

BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE ÖN TEHLİKE ANALİZİ (PHA) İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Sevgi DEMİREL¹ (ORCID: 0000-0002-5329-591X)*
Neriman SERT² (ORCID: 0000-0002-8924-0304)

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Öğrencisi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 20.03.2018
Kabul / Accepted: 28.05.2018

ÖZ

Atık plastikler, dünya genelinde önemli çevre sorunları haline gelmiştir. Günümüzde hem doğal kaynakların korunması hem de katı atık depolama alanlarının daha uzun süre kullanımı amacıyla geri kazanım ve geri dönüşüm faaliyetleri büyük önem kazanmıştır.

Bursa’da faaliyet gösteren bir geri dönüşüm firması tekstil, araba üretim, makine, kimya sanayinde oluşan, tüketim sonrası plastik atık malzemeleri geri dönüşüm amacıyla kabul etmektedir. Bu çalışmada, plastik ambalajlara kontamine olmuş tehlikeli kimyasal maddelerin giderimi ve yüksek yoğunluklu polietilen malzemeden hammadde elde etmede kullanılan iş akışları ve süreçler ortaya konulmuştur. Ayrıca plastik geri kazanım/geri dönüşüm sektöründe iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili incelemeler yapılmış ve iş sağlığı ve güvenliği risklerini belirlemek amacıyla Ön Tehlike Analizi (PHA) metoduyla risk değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: plastik geri dönüşümü, iş sağlığı ve güvenliği, risk analizi

RISK ASSESSMENT WITH PRE-HAZARD ANALYSIS (PHA) IN A PLASTIC RECYCLING PLANT

ABSTRACT

Waste plastics have become important environmental problems throughout the world. Recently, recycling and recycling activities have gained great importance both for conservation of natural resources and for longer use of landfills.

A recycling company operating in Bursa accepts plastic waste materials for recycling, which are formed in textile, car production, machinery, chemical industry, for consumption purposes. In this study, the workflows and processes used for the removal of hazardous chemical substances contaminants in plastic packages and for obtaining raw materials from high density polyethylene materials are presented. In addition, studies on occupational health and safety have been made in the plastic recycling / recycling sector and risk assessment has been done by Pre-Hazard Analysis (PHA) method in order to determine occupational health and safety risks.

Keywords: Plastic packaging recycling, occupational health and safety, risk analysis

1. GİRİŞ

Plastik maddeler düşük ağırlıkta, ucuz, kolay işlenebilir ve birçok alanda kullanılan önemli ticari malzemelerdir. Plastik maddelerin çoğunlukla bir defa kullanıp atılmalarından dolayı “atık plastikler” dünya genelinde önemli çevre sorunları haline gelmiştir [1]. Günümüzde hem doğal kaynakların korunması hem de katı atık depolama alanlarının daha uzun süre kullanımı amacıyla geri kazanım ve geri dönüşüm faaliyetleri büyük önem kazanmıştır [2]. Avrupa’ da, otomotiv, inşaat, elektrik ve elektronik malzeme sektöründe yoğunluğundan

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:+90 388 225 2264 ; e-mail / e-posta: sevgidemirel@ohu.edu.tr

dolayı 24,6 milyon ton atık plastik ambalaj üretilmesine neden olmaktadır. Atıkların %50'si depolama alanında, %20'si geri dönüşümde, %30'u enerji kazanımında kullanılmaktadır [3]. 2008/98/EC Atık Çerçeve Direktifinde evsel atık, kâğıt, plastik ve cam atıklar dâhil %50 geri dönüşüm hedefi belirlenmiştir. Geri dönüşümde öncelik sırasında atık yönetim hiyerarşisine uygun olarak, önleme, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve diğer yöntemler uygulanmaktadır [4]. Türkiye'de de AB Direktifleri doğrultusunda; sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının çok daha fazla desteklenmesi planlanmaktadır. Ulusal Geri Dönüşüm Eylem Planı'na göre ülkemizde plastik geri dönüşüm hedefi 2020 yılı için %60'tır [5]. Bu hedefe ulaşmak için geri dönüşüm sektörü ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

IBC (Intermediate Bulk Container) ve plastik bidonlar neme ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı plastik ambalajlardır [6,7]. Bu özelliklerinde dolayı, birçok endüstride (gıda, kimya, otomotiv ve tekstil vb.) kimyasal madde taşınması ve depolanmasında tercih edilmektedir. Plastik ambalajlar, geri dönüşüm tesislerinde, kirliliği oluşturan malzemeye ve boyutlarına göre sınıflandırılarak depolanmaktadır. Kullanılabilir IBC ve plastik ambalajlar belirli temizleme metotları kullanılarak yeniden kullanım için hazırlanmaktadır. Kullanım ömürleri sona ermiş olan IBC ve plastik bidonlar fiziksel ve mekanik geri dönüşüm metotlarıyla hammadde elde etme, atıkları gazlaştırma, yakma gibi işlemlerden geçirilerek elektrik ve yakıt enerjisi elde etmede de kullanılmaktadır.

Gün geçtikçe kimyasal madde kullanımının artması insan ve çevre sağlığını risk altına almaktadır. Bu bağlamda geri dönüşüm işlemi yapılırken de çevre ve insan sağlığı göz önüne alınmalıdır. Tehlikeli plastik ambalajların geri dönüşümünü yapan tesislerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisanslandırılmış olmaları zorunludur. Şekil 1'de ülkemizde tehlikeli atıkların geri kazanımını yapan lisanslı firma sayılarının yıllara göre dağılımı verilmiştir. Şekil 1'de de görüldüğü üzere Ulusal Geri Dönüşüm Eylem Planı'na uygun olarak lisanslı geri kazanım tesislerinin sayısı giderek artmaktadır



Şekil 1. Tehlikeli atık lisansı olan firmaların yıllara göre dağılımı [8]

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun hedefleri doğrultusunda, işverenler iş yeri kazalarının azaltılmasına yönelik tedbirler almakla yükümlü kılınmıştır. Bu amaçla, risklerin öngörülmesi, değerlendirilmesi ve bu riskleri tamamen ortadan kaldırmak ya da zararlarını en aza indirebilmek için çeşitli çalışmaların yapılması gerekmektedir [9]. Tehlikeli atık bertaraf tesislerinde iş kazalarına ve meslek hastalıklarına yol açabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik, mekanik, ergonomik, elektrik kaynaklı iş sağlığı ve güvenliği risk faktörleri ile karşılaşmak mümkündür.

Ön tehlike analizi (PHA), bir işletmede özellikle tasarım aşamasında ya da hiç risk değerlendirme çalışması yapılmamış bir tesiste ilk yapılacak risk değerlendirme metodolojisidir [10]. Oluşturulacak bu risk envanteri ile muhtemel görülen risklere yönelik kontrol tedbirleri belirlenir ve riskler erken aşamalarda, üretim başlamadan önce ortadan kaldırılır ya da kabul edilebilir düzeylere indirilir. Belirli bir sisteme, deneyimli bir personel tarafından düzenli olarak uygulandığında PHA mevcut kısıtlı tasarım verilerine dayanarak sistem tehlikelerinin belirlenmesinde uygun bir risk değerlendirme metodudur [11].

Literatür çalışmaları incelendiğinde; iş kazaları, risk değerlendirmesi ya da güvenlik uygulamaları üzerine çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, iş güvenliği ve işçilerin maruz kaldığı risklerin değerlendirilmesinde PHA analizinin ilkelerini kullanan çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışmada, özellikle plastik geri dönüşümü yapan firma çalışanlarının maruz kaldıkları riskler ve bu risklerin azaltılması ya da ortadan kaldırılması için alınması gereken tedbirler ortaya konulmuştur. İlgili parametreler, PHA çerçevesinde tanımlanmış ve çözüm önerileri

BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE ÖN TEHLİKE ANALİZİ (PHA) İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

sunulmuştur. Çalışma kapsamında öncelikle, geri dönüşüm firmasına gelen plastik ambalajların karakterizasyonu yapılmış daha sonra tesiste Ön Tehlike Analizi (PHA) ile risk değerlendirme yapılmıştır.

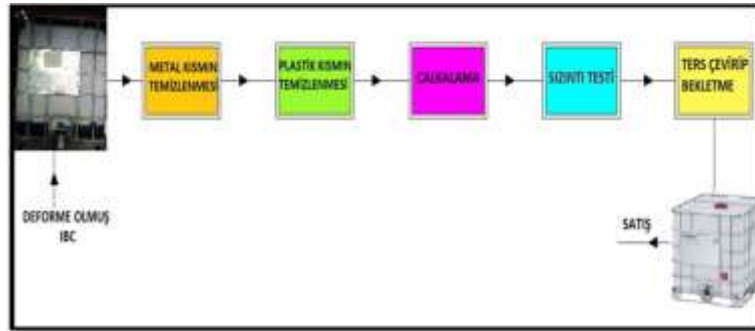
2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Bursa ilindeki tekstil, otomotiv, gıda ve deri sanayi gibi kimyasal malzeme kullanan sanayi tesislerinden atık kabul eden bir plastik geri dönüşüm tesisinde yapılmıştır. Atık ambalaj malzemelerinin toplandığı sektörler ve hangi tür kimyasal malzeme taşıdıkları Tablo 1' de yer almaktadır.

Tablo 1. Plastik geri dönüşüm firmasının atık kabul ettiği sektörler

Gıda	Tekstil	Kimya, Otomotiv	Deri
Sülfamik asit	Amonyum klorür	Sodyum hidroksit	Polietilen glikol
Sitrik asit	Polietilen glikol	Hidrojen peroksit	
Adipik asit	Asetik asit	Sodyum sitrat	
	Formaldehit	Hidroklorik asit	
	Sodyum karbonat	Fenoksi etanol	
	Sodyum hipoklorit	Avicenna 32	
	Sodyum karbonat	Formik asit	
		Sitrik asit	
		Potasyum hidroksit	

Geri dönüşüm tesisinde mevcut yıkama ve yeniden kullanıma hazır hale getirme işlemleri Şekil 2 ve 3'deki akış diyagramlarında özetlenmiştir. Hasar görmemiş IBC ve bidonlar aşağıdaki prosedürlere göre yıkama işlemlerine tabi tutulurken, deforme olmuş ambalajlar ise kırma işlemine gönderilerek geri kazanılmaktadır.

**Şekil 2.** Tesiste IBC'lerin yıkama prosesi**Şekil 3.** Bidonların yıkama prosesi

Tesise gelen hasar görmüş ambalajlar kırma makinesinde kırılarak daha küçük boyutlara getirilmektedir. Kırılan plastik ambalajlar kostik ve su dolu havuzda yıkanmaktadır. Yıkanan plastikler durulama havuzuna

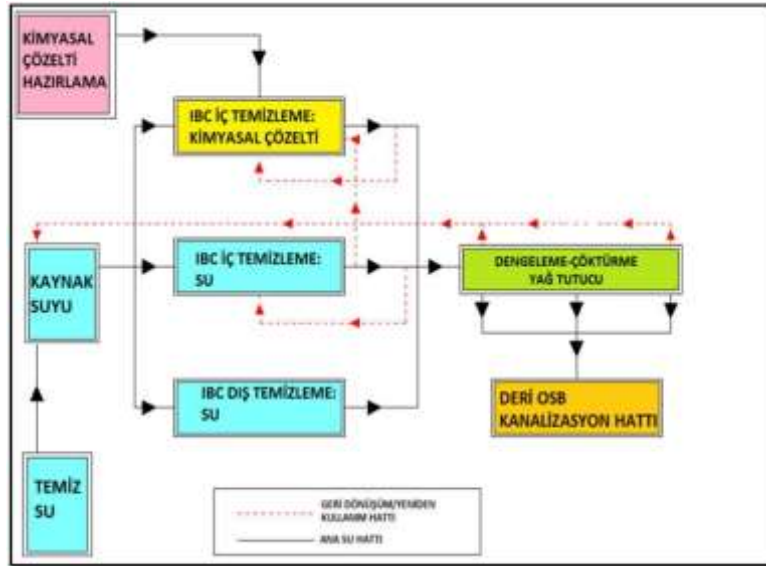
aldıktan sonra kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Temizlenen parçalar depolama bölümüne gönderilerek satışa sunulmaktadır. Böylece başka bir sektörde ham madde olarak yeniden kullanımı mümkün olmaktadır

Çalışma kapsamında, geri dönüşüm tesisinde, iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelenerek, muhtemel risklerin belirlenmesi ve çözüm önerileri sunulması amacıyla, Ön Tehlike Analizi (PHA) ile risk değerlendirmesi çalışması yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Geri Dönüşüm Aşamaları İle İlgili Çalışmalar

Kirlilik önleme çalışmaları ile kaynak kullanımını ve kirleticilerin kaynağında azaltılmasını sağlamak mümkündür. Çalışılan tesiste hem kimyasal madde hem de su kullanımını azaltmaya yönelik, geri dönüşüm ve yeniden kullanım aşamalarını içeren alternatif IBC temizleme akım şeması önerilmiştir (Şekil 5). EPA tarafından 2012 yılında, endüstriyel IBC ve bidon temizleme firmalarına ilişkin raporda incelenen bazı tesislerde, kimyasal madde ve suyun yeniden kullanıldığı gözlemlenmiştir. Raporda ifade edildiği üzere, bahsi geçen tesislerde kimyasal temizleme çözeltilerinin 3, 6 ay gibi uzun süreler boyunca yeniden kullanıldığı görülmüştür [12]. Önerilen IBC temizleme akım şeması ile kullanılan toplam kimyasal madde ve su miktarının azaltılması mümkün olabilecektir.



Şekil 5. Tesiste su atıksu yönetimi için önerilen sistem

Plastik ambalajlarda geri dönüşümün temel noktası, atığı kaynaқта ayırma işlemidir. Plastik ambalajlar firmalardan toplandıktan sonra geçici olarak depolama işlemi için geri dönüşüm firmasında ayrılan alan çok kısıtlıdır. Ambalajların geçici olarak depolanma yerleri yetersiz ve dağınıktır. Plastik ambalajların dağınık depolamasını ve yetersiz olan depolama alanında düzensiz kullanımını engellemek gerekmektedir.

Kontamine olmuş plastik ambalajlar firmalardan toplanma aşamasında atığın alındığı firma tarafından kontamine olmuş plastik ambalaj uygun şekilde muhafaza edilmeden teslim edilmektedir. Dolayısıyla, araçlardan plastik ambalajların boşaltılması ve ayrımı sırasında kimyasalların bileşimindeki yoğun kokudan ve kayganlıktan çalışma ortam koşulları zorlaşmaktadır. Taşıma sırasında korunaklı olmayan kontamine olmuş plastik ambalaj içerisindeki kimyasallar aracın içine dökülerek yayılmaktadır. Atık plastiklerin, alındığı firma tarafından uygun şekilde muhafaza edilmesi sağlanmalıdır.

Kontamine olmuş plastik ambalajların içerisindeki kimyasalların giderimi, kırma makinesinden sonra yıkama havuzlarında oluşturduğu çamur önemli bir sorundur. Ambalajlar toplanan firmalardan sıyrılmadan gelmesi durumunda, geri dönüşüm firmasının bir sıyrıcı makine tahsis etmesi, plastik ambalajların içerisindeki kimyasallar önce sıyrıcı makineden sıyrılip daha sonra kırma makinesi önerilmektedir. Bu şekilde yıkama havuzunda meydana gelen çamur büyük miktarda azalma gösterecektir. Havuz suyu daha uzun süre kullanılacak ve arıtmaya verilen suda kirletici miktarı azalmış olacaktır. Durulama havuzunun daha uzun sürelerde

BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE ÖN TEHLİKE ANALİZİ (PHA) İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

değişiminin yapılması su tüketimini, azaltmakta, hammadde üretim zamanını artırmakta ve personelin üretim kapasitesini arttırmaktadır. Ayrıca, bu tarz tesislerde otomasyona geçmek su kullanımı, atıksu oluşumu ve enerji verimliliği hususlarında iyileştirmelere vesile olacaktır. Temizlenmiş IBC ve bidonlarda sızıntı olup olmadığına karar vermek için “sızıntı testi” yapılmaktadır. Bu işlem sırasında kullanılan suyun da tesise geri dönüşümü sağlanabilir.

3.2. İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Risk Değerlendirmesi

Her işyerinde çalışma koşullarından ve yapılan işten kaynaklanan çeşitli riskler bulunmaktadır. Bu riskler; kazalar, malzeme kaybı, iş ekipmanlarının hasar görmesi ile sonuçlanabileceği gibi, çalışanlarının yaralanmalarına, hastalanmalarına, uzuvlarını kaybetmelerine hatta ve hatta ölümlerine de neden olabilir [13]. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre tesis ve tesiste çalışanların sağlık ve güvenlik yönünden korumak, potansiyel riskleri ortadan kaldırmak ya da kabul edilebilir düzeye indirmek, işverenin yükümlülüğündedir [9]. Bir tesiste oluşabilecek riskleri, risk korunum önlemleriyle önlemek, riski en aza indirmek ya da tamamen yok etmek kontrol-önlem hiyerarşisi ile mümkündür (Şekil 6).

Risk analizi ve yönetimi süreci, önceden belirlenmiş kesin adımları olan prosesler değildir. Kantitatif ve kalitatif risk analizi yöntemlerinin çatısı altında, bir çok risk analizi metodolojisi mevcuttur. Bu metodlar, riski yorumlama aşamasında birbirinden ayrılırlar. Bu nedenle de risk analistinin tecrübesi ve birikimi riski yorumlama aşamasında büyük önem kazanır [14].

PHA metodu, kaza daha hiç olmadan sistemin risklerini öngörme, bunların önemine karar verme, bu riskleri azaltma veya eğer mümkünse ortadan tamamen kaldırma esasına dayanan *proaktif* bir yaklaşımdır. Yapılan çalışmalarda PHA metodu kullanılarak risklerin erken aşamada önlenildiği ve kabul edilebilir risk düzeyine indirildiği gözlemlenmiştir. PHA metodunun uygulanması işletmeler açısından oldukça kolay ve basittir. PHA metodu inşaat sektöründe uygulanmış ve risklerin önceden tespit edilmesiyle birçok risklere karşı konulabilmiştir [11]. PHA metodu tekstil sektöründe de uygulanmış ve tesiste oluşabilecek risklerin daha öngörülebilir olduğu anlaşılmıştır [15].



Şekil 6. Kontrol önlemleri hiyerarşisi

İncelenen geri dönüşüm tesisinde, iş sağlığı ve güvenliği risklerinin belirlenmesi ve riskler için öneriler sunulması amacıyla PHA metodu ile risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bu yöntemde öncelikle potansiyel riskler belirlenmektedir. Belirlenen riskler öncelik durumuna göre ele alınarak, risklerin çözümleri için çalışmalar yapılabilir. PHA yönteminde önemli iki nokta vardır [16];

- 1- Tesiste riskin oluştuğu sıklık
- 2- Riskin oluşturduğu sonuç

PHA sürecinin en temel aşaması tehlikelerin tanımlanması işlemidir. PHA metodunun temel prensibi, bir tehlike ve risk envanteri çıkartılması ve buna bağlı olarak kontrol tedbirlerine karar verilmesi hususuna dayanmaktadır [17]. Bu yüzden tehlikelerin belirlenmesi aşamasında azami dikkat gösterilmeli ve ulaşılabilir durumdaki bütün veri ve bilgiler değerlendirilerek ortaya çıkması muhtemel tüm tehlikeler dikkate alınmaya çalışılmaktadır. Tesiste riskler, personel kaynaklı, ekipman kaynaklı ve kullanılan kimyasal malzemelerden kaynaklanabilmektedir.

S. DEMİREL, N. SERT

Gambatese ve Hinze (1999) tarafından yapılan bir araştırmada, 400'ün üzerinde tasarım önerisi toplayıp inceleyerek inşaat aşamasında kazaları büyük oranda azaltacak 359 tasarım önerisi belirlemişlerdir [18]. Güranlı tarafından, 2011 yılında yapılan bir çalışmada ise Gambatese ve Hinze'nin (1999) çalışmalarındaki tasarım önerileri ile Türkiye'deki kaza oranları kıyaslanarak tasarım aşamasında güvenliğin önemi ortaya konulmuştur [19]. Gambatese ve Hinze'nin araştırmalarındaki önerilerden insan düşmesi, elektrik çarpması ve malzeme düşmesi, malzeme sıçraması vb. ile ilgili önerilerin toplam öneriler içinde %53,7'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir.

Ön tehlike analizi matrisinde tehlike, tehlikenin sebepleri, tehlikeden kaynaklanabilecek kazalar, tehlikeleri ortadan kaldırmak veya tehlikeler için çözüm yolları yer almaktadır. Bu amaçla, meydana gelebilecek olaylar, olasılık ve şiddet düzeyine göre sınıflandırılarak tablo oluşturulmaktadır (Tablo 2) [8].

Tablo 2. Ön tehlike analizi olasılık seviyeleri

Açıklama	Seviye	Durum
Sık sık	A	Sürekli yaşanan
Olası	B	Sıklıkla yaşanabilecek
Ara sıra	C	Birkaç defa yaşanabilecek
Uzun Olasılık	D	Muhtemel olmayan ancak makul surette meydana gelmesi beklenebilir olan
Beklenmedik	E	Meydana gelmesi muhtemel olmayan ancak mümkün olan
Kaldırılmış	F	Ortaya çıkması mümkün olmayan. Bu seviye potansiyel tehlikeler tanımlanıp sonra ortadan kaldırıldığında kullanılır.

Tesisin risk maruziyetini göstermek amacıyla risk çizelgelerinin kullanılması çok etkili bir uygulamadır [20]. Bahsi geçen adımlar takip edilerek hazırlanan risk değerlendirmesinde tespit edilen tehlikeli olaylar, olayların nedenleri, mevcut koruma önlemleri, alınması gereken ek tedbirler tespit edilmektedir. Plastik geri dönüşüm firması içerisinde riskin en yoğun olduğu bölgelerde 37 adet risk tespit edilmiştir. Tablo 3'de tesiste meydana gelebilecek tehlikeli olaylar, risk seviyeleri ve aciliyet durumları yer almaktadır. Tesiste 18 adet A-B kategorisinde "koruma tedbirlerine gözden geçir ve pratik çözüm uygula" yöntemiyle % 49, 16 adet riskle B-C kategorisinde "koruma tedbirlerini gözden geçir ve tesiste mutlaka uygula" yöntemiyle %43, 3 adet riskle C-D kategorisinde "koruma tedbirleriyle devam et" yöntemiyle %8 'lik risk diliminde yer almaktadır.

Tablo 3. Tesiste meydana gelebilecek tehlikeli olaylar

Risk Seviyesi	Aciliyet Durumu	Tesiste Olabilecek Tehlikeli Olaylar	PHA Öncesi Ortaya Oranı	Analizi Riskin Çıkma
A-B	Koruma tedbirlerini gözden geçir ve pratik çözüm uygula	Atıkların taşınması esnasında dökülmesi	% 49	
		Çevreden kaynaklanabilecek yangın kazaları		
		Yangın söndürme sisteminin çalışmaması		
		Acil durum eylem planı krokisinin asılı bulunmaması		
		Termal konfor şartlarının iyileştirilmesi		
		Toprak, hava, su kirliliği		
		Bakım onarım sırasında yaşanabilecek kazalar		
		IBC'lerin 3m.'den daha fazla yükseklikte istiflenmesi		
		Plastik bidonların araçlardan gelişigüzel boşaltılması		
		Yaya ve forklift yolunun olmaması		
		Uygun olmayan atıkların sahaya girmesi		
		Araçlardan atık boşaltımı esnasında kimyasal maruziyeti		
		Dikkatsiz çalışan personel		
		Ekipmandan kaynaklı kazalar		
		Kimyasalların bilinçsiz kullanımından oluşabilecek kazalar		
		Plastik ambalajların düşmesi, araç çarpması		
		Forklift operatörünün koku, gürültü, titreşim maruziyeti		

BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE ÖN TEHLİKE ANALİZİ (PHA) İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Risk Seviyesi	Aciliyet Durumu	Tesiste Olabilecek Tehlikeli Olaylar	
B-C	Koruma tedbirlerini gözden geçir ve tesiste mutlaka uygula	Koku maruziyeti	% 43
		Gürültü maruziyeti	
		Toz maruziyeti	
		Elektrik trafolarından kaynaklanan yangın	
		Kırma makinesinin hareketli parçasına uzuv sıkışması	
		Tesiste tehlikeli atık bulunması	
		Çalışanların sağlık raporlarının detaylı geçmişi eksikliği	
		Çalışanların psikolojisi	
		Kişisel koruyucu donanım eksikliği	
		Tesisteki makinelerde non-stop düğmesinin olmaması	
		Korkuluksuz merdiven	
		Kimyasal sıçramasıyla oluşabilecek yanıklar	
		Basınçlı gaz tüplerinin patlama ihtimali	
		Bazı makinelerin elektrik hatlarında topraksız olması	
		Tesiste kullanılan zeminin kaygan ve pürüzsüz olması	
IBC'lerin yıkanması esnasında kayma, düşme ihtimali			
Tesiste uyarıcı levha eksikliği			
Risk Seviyesi	Aciliyet Durumu	Tesiste Olabilecek Tehlikeli Olaylar	
C-D	Koruma tedbiriyle devam et	Alt yüklenici firmanın hatalı çalışması	% 8
		Koku maruziyeti	
		Yemekhane, lavabolarda oluşabilecek mikrobiyolojik ortam	

Bu adımda risklerin kabul edilebilir düzeye indirilmesi için gerekli kontrol tedbirlerine karar verilmiştir. Öncelikle, tehlikenin tamamen ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Ancak; bunun mümkün olmadığı durumlarda, riske maruziyet en aza (kabul edilebilir düzey) indirilmeye çalışılmıştır. İş sağlığı ve güvenliği performansının düzenli bir şekilde izlenmesi ve ölçülmesi önemlidir. Tesiste PHA analizinin uygulanması ile gözlemlenen iyileştirmeler Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Tesiste risklerin en aza indirildiği veya ortadan kaldırıldığı bölümler

Risk Seviyesi	Aciliyet Durumu	İyileştirme Alanları	PHA Sonrası İyileştirme Oranları
A-B	Koruma tedbirlerini gözden geçir ve pratik çözüm uygula	<ul style="list-style-type: none"> *Atıkların taşınması esnasında dökülmemesi için atıklar streç film tarzında malzemeyle korunmuştur. *Yangın söndürme sistem bakımları periyodik olarak kontrol altına alınmıştır. *Acil durum eylem planı krokisinin asılmıştır. *Çalışanların hijyen bakımı için iş elbiseleri ve günlük elbiseleri için ayrı dolaplar tahsis edilmiştir. *Bakım onarım sırasında yaşanabilecek kazalar için önlemler alınmıştır. *IBC'lerin 3m.'den daha fazla yükseklikte istiflenmesi engellenmiştir. *Plastik bidonların araçlardan gelişigüzel boşaltılması engellenmiştir. *Uygun olmayan atıkların sahaya girmesi kontrol altına alınmıştır. *Dikkatsiz çalışan personel ve kimyasalların bilinçsiz kullanımından oluşabilecek kazalar için çalışanlara periyodik aralıklarla eğitim 	% 37

Risk Seviyesi	Aciliyet Durumu	İyileştirme Alanları	İyileştirme Yüzdeleri
		düzenlenmiştir. *Ekipmandan kaynaklı kazalara önlem alınmıştır. *Forklift ve yaya yolu birbirinden ayrılmıştır. *Termal konfor şartlarının iyileştirilmiştir.	
B-C	Koruma tedbirlerini gözden geçir ve uygulamaları tesiste mutlaka sağla	*Gürültü maruziyeti kulak koruyucuları ile 87 dB seviyesine indirilmiştir. *Toz maruziyeti toz maskeleriyle önlem alınmıştır. *Tesiste tehlikeli atıklar için tehlikeli atık sahası yapılmıştır. *Çalışanların sağlık raporlarının detaylı geçmişi temin edilmiştir. *Kişisel koruyucu donanım kullanımı ile ilgili eğitim verilmiştir. *Merdivenlere korkuluk eklenmiştir. *Basınçlı gazlı tüplerin patlamasını engellemek amacıyla periyodik bakım takvimi oluşturulmuştur. *Tesiste uyarıcı levhalar artırılmıştır.	% 50
Risk Seviyesi	Aciliyet Durumu	İyileştirme Alanları	İyileştirme Yüzdeleri
C-D	Koruma tedbirleriyle devam et	* Alt yüklenici firmaların hatalı çalışmaları engellemek için işe başlamadan önce firma çalışanlarına eğitimler düzenlenmektedir.	% 13

İşletmede olabilecek kazalara karşı alınabilecek en iyi önlem çalışan elemanların eğitilmesidir. Bu amaçla yapılan eğitim çalışmaları, riske maruziyeti azaltmada etkili olmuştur. Periyodik eğitimlere ilave olarak tesiste riske maruziyeti en aza indirmek amacıyla, kişisel koruyucular (baret, koruyucu ayakkabı ve gözlük vb.) temin edilmiş ve düzenli kontrollerle kullanımları takip edilmiştir. İşletmede plastik ambalaj temizleme ve kırma makinelerinden kaynaklı gürültü, sınırı aşılmaktadır. İşletmede daha rahat çalışılması için her zaman kullanılacak dB düşürücü, kullan-at kulak koruyucular temin edilmiştir. Tesise gelen atıkların tehlikeli ve zararlı etkilerinden dolayı, tesiste bilgilendirme levhaları ve bu maddelerden dolayı etiketlemeler yapılmıştır. IBC'lerin tesiste gelişigüzel istiflenmesine ve depolanmasına son verilmiş, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği açısından IBC istifi 3 metreyi aşmayacak şekilde düzenlenmiştir. Kırma makinesinin uzuv sıkışacak bölümleri kapatılmış, kaçak akım röleleri yapılmış ve çalışanlara uygun kişisel koruyucu donanımlar verilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, A-B kategorisinde %37 iyileşme, B-C kategorisinde %50 iyileşme ve C-D kategorisinde %13 oranında iyileşme gözlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir plastik geri dönüşüm tesisinde Ön Tehlike Analizi (PHA) ile risk değerlendirmesi çalışması yapılmıştır. Literatür çalışmaları incelendiğinde, geri dönüşüm tesislerinde bu yöntemin daha önce kullanılmadığı görülmüştür. Çalışmaya konu olan tesiste, uygun düzeltici ve önleyici faaliyetler tespit edilmiş, uygulamaya geçmeden önce PHA risk değerlendirme yöntemi ile incelenmiştir. Tesiste PHA metodu ile öngörülen risklerin, koruyucu-önleyici tedbirlerle ortadan kaldırılması ya da risk düzeyinin azaltılması amacıyla periyodik eğitimler ve periyodik kontroller içeren bir takım çalışmalar yapılmıştır. Tesiste risklerin %49'u A-B kategorisinde, %43'ü B-C kategorisinde, %3'ü C-D kategorindedir. PHA metodunun uygulanması ile A-B kategorisinde % 37 iyileşme, B-C kategorisinde % 50 iyileşme ve C-D kategorisinde % 13 oranında iyileşme gözlenmiştir. Tesiste PHA metoduyla, periyodik eğitimlerle, periyodik kontrollerle riskleri azaltmak, ortadan kaldırmak veya kontrol altına almak mümkündür. Tüm bu bilgiler ışığında ve geri dönüşüm tesis sahasında yürütülen ön tehlike analizi sonuçlarına dayanarak, geçmiş tecrübelerle dayalı tehlikelerin belirlenerek bu tehlikelerin büyük oranda önlenilebileceği görülmektedir. Ayrıca yürütülecek risk değerlendirmesi çalışmalarıyla sonradan karşılaşılan diğer tehlike ve riskler tespit edilerek iyileştirme sağlanabilecek olup karşılaşılan her

BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE ÖN TEHLİKE ANALİZİ (PHA) İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

tehlike ve risk bir sonraki PHA çalışmalarına girdi sağlayacağı için sistem sürekli kendisini geliştiren bir hale dönüşecektir. PHA metodunun kolay uygulanabilir olması, sistemdeki tehlike ve risklere odaklanarak titiz bir çalışma sağlaması, sistemde karşılaşılabilecek tehlikelerin büyük çoğunluğunu ortaya kayabilmesi, mantıklı sonuçlar üreterek olası iş kazalarının, dolayısıyla para, zaman ve prestij kaybının önlenmesi ve sürekli kendini geliştirebilecek bir yöntem olması gibi avantajlarının olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] EUROPE PLASTICS, “An Analysis Of European Plastics Production, Demand and Waste Data”, Plastics, The Fact, Plastics Europe, 2017.
- [2] MANUILOVA, A., "Life Cycle Assessment Of Industrial Packaging For Chemicals", Graduate, Akzo Nobel Surface Chemistry AB and Chalmers University of Technology, Sweden, 8-48, 2003.
- [3] LUIJSTERBURGA, B. and GOOSSENS, H., “Assessment of plastic packaging waste: Material origin, methods, properties”, Resources, Conservation and Recycling, 85, 88–97. 2014.
- [4] LAZAREVIC, D., Aoustina, E., BUCLET, N., BRANDT, N., “Plastic waste management in the context of a European recycling society: Comparing results and uncertainties in a life cycle perspective”, Resources, Conservation and Recycling, 55, 246–259. 2010.
- [5] <http://webdosya.csb.gov.tr/db/ugds/ustmenu/ustmenu615.pdf> (Erişim tarihi: 13.03.2018)
- [6] FENG, Z., ZHAO, L., WANG, S. and HOU Q., “Study on Low Carbon Transition for Hazardous Chemical Packaging Based on Life Cycle Assessment and Grey Model”, Preprints. 2017.
- [7] BARTOLOME, L., IMRAN, M., CHO, B. G., AL-MASRY, W. A. and KIM D. H., “Recent Developments in the Chemical Recycling of PET”, Material Recycling – Trends and Perspectives, 65-85. 2012.
- [8] ERCAN, M., “Tehlikeli Atık Bertaraf Tesislerinin İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden İncelenmesi”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, ANKARA, 2016.
- [9] 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Resmi Gazete Tarihi: 30.06.2012 Sayısı: 28339
- [10] AKPINAR, T., ÇAKMAKKAYA, B.Y., “İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İşverenlerin Risk Değerlendirme Yükümlülüğü”, Çalışma ve Toplum, 1, 273-304, 2014.
- [11] AYDOS, M. R., “Üst Yapı İnşaatlarında Ön Tehlike Analizi (PHA) İle Risk Değerlendirmesi”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, ANKARA, 2015.
- [12] USEPA, Preliminary Data Summary for Industrial Container and Drum Cleaning Industry, EPA 821-R-02-011, Washington, 4-1, 5-17, 2012.
- [13] CEYLAN, H. ve BAŞHELVACI, V. S., “Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama”, International Journal of Engineering Research and Development, 3 (2). 2011.
- [14] <http://www.onderakademi.net/blog/kitaplar/risk-degerlendirme-kitabi.pdf> (Erişim tarihi:19.03.2018)
- [15] AY, S., “İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Kot Üretimi Yapan Bir İşletmede Risk Değerlendirme Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Yenyüzyıl Üniversitesi, Risk Değerlendirme Uygulamaları Anabilim Dalı, İstanbul, 16-24. 2014.
- [16] <http://www.bursaderiosb.com/s/cevre-yonetim-bilgileri-46.html> (Erişim tarihi: 16.11.2017)
- [17] IŞIK, M. K., “Gemi Bakım Ve Onarım Sektörü Kapalı Alanlarında İş Sağlığı Ve Güvenliği”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.
- [18] GAMBATESE, J. and HİNZE J., “Addressing construction worker safety in the design phase: Designing for construction worker safety”, Automation in Construction, 8(6), 643-649. 1999.
- [19] GÜRCANLI, G.E., “İnşaatlarda Tasarım yoluyla İş Güvenliği”, Türkiye Mühendislik Haberleri, 469, 56-68. 2011.
- [20] ALP, E., “Risk Assessment and Management with A Focus on Releases of Hazardous Materials”. Merv Fingas (In the Handbook of Hazardous Materials Spills Technology). Canada: McGraw-Hill; 1-50, 2001.