

AKÜ FEMÜBİD 17 (2017) 015704 (209-217)
DOI: 10.5578/fmbd.52776

AKU J. Sci. Eng. 17 (2017) 015704 (209-217)

Araştırma Makalesi / Research Article

Sonuç Analizi ile Belirlenen Etki Mesafeleri Üzerine Atmosferik Seçimlerin Etkisi (ALOHA Yazılımı)

Saliha ÇETİNYOKUŞ¹

¹Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler MYO

e-posta: s.saliha@gmail.com, saliha.cetinyokus@afad.gov.tr

Geliş Tarihi: 27.04.2016 ; Kabul Tarihi: 02.03.2017

Özet

Bu çalışmada, yanabilen madde (metan), toksik sıvı (etilen diamin) ve toksik gaz (metil klorür) tehlikeli kimyasalları için ALOHA yazılımı ile sonuç analizleri yürütülmüştür. Analizler, aynı madde miktarı (1000kg/s) üzerinden Kocaeli ilinin ortalama koşulları dikkate alınarak her birinde bir atmosferik parametrenin değiştirilmesi ile elde edilen özel durumlarda gerçekleştirilmiştir. Tehlike kaynağı doğrudan kaynak olarak kabul edilmiş, her bir özel durum için toksik bölge, yanabilir bölge ve yüksek basınç etkilerinin olduğu bölgede etki mesafesi değerleri belirlenmiştir. En geniş etki mesafesi değerleri (>10km) toksik sıvı (etilen diamin) için elde edilmiştir. İncelenen parametreler arasında en ciddi değişim atmosferik kararlılık sınıfının değiştirilmesi ile yanabilen madde(metan) için belirlenmiş, etki mesafesi değerlerinin yaklaşık 2 kat arttığı tespit edilmiştir. Tüm kimyasallar için rüzgar hızının artışı ile etki mesafesi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Kırsal alan, kentsel/orman alan ve su ortamı arasında tüm kimyasallar için en geniş etki mesafesi değerleri su ortamında elde edilmiştir. Rüzgar yönü ve nemliliğin üç kimyasal için de etki mesafesi değerlerini değiştirmediği belirlenmiştir. Havanın bulutluluğunun yanabilen madde (metan) için tüm tehlike bölgelerindeki etki mesafelerinde etkili olduğu görülmüştür. Seçilen üç tehlikeli kimyasal için de atmosferik seçimlerin özellikle rüzgar hızı, atmosferik kararlılık sınıfı ve yüzey pürüzlülüğünün tehlike bölgelerindeki etki mesafeleri üzerine önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Sonuç analizleri;
atmosferik seçimler;
etki mesafesi; ALOHA
yazılımı.

Atmospheric Options Effects on Threat Zones Determined by The Consequence Analysis (ALOHA Software)

Abstract

In this study, consequences analysis were performed with ALOHA Software for hazardous chemicals which were flammable substance (methane), toxic liquid (ethylene diamine) and toxic gas (methyl chloride). Analysis were carried out for special cases obtained by changing an atmospheric parameter in each of considering the average conditions of Kocaeli with the same amount of substance (1000 kg / s). Hazard source was assumed as a direct source and effect distances were identified for each specific case in the region of toxic area, flammable area and blast area of vapor cloud. The largest effect distance values (> 10 km) were obtained for toxic liquid (ethylene diamine). Among the examined parameters the most significant changes were determined for flammable substance (methane) with a change of weather stability class and the effect distances values were identified with an approximate 2-fold increase. It was indicated that the effect distances decreased with increasing the wind speed for all of the chemicals. The largest effect distance values were obtained on water environment for all chemicals among the rural, urban/forest area and water environment. It was determined that wind direction and humidity did not change the effect distance values for the three chemicals. It was shown that there was effect of air cloudiness on flammable substance (methane) effect distances in the entire threat zone. It was determined that atmospheric options, especially wind speed, atmospheric stability class and ground roughness, had significant effects on the effect distances within the threat zones for the selected three hazardous chemicals.

Keywords

Consequences analysis;
atmospheric options;
effect distance; ALOHA
Software.

1. Giriş

Endüstriyel kazaya ait patlama, yangın, toksik yayılım sonuçlarının değerlendirilmesi ve bunlara ait etki mesafelerinin belirlenmesi son dönemde dikkat çeken önemli bir konu haline gelmiştir. Sonuç değerlendirmesi risk değerlendirmesinin bir parçasıdır ve özellikle acil durum planlarının hazırlanmasında öncelikle dikkat edilmesi gereken bir kavramdır. Literatürde sonuç değerlendirmesine ait birçok çalışma bulunmaktadır, ancak kullanılan araç ne olursa olsun belirlenen etki mesafeleri değerlerinde çok ciddi farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Burada ücretsiz olması yönü ile diğer yazılımlara göre avantajlı olan ALOHA yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalara yer verilmiştir. ALOHA yazılımı, meteorolojik şartlar, kırsal ve kentsel bölge v.b. atmosferik parametre seçimleri ile 10km mesafeye kadar etki mesafesinin belirlenmesini sağlayabilmektedir.

Xing ve Wang (2015) tarafından rafineri biriminde üretilen 10000 ton/yıl metanol için yangın tasarımı ve güvenlik değerlendirmesi yapılmıştır. Metanolün dökülmesi durumunda, 60 saniye içinde 100m mesafede ölüm alanı belirlenmiştir. Taghehbafe ve arkadaşları (2014) tarafından Yazd Petrol Depolama kuruluşunda bulunan benzin depolama tankındaki patlama modellenmiş, sonuçlar güvenlik standartları ile karşılaştırılmıştır. Kotek ve arkadaşları tarafından (2014) dış ortamda oksijenin düşük konsantrasyon etkileri çalışılmıştır. Sıvı azotun döküldüğü ve ardından buharlaştığı senaryoda daha büyük oranda nüfusun etkilendiği belirlenmiştir. Zhao ve arkadaşları (2013) tarafından benzen tanklarındaki patlama kazaları modellenmiş, ALOHA yazılımının dahili acil durumlar için birçok bilimsel fayda sağladığı belirtilmiştir. Shao ve arkadaşları tarafından (2013) ise benzen kaçağının çevresel riski ve tehlikeleri araştırılmıştır. Benzen eşik değerleri dikkate alınarak ölüm, yaralanma ve hafif yaralanma alanları belirlenmiştir. Li ve arkadaşları (2013) tarafından sıvı amonyak kaçağının, gaz bulutu, konsantrasyon değişimi, yanabilen ve patlayabilen alan bilgisi ALOHA yazılımı ile modellenmiştir. Yanabilen bölge için kaynağa yaklaşık 55m uzaklıkta etki mesafesi (>16000ppm=10%LEL) belirlenmiştir. Kaçak kaynağına uzaklık, rüzgar hızı, atmosferik

kararlılık ve yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin etki mesafesi üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Xing ve Wang tarafından (2012) propanın sıvı/gaz karışımını içeren basınçlı tanka ait sonuç analizleri çalışılmış, 2,2 km mesafede BLEVE etkisi belirlenmiştir. Wang Shuang ve Wang Zhi-rong (2010) tarafından toksik gaz hidrojen klorür kaçağı, maruziyet süresi, hasar oranı ve konsantrasyon dikkate alınarak simüle edilmiştir. Sonuçların gerçek durum ile uyumlu olduğu gösterilmiştir. Shuai ve arkadaşları (2009) tarafından sınılaştırılmış petrol gazı tankerinin patlaması sonucu meydana gelen olayların araştırılması için ALOHA yazılımı kullanılmıştır. Parlama yangını, buhar bulutu patlaması, havuz yangını ve BLEVE patlamaları bu yazılım üzerinden çalışılmış ve sonuçlar kantitatif risk değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Guarnaccia ve Hoppe (2008) tarafından tesis dışı toksik etkilerin değerlendirilmesine yönelik basit bir model oluşturulmuş ve sonuçlar diğer yazılımlar ile karşılaştırılmıştır. Modelde, mesafe ve sonlanma noktası bilgisi yanında kritik dökülme hacmi belirlenebilmiştir. Thoman ve arkadaşları (2006) tarafından ALOHA ve EPIcode yazılımları ile kimyasal dökülmenin oluşturduğu havuzlardaki buharlaşma ve atmosfere dağılım çalışılmıştır. Çoklu bir yaklaşım ile uygulamanın gerçekleştirilmesinin önemi çalışmada belirtilmiştir.

ALOHA ile yapılan sonuç değerlendirmesi çalışmaları yalnızca tanklarda değil bağlantı elemanı boru hatlarında da gerçekleştirilmektedir. Norhamimi ve arkadaşları (2015) tarafından bulanık mantık yaklaşımı ile gaz borularında atmosferik koşullar ve topoğrafya dikkate alınarak tehlike alanı belirlenmiştir. Önerilen metodoloji Malezya' daki gaz boru hatlarına uygulanmıştır. Feng ve arkadaşları (2014) tarafından Salt Cavern Natural Gas Storage tesisinde meydana gelen jet yangını kazasının sonuç analizi yürütülmüştür. Boru uzunluğu, boru çapı ve işletme basıncı arttıkça jet yangını tehlike mesafesinin azaldığı tespit edilmiştir. Jabbari ve Kavousi (2011) tarafından borudan 1,3-butadien kaçağı için ısı radyasyon eşik değer seviyeleri ve probit eşitliği kullanılarak ölme olasılığı hesaplanmıştır. Atmosferik kararlılık

sınıfının tehlike bölgelerini ciddi bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gharabagh ve arkadaşları (2009) tarafından Mahshahr Petrochemical Complexes' de klor taşıyan boru hatlarında ağır gaz dağılım modeli uygulanmıştır. Kaza verilerinin, risk yönetimi ve kabul edilebilir risk kriteri için gerekli olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, ALOHA yazılımı ile yanabilen madde (metan), toksik sıvı (etilen diamin) ve toksik gaz (metil klorür) doğrudan kaynak kabul edilerek aynı madde miktarı üzerinden ayrı ayrı sonuç analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde, atmosferik seçimlere ait parametrelerin etki mesafesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. ALOHA Yazılımı

ALOHA, kimyasal acil durumlara müdahalede ve acil durumların planlanmasında kullanılan tehlike modelleme programıdır. Gerçek veya potansiyel kazalar hakkında detay bilgilerin girişini sağlayarak farklı tehlikeler için tehlike bölgeleri belirlenmektedir. Toksik gaz bulutu, yanabilen gaz bulutu, BLEVE, jet yangınları, havuz yangınları ve buhar bulutu patlamaları modellenmektedir. Model çıktısı olarak elde edilen tehlike bölgesi ızgara görüntüsü MARPLOT, Esri's ArcMap, Google Earth ve Google Maps üzerine aktarılabilir. Kırmızı tehlike bölgesi en kötü tehlike seviyesini, turuncu ve sarı sırasıyla azalan tehlike seviyelerini temsil etmektedir. ALOHA yazılımı ile,

- Düşük rüzgar hızı,
- Kararlı atmosferik koşullar,
- Rüzgar yönleri ve arazi tipi yönlendirme etkisi,
- Kaynağa yakın bölgede konsantrasyon değişimleri,

konuları değerlendirilebilmektedir.

- Kimyasal reaksiyon,
- Kimyasal karışımlar,
- Partiküller,
- Arazi tipi seçimleri,
- Tehlikeli şarapnel etkileri,

konularında ise uygulama yapılamamaktadır.

2.2. Örnek Uygulamalar

ALOHA yazılımı kullanılarak yanabilen madde, toksik sıvı ve toksik gaz için sırası ile metan, etilen diamin ve metil klorür örnek kimyasalları üzerinden uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Uygulama çalışmalarında, kimyasallar (1000kg/s) doğrudan kaynak olarak kabul edilmiş ve etki mesafeleri üzerine atmosferik koşullar, yükseklik, yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Örnek uygulama koşulları belirlenirken, sanayinin oldukça yoğun olduğu Kocaeli ilinin atmosferik koşulları dikkate alınmıştır. Uygulamanın yürütüldüğü koşullar Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Örnek uygulamanın yürütüldüğü koşullar

Koşul	
Hava sıcaklığı	:20°C
Rüzgar hızı	:2m/s
Bulutluluk	:Parçalı bulutlu
Ortam	:Kırsal alan
Nemlilik	:Orta
Bağıl nem	:%50
Rüzgar yönü	:Güney doğu
Atmosferik kararlılık sınıfı	:C
Yükseklik	:Zeminden 3m yükseklikte
İnversiyon	:Yok

Tablo 1' de yer alan değerler Durum I özel durumu olarak kabul edilip, bir diğer parametre değişimi ile Tablo 2' de verilen özel durumlar üzerinde uygulamalar ayrı ayrı yürütülmüştür.

Tablo 2. Özel durumlar

Uygulama #	Koşullar
Durum I	Rüzgar Hızı= 2m/s
Durum II	Rüzgar Hızı= 3m/s
Durum III	Rüzgar Hızı= 4m/s
Durum IV	Zeminden 10m yükseklikte
Durum V	Kent veya orman alanı
Durum VI	Su yüzeyi
Durum VII	Tam bulutlu
Durum VIII	Açık ve bulutsuz
Durum IX	Atmosferik kararlılık sınıfı=D

Durum X	Hava sıcaklığı=30°C
Durum XI	Hava sıcaklığı=35°C
Durum XII	Hava sıcaklığı=40°C

Tablo 2' de yer alan Durum X-XII toksik gaz ve toksik sıvı kimyasalları için değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışmalar

Özel durumlar için yürütülen uygulamalar yanabilen madde (metan), toksik sıvı (etilen

diamin) ve toksik gaz (metil klorür) başlıkları altında ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.1. Yanabilen Madde (Metan)

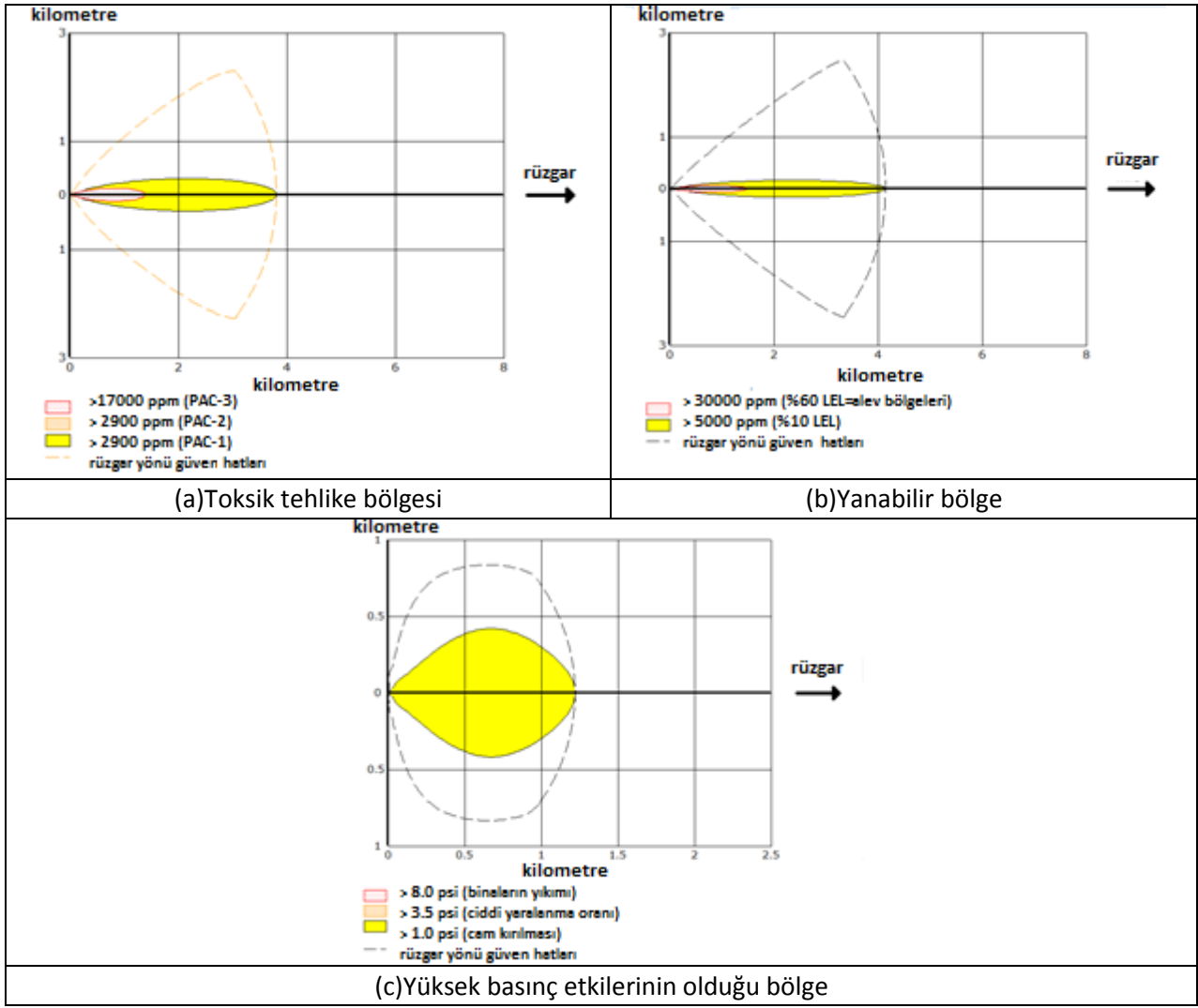
Metan tehlikeli kimyasalı için toksik tehlike bölgesi, yanabilir bölge ve yüksek basınç etkilerinin olduğu bölgeye ait etki mesafeleri (Tablo 3) her bir özel durum için belirlenmiştir.

Tablo 3. Yanabilen madde (metan) için belirlenen etki mesafeleri

Uygulama #	Toksik tehlike bölgesi			Yanabilir Bölge		Yüksek basınç etkilerinin olduğu bölge
	Kırmızı (17000ppm=PAC-3)	Turuncu (2900ppm=PAC-2)	Sarı (2900ppm=PAC-1)	Kırmızı (30000ppm=%60 LEL)	Sarı (5000ppm=%10 LEL)	Sarı (1,0psi=camların kırılması)
Durum I	1,4km	3,8km	3,8km	1,5km	4,2km	1,2km
Durum II	1,1km	3,0km	3,0km	1,2km	3,2km	1,0km
Durum III	954m	2,5km	2,5km	1,0km	2,7km	869m
Durum IV	1,5km	4,3km	4,3km	1,6km	4,7km	1,4km
Durum V	815m	2,0km	2,0km	863m	2,2km	797m
Durum VI	1,4km	3,8km	3,8km	1,5km	4,2km	1,2km
Durum VII	2,7km	9,7km	9,7km	2,9km	>10km	2,2km
Durum VIII	1,4km	3,8km	3,8km	1,5km	4,2km	1,2km
Durum IX	2,7km	9,7km	9,7km	2,9km	>10km	2,2km

Tablo 3' den tehlike kaynağından uzaklaştıkça etki mesafesi değerlerinin arttığı görülmektedir. Rüzgar hızı arttıkça toksik, yanabilir bölge ve yüksek basınç etkilerinin olduğu bölgeye ait tüm etki mesafesi değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Zeminden yükseklik 3m' den 10m' ye yükseltildiğinde ise tüm etki mesafesi değerlerinde yükselme tespit edilmiştir. Toksik tehlike ve yanabilir bölge için su yüzeyi ve kırsal alanda belirlenen etki mesafesi değerleri birbirine eşit bulunurken bu değerler kentsel/orman alandaki etki mesafesi değerlerinden yüksek olarak belirlenmiştir. Yüksek basınç etkilerinin olduğu tehlike bölgesinde ise etki mesafesi kentsel/orman alanda en düşük olarak belirlenmiştir. Havanın bulutluluğu dikkate alındığında hava açık/bulutsuz ve parçalı bulutlu iken belirlenen etki mesafesi değerleri birbirine

eşit ve tam bulutlu durumda belirlenen etki mesafesi değerlerinden küçük olarak bulunmuştur. Etki mesafesi değerlerinde en ciddi değişim atmosferik kararlılık sınıfının değişiminde tespit edilmiştir. Atmosferik kararlılık sınıfının C' den D' ye değiştirilmesi ile etki mesafesi değerlerinde yaklaşık iki kat artış belirlenmiştir. Literatürde, farklı kimyasallar için etki mesafeleri üzerine atmosferik kararlılık sınıfının benzer etkilerinin olduğu görülmüştür (Jabbari ve Kavasi, 2011). Metan için ayrıca rüzgar yönü, nemlilik (yaş, orta, kuru) ve hava sıcaklığının etki mesafesi üzerine etkileri araştırılmış, ancak bu parametrelerin sonuç değerler üzerine bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Durum I özel durumu için ALOHA yazılımında elde edilen tehlike bölge görüntüleri Şekil 1' de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 1. Durum I özel durumuna ait elde edilen tehlike bölge görüntüleri

Yanabilir bölge için tanımlanan LEL (Lower Explosion Limit-Alt Patlama Sınırı) hava içinde olması gereken minimum yanıcı madde buhar oranını ifade etmektedir. Toksik tehlike bölge görüntüsünde yer alan PAC (Protective Action Criteria for Chemicals-Kimyasallar için Koruyucu Eylem Kriterleri) değerleri ise üç genel kamu maruz kalma kılavuz sisteminin (AEGLs, ERPGs, and TEELs) hiyerarşi tabanlı veri setini ifade etmektedir. Belirli bir kimyasal bunlardan biri veya tamamının değerine sahip olabilmektedir. PAC hiyerarşisine göre,

- i) Dönem sonu, 60 dakika AEGL değerleri
- ii) Ara dönem, 60 dakika AEGL değerleri
- iii) ERPG değerleri
- iv) TEEL değerleri

sıralamasında ilgili kimyasal için değerler belirlenmektedir. AEGLs (Final and Interim Acute

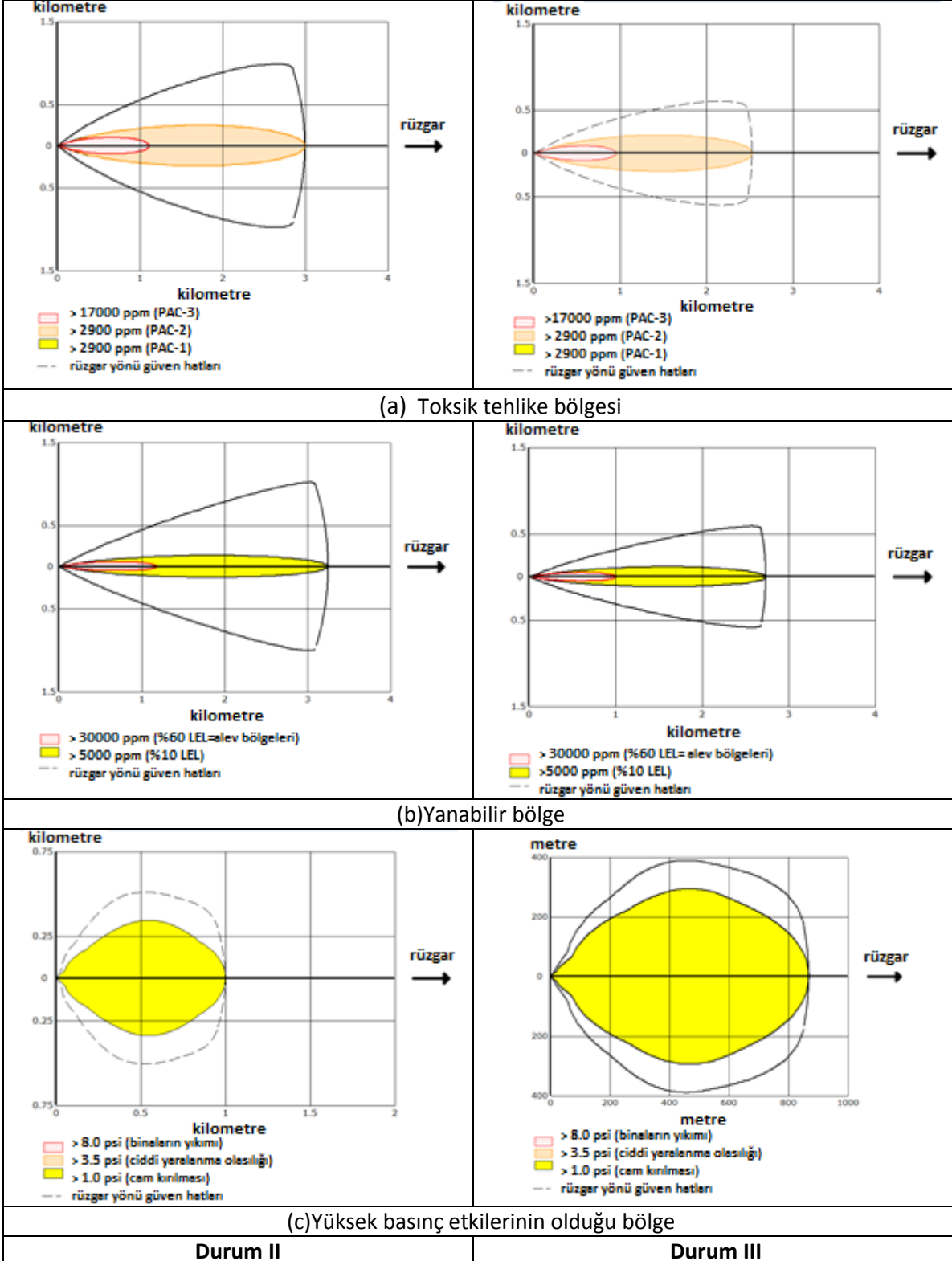
Exposure Guideline Levels- Dönem Sonu ve Ara Dönem Akut Maruz Kalma Kılavuz Düzeyleri), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilmiştir. AEGLs, 10 dakika, 30 dakika, 60 dakika, 4 saat ve 8 saatlik süreler için tanımlanmaktadır. PAC, 60 dakika süresini temel almıştır. ERPGs (Emergency Response Planning Guidelines- Acil Müdahale Planlama Kılavuzu), Amerikan Endüstriyel Hijyen Birliği (AIHA) Acil Müdahale Planlama Komitesi tarafından geliştirilmiştir. TEEL (Temporary Emergency Exposure Limit- Geçici Acil Maruz Kalma Sınırı) ise ABD Acil Durum Yönetimi DOE Ofisi tarafından geliştirilmiştir. Şekil 1' de ALOHA yazılımında direk PAC ifadesinin görülmesi ilgili kimyasala ait AEGL ve ERPG değerlerinin ALOHA kimyasal kütüphanesinde bulunmadığını belirtmektedir.

Görülen PAC değeri aynı zamanda TEEL değerlerini ifade etmektedir.

Yüksek basınç etkileri ise kırmızı-8psi (binaların yıkılması), turuncu-3,5psi (ciddi yaralanmalar) ve sarı-1,0psi (camların kırılması) olmak üzere üç aşamada değerlendirilmektedir. Metan için yalnızca sarı alan içinde camların kırılması

düzeyinde basınç etkilerinin olduğu görülmektedir.

Durum II ve Durum III özel durumunun karşılaştırılması ise Şekil 2' de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2. Durum II ve Durum III özel durumları için belirlenen tehlike bölge görüntülerinin karşılaştırılması

Şekil 2' den rüzgar hızı arttıkça, toksik tehlike bölgesi, yanabilir bölge ve yüksek basınç etkilerinin olduğu bölgede tüm etki mesafesi değerlerinin azaldığı bir kez daha görülmektedir.

3.2. Toksik Sıvı (Etilen diamin)

Son derece tehlikeli bir kimyasal olan toksik sıvı etilen diamin için aynı özel durumlarda etki mesafesi değerleri belirlenmiştir. Toksik tehlike bölgesi etki mesafesi değerleri >10km olarak elde edilmiştir. Patlayıcı özelliği bulunmadığı için yüksek basınç etkilerinin bulunduğu etki mesafesi değerleri hesaplanmamıştır. Etilen diamin için buhar bulutunun oluşturduğu yanabilir bölgeye ait etki mesafesi değerleri ise Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Toksik sıvı (Etilen diamin) için belirlenen etki mesafeleri

Uygulama #	Yanabilir Bölge	
	Kırmızı (15000ppm=%60 LEL)	Sarı (2500ppm=%10 LEL)
Durum I	1,2km	3,2km
Durum II	914m	2,5km
Durum III	758m	2,1km
Durum IV	839m	2,3km
Durum V	957m	2,7km
Durum VI	2,1km	7,8km
Durum VII	1,2km	3,2km
Durum VIII	1,2km	3,2km
Durum IX	1,3km	4,0km
Durum X	1,2km	3,3km
Durum XI	1,2km	3,3km
Durum XII	1,2km	3,4km

Tablo 4' de rüzgar hızı arttıkça etki mesafesi değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Literatürde farklı kimyasal sıvılar için rüzgar hızının benzer davranış gösterdiği belirlenmiştir (Li ve ark., 2013). Zeminden 10m yüksekliğe çıktığında ise etki mesafesi değeri metandan farklı olarak azalış göstermiştir. Bu durum etilen diaminin havadan daha ağır bir kimyasal olmasından kaynaklanmaktadır. Etki mesafesi değerlerinin yüksekten düşüğe sıralaması su yüzeyi, kırsal alan ve kentsel/orman alan sırasında elde edilmiştir. Atmosferik kararlılık sınıfının D yapılması ile etki mesafesi değerleri artmış, ancak metanda olduğu gibi ciddi bir etki belirlenmemiştir. Hava sıcaklığı arttıkça etki mesafeleri üzerinde çok fazla bir değişim gözlenmemiştir. Rüzgar yönü, bulutluluk ve nemliliğin ise etki mesafesi değerlerini değiştirmedikleri tespit edilmiştir.

3.3. Toksik Gaz (Metil klorür)

Toksik gaz metil klorür için belirlenen etki mesafesi değerleri Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5' den toksik tehlike bölgesi içindeki etki mesafesi değerlerinin rüzgar hızı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Zeminden 10m yükseklikte etki mesafesi değeri artış göstermiştir. Etki mesafesi değerleri su yüzeyinde, kırsal alan, kentsel/orman alan sırasında yüksekten düşük değerlere ulaşılmıştır. Havanın bulutluluk durumu etki mesafesi değerlerini etkilememiştir. Atmosferik kararlılık sınıfının D olarak değişimi ve sıcaklık artışı etki mesafesi değerlerini artırmış ancak çok ciddi bir değişim oluşturmamıştır. Yanabilir bölge içerisinde etki mesafesi değerleri, rüzgar hızı, alan (kırsal, kentsel/orman, su) farklılığı ve atmosferik kararlılık sınıfında toksik bölgedeki ile benzer

değişim göstermiştir. Yüksek basınç etkilerinin bulunduğu tehlike bölgesinde ise rüzgar hızı ve zeminden yükseklik arttıkça etki mesafesi değerleri azalmış, bulutluluğun ise etki mesafelerini değiştirmedeği belirlenmiştir. Atmosferik kararlılık sınıfındaki değişim ve hava

sıcaklığının artışı etki mesafelerinde düşük oranda artışa yol açmıştır. Etki mesafelerinin yine en büyük mesafe değerleri su yüzeyinde belirlenmiştir. Rüzgar yönü ve nemliliğin etki mesafesi değerlerini değiştirmedeği görülmüştür.

Tablo 5. Toksik gaz (Metil klorür) için belirlenen etki mesafeleri

Uygulama #	Toksik tehlike bölgesi		Yanabilir Bölge		Yüksek basınç etkilerinin olduğu bölge
	Kırmızı (3000ppm=AEGL-3 [60dk])	Turuncu (910ppm=AEGL-2 [60dk])	Kırmızı (48600ppm=%60 LEL)	Sarı (8100ppm=%10 LEL)	Sarı (1,0psi=camların kırılması)
Durum I	3,2km	5,9km	485m	1,8km	372m
Durum II	2,4km	4,7km	431m	1,4km	327m
Durum III	2,1km	4,1km	369m	1,2km	286m
Durum IV	3,5km	6,5km	444m	2,0km	350m
Durum V	2,3km	4,4km	400m	1,3km	325m
Durum VI	7,6km	>10km	594m	4,0km	388m
Durum VII	3,2km	5,9km	485m	1,8km	372m
Durum VIII	3,2km	5,9km	484m	1,8km	372m
Durum IX	3,3km	6,2km	493m	1,9km	375m
Durum X	3,2km	6,0km	490m	1,9km	374m
Durum XI	3,3km	6,1km	496m	1,9km	377m

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, ALOHA yazılımı ile yanabilen madde (metan), toksik sıvı (etilen diamin) ve toksik gaz (metil klorür) için toksik, yanabilen ve yüksek basınç etkilerinin olduğu bölgede etki mesafesi değerleri belirlenmiştir. Kocaeli ilinin ortalama atmosferik koşulları düşünülerek aynı madde miktarı (1000kg/s) üzerinden her birinde yalnızca bir parametre değişiminin yapıldığı Durum I-XII özel durumları için ayrı ayrı etki mesafeleri belirlenmiştir. Atmosferik seçimlerin etki mesafesi değerlerini önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Toksik sıvı etilen diamin için en geniş etki mesafesi değerleri belirlenmiştir. Üç kimyasal için rüzgar hızı arttıkça etki mesafesi değerlerinin azalış gösterdiği tespit edilmiştir. Yine üç kimyasal için su yüzeyinde en yüksek etki mesafesi değerleri belirlenmiştir. Sonuç

analizlerinin değerlendirilmesinde kimyasal türü ve atmosferik seçimlerin etkilerinin birlikte dikkate alınması gereği tespit edilmiştir. Bu kapsamda, etki mesafesine göre hazırlanacak acil durum planlarının toksik, yanabilen ve yüksek basınç etkilerinin olduğu bölgeler için ayrı ayrı değerlendirilmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Teşekkür

Sonuç analizi konusunda çalışmama yön veren T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığına teşekkür ederim.

Kaynaklar

Feng, Q.L., Cai, H., Chen, Z.L., Guo, D.J., Ma, Y., 2014. Consequence Analysis of Jet Fire Accidents Occurred in Salt Cavern Natural Gas Storage: Hazard Distance and its Influence

- Factors. *Advanced Materials Research*, **1008-1009**, 346-355.
- Gharabagh, M.J., Asilian, H., Mortasavi, S.B., Zarringhalam Mogaddam, A., Hajizadeh, E., Khavanin, A., 2009. Comprehensive risk assessment and management of petrochemical feed and product transportation pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **22**, 4, 533-539.
- Guarnaccia, J., Hoppe, T., 2008. Off-site toxic consequence assessment: A simplified modeling procedure and case study. *Journal of Hazardous Materials*, **159**, 1, 177-184.
- Jabbari, M., Kavousi, A., 2011. Consequence Analysis of Flammable Chemical Releases from a Pipeline. *Computational Sciences and Optimization (CSO)*, 1215 – 1219.
- Kotek, L., Mukhametzinova, L., Holub, M., ve Blecha, P., 2014. Low Concentration of Oxygen in External Environment -Modeling the Consequences of Accident. *Chemical Engineering Transactions*, **36**, 553-558.
- Li, S., Liu, L., Fan, T., Cao, H., 2013. Environmental Diffusion Analysis and Consequence Prediction of Liquefied Ammonia Leakage Accident. *Journal of Applied Science*, **13**, 12, 2131-2138.
- Norhamimi, M.H., Libriati, Z., Nordin, Y., Norhazilan, M.N., 2015. Environmental Loss Assessment for Gas Pipeline Failure by Considering Localize Factors Using Fuzzy Based Approach. *Applied Mechanics and Materials*, **735**, 163-167.
- Shao, H., Dong, Guo-jiang, Duan, Guo-ning, 2013. Research on Occupational Hazards and Environmental Risks of Benzene Leakage. *Journal of Changzhou University (Natural Science Edition)*, 2.
- Shuai, L., Ru-yi, X., Jing, S., 2009. Quantitative risk assessment of liquefied petroleum gas tanker fire and explosion consequences. *Journal of Shandong Institute of Light Industry (Natural Science Edition)*, 3.
- Taghehbaf, M.A., Givehchi, S., Ardestani, M., Baghvand, A., 2014. Modeling the Consequences of Potential Accidents in One of the Gasoline Storage Tanks at Oil Storage of Yazd, in Terms of Explosion. *International Journal of Engineering Innovations and Research*, **5**, 4, 550-560.
- Thoman, D.C., O’Kula, K.R., Laul, J.C., Davis, M.W., Knecht, K.D., 2006. Comparison of ALOHA and EPIcode for Safety Analysis Applications. *Journal of Chemical Health and Safety*, **13**, 6, 20–33.
- Xing, Z.X., Wang, X.J., 2012. The Consequence Analysis of Pressure Vessel Failure. *Advanced Materials Research*, **396-398**, 66-70.
- Xing, Zhi-xiang, Wang, Yun-hui, 2015. Safety assessment and fire design of the synthesis and refining unit for annual 10000t methanol. *Journal of Safety and Environment*, 3.
- Wang, G. S., Wang, Zhi-rong, 2010. Simulation analysis on the accident of hydrogen chloride release with the simulation software ALOHA. *Fire Science and Technology*, 8.
- Zhao, Ying-cheng, Tian, Yu-min, 2013. Analysis over the simulated calculation of the consequences caused by explosive accidents in the benzene tanks. *Journal of Safety and Environment*, 2.

İnternet Kaynakları

- <http://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
(26.01.2016)
- <http://www.atlintl.com/doe/teels/teel.html>
(27.01.2016)