

## **Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi**

Dr. Öğr. Üyesi Ali Kemal ÇAKIR,

Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Geliş Tarihi : 15.03.2018

Kabul Tarihi : 29.03.2018

### **ÖZET**

Makine bazlı imalat yapan firmalarda en önemli insan kaynaklı sorunlardan biri, çalışanların emniyetli ve güvenli bir çalışma ortamına sahip olmamalarıdır. İş sağlığı ve güvenliği açısından tehlike yaratan kaynakların ya da tehlikeli durumların tespit edilmesi, bu tehlikelerin taşıdıkları risklerin değerlendirilerek, risk giderme sürecinde bireysel ve çevresel faktörler üzerinde çalışmalar amaçlanmaktadır.

Risk değerlendirmesinde temel amaç ise işyerlerindeki çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve sağlık riskini azaltmak, insan sağlığını etkilemeyecek seviyeye düşürmektir. Risk değerlendirmesi sonucunda, işyerindeki tüm tehlikelerin ne olduğuna karar verilmiş, kaza olma olasılığı ile olası kazaların boyutu/büyüklüğü hakkında bilgi sahibi edinilecektir.

Bu çalışmadaki amaç, makine imalatı sektöründe tasarım veya üretim kademelerinde yer alan personelin, ürün geliştirme veya gerçekleştirme adımlarında ihtiyacı olacağı risk analizi ve risk azaltılması tasarım prensiplerini içermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Makine, Tasarım, Risk Değerlendirmesi.

### **ABSTRACT**

## **Machine Based Risk Assessment**

One of the most important human-caused problems in machine-based manufacturing companies is that employees do not have a safe and secure working environment. It is aimed to identify sources or dangerous situations that create danger in terms of occupational health and safety, to assess the risks they carry, and to work on individual and environmental factors in the risk mitigation process.

The main purpose of the risk assessment is to reduce all kinds of hazards and health risks arising from working conditions at workplaces and to reduce it to a level that will not affect human health. As a result of the risk assessment, all the hazards in the workplace are decided and information about the probability of an accident and the size / size of possible accidents will be obtained.

The aim of this study is to include risk analysis and risk reduction design principles that will be required by the personnel involved in the design or production stages of the machine manufacturing sector in product development or realization steps.

**Keywords:** Machine, Design, Risk Assessment.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde işletmeler kaybettiği ekonomik kayıpların ciddi rakamlara ulaşması ile iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin düzenlemelerinin sağlanmasının önemini artırmaktadır. Firmaların rekabet ortamında daha avantajlı bir pozisyon alabilmeleri için çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusunda planlı, sistemli ve standardize edilmiş çalışmalar yürütmeleri bir ihtiyaçtır.

Makine bazlı imalat yapan firmalarda en önemli insan kaynaklı sorunlardan biri, çalışanların emniyetli ve güvenli bir çalışma ortamına sahip olmamalarıdır. İş sağlığı ve güvenliği açısından tehlike yaratan kaynakların ya da tehlikeli durumların tespit edilmesi, bu tehlikelerin taşıdıkları risklerin değerlendirilerek, risk giderme sürecinde bireysel ve çevresel faktörler üzerinde çalışmalar amaçlanmaktadır.

Risk değerlendirmesinde temel amaç ise işyerlerindeki çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve sağlık riskini azaltmak, insan sağlığını etkilemeyecek seviyeye düşürmektir. Bu riskler iş kazaları olabileceği gibi her türlü meslek hastalığı ve diğer sağlık riskleri de olabilir. Risk değerlendirmesi sonucunda, işyerindeki tüm tehlikelerin ne olduğuna karar verilmiş, kaza olma olasılığı ile olası kazaların boyutu/büyüklüğü hakkında bilgi sahibi edinilecektir. Daha da önemlisi, risk değerlendirmesi, mevcut riskler hakkında herkesin yeterli bilgi ile donatılması ve kaza olduğunda kimin ne yapması konusunda eğitilmeleri sağlanacaktır.

Bu çalışmadaki amaç, makine imalatı sektöründe tasarım veya üretim kademelerinde yer alan personelin, ürün geliştirme veya gerçekleştirme adımlarında ihtiyacı olacağı risk analizi ve risk azaltılması tasarım prensiplerini içermektedir.

## 2. MAKİNE BAZLI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Yapısında en az bir dönel elemanı barındıran, belli bir işlev gören, birbiriyle bağlantılı parça ve parça gruplarına "makine" adı verilmektedir [1].

Operasyonel bir süreç, makine ve/veya makine aksamalarında olası tehlikeleri belirleyerek riski minimum seviyeye düşürme faaliyeti, makine

veya prosesin tasarım aşamasından itibaren başlamalıdır. Risk analizinde belirlenen riskleri azaltmak için en önemli aşama, makine veya prosesi mümkün olduğunca "özünde güvenli" hale getirmeye çalışmaktır. Makine veya prosesi tasarlarken, emniyet fonksiyonunun sonradan ilave edilen bir fonksiyon olmamasına önem verilmelidir.

Bu bakış açısıyla, örneğin makine koruyucuları özünde güvenli tasarım önlemi değildir. Çünkü hem pratikte gördüğümüz örnekler hem de bu konuda yapılan bilimsel araştırmalar koruyucuların manipülasyon (kandırma) riskinin tahminimizin çok üzerinde olduğunu göstermektedir.

Örneğin Almanya makine kullanıcıları arasında yapılan bir araştırmada takım tezgahlarında manipülasyon oranının %37'lere ulaştığı görülmüştür [2].

25 Nisan 2013 tarih ve 28628 sayılı İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinin 5. Maddesi'ne göre; işverenler, işyerinde kullanılacak iş ekipmanının yapılacak işe uygun

olması ve bu ekipmanın çalışanlara sağlık ve güvenlik yönünden zarar vermemesi için gerekli tüm tedbirleri almakla yükümlü kılınmışlardır. İşverenler; iş ekipmanını seçerken işyerindeki özel çalışma şartlarını, sağlık ve güvenlik yönünden tehlikeleri göz önünde bulundurmamak, bu ekipmanın kullanımının ek bir tehlike oluştur- mamasına dikkat etmek zorundadırlar. İş ekipmanının çalışanların sağlık ve güvenliği yönünden tamamen tehlikesiz olmasını sağlayamıyorsa, kabul edile- bilir risk seviyesine indirecek uygun önlemleri almakla yükümlü kılınmışlardır.

Ayrıca bu yönetmeliğin bağlantıda bulunduğu bir diğer AB Direktifi ise 2006/42/EC Makine Emniyeti Direktifidir. Çünkü bir makinenin risk değerlendirmesi iki aşamada yapılması gerekmektedir;

1. Makine tasarlanırken imalatçı tarafından,
2. Makine kullanılırken kullanıcı tarafından.

AB'de yeni makine direktifi üzerinde beş yılı aşkın bir zamandır yapılan çalışma ve tartışmalar sonuçta bitmiş ve direktifin son hali 25.04.2006 tarihinde Avrupa Birliği Konseyi tarafından kabul edilmiştir. Yeni direktif 9.06.2006 Tarihli Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayınlanmıştır. Yeni 2006/42/EC Makine Direktifi'ne Aralık 2009 Tarihi'nde geçiş süresi bitmiş ve bu tarihten itibaren 98/37/EC sayılı Makine Direktifi yürürlükten kalkmıştır.

Güvenli makineler, imalatçı ve kullanıcı için hukuki güvence sağlamaktadır. Makine kullanıcıları, yalnızca güvenli makinelerin veya cihazların sunulmasını beklemektedirler. Bu beklenti dünya çapında aynıdır ve makine kullanıcılarını korumak için çeşitli düzenlemeler mevcuttur. Bu düzenlemeler, bölgelere göre değişmektedir. Yine de makinelerin yapımı ve sonradan güvenlik ekipmanları ile donatılması sırasında yapılacaklar konusunda yaygın bir mutabakat mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Makine imalatçısı, makine yapımı sırasında risk değerlendirmesi yapacak muhtemel tüm tehlikeleri ve tehlikeli yerleri saptayıp değerlendirecektir.
- Makine imalatçısı bu risk değerlendirmesine uygun olarak, uygun tedbirler aracılığıyla riskleri ortadan kaldıracak veya azaltacaktır.
- Risk, yapısal tedbirler ile ortadan kaldırılamadığı takdirde ya da kalan risk tolere edilemiyor ise makine imalatçısı uygun güvenlik cihazlarını seçecek ve uygulayacaktır.
- Gerekirse kalan riskler hakkında bilgi verecektir.
- Öngörülen tedbirlerin gerekli etkileri verdiği için, emin olmak için, komple onay işlemi yapılacaktır.

Yeni makine emniyeti direktifi incelendiğinde önemli gelişmeler olduğu, daha net yapılmış olan tanımlar ve gözden geçirilmiş olan temel gerekler sayesinde, öncekine oranla asgari güvenlik seviyesinin yükseltilmiş olduğu gözlenmektedir [3].

## 2.1. Makine Bazlı Risk Değerlendirme Aşamaları

Makine bazlı risk değerlendirmesi yapılırken, temel olarak bazı kıstasları uyulması gerekmektedir. Olay ve/veya sürecin risk bazlı değerlendirilmesinde aşağıdaki adımların takip edilerek, risk değerlendirmesinin yapılmasında fayda vardır. Böylece, daha doğru bir yaklaşım ile makine bazlı risk değerlendirmesi yapılmış olur.

### 2.1.1. Makine/Prosesi Tanımlama

Dahası olmamakla birlikte, bazı koruma önlemleri gerektiren uygulamaların tanımlanması, bu uygulamaların genellikle kazalar ve yakın kayıplar yoluyla kendilerini gösterebilmeleri nedeniyle, güvenlikten sorumlu kişiler için en kolay adımdır. Bir tesisin kaza geçmişi gözden geçirilmesi, tehlikeli senaryoların tanımlanmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, sağduyu da büyük bir rol oynayabilir.

Örneğin, elle beslenen bir mekanik güç presi genellikle bir matbaadan daha büyük bir risk arz eder. Bu, matbaanın güvenlik riskleri olmadığını söylemez. Daha ziyade, küresel bir bakış açısında, güç basıncının, korunma açısından hemen dikkat edilmesi gereken, bununla ilişkili yüksek bir riske sahip olması daha muhtemeldir. Geleneksel olarak, işverenler öncelikle yüksek riskli makinelere hitap ederler ve daha sonra tüm makineler tolere edilebilir bir risk seviyesine ulaşana kadar hattı daha düşük risk uygulamalarına doğru hareket ettirirler [4].

Bunu sağlamak için, bazı tesisler, planın risk azaltma bölümünü uygulamadan önce, saldırı planına öncelik vermek için mevcut her makine üzerinde risk değerlendirmesi yapar. Kuşkusuz, bu kaza veya yakın kayıpların sürekli olarak meydana geldiği birkaç makine mevcut olduğunda uygun olmayabilir.

### 2.1.2. Bilgilerin Toplanması

Makine veya süreç esaslı bir risk değerlendirmesi için tanımlandıktan sonra, bir sonraki adım, uygulamaya ilişkin tüm ilgili bilgileri

toplamaktır. Bu bilgiler, makinenin sınırlarını, yaşam döngüsü gereksinimlerini, enerji kaynakları ve mevcut tüm tasarım çizimleri, eskizler, sistem açıklamaları veya makinenin yapısını oluşturma ile ilgili diğer tüm bilgileri içerir. Buna ek olarak, önceki olay tarihi (konu makine veya benzeri makineler), sağlığa verilen zarar ile ilgili bilgiler, mevcut ya da önerilen sistem ve yapı düzenleri ile ilgili detaylar da risk değerlendirme süreci için önemlidir.

Son olarak, hem etkilenen personelin (eğitim seviyesi, tecrübe veya yetenek düzeyi dahil) hem de makul bir şekilde öngörülebilir makinenin tehlikelerine maruz kalabilecek diğer kişilerin açık bir listesi tespit edilmesinde yararlıdır. Bu, kazaya yol açabilecek senaryoların büyük çoğunluğu yararlı bir bilgidir [4].

### 2.1.3. İşe Uygun Bireylerin Toplanması

Halihazırda, yapıların yarısından fazlası şirketlerin güvenlik komitelerine sahip olmasını şart koşuyor. Bu kaynak mevcut olduğunda en geniş ölçüde kullanılmalıdır. Eğer resmi bir güvenlik komitesi mevcut değilse, korunma işleminde hak sahibi olan tüm bireylerin girdilerini toplayın. Bunu yapmak için, normalde bir güvenlik komitesi oluşturacak bir takım ekibi derleyin. Sürecin bu adımını tek başına tamamlamak, şirketlerin bir güvenlik komitesi oluşturmaya doğru yönde ilerlemesine yardımcı olabilir. Büyük olasılıkla, EHS uzmanı her zaman dahil olacak ve bazen bu kişi de takım lideri olarak hareket ediyor olacaktır.

Operatörler ve bakım personelinin geri bildirim almak iki nedenden dolayı önemlidir. Öncelikle, bu kişiler makinede ve çevresinde günlük olarak çalışırlar, bu da makinenin günlük işleyişine daha az dahil olan insanlara gizlenmiş olan tehlikeleri tanımlayabilecekleri anlamına gelir.

İkincisi, bu bireylerden satın almak önemlidir. Eğer bir koruma sistemi kurulursa ve onunla çalışmak zorunda olan insanlar memnun olmazlar ve planlama aşamasında endişeleri duyulmazsa, koruma sisteminin kendi ihtiyaçlarını karşılamaması ya da gerekli özel görevleri yerine getirmelerini engelleyebilir.

Bu nedenle, en erken aşamadaki girdiler, üretime devam etmek için atlanması gereken bir güvenlik önlemi uygulama olasılığını azaltmak için önemlidir. Kasten korunma önlemleri, korumacıların baypas edildiğinde veya kaldırıldığında (ki bu genellikle uygun bir onay veya bildirim olmadan yapılır) güvenlik önlemleri alan kişilerin aniden bir güvenlik duygusuna sahip olduğu gerçeğine dayanarak, hiçbir önlemden daha tehlikeli olabilir [4].

Bu sürece mühendisleri ve elektrikçileri dahil ediniz. Bu kişiler, mevcutta hangi önlemlerin alındığı ve hangi seçeneklerin olacağı da dahil olmak üzere, makine hakkında ayrıntılı bilgi verebileceklerdir. Mümkün olduğunda, üretim yöneticilerinin dahil olması da yararlıdır. Satın alma ve katılımcıları, makinenin veya operatörlerin çıkışını büyük ölçüde azaltmayan pratik bir güvenlik çözümünün uygulanmasına yardımcı olur. Son olarak, uzmanlar, belirli makineler, cihazlar veya güvenlik önlemleri ile ilgili yetenekler, faydalar ve dezavantajlar hakkında bilgi verebilirler.

### 2.1.4. Kullanımdaki Makineyi Gözleme

Birçok makine tasarımda benzer olsa da, son kullanıcılar, müşterilere ve pazar taleplerine göre belirli parçalar üretmek için makineleri uyarlar. Makineler tasarıma benzer olsalar bile, risk seviyesinde büyük bir fark yaratmak için kolayca değiştirilebilirler. Örneğin, bir robot uygulamasını düşünün. Robot üreticisi binlerce benzer robot üretebilse de, her bir robot, her biri kendi tehlikelerine sahip çeşitli sistemlere dahil edilebilir.

Bir robot, bir kaynak uygulaması için, diğeri boya kabininde olmak üzere malzeme taşıma için kullanılabilir. Bu "özdeş" robotların her biri şimdi kullanılan uç efektöre, buldukları ortama ve diğer makine türleriyle bir sisteme nasıl entegre olduklarına bağlı olarak farklı tehlikelere ve potansiyel olarak farklı risk seviyelerine sahiptir. Bir kalıbı veya iş parçasını değiştirmek bile bir makinenin maruz kaldığı tehlikeleri etkileyebilir. Bu nedenle, her bir makineyi her uygulama için kullanıldığı şekilde görüntüleyin.

Ayrıca, farklı personelin, makinenin içinde veya yakınında nasıl çalıştığını izleyin, çünkü farklı teknikler, şirket içinde başka yerlerde uygulanabilecek en iyi güvenlik uygulamalarına yol açabilir [4].

### 2.1.5. Tehlikeli Alanları Tanımlama

Bir görev / tehlike yaklaşımı olarak da bilinen bu teknik, tüm potansiyel olarak tehlikeli senaryoların ayrıntılı bir listesini oluşturur. İlk olarak, ekip, makinenin tüm kullanım ömrü boyunca hayal edilebilecek her bir görevi tanımlamaya çalışmalıdır. Bu liste, yükleme ve boşaltma, tüm işletim modları, planlı ve plansız bakım, takım değişimi, sorun giderme ve kat hizmetleri için gerekli görevleri içerecektir. Ek olarak, ekip, makinenin taşınması, çalıştırılması, kurulumu, hizmet dışı bırakılması ve hatta atılması için gerekli olan görevleri dikkate almalıdır. Bu listede eldeki ekip, daha sonra her bir görevle ilgili her potansiyel tehlikeyi tespit etmeye çalışmalıdır. Tehlikelerin türleri arasında çalışan nip noktaları, kısırtma noktaları, kırma, elektrik çarpması, depolanmış enerjinin serbest bırakılması, ergonomik gerilmeler ve kaymalar, geziler ve düşmeler bulunmaktadır [4].

### 2.1.6. Risk Seviyesini Tanımlama

Öngörülebilir görev / tehlike çiftleri tanımlandıktan sonra, bir sonraki adım her bir parite için bir risk seviyesi belirlemektir. Risk seviyelerine tanımlamada kullanılan yardımcı sistemler mevcut olup, birçok konsensüs yöntemi vardır. Bunların örnekleri ANSI B11.TR3, ANSI / RIA R15.06, ANSI / PMMI B155.1, SEMI S10-1103, MIL-STD-882D, CSA Z432, CSA Z434 ve ISO 14121 (EN 1050) gibi fikir birliği standartlarıdır. Hangi yöntem seçilirse seçilsin, değerlendirme ekibi süreçle ve nasıl doğru şekilde kullanılacağına dair rahat olmalıdır [4].

Risk seviyelerinin belirlenmesinde, çoğu yöntem bir tehlikenin ana işlevlerini göz önünde bulundurur: potansiyel yaralanmanın şiddeti, potansiyel tehlikeye maruz kalma sıklığı, ortaya çıkan tehlikenin önlenmesi olasılığı ve bir arıza durumunda meydana gelme olasılığı. Risk tahminine dahil olan bireylerin bu faktörler için kriterlerin tanımlarına aşina olması ve bu konuda

anlaşması önemlidir. Çoğunlukla, ortaya çıkan risk seviyeleri, yüksek ya da ihmal edilebilir olan her yerde, üç ya da dört kategoriye ayrılır.

İlk risk tahmini, hiçbir korumanın kurulmadığı varsayılarak yapılmalıdır. Bunu yaparak, risk değerlendirmesi, mevcut tehlikelerin riskini azaltmaya yardımcı olacak doğru koruma yöntemlerini daha doğru bir şekilde tanımlayacak bir risk seviyesi üretecektir [4].

### 2.2. Makine Bazlı Risk Değerlendirme Yönetim Süreci

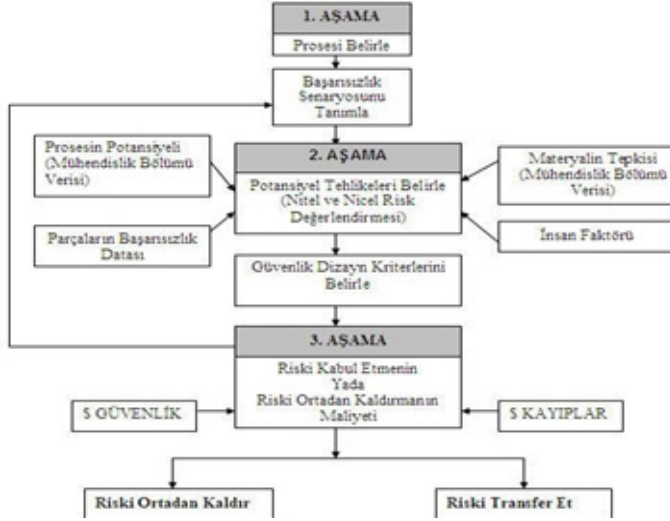
İş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin temel amacı işyerlerindeki çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve sağlık riskini azaltarak insan sağlığını etkilemeyen seviyeye düşürmektir. Bu amaç çerçevesinde "Risk Yönetim Süreci" iş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin temel amacını teşkil eder.

Şekil 1.'de Risk yönetim prosesi, çok amaçlı olarak sağlık ve güvenlik yönetim sistemine biçim vermeli ve yönetim sisteminin diğer öğeleri ile birleştirilmelidir. "Risk Yönetim Süreci" mutlak suretle "Proses Güvenlik Yönetimi"ni dikkate almalı, böyle bir sistemde, risk yönetim prosesi işlemler veya örgütün etkinliklerindeki risklerin güncel denetimi ile uğraşan bir risk yönetim süreci olmalıdır.

"Risk Yönetim Süreci" ortamdaki tehlikeleri belirleyen, onların kritik değişkenler ve fonksiyonlar üzerindeki etkilerini araştıran ve koruma amaçlı mekanizma veya stratejiler geliştiren bir tekniktir. Risk yönetim sürecinin oluşturulmasının amacı işletmelerin amaçlarına ve hedeflerine ulaşmaları için en etkin, en hızlı ve en güvenilir yolları araştırmaktır.

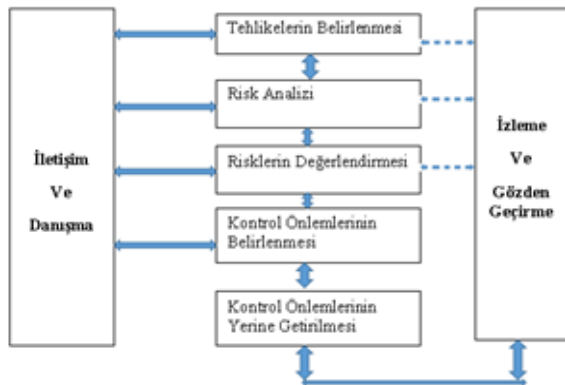
Risk yönetim süreci kavramı, sistematik tanımlamayı vurgulamalı, analiz ve tehlikelerin kontrolü ise etkili ölçümler içermelidir. Risk kontrolünün neye ihtiyacı olduğunu anlamaksızın uygulanan bir risk yönetim prosesi, sağlık ve güvenlik problemleri ile mücadelede doğru eylemleri içermez.

Risk Yönetim Prosesi; yönetim politikası, prosedürler ve görev tanımlarını kurma bağlamında, içerik, tanımlama, inceleme, değerlendirme, muamele, izleme ve haberleşme uygulamalarının sistematik uygulamasıdır. Risk yönetim kavramı, kazaların önlenmesi için sistematik ve gerçekçi bir çatı kurulmasını sağlar.



Şekil 1. Risk Yönetim Süreci Akım Şematik Gösterimi [5].

Risk yönetim prosesi kendi içerisinde iki farklı temel aşamaya bölünebilir, birinci aşama problemlerin tanımlanmasıyla uğraşırken ikinci aşama problemlerin çözümü ile ilgilenir. Risk yönetim prosesinin aşamalarına Şekil 2,de genel olarak belirtilmiştir [6].



Şekil 2. Risk Yönetim Sürecine Genel Bir Bakış [6].

Risk Değerlendirmesine yönelik adımlar aşağıda 5 adımda sıralanarak özetlenmiştir.

1. Adım: Tehlikelerin belirlenmesi
2. Adım: Risk Tahmin Etme
3. Adım: Kontrol Önlemlerini Tespit Etme
4. Adım: Kontrol önlemlerinin alınması
5. Adım: Denetim, izleme ve gözden geçirme olarak sıralanabilecek olan bu adımları sırayla takip etmek gerekmektedir [7].

## 2.3. Riskin Belirlenmesine Yönelik Faktörler

### 2.3.1. Yapısal ve Fiziksel Faktörler

Bir makinenin meydana gelmesi, kabaca, makineyi hayal etme, taslak şeklini çizme, elemanlarını yerleştirme, mekanizmanın çalışmasını sağlama, elemanları boyutlandırma, montaj resimlerini çizme, yapım resimlerini çizme, prototip makinenin üretimini yapma deneme yapma ve yapımına karar verilen makinenin üretimini yapma safhalarından geçer. Üretim safhasına kadar olan tüm işlemler tasarım olarak adlandırılır. Tasarım kelimesinin karşılığı olarak, dizayn ve konstrüksiyon kelimeleri kullanılmaktadır. Bu kelimeler, yabancı kelimeler olup, Türkçe okunuşları ile kullanılmaktadır. Konstrüksiyon kelimesi, elemanları yerleştirme anlamında kullanılmakla birlikte, tasarım anlamı vermektedir. Burada, bütün bu kavramlar için tasarım kelimesi kullanılacaktır [8].

Makinalar, operatörün çalışma alanını engelsiz ve direkt göreceği şekilde tasarlanmalıdır. Görüş rahatlığı özellikle kaldırma-iletme makinalarında hayati önem taşımaktadır. Benzer şekilde işleyen/kesen bölümün parçaya temas ettiği bölgenin rahat görülmesi de operasyon güvenliği açısından önemlidir.

Makine geometrisinin belirlenmesinde;

- Vücut parçalarının operasyon bölgesine girmesinin engellenmesi,
- Keskin köşe ve kenarlardan, açıklıklardan, çıkıntılı yüzeylerden kaçınılması,
- Kumanda sistemlerine kolay erişim gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir.
- Fiziksel faktörlere yönelik önlemler ise;
- Gürültü, titreşim gibi tehlikelerin sınırlandırılması,
- Işıma kaynaklarının sınırlandırılması için özellikle mesafeler ve "zırhlama" önlemleri,
- Hareketli parçaların kütle ve hız sınırlandırılması,

- Toz kaynaklarının sınırlandırılması örneğin öğütmek yerine ezmek, toz yerine granül kullanmak gibi fiziksel etmenlere dikkat edilmelidir [2].

### 2.3.2. Teknik bilgilerin makine tasarımında kullanılması

Makinenin yapacağı işi yerine getirebilmesi için temel fikirleri bir araya getirmektir. Tasarımın bu safhası, buluş kabiliyeti gerektirdiğinden zordur. İstlenen fonksiyonu yerine getirebilecek sonsuz sayıda sistem geliştirilebileceği için bu safhada karar vermek ve son noktayı koymak, önemli bilgi birikimi ve tecrübe ister.

Bir şeyi yapmak için gerekli teknik bilgiye “know-how” da denilmektedir. Know-how’un tam bir Türkçe karşılığı yoktur ve sadece literatür bilgisini değil deneyim, teknolojiyi izleme, kıyaslama gibi vasıtalarla edinilmiş üretime yönelik bilgiyi kapsamaktadır [2].

Tasarım kuralları, normlar, kodlar gibi her türlü zamanın gerektirdiği teknik bilgiler makine tasarımında aşağıdaki hususlar dikkate alınmak kaydıyla kullanılmalıdır:

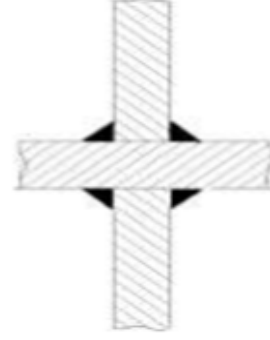


Şekil 3. Bir ambar rafındaki keskin köşelerin “bumper” yardımıyla giderilmesi [2].

### 2.3.3. Mekanik gerilmelerin kontrol edilmesi

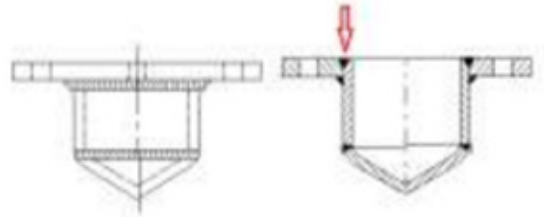
Malzemenin mekanik gerilmeleri kontrol altına alınabilmesi için ilk tasarım aşamasında planlanması gerekmektedir. Eğer bu yapılmaz ise, oluşan gerilmeler malzemenin mikro yapısını bozar ve iç gerilmeler oluşturur. Örneğin bir kaynak prosesinde kaynak dikişlerinin üst üste gelmesi malzemeyi iyice zayıflatır. Şekil 4.’de görüldüğü üzere dört adet kaynak dikişi tek

noktada toplanmıştır.



Şekil 4. Kaynak Dikişi Tek Noktada Toplanması [8].

İşlem yapılmış yüzeylere kaynak dikişi konulmamalıdır. Ayrıca bileşik gerilmelerin olduğu yerlere kaynak yapmaktan kaçınılmalıdır. Şekil 5.’de bu durum gösterilmiştir.



Şekil 5. Hatalı Kaynak Birleşimi [8].

Ayrıca, aşağıdaki yapılan sınıflandırmalarda mekanik gerilmelere örnek verilebilir.

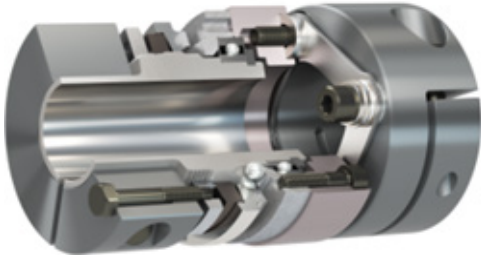
- Bağlantı elemanlarının seçimi (kaynak, emniyetli civatalar vb.)
- Aşırı yük koruması (basınç sınırlama valfleri, tork sınırlayıcılar, patlama diskleri)
- Değişken zorlanma kaynaklı yorulmaların önlenmesi
- Burulmaya zorlanan vidalı sistemler

### 2.3.4. Uygun malzeme ve teknoloji seçimi

Korozyona dayanım, sertlik, gevreklik, toksisite, aşınma, yanıcılık ve parlayıcılık gibi faktörlerin malzeme seçiminde dikkate alınmalı, Güvenlik açısından kritik elemanların (halat, zincir gibi) seçiminde ve tasarımında uygun emniyet katsayıları kullanılmalıdır.

Özellikle patlayıcı atmosfer içermesi olasılığı bulunan ortamlarda ilgili mevzuat ve teknik bilgiler doğrultusunda ekipman kullanılmalıdır:

- Alev sızdırmaz ekipman kullanımı
- Kendinden emniyetli elektrik ekipmanı
- Parlama noktasının altında kalmayı garantileyen sıcaklık sınırlayıcılar
- Gürültü azaltıcı teknolojiler tercih edilmelidir
- Mekanik kesme yerine su ile kesme kullanımı gibi



Şekil 6. Tork sınırlayıcı kavrama [9].

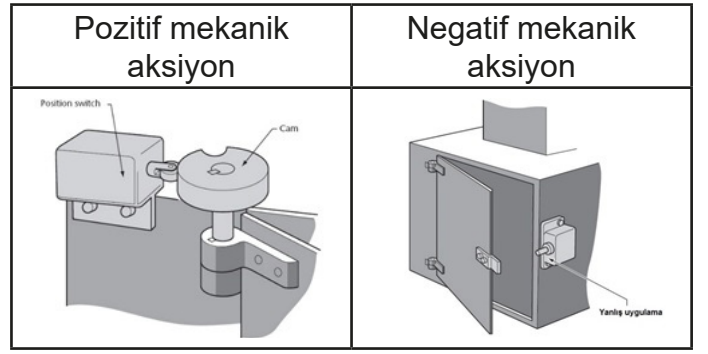
Tork sınırlayıcılar, aşırı torklarda bağlantıyı ayırarak mekanik zorlanmalardan sistemi korur.

### 2.3.5. Pozitif mekanik aksiyon prensibinin uygulanması

Hareketli makine parçaları ya direkt birbirine temas edecek ya da rijit ara bağlantıları olacak şekilde tasarlanmalıdır. Şekil 7 ve Şekil 8’de buna örnek teşkil edecek lamba görülebilmektedir.



Şekil 7. Alev Sızdırmaz Lamba [10].



Şekil 8. Kilitleme (interlock) sistemlerinde pozitif mekanik aksiyon prensibi [2].

Makine güvenliği konseptinin çekirdek kısmını tasarımcı tarafından alınması gerekli önlemler oluşturur.

Bu önlemlerin alınmasında aşağıdaki hiyerarşinin izlenmesi gerekmektedir:

1. Kendinden emniyetli (özünde güvenli) tasarım
2. Koruyucular ve tamamlayıcı koruma cihazları
3. Makine limitlerinin gözden geçirilmesi
4. Kullanım kılavuzları ve ikazlar

Bunların birincisi, yani kendinden emniyetlilik, operatörün öngörülebilir yanlış kullanımında bile makinenin güvenlik fonksiyonlarını devam ettirebilme yeteneğidir. Alınması gerekli minimum tasarım önlemleri TS EN 12100 standardında belirtilse de bunlar genel prensipleri açıklayan ve genellikle soyut ifadelerdir. Tasarım önlemlerinin makine tiplerine göre özelleştirilmesi için 1000’e yakın standart oluşturulmuştur.

### 3. MAKİNE BAZLI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Bir işletmede yapılması gerekli ilk risk değerlendirmesi ön tehlike analizidir. “Ön Tehlike Analizi” sayesinde her bir sakıncalı olay veya tehlike, mümkün olan düzelmeler ve önleyici ölçümler formüle edilir. Bu metodolojiden çıkan sonuç, hangi tür tehlikelerin sıklıkla ortaya çıktığını ve hangi analiz metodlarının uygulanmasının gerektiğini belirler. Tanımlanan tehlikeler sıraya konur ve önlemler öncelik sırasına göre değerlendirilir. Ön tehlike analizi diğer metodolojilere başlangıç verisi olması aşamasında yararlıdır. Ön tehlike analizi yapılırken, tehlikelerin belirlenmesi aşamasında;

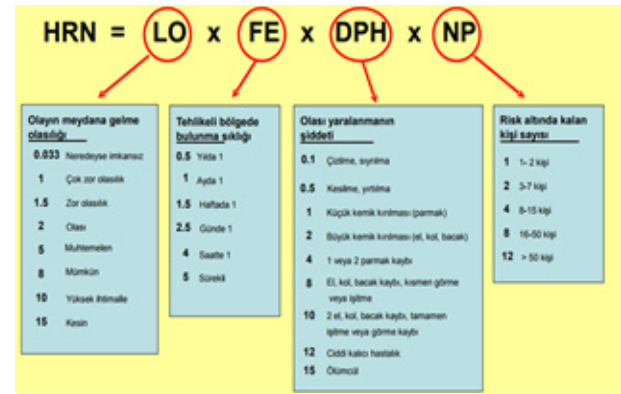


- Potansiyel tehlikeli elemanlar,
- Tehlikeli durumlar,
- Tehlikeli olaylar,
- Emniyet sistem kayıpları,
- Geçmiş kaza olayları veri olarak kullanılır.

Bir sonraki aşamada ise özellikle “Ön Tehlike Analizinin işaret ettiği tehditlere uygun risk değerlendirme yöntemlerinin seçimi yine risk değerlendirme ekibi tarafından yapılmalı ve risk değerlendirme çalışmaları detaylandırılmalıdır. Örneğin; ön tehlike analizinde işletmelerde makinelerle ilgili yoğun risklerin tespiti halinde “Makine Risk Değerlendirmesi” yapılması gerekir [3].

Makinelerle ilgili direktiflere bakıldığında içlerinde bazı standartlara atıfta bulunduğu görülmektedir. Bu standartlar, ilgili direktiflerin şartlarının yerine getirilmesinde uygulayıcılara yol göstermektedir. Emniyet ile ilgili standartların en önemlilerinden birisi TS EN 12100’dür. Elektriksel tedbirler için ise TS EN 13849 standardının uygulanması gerekmektedir. Bu standart ile makine ya da prosesin “Risk Kategorisi” belirlenir. Bu standartlara göre prosesin ya da makinenin riskli olarak belirlenen kısımları için mekanik yada elektriksel bazı tedbirler alınır ve alınabilecek tüm tedbirlerle birlikte riskin en aza indirilmesi hedeflenir. EN 13849 standardına göre; tehlikelerin nedenleri ve bu tehlikelerden kaçınmak için yapılan çalışmalarda eğer makinede güvenlik, elektriksel ekipmanlarla sağlanması gerekiyorsa ve bu şekilde tehlikelere karşı önlem sağlanıyorsa “Elektriksel Güvenlik”ten bahsedilir. Eğer güvenlik bir işleve bağlı olarak sağlanıyor ve tehlikelere karşı önlem sağlanıyorsa bu seferde “İşlevsel Güvenlik”ten söz edilebilir [3].

Bu anlamda yapılacak bir Risk Değerlendirmesi için aşağıdaki metot ve yöntem seçilebilir. Bu metotta Olayın Meydana Gelme Olasılığı, Tehlikeli Bölgede Bulunma Sıklığı, Olası Yaralanma Şiddeti ve Risk Altında Bulunan Kişi Sayı vb. faktörler etkili olup, bu tanımlamalara ait sayısal veriler Risk Derecelendirme Numarasını verir.



Şekil 9. Tehlike Derecelendirme Numarasının Formüle Edilmesi [11].

HRN (Hazard Rating Number - Tehlike Derecelendirme Numarası)

| Kategori              | HRN     | Risk                  | Açıklama  |
|-----------------------|---------|-----------------------|---|
| İhmal Edilebilir Risk | 0-1     | İhmal Edilebilir Risk | Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye atacak risk yok, ilave emniyet tedbirine ihtiyaç yok   |
| Çok Düşük Risk        | 2-6     | Çok Düşük Risk        | Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye atan çok az risk var. ilave olarak kayda değer bir emniyet tedbirine gerek olmayabilir. Personel koruma ekipmanları kullanılabilir ve eğitimle risk azaltılabilir. |
| Düşük Risk            | 6-15    | Düşük Risk            | Az da olsa risk vardır. Emniyet tedbirleri için gerekli kontrol ekipmanlarının kullanılmasına özenlenmelidir.   |
| Dikkate Değer Risk    | 16-50   | Dikkate Değer Risk    | Emniyet tedbirinin alınması gerekmektedir. Bu tedbirler uygulanmalıdır.   |
| Yüksek Risk           | 51-100  | Yüksek Risk           | Acil olarak emniyet tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Bu tedbirler acil olarak uygulanmalıdır.  |
| Çok Yüksek Risk       | 101-500 | Çok Yüksek Risk       | Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalıdır. İlgili yönetici bilgilendirilmelidir.   |
| Aşırı Yüksek Risk     | 501-    | Aşırı Yüksek Risk     | Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı, yeterli kontrol tedbirleri alınmazsa ciddi ekipmanlar kullanılmamalı, insanlar uzak tutulmalı ve ilgili yönetici bilgilendirilmelidir.                             |

Şekil 10. Tehlike Derecelendirme Numarası Skala Açıklaması [11].

Risk Derecelendirme Numarası sonuçlarına göre çıkan sonuçlar, 0-1 ile 501 ve üstü arasında bir değer ile skalandırılır. 0-1 sonucu İhmal Edilebilir Risk iken, 501 ve üstü sonuç ise Aşırı Yüksek Risk olarak sonuçlandırılır. Bu sonuçlar, bizim için geri besleme ve sonuç anlamında nihai karar niteliği olup, düzeltici ve önleyici tedbir almamıza imkan verecektir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya’da her yıl milyonlarca insan iş kazaları nedeniyle yaralanmakta, yaşamını yitirmekte ya da işle ilgili meslek hastalığına yakalanmaktadır. İş kazalarının, meslek hastalıklarının ve olay sonucu ortaya çıkan maliyetlerin azaltılması ve işyerlerinde sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının oluşturulması, doğru tasarlanan iş güvenliği yöntem ve yönetimiyle mümkündür.

Bu kapsamda oluşan iş kazalarının büyük bir kısmının metal vb. sektörlerde olduğu düşünüldüğünde, makine faktörünün olası kazalardaki fonksiyonunun araştırılması ve alınacak önlemler önemli derecede arz etmektedir.

Makinelerde ergonomi oldukça geniş kapsamlı bir konudur ve makine tasarımındaki ergonomik prensipler "TS EN 13861: Makine güvenliği – Makine tasarımında ergonomik standartların uygulanmasına dair kılavuz" standardında yer almaktadır.

Makinelerin tasarımında insana ait fiziksel ve zihinsel faktörler dikkate alınmalı, makinelerin elemanlarına erişim kolay olmalıdır. Uygunuz vücut temasına izin verilmemeli. Ses, titreşim gibi rahatsızlık verici etmenler mümkün olduğu kadar sınırlandırılmalı, özellikle kontrol üniteleri ve işlem (operasyon) noktaları yeterli derecede aydınlatılmalıdır.

Operatörlerin makine çevrimine uymaya zorlanmaması, yani insanın çalışma temposunun makine tarafından belirlenmemesi gerekliliğidir. Otomasyon sabit bir hızla hareket eden bir makineye çalışanın sürekli çalışarak aciliyet içinde parça yetiştirilmesi demek değildir. Makine-insan bağlantısı insana çalışma esnasında makul bir otonomi sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarımların ilk aşamasında düşünülmesi gereken süreçler, tasarımcı mühendislerin makinelerin çalışmasına bu gözle bakması ile iş dünyasına ve iş kazalarının azalmasına pozitif yönde etki edeceği muhakkaktır.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Machinery Directive. 2006/42/EC. Guide to Application of The Machinery Directive 2006/42/EC, 2nd Edition, June 2010.
- [2] Üçüncü, K., 2016. Makine Bazlı Risk Analizi-1, Önlem Dergisi, <http://www.onlemdergisi.com.tr/6785-2/>, (Erişme Tarihi:29.12.2017).
- [3] Özkılıç, Ö., 2016. Makine Risk Değerlendirmesi, Önder Akademi, <http://www.onderakademi.com/blog/isg-dergi-makaleler/makine-risk-degerlendirmesi.pdf>, (Erişme Tarihi: 22.12.2017).
- [4] Anonim-a, "Machine Safeguarding: Risk

Assessment and Risk Reduction", [http://www.ehstoday.com/safety/machine/ehs\\_imp\\_37486](http://www.ehstoday.com/safety/machine/ehs_imp_37486) (Erişim Tarihi:14.03.2018).

[5] Kılıçoğlu, M., 2010. "Talaşlı İmalat Yapan Bir İşletmede Risklerin Analizi ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.

[6] Alataş, C., "İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme metotları ve risk yönetimi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kocaeli, 62-64, 69-71, 74-81, 94 (2006).

[7] Özkılıç, Ö., "İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve Risk Değerlendirme Metodolojileri", Tisk Yayınları, İstanbul 21-24, 48-58, 61-76, 117-136 (2005).

[8] Can, A., 2015. Makine Tasarımı Ders Notları, Gazi Üniversitesi, [www.websitem.gazi.edu.tr/site/uzun.gultekin/files/download/id/106517](http://www.websitem.gazi.edu.tr/site/uzun.gultekin/files/download/id/106517), (Erişim Tarihi: 24.12.2017).

[9] Anonim-b, 2017. <https://www.mayr.com/tr/ueruenler/emniyet-kavramalar/eas-smartic> (Erişim Tarihi:28.12.2017).

[10] Anonim-c, 2017. <http://www.elpekmuhendislik.com/exproof-glop-armatur.html>

[11] Türer, N., 2013. "Ce, Makine Emniyeti ve Risk Değerlendirmesi", İSG Haftası Seminerleri, MESS (Metal Sanayicileri Sendikası), [http://www.mess.org.tr/media/filer\\_public/bf/a1/bfa1a88e-5854-42e6-bce9-47ea0f371bf2/bsh\\_necmi\\_turer-sunum\\_20130506.pdf](http://www.mess.org.tr/media/filer_public/bf/a1/bfa1a88e-5854-42e6-bce9-47ea0f371bf2/bsh_necmi_turer-sunum_20130506.pdf)