

Kimya Sektöründe Hazop ve Eta Risk Değerlendirmesi Yöntemleri ile Çalışanların Sağlık Riskinin Kontrolü

Habibe Er

İstanbul Aydın Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği
her@stu.aydin.edu.tr
0009-0006-9565-6476

Gülizar Hoşten*

İstanbul Aydın Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği
guluzarhosten@aydin.edu.tr
0000-0001-7290-3936

ÖZET

Endüstriyel yangın ve patlamaların artmasıyla birlikte, üretim süreçlerindeki risklerin yönetimi, iş güvenliği ve çalışan sağlığı açısından daha da kritik hale gelmiştir. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'nin raporuna göre, 2022 yılında ise son 5 yılın tespit edilen en yüksek sayısına ulaşmış olup 587 endüstriyel yangın ve patlama gerçekleşmiştir. 139 yaralı ile 22 sigortalı iş gören yaşamını yitirmiştir. Kimya sektöründe, işletme ve çevreye zarar verebilecek risklerin domino etkisi dikkate alınarak özel risk değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. İstanbul'da elektrometal kaplama işleri yapılan bir otomotiv yedek parça üreticisi için Tehlike ve İşletim Analizi (HAZOP) ve Olay Ağacı Analizi (ETA) analizleriyle potansiyel riskler ve kritik olaylar belirlenmiş, çalışanlar için olası sağlık riskleri ve önlemler kurum yetkilisine sunulmuştur. Ancak, bu risklerin ne sıklıkta ve şiddette olabileceği raporda belirlenememiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel yangın ve patlamalar, kimya sektörü risk yönetiminde çalışan sağlığı ve güvenliği, HAZOP (Tehlike ve işletim analizi), ETA (Olay ağacı analizi)

*Sorumlu yazar

Makale geliş tarihi: 24/09/2024 - Makale kabul tarihi:17/10/2024

DOI:10.17932/IAU.ASD.2015.007/asd_v010i3004

Control of Health Risk of Employees in The Chemical Industry With Hazop and Eta Risk Assessment Methods

ABSTRACT

With the increase in industrial fires and explosions, the management of risks in production processes has become even more critical in terms of occupational safety and employee health. According to the report of TMMOB Chamber of Chemical Engineers Istanbul Branch, 587 industrial fires and explosions took place in 2022, reaching the highest number of the last 5 years. 139 injured and 22 insured workers lost their lives. In the chemical industry, special risk assessment methods have been developed, taking into account the domino effect of risks that may harm the business and the environment. For an automotive spare parts manufacturer in Istanbul, where electrometal coating works are carried out, potential risks and critical events were identified by Hazard and Operational Analysis (HAZOP) and Event Tree Analysis (ETA) analyses, and possible health risks and precautions for employees were presented to the corporate authority. However, the frequency and severity of these risks could not be determined in the report.

Keywords: *industrial fires and explosions, employee health and safety in chemical industry, risk management, HAZOP (hazard and operational analysis), ETA (event tree Analysis)*

GİRİŞ

Sanayileşmeyle birlikte çalışma hayatında yaşanan köklü değişimler, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kavramını ön plana çıkarmıştır. Ülkemizde ve uluslararası alanda iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili birçok yasal düzenleme bulunmaktadır. İSG, çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal olarak sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmasını sağlayarak, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeyi, çalışanların işine olan bağlılığını artırmayı, üretim sürekliliğini sağlamayı ve işletmelerin karlılığını artırmayı amaçlar. Bu hedeflere ulaşmak için iş yerlerindeki mevcut ve potansiyel tehlikelerin doğru bir şekilde belirlenmesi, risklerin değerlendirilmesi ve etkin kontrol önlemlerinin alınması gerekmektedir. İSG, işletmelerin sürekli olarak geliştirmeleri gereken bir kültür ve yönetim sistemidir(Çiçek & Öçal, 2016; Kılış, 2022).

Ülkemizde yürürlükte olan 6331 sayılı yasayla iş sağlığı ve güvenliği yasasının (Resmi Gazete, 2012b) getirdiği en önemli yeniliklerden biri, 4. madde c fıkrasında işverene "risk değerlendirmesi yapma veya yaptırma" zorunluluğu getirmesidir. Bu amaçla yürütülen risk değerlendirmesi, işyerlerindeki tehlikeleri ve riskleri belirleyerek bunlara karşı önlem almayı amaçlayan bir süreçtir. Olası tehlikelerin önemi ve çeşitliliğini kontrol etmek amacıyla risk analizi yöntemlerinden bazen biri bazen de birden fazlasına başvurulur.

Kimya endüstrisinde İSG; kullanılan kimyasallar, yanıcı maddeler laboratuvar ve üretim alanlarında kimyasal maddelerle çalışırken oluşabilecek sağlık risklerini en aza indirmeyi hedefler. Kimyasal işlemler sırasında, tehlikeli maddelerin kullanımı, reaktif süreçler ve potansiyel kazalar göz önünde bulundurularak risk analizleri yapılır. Olası iş kazalarının önlenmesi, çevresel risklerin azaltılması amaçlanır. Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2019) ile Büyük Endüstriyel Kazalarla İlgili Hazırlanacak Büyük Kaza Senaryo Dokümanı Tebliği (Resmi Gazete, 2020) kapsamında iş kazalarını önleme çalışmaları yasal dayanağı oluşturur. Kimyasal işlemlerin yürütülmesi İSG mevzuatı doğrultusunda kimyasal güvenlik, çalışanların eğitimi, acil durum planları ve cezai yaptırımlar gibi konuları kapsarken kimyasal kazaları, zehirlenmeleri ve diğer mesleki hastalıkları önleme, yanı sıra çalışan sağlığını koruma için gerekli tedbirleri de içerir. Bu kurallar, kimya sektöründe çalışanların sağlığı ve güvenliği için kritik öneme sahip olup uyulması zorunludur (Demir, 2010).

Bu yöntemler, tehlikeleri öngörme ve riskleri en aza indirme amacıyla tasarlanmıştır ve etkili bir risk yönetimi stratejisinin temel taşlarından. Bu yöntemlerden kontrol listesi yöntemi, çalışma ortamındaki risklerin varlığını tespit etmek için kullanılan bir gözden geçirme yöntemidir ve genellikle risk değerlendirme çalışmasının ön hazırlık aşamasında tercih edilir. 'Olursa Ne Olur?' yöntemi, potansiyel tehlikelerin ve risklerin muhtemel sonuçlarını belirleyerek, her durum için çözüm önerileri geliştirmeyi amaçlar. L Tipi Matris yöntemi ise, riskleri oluşma ihtimali ve sonuçlarının şiddetine göre puanlayarak değerlendirir ve bu yöntem, basitliği ve kullanışlılığı nedeniyle birçok sektörde yaygın olarak kullanılır. Bu analiz yöntemlerine ek olarak Fine-Kinney Analiz Metodu, tehlikenin etkisini değerlendirmek için kullanılır. FMEA (Hata Türleri ve Etki Analizi), sistemdeki potansiyel hataları ve bunların olası etkilerini

değerlendiren, bunların önlenmesi amacıyla kullanılan risk tanımlama ve kontrolüne yönelik stratejilerde kullanılan önemli bir araç olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem özellikle karmaşık sistemlerde tercih edilir. (Aksay, Orhan & Kurutkan, 2012; Kokangül, Polat, & Dağsuyu, 2017).

Kimya sektöründe, tehlikeli kimyasalların kullanımı nedeniyle, HAZOP (Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması) gibi özel risk değerlendirme yöntemleri tercih edilir (Crawley & Tyler, 2015; Dunjó, Fthenakis, Vilchez, & Arnaldos, 2010; Kletz, 2018). HAZOP (Hazard and Operability) yani "Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi" 1970 yılında risk analizi metodu olarak Institute of Chemical Industry (ICI) tarafından geliştirilmiş 1977 yılında, Kimyasal Endüstrileri Birliği (Chemical Industries Association-CIA) tarafından uygulama rehberi oluşturulmuş istenmeyen bir olaya ("kritik olay" olarak adlandırılır) yol açan faktörleri sistematik bir şekilde tanımlayan ve analiz eden bir tekniktir (Kletz, 2018; Rossing, Lind, Jensen, & Jørgensen, 2010). Çoğunlukla kimya, nükleer, petrol, ilaç gibi proseslerde yaygın olarak kullanılır. International Electrotechnical Commission (IEC) 61882 standardı ile çerçevesi belirlenmiş, potansiyel tehlikeleri ve operasyonel sorunları sistematik bir şekilde tespit etmeyi amaçlar (Crawley & Tyler, 2015; Venkatasubramanian, Zhao, & Viswanathan, 2000). Bu yöntemin tercih edilmesinin nedeni, tehlikeli kimyasalların zararlarını en aza indirme ve maruziyet derecesini azaltma konusunda sağladığı kapsamlı bilgi ve sistemli yaklaşımdır (Özkılıç, 2005).

HAZOP' un avantajı bir prosesin her aşamasını sistematik ve kapsamlı şekilde değerlendirme fırsatını sağlar. Bu aşamalarda meydana gelebilecek sapmalar tanımlanarak potansiyel sonuçları ve tehlikeleri değerlendirilir. Bu sapmaları önlemek veya etkilerini azaltmak için önlemler belirlenir (Kletz, 2018). Çok disiplinli ve deneyimli bir ekip tarafından gerçekleştirilmelidir. Farklı disiplinlerden uzmanların bilgi ve tecrübelerini bir araya getirir. Bu ekip genellikle mühendisler, kimyagerler, proses operatörleri ve güvenlik uzmanlarından oluşmalıdır. Çalışma aşamaları önce hazırlık ile başlar. Proses diyagramı ekip tarafından incelenir ve çalışma kapsamı belirlenir. Prosesin kritik noktaları seçilerek (genellikle hammadde girişleri, reaksiyon tankları, ürün çıkışları gibi yerler) her bir nokta için "yok", "fazla", "daha az", "sıcak", "soğuk" gibi "yönlendirme kelimeleri" kullanılarak potansiyel sapmalar tanımlanır. Potansiyel sonuçlar ve bunların tehlikeleri değerlendirilir. Sapmaları önlemek veya etkilerini azaltmak için önlemler belirlenir. Sonucunda da HAZOP çalışma sonuçları rapor haline getirilir

(Kletz, 2018; Venkatasubramanian et al., 2000). Potansiyel tehlikeleri erken aşamada tespit ederek kazaları önler ve proses tasarımını ile işletim prosedürlerini iyileştirir (Kletz, 2018; Rossing et al., 2010). Dezavantajları ise, karmaşık prosesler için zaman ve kaynak gerektirir. Deneyimli bir lider ve ekip gerektirir. Tüm tehlikeleri tespit etmekte %100 güvenli değildir (Crawley & Tyler, 2015; Rossing et al., 2010).

Endüstride kimya gibi özelleşmiş birim olan nükleer reaktörlerin tasarımı ve işletme aşamaları da öznel bir İSG yönetimi ile kontrol edilmesi gereklidir. 1960'lı yıllarda nükleer alanında kullanılmaya başlayan Olay Ağacı Analizi (ETA) günümüzde karmaşık sistemlerin analizinde önemli bir araç güçlü bir yöntemdir (Hong, Lee, Shin, Nam, & Kong, 2009). Birden fazla prosesin var olduğu karmaşık sistemlerde her bir prosesin olası hata modlarını ve bunların etkileşimlerini analiz ederek tüm olası kaza senaryolarını ortaya koyar (Eggers & Le Blanc, 2021). Sadece kaza riskini değil, aynı zamanda kazanın gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak sonuçları da analiz ederek kaza sonrası durumlara karşı da gerekli önlemlerin alınmasını sağlar. Varsayımlara değil, somut verilere dayalı bir analiz yöntemi sunarak analiz sonuçlarının daha güvenilir ve objektif hale gelmesine katkıda bulunur. Bu sayede hem insan hayatı hem de çevre korunurken, nükleer tesislerin güvenli ve verimli çalışması da mümkün hale gelir (Hong et al., 2009).

Sanayi tesislerinde risk analizi, tehlikeleri ve olası kazaları belirleme, değerlendirme ve önlem alma süreçlerinin temelini oluşturur. Nitel ve nicel risk analizi yöntemleri, bu süreçlerde kritik rol oynar. Ayrıca, benzer tesislerde yaşanmış kazalardan elde edilen verilerin analizi, daha doğru kaza senaryolarının oluşturulmasını sağlayarak, risk yönetimini iyileştirebilir. Örneğin, bir çalışmada, petrol rafinerisindeki bir kritik olayın meydana gelme sıklığı ve bu olayın çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ele alınmıştır. Risk analizinde, olayların sıklık değerlerinin tutarlı bir şekilde ya olasılık ya da frekans cinsinden ifade edilmesi önemlidir. Bu yaklaşım, tehlikeli olayların öncelik verme ve önleyici tedbirlerin alınmasında kritik bir rol oynar. Bu nedenle, risk analizi metotlarının sürekli güncellenmesi ve geliştirilmesi, sanayi tesislerinin güvenliğini artırmada hayati öneme sahiptir (Babaarslan, 2013). Bu analiz, başlatıcı ve kritik olayların sıklığını belirlemek için veri toplama ve değerlendirme sürecini içerir. Önerilen yöntem, bu tür verilerin sistematik olarak toplanmasını ve analiz edilmesini sağlayarak, olası riskleri azaltmayı ve güvenliğini artırmayı hedefler. Böyle

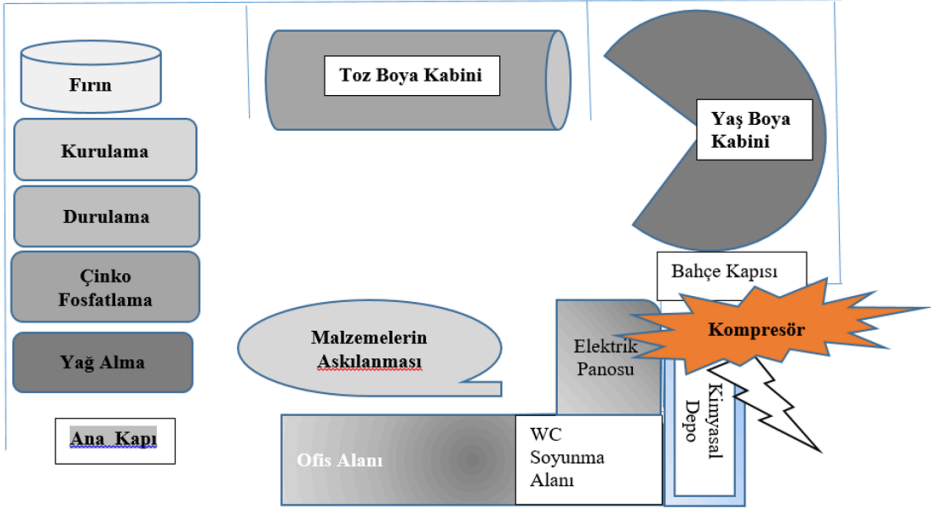
bir yöntem, hem endüstriyel hem de kamu güvenliği için büyük önem taşıyor ve tehlikeli olayların etkilerini minimize etmeye yardımcı olabilir.

Bu çalışma, boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği bir boya atölyesinde, HAZOP(Akman, 2015) ve Olay Ağacı(Nativio, Kapelan, & van der Hoek, 2022) yöntemlerinin uygulanabilirliğini ve etkinliğini değerlendirecektir. HAZOP ve Olay Ağacı Analizi, proses güvenliği alanında kritik öneme sahip yöntemlerdir. HAZOP, sistematik bir yaklaşım ile potansiyel riskleri belirlerken, Olay Ağacı Analizi olası sonuçları ve bunların olasılıklarını görselleştirir. Bu iki yöntemin birleşik kullanımı, özellikle endüstriyel ortamlarda, güvenlik yönetimini daha etkin hale getirebilir. Spesifik olarak boya atölyesi gibi alanlarda uygulandığında, bu yöntemlerin birbirlerini nasıl tamamladığı ve proses güvenliğini nasıl artırdığı detaylı bir şekilde incelenebilir. Bu çalışma, endüstriyel güvenlik uygulamalarını geliştirmeyi hedefleyerek, HAZOP ve Olay Ağacı Analizi yöntemleriyle çalışan sağlığını etkileyen veya etkileyebilecek olası meslek hastalıkları ve iş kazalarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu sayede, endüstriyel süreçlerde gizli risklerin daha etkin bir şekilde belirlenmesi ve bu risklere karşı alınacak önlemlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

YÖNTEM VE GEREÇ

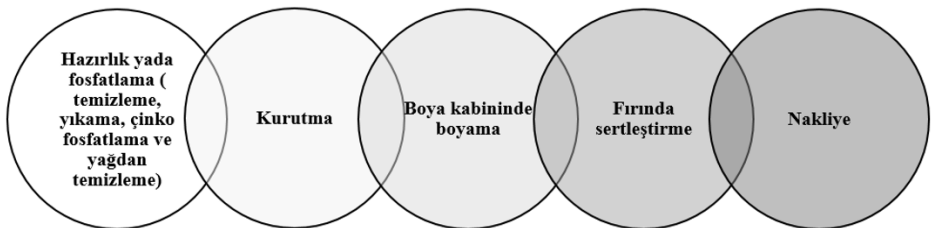
Boyama sektöründe kullanılan kimyasalların insan sağlığı üzerindeki etkileri, sektördeki çalışanların sağlık ve güvenliğini doğrudan etkileyen önemli bir konudur. Araştırmalar, bu kimyasalların solunum yoluyla alınması, deri ile teması veya yutulması durumunda ciddi sağlık sorunları oluşturur. Özellikle, fosfatlama gibi hazırlık işlemleri sırasında kullanılan kimyasallar, yaş boya ve toz boya işlemleri sırasında maruz kalınan maddeler, çalışanların solunum sistemini, derisini ve genel sağlık durumunu olumsuz etkileyebilir (Ramadan & Saif Eldin, 2022; Şeker, 2023; Şentürk, 2019). Boyama işlemleri sırasında, çalışanların sağlığını korumak için Kişisel koruyucu donanımın (KKD) kullanımı, mühendislik kontrolleri ve güvenli çalışma koşulları, İSG standartları çerçevesinde büyük önem arz eder. Çalışanların düzenli sağlık gözetimi ve tıbbi kontrolleri, olası sağlık risklerini erkenden belirleyerek uygun önlemlerin zamanında alınmasını sağlar. Ayrıca, kapalı alanlarda yetersiz doğal havalandırma durumunda, suni havalandırma sistemlerinin etkin kullanımı, havadaki zararlı maddelerin azaltılmasında kritik bir rol oynar ve çalışanların sağlığını korumaya yardımcı olur. Bayrampaşa Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan 800 m² alana kurulu ve dört ayrı bölmesi, depolama alanı ve

bahçesi bulunan tek katlı bir yapıdır. Çevresinde de benzer tesislerin bulunması olası tehlikelerin kontrol zafiyetinde çevre ve kendi yapısı içerisinde istihdam ettiği çalışanları için ciddi riskleri barındırmaktadır. Doğal havalandırma için yeterli pencere sistemi bulunmayan tesiste suni havalandırma sistemi aktiftir. Boyama üretim bandında 12 kişi mavi yakalı olarak ve 6 kişi de beyaz yakalı olarak görev yapmaktadır.



Şekil 1. Tesisin üretim süreci içerisinde yer alan iş ekipmanları ve yerleşimi

HAZOP yöntemi için birlikte çalışacak olan bir ekip risk değerlendirmesi için seçilmiş ve bilgilendirilmiştir. Ekipte işveren veya işveren temsilcisi, kalite ve üretim mühendisi, iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi oluşmaktadır. Daha önce L Tipi Matris ile yapılan risk analizinde toz boya 4, yaş boya 5 ve depolama 4 olmak üzere toplam 13 tehlike tespit edilmiştir. Boyama için teslim edilen ürünün detayı Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Boyama ve kaplama süreci

İşletme geneli için HAZOP risk çalışma formunda kimyasal depo için 5, fosfatlama bölümünde 11, fırın bölümünde 5, toz boya bölümünde 6, yaş boya bölümünde 5 adet tehlike belirlenmiştir. Ancak olası sağlık sonuçları açısından değerlendirildiğinde ise, kimyasal depo için 3, fosfatlama bölümünde 9, fırın bölümünde 5, toz boya bölümünde 5, yaş boya bölümünde 4 adet tehlike tespit edilmiştir. Olası tehlikeler belirlendikten sonra ETA çalışma formu da tasarlanmıştır. Bu çalışmada olası sağlık sorunları açısından risk değerlendirilmesi yapılmıştır.

BULGULAR

Yapılan takım çalışması sonucunda beyin fırtınası yaparak ortaya çıkabilecek tehlikeler, riskler, kritik olay senaryoları tartışılarak çalışma formları ve tablolar haline getirildi. İlk beş tabloda HAZOP yönlendirme kelimeleri ile oluşturulmuş çalışma diyagramı son dört tabloda ise, kritik olaylar ve olası senaryo analizlerinin olduğu çalışma formları yapılandırılmıştır.

Tablo 1. Kimyasal Depo için HAZOP Çalışma Formu

KİMYASAL DEPO TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMA FORMU						
Kılavuz Kelime	Anahtar Kelime	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Olası Sonuçlar	Yorum ve Öneriler Alınacak Önlemler	Termin ve Sorumluluk
Kuvvet	Fazla	Statik yük artışı	Elektrik çarpması, yangın, maddi hasar	Parlama, patlama maddi hasar ve yangın	Teknik eğitim rafların topraklanması ortam havalandırması nemlendirme	Sürekli, işveren, çalışan
Kuvvet	Daha fazla	Elektrik yükü artışı	Yıldırım/afet durumunda tesisatın aşırı yüklenmesi	Parlama, patlama maddi hasar ve yangın	İç tesisatın yönetmeliğe uygun olarak yeniden yapılandırılması (Resmi Gazete, 1984)	
Kuvvet	Yanlış	Kompresörün depo ve elektrik panosu altında konumlanması	Afet durumunda tesisatın aşırı yüklenmesi	Yangın, maddi hasar ve can kaybı	İç tesisatın uygunsuzluğunun giderilmesi (Resmi Gazete, 1984)	Sürekli, işveren, çalışan

Tablo 2. Hazırlık (Fosfatlama) için HAZOP Çalışma Formu

HAZIRLIK (FOSFATLAMA) TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMA FORMU						
Kılavuz Kelime	Anahtar Kelime	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Olası Sonuçlar	Yorum ve Öneriler Alınacak Önlemler	Termin ve Sorumluluk
Akış hızı	Yok	Akışın olmaması	Kimyasal konsantrasyonu	Yaralanma, parlama yangın tehlikesi	Periyodik kontrol, bakım ve onarımları düzenlemeli	Sürekli, işveren, çalışan
Akış hızı	Daha fazla	Akış çok fazla	Yüksek sıcaklık	Yaralanma, parlama yangın tehlikesi	Periyodik kontrol, bakım ve onarımları düzenlemeli	
Akış hızı	Daha az	Akış çok az	Yüksek basınç	Yaralanma, ölüm, maddi kayıp, yangın, patlama	İç tesisat yönetmeliğine uygun tanzim	
Kuvvet	Güç kaybı	Enerji kesintisi	Elektrik kısa devre yapması, Elektrik kesintisi	Yangın, maddi hasar, ölüm	Ana şalter yapılandırılmalı	
Sıcaklık	Fazla	Ortamin sıcaklığı, ısı baskısı	Ortam havalandırmasının yetersizliği	Dikkat dağınıklığı, yaralanma	Termal konfora uygun düzenleme, kıyafet seçimi	Sürekli, işveren, çalışan
Maruziyet	Fazla	Gürültü	KKD kullanılmaması	Dikkat dağınıklığı, iş kazası, meslek hastalığı	Çalışanların gürültüden korunması yönetmeliğine uygun çalışma	
Buharlaştırma	Var	Kimyasal (solvent)	Toluen, metilen klorür, benzen, Tetrahaloroeten buharlaşması	Solumun yolu, sinir sistemi bozuklukları, meslek hastalığı, kanserojen	Kanserojen veya mutajen maddelerle çalışma, yasal düzenlemelere uygun olarak yapılmalı (Resmi Gazete, 2013)	Sürekli, işveren, çalışan
Kimyasal bileşim	Kısmen	Zemin ıslanması/kirlenmesi	Zeminin kaygan olması, drenaj sistemi yetersizliği	Kayma, düşme, yaralanma, ciddi yaralanma	Temizlik için çalışana teknik eğitim verilmeli	

Tablo 3. Fırın için HAZOP Çalışma Formu

FIRIN TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMA FORMU						
Kılavuz Kelime	Anahtar Kelime	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Olası Sonuçlar	Yorum ve Öneriler Alınacak Önlemler	Termin ve Sorumluluk
Sıcaklık	Fazla	Fırının sıcaklığı	Çalıştırma talimatına uygun kullanılmaması	Yaralanma, yanık, maddi hasarlı kaza	Kullanım kılavuzundaki talimatlara uygun kullanımı, ısıya dayanıklı EN 407 eldiven kullanılmalı	Sürekli, işveren, çalışan
Kuvvet	Fazla	Elektrik yükü	GSM tel ve sürtünme oluşturan davranışlar	Elektrik çarpması, yangın, yaralanma, maddi zarar	Ortam nemlendirilmeli, iç tesisat elektrik hattı kontrol edilmeli	Sürekli, işveren
Kuvvet	Yanlış	Elektrik tesisatı	Uygunsuz tasarım	Yaralanma, ölüm, maddi kayıp, yangın, patlama	İç tesisat yönetmeliğine uygun tanzim (Resmi Gazete, 1984)	
Basınç	Fazla	Ortamın sıcaklığı, ısı baskısı	Ortam havalandırmasının yetersizliği	Dikkat dağınıklığı, yaralanma	Termal konfora uygun düzenleme, kıyafet seçimi	

Tablo 4. Toz Boya için HAZOP Çalışma Formu

TOZ BOYA TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMA FORMU						
Kılavuz Kelime	Anahtar Kelime	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Olası Sonuçlar	Yorum ve Öneriler Alınacak Önlemler	Termin ve Sorumluluk
Kuvvet	Dahası	Statik yükün artışı	Dikkatsizlik, ihmal	Yangın, parlama, patlama, maddi zarar, ölüm	Günlük temizlik kontrol listesi yapılmalı	Sürekli, işveren, çalışanlar
Kuvvet	Fazla	Elektrik yükü	GSM tel ve sürtünme oluşturan davranışlar	Elektrik çarpması, yangın, yaralanma, maddi zarar	Toz boya operatörleri çalışmaya kol saatleri ve cep telefonları ile girmeyecektir.	
Buharlaşma	Fazla	Kimyasala (solvent) maruziyet	Buharlaşma, KKD kullanımının olmaması havalandırmanın çalıştırılmaması	Solunum yolu, sinir sistemi bozuklukları, kanserojen meslek hastalığı	Kanserojen veya mutajen maddelerle çalışma, yasal düzenlemelere uygun olarak yapılmalı (Resmi Gazete, 2013)	
Güvenlik	az	Elektrik tesisatı	Uygunsuz tasarım	Yaralanma, ölüm, maddi kayıp, yangın, patlama	İç tesisat yönetmeliğine uygun tanzim (Resmi Gazete, 1984)	Sürekli, işveren
Basınç	Fazla	Ortamın sıcaklığı, ısı baskısı (stresi)	Ortam havalandırmasının yetersizliği	Dikkat dağınıklığı, yaralanma	Termal konfora uygun düzenleme, kıyafet seçimi	

Tablo 5. Yaş Boya için HAZOP Çalışma Formu

YAŞ BOYA TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMA FORMU						
Kılavuz Kelime	Anahtar Kelime	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Olası Sonuçlar	Yorum ve Öneriler Alınacak Önlemler	Termin ve Sorumluluk
Kuvvet	Yanlış	Elektrik tesisatı	Uygunsuz tasarım	Yaralanma, ölüm, maddi kayıp, yangın, patlama	İç tesisat yönetmeliğine uygun tanzim	Sürekli, işveren
Buharlaştırma	Fazla	Kimyasala (solvent) maruziyet	Havalandırmanın çalıştırılmaması, KKD kullanımının olmaması	Solunum yolu, sinir sistemi bozuklukları, yaralanma, kanserojen meslek hastalığı,	Kanserojen veya mutajen maddelerin sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmeliğe uygun çalışılması (Resmi Gazete, 2013)	Sürekli, işveren, çalışan
Maruziyet	Yüksek	KKD kullanılmaması	Ortam gürültüsü	Dikkat dağınıklığı, meslek hastalığı	Çalışanların gürültüden korunması yönetmeliğine uygun çalışma	
Basınç	Fazla	Ortamın sıcaklığı, ısı baskısı(stresi)	Ortam havalandırmasının yetersizliği	Dikkat dağınıklığı, yaralanma	Termal konfora uygun düzenleme, kıyafet seçimi	

Boyahane için ETA Risk Analizi

Bu iş yeri için kritik olay olarak doğal afet senaryosu seçilmiştir. Kimyasal depo bahçede ayrı bir konumda yer alması parotonerin bulunmaması tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle önce yıldırım düşmesi sonrası Tablo 6 ile deprem olması Tablo 7’de ETA için oluşturulmuştur. Yıldırım düşmesi kritik olay olması halinde ikincil olay elektrik yükünde artış üçüncül olay ise kimyasalların tutuşması yangın ve çevresel hasara yol açması olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 6. ETA için kritik olaylar doğal afetler yıldırım düşmesi

Kimyasal Depo	Olasılık								
Kritik Olay	Elektrik çarpması	Flaş yangın	Patlama, Patlama	Kimyasal tutuşması	Ani gaz kaçağı tutuşması	Yangın	Maddi hasar	Ölüm	Çevresel hasar
Doğal afet									
Yıldırım düşmesi									
Elektrik yük artışı	+	+	+	+			+	+	+
Kimyasal etkileşim		+	+	+	+	+	+		+

Deprem kritik olayında ise, şiddetine göre iki olasılık düşünülmektedir. Kritik olay deprem ikincil olay tesisin yıkılması sonucunda fırındaki ateşin kontrol dışı kalması üçüncül olay elektrik yangını başlatması şeklinde domino etkisi gösterebilir. Ortamdaki kimyasal hızla ortama yayılarak tutuşur ani flaş yangınlar, patlamalar ve çevreye hasar verebilir. Çoklu ölümlü yangın, çevredeki komşu tesislere sıçrama doğal afet oluşturma kapasitesi yüksek bir krize yol açabilir.

Tablo 7. ETA için kritik olaylar Doğal Afet

Genel iş yeri	Olasılık								
Kritik Olay	Maddi hasar	Elektrik ark oluşumu	Kimyasal dökülmesi	Patlama, patlama	Yangın	Toz patlaması	Sıcaklık artışı	Ölüm	Çevresel hasar
Doğal afet, deprem									
Tesisin yıkılması	+	+	+	+	+			+	+
Ekipmanların kırılması	+		+			+	+		

Kritik makine yada iş ekipmanı ile kritik olay belirlenir. Birinci kritik olayın doğrudan sonucu olarak ortaya çıkabilecek diğer kritik olaylar belirlenir. Boyahane kritik olay çalışması için elektrometal kaplama için kullanılan çinko fosfatın borudan sızması (Campus; MSDS, 2010; Uzun & Utlu, 2015) ikincil kritik olay olarak birikinti/ göllenme oluşması Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. ETA için kritik olaylar Kimyasal Buharlaşması

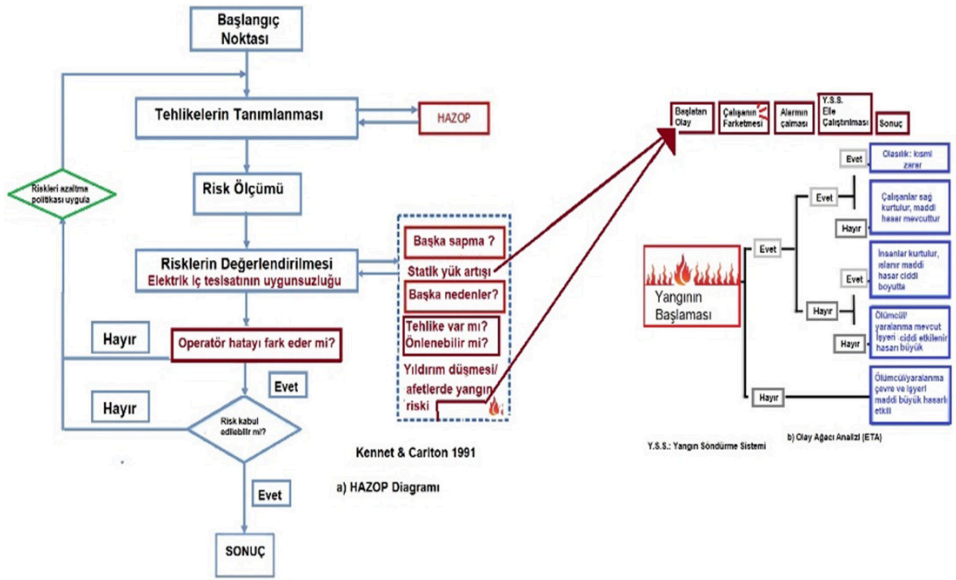
BOYAHANE	Olasılık									
		Birikinti, göllenme	Birikinti tutuşması dağılıması	Gaz dağılıması	Parlama, Patlama	Yangın	Toz patlaması	Maddi hasar	Çevresel Zarar	Ateş topu
Sıvı taşıyan borunun delinmesi, Sızıntı	Sıvı faz	+	+		+	+		+	+	
	Buhar-Gaz	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Kritik ekipman ve olayların belirlenmesi, endüstriyel tesislerde güvenlik ve operasyonel verimliliğin sağlanması için hayati öneme sahiptir. Kritiklik analizi, varlıkların ve olayların önceliklendirilmesine yardımcı olur ve olası arızaların veya kazaların önlenmesinde stratejik bir rol oynar. Örneğin, sıvı fazda fosfatlama işlemi sırasında kimyasal buharlaşmasının sızıntıya yol açması, zehirlenme gibi ikincil bir kritik olayı tetikleyebilir. Bu durum, iş gören sağlığı ve güvenliği açısından ciddi riskler taşır ve hızlı müdahale gerektirir. Üçüncül bir olay olarak sıcaklık artışı, reaksiyonların kontrol dışı hızlanmasına ve potansiyel yangın riskine yol açabilir. Tablo 9 dördüncül olarak statik yük artışı, elektriksel bozulmalara ve ekipman hasarına neden olabilir. Bu zincirleme reaksiyonlar, iş kazaları ve yangın gibi ciddi sonuçlar doğurabilir.

Tablo 9. ETA için kritik olaylar Kimyasal Buharlaşması

BOYAHANE	Olasılık									
	Yangın	Birikinti, göllenme	Birikinti tutuşması dağılıması	Gaz dağılıması	Parlama, Patlama	Toksik Buharlaşma	Toz patlaması	Maddi hasar	Çevresel Zarar	Ateş topu
Kritik Olay (Sıvı taşıyan borunun delinmesi, Sızıntı)										
Birikintinin dağılıması										
Birikintinin dağılıması/ <u>tutuşmaması</u>				+	+	+	+	+	+	
Birikintinin tutuşması	+					+	+	+	+	+

Bu nedenle, kritiklik analizi yapılırken, tüm bu senaryoların dikkatlice değerlendirilmesi ve uygun risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Kritiklik analizi, yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi modern teknolojilerle desteklenerek daha etkin hale getirilebilir. Bu teknolojiler, ekipman ve sistemlerin daha kapsamlı analizini sağlayarak, beklenmeyen arızaları ve iş durmalarını önlemede proaktif bakım işlemlerini mümkün kılar. Kritiklik analizinin uygulanması, varlık kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini artırırken, tesis güvenliğini ve ekipman çalışma süresini iyileştirmeye yardımcı olur. Şekil 3'te olası HAZOP ile yukarıdaki kritik olaylardan bir tanesi örnek olarak ETA diyagramı için başlatıcı olaylardan bir tanesi örnek alınarak şablon oluşturulmuştur.



Şekil 3. İşletme kritik senaryolarından kimyasal depoya yıldırım düşmesi sonucu HAZOP ve ETA diyagramı oluşturulması

İşletmede otomatik yangın söndürme sisteminin olmaması söndürme işlemlerini çalıştırılmasını çalışanın fark etmesine ve/veya inisiyatifine bırakan ciddi bir sorundur.

SONUÇ VE ÖNERİLER:

Bu çalışmada, bir kaplama-boyama firmasındaki kimyasal süreçler için HAZOP ve ETA risk değerlendirme metodu ile olası sağlık sorunlarını ele almak amacıyla uygulanmıştır. Kaplama-boyama sektöründeki süreçler çok tehlikeli sınıfta yer aldığı için, genel sonuçlar yeterli olmayabilir

ve çalışan sağlığı ile iş yerinin güvenliği açısından bilgi kayıplarına yol açabilir. Sektörde, malzemelerin korunması, aşınma direncinin artırılması, estetik etki, pas ve korozyona karşı koruma gibi amaçlarla kimyasallar yoğun olarak kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasallar, sağlık ve çevre açısından oluşan tehlikeler ve etkilerinin tam olarak anlaşılabilmesi için, hangi süreçlerde kullanılacağına bilinmesi ve malzeme güvenlik bilgi formlarının incelenmesi gerekmektedir (Demirdelen, 2016; MSDS, 2010; Şentürk, 2019). Riskler, sadece kullanılan kimyasallar ve makine kaynaklı değil, aynı zamanda çalışanın iş yapış şekli, çalışma hızı, eğitimi ve çalışma ortamı koşulları gibi faktörlerden de etkilenmektedir (Demirdelen, 2016; Şeker, 2023).

Kimyasalların kullanımı, özellikle endüstriyel ortamlarda, insan sağlığı ve çevre üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. İş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından, solvent buharları, ciltte tahrişe yol açabilen kimyasallar ve solunum sistemine zarar verebilecek maddeler gibi risk faktörleri dikkate alınmalıdır. Solventler, insan vücuduna solunum, yutma ve deri yoluyla girebilen kimyasal maddelerdir. Bu maddeler, ortam sıcaklığında hızla buharlaşabilme özelliğine sahiptirler ve bu nedenle solunum yoluyla akciğerlere hızla ulaşabilirler (Baker, 1994; Davidson, Hannigan, & Bowen, 2021; Ramadan & Saif Eldin, 2022). Bu çalışmada kullanılan kimyasalların ortama sızma ihtimali sistem kapalı olmasına rağmen basıncın artması ve / veya sıcaklığın artmasının yanı sıra sistemde kimyasalları taşıyan boruların delinmesi ile her zaman olasılık dahilindedir. Bu nedenle anahtar kelime olarak seçilen fazla, daha fazla gibi kelimeler ortamda artan kimyasalların ve oluşturması mümkün olan kimyasalların oluşmaması için önlem almasına yardımcı olacak şekilde değerlendirilmiştir. Yutma yoluyla maruziyet, genellikle kontamine gıdaların tüketilmesiyle gerçekleşir. Deri tarafından kolayca emilerek kana karışabilirler ve bu süreç derinin koruyucu etkisini azaltarak gerçekleşir. İçeriklerinde bulunan kimyasal maddelerin özelliklerine bağlı olarak, insan sağlığı üzerinde farklı etkilere neden olabilirler. Uzun süreli maruziyette, insan sağlığı üzerinde uzun vadeli etkiler oluşturabilir. Solventlere maruz kalma şekli, bu etkilerin türünü ve şiddetini değiştirebilir. Ayrıca, içeriklerinde bulunan maddeler, yanıcı, uçucu özelliklere sahip olabilir ve zehirli veya patlayıcı gaz karışımlarının oluşmasına yol açabilir. Bu özellikler nedeniyle solventler, iş kazalarının doğrudan veya dolaylı olarak meydana gelmesine neden olabilir. Ayrıca, içerdikleri halojen bileşikleri nedeniyle yanma durumlarında dioksin ve furan gibi son derece zehirli ve kanserojen gazların oluşmasına neden

olabilirler. Solventlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri ise solventin türü, maruziyet süresi, maruziyet şekli (solunum yolu, cilt teması, yutma) ve bireysel hassasiyet gibi faktörlere göre büyük farklılıklar gösterir. Kısa süreli etkilenmeler, geçici sağlık sorunlarını ifade eder. Bu tür etkiler, deri sorunları, baş ağrısı, uykusuzluk, dikkat eksikliği ve mide bulantısı gibi sorunlara neden olabilir. Ayrıca, üreme sistemine zarar verebilir ve kısırlık ve düşüklere yol açabilirler. Genellikle etkileri hızlı bir şekilde ortaya çıkar ve kısa sürede sona erer. Yoğun solvent maruziyeti, bayılmalar ve hatta ölümlere yol açabilir. Solventlere maruz kalan bireylerde, uzun süreli maruziyet sonucu beyin, sinir sistemi, deri, solunum yolları, karaciğer, böbrekler ve üreme sistemleri gibi çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilir. Bu sağlık sorunları, yavaş ilerleyen, tedavi zorluğu taşıyan, yaşam kalitesini olumsuz etkileyen ve yaşam süresini kısaltabilen sorunlardır (Baker, 1994; Davidson et al., 2021; Lim & Oh, 2023; Ramadan & Saif Eldin, 2022; Xu et al., 2023). Bu risk, yapılan çalışmada görülmemesine rağmen işletmelerde çalışanlardan kaynaklanması olası bir risk olarak değerlendirilerek her zaman önlem alınması gereken bir konudur.

Boyama işlemlerinde, boyalı parçaların ve ekipmanların düşme riski, kaygan zeminlerde kayma ve yüksekten düşme gibi fiziksel risklerin yanı sıra, basınçlı sistemlerin kullanımıyla ilgili patlama, sıçrama ve zehirli madde maruziyeti gibi kimyasal riskler de bulunmaktadır. Ayrıca, iş ekipmanlarının kullanımı sırasında sıkışma, ezilme, kesilme gibi mekanik riskler de iş kazalarına neden olabilir. Özellikle forkliftlerin kullanıldığı ortamlarda sıkışma ve çarpma riskleri oldukça yüksektir (Ross, Shipp, Trueblood, & Bhattacharya, 2016). Kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak iş yerlerinde statik elektrik kaynaklı yangın ve patlama riski de bulunmaktadır. Ayrıca, toz boya üretimi yapılan iş yerlerinde toz patlaması riski vardır. Solventlerin düşük parlama noktalarına sahip olmaları nedeniyle yangın tehlikesi ortaya çıkabilir. Yangın veya patlama riski taşıyan kimyasalların malzeme ve güvenlik bilgi formları detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bizim yaptığımız analizlerde de kaygan zeminlerin yaratacağı tehlikeler değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınması için çalışma ortamlarının sürekli kontrol edilmesi ve temizlenmesi önerisi yönetmelikler doğrultusunda KKD kullanılması önerilmiştir.

Boyama işlerinde, fiziksel yük kaldırma, itme-çekme hareketleri ve tekrarlayan hareketler gibi ergonomik riskler, çalışanların el, bilek, dirsek, omuz ve boyun bölgelerinde aşırı zorlanmalara neden olarak, kas-iskelet

sistemi rahatsızlıklarına yol açmaktadır. Ayrıca, boya püskürtme, karıştırma gibi işlemler sırasında maruz kalınan yüksek düzeydeki gürültü, işitme kayıplarına ve genel sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Boya sektöründe kullanılan kimyasal maddelere maruz kalma da cilt hastalıkları, solunum sorunları gibi ek sağlık risklerini beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, boya endüstrisinde çalışanların sağlığını korumak ve iş verimini artırmak için ergonomik risklerin yönetimi büyük önem taşımaktadır (Mhamdi et al., 2012; Todd, Puangthongthub, Mottus, Mihlan, & Wing, 2008). Ayrıca, işitme kaybını önlemek için uygun işitme koruma ekipmanları sağlanmalı ve gürültü seviyelerinin kontrolü için gerekli tedbirler alınmalıdır. Ortamın yeterince havalandırılmaması ortamın aşırı ısınması sonucu ısı baskısı oluşturması da iş görenler üzerinde ciddi konsantrasyon bozukluğuna yol açmaktadır. Bu nedenle havalandırma sadece solunum için değil aynı zamanda termal konfor şartlarının tesisinde de önemlidir (Ross et al., 2016). Ergonomik risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi, çalışanların fiziksel sağlığını koruyarak iş verimliliğini artırmanın yanı sıra, iş kazalarını önleyerek işletmelerin maliyetlerini düşürmeye de katkı sağlar. Bu nedenle, işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği politikalarında ergonomik faktörlere yer vermesi ve çalışanlara düzenli ergonomik eğitimler düzenlemesi büyük önem taşır.

Kaplama sektöründe iş görenlerin düşük oksijen seviyeleri, ısı gibi tehlikelere maruz kalması, boyadan çıkan dumanlara maruz kalınması ve kaymalar, takılmalar ve düşmeler gibi kazalar da İSG risklerini artırmaktadır. 1992- 2006 yıl aralığında OSHA verilerinin analiz edilmesi sonucu metal kaplama ve cilalama endüstrisi çalışmaya bağlı meydana gelen yaralanmalar sonucu işten uzak kalma gün sayısı kimya endüstrisinin yaklaşık iki katı bir orana sahiptir. Asitlerle çalışmada 196 gün, Boya, cila 119 gün, alkalilerle çalışmadan uzak kalma gün sayısı 167 olarak tespit edilmiştir (Mannan, O'Connor, & Keren, 2009). Kaplama ve boyama sürecinde kullanılan solventler nedeniyle oluşan maruziyetleri daha iyi analiz etmek amacıyla sağlık muayenelerine pnomokonyoz testleri, kişisel koruyucu donanım (KKD) etkinliği değerlendirilmelidir (Şeker, 2023). Bu nedenle, işletmelerin uygun havalandırma sistemleri, kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve düzenli sağlık kontrolleri gibi önlemler alınması hayati önem taşımaktadır.

Kaplama ve boyama süreçlerinde kullanılan kimyasalların insan sağlığı üzerindeki etkileri, ciddi riskler taşıyabilir. Bu kimyasalların deri ile teması

veya solunum yoluyla alınması, mesleksi astım, kanser, KOAH, tiroid bezi gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir (Baker, 1994; Bright et al., 1997; Nemery, 2022; Ramadan & Saif Eldin, 2022). Her kimyasal için hazırlanan MSDS, çalışanların bu maddelere maruz kalma risklerini en aza indirmek ve sağlıklarını korumak için temel bir araçtır. MSDS formları, kimyasalların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, sağlık ve güvenlik risklerini, ilk yardım önlemlerini ve sızıntı durumunda ne yapılması gerektiğini detaylı bir şekilde açıklar. Türkiye'de, bu formların hazırlanması ve dağıtılması, "Tehlikeli Maddeler ve Müstahzarlara İlişkin Güvenlik Bilgi Formlarının Hazırlanması ve Dağıtılması Hakkında Yönetmelik" ile düzenlenmiştir ve bu yönetmelik gereğince, formların hazırlanması için gerekli eğitimi almış profesyoneller tarafından düzenlenmesi gerekmektedir (MSDS, 2010). Toz boya, yağ boya, zımpara alanı, kaplama alanları ve depolarda tehdit ve riskler belirlenmiştir (Demirdelen, 2016). Patlamadan korunma dokümanı hazırlanmadığı tespit edilmiş ve oluşturulması amacıyla olası kritik olayların önlenmesi için gerekli öneriler geliştirilerek işletmedeki HAZOP ekibi ve işveren ile paylaşılmıştır. Kullanılan lambaların patlama koruma kategorisi 2 veya 3 olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, iş görenlerin ve çevresel maruziyetin azalması kontrolünde yapılan sağlık muayenelerinde kan tetkiklerinde kandaki konsantrasyonu özellikle üretimde çalışanlara mutlaka baktırılmalıdır. Kişisel koruyucularını kullanmaya pek de istekli davranmayan iş görenler için etkili bir sağlık okuryazarlığı çalışması için iş yeri hekimi ile koordineli çalışmalar yürütülmesi önerilir.

Yapılan HAZOP ve ETA risk değerlendirmesi sonucunda, tesisin yetersiz otomatik yangın söndürme, havalandırma, elektrik iç tesisatı gibi yapısal sorunların tespiti sonrası firma Tekirdağ Hayrabolu Organize Sanayi Bölgesine taşınma kararı almıştır. Planlı bir şekilde taşınma işlerini de başlatmıştır.

Yazar Katkısı:

Çalışmanın tasarlanması ve dizaynı. H E, G H

Verilerin toplanması ve analizi. H E

Veri analiz yorumu. H E, G H

Makalenin kritik revizyonu. G H

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Çalışma, herhangi bir kurum tarafından finanse edilmemiştir.

KAYNAKLAR:

- Akman, A. (2015). Kimya sektöründe tehlike ve işletilebilirlik (Hazop) analizi. *Çalışma Dünyası Dergisi*, 3(2), 59-74.
- Aksay, K., Orhan, F., & Kurutkan, M. N. (2012). Sağlık hizmetlerinde bir risk yönetimi tekniği olarak FMEA: Laboratuvar sürecine yönelik bir uygulama. *Sağlıkta Performans ve Kalite Dergisi*, 4(2), 121-142.
- Babaarslan, N. (2013). *Petrol rafinerisinde atmosferik damıtma kolonunda kaza riski değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,
- Baker, E. L. (1994). A review of recent research on health effects of human occupational exposure to organic solvents: a critical review. *Journal of Occupational Medicine*, 1079-1092.
- Bright, P., Burge, P. S., O'Hickey, S. P., Gannon, P., Robertson, A. S., & Boran, A. (1997). Occupational asthma due to chrome and nickel electroplating. *Thorax*, 52(1), 28-32.
- Campus, M. Journal of Science.
- Crawley, F., & Tyler, B. (2015). *HAZOP: Guide to best practice*: Elsevier.
- Çiçek, Ö., & Öçal, M. (2016). Dünyada ve Türkiye'de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. *Hak iş uluslararası emek ve toplum dergisi*, 5(11), 106-129.
- Davidson, C. J., Hannigan, J. H., & Bowen, S. E. (2021). Effects of inhaled combined Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX): Toward an environmental exposure model. *Environmental toxicology and pharmacology*, 81, 103518.
- Demir, S. (2010). Tehlikeli kimyasal maddelerin iş sağlığı ve güvenliği yönetimi.
- Demirdelen, M. (2016). UÇAK ÜRETİM YAN SANAYİ KURULUŞLARINDA KİMYASAL MARUZİYETLERİN VE RİSKLERİN BELİRLENMESİ. Retrieved from <https://www.csgb.gov.tr/media/1467/mertdemirdelen.pdf>
- Dunjó, J., Fthenakis, V., Vilchez, J. A., & Arnaldos, J. (2010). Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review. *Journal of hazardous materials*, 173(1-3), 19-32.
- Eggers, S., & Le Blanc, K. (2021). Survey of cyber risk analysis techniqu-

- es for use in the nuclear industry. *Progress in Nuclear Energy*, 140, 103908.
- Resmi Gazete, (2012a). İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK DEĞERLENDİRMESİ YÖNETMELİ. 28512. Retrieved from <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16925&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Resmi Gazete, (2012b). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası *Resmi gazete tarihi*, 28339, 26. Retrieved from <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- Resmi Gazete, (2019). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve İçişleri Bakanlığı, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik. *Resmî gazete tarihi*: 02.03.2019 *Resmî gazete sayısı*: 30702
- Resmi Gazete, (2020). Büyük Endüstriyel Kazalarla İlgili Hazırlanacak Büyük Kaza Senaryo Dokümanı Tebliği 31171. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/06/20200630-10.htm>
- Resmi Gazete, (1984). ELEKTRİK İÇ TESİSLERİ YÖNETMELİĞİ, *Resmî Gazete Tarihi*: 04.11.1984 *Resmî Gazete Sayısı*: 18565, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=10391&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Resmi Gazete, (2013). KANSEROJEN VEYA MUTAJEN MADDELERLE ÇALIŞMALARDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK, *Resmî Gazete Tarihi*: 06.08.2013 *Resmî Gazete Sayısı*: 28730, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18695&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Hong, E.-S., Lee, I.-M., Shin, H.-S., Nam, S.-W., & Kong, J.-S. (2009). Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 24(3), 269-277.
- Kılıkış, İ. (2022). *İş Sağlığı ve Güvenliği*
- Kletz, T. A. (2018). *Hazop & Hazan: identifying and assessing process industry hazards*: CRC Press.
- Kokangül, A., Polat, U., & Dağsuyu, C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Safety science*, 91, 24-32.

- Lim, C., & Oh, H. (2023). Organic solvent exposure for the chronic kidney disease: updated systematic review with meta-analysis. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 35.
- Mhamdi, A., Ben Amor, A., Amri, A., Youssef, I., Ladhari, N., & Gharbi, R. (2012). Ergonomic evaluation of a situation of coexposure to solvents and noise in a printing of flexible packaging. *Work*, 41(Supplement 1), 496-502.
- MSDS. (2010). Çinko Fosfat Malzeme Güvenlik Bilgi Formu. Retrieved from http://www.atakimya.com.tr/upload/product_files/62-M-TU2ZGVkM2VmMjIyNjA.pdf
- Nativio, A., Kapelan, Z., & van der Hoek, J. (2022). Risk assessment methods for water resource recovery for the production of bio-composite materials: Literature review and future research directions. *Environmental Challenges*, 9, 100645.
- Nemery, B. (2022). Metals and the respiratory tract. In *Handbook on the Toxicology of Metals* (pp. 421-443): Elsevier.
- Özkılıç, Ö. (2005). İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. *TİSK Yayınları, Ankara*, 336.
- Ramadan, M. A., & Saif Eldin, A. S. (2022). Effect of occupational cadmium exposure on the thyroid gland and associated inflammatory markers among workers of the electroplating industry. *Toxicology and Industrial Health*, 38(4), 210-220.
- Ross, J. A., Shipp, E. M., Trueblood, A. B., & Bhattacharya, A. (2016). Ergonomics and beyond: understanding how chemical and heat exposures and physical exertions at work affect functional ability, injury, and long-term health. *Human factors*, 58(5), 777-795.
- Rossing, N. L., Lind, M., Jensen, N., & Jørgensen, S. B. (2010). A functional HAZOP methodology. *Computers & chemical engineering*, 34(2), 244-253.
- Şeker, S. (2023). *Yüzey (Fosfat ve ÇİNko) Kaplama Tesislerinde İş Açısından Analitik Değerlendirmeler*. Bursa Uludağ University (Turkey),
- Şentürk, İ. (2019). *Otomotiv Sanayi ve Çevre*. Paper presented at the VIII. Umteb International Congress on Vocational & Technical Sciences.
- Todd, L., Puangthongthub, S. T., Mottus, K., Mihlan, G., & Wing, S.

- (2008). Health survey of workers exposed to mixed solvent and ergonomic hazards in footwear and equipment factory workers in Thailand. *Annals of occupational hygiene*, 52(3), 195-205.
- Uzun, R. Ç., & Utlu, Z. (2015). Elektrometal kaplama işlemlerinde hazop risk değerlendirmesi: örnek uygulama. *Celal Bayar University Journal of Science*, 11(2), 279-286.
- Venkatasubramanian, V., Zhao, J., & Viswanathan, S. (2000). Intelligent systems for HAZOP analysis of complex process plants. *Computers & chemical engineering*, 24(9-10), 2291-2302.
- Xu, P., Lai, S., Wu, L., Chen, W., Chen, Y., Xu, D., . . . Wang, X. (2023). Insights into the health status of the general population living near an electroplating industry zone: metal elevations and renal impairment. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 31905-31915.