



Robot Hatlarının Güvenlikli Hale Getirilmesi

İş Sağlığı ve Güvenli Ana Bilim Dalı

Tezsiz Yüksek Lisans

Onur BAKİR

Proje Danışmanı: Doç. Dr. Ayşe KALAYCI ÖNAÇ

Ocak 2023

Robot Hatlarının Güvenlikli Hale Getirilmesi

Özet

Robot hatları Makine Emniyeti Yönetmeliğine tabidir. Makine Emniyeti Yönetmeliği makinelerin zamanında, gerekli bakımlarının yapıldığı takdirde; can ve mal kaybına yol açmaması ve herhangi bir tehlike oluşturmaması için yürürlüğe girmiştir.

Robot Hatları güvenliğe en çok ihtiyaç duyulan makinelerdendir. Yüksek hızlar ve büyük kuvvetler olduğu için tehlike oluşturan durumlar bulunur. Bu tehlikeli durumların önüne geçebilmek için çeşitli komponentler kullanılır. Kullanılan güvenlik ürünleri Makine Emniyeti Yönetmeliğine uygun olmalıdır. Bu projede bir robot hattını İş Sağlığı ve Güvenliği açısından değerlendirip, Makine Emniyeti Yönetmeliğine uygun şekilde nasıl yenileyebileceğimizden bahsedilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Robot Makine Hattı, Makine Emniyeti, İş Sağlığı ve Güvenliği

Securing Robot Lines

Abstract

Robot lines are subject to the Machinery Safety Regulations. The Machinery Safety Regulation states that the necessary maintenance of the machines is done on time; We set out to protect life and property and not pose any danger.

Robot Lines is one of the machines we see most in need of security. There are situations that pose a danger, as there are high speeds and large forces. Various components are used to prevent these dangerous situations. The safety products used must comply with the Machinery Safety Regulations. This project mentions how we can evaluate a robot line in terms of Occupational Health and Safety and renew it in accordance with the Machinery Safety Regulation.

Keywords: Robot Machine Line, Machinery Safety, Occupational Health and Safety

İçindekiler

Giriş.....	4
Literatür Taraması	6
Materyal ve Yöntem	9
1.1 Robot Hatlarının Genel Yapısı	11
1.2 Emniyetle ilgili tedbirler	12
1.2.1 Fiziksel kapaklar (Fence).....	12
1.2.2 . Basınca Duyarlı Koruma Ekipmanları.....	13
1.2.2.1 Emniyet Şeritleri	14
1.2.2.2 Çift El Tertibatları	14
1.2.2.3 Işık Perdesi	15
1.2.2.4 Kapı Switchi	15
1.2.2.5 Alan Tarama Sensörleri	16
1.2.2.6 Yol Verme Switchleri	16
1.2.2.7 Acil Stop	17
1.2.2.8 Safety PLC ve Emniyet Röleleri	17
1.2.3 EN12100 Risk Değerlendirmesi	18
Tartışma ve Sonuç	20
Kaynaklar	22
Özgeçmiş.....	25

Bölüm 1

Giriş

Otomasyon ve robot teknolojisinin varlığı, yalnızca birkaç on yıl içinde çeşitli endüstrilerin operasyonlarında devrim yaratmıştır. Şüphesiz otomasyon ve robotik, operasyonlarda çok önemli bir role sahiptir [12]. Otomasyon, daha önce insanlar tarafından görevleri yerine getirilebilen bir teknoloji olarak tanımlanabilir. Otomasyonun getirilmesi, işçilerin işi destekleyen süreçler yerine fiili işlerine daha fazla zaman ayırabilmeleri için günlük iş süreçlerini iyileştirmektedir [22]. Robotik, bir bilgisayar tarafından programlandıktan sonra fiziksel görevleri yarı otonom veya otonom olarak gerçekleştirilebilen bir makinedir [21]. Kısaca otomasyon ve robotik kavramı, insanların üzerindeki yükü azaltmak için ağır ve tekrarlayan görevleri yerine getirebilen cihazlar oluşturmaktadır [12]. Otomasyon ve robotiğin benimsenme oranı yıldan yıla artmaktadır. Küresel otomasyon ve robotik pazarının yılda %1'dan fazla büyüyeceği ve 2026'da 21.3 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, bazı araştırmalar otomasyon ve robotiklerin ürün ve hizmetlerin kalitesini iyileştirebildiğinden bahsetmektedir. Bunun nedeni, otomasyon ve robot teknolojisinin görevleri daha az insan hatası olmadan gerçekleştirilebilmesidir. İnsan hatalarını ortadan kaldırarak malzeme ve zamandan tasarruf sağlanabilir [25,14,1].

Robot hatları günümüzde kullanım alanlarının yaygınlaşması ile ihtiyacın arttığı, bu ihtiyaç artışını takiben bilinirliği yükselişe geçen üretim, taşıma ve paletleme teknikleridir. Enerjiden ve uzun vadede maddiyattan tasarruf sağlamak amacıyla her fabrikaya entegre edilebilen robotların birçok çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan bir çeşidi kolaboratif yani insanla birlikte çalışabilen robotlardır. Bu tip robotlarda beklenmedik bir tork oluşması halinde aniden güvenli moda geçebilme özelliği mevcuttur. Başka bir robot çeşidi olan kolaboratif dışı diğer robotlarda böyle bir özellik olmadığı için harici olarak güvenlik önlemleri almak gerekmektedir. Bu hatlarda kullanılan 6 eksenli robotların yük taşıma kapasitesi 1500 kilogram (kg) ağırlığa ulaşabilirken, hızlarının birkaç saniyede döngü sürelerini tamamlayabilecek düzeyde olması en büyük dezavantajlardan birini oluşturmaktadır. Bu sebeple

momentleri çok yüksek olan bu makinelerin kullanımı esnasında gerekli güvenlik tedbirlerinin alınmaması yüksek riskli durumlara yol açabilir [3].

Makine Emniyeti Yönetmeliği (2006/42/AT) bütün bu durumlar için başvurulması gereken ilk kaynaktır. Öncelikli olarak insan sağlığını güvenceye almak ve maddi zararı engellemek için yapılan risk değerlendirmesi ve güvenlik ekipmanlarının montaj işlemleri büyük önem arz etmektedir [6].

Otomasyon ve robotiğin bahsedilen faydalarının yanında göz ardı edilemeyecek bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. İşsizlik ve işçi güvenliği bu sorunların başında gelmektedir [8].

Projenin amacı, robot hatlarında kuvvet ve hızdan dolayı oluşabilecek yüksek risklerden insan sağlığını ve maddi zararları engellemektir. Bunun için güvenlik ekipmanları kullanarak riski en aza indirmek projenin temel hedefini oluşturmaktadır.

Bölüm 2

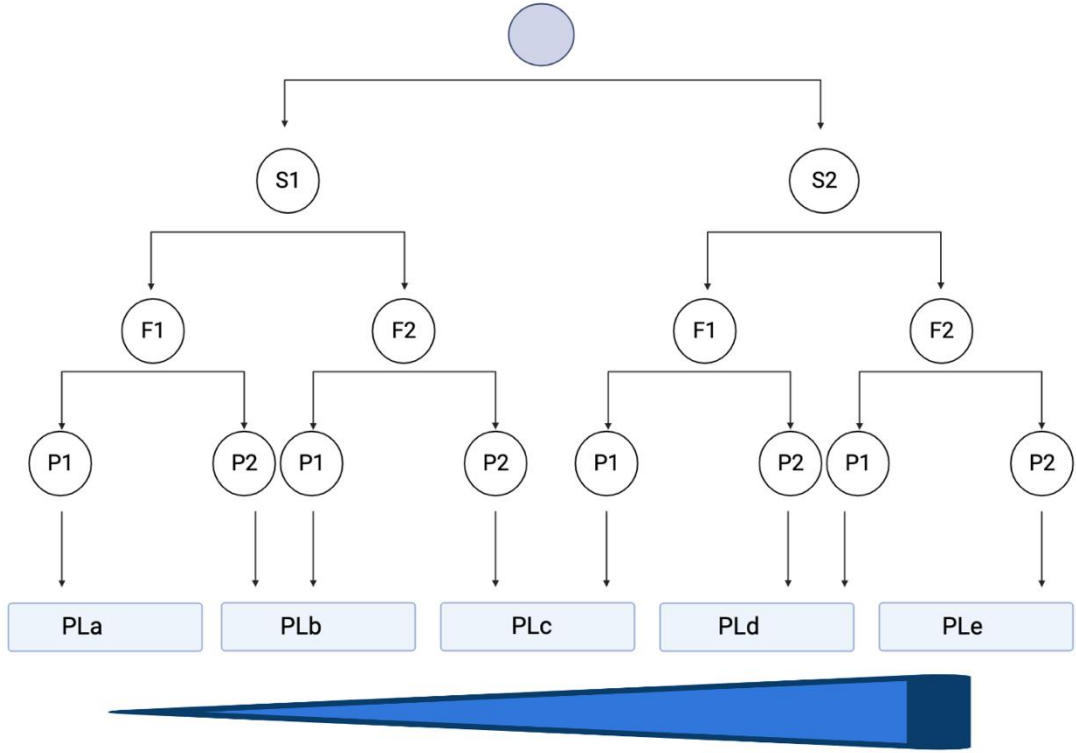
Literatür Taraması

Güncel literatür incelendiğinde makine emniyeti genelinde birkaç konu bulunabilirken, robot hatları ve emniyet üzerine özel bir çalışma bulunmamaktadır.

Makinelerde gerekli emniyet tertibatlarının olmaması ve tasarımlarında yapılan uygunsuzluk durumlarının iş kazalarının sayısını, bunlara bağlı oluşan maddi hasarları incelemek amacıyla yapılan bir çalışma incelenmiştir. Kazaların dikkatsizlik sonucu olduğunu ancak bu dikkatsizliklerin alınabilecek emniyet ekipmanlarıyla ve uygun tasarımlarla (makine emniyeti yönetmeliğine uyarak) önüne geçilebileceği bildirilmiştir. Makinelerin risk değerlendirmelerini yaparak bu risklerin hesapları hakkında bilgi verilmiştir. Bunların yanı sıra alınması gereken tedbirlerin maliyetini ve tedbirler alınmazsa yaşanacak kazalardan doğan maddi hasarların kâr zarar durumu incelenmiştir. Bu amaçla makinelerin PL güvenlik seviyeleri hesaplanarak belirlenip risk değerlendirmesi yapılmıştır. Çıkan seviyeler dikkate alınarak makine revizyonu yapılmıştır. Makine güvenli hale getirilerek, kaza sonucu oluşabilecek işçi sağlığı ve maddi hasarlar için tedbir alınmıştır [20].

Bir çalışmada sadece makinelerin risk durumlarıyla ilgilenip, bu riskler hakkında farklı metotları (Fine Kinney Risk Analizi ve PL Risk Seviyesi) karşılaştırarak bunların güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymuştur. Makinelere özel olarak hazırlanan ve sadece makine emniyeti konuları için kullanılabilen risk analiz yöntemlerinden EN ISO 13849 Gerekli Performans Seviyesi (PL) bizlere referans çıkış yolunu

oluşturmaktadır. PL analizi blok akış şemasına sahiptir. PL seviyesini belirlemek için PL seviyesi belirleme algoritması (Şekil 2.1.) kullanılmalıdır [19].



Şekil 2.1 PL Seviyesi Belirleme Algoritması. S: şiddet, etki. F: tehlike sıklığı ve tehlikeye maruz kalma süresi. P: tehlikeyi önleme veya zararı sınırlama olasılığını belirtmektedir. [19]. Şekil biorender programı kullanılarak tasarlanmıştır.

Şekil 2.1’de gösterilen PL seviyesi belirtme algoritmasında, belirtilen kısaltmaların anlamları Tablo 1. de verilmiştir. 2006/42/EC sayılı makine direktifi, makinelerin güvenlikle ilgili kontrol sistemlerinin, makine kontrol sisteminin donanım ve yazılımında bir arıza olması durumunda dahi tehlikeli durumların oluşmasını önleyecek şekilde tasarlanmasını ve inşa edilmesini şart koşmaktadır [9].

Tablo 1. PL Seviyesi Belirleme Algoritması Kısaltmalar Tablosu

S1	Hafif yaralanma
S2	Ciddi yaralanma, ölüm dahil
F1	Hafif ve sık zamanlı tekrar veya kısa süre maruz kalma
F2	Sık, sürekli veya uzun süre maruz kalma
P1	Belirli koşullarda mümkün
P2	Neredeyse mümkün değil

PLa	Tolere edilebilir çok düşük risk seviyesi
PLb	Eylem planına dahil edilmesi gereken düşük risk seviyesi
PLc	Sürekli izlenerek yıllık eylem planına alınarak önlenmesi gereken orta risk seviyesi
PLd	Kısa vadeli eylem planına alınarak önlenmesi gereken yüksek risk seviyesi
PLe	Acilen önlem alınması gereken çok yüksek risk seviyesi

PL_r 'nin belirlenmesi, risk değerlendirmesinin bir sonucudur ve kontrol sisteminin emniyetle ilgili parçaları için risk azaltma kapsamını ifade eder. PLa, en düşük seviyedir. PLb'ye ulaşabilen kontrol devreleri, izleme olmadan tek kanallı mimariler kullanılarak uygulanabilir. İzleme ile iyi test edilmiş bileşenleri ve güvenlik ilkeleri olmayan tek kanallı mimariler, PLc'ye ulaşabilen kontrol devreleri oluşturmak için kullanılabilir. PLd'ye ulaşabilen kontrol devreleri elde etmek için izlemesiz tek kanallı mimariler artık yeterli değildir. Ancak izleme ve muhtemelen fazlalık ilkeleri benimsenmelidir. PLe, ulaşılacak en yüksek seviyedir ve yalnızca yedekli ve izlenen devreler kullanılarak elde edilebilir[13].

Makine direktifinin karşılanması en zor gerekliliklerinden biri, güvenlikle ilgili kontrol sistemlerinin güvenilirliği ile ilgili; özünde bu gereklilik, makinenin arızaların varlığında bile tehlikeli davranmamasını gerektirir. Robotik sistem üzerinde gerçekleştirilen genel bir risk değerlendirmesinin sonuçları, uygulama için kontrol sisteminin güvenlikle ilgili parçalarının farklı performansının gerekçelendirildiğini belirleyebilir. UNI EN ISO 10218-2: 2011 standardı, aşağıdakiler de dahil olmak üzere (risk değerlendirilmesinin farklı kriterleri haklı çıkardığı durumlar hariç) robotik hücrelerin çeşitli güvenlik işlevleri tarafından elde edilmesi gereken güvenilirlik düzeylerini gösterir [5].

Bölüm 3

Materyal ve Yöntem

Makine emniyet ekipmanları incelenmiştir. Makine emniyeti yönetmeliğine uygun ve standartlar ISO 13849 ve IEC 62061 referans alınmıştır.

Makine emniyet ekipmanlarının veya komple sistemlerin uygun olmayanların tespiti için saha gözlemlerinde bulunulmuştur. Tehlike sınıfının tespiti için PL risk seviye analizi kullanılmıştır.

Yapılan saha çalışmalarında incelenen robot hatlarının birçoğu safety ekipman özelliği taşımamakla birlikte 2006/42/AT yönetmeliğine uyumsuz olduğu gözlenmiştir. Yapılan PL risk değerlendirmelerinin çoğunda yüksek sonuç alınamamıştır. Kaza riski diğer robotlara göre daha yüksek ve tehlike arz ettiği için safety ekipmanları ile yenilenmesi gereken robotlar 6 eksen endüstriyel robotlardır. Saha çalışmalarında gözlemlenen hatalı uygulamalardan dolayı örneklem olarak 6 eksen endüstriyel robotlar seçilmiştir.

Monografik örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Robotlar hakkında erişilebilen çok fazla kaynak olmadığından bilgiye dayalı olarak örneklem yapılmıştır. Robotlar geneli evren olarak isimlendirilmiştir. 6 eksen endüstriyel robotlar örneklendirilmiştir.

Saha çalışmasında gözlemlenen cihazların CE belgeleri, ISO13849 sertifikaları ve retrospektif arşiv kayıtları incelenmiştir. Kaynak olarak web kullanılmıştır. Kaynakçada belirtilen yayınlar referans alınmıştır. Bulunan veriler gözlem ve belge incelemesi metotlarıyla kazanılmıştır.

Betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Fabrikaların üretim hatlarında veya palletizing uygulamalarında görülen 6 eksen endüstriyel robotların safety revizyon ihtiyacının önemi vurgulanmıştır. Büyük güçler ve kısa çevrim süreleri olduğundan dolayı, 6 eksen endüstriyel robot hatları revizyonu öncelikli olmalıdır.

Gerekli ekipmanlar dahilinde PLa olan seviye PLe yükseltilebilir. PL seviyesi, EN ISO 13849-1 uyarınca risk değerlendirmesinin bir parçası olarak belirlenir.

Toplanan verilerin analizi için Statical Package for Social Science version 24.0 (SPSS for Windows Inc, Chicago, IL, ABD) kullanılmıştır. Sayımla belirtilen değişken analizindeki-kare testi ve Fisher kesin test, ölçümle belirtilen değişken analizinde normal dağılıma uygunluk durumuna göre t-testi ya da Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Çok değişkenli analiz için Lojistik Regresyon Modeli oluşturulacaktır. $P < 0,05$ 'ın altında olması istatikselsel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bu genel bir istatikselsel analiz yöntemi yazısı gözlemsel çalışma olduğu için toplanan verilerde istatikselsel analiz yapılamamıştır.

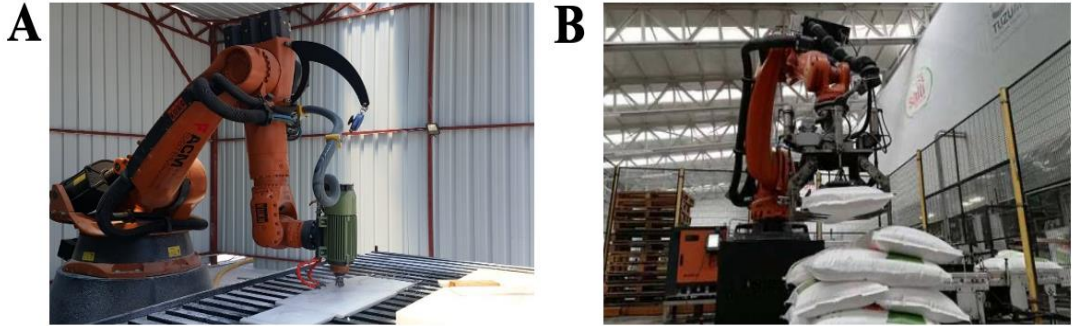
Bölüm 4

Bulgular

1.1 Robot Hatlarının Genel Yapısı

Projede PL Seviyesi Risk Değerlendirme metotları baz alınmıştır. Risk değerlendirmelerine göre uygun materyal seçimleri yapılmıştır. Kullanılan ekipmanlar robot hattının güvenliğini (PL seviyesini) yapılan revizyonlardan sonra yükselterek, iş kazalarını önleme amacı yerine getirilmiştir. Ekipman seçiminin tamamen prosese yönelik yapılmıştır.

Robot çeşitleri genellikle 6 alt başlıkta toplanır. Bunlar; mobil robotlar (AMR), otomatik yönlendirme sistemine sahip araçlar (AGV), eklemlili robotlar, insansızlar, cobotlar ve hibritlerdir. Bu projede baz alınan robot endüstride kullanılan ve yüksek güç gerektiren uygulamalarda ihtiyaç duyulan eklemlili robotlardır. Genellikle 6 eksenli olarak bulunan bu robotlar insan gücünün yetersiz kaldığı yerlerde ve zamandan tasarruf edebilmesi sebebiyle tercih edilmektedir [2].



Şekil 4.1 Mermer işlemek için kullanılan 6 eksen robot. **B.** Palettizing uygulaması [2].

Kaza sebeplerinden başlıcaları, yetkisiz çalışmak, emniyeti olmayan ekipmanlar kullanmak, yanlış ekipman tercihi, kontrol önlemlerini almadan işe başlamak, yetersiz veya eksik ekipman ve hatalı araçlardır.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi kullanılan mermer işleme robotu ağırlık ve moment sebebiyle tehlikeli bir ortam yaratmıştır. Bu sebeple önlemlerinin ekipmanlarla alınması zorunlu hale gelmektedir. Şekil 2B’de görülen robot ile palettizing uygulaması yapılmaktadır. Sadece fence ile çevirmek uygulamayı güvenli hale getirmemekte yeterli olmamaktadır. Bu sebeple safety ekipman kullanımı ve personel eğitimini zorunlu kılmaktadır [2].

1.2 Emniyetle ilgili tedbirler

1.2.1 Fiziksel kapaklar (Fence)

Fiziksel kapamalara örnek olarak fence Şekil 4.’de gösterilmiştir. Fence robot hatlarında mutlaka bulunması gereken emniyet ekipmanlarından biridir. Fiziki olarak dışarıdan gelebilecek, kaza riski doğuracak durumları engellemek için kullanılır ve aynı zamanda uygulama alanından dışarıdaki operatöre zarar gelebilme ihtimaline karşılık önlem amacıyla kullanılmaktadır [17].



Şekil 4.2 Fence kapama örneği [17].

Robot hattının çevresini tamamen kapatılarak, genellikle robotun ulaşabileceği bütün alan çevrelenir. Bu çerçeveleme prosese göre değişiklik gösterebilir. Kol ve bacakların erişebileceği alanlarda tehlikelerin önlenmesi adına emniyet mesafesini hesaplamak ve sonuca göre ekipman montajını gerçekleştirmek gerekmektedir. Aşağıda emniyet mesafesi hesabının formülü ve açıklamaları Şekil 4.3’de verilmiştir [17].

$$S=K \times (t1 + t2) + C$$

K = İnsan vücudu veya vücudunun kısımlarının ön görülen yaklaşım hızı sabiti
Eğer emniyet mesafesi $<500\text{mm}$ ise, $K=2000\text{ mm/s}$ (üst uzuv)
Eğer emniyet mesafesi $>500\text{mm}$ ise, $K=1600\text{mm/s}$ (yürütme hızı)
 t_1 = Koruyucu tertibatın tepki süresi
 t_2 = Makinenin duruş süresi (atalet ile hareket eden kısımlar)
 C = İhlal mesafesi

Şekil 1.3 Emniyet mesafesi hesaplama formülü ve açıklamaları [17].

1.2.2 . Basınca Duyarlı Koruma Ekipmanları

Basınca duyarlı ekipmanların genel kullanımı operatörün varlığını algılayarak enerjiyi kesmesidir [7].

Emniyet Paspası

Emniyet paspasına ağırlık uygulandığı sürece makine enerjilenmez ve tehlike arz etmez. Makine içinde bakım gerektiği durumlarda ve makine dışındaki operatör için güvenli alan oluşturur. Şekil 4.4'te gösterilmektedir [7].



Şekil 4.4 Emniyet paspasının kullanım alanı [4].

1.2.2.1 Emniyet Şeritleri

Emniyet paspasına benzer bir sistemdir. Temas veya çarpma tehlikesi olan tehlike yaratabilecek bölgelerde kullanılır. Kapılarda ve araç algılamada kullanılabilir. Operatörün çalışma alanını güvenliğe almak için kullanılabilir. Örnek ürün Şekil 4.5'te gösterilmiştir [7].



Şekil 4.5 Emniyet şeridi [4]

1.2.2.2 Çift El Tertibatları

Çift el tertibatları robotun hareketi devam ettiği sürece, operatör ellerini iki ayrı buton üzerinde aynı anda tutmasını sağlayan kontrol sistemidir. Robot hattının manipüle

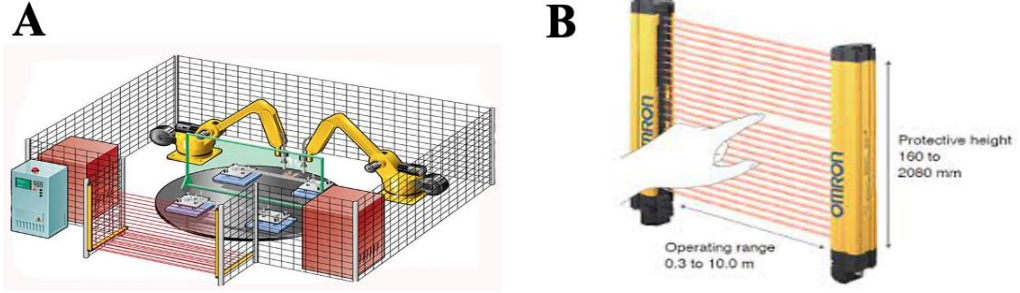


Şekil 4.6 Çift el tertibatı kullanımı

edilmemesi ve riskli durumlar ortaya çıkmaması için çift el tertibatı kullanılmalıdır. Tertibatı manipüle etmemek için ise, butonların içine sadece el girmesine müsaade edecek seviyede kapaklar yapılmalıdır. Ortasında acil stop butonu bulunur. Butonlarda mekanik bir arıza olması ve makinenin çalışmaya devam etmesi veya farklı senaryoda acil bir durumda kullanılması için acil stop butonu ulaşılabilir yerde olmalıdır. Şekil 4.6'da örnek uygulama görselleştirilmiştir [7].

1.2.2.3 Işık Perdesi

Alıcı ve verici olmak üzere iki farklı modülden oluşur. Tehlikeli alanlara erişim gerektiği bölgelerde kullanılabilir. Çift kanallı olmalıdır. Parmak koruma, el koruma, vücut koruma olmak üzere 3 modeli vardır. Prosese göre uygun olan modeli kullanılmalıdır. Robot hattından ataletle ürün fırlama riski olmadığında kullanımı



Şekil 4.7 A. Işık perdesinin kullanım alanı. B. Işık perdesinin çalışma prensibi [4].

uygundur. Beklenen, programlanan hareket ve şekil dışında bir hareket algıladığı anda enerjiyi kesip robotu güvenli konuma almak için kullanılır. Şekil 4.7A.'da ışık perdesinin kullanım alanı, Şekil 4.7B.'de ışık perdesinin çalışma prensibi gösterilmiştir [11].

1.2.2.4 Kapı Switchi

Kapı switchlerinin iki tipi vardır; mekanik (yay) kilitlemeli switch ve manyetik



Şekil 4.8 Manyetik ve mekanik kapı switchlerinde örnek görseller [4].

kilitlemeli switch. Manyetik kilitlemeli switchler yaylı modellere göre daha yüksek düzeyde koruma sağlar. Manipüle edilmeleri imkansızdır. Her aktüatörün karşılığı kendisine özeldir. Operatör dışında herhangi birinin kapıları kapatmasını önlemek için her operatör kapıyı açtıktan sonra kendi kilidini asmalı. Manyetik (kodlu) kapı

switchlerinde kapı açıldığında karşılığını görmediği sürece çalışmaz. Diğer modellerin PL seviyeleri daha düşük olmakla birlikte manipüle edilmeleri daha kolaydır. Şekil 4.8’de örnek görseller mevcuttur. Soldaki görselde manyetik kapı switchine örnek gösterilmişken sağda mekanik için örnek vardır [11].

1.2.2.5 Alan Tarama Sensörleri

Maksimum alan tarama kabiliyetleri genellikle 270 derecedir. El ve vücut algılama olarak iki farklı çözüm (prosese özel olarak) seçilebilir. İki boyutlu tarama yapar.



Programlanabilir ve harita çıkarılabilir. Algılama bölgesi ayrı, uyarı bölgesi ayrı tanımlanabilir. Büyük makinelerde ve robot hatlarında bakım güvenliği sağlar. Programlanan referans harita dışında hareket veya cisim algıladığında önce uyarı verir (her markaya göre uyarı metresi değişkenlik gösterir), daha sonra acil

Şekil 4.9 Alan tarayıcı [4]

duruş yapar. Şekil 10.’da alan tarayıcının görseli mevcuttur. Tek soketli kablo ile kullanılır [15].

1.2.2.6 Yol Verme Switchleri

Servis durumuna geçmek için, operasyon modunu değiştirmek ya da öğretme moduna geçebilmek için kullanılır. Üzerinde acil stop bulunur. Basılı tutulduğu sürece atanan işleme devam edilebilir [15].



Şekil 4.102 Yol verme switch [4]

1.2.2.7 Acil Stop

Acil durumlarda kullanılması elzem ekipmanlardandır acil stop butonu. Standart buton dışında halatlı (tüm makineyi çevreleyen ip sayesinde operatöre her zaman erişim imkânı sunar), anahtarlı (yetkili kişi dışında, basılan acil stop açılmaması için



Şekil 4.11 Acil-stop butonu [4]

kullanılır) gibi farklı modelleri mevcuttur. İki tip durdurma yaptırılabilir. Kategori 0, robotun enerjisini aniden kesmek üzerine yapılır. Ancak robot üzerinde herhangi bir ağırlık var ise momentten dolayı ürünü fırlatıp kazaya sebep olabilir. Kategori 1, kontrollü durdurma ve enerjinin sonradan kaldırılması prensibiyle çalışır.

Mutlaka manuel olarak reset yapılmalıdır. Operatörün veya bakımıcının ulaşabileceği noktalarda olmalıdır. Yerden 75cm yukarıda olmalıdır [18].

1.2.2.8 Safety PLC ve Emniyet Röleleri

PLC- Tüm bu ekipmanlar çift kanal güvenlik sinyalleri kullanılarak Safety model bir PLC ile çalışmalıdır. Çift kanal sinyaller sayesinde ekipmanların çalışır durumda olduğunu her an kontrol edilir. Geribesleme – kontrol döngü ve hata teşhisi içerir. Bütün hat ekipmanlarının kontrolü ve işletmesi Safety PLC ve modüllerinde olmalıdır. Safety Röle– Diğer rölelerden farklı olarak daha uzun ömürlüdür. Çift kanal olarak



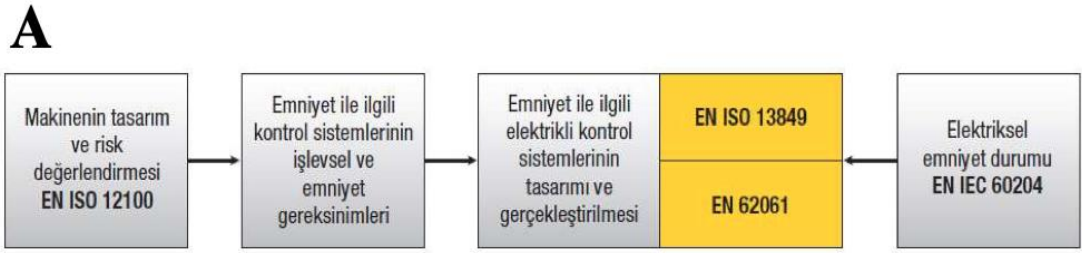
Şekil 4.12 Safety PLC ve Safety Röleleri [4]

çalışır. Safety uygulamalarında kullanılması gerekir. Özel bir haberleşme metodu içerir. Şekil 4.12’de Safety PLC (solda) ve Emniyet Rölesinin(sağda) örnek ürünleri gösterilmiştir [18].

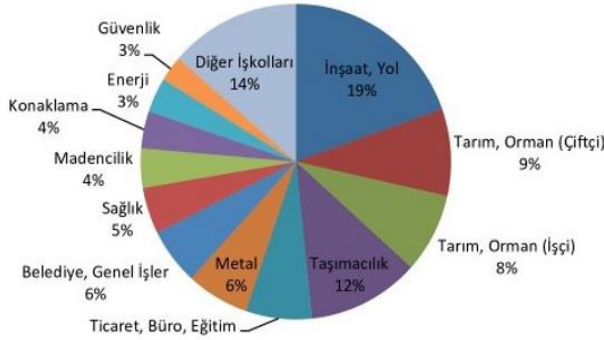
1.2.3 EN12100 Risk Değerlendirmesi

- Makinenin limitleri ve kullanım amacı belirlenmeli,
- Tehlikeleri veya ilişkilendirilen tehlikeli durumlar tanımlanmalı,
- Her risk veya tehlikeli durum için risk tahmini yapılmalı,
- Robot Hattının üzerinde (varsa) ekipmanların PL seviyeleri öğrenilmeli,

Şekil 4.13A.' de risk analizi yapılırken uygulanması gereken adımların diyagramı gösterilmiştir [21].

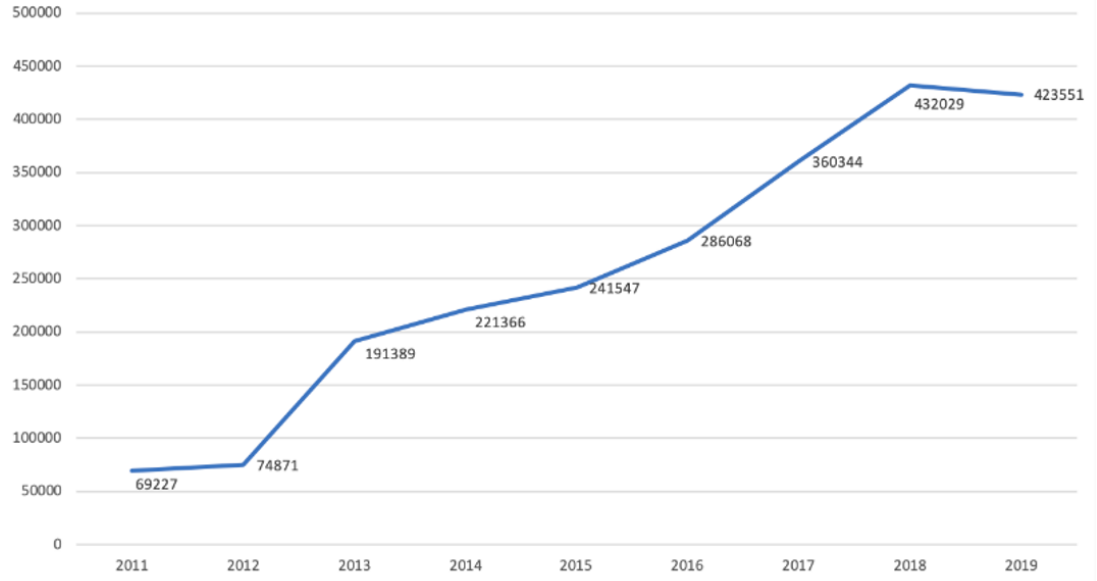


B



Şekil 4.13 A. Makine emniyetinde izlenmesi gereken standartlar. **B.** 2022 yılına ait ilk altı aylık iş cinayetlerinin iş kollarına göre dağılım grafiği [4].

Şekil 4.13B’de 2022 ilk altı ayında yaşanan ölümlü iş kazalarının sektörel dağılımları gösterilmiştir. Birçok sektörde yaşanan makine emniyeti eksikliği veya bilinçsiz kullanım ve insan faktörlü kazaların önüne geçebilmek için İş Sağlığı Eğitimleri – Makine Emniyeti – Yetkisiz kullanım gibi konulara yüksek öncelik verilmelidir (ISO, 2011).



Şekil 4.14 İş kazalarının yıllara göre değişimi

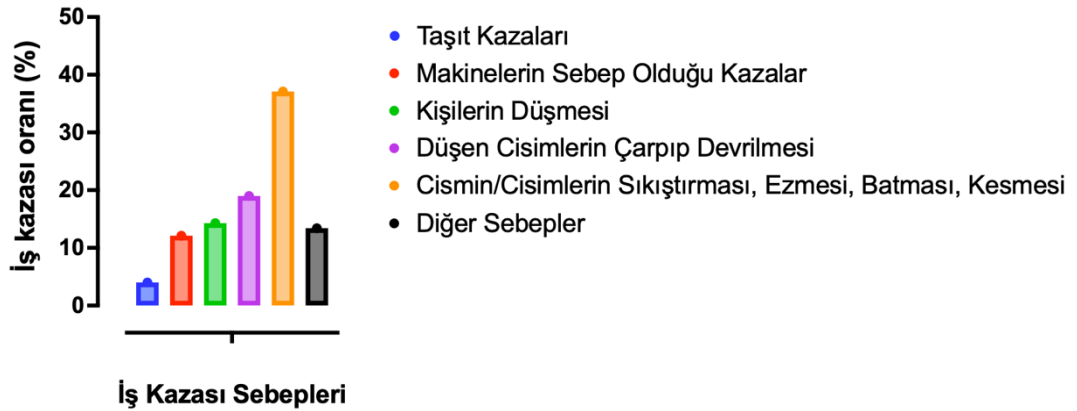
Karma İSG verilerine göre iş kazalarının yıllara göre değişimi Şekil 4.14'te incelenmiştir. İnsan faktörlü kalıcı hasarlı, maddi hasarlı kazaların önüne geçebilmek için makine emniyeti yüksek önem taşımaktadır [21].

Bölüm 5

Tartışma ve Sonuç

Güncel literatür incelendiğinde, yayın konularının makine emniyeti genelinde olması, bu proje ile yapılan güvenli ekipman montaj ve robot hattı revizyonunun direkt olarak tartışılmasını sınırlandırmaktadır.

Literatürde projede yapılan safety ekipman montaj ve robot hattı revizyonu ile direkt ilişkili bir yayın bulunmamaktadır. Bulunan tez ve makaleler makine emniyeti genelinde konuları içermektedir.



Şekil 5.1 İş kazalarının sebeplerine göre dağılımı

Şekil 5.1’ de görüldüğü üzere, iş kazalarının %12,1’lik kısmını makine tabanlı iş kazaları oluşturmaktadır. Bu kazaların en tehlikelisi 6 eksenli robotlar olup İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu dahil 2006/42/AT yönetmeliklerine uygun üretim hatları kurulumuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Yaşanabilecek iş kazaları ciddi yaralanmalara sebebiyet verebileceği gibi, maddi açıdan şirketi zararına sebebiyet verebilmektedir. Bu tür olumsuzluklara karşı önlemler alınmalıdır.

İşçilerin çalışma ortamlarının güvenli olarak tasarlanması, KKD kullanılması, makinelerin emniyet ekipmanlarının manipüle edilmemesi ve risk analizinin yapıp

(PL), güvenlik seviyesinin uygun bir aralığa yükseltilmesi. İş yeri hekimi, hemşiresi ve İSG uzmanı tarafından düzenli aralıklarla eğitimler verilmesi önemlidir [23].

Güvenlik ekipmanı kullanılan makinelerde karşılaşılan en büyük sorunlar ürünlerin yanlış seçimi ve yanlış montajlanması. Yanlış kullanılan ürünler gerektiği anda doğru müdahalede bulunamayarak kazayı önleyemeyebilir. Yanlış montajlanan ürünler ise operatörlerin veya yetkisiz kişilerin manipülasyonuna açık duruma gelir. Bunların önüne geçebilmek için Makine Emniyeti Uzmanlarından danışmanlık alınmalıdır [24].

Kaynaklar

1. Albert Feisal Ismail, Fam, S. F., Heri Yanto, Sri Utami, and Suhartono (2019) „Opportunities and Challenges for Implementing Automation among Selected SMEs of Food Manufacturing Industry“, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8 (12S2), pp.724-738. doi: 10.35940/ijtee. L1126.10812S219.
2. Au-Yong-Oliveira, M., Canastro, D., Oliveira, J., Tomas, J., Amorim, S., and Moreira, F. (2019) ‘The Role of AI and Automation on the Future of Jobs and the Opportunity to Change Society’, in Binder, C. (ed.) Agency, Freedom and Choice. Cham: Springer, pp.348-357.
3. Barette, M. (2016). Collaborative Robots/Risk Assessment, an Introduction. Robotiiq.
4. Beycan, M., (2017) Makine eğitimi. Omron Makine Emniyeti Eğitim Dökümanı
5. Bélanger, M. (2016). Collaborative Robots Risk Assessment, An Introduction Rev. 1.1
6. Braman, R. (2019). The Basics of Designing for Safety with Collaborative Robots
7. Chinniah, Y. (2015) „Analysis and Prevention of Serious and Fatal Accidents Related to Moving Parts of Machinery“, Safety Science, 75, pp.163-173. doi: 10.1016/j.ssci.2015.02.004.
8. Delgado, J. M. D., Oyedele, L., Ajayi, A., Akanbi, L., Akinade, O., Muhammad Bilal, and Owolabi, H. (2019) ‘Robotics and Automated Systems in Construction: Understanding Industry-specific Challenges for Adoption’, Journal of Building Engineering, 26, pp.1-11.
9. Dominguez, E. (2020) Risk Assessment Process for Collaborative Robotic Applications, Pilz Automation Safety. Ria. USA

10. Edwards, D. (2022) „Industrial Robotics Market Set to Grow More than 10 Percent a Year, Says Report“, Robotics and Automation News, 12 January.
11. Fryman, J. ve Matthias, B. (2012). Safety of Industrial Robots: From Conventional to Collaborative Applications. Conference Paper, ABB
12. Gasparetto, A. and Scalera, L. (2019) „A Brief History of Industrial Robotics in the 20th Century“, Advances in Historical Studies, 8, 24-35. doi: 10.4236/ahs.2019.81002.
13. Gopinath, V. ve Johansen, K. (2016). Risk Assessment Process for Collaborative Assembly – A Job Safety Analysis Approach, 6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS). Sweden
14. Hickman, C., Wilson, M., Semple, J., White, C., Selka, J., Dugdale, J., Wright, I., Bouchier, T., Platt, N., Williamson, P., Webb, P., Lohse, N., Pegman, G., Turner, S., Atkinson, D., Patel, P., and Stirling, W. (2022) Automation and Robotics: A New Perspective. Loughborough: Loughborough University.
15. Inel, F., Zennir, Y. ve Adlene, R. (2020). A New Approach to System Safety of human multi-robot mobile system control with STPA and FTA. Algerian Journal of Signals and Systems (AJSS)
16. ISO (2011) Robots and Robotics Devices-Safety Requirements for Industrial Robots-Part 1: Robots. Available at: <https://www.iso.org/standard/51330.html> (Accessed: 25 Ocak 2023).
17. Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M., and Giallanza, A. (2021) „Industry 4.0 Technologies for Manufacturing Sustainability: A Systematic Review and Future Research Directions“, Applied Sciences, 11, pp.1-27. doi: 10.3390/app11125725.
18. Khalid, A., Kirisci, P., Ghrairi, Z., Thoben, K. D. ve Pannek, J. (2016b). Safety Requirements in Collaborative Human-Robot Cyber-Physical Systems

19. Kılınç, B., (2022) Makine emniyeti için uygulanan risk analizlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans tezi.
20. Maç, B., (2021) Makine Tasarımında Koruyucuların Bulunmaması, Ayrı Parça Olarak Satışı ve İptal Edilmeleri Durumunda İş Kazalarına ve Giderlere Etkisi. (2021, Cilt 4, Sayı 3, Sayfa: 48-70.)
21. Mihelj, M., Bajd, T., Ude, A., Lenarčič, J., Stanovnik, A., Munih, M., Rejc, J. ve Šlajpah S. (2019). Robotics (2nd. ed.), Springer. Slovenia
22. Mohamad Kamal Dahlan, Natrah Abdullah, and Ahmad Iqbal Hakim Suhaimi (2019) „Industrial Revolution Reshaping Repetitive Task in Digital Workplace“, International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 8 (1.6), pp.347-354. doi: 10.30534/ijatcse/2019/5181.62019.
23. Owen, A. (2016). How to do even more with Collaborative Robots, Lean Robotics
24. Pecora, A., Maiolo, L., Minotti, A., Ruggeri, M., Dariz, L., Giussani, M., Iannacci, N., Roveda, L., Pedrocchi, N. ve Vicentini, F. (2019b). Systemic Approach for the Definition of a Safer Human-Robot Interaction, Factories of the Future (173-196). Italy
25. Zheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., Yu, S., and Xu, X. (2018) „Smart Manufacturing Systems for Industry 4.0: Conceptual Framework, Scenarios, and Future Perspectives“, Frontiers of Mechanical Engineering, 13, pp.137-150. doi: 10.1007/s11465-018-0499-5.

Özgeçmiş

Adı Soyadı: Onur BAKİR
E-posta (1): onbakir@gmail.com
E-posta (2): onur@grafenmuhendislik.com
Cep No: 554 132 03 00

Eğitim:

2021-... Kâtip Çelebi Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans
2021-... Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksek Okulu Makine
2014–2020 Aksaray Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

İş Deneyimi:

2021 - ... GRAFEN ELEKTRİK MÜHENDİSLİK (Kurucu)
2020 - 2021 HATELGAS OTOMASYON (Otomasyon Mühendisi)