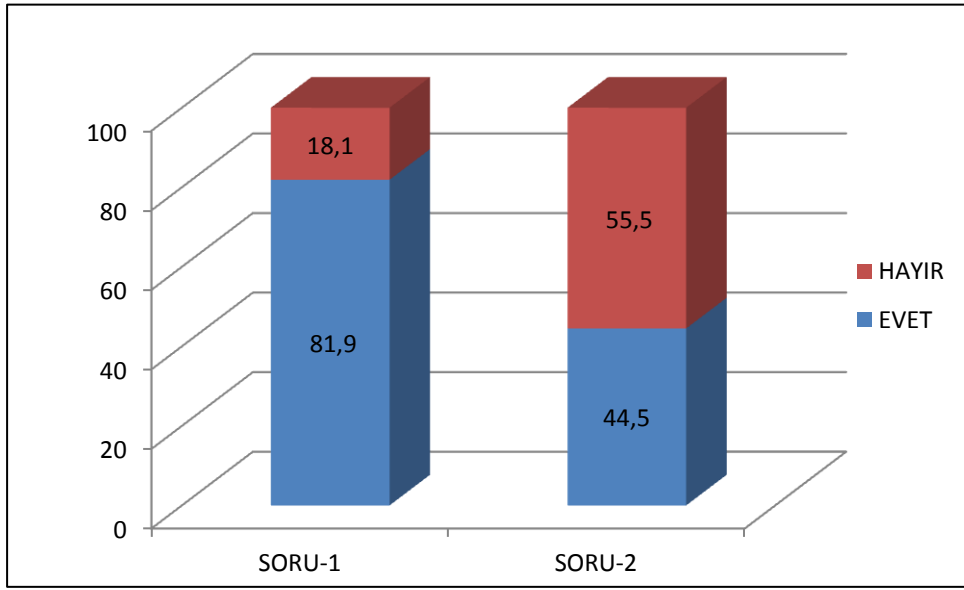


Şekil 8.5: 2009 ve 2010 yılları için Kocaeli kenti tehlikeli madde taşımacılığı kaza haritası

8.3. Acil Müdahale Ekiplerinin Durumu

Karayollarında meydana gelebilecek bir tehlikeli madde kazası yaşanması halinde kazazedelerin yanında, ilk zarar görecekt kişiler acil durum çalışanlarıdır. Bu nedenle, tehlikeli madde taşımacılığı sırasında meydana gelebilecek olası bir kazaya karşın acil müdahale ekiplerinin tehlikeli maddeler ve müdahale ile ilgili bilgilerini ortaya koymak amacıyla bir dizi anket çalışması yapılmıştır. Katılımcılara yöneltilen sorular Ek.B'de yer almaktadır. Katılımcıların yanıtları % dağılım şeklinde Şekil 8.6-11'de ifade edilmiştir. Ayrıca her bir itfaiye biriminin ankete verdiği yanıtlar da Ek-C'de yer almaktadır.

Katılımcılara, öncelikle kimyasal madde içerikli kazalara müdahale etmek için özel bir eğitim alıp almadıkları sorulmuştur. Katılımcıların %80'i kimyasal madde kazalarına müdahale etmek üzere eğitim aldığını belirtirken, %60'ı kimyasal madde yangınlarının söndürülmesi hakkında “özel bir eğitim” aldığını ifade etmiştir. İtfaiye birimleri bazında ise İzmit İtfaiyesi'nin eğitim konusunda diğer itfaiye birimlerinden önde olduğu görülmektedir.



Şekil 8.6: Katılımcı yanıtlarının 1. ve 2. sorular için dağılımı

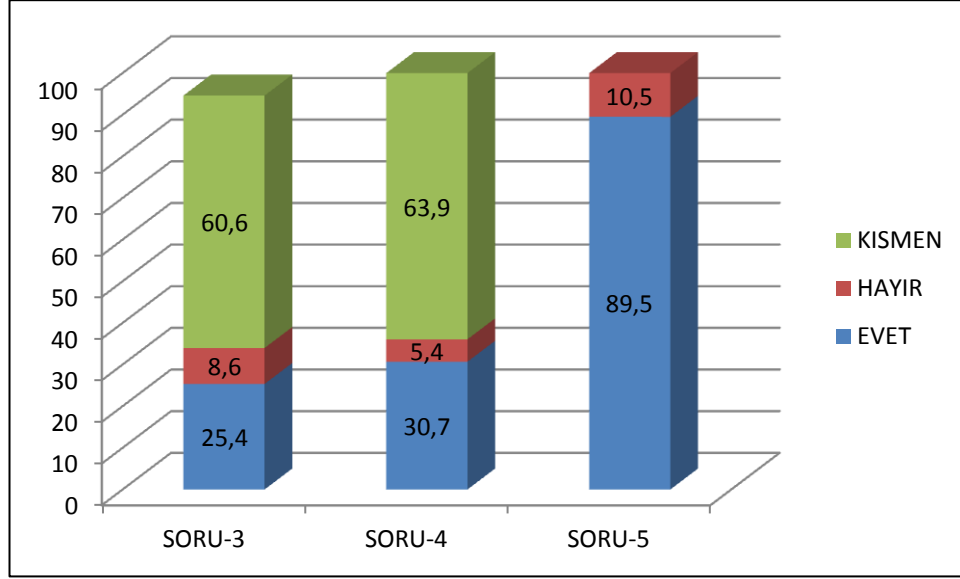
Diğer yandan, katılımcıların %40'ı daha önce kimyasal madde içerikli kazalara müdahalede bulunduğunu belirtmiştir. Müdahale deneyimi ortalamasının üzerinde olan katılımcıların sanayinin daha yoğun olduğu Körfez, Derince ve İzmit İtfaiye birimlerindeki katılımcılar olduğu görülmektedir.

Katılımcıların %60'ı karayolunda kimyasal madde içerikli bir kaza yaşanması halinde taşınan kimyasalı “kısmen” belirleyebileceğini belirtirken, %25'i “evet” yanıtını vermiştir. İtfaiye birimleri bazında ise katılımcılarının %44'ünün “evet” yanıtını verdiği Körfez İtfaiyesi ilk sırada yer almaktadır.

Nakliye aracı ve ürün ambalajları üzerindeki etiketleri yorumlama konusunda katılımcıların %30'u kendini yeterli bulduğunu ifade ederken, yaklaşık %60'lık bir bölüm ise kendini “kısmen” yeterli bulduğunu belirtmiştir. Körfez İtfaiyesi ise,

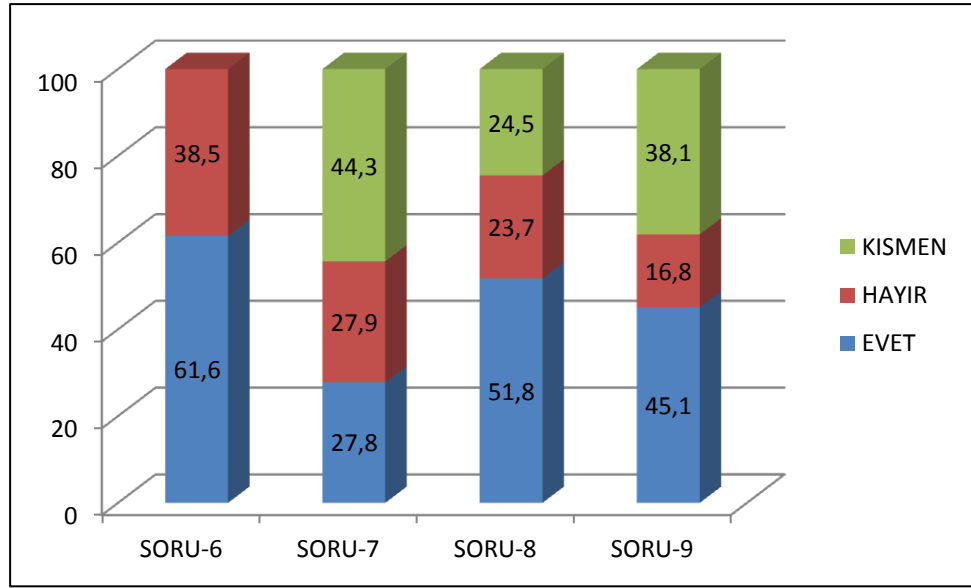
İtfaiye birimleri bazında “evet” yanıtının diğerlerine oranla yüksek olduğu tek İtfaiye birimidir.

Karayolu üzerinde taşınmakta olan bir kimyasala ilişkin bilgilere nasıl ulaşacağını bildiğini ifade eden katılımcıların oranı yaklaşık %90’dır. Bu soru tüm İtfaiye birimlerince %80 ve daha üzerinde “evet” olarak yanıtlanan tek sorudur.



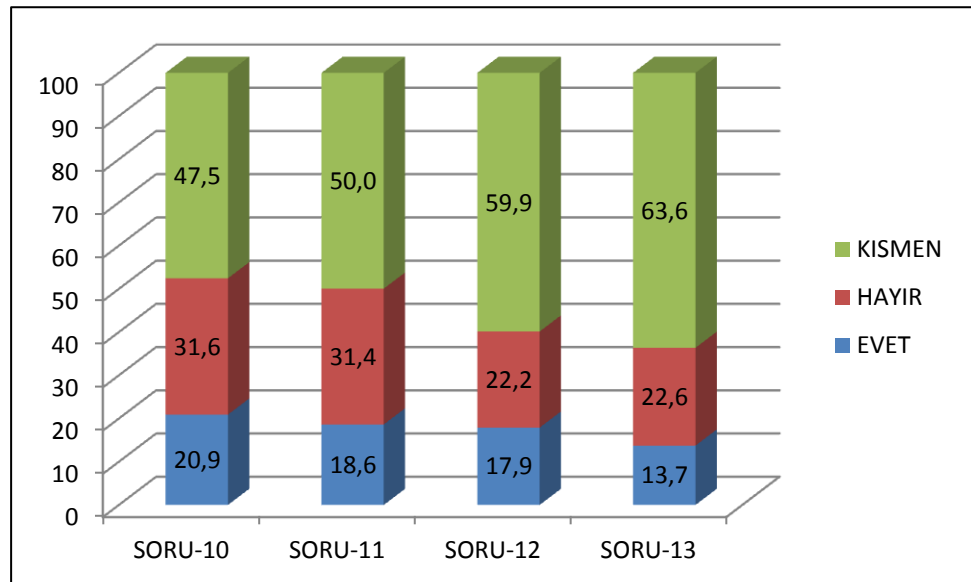
Şekil 8.7: Katılımcı yanıtlarının 3., 4. ve 5. sorular için dağılımı

Katılımcıların %44’ü kendini tehlikeli madde içerikli bir kazaya müdahale etmek üzere “kısmen” olay alanına giriş kararı verebilecek yetkinlikte bulmakta iken, durumun toplum sağlığını tehdit eder boyuta ulaşmış olmadığına, tahliye veya yerinde koruma uygulamasına tereddütsüz karar verebileceğini ifade eden katılımcıların oranı %21’dir. İtfaiye birimleri bazında ise, olay yerine giriş kararı verebilecek katılımcıların Körfez ve Derince İtfaiye birimlerinde ortalamanın üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 8.8: Katılımcı yanıtlarının 6., 7., 8. ve 9. sorular için dağılımı

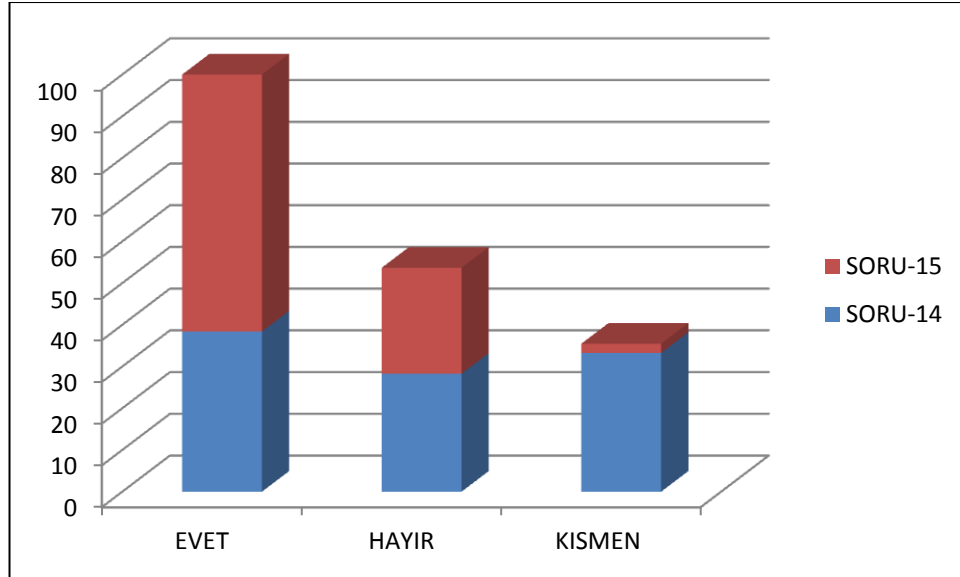
Olay yerinde acil müdahale ekipmanları arasında öncelikle kendi güvenliğini sağlamaya yönelik farklı standartlarda maske, eldiven, gözlük ve koruyucu giysiler bulunduğunu ifade edenler katılımcıların %52'sini oluştururken, bunlar arasından uygun standartta koruyucu donanımı seçebileceğini belirtenlerin oranı %45 ve “kısmen” bu yerliliğe sahip olduğunu ifade edenlerin oranı da %38 civarındadır.



Şekil 8.9: Katılımcı yanıtlarının 10., 11., 12. ve 13. sorular için dağılımı

Olay yerinde, “yerinde koruma” uygulamasına gidilmesi halinde, katılımcıların sadece %18’i kendini mağdurlara korunma talimatı verebilecek yetkinlikte bulunduğunu ifade ederken, “kısmen” yeterli bulanların oranı ise %50’dir. Körfez ve İzmit ifaiyelerinde ise ortalamanın üzerinde “evet” yanıtı alınmıştır.

Katılımcıların sadece %60’ı tahliye kararı verilmesi halinde tahliye edilecek alanın çapını “kısmen” belirleyebileceğini belirtmiştir. Katılımcıların %18’i kendini bu konuda yeterli bulunduğunu ifade etmiştir. Kendini yetersiz bulanların oranının yeterli bulanlardan yüksek olması ise dikkat çekicidir.



Şekil 8.10: Katılımcı yanıtlarının 14. ve 15. sorular için dağılımı

Olası bir kimyasal madde saçılması halinde, kaza nedeniyle meydana gelen atıkların gideriminin nasıl yapılacağını bildiğini ileri süren katılımcılar %14 oranında iken, kendini bu konuda yeterli görmeyenlerin oranı %22’dir. Körfez ve İzmit İtfaiye birimleri dışındaki tüm birimlerde hayır yanıtlarının evetlerden yüksek olduğu görülmüştür.

Katılımcıların %38’i trafikte seyir halinde iken kimyasal madde taşıyan bir aracın bulunmasından tedirgin olacağını belirtirken, %28’i ise tedirginlik duymayacağını belirtmiştir.

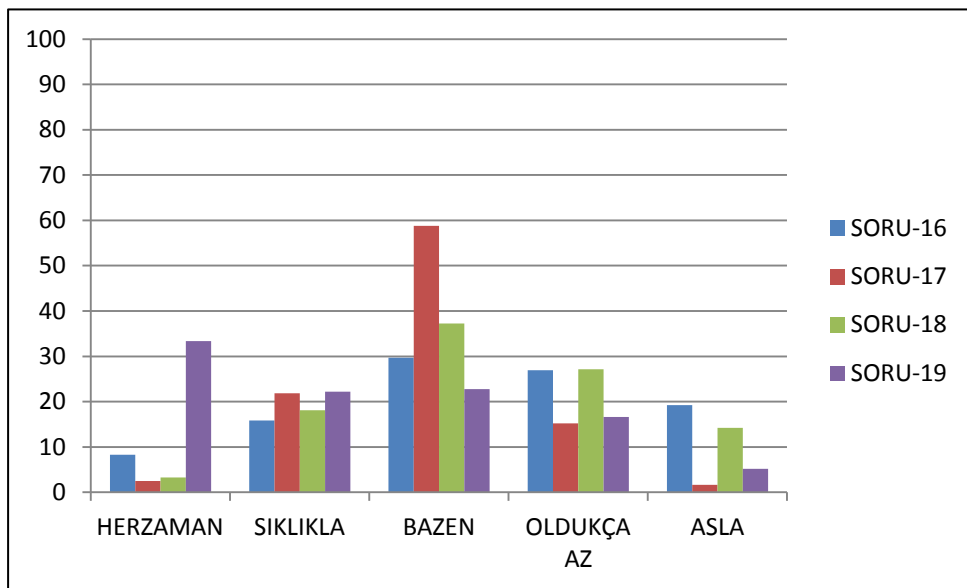
Katılımcıların %72'si kimyasal madde taşıyan bir aracın karayolunda kazaya karışması halinde olayın büyük felaketlerle sonuçlanabileceğini düşündüğünü belirtmiştir.

Katılımcıların %30'u tehlikeli maddelerin karayollarında “bazen” kurallara uygun bir şekilde taşındığını düşündüklerini belirtmiş, bunu %27 ile “oldukça az” yanıtı izlemiştir. “Asla” yanıtını değerlendirenlerin oranı ise %19'dur.

Tehlikeli madde taşıyan araçların karayollarında kural ihlali yaptığına tanık olma sıklığı %58 oranında “bazen” olarak ifade edilmiş, bunu %22 ile “sıklıkla” yanıtı izlemiştir.

Katılımcıların %37'si karayolunda seyahat ederken kendini “bazen” güvende hissettiğini belirtmiştir. %27'lik bir oranla “oldukça az” yanıtı ise ikinci sırada yer almaktadır.

Karayolunda tehlikeli madde içerikli bir kaza geçirmesi halinde herhangi bir meslektaşının müdahale bilgisine “her zaman” güvенеceğini ifade edenler, katılımcıların %33'lük bir kısmını oluşturmaktadır. Bunu izleyen yanıtlar ise %22'lik pay ile “bazen” ve “sıklıkla” yanıtlarıdır.



Şekil 8.11: Katılımcı yanıtlarının 16., 17., 18. ve 19. sorular için dağılımı

Diğer yandan kent merkezlerinde bulunan İzmit ve Tekirdağ itfaiye birimleri karşılaştırıldığında, İzmit itfaiyesinin eğitim, kimyasalı saptayabilme, etiket yorumlama ve kişisel koryucu donanım bulundurma konularında daha yetkin olduğu görülmektedir. Ancak, müdahale deneyimi, acil durumlarda karar verme, mağdurlara talimat verebilme, tahliye edilecek bölgenin çapını belirleyebilme, atık bertarafı konularında Tekirdağ il merkezindeki itfaiye biriminin daha yetkin olduğu görülmektedir. Diğer yandan uygun kişisel koruyucu donanım seçimi konusunda hemen hemen aynı oranlarda yanıtlar alınmıştır. Meslektaşlarının müdahale bilgisine “her zaman” güvenen katılımcıların oranı ise Tekirdağ merkez itfaiyesinde İzmit’e oranla yüksektir.

8.4. Taşıyıcı Firmalar Açısından ADR Geçiş Süreci

Bu bölümde, merkezi Kocaeli’de bulunan ve tehlikeli madde taşımacılığı yapan farklı ölçeklerdeki firmalarla görüşülerek, araçların ADR’ye uygunluğu ve sürücülerin ADR eğitimine sahip olma durumu hakkında araştırma yapılmıştır. Farklı ölçeklerdeki taşımacılık firmalarının ADR geçiş sürecindeki durumları Tablo 8.5’te görülmektedir. ADR anlaşmasının henüz tam anlamıyla yürürlüğe konulmadığı ve yönetmeliklerimizin geçişi sağlamak amacıyla ertelendiği göz önüne alındığında bazı küçük ölçekli firmaların da bu konuda eksiklikleri bulunduğu görülmüştür.

Tablo 8.5: Kocaeli bölgesinde tehlikeli madde taşıyan farklı ölçeklerdeki firmaların ADR geçiş sürecindeki durumları

Şirket	Tehlikeli madde taşıyan		Araçların ADR'ye uygunluğu			ADR sürücü belgesi sahip olma durumu		
	Araç sayısı	Sürücü sayısı	Tamamı	Birkısmı	Hiçbiri	Tamamı	Birkısmı	Hiçbiri
a	19	25		x			x	
b	4	4		x		x		
c	15	15	x			x		
d	5	43		x			x	
e	5	5	x			x		
f	2	2	x			x		
g	15	12		x			x	
h	12	12	x				x	
ı	75	140	x			x		

8.5. Bulanık Mantık Uygulaması

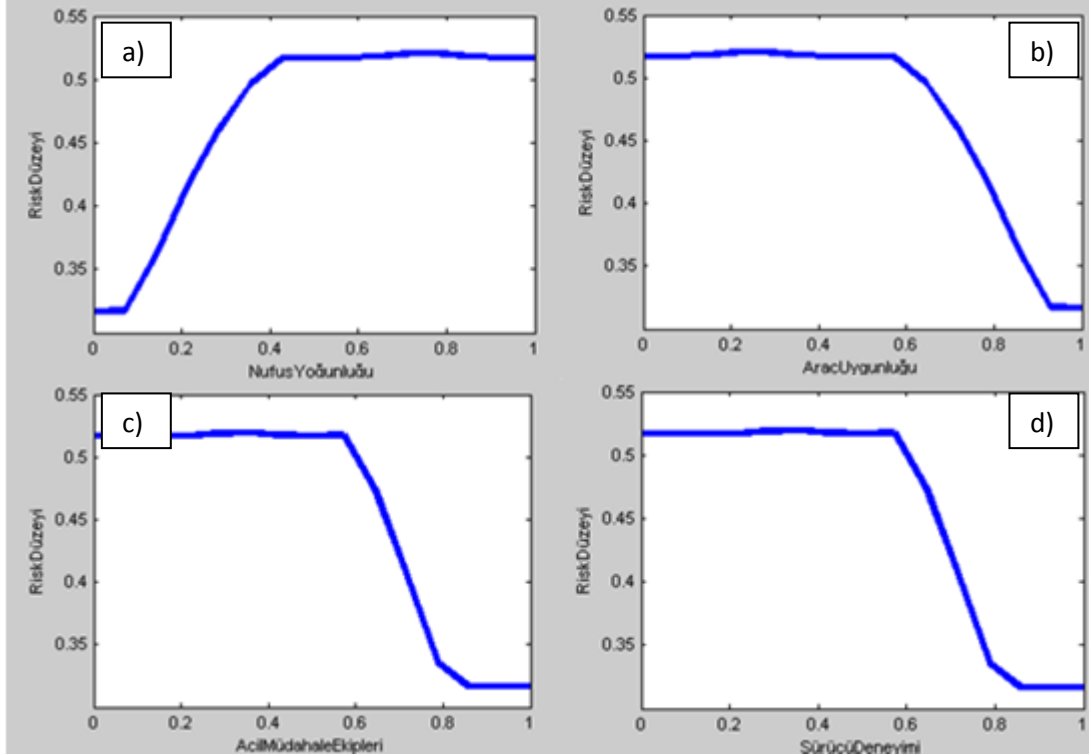
Bulanık sistem, MATLAB programı bünyesindeki “bulanık mantık araç kutusu (fuzzy logic toolbox)” üzerindeki “bulanık çıkartım sistemi (FIS)” kullanılarak oluşturulmuştur.

Sistemin girişini etkileyecek ya da başka bir deyişle tehlikeli madde taşımacılığında risk yaratabilecek etmenler “sürücünün deneyimi”, “aracın uygunluğu”, “müdahale ekiplerinin deneyimi” ve “nüfus yoğunluğu” olarak belirlenmiştir. Çıkış değişkeni ise “risk düzeyi” olarak belirlenmiştir.

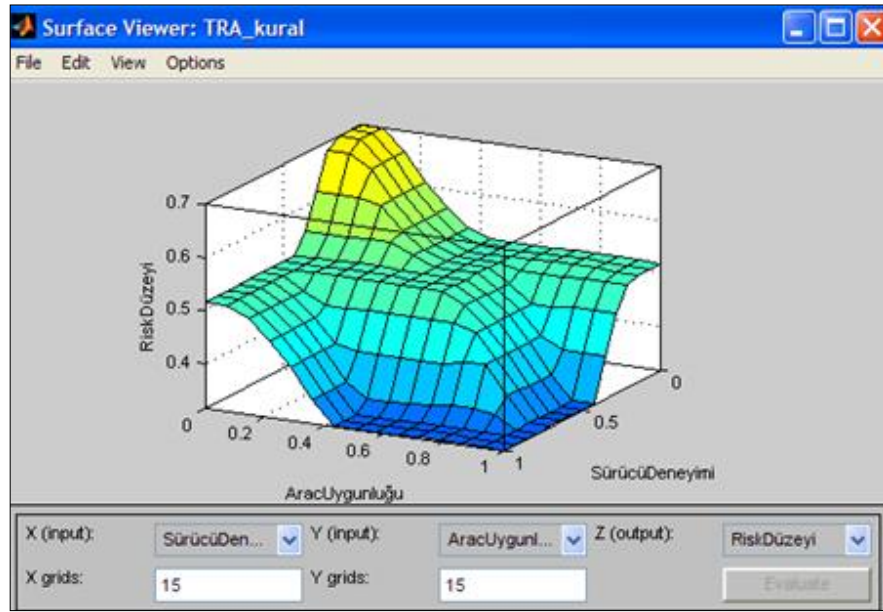
Şekil 8.11’de belirlenen her bir giriş değişkeninin çıkış değişkeni olan risk düzeyine etkisini görmek mümkündür. Şekil 8.12’de nüfus yoğunluğu arttıkça risk düzeyinin de arttığı, araç uygunluğu, sürücü deneyimi ve acil müdahale ekiplerinin deneyiminin artması halinde risk düzeyinin azaldığı görülmektedir.

Şekil 8.13-8.18 seçilen ikili giriş etmenlerinin risk düzeyi ile ilişkilerini üç boyutlu yüzey grafikleriyle ortaya koymaktadır. Buna göre beklendiği üzere, Mamdani yöntemi dikkatli incelendiğinde durulaştırma çıkışıyla giriş üyelik fonksiyonları arasında anlamlı bir ilişki vardır. Üyelik işlevlerinin yeri ve şekli, giriş üyelik fonksiyonları ve dolayısıyla üyelik dereceleri ve bunun çıkışa yansması nedeniyle de durulaştırma çıkışı, girişlerin bir fonksiyonudur.

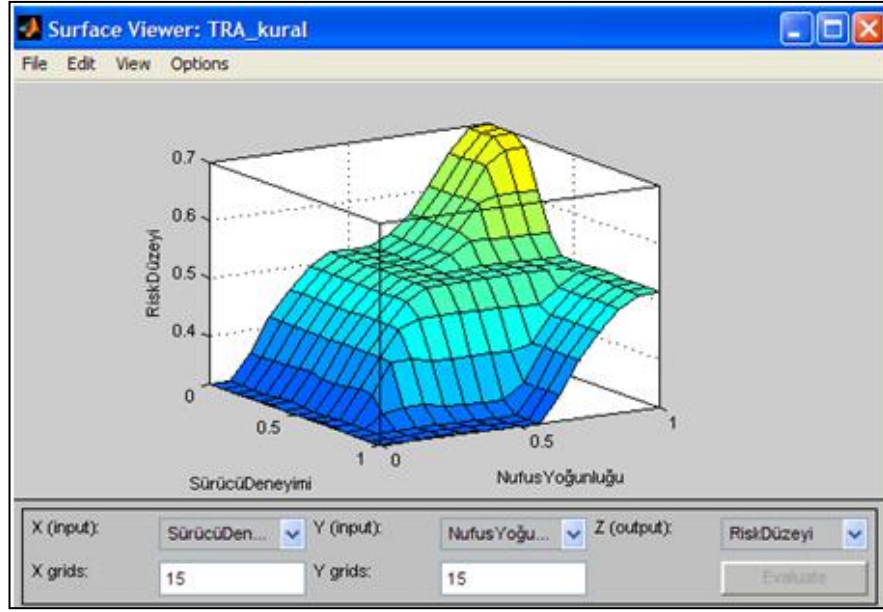
Araç uygunluğu ve sürücü deneyiminin yüksek olduğu durumlarda risk düzeyinin düşük olduğu görülmektedir. Ancak tek başına sürücünün deneyimli olması veya aracın uygunluğu bir anlam taşımadığı gibi nüfus yoğunluğu ve sürücü deneyimi de tek başlarına belirleyici olmamaktadır.



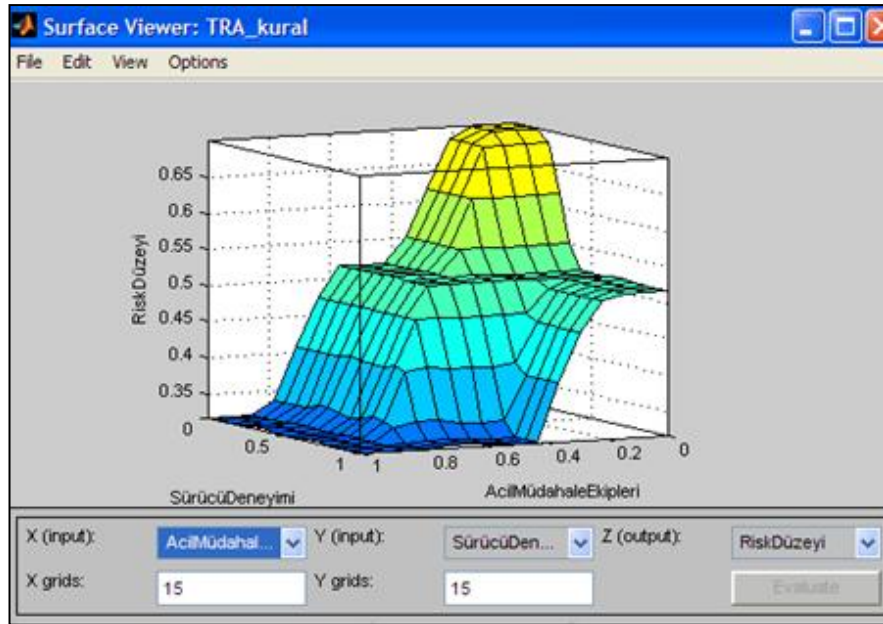
Şekil 8.12: Belirlenen her bir giriş değişkeninin çıkış değişkeni ile ilişkileri
a) nüfus yoğunluğu, b) araç uygunluğu, c) acil müdahale ekipleri, d) sürücü deneyimi



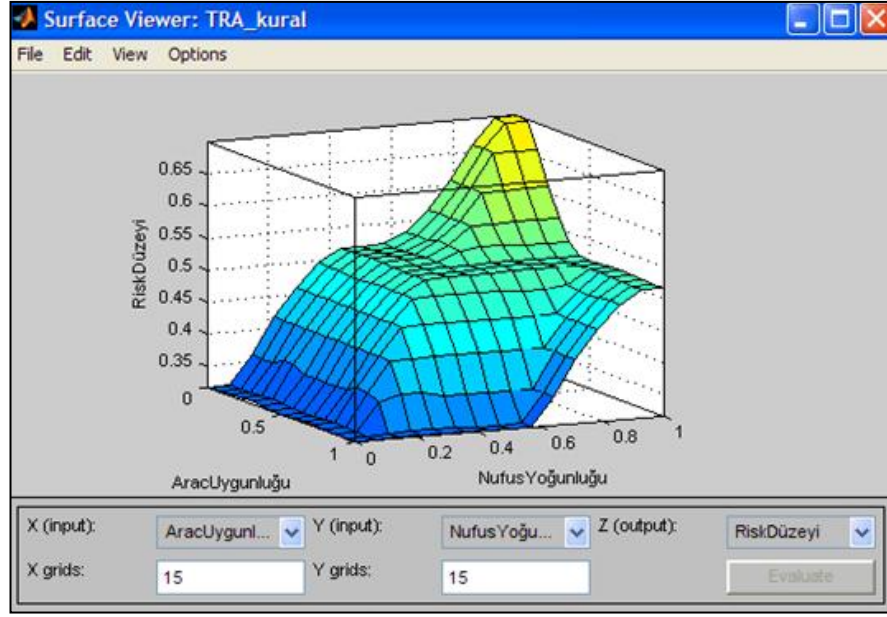
Şekil 8.13: Araç uygunlu ve sürücü deneyiminin risk düzeyi ile ilişkisi



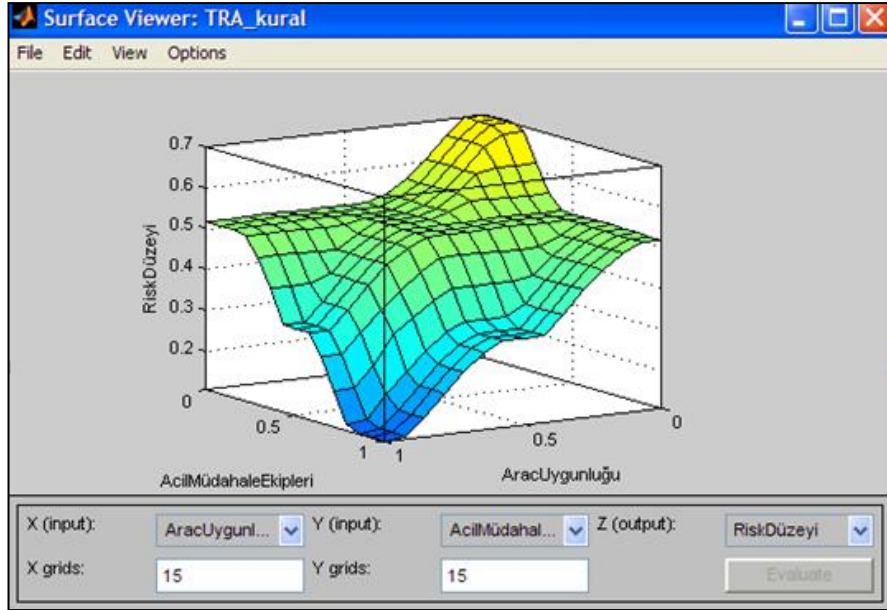
Şekil 8.14: Sürücü deneyimi ve nüfus yoğunluğunun risk düzeyi ile ilişkisi



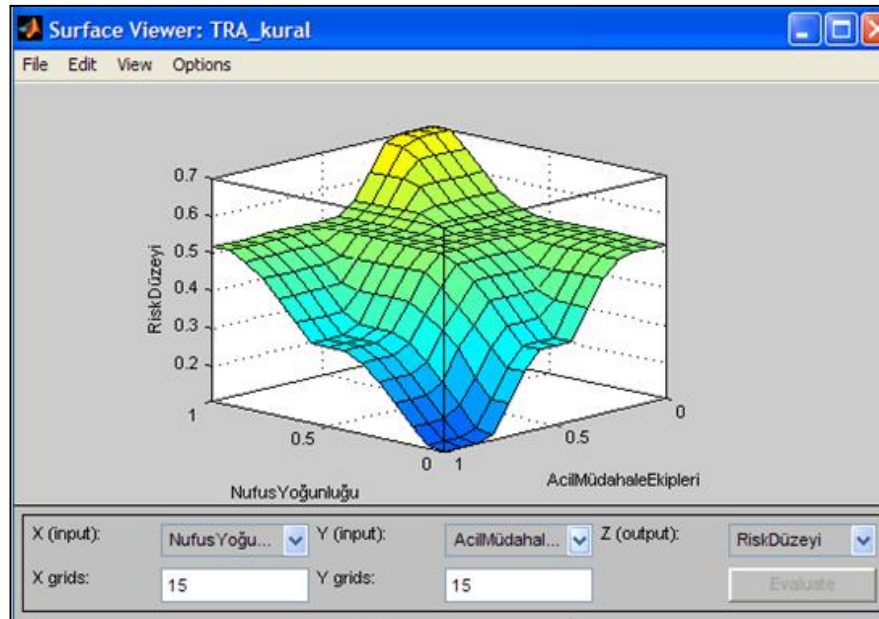
Şekil 8.15: Sürücü deneyimi ve acil müdahale ekiplerinin risk düzeyi ile ilişkisi



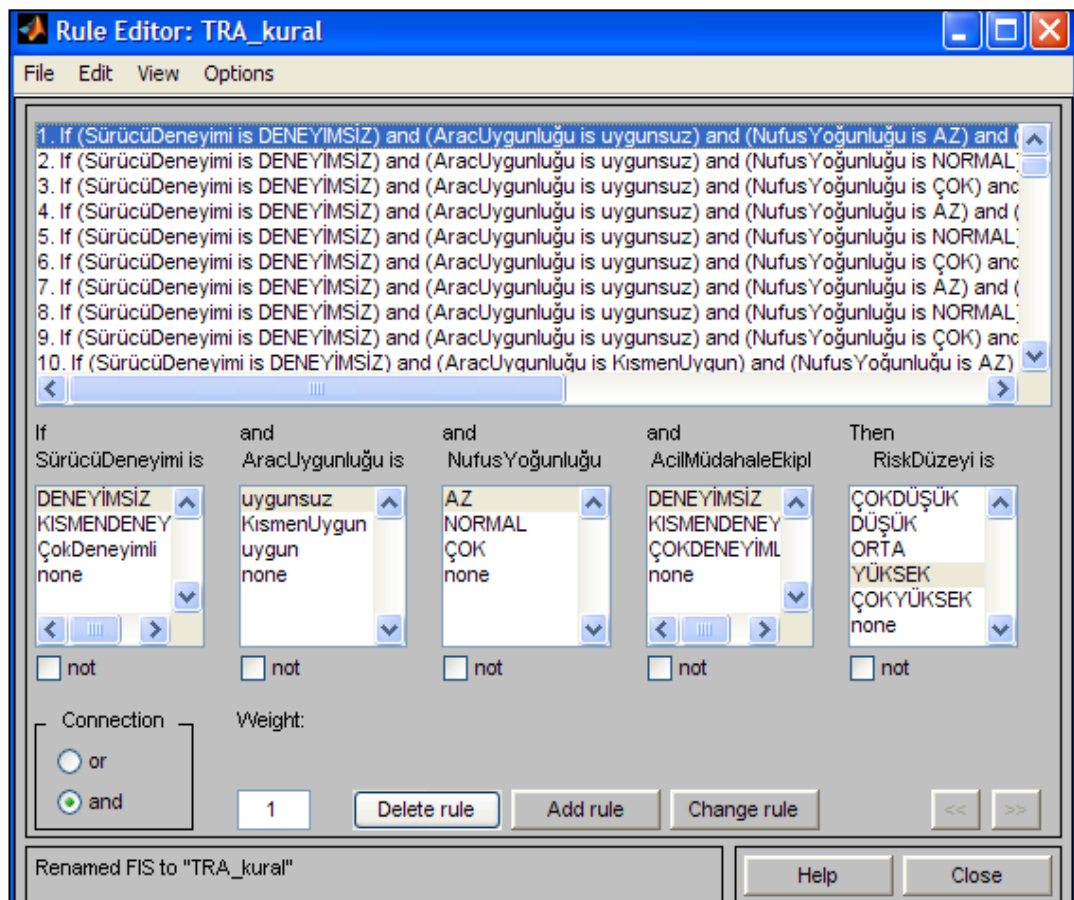
Şekil 8.16: Araç uygunluğu ve nüfus yoğunluğunun risk düzeyi ile ilişkisi

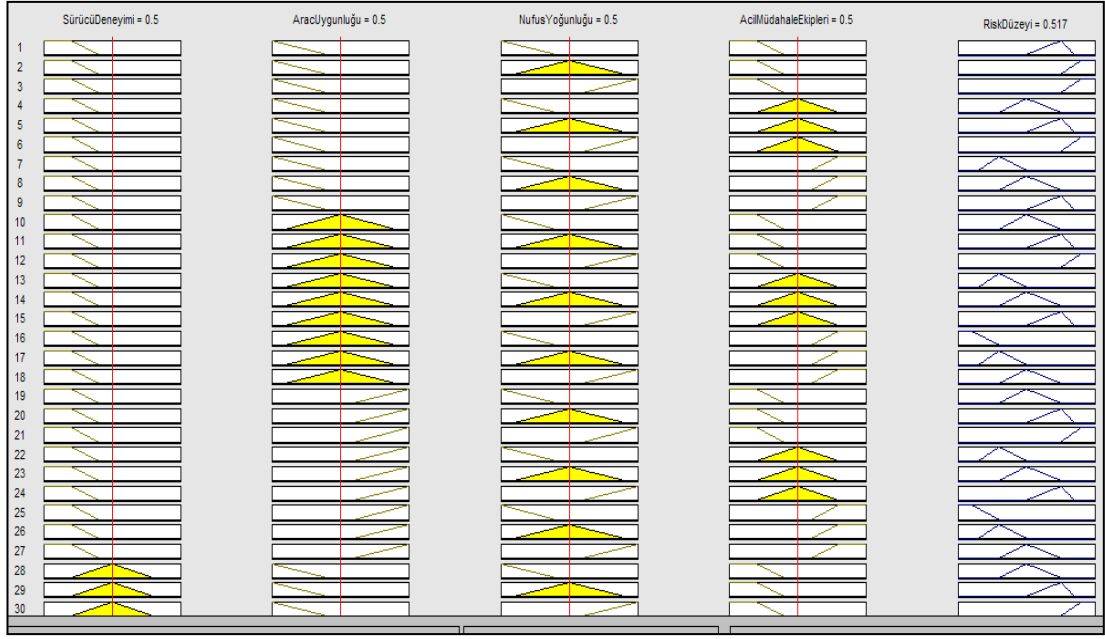


Şekil 8.17: Araç uygunluğu ve acil müdahale ekiplerinin risk düzeyi ile ilişkisi



Şekil 8.19’da oluşturulan kural tabanından bir kesit yer almaktadır.





Şekil 8.20: Kural görüntüleyiciden bir kesit

Şekil 8.20’de görülen kural tabanında, belirlenen değişkenlere çeşitli değerler atanması halinde risk düzeyinin alabileceği farklı değerleri görmek mümkündür. Kural görüntüleyici ile sistemin farklı giriş değişkenleri için üreteceği yanıt izlenebilmektedir. Şekil 8.21’de görülen bir grafiksel kullanıcı arayüzü (GUI) aracılığıyla kullanıcının giriş yapmasına olanak sağlayan ve sonuçları görüntüleyen bir sistem oluşturulmuştur.

Şekil 8.21: Oluşturulan grafik arayüzünden bir kesit

Şekil 8.22’de, örnek uygulama çıktıları yer almaktadır. Örneğin sürücünün deneyimli, aracın uygun, ekiplerin deneyimli olduğu durumda bile nüfusun yoğun olması nedeniyle düşük seviyede, ancak orta seviyeye yakın bir risk düzeyi çıkmaktadır. Diğer yandan tüm etkenlerin orta düzeylerde olması halinde risk düzeyinin de orta ve yüksek arasında ancak daha çok orta düzeye dahil olduğu görülmüştür.

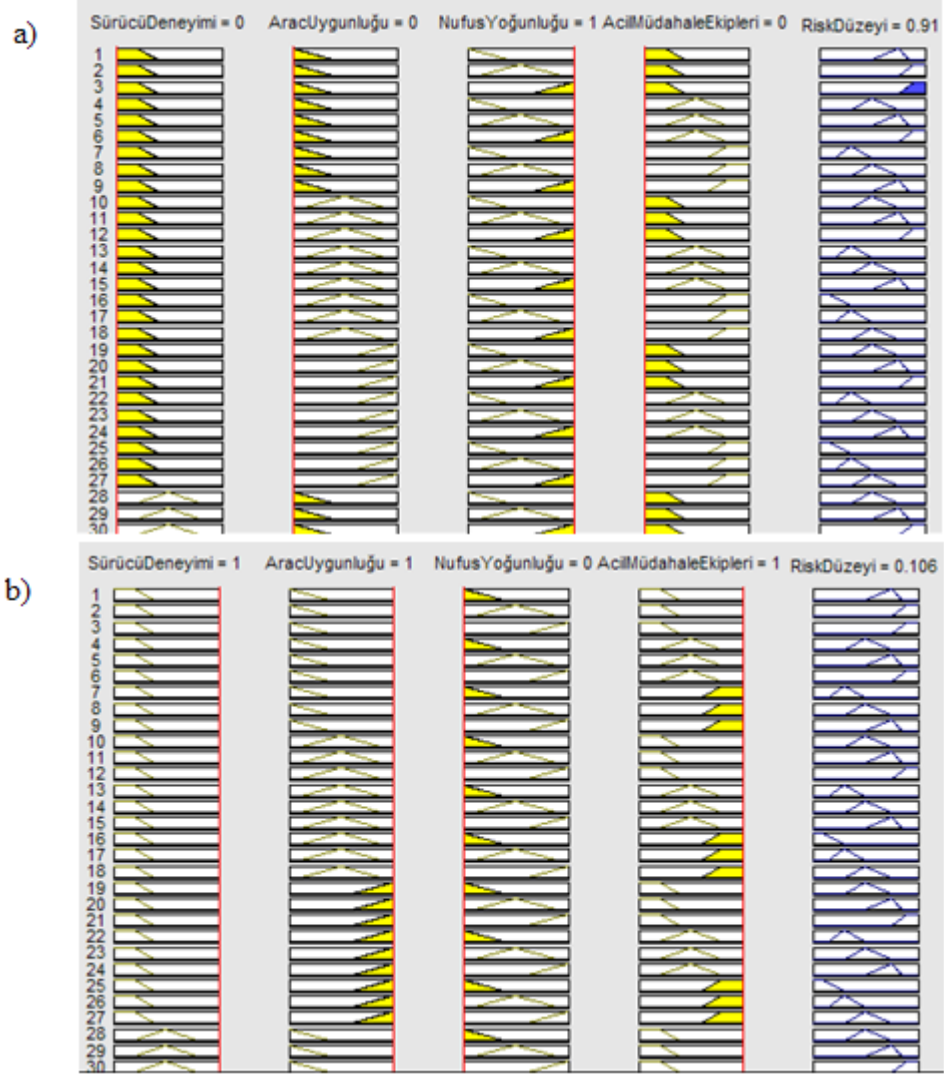


Şekil 8.22: Uygulama çıktısından örnekler

Oluşturulan bulanık sistem, üreticiler veya lojistik firmaları tarafından sürücü ya da güzergah seçiminde kullanılabileceği gibi, acil müdahale ekiplerince olabilecek en kötü senaryoları dikkate alarak risk düzeyinin belirlenmesinde ve mevcut eğitim durumu dikkate alınarak eğitim eksikliklerinin giderilmesinde kullanılabilecektir. Diğer yandan acil durum yönetiminde, yerleşim alanlarının acil eylem planlarının oluşturulmasında, gözden geçirilmesinde ve mevcut durumların belirlenmesinde yararlı olabilecektir.

Şekil 8.23’te risk düzeyi, farklı sınır koşullarında “sürücü deneyimi”, “araç uygunluğu”, “acil müdahale ekiplerinin deneyimi” ve “nüfus yoğunluğu” etmenleri için incelenmiştir. Sürücünün “deneyimsiz”, aracın “uygunsuz”, müdahale ekiplerinin “deneyimsiz” ve nüfus yoğunluğunun “çok” olması halinde risk düzeyinin 0,91 olması, risk düzeyi için oluşturulan üyelik fonksiyonu dikkate alındığında risk düzeyinin “çok yüksek” olduğunu göstermektedir. Sürücünün

“deneyimli”, aracın “uygun”, müdahale ekiplerinin “deneyimli” ve nüfus yoğunluğunun “az” olması halinde risk düzeyinin 0,10 olması ise yine oluşturulan üyelik fonksiyonu dikkate alındığında risk düzeyinin “çok düşük” olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 8.23: Farklı sınır koşullarında risk düzeyleri:
a) en kötü senaryo için b) en olumlu senaryo için risk düzeyi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yolcu ve yük taşımacılığının büyük bir bölümünün karayolu ile gerçekleştirildiği ülkemizde, karayolu ile tehlikeli madde taşımacılığı da yapılmaktadır. Ancak bu durum gerekli yasal düzenlemelerin yürürlükte olmaması, herhangi bir kayıt ve kontrolün yapılmaması nedeniyle nüfusun yoğun olduğu endüstrileşmiş kentlerden, geçiş yolları üzerinde bulunan küçük kentlere kadar birçok yaşam alanını tehdit etmektedir. Literatürde, tehlikeli madde taşımacılığına bağlı riskleri belirlemeye yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Ancak tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin bir geçiş sürecinde olan ülkemizde bu konuda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, elde edilen sınırlı veriler ile mevcut durumu belirlemek amaçlanmış ve yine bu sınırlı bilgiler ve belirsizliğini koruyan değişkenler eşliğinde, bu verileri içerdiği bilinmezlik ve kesin olmayışları da dikkate alarak bir araya getirecek “bulanık mantık” temelli bir yöntem önerilmiş ve uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında, konunun farklı paydaşları olan acil müdahale ekipleri ve taşımacılık firmaları ile görüşmeler yapılmıştır. Diğer yandan, tehlikeli madde akışları hakkında fikir sahibi olabilmek amacıyla, kısmen de olsa kayıtların gerçekleştirildiği tek yer olan FSM Köprüsü’nün her iki yanında bulunan kimyasal madde kontrol noktalarına çeşitli ziyaretler yapılmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığına dair risk düzeyinin belirlenmesi amaçlanan Kocaeli kentinde, tehlikeli madde kazalarının yoğun olarak yaşandığı bölgeleri belirlemek üzere Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı arşivinde çeşitli ilçelere ait 2009 ve 2010 yıllarına ait yangın ihbar formları incelenmiştir.

Çalışmanın sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

Ülkemizde tehlikeli madde geçişini kontrol eden ve denetleyen bir organ bulunmamaktadır. FSM Köprüsü'nün her iki yanında bulunan kimyasal madde kontrol noktalarında kısmen de olsa kayıt çalışmaları yapılmakta, ancak bu çalışmalar insan sağlığı ve çevreyi korumaktan öte, köprü bütünlüğünü korumayı amaçlamaktadır. Üretici beyanları ve bu noktalarda çalışan personelin deneyimi dikkate alınarak, maddelerin tehlikeli ve tehlikesiz kimyasallar olarak sınıflandırıldığı ve tehlikesiz olarak sınıflandırılanların yıllık veya günlük geçici izin belgesi edinerek herhangi bir kontrole tabi olmadan geçiş yapabildiği, diğer yandan tehlikeli maddelerin ise belirlenen saatlerde, geceleri kontrollü olarak geçiş yapabileceği ifade edilmektedir. Ancak, tehlikeli ve tehlikesiz madde ayrımının yapılmasında nasıl bir ölçütün dikkate alındığı bilinmemektedir. Diğer yandan, tehlikeli olarak sınıflandırıldığı düşünülen bir maddeyi taşıyan araç, köprüden geçişini tamamladıktan sonra yola denetimsiz bir şekilde devam edeceği gibi köprüye gelene kadar da herhangi bir denetime ve sınırlamaya uğramamaktadır. Tehlikesiz olarak sınıflandırılan maddeler ise günlük trafik akışına dahil olmaktadır. Ayrıca, tehlikeli maddeler için ayrılmış park ve bekleme sahalarının amacına uygun kullanılmadığı, tehlikesiz yük taşıyan araçlarla binek araçların da bu bölgelerde bulunduğu ve bu alanların dışarıdan gelebilecek etkilere açık şekilde düzenlendiği görülmektedir.

Yıllık izinlerle, köprüden sürekli olarak tehlikesiz kimyasal madde taşımacılığı yapan yaklaşık 3.000 aracın bulunduğu ve günlük geçici izin belgesi kullananlar ile birlikte bu rakamın yıllık 4.000 ile 5.000 arasında bir sayıya ulaştığı kayıtlarda görülmektedir. Diğer yandan, 2001 ve 2010 yılları arasındaki kayıtlı verilerden hareketle, yılda yaklaşık 28.000 aracın tehlikeli kimyasal taşıyarak köprüden denetimli şekilde geçiş yaptığı görülmektedir. Köprüde kimyasal madde taşıyan araçlar arasında 2-3 ton kapasiteli araçlar olduğu gibi, 25-30 ton kapasiteli araçların da geçiş yaptığı da kayıtlarda görülmektedir.

Köprüden geçiş yapan tehlikeli maddelere ilişkin izin belgesi, malzeme analiz ve güvenlik formu ile irsaliye bilgileri arşivlenmekte ancak elektronik veya basılı olarak

özel bir kayıtlama sistemi uygulanmamaktadır. Dolayısıyla, tehlikeli maddeleri taşıyan araçların taşıdıkları yüklerin tehlike sınıflarını belirten standart bir kayıt sistemi de bulunmamaktadır. Bu nedenle, arşivlenen dosyalar arasından rastgele tarihlerde denetimli olarak gerçekleşen 839 geçiş incelenmiştir. Geçişlerin %65 oranında Asya/Avrupa yönünde gerçekleştiği görülmüştür. Taşınan maddelerin tehlike sınıflarına göre dağılımı incelendiğinde alevlenebilir maddelerin dahil olduğu “ADR 3” sınıfının ilk sırada yer aldığı ve bunu aşındırıcı maddelerin dahil olduğu “ADR 8” sınıfının izlediği görülmektedir. Asya/Avrupa yönündeki geçişlerde taşınan maddelerin yaklaşık %80’inin alevlenebilir maddelerden oluştuğu, Avrupa/Asya yönünde ise bu oranın %43 ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir.

Taşınan tehlikeli maddenin akış yönünü belirlemenin yanı sıra, kalkış ve varış noktalarını da belirlemek amaçlanmış, ancak arşivlenen irsaliyelerin tek tip olmaması ve her birinde söz konusu bilgilerin belirtilmemiş olması ya da ilgili firmaların merkez binalarına ilişkin adres gösterilmesi sonucu ancak geçişlerin bir bölümünü bu şekilde değerlendirmek mümkün olmuştur. İncelenen 226 adet denetimli geçiş verisi sonucu, Kocaeli kentinin tehlikeli madde trafiğinde önemli bir geçiş noktası olmanın yanı sıra varış ve kalkış noktası olma özelliği de taşıdığı görülmüştür.

Literatür incelendiğinde, tehlikeli madde taşımacılığına bağlı risklerin belirlenmesinde tehlikeli madde kazalarının kayıtlı olduğu çeşitli veri tabanlarından yararlanıldığı, kazalara ilişkin olasılık ve sıklık bilgilerine kolayca ulaşılabildiği görülmektedir. Ne yazık ki ülkemizde karayollarında gerçekleşen tehlikeli madde kazaları özel bir kayıt sistemine tabi değildir ve bu anlamda yararlanılabilecek veri tabanları bulunmamaktadır. Emniyet Genel Müdürlüğü’ne yapılan bilgi edinme başvurusu sonucu “kaza kayıtlarında trafik kazalarına karışan araçların taşıdıkları yük cinslerine ilişkin herhangi bir bölüm bulunmadığından bu kapsamda istatistiki bilgi mevcut olmadığı” yanıtı alınmıştır. Benzer şekilde Karayolları Genel Müdürlüğü’ne de başvuruda bulunulmuş ve bu konuda herhangi bir istatistiki bilginin mevcut olmadığı yanıtı alınmıştır. Bu nedenle, Kocaeli ilindeki itfaiye birimlerince arşivlenen yangın ihbar formları ve yangın raporları incelenerek tehlikeli madde kaza kayıtları araştırılmıştır. Ancak farklı itfaiye birimlerinde bile kazaların farklı duyarlılıklarla kaydedildiği, bazılarında olaylar ile ilgili ayrıntılı

bilgiye yer verilirken bazılarında ise sadece gereken önlemlerin alındığı yönünde ifadeler bulunduğu görülmüştür. İzmit, Derince, Körfez, Çayırova, Gebze ve Dilovası itfaiye birimlerince müdahale edilen toplam 4.144 adet olay incelenmiştir. Bu olayların %2,7'sinin fabrika/tesislerde, %38,9'unun binalarda, %43,3'ünün açık alanlarda ve %15,1'inin de karayolları üzerinde gerçekleştiği görülmüştür. 2009 ve 2010 yılları için karayolunda gerçekleşen tehlikeli madde olaylarının Körfez, Gebze ve İzmit ilçelerinde yoğunlaştığı görülmüştür.

Karayollarında tehlikeli madde kazası yaşanması halinde kazanın şiddetine etkiyecek etmenlerden birinin de müdahale ekiplerinin bilgi ve deneyimi olduğu ve kazazedelerin yanında, ilk zarar görecekt kişilerin de acil durum çalışanları olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle, tehlikeli madde taşımacılığı sırasında meydana gelebilecek olası bir kazaya karşın acil müdahale ekiplerinin tehlikeli maddeler ve müdahale ile ilgili bilgilerini ortaya koymak amacıyla bir dizi anket çalışması yapılmıştır. Ankete İzmit, Başiskele, Derince, Kandıra ve Körfez ilçelerindeki itfaiye birimlerinden toplam 104 itfaiye çalışanı katılmıştır. Anket sonuçları, uygulanan itfaiye birimleri arasında farklılık göstermekle Körfez, Derince ve İzmit itfaiye birimlerinin diğerlerine oranla daha etkin oldukları görülmüştür. Ancak genel olarak atık giderimi ve acil durumlarda karar verme konularında yetkinliklerin düşük olduğu görülmüştür.

Tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili düzenlemeler, şüphesiz taşıyıcı firmaları yakından ilgilendirmektedir. Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Taşınması Hakkında Yönetmelik” kapsamında işaretleme, etiketleme ve ambalajlamayla ilgili hükümlerin 1/1/2012 tarihinde, taşıma araçlarıyla/üniteleriyle ilgili hükümlerin 1/1/2013 tarihinde, diğer hükümlerin ise 1/1/2014 tarihinde yürürlüğe gireceği belirtilmiştir. Bu nedenle, merkezi veya şubeleri Kocaeli sınırlarında bulunan farklı büyüklüklerdeki çeşitli firmalarla görüşülmüş ve araçlarının ADR'ye uygunluğu ve sürücülerin eğitim durumlarıyla ilgili bilgi edinilmiştir. Söz konusu ertelemeler nedeniyle konunun önemi bazı kesimler tarafından kavranamamış olsa da büyük ölçekli firmaların bu konuda hazırlıklarını tamamladığı görülmektedir. Ancak, küçük ve orta ölçekli firmaların da henüz araçlarının “bir kısmının” ADR'ye uygun ve sürücülerinin “bir kısmının” eğitilmiş olduğu ifade edilmesinden, bu konuda yapılması gereken

başka çalışmalar olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, geçiş sürecinin yarattığı boşluk nedeniyle “uygunsuz” nitelikteki uygulamalar süregelmekte ve toplum sağlığını tehdit etmeye devam etmektedir.

Literatürde, risk kavramının geleneksel olarak olasılık ve şiddetin bir bileşimi olarak tanımlandığı görülmektedir. Dolayısıyla tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili çalışmalar da veri tabanlarında yer alan sıklık verileri ve tanımlanan senaryoların şiddetleri dikkate alınarak yorumlanmıştır. Ancak verilere ulaşmanın güç olduğu durumlarda ve verilerin belirsizlikler içermesi halinde farklı yaklaşımlar da kullanılmıştır. Bunlardan biri, hem sayısal hem de sözel verilerden yola çıkarak belirsizlikleri işleyebilen bulanık mantık yaklaşımıdır. Bu çalışmada da, bulanık mantığın nitel verileri kademeli olarak işleyip bunları nicel büyüklüklere atayarak bulanık olmayan sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamasından yararlanılmış ve bulanık mantık temelli bir yaklaşımda bulunulmuştur. Giriş değişkenleri olarak sürücü deneyimi, araç uygunluğu, müdahale ekiplerinin deneyimi ve nüfus yoğunluğu farklı ölçeklerde kademeli olarak tanımlanmış ve çıkış değişkeni olarak da risk düzeyi belirlenmiştir. Buna göre giriş değişkenlerinden ilk ikisi daha çok kazanın olma olasılığını etkileyebilecek etmenler olarak ele alınırken, diğerleri kaza gerçekleşikten sonra şiddetine etkiyebilecek etmenler olarak sıralanmıştır. Elbette hava sıcaklığı, nem, rüzgarın yönü ve hızı gibi meteorolojik veriler ile yol koşulları gibi sayısı artırılacak birçok etmen sıralanabilir. Ancak bu çalışmada, etmen sayısının artmasıyla birlikte karar vermenin güçleşeceği göz önüne alınarak, söz konusu değişkenleri incelemenin yeterli olacağı düşünülmüştür. Giriş değişkenleri ile çıkış değişkeni arasında önermeler kurularak, her birinin çıkış değişkeni ile ilişkisi tanımlanmıştır. Giriş değişkenlerinin her bir kademesi için risk düzeyi ile kurulabilecek tüm olası ilişkiler kural tabanı haline getirilmiştir. Böylece, kullanıcı tarafından ilgili giriş değişkenlerine ait verilerin girilmesi halinde risk düzeyini belirleyebilecek bir yöntem oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem nüfus yoğunluğu, acil müdahale ekiplerinin yetkinliği, bölgede taşımacılık yapan araçların uygunluğu ve sürücülerin eğitimi hakkında bilgi sahibi olunması halinde farklı kentler ya da bölgeler için de uygulanabilir nitelikte, esnek bir sistemdir.

Çalışma esnasında karşılaşılan en büyük güçlüklerden biri tehlikeli madde akış ve kaza verilerinin kayıt altına alınmaması olmuştur. Kazaların kayıt altına alınmasında itfaiye birimleri, karayollarının ilgili birimleri ve emniyet müdürlükleri arasında ortak bir çalışma yürütülmesi gerektiği düşünülmektedir. Tehlikeli madde kazalarına ilişkin özel bir kayıt sistemi oluşturulması, mevcut kaza bilgilendirme formlarına da kazaların tehlikeli madde içerip içermediği ve kaza sonuçlarını içerecek bölümler eklenmesi önerilmektedir. Böylece aynı kuruma bağlı farklı birimler arasında olayların farklı duyarlıklarla kaydedilmesinin önlenebileceği düşünülmektedir.

Tehlikeli madde geçişlerinin başta büyük endüstrileşmiş kentler olmak üzere kayıt altına alınmasının, kentlerin karşı karşıya olduğu risklerin belirlenmesi ve konunun ciddiyetinin kavranması açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Alhajraf, S., Awadhi, L., A., Fadala, S., A., Khubaizi, A., A., Khan, A., R., Baby, S., “Real time response system for the prediction of the atmospheric transport of hazardous materials”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18, 520-525, (2005).

Aven, T., “A unified framework for risk and vulnerability analysis and management covering both safety and security”, *Reliability Engineering and System Safety*, 92, 745-754, (2007).

Aven, T., Renn, O., “On risk defined as an event where the outcome is uncertain”, *Journal of Risk Research*, 12, 1-11, (2009).

Aven, T., “On how to define, understand and describe risk”, *Reliability Engineering and System Safety*, 95, 623-631, (2010).

Aven, T. “On the new ISO guide on risk management terminology”, *Reliability Engineering and System Safety*, 96, 719-726, (2011).

Baykal, N., Beyan, T., “Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler”, *Bıçaklar Kitabevi*, Birinci Baskı, 306-316, (2004).

Bonvicini, S., Leonelli, P., Spadoni G., “Risk analysis of hazardous materials transportation: evaluating uncertainty by means of fuzzy logic”, *Journal of Hazardous Materials*, 62, 59-74, (1998).

Bubbico, R., Cave, S., D., Mazzarotta, B., “Risk analysis for road and rail transport of hazardous materials: a simplified approach”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 17, 477-482, (2004).

Bubbico, R., Sergio, D., C., Mazzarotta, B., “Risk analysis for road and rail transport of hazardous materials: a GIS approach”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 17, 483-488, (2004).

Bubbico, R., Maschio, G., Mazzarotta, B., Milazzo, M., F., Parisi, E., “Risk management of road and rail transport of hazardous materials in Sicily”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19, 1932-1938, (2006).

Burgess, J., L., Kovalchick, D., F., Harter, L., Kyes, K., B., Lymp, J., F., Brodtkin, C., A., “Hazardous Materials Events: Evaluation of Transport to Health Care Facility and Evacuation Desicions”, *American Journal of Emergency Medicine*, 19(2), 99-105, (2001).

Carotenuto, P., Giordani, S., Ricciardelli, S., “Finding minimum and equitable risk routes for hazmat shipments”, **Computers & Operations Research**, 34, 1304-1327, (2007).

Cassini, P., “Road transportation of dangerous goods: quantitative risk assessment and route comparison”, **Journal of Hazardous Materials**, 61, 133-138, (1998).

CCOHS, 2011, *Hazard and Risk* [online], Canadian Center for Occupational Health and Safety, http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html (Ziyaret tarihi: 27.11.2011).

Chen, L., Jiang, D., Xia, J., “A scheme of hazardous chemical identification for transportation incidents”, **Journal of Hazardous Materials**, 56, 117-136, (1997).

Dışişleri Bakanlığı, 2011, *Türkiye ve Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Anlaşmaları* [online], <http://www.mfa.gov.tr/turkiyeveuluslararasıkarayolutasimaciligianlasmalari.tr.mfa> (Ziyaret tarihi: 12.12.2011).

Elmas, Ç., “Bulanık Mantık Denetleyiciler”, **Seçkin Yayınevi**, Birinci Baskı, 29-40, (2003).

Erkut, E., Ingolfsson, A., “Transport risk models for hazardous materials: revisited”, **Operations Research Letters**, 33, 81-89, (2005).

Fabiano, B., Curro, F., Palazzi, E., Pastorino, R., “A framework for risk assessment and decision making strategies in dangerous good transportation”, **Journal of Hazardous Materials**, 93, 1-15, (2002).

FSM Köprüsü’nden Kimyasal Madde Geçişinde Uygulanacak Esaslara Ait Talimatname, (2003).

Guo, X., Verma, M., “Choosing vehicle capacity to minimize risk for transporting flammable materials”, **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, 23, 220-225, (2010).

Horton, D., K., Berkowitz, Z., Haugh, G., S., Orr, M., F., Kaye, W., E., “Acute public health consequences associated with hazardous substances released during transit 1993-2000”, **Journal of Hazardous Materials**, B98, 161-175, (2003).

Hu, C., Y., Raymond, D., J., “Lessons learned from hazardous chemical incidents-Louisiana Hazardous Substances Emergency Events Surveillance (HSEES) system”, **Journal of Hazardous Materials**, 115, 33-38. (2004).

IHMM, 2011, *What are Hazardous Materials* [online], Institute of Hazardous Materials Management, http://www.ihmm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=161, (Ziyaret tarihi: 27.11.2011).

Kocaeli Valiliği, 2011, *İzmit körfezi'nin uydu görüntüleri* [online], http://www.kocaeli.gov.tr/default_B0.aspx?content=208 (Ziyaret Tarihi: 17.10.2011).

Kaplan, S., Garrick, B., J., “On the quantitative definition on risk”, *Risk Analysis*, 11-27, (1981).

Kaplan, S., “Risk assessmnet and risk management-basic concepts and terminology in risk management: expanding horizons in nuclear power and other industries”, *Hemisphere Publishing*, 11-28, (1991).

Kara, B., Y., Erkut, E., Verter, V., “Accurate calculation of hazardous materials transport risks”, *Operations Research Letters*, 31, 285-292, (2003).

KGM, 2010, *İstatistikler* [online], Karayolları Genel Müdürlüğü, <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/Trafik veUlasimBilgileri/10TrafikUlasimBilgileri%20.pdf> (Ziyaret Tarihi: 17.10.2010).

KGM, 2011, *Karayolları Bölgeler haritası* [online], Karayolları Genel Müdürlüğü, <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/14Bolge/iller/IlKocaeli.aspx> (Ziyaret Tarihi: 17.10.2011).

KGM, 2011, *Karayolları 1.Bölge* [online], Karayolları Genel Müdürlüğü, <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/1Bolge/iller/IlIzmit.aspx> (Ziyaret tarihi: 20.11.2011).

KGM, 2011, *Karayolları 14.Bölge* [online], Karayolları Genel Müdürlüğü, <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/14Bolge/iller/IlIzmit.aspx> (Ziyaret tarihi: 20.11.2011).

KOSANO, 2011, *Kocaeli ili hakkında bilgi* [online], Kocaeli Sanayi Odası, <http://www.kosano.org.tr/tr/KocaeliveSanayi/KocaeliIliHakkinda.aspx> (Ziyaret Tarihi: 20.11.2011).

KOSANO, 2011, *Kocaelinde Sanayi* [online], Kocaeli Sanayi Odası, <http://www.kosano.org.tr/tr/KocaeliveSanayi/KocaelindeSanayi/KocaeliSanayii.aspx> (Ziyaret tarihi: 20.11.2011).

Leonelli, P., Bonvicini, S., Spadoni, G., “Hazardous material transportation: a risk analysis based routing methodology”, *Journal of Hazardous Materials*, 71, 283-300, (2000).

Lowrance, W., “Of acceptable risk-science and determination of safety”, *William Kaufmann Inc.*, (1976).

Lozano, A., Munoz, A., Antun, J., P., Granados, F., Guarneros, L., “Analysis of hazmat transportation accidents in congested urban areas, based on actual accidents in Mexico”, *Procedia Social and Behavioural Sciences*, 2, 6053-6064, (2010).

Matias, J., M., Taboada, J., Ordonez, C., Nieto, P., G., “Machine learning techniques applied to the determination of road suitability for the transportation of dangerous substances”, *Journal of Hazardous Materials*, 147, 60-66, (2007).

Mevz.1, 1983: *2918 sayılı Karayolları Trafik Yasası* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.2918&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Karayollar%C4%B1%20Trafik%20Kanunu>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.2, 2003: *4925 sayılı Karayolları Taşıma Yasası* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.4925&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=KARAYOLU%20TA%C5%9EIMA%20KANUNU>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.3, 1983: *2872 sayılı Çevre Yasası* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.2872&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=%C3%87EVRE%20KANUNU>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.4, 2009: *5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Yasa* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.5902&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.5, 2009: *Karayolu Taşıma Yönetmeliği* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.13108&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Karayolu%20Ta%C5%9F%C4%B1ma%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.6, 2005: *Tehlikeli Maddelerin Karayolu İle Taşınması Hakkında Yönetmelik* [online], <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.11213&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Karayolu%20Ta%C5%9F%C4%B1ma%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.7, 2007: *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7557&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=%E2%80%A2Tehlikeli%20At%C4%B1klar%C4%B1n%20Kontrol%C3%BC%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.8, 2004: *Karayolu Taşımacılık Faaliyetleri Mesleki Yeterlilik Eğitimi Yönetmeliği* [online], <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7146&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Mevz.9, 2003: *Karayolunda Tehlikeli Maddelerin Taşınması için Tasarlanan Motorlu Araçlar ve Römorkları ile İlgili Tıp Onayı Yönetmeliği* [online],
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.6490&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>
(Ziyaret tarihi: 17.10.2011).

Milazzo, M., F., Lisi, R., Maschio, G., Antonioni, G., Spadoni, G., “A study of land transport of dangerous substances in Eastern Sicily”, ***Journal of Loss Prevention in the Process Industries***, 23, 393-403, (2010).

Ni, H., Chen, A., Chen, N., “Some extension on risk matrix approach”, ***Safety Science***, 48, 1269-1278, (2010).

Oggero, A., Darbra, R., M., Munoz, M., Planas. E., Casal, J., “A Survey of accidents occuring during the transport of hazardous substances by road and rail”, ***Journal of Hazardous Materials***, A133, 1-7, (2006).

Pine, J., C., Marx, B., D., “Utilizing state hazardous materials transportataion data in hazardous analysis”, ***Journal of Hazardous Materials***, 54, 113-122, (1997).

Pradhananga, R., Taniguchi, E., Yamada, T., “Ant colony system based routing and sheduling for hazardous material transportation”, ***Procedia Social and Behavioral Sciences***, 2, 6097-6108, (2010).

Qiao, Y., Keren, N., Mannan, M., S., “Utilization of accident databases and fuzzy sets to estimate frequency of HazMat transport accidents”, ***Journal of Hazardous Materials***, 167, 374-382, (2009).

Reniers, G., L., L., Jongh, K., D., Gorrens, B., Lauwers, D., Leest, M., V., Witlox, F., “Transportation Risk Analysis tool for hazardous Substances (TRNS): A user-friendly, semi-quantitative multi mode hazmat transport route safety risk estimation methodology for Flanders”, ***Transportation Research Part D***, 15, 489-496, (2010).

Rosenbloom, J., S., “Case Study in Risk Management”, ***Prentice Hall***, 63-67, (1972).

Samuel, C., Keren, N., Shelly, M., C., Freeman, S., A., “Frequency analysis of hazardous material transportation incidents as a function of distance from origin to incident location”, ***Journal of Loss Prevention in the Process Industries***, 22, 783-790, (2009).

Shorten, C., V., Galloway, J., Krebs, G., Fleming, R., S., “A 12-year history of hazardous materials incidents in Chester County, Pennsylvania”, ***Journal of Hazardous Materials***, A89, 29-40, (2002).

Şen, Z., “Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri”, ***Su Vakfı Yayınları***, İkinci Baskı, 9-25, (2004).

TDK, 2011, *Büyük Türkçe Sözlük* [online], Türk Dil Kurumu, <http://tdkterim.gov.tr/bts/> (**Ziyaret tarihi: 27.11.2011**).

TS ISO/IEC Kılavuz 73, “Risk Yönetimi-Terim ve Tarifler, Standarlarda Kullanmak İçin Rehber”, (2005).

TÜİK, 2010, *Trafik Kaza İstatistikleri* [online],
http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=52&ust_id=15
(Ziyaret tarihi: 12.12.2011).

TÜİK, 2010, *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları* [online], Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr/IcerikGetir.do?istab_id=139, (Ziyaret tarihi: 20.11.2011).

TÜİK, 2011, “Bölgesel Göstergeler TR42 Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova 2010”, Yayın No: 3543, ISSN 1307-0894, *Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası*, (2011).

UNECE, 2008, *General Guideline for the Calculation of Risks in the Transport of Dangerous Goods by Road*, [online],
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/adr/Calculation%20of%20risks_e.pdf (Ziyaret tarihi:13.11.2011).

UNECE, 2011, *About the ADR* [online],
http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html
(Ziyaret tarihi: 10.10.2011).

Wang, M., “Security Investment Risk: Evaluation, Prediction and Control”, *Press of University of Shangai Finance and Economics*, (2003).

Williams, C., A., Heins, R., M., “Risk Management and Insurance”, *McGraw-Hill*, 7-9, (1985).

Yang, J., Li, F., Zhou, J., Zhang, L., Huang, L., Bi, J., “A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008”, *Journal of Hazardous Materials*, 184, 647-653, (2010).

Yılmaz, S., “Bulanık Mantık ve Mühendislik Uygulamaları”, *Kocaeli Üniversitesi Yayınları*, Yayın No: 289, 54-67, (2007).

Zhang, J., Zhao, L., “Risk Analysis of Hazardous Chemicals Transportation”, *Systems Engineering-Theory & Practice*, 27(12), 117-122, (2007).

Zimmermann, H., J., “Practical applications of fuzzy technologies”, *Kluwer Academic Publishers Group*, (1999).

Zio, E., “An introduction to basics of reliability and risk analysis”, *World Scientific*, (2006).

EKLER

EK-A: Emniyet Genel Müdürlüğü Bilgilendirme Yanıtı

T.C.
İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
Emniyet Genel Müdürlüğü



Sayı : B.05.1.EGM.0.84.04.02.(31824).11572.8008
Konu : Bilgi Edinme.

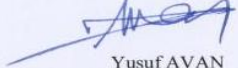
16..11/2010

Sn: Merve Ercan KALKAN
mercan_ercan@hotmail.com

4982 Sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu kapsamındaki 10.11.2011 tarihli elektronik başvuru formuyla, karayolunda gerçekleşen tehlikeli madde kazalarına ilişkin bilgi talep edilmektedir.

Trafik kazası tespit tutanaklarında; trafik kazasına karışan araçların taşımış oldukları yük cinslerine ilişkin herhangi bir bölüm bulunmadığından bu kapsamda herhangi bir istatistiki bilgi mevcut değildir.

Bilgilerinize rica ederim.


Yusuf AVAN
Trafik Eğitim ve Araştırma
Dairesi Başkanı
1. Sınıf Emniyet Müdürü

Ayrancı Mah. Dikmen Cad. No:11 Çankaya 06100 ANKARA Ayrıntılı bilgi için irtibat: İ.TÜRKMENÖĞLU
Telefon:(312) 412 25 96 Faks:(312) 468 91 43 Elektronik Ağ: www.egm.gov.tr/teadb/index.htm

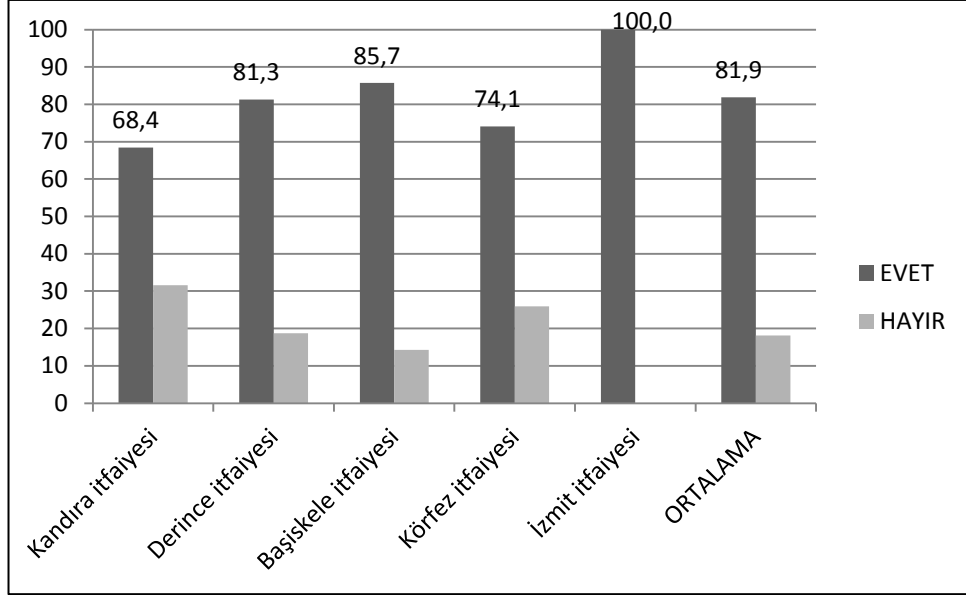
Şekil A: Emniyet Genel Müdürlüğü bilgilendirme örneği

EK-B: İtfaiye Birimlerine Uygulanan Anket Soruları

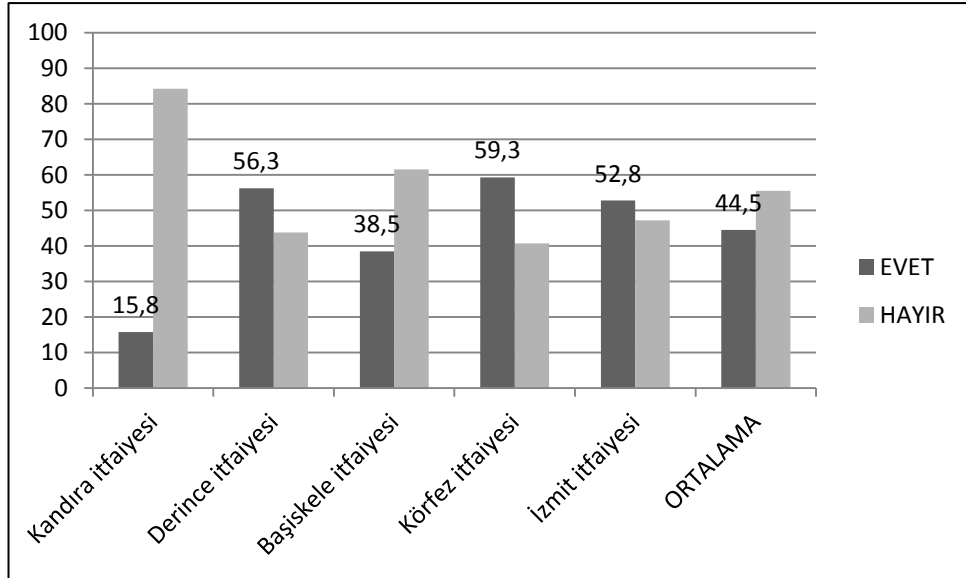
Tablo B: İtfaiye birimlerine uygulanan anket soruları

1. Kimyasal madde içerikli bir kazaya müdahale etmek için gerekli eğitimi aldınız mı?	2. Daha önce kimyasal madde içerikli bir kazaya müdahale ettiniz mi?
3. Kimyasal madde içerikli bir kaza halinde, taşınan kimyasalın kimliğini saptayabilir misiniz?	4. Nakliye aracı ve ürün ambalajı üzerindeki etiketleri yorumlayabilir misiniz?
5. Taşınan kimyasala ait bilgilere nasıl ulaşacağınızı biliyor musunuz?	6. Kimyasal madde yangınlarının söndürülmesi hakkında özel bir eğitim aldınız mı?
7. Kendinizi tehlikeli madde içerikli bir kazaya müdahale etmek üzere olay alanına giriş kararı verebilecek yetkinlikte buluyor musunuz?	8. Tehlikeli madde içerikli bir kazaya müdahale etmek üzere olay yerine geldiniz. Acil müdahale ekipmanlarınız arasında öncelikle kendi güvenliğinizi sağlamaya yönelik farklı standartlarda maske, eldiven, gözlük ve koruyucu giysiler bulunuyor mu?
9. Olay yerinde güvenliği sağlamak amacıyla farklı standartlarda maske, eldiven, gözlük ve koruyucu giysiler arasında, karşılaşılabileceğiniz tehlikeli madde ne olursa olsun, uygun standartta koruyucu donanımı seçebilir misiniz?	10. Karayolu üzerinde kimyasal sızıntısı meydana gelmesi halinde, kendinizi durumun toplum sağlığını tehdit eder boyuta ulaşmış olmadığına, tahliye veya yerinde koruma uygulamasına karar verecek yetkinlikte buluyor musunuz?
11. Yerinde koruma uygulamasına gidilmesi halinde, mağdurlara korunma talimatı verebilecek yetkinlikte misiniz?	12. Tahliye kararı vermeniz halinde tahliye edilecek alanın çapını belirleyebilir misiniz?
13. Bir kimyasal madde saçılması halinde, hangi atığın nasıl bertaraf edileceğini biliyor musunuz?	14. Trafikte seyir halinde iken, yakınınızda kimyasal madde taşıyan bir aracın bulunması sizi tedirgin ediyor mu?
15. Kimyasal madde taşıyan bir aracın karayolunda kazaya karışması halinde olayın büyük felaketlerle sonuçlanabileceğini düşünüyor musunuz?	16. Tehlikeli maddelerin karayollarında kurallara uygun bir şekilde taşındığını düşünüyor musunuz?
17. Tehlikeli madde taşıyan araçların karayollarında kural ihlali yaptığına ne sıklıkla şahit oluyorsunuz?	18. Karayolunda seyahat ederken kendinizi güvende hissediyor musunuz?
19. Karayolunda kimyasal içerikli bir kaza geçirmeniz halinde herhangi bir meslektaşınızın müdahale bilgisine güvenir misiniz?	

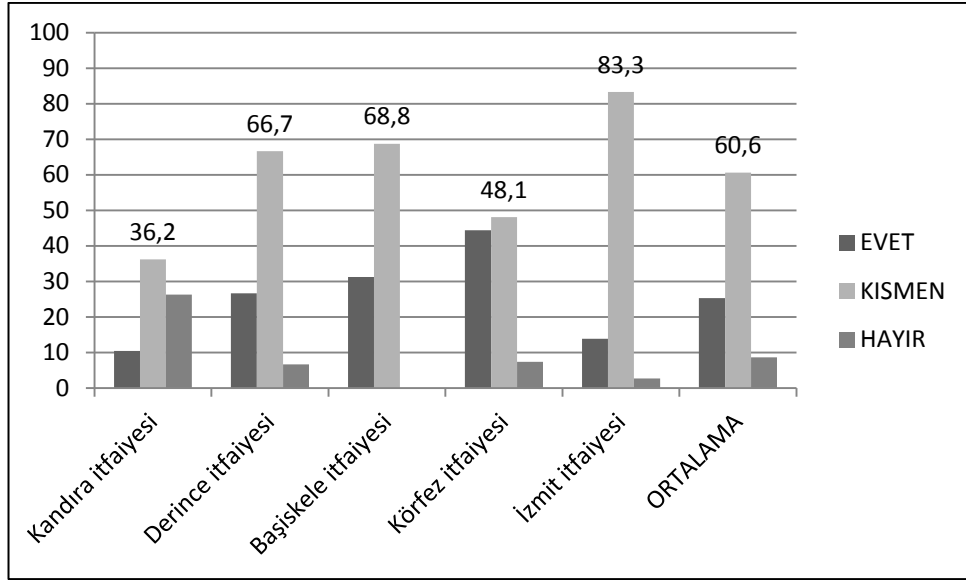
EK-C: Kocaeli İlindeki Farklı İtfaiye Birimlerinin Ankete Verdikleri Yanıtlar



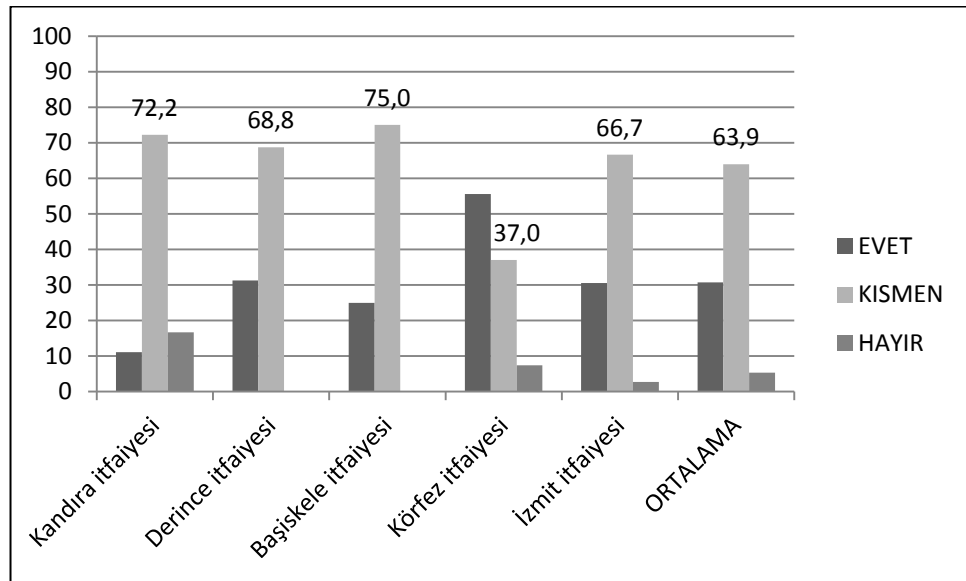
Şekil C.1: Katılımcıların ilk soruya verdiği yanıtlar



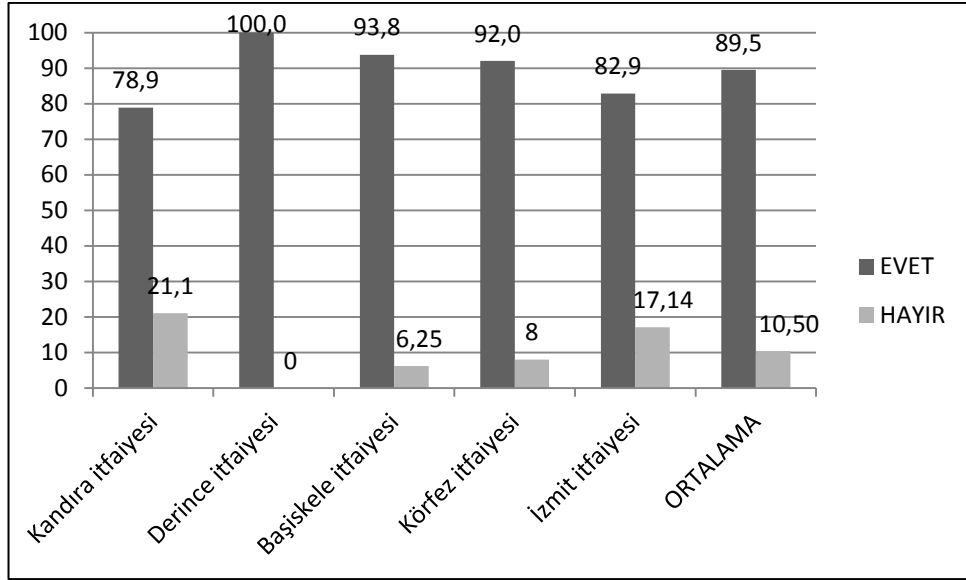
Şekil C.2: Katılımcıların 2. soruya verdiği yanıtlar



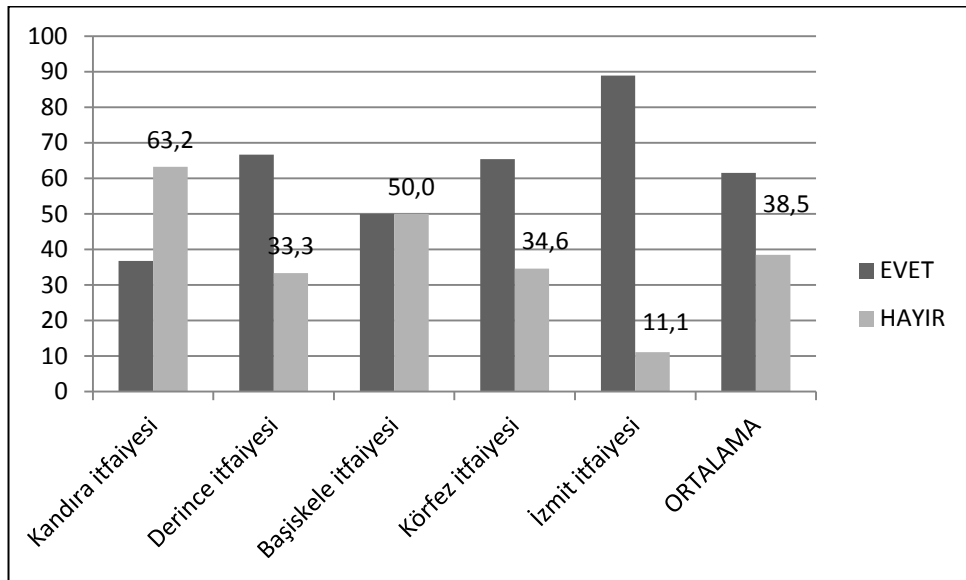
Şekil C.3: Katılımcıların 3. soruya verdiği yanıtlar



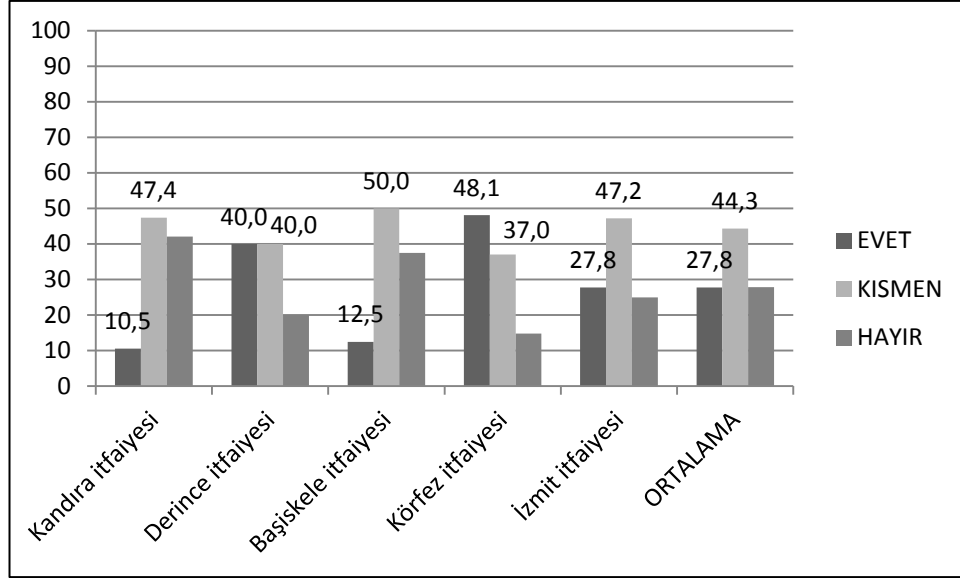
Şekil C.4: Katılımcıların 4. soruya verdiği yanıtlar



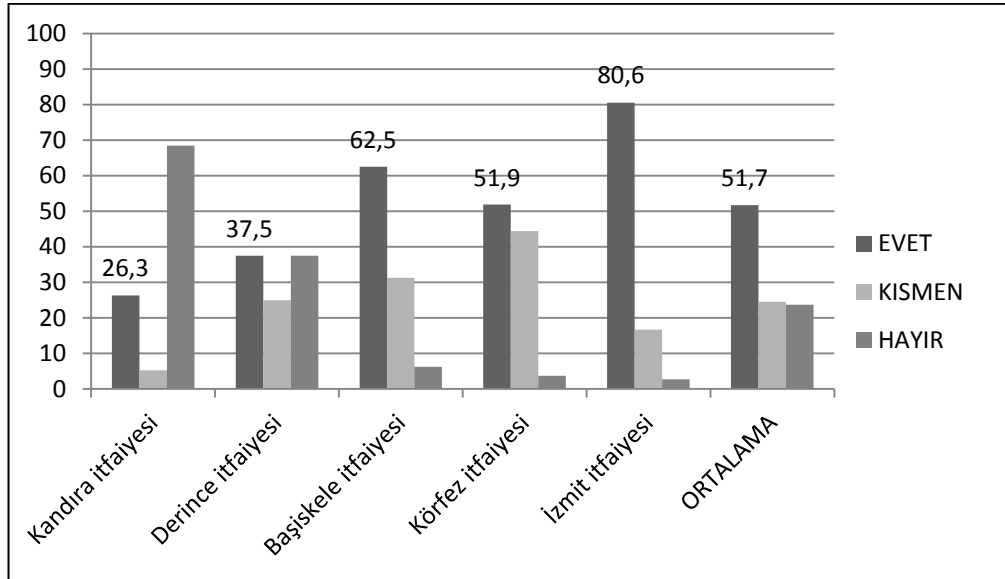
Şekil C.5: Katılımcıların 5. soruya verdiği yanıtlar



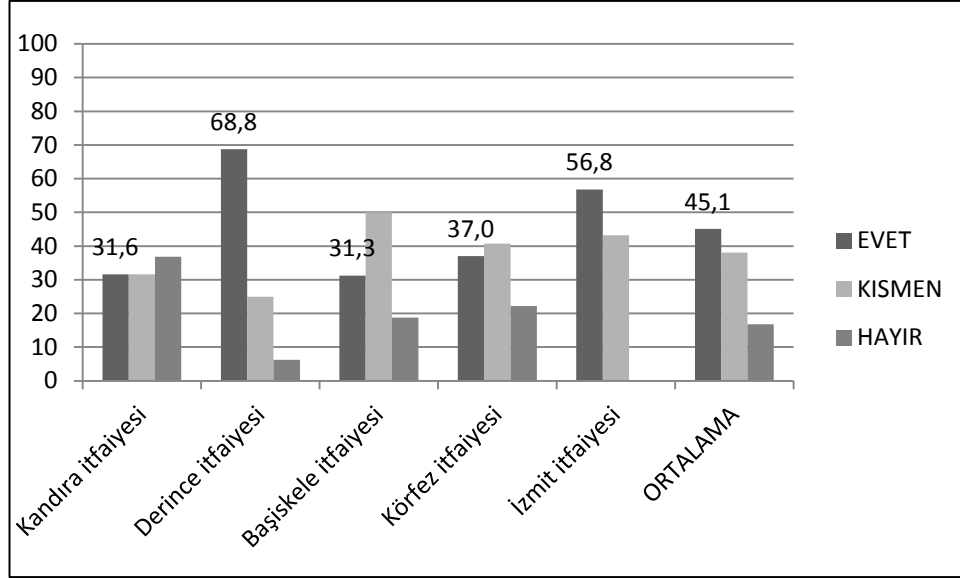
Şekil C.6: Katılımcıların 6. soruya verdiği yanıtlar



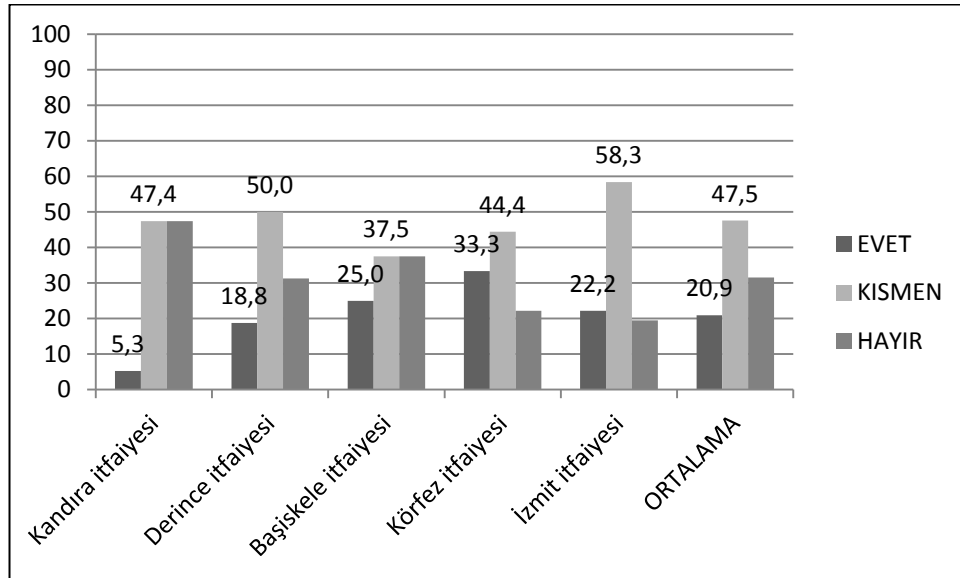
Şekil C.7: Katılımcıların 7. soruya verdiği yanıtlar



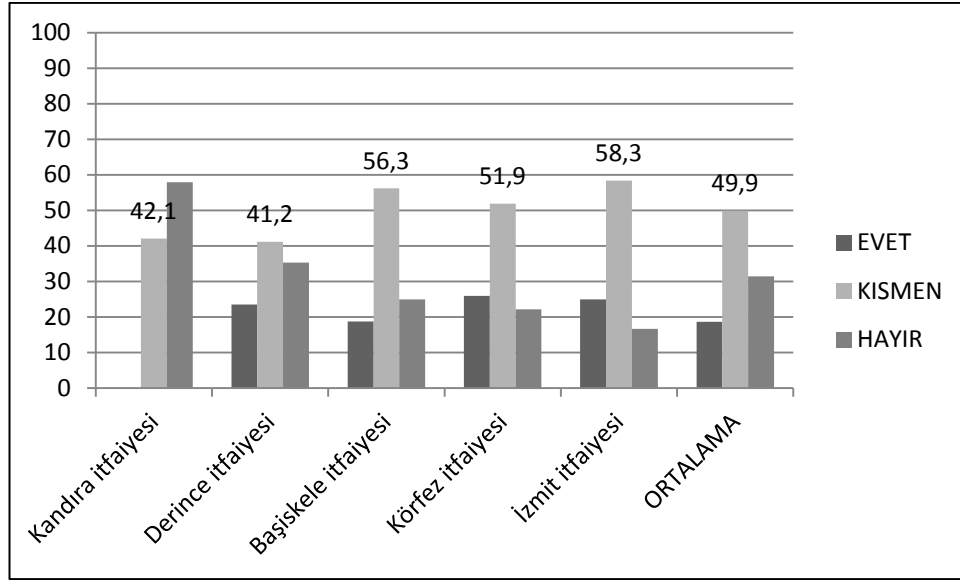
Şekil C.8: Katılımcıların 8. soruya verdiği yanıtlar



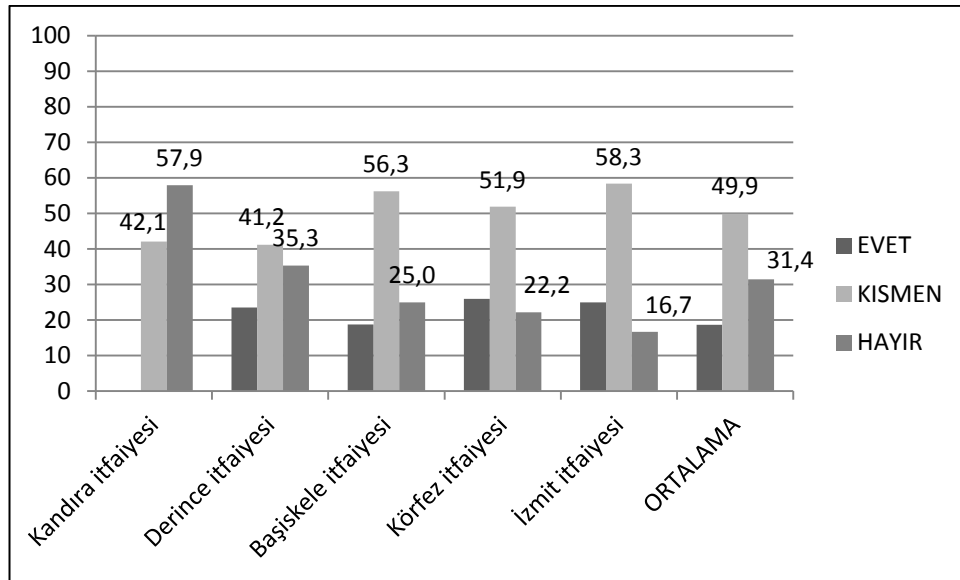
Şekil C.9: Katılımcıların 9. soruya verdiği yanıtlar



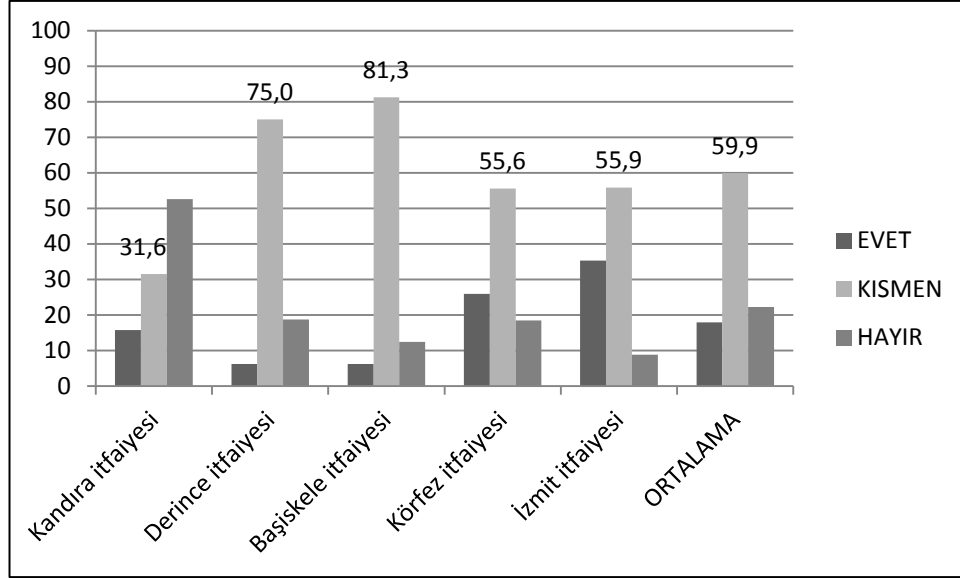
Şekil C.10: Katılımcıların 10. soruya verdiği yanıtlar



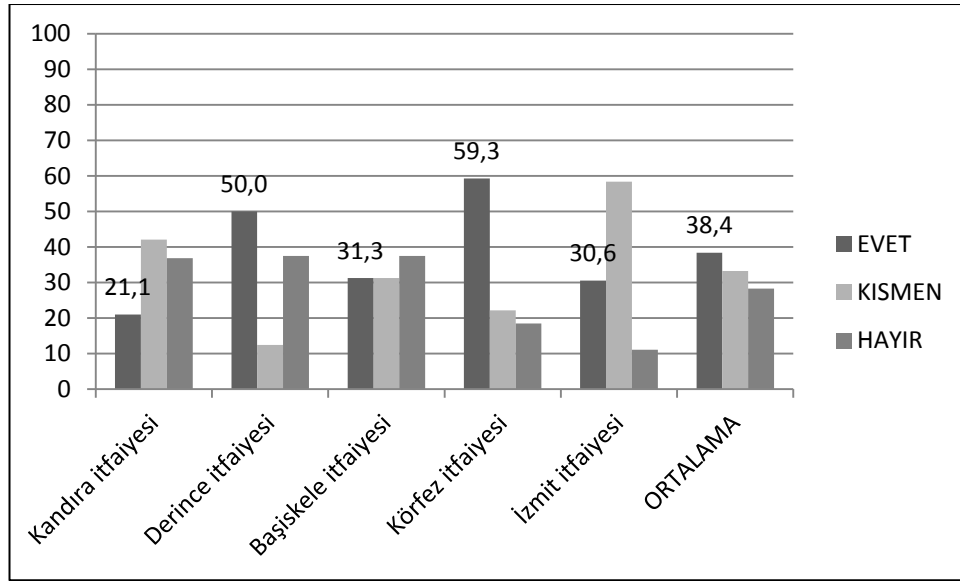
Şekil C.11: Katılımcıların 11. soruya verdiği yanıtlar



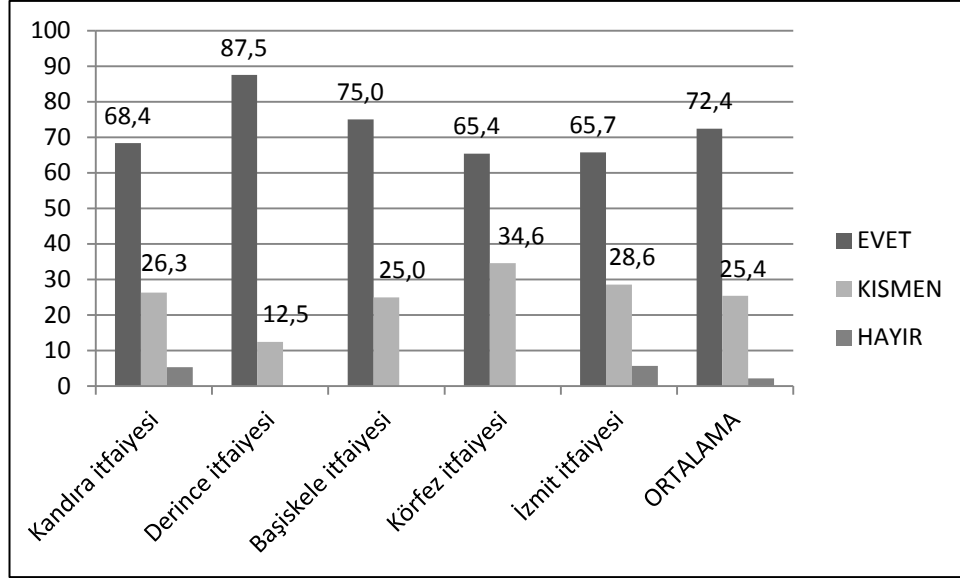
Şekil C.12: Katılımcıların 12. soruya verdiği yanıtlar



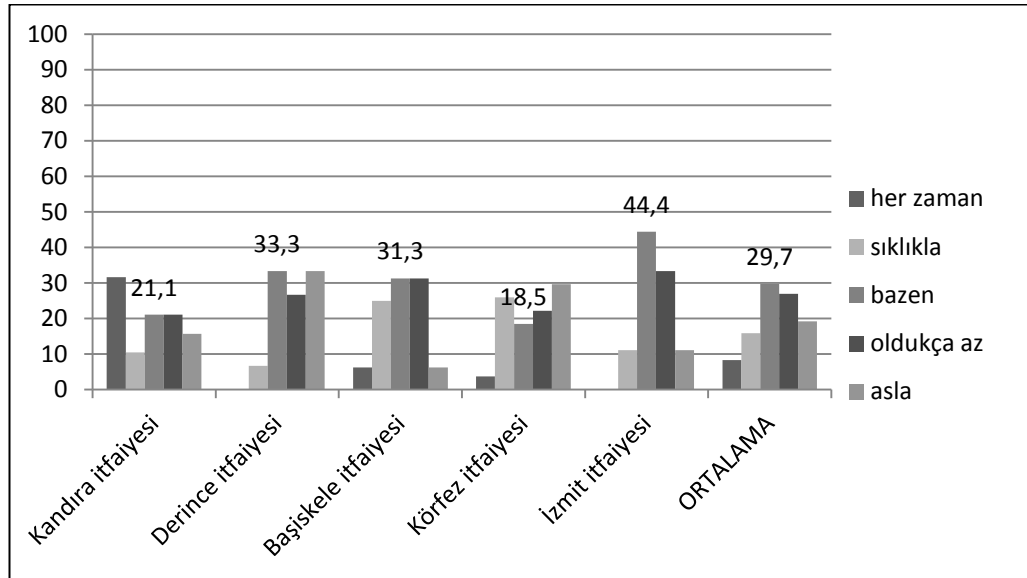
Şekil C.13: Katılımcıların 13. soruya verdiği yanıtlar



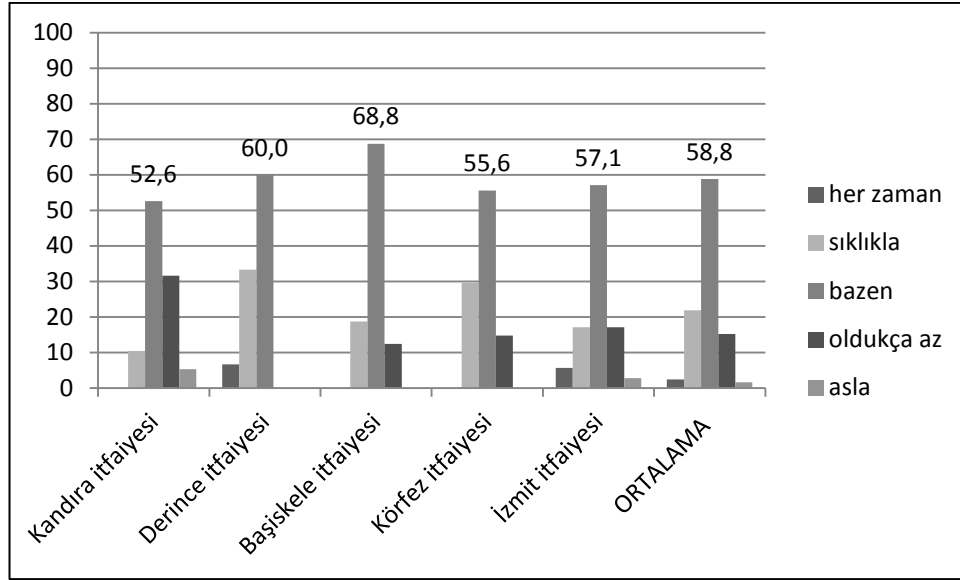
Şekil C.14: Katılımcıların 14. soruya verdiği yanıtlar



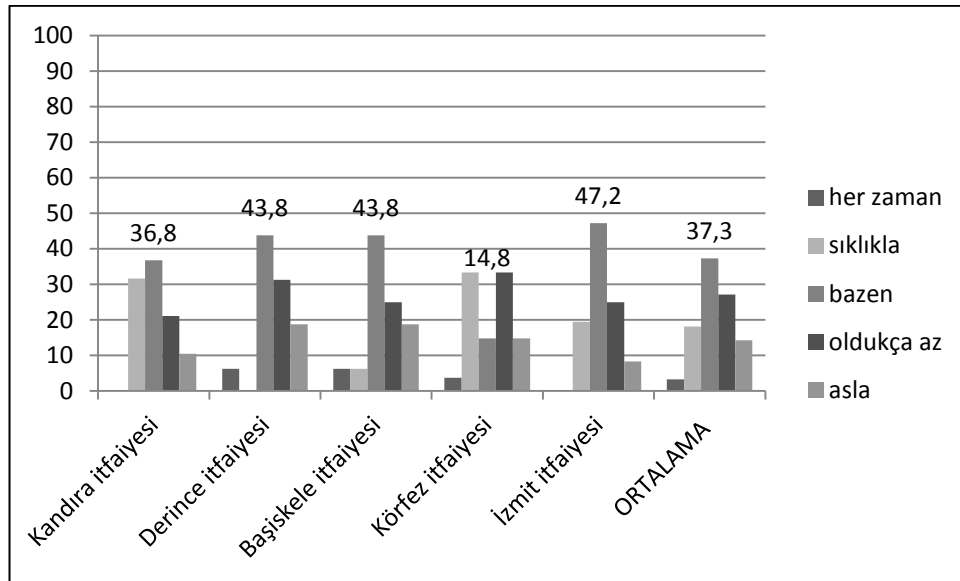
Şekil C.15: Katılımcıların 15. soruya verdiği yanıtlar



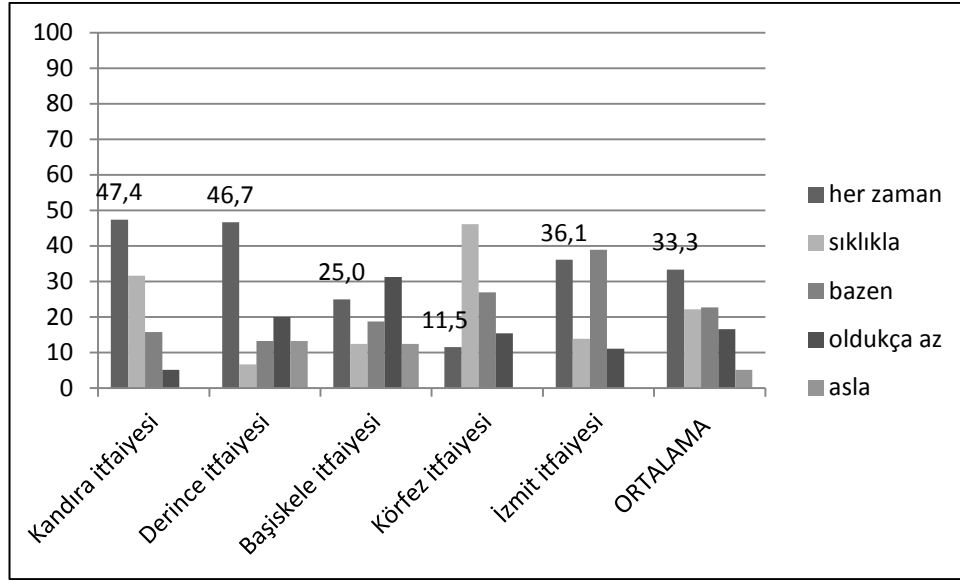
Şekil C.16: Katılımcıların 16. soruya verdiği yanıtlar



Şekil C.17: Katılımcıların 17. soruya verdiği yanıtlar

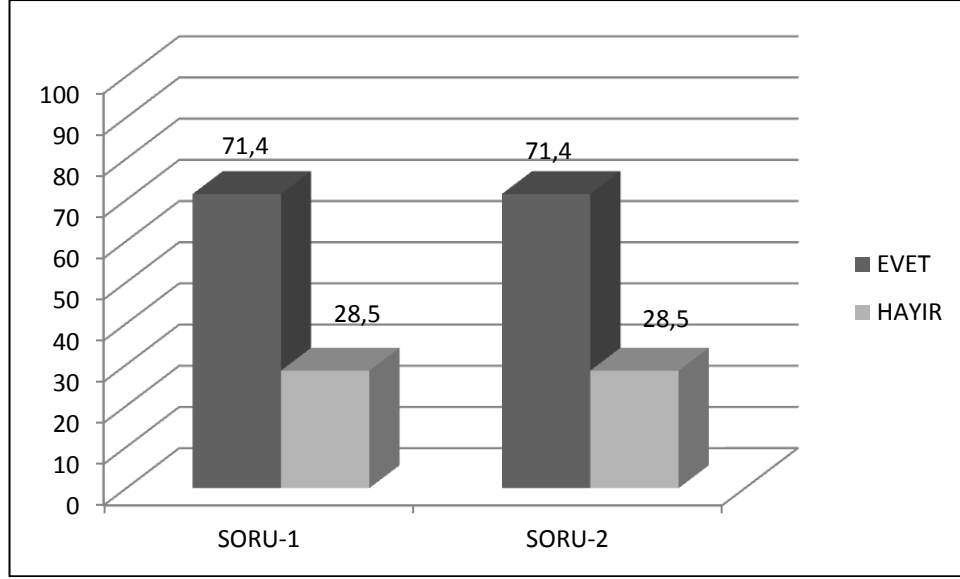


Şekil C.18: Katılımcıların 18. soruya verdiği yanıtlar

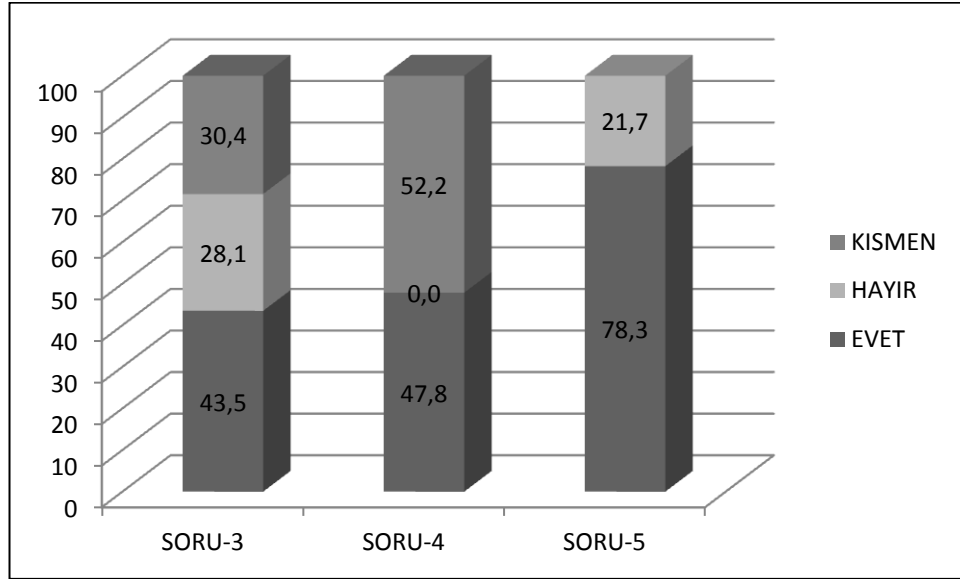


Şekil C.19: Katılımcıların 19. soruya verdiği yanıtlar

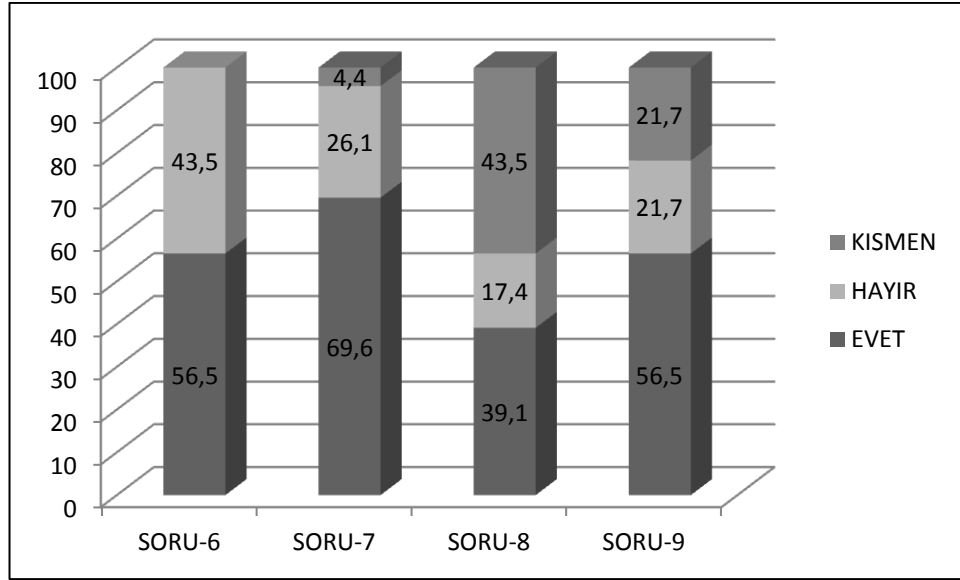
EK-D: Tekirdağ Merkez İtfaiyesinin Ankete Verdiği Yanıtlar



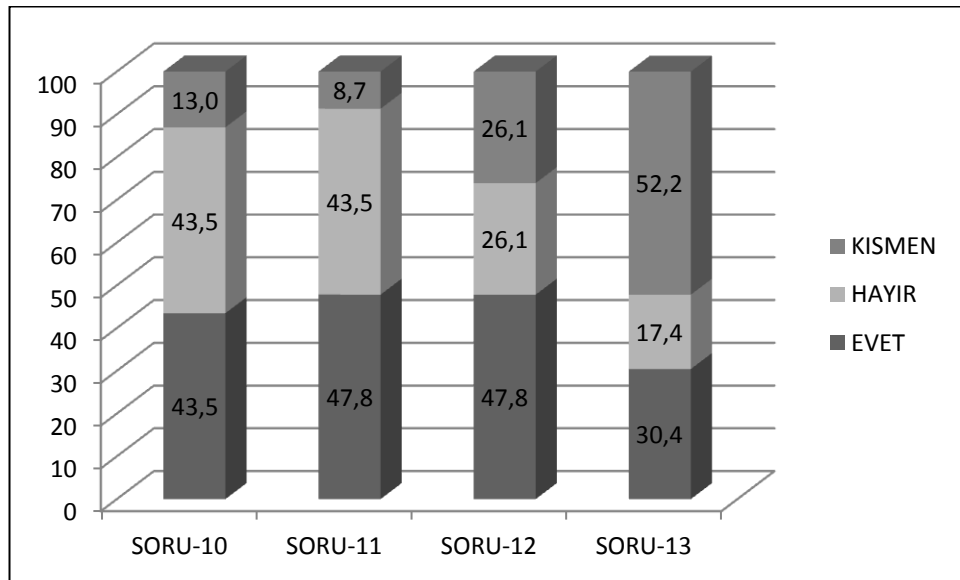
Şekil D.1: Katılımcıların 1. ve 2. sorulara verdiği yanıtlar



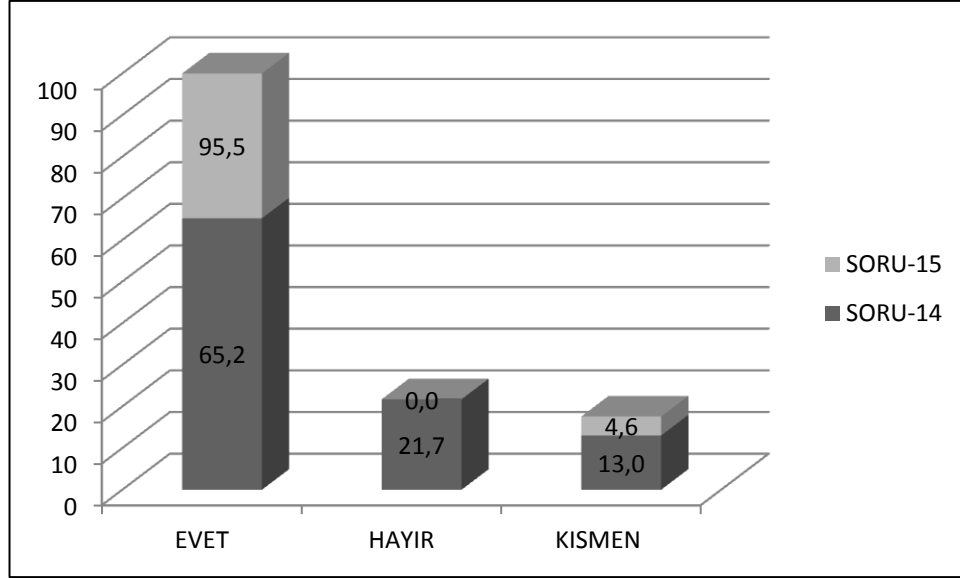
Şekil D.2: Katılımcıların 3., 4. ve 5. sorulara verdiği yanıtlar



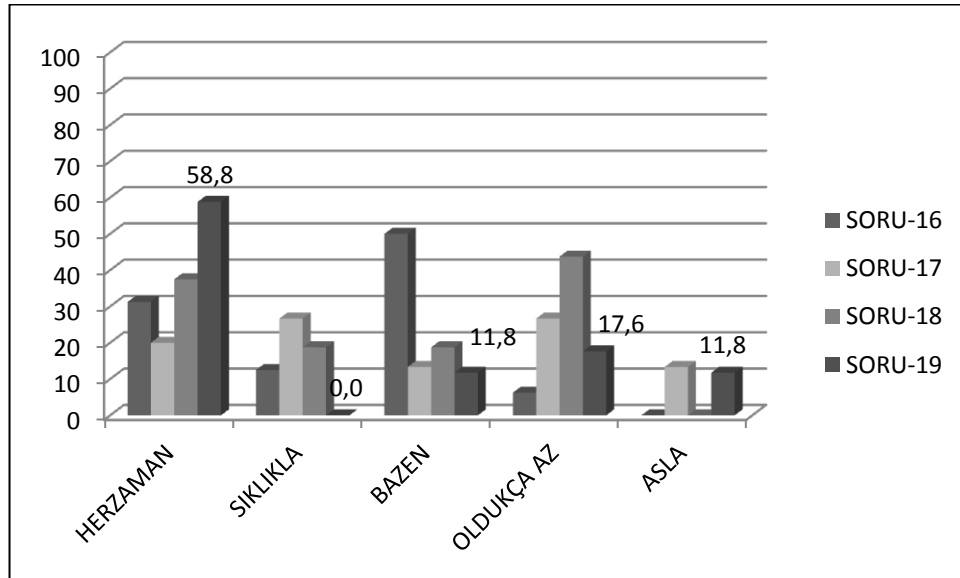
Şekil D.3: Katılımcıların 6., 7., 8. ve 9. sorulara verdiği yanıtlar



Şekil D.4: Katılımcıların 10., 11., 12. ve 13. sorulara verdiği yanıtlar



Şekil D.5: Katılımcıların 14. ve 15. sorulara verdiği yanıtlar



Şekil D.6: Katılımcıların 16., 17., 18. ve 19. sorulara verdiği yanıtlar

EK-E: FSM Köprüsü'nden Kimyasal Taşımak Üzere Alınan İzin Belgeleri

FATİH SULTAN MEHMET KÖPRÜSÜ ÜZERİNDEN TEHLİKELİ MADDE TAŞIMA İZİN BELGESİ	
1593 Sayılı Erişme Kontrollü Karayolları Kanunu'nun 11. maddesi gereğince, 2 Temmuz 1988 tarih ve 19860 sayılı Resmi Gazete'de ilan olunan "İstanbul İl. Çevreyolu ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nde Uygulanan Yasaklama ve Kısıtlamalar'ın" 6. maddesine göre aşağıda özelliğini bildirdiğiniz tehlikeli maddenizin taşınmasına izin verilmiştir. Taşıması yapılacak tehlikeli maddeye ait açıklayıcı bilgi ve uyulması gereken kurallar aşağıda açıklanmıştır. Gereğini rica ederim. DAĞITIM: Gereği için: 1. Trf. Başmüh. 2. F.S. Mehmet Köp. Bak. İşl. Başmüh. 3. Firma Taşıyıcı Firma veya Sürücünün Adı Soyadı : _____ KGM Görevli Elemanlarının Adresi : _____ İmza ve Kaşesi Taşınacık Maddenin Adı : _____ ADR Clas No : _____ Araç Plaka No. : _____ Römorkun Plaka No : _____ TAŞIMAYA AİT BİLGİLER: Taşımanın Nasıl Yapılacağı: ☐ Dökme ☐ Tır ☐ Sarnıçlı Kamyon ☐ Tanker ☐ Birimler Halinde ☐ Tır Tanker ☐ Kamyon ☐ Kamyonet Birimlerin Türü: ☐ Varil ☐ Tüpte Taşımanın Yönü: ☐ Aks Adedi ☐ Teneke Kutu ☐ Palet ☐ Avrupa / Asya ☐ İlave Aks Adedi ☐ Tank (Sarnıçlı) ☐ Diğer ☐ Asya / Avrupa FATİH SULTAN MEHMET KÖPRÜSÜ VE SU HAVZALARI ÜZERİNDEN GEÇİŞ ESNASINDA UYULMASI GEREKEN ŞARTLAR: 1- Geçişler tarihinde 02.00 - 03.00 saatleri arasında yapılacaktır. 2- Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nden geçerek, EDİRNE yönüne gidecek araçlar Ümraniye mevkiindeki Tehlikeli Kimyasal Madde Bekleme yerinde, ANKARA yönüne gidecek olan araçlar ise Hasdal mevkiinde (Akşemsettin Viyadüğü öncesi) bekleme yerinde saat 01.00'den itibaren toplanacaktır. 3- Araç sürücüleri 22 Ekim 1976 gün ve 15742 Sayılı Resmi Gazete'de ilan edilen tehlikeli maddelerin Karayolu ile taşınması hakkındaki yönetmelik hükümlerini ve 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun 65. maddesinin C bendi, Yönetmeliğin 148. maddesi ve tehlikeli madde taşınması ile ilgili diğer Yasa ve Yönetmeliklerde belirtilen tüm şartları sağlayacaklardır. 4- Taşıtlar İstanbul İl. Çevreyolu ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün sağ şeridini takip ederken en fazla 50 Km./saat sürat yapacaklardır. Trafik Ekibinin düzenlediği konvoydan ayrılmayarak, verilen talimatlara uygun hareket edeceklerdir.	

Şekil E.1: Tehlikeli madde taşıma izin belgesinden bir kesit

Belge Kayıt No. :	Tarih: / / 20.....	
Belgede uyulması gereken şartların yerine getirilmesi kaydıyla, izin belgesi isteyen ilgilinin, aşağıda belirtilen kimyasal maddeleri Fatih Sultan Mehmet Köprüsü üzerinden taşınması uygun bulunmuştur.		
DAĞITIM 1. 2. Trf. Başmüh.		
TAŞIMANIN NASIL YAPILACAĞI : ☐ Taşıma dökme olarak yapılacaktır. ☐ Taşıma birimler halinde yapılacaktır.		
BİRİMLERİN TÜRÜ : ☐ Vanlı ☐ Tüpte ☐ Tenekeli Kutu ☐ Diğer		
TAŞIMA YAPILACAK ARACIN CİNSİ : ☐ Tanker ☐ Tır Tanker ☐ Sarnıçlı Kamyon ☐ Kamyon ☐ Kamyonet		
TAŞIMANIN YAPILACAĞI YÖN : ASYA / AVRUPA - AVRUPA / ASYA ☐ ☐		
TAŞIMANIN YAPILACAĞI SÜRE : GÜNLÜK AYLIK YILLIK ☐ ☐ ☐		
Aracın Plaka No.	Tır Çekici Plaka No.	Römork - Y. Römork Plaka No.
İşbu Belge / / 20..... tarihine kadar geçerlidir.		
TAŞINACAK KİMYASAL MADDELERİN ADI :		
KİMYASAL MADDE DÖKÜNTÜSÜNÜN NASIL TEMİZLENECEĞİ :		

Şekil E.2: Kimyasal madde taşıma izin belgesinin bir kesit

EK-F: Bulanık Mantık Yönteminde Oluşturulan Kural Tabanı

Tablo F: Bulanık mantık yönteminde oluşturulan kural tabanı

No	Sürücü	Araç	Ekip	Nüfus	Risk Düzeyi
1	Deneyimsiz	Uygunsuz	Deneyimsiz	Az	Yüksek
2	Deneyimsiz	Uygunsuz	Deneyimsiz	Normal	Çok yüksek
3	Deneyimsiz	Uygunsuz	Deneyimsiz	Çok	Çok yüksek
4	Deneyimsiz	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Az	Orta
5	Deneyimsiz	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Normal	Yüksek
6	Deneyimsiz	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Çok	Çok yüksek
7	Deneyimsiz	Uygunsuz	Deneyimli	Az	Düşük
8	Deneyimsiz	Uygunsuz	Deneyimli	Normal	Orta
9	Deneyimsiz	Uygunsuz	Deneyimli	Çok	Yüksek
10	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Az	Orta
11	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Normal	Yüksek
12	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Çok	Çok yüksek
13	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
14	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Normal	Orta
15	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Çok	Yüksek
16	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Deneyimli	Az	Çok düşük
17	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Deneyimli	Normal	Düşük
18	Deneyimsiz	Kısmen uygun	Deneyimli	Çok	Orta
19	Deneyimsiz	Uygun	Deneyimsiz	Az	Orta
20	Deneyimsiz	Uygun	Deneyimsiz	Normal	Yüksek
21	Deneyimsiz	Uygun	Deneyimsiz	Çok	Çok yüksek
22	Deneyimsiz	Uygun	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
23	Deneyimsiz	Uygun	Kısmen Deneyimli	Normal	Orta
24	Deneyimsiz	Uygun	Kısmen Deneyimli	Çok	Yüksek
25	Deneyimsiz	Uygun	Deneyimli	Az	Çok düşük
26	Deneyimsiz	Uygun	Deneyimli	Normal	Düşük
27	Deneyimsiz	Uygun	Deneyimli	Çok	Orta
28	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimsiz	Az	Orta
29	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimsiz	Normal	Yüksek
30	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimsiz	Çok	Çok yüksek
31	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
32	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Normal	Orta
33	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Çok	Yüksek
34	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimli	Az	Düşük

Tablo F (Devam): Bulanık mantık yönteminde oluşturulan kural tabanı

No	Sürücü	Araç	Ekip	Nüfus	Risk Düzeyi
35	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimli	Normal	Orta
36	Kısmen Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimli	Çok	Yüksek
37	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Az	Orta
38	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Normal	Orta
39	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Çok	Yüksek
40	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
41	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Normal	Orta
42	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Çok	Orta
43	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimli	Az	Çok düşük
44	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimli	Normal	Düşük
45	Kısmen Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimli	Çok	Orta
46	Kısmen Deneyimli	Uygun	Deneyimsiz	Az	Düşük
47	Kısmen Deneyimli	Uygun	Deneyimsiz	Normal	Orta
48	Kısmen Deneyimli	Uygun	Deneyimsiz	Çok	Yüksek
49	Kısmen Deneyimli	Uygun	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
50	Kısmen Deneyimli	Uygun	Kısmen Deneyimli	Normal	Düşük
51	Kısmen Deneyimli	Uygun	Kısmen Deneyimli	Çok	Orta
52	Kısmen Deneyimli	Uygun	Deneyimli	Az	Çok düşük
53	Kısmen Deneyimli	Uygun	Deneyimli	Normal	Çok düşük
54	Kısmen Deneyimli	Uygun	Deneyimli	Çok	Düşük
55	Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimsiz	Az	Orta
56	Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimsiz	Normal	Yüksek
57	Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimsiz	Çok	Yüksek
58	Deneyimli	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
59	Deneyimli	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Normal	Orta
60	Deneyimli	Uygunsuz	Kısmen Deneyimli	Çok	Orta
61	Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimli	Az	Düşük
62	Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimli	Normal	Düşük
63	Deneyimli	Uygunsuz	Deneyimli	Çok	Orta
64	Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Az	Orta
65	Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Normal	Orta
66	Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimsiz	Çok	Yüksek
67	Deneyimli	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Az	Düşük
68	Deneyimli	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Normal	Düşük
69	Deneyimli	Kısmen uygun	Kısmen Deneyimli	Çok	Orta
70	Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimli	Az	Çok düşük
71	Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimli	Normal	Düşük
72	Deneyimli	Kısmen uygun	Deneyimli	Çok	Orta

Tablo F (Devam): Bulanık mantık yönteminde oluşturulan kural tabanı

No	Sürücü	Araç	Ekip	Nüfus	Risk Düzeyi
73	Deneyimli	Uygun	Deneyimsiz	Az	Orta
74	Deneyimli	Uygun	Deneyimsiz	Normal	Orta
75	Deneyimli	Uygun	Deneyimsiz	Çok	Yüksek
76	Deneyimli	Uygun	Kısmen Deneyimli	Az	Çok düşük
77	Deneyimli	Uygun	Kısmen Deneyimli	Normal	Düşük
78	Deneyimli	Uygun	Kısmen Deneyimli	Çok	Düşük
79	Deneyimli	Uygun	Deneyimli	Az	Çok düşük
80	Deneyimli	Uygun	Deneyimli	Normal	Çok düşük
81	Deneyimli	Uygun	Deneyimli	Çok	Düşük

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Ercan, M., Deniz, V., “Malzeme Güvenlik Bilgi Formları Ne Kadar Güvenilir Ve Etkin?”, *Kauçuk Dergisi*, 42, 24-26, (2011).

Ercan, M., Deniz, V., “Atık Lastik Ve Plastik İçerikli Termoplastik Elastomerler”, *Kauçuk Dergisi*, 40, 22-26, (2010).

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan sözlü bildiriler

Ercan, M., Küçük, S., Deniz, V., “Sınırlandırılmış Alanlarda Çalışma İçin Hataya İzin Vermeyen Bir Yöntem”, *VI. Ulusal İş Sağlığı Ve Güvenliği Kongresi*, Adana, (2011).

Ercan Kalkan, M., Deniz, V., “Patlama Risk Değerlendirmesinde Bulanık Mantık Kullanımı”, *ATEX Sempozyumu*, Ankara, (2011).

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan poster bildiriler

Ercan, M., Deniz, V., “How Safe Are MSDSs?”, *XIX. World Congress on Safety and Health at Work*, İstanbul, (2011).

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Lüleburgaz'da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Tekirdağ'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilimdalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2009 yılından bu yana Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.