

YALOVADA AKRİLONİTRİL DÖKÜLMESİ İLE İLGİLİ ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

İlhan TALİNLİ¹, Atakan ÖNGEN²
italinli@ins.itu.edu.tr, aongen@corlu.edu.tr

Öz: Doğal afetler ve kazalar nedeniyle tehlikeli maddelerin depolandıkları tanklardan, konteynerlerden ve taşınmaları esnasında araçlardan çevreye yayılmaları gerek insan sağlığı gerekse çevresel değerler için büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, tüm bu olası tehlikeleri dikkate alarak her tür faaliyet için risk değerlendirmesi yapılması gereklidir. Bireylerin, toplulukların ve ekosistemin maruz kalabileceği bu tehlikelerin çevresel risk değerlendirilmesi kapsamında öngörülmesi ile etki değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Bu çalışmada, çevresel risk değerlendirme kavramı ve buna bağlı olarak olası çevresel tahribatı kestirmeye yönelik sayısal bir model kullanılmıştır. 1999 Marmara depreminde Yalova'da yer alan bir endüstrinin depolama tankında bulunan akrilonitril kimyasalının çevreye sızması sonucunda meydana gelen çevresel etkiler örnek olarak ele alınmış ve ilgili model yardımıyla değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu ile acil önlem ve çevre yönetim sistemi bağlamında yönetim önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Çevresel Risk Değerlendirme, Risk modellemesi, Tehlikeli madde.

Giriş

Ekosistemde, tehlikeli maddelerden kaynaklanabilecek olumsuz etkilerin risk değerlendirmesi çevresel değerlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Tehlikeli maddeler, buldukları ortama bağlı olarak gerek canlı organizmalar gerekse insan sağlığını tehdit eden, zehirlilik, koroziflik, kanserojen olma, yanıcılık gibi tehlikelilik kriterleri nedeniyle pek çok risk taşımaktadırlar. Tehlikeli maddelerin çevreye yayılması doğal olayların yanı sıra, taşınmaları esnasında meydana gelen kazalar, kontrolsüz uzaklaştırılmaları, üretim faaliyetleri gibi süreçler sonucunda da gerçekleşmektedir. Söz konusu bu risklerin değerlendirilmesi ve öngörülmesi, çevresel etki değerlendirme (ÇED) çalışmaları için de temel oluşturmaktadır. Nicel yönetim modellerinin ÇED çalışmalarını desteklemesi bu aşamada önem taşımaktadır. Nicel modeller, olasılıklara dayalı risk belirleme ve olası bir durumda eylem planı olmak üzere iki temel bölümden oluşur. Tehlikeli maddelerin risk değerlendirmesinde pek çok farklı senaryonun geliştirilmesi gerekmektedir.

Tehlikeli maddeler tüm dünyada farklı kimyasallarla birlikte değişik amaçlar için yüksek miktarlarda kullanım alanına ulaşmaktadırlar. Günümüzde 5 ile 6 milyon farklı kimyasal ve formülasyonun bulunması, bunların 1.5 milyon kadarının sıklıkla kullanılan türler olması, durumun ciddiyetini göstermektedir. Bu maddelerden 33000-63000 kadarının tehlikeli madde sınıfına girdiği ve 183000 farklı isimle anıldığı bilinmektedir[Meyer, 1989].

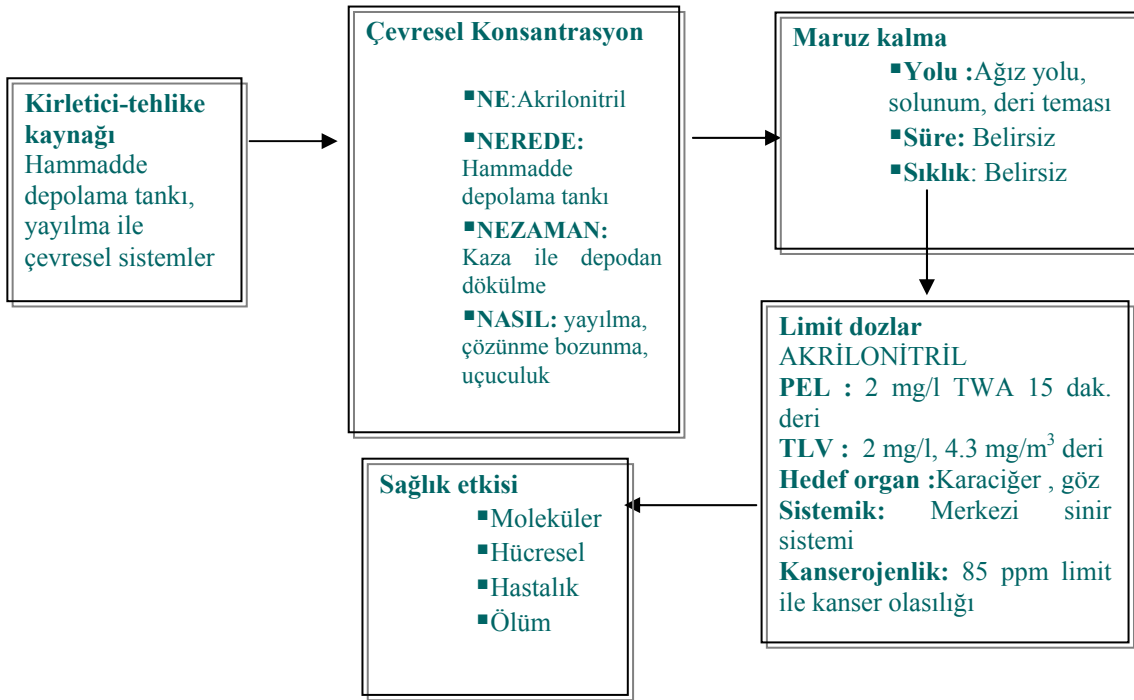
Geniş bir kullanım alanına sahip olan tehlikeli maddeler temelde, patlayıcılar, gazlar, yanıcı sıvılar, yanıcı katılar (aniden yanabilen ve ıslandığında tehlikeli olan maddeler), oksitleyiciler ve organik peroksitler, zehirler ve etiyolojik maddeler, radyoaktif maddeler, korozifler ve diğerleri olarak 9 sınıfta toplanmıştır. Bu sınıflama yapılırken farklı kuruluşlar farklı tehlike kriterleri belirlemiştir. Çevresel risk değerlendirmede bu kadar çok sayıda madde için dört ana tehlike kriteri (toksikite, korozivite, reaktivite ve parlayıcılık) benimsenmekte ve bu kriterler ile madde karakterize edilmektedir. Risk takdiri ve risk karakterizasyonu ile varılan sonuçta acil eylem planına ve risklerin yönetimine ait yöntem ve rehberler oluşturulmaktadır.

Risk Değerlendirmesi

Tehlikeli maddelerin neden olduğu çevresel risklerin değerlendirilmesinde üç temel yol göz önüne alınmaktadır. Bunlar kazalar ile dağılma-yayılma, kullanma-maruz kalma ve besin zinciri ve biyomagnifikasyon ile insan sağlığı tehditleridir. İnsan sağlığı açısından sınır değerler maruz kalma süresi ve maruz kalınan dozaj temelinde, PEL(izin verilen maruz kalma limiti) ve TLV(eşik limit değer) değerleri ile verilmektedir. Bu standartlara göre yapılacak bir risk değerlendirmenin temel adımları Şekil 1. de verilmiştir.

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak, İstanbul

² Trakya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ



Şekil 1. Akrilonitril İçin İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesinde Temel Adımlar

Bu değerlendirmeye göre risk minimizasyonunu sağlamak için, önleme, hazırlık, acil durum planlaması ve rehabilitasyon gibi adımların planlanması yapılmalıdır.

Kaza risklerinin incelenmesinde, tehlikeli maddelerin taşınma şekilleri olan otoyol, tren yolu, deniz yolu, havayolu ve boru hatları yanında doğal felaketler ile endüstrilerdeki önemli depolama faaliyetleri de göz önüne alınmalıdır. Akrilonitrilin çevreye yayılması gibi kaza sonucu oluşan felaketler, akut çevresel etkileri nedeniyle, tehlikeli maddelerin risk değerlendirmesinde önceliklidir.

Çalışmada, maksimum felaket potansiyelini (Disaster potential-DP) ve risk değerlendirme oranını (Risk Assessment Rate-RAR) belirleyen iki model kullanılmıştır[Zajic ve diğ., 1978, Talınlı ve diğ.,1999]. Modelin sonuçları ile sayısal risk değerleri saptanmış ve bir skala üzerinde açıklanmıştır. Bu risk değerleri ile kaza öncesi, kaza anı ve sonrası için yönetim önerileri sunulmuştur.

Kullanılan Yöntem

Risk Değerlendirme Modeli

Tehlikeli maddelerin risk değerlendirmesi Tehlikeli Maddenin Karakteri (HM_C) ve Ekosistem Karakteri (E_C) olmak üzere iki temel öge içermektedir. HM_C , fiziksel ve kimyasal özellikler, maruz kalma şekli, taşınma şekilleri ve tehlikeli madde kazalarının fonksiyonudur. E_C ise, bölge sınırlarının, çevresel kaynakların ve tehlikeli maddenin kullanım amacının bir fonksiyonudur.

Risk Değerlendirme Oranı (RAR) aşağıda verilen formül ile hesaplanabilir[Talınlı ve diğ.,1999].

$$RAR = \frac{(E_C + HM_C)}{(E_C + HM_C)_{max}} \times 100 \quad (1)$$

HM_C , seçilmiş parametreler toplanarak hesaplanmaktadır. Modelde her bir parametre ortam şartlarındaki karakteristik özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmekte ve derecelendirilmektedir.

$$HM_C = S + D + F + C + RP + Tox + EM + TM + A \quad (2)$$

- S : Çözünürlük (Solubility) (Çözelti yüzdesine göre derecelendirilir)
D : Yoğunluk (Density) (Bağıl yoğunluk değerine göre derecelendirilir)
F : Parlayıcılık (Flammability) (Parlama noktasına göre derecelendirilir [°C])

- C : Aşındırıcılık(Corrosivity) (Aşındırma yoğunluğuna göre derecelendirilir [mm/year])
 RP : Reaktiflik ve Peroksitler (Reaktivite davranışına göre derecelendirilir)
 Tox : Zehirlilik (Toxicity) (LC₅₀[mg/l] ve zehirlilik sınıfına göre derecelendirilir)
 EM : Maruz kalma (Exposure Mode) (Deri, ağız, solunum vb.)
 TM : Taşınma (Transportation Mode) (Deniz, karayolu,raylı sistemler, boru hattı)
 A : Kazalar (Accidents)(Deniz,ray,karayol,boru hattı, kullanım)
 $E_c = RB + RM + EC + Ag + TR + MU + CA + FR + FF + PD$ (3)
 RB : Bölge sınırları(Alan[km²] veya taşınma mesafesine [km] göre derecelendirilir)
 RM : Yerleşim Modu (Kırsal , kentsel siteler vb.)
 EC : Endüstriyel Kategorizasyon (Endüstri tür ve sayısına göre derecelendirilir)
 Ag : Tarım (Agriculture) (Arazi kalitesine göre derecelendirilir)
 TR : Turizm ve Rekreasyon (Turistik alan olup olmadığı incelenir)
 MU : Askeri kullanım (Stratejik önemine göre derecelendirilir)
 CA : Sulak alan (Suyun faydalı kullanımına göre derecelendirilir)
 FR : Ormanlık alan (Orman kalitesine göre derecelendirilir)
 FF : Flora ve Fauna (Endemic türlerin varlığına göre derecelendirilir)
 PD : Nüfus yoğunluğu (persons/km²)

Bu modelin amacı, söz konusu tehlikeli maddenin ve ekosistem özelliklerinin Şekil 2’de görüldüğü gibi bir sakala yardımı ile derecelendirilmesidir. Çevresel risk değerlendirme modeli, ÇED çalışmalarında kantitatif destek olarak da kullanılabilir[Sust Dev. Report,1999].



Şekil 2. Risk Değerlendirme Skalası

Akrilonitrilin Özellikleri

Akrilonitril, formülü C₃H₃N olan bir kimyasal maddedir, H₂C=CC≡N formundadır ve hidrojen siyanürün (HCN) etilen oksit (CH₂)₂O veya asetilen (C₂H₂) ile reaksiyonundan oluşur. Akrilonitril çeşitli dozlarda, farklı türler üzerine toksik etki göstermektedir.

Akrilonitrilin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Akrilonitrilin Karakteristik Özellikleri

Kimyasal Sınıfı	Organo nitrogen
Kimyasal yapısı	Monomer
Moleküler Ağırlığı	53.06 g
Donma Noktası	-83 °C @ 760 mm Hg
Erime noktası	- 82 °C
Kaynama Noktası	77.3 °
Buhar Basıncı	100 mm (22.2 °C), 200 mm (38.7°C)
Buhar Yoğunluğu	1.83
Buharlaşma Oranı	4.54 Butyl Acetate
Özgül Ağırlık	0.81 (water -1) (20 °C)
Suda Çözünürlük	73.5 g/l (20 °C)

Akrilonitril değişen dozlarına bağlı olarak tüm canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Akrilonitrile ait farklı türler üzerindeki bazı toksisite değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Akrilonitrilin Toksikite Değerleri (Meyer 1989)

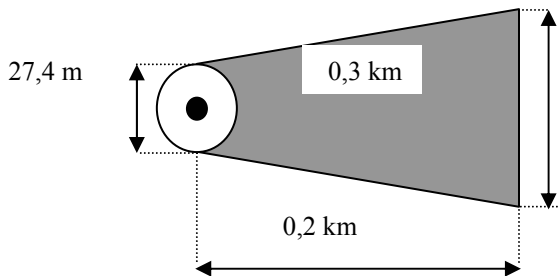
Doz Tipi	Maruz Kalma	Tür	Doz	Birim
LCL ₀	Solunum	Kedi	600	ppm/4H
LCL ₀	Solunum	Köpek	110	ppm/4H
LCL ₀	Solunum	Domuz	575	ppm/4H
TCL ₀	Solunum	Hamster	16	ppm/20M
LCL ₀	Solunum	İnsan	1	g/m ³ /1H
LCL ₀	Solunum	Tavşan	260	ppm/4H
LD ₅₀	Solunum	Mouse	46	mg/kg
LD ₅₀	Solunum	Sıçan	65	mg/kg
LD ₅₀	Ağız Yolu	Domuz	50	mg/kg
LD ₅₀	Ağız Yolu	Fare	27	mg/kg
LD ₅₀	Ağız Yolu	Sıçan	78	mg/kg
LD ₅₀	Ağız Yolu	Tavşan	93	mg/kg
LD ₅₀	Enjeksiyon	Domuz	35	mg/kg
LD ₅₀	Enjeksiyon	Fare	35	mg/kg
LD ₅₀	Enjeksiyon	Sıçan	96	mg/kg
LD ₅₀	Deri	Domuz	202	mg/kg
LD ₅₀	Deri	Sıçan	148	mg/kg
LD ₅₀	Deri	Tavşan	250	mg/kg

Durum Değerlendirmesi (Vaka Çalışması)

Akrilonitril dökülmesi tehlikeli maddelere örnek bir vaka çalışması olarak değerlendirilmiştir. Akrilonitril 10000 tonluk depolama tanklarında saklanmaktadır. Deprem sonucu depolama tanklarının hasar görmesi ile 6500 ton akrilonitril çevreye yayılmıştır. Dökülme, Marmara Denizi kıyısında bulunan Yalova ilinde gerçekleşmiştir. Modelde, bazı bölgesel karakteristikler veri olarak kullanılmaktadır. Şekil 3’te kazanın etki alanı gösterilmektedir. Uygulamayla ilgili veriler aşağıda verilmiştir :

Tehlikeli Madde	: Akrilonitril
Konum	: Yalova
Olay	: Deprem
Dökülme Miktarı	: 6500 ton
Maks. Nüfus Yoğunluğu	: 8800 kişi/km ²
Hakim Rüzgar Yönü	: Mayıs-Ekim arası ~ Kuzey doğu Kasım-Nisan arası ~ Güney
Rüzgar Hızı	: 10 km/sa.
Dökülme Alanı	: 74,3 m ²
Yatay Yayılma Mesafesi	: 0,3 km
Dikey Yayılma Mesafesi	: 0,3 km
Yayılma Çapı	: 27,4 m
Tahliye Alanı	: 0,04 km ²

Tehlikeli maddelerin sığ sularda taşınımı ile ilgili geliştirilmiş olan bir modelin[Zajic ve diğ., 1978] verileri kullanılarak bu maddeye ait felaket potansiyeli (DP) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



Şekil 3. Kaza Anındaki Etki Alanı

$$DP = 0.5 \times S \times D_{\max} \quad (4)$$

S : Öncelikli tahliye Alanı (km²)

D_{max} : Maks. Nüfus Yoğunluğu (kişi/km²)

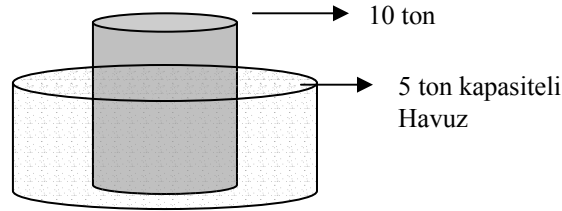
$$DP = 0.5 \times 0.04 \times 8\,800 = 176 \text{ kişi}$$

Hesaplanan değer tehlikeli maddenin dökülmesi sonucu %50 ihtimalle etkilenecek kişilerin tahmini sayısıdır. Belirlenen olayın durum değerlendirmesine ait risk değerlendirme oranı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır[Talınlı ve diğ.,1999].

$$RAR = \frac{(E_C + HM_C)}{(E_C + HM_C)_{\max}} \times 100 \sim E_C = 91, HM_C = 45, (E_C + HM_C)_{\max} = 167, RAR = \% 81.4$$

Hesaplanmış olan değerlendirme oranının risk değerlendirme skalasında (Şekil 2) “aşırı risk” sınıfına girdiği görülmektedir.

Risk minimizasyonu amacı ile endüstrinin kaza öncesi, çevre yönetim sistemi (ÇYS) içinde adı geçen kimyasalına, yani kaynaklarının yönetimi için Şekil 4’de gösterilen yöntem önerilmektedir. Bu şekilde kayıpların en aza indirgenmesi sağlanacaktır. Zaten atmosfer basıncında uçuculuk nedeni ile kayıpların önlenmesinde kullanılan köpükleme yöntemi de sızdırmaz ilave tankın üzerine otomatik olarak uygulanmalıdır.



Şekil 4. Kaza İle Dökülmelerde Önlem ve Risk Minimizasyonu

Sonuç

Yüksek risk potansiyeli olan bir tehlikeli madde olmasına rağmen akrilonitril sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. ÇED sürecine göre, tehlikeli maddelerin risk değerlendirmesi sanayi için yer seçimi çalışmaları sırasında yapılmalıdır.

Teşebbüs sahipleri ve sanayiciler çevresel korumayı temin etmek amacıyla, faaliyetin inşasından önce bir risk değerlendirmesi gerçekleştirerek faaliyetlerini yeniden düzenlemelidirler. Bu da acil eylem planlarının hazırlanmasını gerektirmektedir. ÇED raporları, durumu bu projelere dayanarak değerlendirmeli ve karar vericiler faaliyetin inşasına bu nedenlere dayanarak olumlu/olumsuz kararı vermelidir.

Durum değerlendirmesi çalışmasına konu olan sanayi gibi tüm faaliyetlerde, yönetim sistemi içinde, felaket anında kullanılacak bir acil eylem planı da bulmalıdır.

Bir kırılma anında oluşacak sızıntıyı önlemek için 10000 ton kapasiteli depolama tankları, tank kapasitesinin yarısı kadar bir havuzlama sistemine sahip olmalıdır. Depolama sırasında akrilonitrilin buharlaşmasını önlemek amacıyla kimyasal köpük kullanılmalıdır. Bu kimyasal köpük, buharlaşmanın yanı sıra kırılma sonrası havuzlarda da kullanılmalıdır. Böyle bir önlem ancak acil eylem planının kılavuzunda hazır olarak bulunması sonucunda gerçekleştirilebilir.

Sonuç olarak, ÇED ve ÇYS'nin entegrasyonu, risk değerlendirmesi ve tehlikeli maddelere ait önlemler olarak projede yer almalıdır. ÇYS'nin bütün faktörleri, ÇED raporuna sahip olan bir proje için değerlendirilmeli ve sonuçlar karar vericilere sunulmalıdır.

Felaket sonrası kronik etkilerin tespiti için, yayılım analizi, buharlaşma, klimatolojik, hidrojeolojik vb. özellikler, önlemler ve korunma uygulamaları tanımlanmalı ve uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Meyer, E. 1989. Chemistry of Hazardous Materials. Brady Press, New Jersey, pp.374-377
2. Talınlı, İ., Malak, U., 2000, Modelling of Environmental Risk Assessment: A Case Study of Hazardous Material Spill in Coastal Region, 2nd International Conference Oil Spills in The Mediterranean and Black Sea Regions, 31st -3rd November, Istanbul, pp 213-222.
3. Talınlı, İ., Kısakürek, B., Platin, K.M., MEDCOAST99-EMEC99 Joint Conference, Land-Ocean Interactions: Managing Coastal Ecosystems, 9-13 November 1999, TURKEY, Proceedings of the Joint Conference Vol.1., pp 563-573.
4. Talınlı, İ., Sunar, T., Pilatin, K.M. 1998. Environmental Risk Assessment of Hazardous Materials, DPT Project, İstanbul, pp.14-15.
5. Talınlı, İ., Sunar, T., Pilatin, K.M. 1999. Environmental Risk Assessment of Hazardous Materials, Risk Assessment Model. DPT Project, İstanbul, pp.8-18, 28-29
6. Environmental Assessment- A Business Perspective, World Business Council for Sustainable Development Report, 1999.
7. Zajic, J.E., Himmelman, W.A. 1978. Highly Hazardous Materials Spills and Emergency Planning. Marcel Dekker Inc., New York, pp.144