



**T.C. İSTANBUL RUMELİ
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKILLI İŞ GÜVENLİĞİ SİSTEMLERİNDE YANGIN
ÖNLEME/ERKEN MÜDAHALE SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

HAZIRLAYAN: MUHAMMED ERTUĞRUL ÇAPAN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Faruk BULUT

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 17 / 07 / 2019

**SİLİVRİ- İSTANBUL
2019**

T.C. İSTANBUL RUMELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKILLI İŞ GÜVENLİĞİ SİSTEMLERİNDE YANGIN
ÖNLEME/ERKEN MÜDAHALE SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

HAZIRLAYAN: MUHAMMED ERTUĞRUL ÇAPAN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Faruk BULUT

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 17 /07 / 2019

SİLİVRİ - İSTANBUL

2019

Her hakkı saklıdır



T.C
İSTANBUL RUMELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Muhammed Ertuğrul ÇAPAN'ın "Akıllı İş Güvenliği Sistemlerinde Yangın Önleme /Erken Müdahale Sistemlerinin Analizi" adlı tez çalışması, jürimiz tarafından İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı İş Sağlığı ve Güvenliği Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. – Ing. Ahmet CAN
İstanbul Rumeli Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Faruk BULUT
(Danışman)
İstanbul Rumeli Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Ercan BULUŞ
Namık Kemal Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

ONAY

17. / 7. / 2019

Prof. Dr. - Ing. Ahmet CAN
Enstitü Müdür V.

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

T.C. İstanbul Rumeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm veri, bilgi ve dokümanların doğru ve tam olduğunu, akademik etik ve ahlak kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini belirtirim. Tez çalışmasında kullandığım verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı ve çalışmamın özgün olduğunu bildiririm. Aynı zamanda bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi ve bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını belirtir; aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

17 / 07 / 2019

Muhammed Ertuğrul ÇAPAN

ÖZET

(Yüksek Lisans Tezi)

AKILLI İŞ GÜVENLİĞİ SİSTEMLERİNDE YANGIN ÖNLEME/ERKEN MÜDAHALE SİSTEMLERİNİN ANALİZİ

2000’li yılların başından alt yapısı oluşturulan ve 2011 yılından itibaren geniş kapsamlı bir atılma dönüşen üretimde dijitalleşme (Endüstri 4.0); marka ve üretim avantajını kaybetmeye başlayan Avrupa’nın bu duruma karşı gösterdiği reaksiyon olarak adlandırılabilir. Merkezine Siber-Fiziksel Sistemleri, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri gibi teknolojik bileşenleri olarak üretim maliyetini azaltmayı, verimliliği artırmayı hedefleyen bu süreç günümüzde, farklı ülkelerde değişik varyasyonları uygulanan küresel bir fenomen haline gelmiştir.

Her yıl binlerce insanın ölümüne, yaralanarak sakat kalmasına ve milyonlarca dolarlık kayıplara sebep olan iş kazaları ve yangınlar, %90 oranında bireysel hata ve ihmallerden kaynaklanmaktadır. Endüstri 4.0’ın teknoloji tabanlı bileşenleri iş sağlığı ve güvenliği, yangın gibi üretim alanlarında önemli kayıplara yol açan problemlerin çözümünde de etkin rol üstlenebilir. Bu konu ile alakalı genel beklenti, çevrimiçi veri analizi, nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojilerinin makine ve endüstriyel sistemleri daha özerk hale getirmeye devam etmesidir. Böylece üretim süreçleri bütünüyle şeffaflaşacağından meydana gelen aksaklıklar kolay tespit edilerek, zarar verme potansiyeli olan olaylar önlenebilecektir.

Üretimde dijitalleşme, yangın güvenliği ve iş sağlığı-güvenliği konularının işlendiği bu tez çalışması ile varılmak istenen amaç; Endüstrideki yeni çağa uyum sağlamanın önemini vurgulamak ve bu çağı yaratan teknolojilerin, üretim alanlarının güvenliğini ve çalışanların sağlığını korumadaki rolüne değinmektir.

MUHAMMED ERTUĞRUL ÇAPAN

T.C. İstanbul Rumeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Faruk BULUT

Temmuz / 2019, 129 sayfa

Anahtar Kelimeler: İş güvenliği, Yangın sistemleri, Akıllı sistemler, Endüstri 4.0

ABSTRACT

(M.Sc. Thesis)

FIRE PREVENTION / EARLY INTERVENTION ANALYSIS IN INTELLIGENT OCCUPATIONAL SAFETY SYSTEMS

Digitalization in production (Industry 4.0), whose infrastructure was formed in the early 2000's and transformed into a comprehensive advance since 2011; it can be called as shown reaction of Europe, which brand and starting to lose production advantage, against this situation. This process, which aims to reduce production cost and increase productivity by taking technological components such as Cyber-Physical Systems, Internet of Things, Big Data to its center, has become a global phenomenon in which different variations are applied in different countries.

Occupational accidents and fires, which cause thousands of deaths, injuries and disabilities and millions of dollars of losses every year, are caused by 90% individual errors and omissions. The technology-based components of Industry 4.0 can also play an active role in solving problems that lead to significant losses in production areas such as occupational health and safety and fire. The general expectation related to this subject is; online data analysis means that the Internet of objects and artificial intelligence technologies continue to make machinery and industrial systems more autonomous. Since the production processes will be completely transparent, the failures that occur can be easily identified so that the potential damages can be prevented.

The aim of this thesis which includes digitalization in production, fire safety and occupational health and safety; emphasizing the importance of adapting to the new age in the industry and explain the role of technologies applying this era in protecting the safety of production areas and the health of employees.

MUHAMMED ERTUĞRUL ÇAPAN

T.C. İstanbul Rumeli University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Occupational Health And Safety

Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Faruk BULUT

July / 2019, 129 pages

Key Words : Work safety, Fire systems, Intelligent systems, Industry 4.0

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Taraması	4
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1 İş Sağlığı ve Güvenliği	9
2.1.1 Dünyada ve Ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi	10
2.1.2 Güvenlik Kültürü ve İş Kazaları	15
2.1.3 İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Yönetimi	16
2.1.4 İş Sağlığı ve Güvenliğine Dair İstatistikler	18
2.1.4.1 Ülkemizdeki iş sağlığı ve güvenliğine dair bazı istatistikler	19
2.2 Yangın Güvenliği	23
2.2.1 Yangınların Sınıflandırılması	26
2.2.2 Yangın Güvenliğine Dair Standartlar ve Mevzuatlar	28
2.2.2.1 Ülkemizde uygulanan mevzuat ve standartlar	29
2.2.3 Yangın Risk Yönetimi	30
2.3 Yangın Önleme ve Yangına Müdahale Sistemleri	33
2.3.1 Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri	34
2.3.2 Aktif Yangın Güvenlik Önlemleri	35
2.3.2.1 Yangın algılama ve uyarıda kullanılan sistemler	36
2.3.2.2 Yangın alarm sisteminin yapısı	39
2.3.2.3 Yangın engelleme ve söndürme sistemleri	54
2.4 Akıllı Sistemler	61
2.4.1 Akıllı Sistemler Nasıl Çalışır?	62
2.4.2 Akıllı Sistemlerin Bileşenleri	63
2.4.2.1 Sensörler	63
2.4.2.2 Akıllı sensörler	63
2.4.2.3 Aktüatörler	64
2.4.2.4 Piezoelektrik malzemeler	66
2.4.2.5 Kontrol sistemleri	66
2.4.2.6 Haberleşme protokolleri	67

2.4.3	Akıllı Sistemlerin Kullanıldığı Alanlar	68
2.4.3.1	Akıllı ulaşım sistemleri (ITS).....	68
2.4.3.2	Akıllı elektrik şebeke sistemleri	69
2.4.3.3	Akıllı araçlar.....	70
2.4.3.4	Akıllı tekstil ürünleri.....	71
2.5	Akıllı Fabrika ve Üretim Sistemleri (Endüstri 4.0).....	72
2.5.1	Üretimde Dijitalleşmeyi Sağlayan Etkenler.....	73
2.5.1.1	Hızla gelişen teknolojik beceriler	73
2.5.1.2	Artan tedarik zinciri karmaşıklığı.....	73
2.5.1.3	Bilgi teknolojilerinin ve operasyonel teknolojilerin birleşmesinden kaynaklanan düzenlemeler	73
2.5.1.4	Nitelik sorunu	74
2.5.2	Üretimde Dijitalleşme ve Küresel Tepki	74
2.5.3	Üretimde Dijitalleşmenin Bileşenleri.....	76
2.5.3.1	Bulut teknolojileri	77
2.5.3.2	Üç boyutlu (3d) yazıcılar.....	78
2.5.3.3	İnternet servisleri	79
2.5.3.4	Artırılmış gerçeklik (AR).....	79
2.5.3.5	Siber güvenlik.....	80
2.5.4	Akıllı Fabrikalar	80
2.5.4.1	Akıllı fabrikaların özellikleri.....	81
2.5.4.2	Akıllı fabrikaların yararları	83
2.5.4.3	Akıllı fabrikaların taşıdığı riskler	86
2.5.4.4	Üretimde dijitalleşmenin ülkemizdeki yansımaları.....	89
2.6	İş Sağlığı ve Güvenliğinde Akıllı Sistemler.....	92
2.6.1	Endüstri 4.0'ın İş Sağlığı ve Güvenliğinde Kullanılan Bileşenleri.....	93
2.6.1.1	Büyük veri (BD).....	93
2.6.1.2	Nesnelerin interneti (IoT)	96
2.6.1.3	Siber-fiziksel sistemler (CPS)	97
2.6.1.4	Kobotlar	98
2.6.2	Akıllı Sistemlerin İnsan Emegi ve İş Organizasyonu Üzerindeki Etkileri	98
2.6.3	Akıllı İş Sağlığı ve Güvenliği Sistemlerinde Örnek Bir Uygulama; Fasy Modeli (Kesinlikle güvenli ve sağlıklı fabrika).....	100
2.6.4	Akıllı İş Sağlığı Güvenliği Sistemlerinin Eksiklikleri.....	102
2.7	Endüstri 4.0'ın Yangın Güvenliğinde Kullanılan Bileşenleri.....	103
2.7.1	Robotlar	105
2.7.2	Yapay Zeka (AI) ve Makina Öğrenmesi (ML)	108
2.7.3	Video Görüntüleme Sistemleri (VGA) ve Görüntü İşleme Teknolojisi (IP).....	110

2.7.4 Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Kablosuz Sensör Ağı (WSN).....	113
2.7.5 İnternet ve Bulut Sistemler	115
2.7.6 Blok Zinciri Teknolojisi.....	115
2.7.7 Büyük Veri ve Tahmine Dayalı Analitik.....	116
3. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ.....	129



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
Kısaltmalar	Açıklama
AI	Yapay Zekâ
BD	Büyük Veri
BYKHY	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yön.
CCTV	Kapalı Devre Televizyon
CPS	Siber-Fiziksel Sistemler
CTIF	Uluslararası Yangın Önleme ve Söndürme Derneği
IFSS	Uluslararası Yangın Güvenliği Standartları
IoT	Nesnelerin İnterneti
IR	Kızılötesi
İLO	Uluslar Arası Çalışma Örgütü
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
İSO	Uluslararası Standartlar Kuruluşu
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MEMS	Mikro Elektro Mekanik Sistem
MMO	Makina Mühendisleri Odası
NFPA	Ulusal Yangından Korunma Kurumu
PVC	Polo Vinil Klorür
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
UV	Morötesi
VLSI	Çok Büyük Ölçekli Entegrasyon Teknolojisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Risk yönetimi adımları (Nunes, 2010)	17
Şekil 2.2 Yangın üçgeni.....	24
Şekil 2.3 Duman dedektörlerinin yerleştirilirken uyulması gereken kurallar.....	40
Şekil 2.4 Duman dedektörünün koridora yerleşimi	41
Şekil 2.5 Dedektörlerin engel olan bölümlere yerleşimi.....	41
Şekil 2.6 Dedektörün armatüre mesafesi	42
Şekil 2.7 İyonizasyon duman dedektörünün çalışma prensibi (Simplisafe, 2013).....	43
Şekil 2.8 . Optik duman dedektörünün çalışma prensibi (Konak, 2017).....	44
Şekil 2.9 Hava örneklemeli dedektörlerinin bileşenleri	44
Şekil 2.10 Işın tipi dedektör ve çalışma durumu (FİRERAY, 2014).....	45
Şekil 2.11 Işın dedektörü yerleşimi	46
Şekil 2.12 Dedektörlerin yerleşiminde uyulması gereken kurallar.....	47
Şekil 2.13 Asansör bölgesine dedektör yerleşimi	48
Şekil 2.14 Yangın algılama sistemlerinin genel yapısı ve yangın alarm paneli.....	52
Şekil 2.15 (a)Yağmurlama sisteminin genel yapısı, (b) yağmurlama başlığı (nozul) türleri, (c) renklerine göre cam bulpların aktif olma dereceleri	56
Şekil 2.16 Yangın dolapları	56
Şekil 2.17 Hidrant sistemleri	57
Şekil 2.18 Örnek bir köpüklü söndürme sistemi ve bileşenleri (VIKING, 2018).....	60
Şekil 2.19 Akıllı sistemlerin çalışma mantığı (Spatz ve Scaal, 2014).....	62
Şekil 2.20 Açık döngü kontrol sisteminin çalışma mantığı	67
Şekil 2.21 Kapalı döngü kontrol sisteminin çalışma mantığı.....	67
Şekil 2.22 ABD Ulusal AUS Mimarisi şeması (Noyes, 2013)	69
Şekil 2.23 Akıllı şebeke teknolojisine genel bakış (Agarwal, 2016'dan değiştirilerek kullanılmıştır)	69
Şekil 2.24 Akıllı Araçlar için temel bileşenler.....	70
Şekil 2.25 Akıllı sistemlerin kullanım alanlarına genel bakış.....	71
Şekil 2.26 Endüstriyel dönüşümler	72

Şekil 2.27 Küresel dijitalleşmenin varyasyonları (OMRON, 2014)	75
Şekil 2.28 Üretimde dijitalleşmenin bileşenleri (Fırat, 2017)	77
Şekil 2.29 Geleneksel ve dijital tedarik zincirinin karşılaştırılması (Mussomeli, vd., 2016)	81
Şekil 2.30 Akıllı fabrikaların temel özellikleri (Burke, vd., 2017).....	82
Şekil 2.31 Akıllı fabrikaların işgücüne etkisi (Rossman, vd., 2017)	85
Şekil 2.32 Akıllı fabrikalarda şimdiye kadar gerçekleşen ortalama verimlilik artışının, sektörel yansımaları (Rossman, vd., 2017).....	85
Şekil 2.33 Üretim maliyet endeksi (TÜSİAD, 2016)	90
Şekil 2.34 Akıllı iş sağlığı ve güvenliği sistemlerinin bileşenleri (Badri vd, 2018)	93
Şekil 2.35 Personel koruyucu donanımlarda nesnelerin interneti teknolojisinin kullanımı (Wu, vd., 2018).....	97
Şekil 2.36 Siber- Fiziksel Sistemlerin temsili yapısı (Podgorski, 2017).....	98
Şekil 2.37 FASyS mimarisi (Piqueras, . vd, 2011).....	102
Şekil 2.38 Yangından korunmanın endüstriyel süreçlere göre evrimi	104
Şekil 2.39 Yangın söndürmede kullanılan mobil söndürme robotları (Brian, 2016).....	106
Şekil 2.40 THOR robotunun yangına müdahalesi (Butterman, 2015)	107
Şekil 2.41 THOR robotunun alet kullanma ve alet kavrama becerisi (Kisliuk ve Lin, 2015)	107
Şekil 2.42 WALK-MAN yangın ve acil durum müdahale robotu (Cave, 2018).....	108
Şekil 2.43 VGA sistemlerinin genel mimarisi (Özzorlu, 2018)	111

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1 2012-2016 yıllarında meydana gelen iş kazalarının faaliyet gruplarına göre dağılımı (MMO, 2018 referans alınarak oluşturulmuştur.)	22
Tablo 2.2 Üretimde dijitalleşmenin taşıdığı risklere genel bakış (Birkel vd., 2019).....	86



1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinde bazı olay ve durumlar önemli kültürel, sosyal, ekonomik değişimlerin yaşanmasına sebep olmuştur. Bunların ilki ve en önemlisi, beslenme sistemimizdeki değişimlerden, barınma ve korunmaya hatta bugün mustarip olduğumuz bazı solunum yolu hastalıklarına kadar pek çok şeye etki eden ateşin, kontrol altına alınıp temel yaşam gereci olarak kullanılmasıdır. Ateşin, insanlık açısından önemini Leiden Üniversitesi Öğretim Üyesi Arkeolog Andrew Sorensen'in "Ateş, insan olmanın temel şartıdır. Fabrikalarda ve içten yanmalı motorlarda sakladığımızdan dolayı çok sık göremesek de etrafımızdaki her şey temel düzeyde ateşe dayanır." sözüyle açıklamak gayet makul olacaktır. Ateşin kontrol edilemeyerek zarara yol açmasına yangın denir. Ateşin kontrol edilmeye başlanmasıyla önemli bir eşikten geçen insanoğlu, bir taraftan da ateşin kontrolden çıkmamasının mücadelesini vermiştir. Bu çift taraflı mekanizma ilk tarım devrimiyle bir başka safhaya ulaşmış, yerleşik düzene geçilmesine olanak tanımıştır. Tarım devrimi; çoğu insanın köylerden şehirlere kadar değişen sabit yerlerde yaşamasına, iş uzmanlığının, karmaşık siyasi yapıların, taşınmaz malların, mimarlığın, sanayi ve ticaretin yükselişine yol açmıştır.

Ateşin kontrol altına alınması ve tarım devrimi kadar önemli olan bir başka süreç de endüstriyel değişimlerdir. Endüstriyel devrimler nitelik bakımından 4 ana başlıkta incelenerek, özelliklerine göre isimlendirilmektedir. Bunlardan ilki, 1784 yılında James Watt'ın İngiltere'de buhar makinesini buluşuyla başlayan süreçtir. Bu süreç "Endüstri 1.0" olarak adlandırılmaktadır. Bu süreç üretim sistem ve metotlarında büyük değişimlerin yaşanmasına sebep olmuştur. İlk olarak ufak atölyelerde başlayan üretim, nispeten daha ileri teknolojinin gelişmesi ile fabrikalara yayılmış böylece o güne kadar hayal bile edilemeyen üretim çok kısa bir süre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Üretimdeki bu değişimler ücret karşılığı çalışan bireylerin artmasına, sayı arttıkça da çalışma şartlarının bozulmasına, ucuz iş gücünün ve çocuk emeğinin artmasına böylece yapılan işlerden kaynaklanan sağlık ve güvenlik zafiyetlerinin oluşmasına neden olmuştur. Yaşanan bu olumsuz olaylar neticesinde İngiltere konuya ilişkin yasal adımlar atmış, çalışma ortamlarında meydana gelen olumsuzlukların giderilmesi ve şartların düzeltilmesi amaçlanmıştır.

Yangınlar bugün olduğu gibi 18. yüzyılda da, iş yerleri ve üretim alanlarını tehdit eden önemli sorunlardan birisiydi. Önceleri görevlilerin tespit edip çanlarla uyarı verildiği ve

kovalar, kum, küreklerle müdahale edilen yangın müdahale yaklaşımı, 1852 yılında Moses Farmer ve William Channing tarafından geliştirilen, Telgraf hatları yardımı ile yangın müdahale birimlerini uyardıyı sağlayan ilkel uyarı sistemlerine evrilmiştir. 19. yy'da bimetal sensörlerin geliştirilmesi, yangın algılamada önemli bir değişimin yaşanmasına ve sıcaklık değişimlerinden yangın algılama yapılmasına olanak tanımıştır. İlkel sıcaklık dedektörleri, dayanıklılığı ve yangın algılamada önceki yöntemlere nispeten başarısı sebebi ile endüstriyel alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

20. yüzyılın başlarında kullanımı su ve buhardan daha kolay olan elektriğin üretim alanlarında birincil güç kaynağı olarak tercih edilmeye başlanması, makinelerin güç kaynaklarına yoğunlaşmaya, böylece daha taşınabilir sistemler kurulmasına olanak sağlamıştır. Bu süreçte önemli gelişmelerden bir tanesi de montaj hatlarının kullanılmaya başlanmasıdır. Montaj hatları üretim daha düzenli bir hale gelmesini ve her bir işçinin toplam işin bir kısmını yaptığı iş bölümünü sağlayarak, verimliliği arttırmıştır. Böylelikle seri üretim yaygınlaşmıştır. Tedarik zincirinin bütününe etki eden ve 1970'li yıllara kadar gelişen bu süreç "Endüstri 2.0" olarak adlandırılmaktadır.

Endüstri 2.0; iş sağlığı ve güvenliğine dair net ve önemli adımların atıldığı bir süreçtir. Dünyanın farklı bölgelerinde gerçekleştirilen düzenlemeler üretim alanlarında meydana gelen kazaları önlemede yetersiz kalmış bu durum uluslararası standartlar ve uygulamaları zorunlu kılmıştır. Böylece başta iş sağlığı ve güvenliği olmak üzere sosyal güvenliğe dair bütün konuların uluslararası boyutta incelenmesi ve geliştirilmesi amacı ile Uluslar Arası alışma rgt (İLO) 1919 yılında İsviçre'de kurulmuştur. Aynı süreçte yangın algılama ve müdahale sistemlerinde de oldukça önemli ilerleme kaydedildiği görülmektedir. Özellikle 1930 yılında Walter Jaeger, zehirli gazları tespit etmek için gerçekleştirdiği çalışmada yanlışlıkla duman algılamada modern sistemleri Őekillendirecek yeni bir yol keşfetmiştir. İsviçreli bilim insanları Ernst Meil ve Jaeger, 1940'ların başlarında ilk patentli duman dedektörünü geliştirmişlerdir. Daha sonraki süreçte iyonlaştırıcı dedektörlerin gelişimi, 1942 yılında duman dedektörlerinin ticari alanlarda kullanımına yol açmıştır. Duman dedektörleri, 1965 yılına kadar önemli değişim yaşanmadan kullanılmaya ve gelişimini sürdürmeye devam etmiştir.

1970 yılından sonra kullanımı artan, bu artışa bağlı olarak gittikçe gelişen bilişim teknolojilerinin ve otomasyon teknolojilerinin üretimde kullanılması ile karakterize edilen sürece "Endüstri 3.0" adı verilmektedir. Kendinden nceki endüstriyel süreçlerde

olduğu gibi bu süreçte de önemli değişimler yaşanmıştır. Özellikle bilişim-otomasyon teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanmaya başlanması, makinelerin üretimde daha fazla rol üstlenmesi, elektroniğin gelişimi bu süreci oldukça önemli kılmaktadır.

Bugün üretim alanlarında, iş ve işçi sağlığını korumaya yönelik geliştirilen ve kullanımına devam edilen bütün yasalar, kalite standartları (OHSAS 18001, CSA Z1000-06, Z1002-12, vb.), kişisel koruyucu donanımlar ve bunlara dair yönetmelikler Endüstri 3.0 sürecinde oluşturulmuş ve geliştirilmiştir.

Yangınların erken tespit edilmesinde sıcaklık dedektörlerine göre daha başarılı olan duman dedektörleri, Endüstri 3.0 sürecinin başlarında fotoelektrik duman dedektörlerinin de gelişmesi ile fabrika ve depolar gibi endüstriyel alanlar başta olmak üzere kamu binalarında ve sosyal alanlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Elektronik ve entegre devrelerin gelişimi, dedektör bileşenlerinin değişimine dolayısı ile dedektörlerin boyutlarının küçülmesine ve enerji tüketiminin azalmasına sebep olmuştur. Ayrıca bu dedektörlerin boyutlarındaki küçülme maliyetlerinin azalmasına yol açmış böylece önceye nispeten daha uygun fiyatlara kullanılabilir hale gelmişlerdir. Daha sonraki süreçte ise bir döngü içinde çoklu dedektörlerin ve algoritmaların kullanımı, mikroelektronik malzemeler ile oluşturulan multi dedektörler (sıcaklık ve duman), alev dedektörleri başta olmak üzere birçok yöntem ve materyal Endüstri 3.0 sürecinde geliştirilmiş ve kullanımı yaygınlaşmıştır.

Üretim süreçlerinin son halkası olan Endüstri 4.0 ise üretimin, tedarik zincirinin ve iş yönetiminin her aşamasının insan müdahalesinden bağımsız, kendi karar mekanizmalarını oluşturabilen makineleri kapsayan sürecin adlandırılmasıdır. İlan edildiği 2011 yılından günümüze oluşmaya ve şekillenmeye devam eden Endüstri 4.0 önceki endüstriyel süreçlerden farklı olarak bir devrimi daha gerçekleşmeden tanımlamak için kullanılmıştır. Bu durum devrim olduktan sonra açıklama sunmak yerine devrimin gelişi için uyarı görevi görmektedir. Siber Fiziksel Sistemler (CPS), Nesnelerin İnterneti (İoT), Yapay Zekâ, Büyük Veri, Akıllı Sensörler gibi teknolojilerin üzerine kurulmuş olan yeni süreç Tedarik zincirinde inanılması güç değişimlerin yaşanmasına sebep olmaktadır. Tedarik zincirinde iş gücü maliyeti, genel verimlilik, lojistik gibi önemli avantajlar sağlayan yeni sürecin, 2022 yılına kadar dünya ekonomisine 500 milyar ile 1,5 trilyon dolar katma değer sağlanması beklenmektedir. (Rossman, vd., 2017) Fakat birçoğu yeni yaygınlaşan teknolojilerin odağında şekillenen üretim sürecinde işletmelerin başarıya ulaşması kolay

değildir. Bu durum; referans sistemlerin doğru belirlenmesine ve uygun standardizasyonuna, uygulaması yapılan sistemlerin doğru yönetilmesine, endüstriye entegre edilen haberleşme altyapısının kapsamlı ve hızlı olmasına, çalışma organizasyonunun doğru belirlenmesine, personelin eğitimi ve profesyonel gelişimin sürekliliğine ve kaynakların etkili kullanılmasına bağlıdır. (Kagermann, vd., 2013)

Küresel rekabetin hassas dengesi yeni sürece adapte olmayı zorunlu kılmaktadır. Bu sebepten başta Almanya olmak üzere, Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Japonya gibi bazı ülkeler pazar avantajını korumak veya artırmak için üretimde dijitalleşmenin farklı türlerini geliştirmişlerdir. Bu noktada süreç ülkemiz içinde büyük önem arz etmektedir. Bundan önceki endüstriyel süreçlere uyum konusunda başarılı olamamış Türkiye, yeni üretim sürecine daha etkin bir katılım sağlamalı, pazar payını yükseltmelidir.

Her yıl binlerce insanının ölümüne, yaralanarak sakat kalmasına ve milyonlarca dolarlık kayıplara sebep olan iş kazaları ve yangınlar, %90 oranında bireysel hata ve ihmallerden kaynaklanmaktadır. Endüstri 4.0'ın teknoloji tabanlı bileşenleri iş sağlığı ve güvenliği, yangın gibi üretim alanlarında önemli kayıplara yol açan problemlerin çözümünde de etkin rol üstlenebilir. Bu konu ile alakalı genel beklenti, çevrimiçi veri analizi ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler makine ve endüstriyel sistemleri daha özerk hale getirmeye devam ettikçe, üretim süreçleri bütünüyle şeffaflaştığından meydana gelen aksaklıklar kolay tespit edilerek, zarar verme potansiyeli olan olayların önlenilmesidir.

Endüstri 4.0 sürecini ve onun temel bileşenlerini konu alan bu tez çalışmasının Giriş bölümünde, tezin amaç ve önemine vurgu yapılarak, Akıllı iş sağlığı-güvenliği sistemleri, akıllı yangın sistemleri ile alakalı güncel çalışmalara değinilmiştir. 2. Bölümde ise tez konusunun ana bileşenleri olan iş sağlığı ve güvenliği, yangın sistemleri, akıllı sistemler ve üretimde dijital dönüşüm ayrı konu başlıkları altında ele alınarak konuya ilişkin genel bilgiler verilmiştir. Sonuç ve Öneriler bölümünde ise genel durum değerlendirmesi yapılarak, konuya ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

1.1 Literatür Taraması

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), yangın sistemleri, Endüstri 4.0 bu tez çalışmasının, temel konusunu teşkil etmektedir. Giriş kısmında kısaca bahsedildiği gibi bu konular, insanı dolayısıyla toplumu doğrudan ilgilendiriyor olması sebebi ile farklı disiplinlerden birçok

araştırmacı ilgili konularla alakalı çalışmalar gerçekleştirmiştir. nceki çalışmaların derlendiği bu bölümde, tez konusu ile doğrudan alakalı, güncel çalışmalar hakkında kısaca bilgi verilmek amaçlanmaktadır.

Palazon vd., (2013), kablosuz iletişimin çalışma koşullarını iyileştirmede önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. İyi tasarlanmış ve uygun şekilde bütünleşmiş teknolojik desteğe sahip kablosuz sensör ağlarının, otonom ve akıllı endüstriyel ortamlarda kazaları önleyebileceğini savunmaktadırlar.

Gisbert vd., (2014), bilişim teknolojileri ve kablosuz iletişimin işyerindeki tehlikeleri etkili ve sürekli olarak tespit edebileceklerini ve bu sistemlerin güvenilirliğini sağlamak için, tüm ağların işleyişini ve performansını izleyebilen, sensörleri uzaktan kontrol merkezlerine bağlayabilen ortak teknolojik platformlar geliştirilmesi gerektiğini ve bu platformların, genel gözetim uygulamalarının entegrasyonunu kolaylaştırarak mesleki riskleri azaltılmasında önemli bir rol üstleneceğini söylemiştir.

Alaeddinoğlu vd., (2015), 6331 İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun iş verene, iş sağlığı ve güvenliği uzmanı ve iş yeri hekimi bulundurma veya bu hizmeti dışarından alma zorunluluğu getirdiğini fakat oluşabilecek teknik ve insan kaynaklı aksaklıkların iş güvenliği noktasında sıkıntı oluşturabileceğini vurgulamaktadırlar. Bu problemlerin engellenmesi için, daha verimli kararlar alınmasını sağlayan, bilgisayara karar vermeyi destekleyen ve uzmana muhtemel risklerin belirlenmesinde yardımcı olan yapay sinir ağları üzerine çalışma yapmışlardır.

Kaivo-Oja vd., (2015), dördüncü sanayi devriminin ürünü olan nesnelere interneti, büyük veri ve diğer önemli teknolojik gelişimlerin organizasyonlardaki yönetim uygulamaları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmacılar bu teknolojik faktörleri üretim pekiştirilmesinde aracı olarak görmektedirler, ancak yönetsel uygulamalarını sağlık ve güvenlikle ilgili olanlar da dâhil olmak üzere daha etkin bir şekilde adapte etmek için kurumsal analizin yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyduğunu vurgulamaktadırlar.

Fernndez ve Prez, (2015), ileri üretim süreçlerinin yeni İSG riskleri yaratabileceğini, ancak geleneksel risk hesaplama yöntemlerinin ortaya çıkan riskleri tanımlayamadığına dikkat çeken yazarlar bu problemi çözmek için, tüm İSG risklerinde (geleneksel ve gelişmekte olan) uygulanabilecek yeni risk analizi modelleri önermektedirler.

Kuschnerus vd., (2015), siber-fiziksel sistemlerin kullanımı, otonom karar verme sayesinde endüstriyel sistemleri değişen çevresel koşullara uyarlama üzerine çalışmalarda bulunmuştur.

Siemieniuch vd., (2015), yaptığı çalışmanın en önemli sonucu, Endüstri 4.0 bağlamındaki İSG'nin, ergonomi ve insan faktörleri araştırmalarından önemli ölçüde veriye ihtiyaç duyduğudur. Bu durum, öncelikle siber-fiziksel sistemlerle ilişkili önemli gelişmelerin temeli olabilir. Ayrıca yazarlar, ergonomistlerin ve mühendislerin yeni sistemlerin ve süreçlerin tasarlanmasında ve işletilmesinde bunun yanı sıra endüstriyel değerler dizisi kaymalarının getirdiği istenmeyen etkilerin azaltılmasında önemli rolünü vurgulamaktadır.

Beetz vd., (2015), yaralanmaya neden olabilecek veya çalışanların güvenliğini tehdit edebilecek eylemleri tanıyan, güvenlik bilincine sahip robotlar geliştirmenin önemini vurgulamaktadırlar. Ayrıca, güvenli etkileşim için, bu tür robotların, işçilerin hareketlerinden güvenlik zafiyeti oluşturabilecek davranışları anlamalarına izin veren karmaşık programlarla donatılmış olması gerektiğini anlatmaktadırlar.

Mattsson vd., (2016), nesnelerin interneti ve büyük verinin, bir fabrikanın bilgi döngüsünü analiz etme ve kullanmanın büyük zorluklar meydana getirdiğini söyleyen çalışmacılar, işçiler ve iş yerindeki fiziksel koşullardan elde edilecek verilerin (sıcaklık, nem, çalışanların sağlık bilgileri vs.) görüntülenmesinin önemini vurgulamışlardır. Çalışanların performansı ve kazaların önlenmesi için bu bilgileri ve yeni teknolojileri kullanmanın yanında mevcut sistemlere bütünleşmesinin en uygun yolunu araştırmışlardır.

Podgórski vd., (2017), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, akıllı teknolojileri kullanan çok çeşitli kişisel koruyucu ve cihazları ortaya koymaktadır. Bu türden akıllı cihazların kullanımı, iş yöntemlerini değiştirdiğini ve üretim süreçlerine daha fazla karmaşa kattığını savunan çalışmacılar, ortaya çıkan bu yeni sorunlara bir çözüm olarak daha kişiselleştirilmiş ve dinamik bir risk yönetimi değerler dizisine dayanan bir İSG kavramı önermektedirler.

Badri vd., (2018), gerçek zamanlı iletişim, büyük veri, insan-makine işbirliği, uzaktan algılama, görüntüleme ve süreç kontrolü, otonom ekipman ve bağlantı teknolojilerinin hızla artan gelişimi sayesinde dördüncü sanayi devriminin etkisi gün geçtikçe artırmakta

olduğunu ve bu artışın iş sağlığı-güvenliği yönetimini etkileyecek yeni paradigma kaymaları getireceğini savunmaktadırlar. Konu ile alakalı güncel ve önemli sorunlara cevap aranan bu çalışma Endüstri 4.0'a uyum konusunda bilinç oluşturmayı hedeflemektedir.

Dizdar ve Kaçar (2018), yaptıkları çalışmada, yapay sinir ağları yaklaşımı, nicel (kantitatif) risk değerlendirmesi olarak iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerine destek olacak şekilde tasarlanmış model ile giriş ve istenilen çıkış değerlerinin tekrar tekrar ağı uygulanmasıyla eğitimi gerçekleştirilerek, hataların minimize edilmesi sonucunda olası kazaların sıklığını öngören öğrenmeler gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde, yeni girişlerin kazandığı deneyime göre olası iş kazalarının aylara göre frekansları tahmin edilerek, üst yönetime güvenilir karar desteği sağlanmıştır.

Yangın sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalar:

Dener vd., (2015), çevresel felaketlerde yangının rolüne vurgu yapılan bu çalışmada, yangın felaketini önleme adına birçok sistemin geliştirildiğini belirterek, kablosuz sensör ağları, kullanım kolaylığı ve düşük maliyet ile uygulanabilirliği yüksek yöntemlerden biri olarak görülmektedir.

Çeltek vd., (2017), günümüzde hastanelerin, fabrikaların, iş merkezlerinin, vs. güvenlik ve kontrol sistemlerine son teknoloji yangın algılama sistemlerinin entegre edilmesi önemli olduğunu söyleyen çalışmacılar. Mevcut yangın algılama sistemlerinin geniş alanlarda, özellikle endüstriyel tesislerde, uygun bir çözüm sağlamadığını vurgulamaktadırlar. Yapmış oldukları çalışmada, nesnelerin interneti tabanlı düşük maliyetli, kullanıcının dünyanın her yerinden istediği zaman sıcaklık, nem, hareket ve yangın gibi parametreleri görüntülemesine olanak tanıyan, endüstriyel yangın alarm sisteminin tasarımı ve uygulaması anlatılmaktadırlar.

Vijayalakshmi ve Muruganand (2017), etkisi her geçen gün artan nesnelerin interneti olgusunun, yangın görüntüleme, yangına müdahale ve güvenlik yönetiminde bir hayli öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmalarının dış çerçevesini; Yangınla mücadele, izleme ve güvenlik yönetimi alanında nesnelerin internetinin araştırılması ve geliştirilmesi olarak tanımlayan çalışmacılar, akıllı yangın izleme sistemlerinin etkili bir yangınla mücadele yazılımı tasarımına ihtiyacı olduğunu söylemekte, kablosuz algılayıcı

ağ donanımının ve yangının izlenmesi için kullanılan yazılımın kullanıcı ve temel konularından bahsedilmektedirler.

Rehman vd., (2015), yapmış oldukları çalışmada akıllı yangın algılama sistemlerini, akıllı üretim tesislerinin gerekli bir parçası olduklarını belirtmiş, otonom robotların, endüstriyel ortamlarda, birkaç sensör füzyon tekniği ile ateşin varlığını tespit edilebileceğini söylemişlerdir. Ayrıca, yangının belirlenme ve müdahale aşamasında yangın kaynağı ve robot arasında bulunan engellerin belirlenip, en uygun yolun seçilmesi mantığına dayanan ve “Değiştirilmiş Oylama Mantığı” olarak tanıtılan yeni bir teknik sunmuşlardır.

Kong vd., (2018), duman dedektörü gibi halen kullanılan bazı sistemlerin yangını algılamada yetersiz olduğunu bu durumun özellikle görme engelliler gibi dezavantajlı bireyler için büyük tehlike yarattığını söylemektedirler. Araştırmacılar, yüksek hassasiyetli, derin öğrenmeye dayalı nesne dedektörü kullanarak, kendi kendine öğrenmeye dayalı iki farklı model kurup bunları karşılaştıran çalışmacılar bir hayli iyi sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 İş Sağlığı ve Güvenliği

Ülkemizde ve dünyada önemli sorunlardan bir tanesi kabul edilen iş sağlığı ve güvenliği bu alanda çalışma yapan kurum ve kuruluşlar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. İş sağlığı ve güvenliği, bütün meslek gruplarında çalışan bireylerin ruh, beden ve sosyal durumunu ileri düzeye taşımak ve bu düzeyde kalmasını sağlayarak, çalışılan ortamın ve çalışma şartlarının birey üzerinde olumsuz etki yaratmasını önlemek için yapılan ruhsal, bedensel ve sosyal düzenlemeleri ifade eder.

Bireylerin en temel ve önemli haklarından birisi de sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmaktır. Dünya Sağlık Örgütü sağlığı, yalnız hastalık ve sakatlığın olmaması değil, fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali olarak tanımlamıştır. İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi'nin (1948) 3. maddesinde *“Yaşamak, özgürlük ve kişi güvenliği herkesin hakkıdır.”* denilmektedir. Bildirge'nin 25. maddesinde ise *“Her şahsın gerek kendisi gerekse ailesi için, yiyecek, giyim, mesken, tıbbi bakım, gerekli sosyal hizmetler dâhil olmak üzere sağlığı ve refahını temin edecek uygun bir hayat seviyesine ve işsizlik, hastalık, sakatlık, dulluk, ihtiyarlık veya geçim imkânlarından iradesi dışında mahrum bırakacak diğer hallerde güvenliğe hakkı vardır.”* hükmü ile güvenliğin önemi vurgulanmaktadır.

İş yerinde uygun tedbirler alarak, çalışanın sağlık ve güvenlik kapasitesinin yükseltilmesi, çalışma ortamından meydana gelecek zararların engellenmesi veya olabilecek en uygun seviyeye indirilmesi, işin çalışana, çalışanın işe uydurulması iş sağlığı ve güvenliğinin temelini oluşturmaktadır. Daha geniş ifade edilecek olursa, iş sağlığı ve güvenliğinin üç ana amacı bulunmaktadır: Bunlardan ilki çalışma ortamını da sağlık ve güvenliğe dair önlemler alarak, çalışanların bu ortamlarda oluşacak tehlikelere karşı korunması ve güvenliğinin tahsis edilmesidir. İkinci amaç; kaza veya istenmeyen olayları önceden tespit edip gerekli önlemleri alarak, işletmenin korunması, üçüncüsü ise üretimin devamlılığını sağlayarak, verimin artırılması ile üretimin korunmasıdır (Akıllı ve Aydoğdu, 2013).

İş yerlerinde sağlık ve güvenlikle ilgili uygun koşulları oluşturmak işverenin en temel görevlerinden birisidir. Çalışanlar ise, işverenin veya ilgili ortamın oluşmasını sağlayan

teknik personelin uyguladığı her türlü önleme, tedbire ve talimatlara uymakla yükümlüdür.

2.1.1 Dünyada ve Ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi

İSG üzerine önemli çalışmalar, birinci sanayi devrimi ile başlamaktadır. 1750-1890 yıllarında, James Watt'ın buhar makinesini buluşuyla başlayan sürece "Buhar Çağı" da denilmektedir. İngiltere'de temelleri atılarak bütün dünyaya yayılan buhar çağı, üretim sistem ve metotlarında büyük değişimlerin yaşanmasına sebep olmuştur. İlk olarak ufak atölyelerde başlayan üretim, nispeten daha ileri teknolojinin gelişmesi ile fabrikalara yayılmış böylece o güne kadar hayal bile edilemeyen üretim çok kısa bir süre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Üretimdeki bu değişimler; ücret karşılığı çalışan bireylerin artmasına, sayı arttıkça da çalışma şartlarının değişmesine böylece yapılan işlerden kaynaklanan sağlık ve güvenlik konularında zafiyet yaşanmasına neden olmuştur. Ağır çalışma koşulları, çalışma sürelerinin uzaması, bu sürecin kadın ve çocuk işçiler üzerinde yaptığı olumsuz etki kamu vicdanını zedelemiş, devletin bu yaşanan olumsuz olaylara müdahalesini zorunlu kılmış, böylece ilk yasal adımlar gerçekleştirilmiştir.

1840 yılından itibaren on yıl içerisinde başta İsviçre, Fransa ve Almanya olmak üzere birçok Avrupa ülkesi çalışanların sağlık ve güvenliğinin yasalarla korunması üzerine önemli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Avrupa'da meydana gelen bu değişimlere paralel olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılmış çalışmalar incelendiğinde; Harvard Üniversitesinin ilk kadın öğretim üyesi olan Alice Hamilton 1919 yılında yapmış olduğu çalışmalarda; bakır madenlerinde silikoz, suni ipek sanayiinde karbon sülfür ve civa madenlerinde ise; civa zehirlenmeleri üzerine çalışmıştır. Aynı dönemde Sovyetler Birliği sağlık politikasının düzenleyicilerinden biri olan Alexander Semashko, sağlık hizmetlerinin bağımsız bir şekilde ele alınmasını ve koruyucu önlemlere yoğunlaşılmasına yönelik politikalar üretmiştir. Özellikle 1920'li yıllarda birçok araştırma merkezi ve enstitünün kurulmasını sağlamıştır (Fişek, 2014).

İş sağlığı ve güvenliği olmak üzere sosyal güvenliğe dair bütün konuların uluslararası boyutta incelenmesi ve geliştirilmesine yönelik ilk adımlar, 1919 yılında kurulan İLO (Uluslar Arası Çalışma Örgütü) ile atılmıştır. Bu kurumun başlıca görevi ülkelerdeki çalışma yasalarında ve bu alana ilişkin uygulamalarda standartları geliştirmek ve ileriye götürmektir.

Özellikle Batı Avrupa’da yaşanan bu değişimleri oluşturan şartların Osmanlı İmparatorluğu içerisinde oluşmamasından dolayı, doğrudan sanayi ve üretimle bağlantılı iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin düzenlemeler ülkemize batıya nispeten daha sonra gelişmiştir. Yine de konuya ilişkin yapılan düzenlemeler incelendiğinde, ilk çalışmaların Cumhuriyet Dönemi öncesi Tanzimat süreci içerisinde görebilmek mümkündür (Çiçek ve Öçal, 2016). Bu dönemden önce üretim şeklinin zanaatkârlığa dayalı olması sebebiyle dini esaslara dayalı meslek örgütlenmeleri olan esnaf zaviyelerinin, Fütüvvetname adı verilen ve insanlara toplumda nasıl davranmaları gerektiğini açıklayan kurallar zincirine dayalı olarak yönetildiği görülmektedir. İnanç ve düşüncesi ne olursa olsun herkesi kapsayan bu kuralların gelişimi zamanla yardım ve dayanışma odaklı esnaf ve zanaat toplulukları olan Ahilik Teşkilatını oluşturmuştur. Bu durum Anadolu’nun kalkınması ve gelişimi dolayısıyla bir hayli önemlidir (Altan, 2004).

İnsan gücüne dayalı bu üretim sistemindeki çalışanların karşılaştıkları riskler günümüz şartlarından daha değişiktir. Ayrıca mesleki teşkilatların temel mekanizması olan usta-çırak ilişkisi günümüzdeki işçi-çalışan ilişkisinden oldukça farklıdır. Ustalar yetiştirdikleri elemanları koruyup gözetmekte, çalışanın günlük hayattaki sorun ve problemleriyle yakından ilgilenmektedir. Bu dönemde iş sağlığı ve güvenliğiyle alakalı kesin hüküm ve kurallarla sınırları belirlenmiş bir olgudan bahsetmek söz konusu değildir. Usta yapılan işi ne kadar iyi öğretirse çalışanın kaza yapma riskinin o denli azalacağına dair genel bir kabul söz konusudur. Lonca teşkilatları arasında hayata geçirilen ve bugünkü sosyal yardımlaşma sisteminin temelleri sayılabilecek Orta Sandığı (Teavün) adlı yardımlaşma sandıkları sayesinde hastalanan teşkilat üyelerinin tedavileri, yaşlılık yüzünden iş göremez olan ve herhangi bir hastalık veya sakatlık yüzünden çalışamayanların ihtiyaçlarını karşılamış, geçimlerini sağlamıştır (Gerek, 2008).

Tanzimat ve Meşrutiyet süreçleriyle birlikte, Osmanlı İmparatorluğu ile Batı Avrupa ülkeleri arasındaki siyasi ve ekonomik ilişkilerin artmasıyla Osmanlı’da batınının eşitsiz gelişim ağına dâhil olmuş ve sanayileşme sürecinden etkilenmeye başlamıştır. İş sağlığı ve güvenliğine dair ilk düzenlemeler de bu dönem dâhilinde meydana gelmiştir. Bu konuda ilk düzenleme 1865 yılında yayınlanan Dilaver Paşa Nizamnamesi olmuştur. Aslında bu belge dönemin padişahı Sultan Abdülaziz tarafından onaylanmaması sebebiyle Teamülname niteliği taşımaktadır. İşçilerin günlük çalışma ve dinlenme süreleri, barınma, çalışma ücretlerine ilişkin düzenlemeleri kapsayan yaklaşık yüz maddeden

oluşan bu Teamülname, Ereğli Kömür Havzasında uygulanmıştır. Özellikle basit yaralanmaları tedavi etmek adına madende doktor bulundurma zorunluluğunun gelmesi, müdahale edilemeyecek durumlarda ise işçinin evine gönderilmesi gibi maddelerin bulunmasından ötürü bu belge iş sağlığı ve güvenliği açısından önemlidir. Dilaver Paşa Teamülnamesi denetim yönünden eksikler barındırmasının yanı sıra çalışanların şartlarını iyileştirmede yeterli olmamış, birçok konuda yetersiz kalmıştır (Tokol, 2005).

Dilaver Paşa Teamülnamesinde bulunan eksikler 1869 tarihinde yürürlüğe giren Maadin Nizamnamesi ile giderilmeye çalışılmış, çalışma alanlarının daha güvenli olmasına yönelik adımlar atılmıştır. Maadin Nizamnamesi, çalışanlara zorunlu çalışma yönünde baskı uygulanmasını, düşük ücret verilmesini yasaklamıştır. Ayrıca madenlerde doktor ve eczane bulundurulmasını bununun yanı sıra çalışan mühendisler iş güvenliğini tahsis etme konusunda yetkiler vererek bu doğrultuda gerekli olan teçhizatın işverenden istenmesini, meydana gelen kazaların devlet yetkililerine iletilmesini yükümlü kılmıştır. Meydana gelen kazalarda işveren kusurlu bulunursa para cezasına çarptırılarak, kazaya uğrayan işçilere ve ailelerine tazminat ödenmesi zorunlu kılınmıştır (Gerek, 2008) Ayrıca bu belgenin, bölgesel değil genelde uygulanması oldukça önemlidir. 1868-1876 yılları arasında, Ahmet Cevdet Paşa'nın başkanlığında geliştirilen Osmanlı Devleti'nin Batılı tarzdaki ilk medeni kanunu olan Mecellede, çalışma dünyasına ait bazı düzenlemeler yapılmıştır. Mecelle işverenin kusuru ile kaza meydana gelmesi durumunda işverenin zarar gören çalışanın zararını karşılanması yükümlüğünün getirmesi münasebeti ile İş sağlığı ve güvenliği açısından önemlidir (Altan, 2004).

Cumhuriyet Dönemi ile birçok değişim meydana gelmiş, önemli sosyal ve ticari adımların atılmasına vesile olmuştur. Artan sanayileşme doğal olarak iş sağlığı ve güvenliğine dair önlemlerinde artmasını sağlamıştır. Bu bağlamda, ilk çıkan kanun 10.09.1921 tarihli ve 151 sayılı Ereğli Havza-i Fahmiyesi Maden Amalesinin Hukukuna Müteallik Kanundur. Bu kanun tıpkı Dilaver Paşa Teammülnamesi gibi Zonguldak-Ereğli bölgesinde uygulanmış yerel bir kanundur. Kapsam bakımından ortak noktalar barındırsa da uygulama ve içerik olarak birçok farklılık mevcuttur. Kanunda bulunan bazı maddeler; Çalışma sürelerinin 8 saatle sınırlandırılması, angaryanın kaldırılması, 18 yaşından küçüklerin çalışmalarının yasaklanması, iş kazasına uğrayan işçilere tazminat verilecek olması, asgari ücretlerin devlet, işçi ve işveren temsilcilerinden oluşan bir komisyon tarafından belirlenecek olması gibi maddeleri itibariyle İngiltere'de 19. yüzyılın sonunda

işçilerin haklarını korumaya yönelik olarak çıkarılan yasalara benzemektedir. Bununla birlikte bu yasa ile kömür havzasında yabancı sermaye sahiplerine tanınan imtiyazlar da kaldırılmıştır (Gerek, 2008).

Ticaret, Ziraat, Sanayi ve Amele gruplarının bir araya gelerek 1923 tarihli İzmir İktisat Kongresinde aldığı 34 maddenin yanı sıra bazı maddelerde ortak mutabakat sağlanamamıştır. Kabul edilen maddeler, emekçilerin haklarının korunması ve yeni haklar kazanmaları açısından oldukça önemlidir. Örneğin-) Kongre'nin aldığı, çalışan kadınların doğumdan önce ve sonra sekizer haftalık ücretli doğum izni talep etme hakkı son derece önemlidir. Fakat ülkemizde çalışan kadınlar 2003 yılından sonra bu hakka sahip olabilmıştır. 1926 tarihli ve 818 sayılı Borçlar Kanununun onuncu maddesinde yer alan işverenin, işçinin uğrayabileceği tehlikelere karşı gerekli önlemleri alması gerektiği aksi halde işverenin, işçinin maruz kaldığı zararları karşılayacağı hükme bağlanmıştır.

En az 50 çalışan bulunan iş yerlerinde doktor, revir veya hastane bulundurulması zorunluluğu, çalışan kadın ve çocukların haklarının korunmasına yönelik hükümler, 1930 tarihinde yürürlüğe giren Umumi Hıfzıssıhha Kanunu'nun önemli özelliklerindedir (Gerek, 2008). İlgili Yönetmelik'te madde 173-180 arasında, 12 yaşından küçük çocukların, ağır işlerde çalıştırılmasının engellenmesi, 12-16 yaş arasındaki çocukların ise akşam sekizden sonra çalışmaları yasaklanmıştır. Ayrıca madenlerde 8 saatten fazla çalışılması, çocukların çalışmasına uygun olmayan kahve-gazino gibi yerlerde 18 yaşından küçüklerin çalıştırılmasının yasaklanması gibi çocukları korumaya yönelik hükümler bulunmaktadır. Bunların yansısı hamile kadınların ağır işlerde çalıştırılmamasına ve kadınlara doğum yaptıktan sonra 6 ay boyunca mesai saatleri içerisinde yarım saatlik emzirme izni verilmesi gibi hükümler bulunmaktadır (Koç, 2009).

Sanayi süreçlerinin her aşaması, sosyal ve ekonomik birçok değişimin yaşanmasına sebep olmuş, Dünyada ve Ülkemizde toplumdaki herkesim bu süreçten bir hayli etkilenmiştir. İşçileri kısıtlayan sığ görüşlü anlayış onların kendini ifade etmesini ve haklarını savunmasını engellemiş bu doğrultuda en tabii hakları olan sendika kurmayı bile onlara çok görmüştür. Ülkemizde konuya ilişkin yapılan çalışma ve yasal düzenlemeler, mevcut sorunların çözümünde yetersiz kalmış, çalışma koşulları özellikle ücret ve iş süresi gibi önemli konular işverenin tek yanlı isteğine bağlanmıştır. Bu durumda çalışanlar, en asgari iş sağlığı ve güvenliği koşullarından bile mahrum kalmış, her zaman en çok zarar gören

taraf olmuştur. 1936 tarihli ve 3008 sayılı İş Kanunu, önceki karanlık dönemlere bir nebze de olsa düzenleme getirmiş, İş sağlığı ve güvenliğine yönelik iyileştirmelerde bulunulmuştur. 1945 tarihli ve 4763 sayılı Kanun Çalışma Bakanlığı'nın kurulmasını sağlamış, 1946 yılında ise; Çalışma Bakanlığı'nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun yürürlüğe girmiştir. 1945 yılında 4792 sayılı İşçi Sigortaları Kurumu ve 4772 sayılı İş Kazaları, Meslek Hastalıkları ve Analık Sigortaları Kanunu uygulamaya koyulmuştur. Sonraki yıllarda diğer sigorta kollarını kapsayan yasal düzenlemeler yapılarak, düzensiz olan sosyal sigorta uygulamalarını 1964 yılında yürürlüğe giren 506 sayılı Sosyal Sigortalar Kanunu ile daha düzenli bir durum kazandırılmıştır. Aynı tarihte İş Sağlığı ve Güvenliği Müfettişliği Örgütü, daha sonra İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (İSGÜM) uygulamaya koyulmuştur. Çalışma ilişkilerinin niteliğiyle bağlantılı olarak farklı sosyal güvenlik kanunlarına tâbi olanları kapsayan 2006 tarihli ve 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu 2008 yılında kademeli olarak yürürlüğe girmiştir.

1967 yılında 3008 sayılı İş Kanunu'nun yerine, 931 sayılı İş Yasası çıkarılmış fakat Anayasa Mahkemesi tarafından usul yönünden bozulması üzerine, hiç değişiklik yapılmadan 1971 tarihinde yürürlüğe giren 1475 sayılı İş Kanunu ile iş sağlığı ve güvenliğine yönelik yeni düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler tüzük ve yönetmeliklerle derinlik kazandırılmış, önceki iş kanuna nispeten çağdaş ve geniş kapsamlı düzenlemeler getirmiştir. Yasanın iş sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili maddeleri 5. Bölümdeki madde 73 – 82 arasında yer almıştır. İlgili kanunun 73. maddesi ile işveren, işçinin sağlık ve güvenliğini sağlamak için gerekli önlemleri almak ve bu hususa ait şartları sağlamak, iş sağlığı ve güvenliği için gerekli araçları noksatsız bulundurmakla yükümlü kılınmıştır. İşçilerinde bu konuya ilişkin usul ve şartlara uymak zorunda oldukları belirtilmiştir. Aynı yasanın 1973 yılında kabul edilen bir genelge ile iş yeri hekimi ve işyeri güvenlik elemanı istihdamı zorunlu hale getirilmiştir.

2003 yılında Avrupa Birliği'ne uyum sürecinin de etkisiyle 4857 sayılı İş Kanunu kabul edilmiştir. 4857 sayılı İş Kanunu içerisinde iş sağlığı ve iş güvenliği ile alakalı bir çok yönetmelik mevcuttur. Avrupa birliği normlarında çıkarılan bu İş sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili yönetmelikler; ülkemizin koşullarını ve standartlarını yansıtmadığından ülkemizdeki sorunların çözümünde etkisiz kaldığı söylenmekte bu yönetmelikleri doğrudan uygulamak yerine ülkemizin koşullarına uygun iş güvenliği yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması daha uygun görülmüştür (Süzek, 2011).

Ülkemizde son olarak 20.06.2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yürürlüğe sokulmuş ve ilgili kanunun yayımlanmasından itibaren 6 aylık süreçte 4857 sayılı Kanuna ait bazı maddeler yürürlükten kaldırılmıştır. Yürürlükte bulunan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun bazı maddeleri ise; yıllar içerisinde kısım kısım yürürlüğe girecektir. Bu duruma ek olarak, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun geçici 2.maddesine göre, 4857 sayılı İş Kanunu madde 77 – 81 ve madde 88'e göre yürürlüğe konan yönetmeliklerin İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa aykırı olmayan hükümleri de İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununda öngörülen yönetmelikler yürürlüğe girinceye kadar uygulamaya devam edebilecektir (Çiçek ve Öçal, 2016)

2.1.2 Güvenlik Kültürü ve İş Kazaları

Kültür, bireylerin davranışlarını ve dünya algısını belirleyen, kişinin en temelde ailesinden edindiği, daha sonra okul ve iş yaşamında farklı bireyler ile şekillendirdiği ek olarak kişisel tecrübe ve birikimler ile derinlik kazandırdığı, dinamik bir olgudur. Ayrıca bireylerin aldığı kararlarda doğrudan etkili olması nedeni ile kültür bir hayli öneme sahiptir.

Yapılan işin veya içinde bulunulan şartların tehlike içermeme durumuna güvenlik adı verilir. Güvenlik olgusunun tahsisi ancak risk potansiyelinin doğru tespit edilmesi ve alınan tedbirlerin uygunluğu ile mümkündür. Dolayısıyla ortamın güvenli olup olmadığı meydana gelme olasılığı en yüksek riskten en düşüğüne hesaplandığı ve bertaraf edildiği ölçüde belirlenebilir.

Çernobil'de meydana gelen nükleer felaket, pek çok konunun sorgulanmasına yol açmıştır. Bu konulardan bir tanesi de güvenlik kültürü kavramıdır. İlk defa bu kazadan sonra yayınlanan bir raporda yer verilen güvenlik kültürü; çalışanların inanç, tecrübe, norm ve değerlerinin maruz kaldıkları tehlikeleri engelleme üzerine etkisi olarak tanımlanmıştır. Alpha patlaması, King Cross yangını, Piper Clapham kavşağındaki tren kazası gibi büyük kazalar sonrasında da vurgu yapılan güvenlik kültürü, özellikle risk düzeyinin yüksek olduğu durumlarda, insan faktörünün güvenliği sağlamadaki rolünü açıklayan anahtar bir kavram olmuştur.

İşin gerçekleştirilmesi esnasında oluşan tehlikeli durum ve davranışların zaman ve mekân şartlarında bir araya gelmesinden kaynaklanan ölüm, hastalık, yaralanma, zarar veya hasara sebebiyet veren istenmeyen olaylar “iş kazası” olarak adlandırılmaktadır.

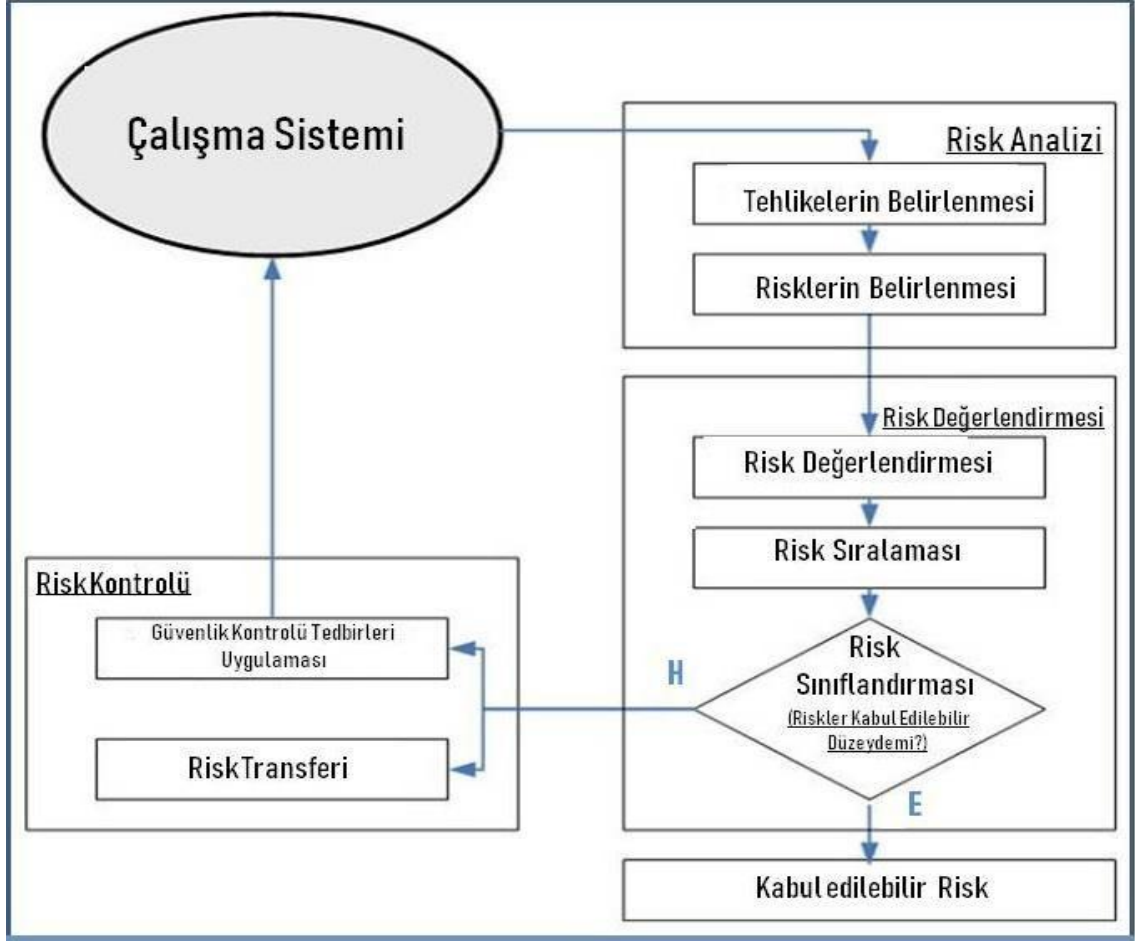
(Akgül, 2015) Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nun Evrensel Strateji hedeflerinde yer alan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Kültürü, sağlıklı ve güvenli çalışma ortamına sahip olma hakkına herkesin saygı gösterdiği, hak ve sorumlulukların açıkça tanımlandığı, önleme prensibine öncelik verilerek hazırlanmış, bir sistem içerisinde devlet, işveren ve çalışanların sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturulmasında aktif olarak yer aldıkları bir anlayıştır. İş kazaları ve meslek hastalıklarının engellenmesi ise iş sağlığı ve güvenliği kültürünün oluşturulması, farkındalığın artırılması ve topluma yaygınlaştırılması ile mümkün olacaktır. İş güvenliği kültürü olduğu takdirde iş sağlığı ve güvenliği konusunda sürekli iyileşme ve gelişme sağlanacaktır. Bu konuda işverenlerimizin yanı sıra çalışanlarımıza, üniversitelerimize ve tüm sosyal taraflara büyük sorumluluklar düşmektedir (Akıllı ve Aydoğdu, 2012).

2.1.3 İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Yönetimi

Çalışanların maruz kalabilecekleri mesleki risklerin önlenmesi; yasal çerçevenin oluşturulması ve yapılan uygulamaların takibi açısından siyasilerin, işyerlerinde uygulanması açısından işverenin, uygulanacak yöntem ve metotların tasarımı açısından iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının sorumluluğundadır. İş yerlerinde güvenliğin tahsisi ise risk analizi, risk değerlendirmesi ve risk kontrol uygulamalarını içeren risk yönetim süreci ile mümkündür. Bu sürecin etkili yürütmesi, yasal çerçeve, risk analizi, değerlendirme ve kontrol süreçleri ve sürece dâhil olan bireylerin görevleri hakkında net bir anlayış ve planın olmasına bağlıdır. Bütün bunların yanı sıra risk yönetiminin başarısında kullanılan yöntemlerin sağlam ve test edilmiş yönetimlere dayanmasının da önemi oldukça fazladır. (Nunes, 2013) Şekil 2.1'de risk yönetiminde uygulanması gereken adımlar gösterilmiştir.

Risk yönetiminde, tehlike ve risk kavramı oldukça önemlidir. Tehlike, insanın zarar görmesi, sağlıksız olması veya bunların bir kombinasyonu şeklinde zarar verme potansiyeli olan kaynak, durum veya eylemdir. İş yerlerinde tehlike, iş kazası ve meslek hastalığına yol açabilecek herhangi bir şey olabilir. İş yeri koşullarının çalışanları psikolojisi üzerine olumsuz etkisi, maruz kalınan taciz veya zorbalık iş organizasyonunu ve diğer faktörleri etkilediğinden psikososyal tehlikeler de önemlidir. Risk tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalini ifade etmektedir. Ramak kala olayı ise; işyerinde meydana gelen çalışan, işyeri ya da iş donanımlarının zarara uğratma potansiyeli olduğu halde, uğratmayan olayı ifade

etmektedir.(İSGRDY, 2012) Risk yönetiminde bir diğer önemli kavram ise risk kabul edilebilirliğidir. OHSAS 18001'e göre bu kavram, kuruluşun yasal yükümlülükleri ve kendi İSG politikasına ilişkin olarak tahammül edebileceği seviyeye indirgenmiş, kabul edilebilir risk olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.1 Risk yönetimi adımları (Nunes, 2010).

Risk yönetimi, çalışanın çalıştığı iş sisteminin tüm özelliklerinin, işyerinin, ekipmanın, makinelerin, malzemelerin, iş metotlarının incelemelerinin yer aldığı sistematik bir süreçtir. Risk Yönetimi'nin amacı neyin yanlış gidebileceğini tanımlamak, yani işçilerin zarar görmesine neden olabilecek sorunları bulmak, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek ve risk kontrolü için uygun güvenlik kontrol önlemlerine karar vermektir. (Nunes, 2013)

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin düzenleme ve sınırlamalar 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı kanun ile koruma altına alınmıştır. İlgili kanun, birçok ülkede olduğu gibi iş yerlerinde mesleki risklerin önlenmesi, işçilerin sağlığı ve güvenliğine dair koruyucu önlemlerin alınmasını işverenin sorumluluğu olarak tanımlamıştır. Risk yönetimi

de bahse konu olan sorumluluklardan birisidir. 6331 sayılı kanun Risk Yönetimini İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde belirtilen esaslara göre uygulanmasını söylemektedir. Bu yönetmelikte risk değerlendirmesinin nasıl, kim tarafından, hangi süreçler ve kriterler göz önünde bulundurularak yapılacağı belirtilmektedir.

İş yerinde tehlikelerin belirlenmesi ve önlenmesi açısından oldukça önemli olan bu değerlendirme, yönetmeliğin madde 12/2’de belirtilmiş durumlar dışında, çok tehlikeli iş yerlerinde iki, tehlikeli iş yerlerinde dört, az tehlikeli işyerlerinde altı yılda bir yapılması zorunlu kılınmıştır. Özellikle meslek hastalıklarının engellenmesi ve işçi sağlığının korunması ile ilgili bir diğer husus da Sağlık taramalarıdır. Sağlık taraması gözlem yaparak önlem almayı, çalışanın fiziki ve sağlık durumunun işe uygun olup olmadığının kontrol edilmesini sağlar. İlgili yasa uyarınca işveren, işe girişlerinde, iş değişikliğinde, iş kazası, meslek hastalığı veya sağlık nedeniyle tekrarlanan işten uzaklaşmalarından sonra işe dönüşlerinde talep etmeleri hâlinde, işin devamı süresince, çalışanın ve işin niteliği ile işyerinin tehlike sınıfına göre bakanlıkça belirlenen düzenli aralıklarla çalışanların sağlık muayenelerinin yapılmasını sağlamak zorundadır. Bakanlığın belirlediği standartlara göre; çok tehlikeli işyerlerinde en geç yılda bir, tehlikeli işyerlerinde en geç üç yılda bir, az tehlikeli iş yerlerinde en geç beş yılda bir, çocuk, genç, gebe çalışanlar ise en geç altı ayda bir (iş yeri hekiminin gerek görmesi halinde bu süreler kısalmaktadır) sağlık taraması yapılmalıdır.

2.1.4 İş Sağlığı ve Güvenliğine Dair İstatistikler

İş sağlığı ve güvenliğine dair yapılan çalışmalar, konunun öneminin ve vahametinin anlaşılmasında bir hayli önemlidir. ILO, dünya genelinde 2,3 milyon civarında kadın ve erkeğin her yıl işle ilgili kazalara veya hastalıklara maruz kaldığını bu durumun her gün 6000'den fazla ölüme tekabül ettiğini tahmin etmektedir. Dünya çapında yılda yaklaşık 340 milyon iş kazası ve 160 milyon işle ilgili hastalık mağduru olduğunu belirten ILO bu tahminleri belirli aralıklarla güncellemektedir. Yapılan güncellemeler, kazaların ve meslek hastalıklarının sürekli arttığını göstermektedir.

ILO'nun iş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili en son istatistiksel verilerinde ve dünya çapındaki işle ilgili ölümlerdeki önemli bulgulardan bazıları şunlardır (İLO, 2018):

- İşçiler arasında en çok ölüme neden olan etken işle ilgili hastalıklardır. Yalnızca tehlikeli maddelerin yılda 651.279 ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir.
- İnşaat endüstrisi kaydedilmiş kaza oranı, orantısız şekilde artış gösteren bir duruma gelmiştir.
- Daha genç ve yaşlı çalışanlar iş sağlığı ve güvenliği hususunda savunmasızdır. Gelişmiş ülkelerde yaşlanan nüfus, artan sayıda yaşlı insanın çalıştığı ve özel bir dikkate alınması gerektiği anlamına gelmektedir.

2.1.4.1 Ülkemizdeki iş sağlığı ve güvenliğine dair bazı istatistikler

Ülkemizde konuya ilişkin genel duruma bakılacak olur ise; 6331 Sayılı İSG Kanunu'na göre iş kazaları ve meslek hastalıkları en geç 3 iş günü içerisinde işveren tarafından, en geç 10 iş günü içerisinde Sağlık Hizmeti Yürütücüleri tarafından elektronik ortamda SGK'ya bildirme zorunluluğu vardır. İş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili toplanan veriler Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından istatistik yıllıkları olarak yayınlanır. 2016 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye Cumhuriyeti'nin nüfusu 79 milyon 814 bin kişi; işgücüne dahil olmayan nüfus 28 milyon 185 bin kişi; işgücü 30 milyon 535 bin kişi, istihdama dahil olabilen nüfus da 27 milyon 205 bin kişidir. 5510 sayılı Kanununun 4/1a, 4/1b, 4/1c maddesi kapsamında istihdama dahil olabilen nüfusun 21 milyon 131 bini "aktif sigortalı" çalışan; bunun da ancak 18 milyon 726 bini "zorunlu sigortalılar" kapsamındadır. Fakat iş kazaları ve meslek hastalıkları verileriyle ilgili 4/1a kapsamındaki 15 milyon 355 bin aktif sigortalının ancak 13 milyon 775 bin 188'i "zorunlu sigortalı" kapsamındadır. Konuya girişte belirtilen ve bu tez çalışması boyunca sürekli altı çizilecek olan İş sağlığı ve Güvenliğinin bireysel ve toplumsal önemi konuya ilişkin ana hatlarla birleştirilirse bilanço çok daha iyi algılanacaktır.

İş kazalarının önlenmesinde kullanılacak yöntemlerden en önemlisi kazaların meydana geldiği faaliyet alanlarının belirlenerek o faaliyet alanlarına uygun çözümlerin uygulanmasıdır. Bu bağlamda; SGK'nın yayınladığı veriler doğrultusunda Makine Mühendisleri Odası tarafında hazırlanan iş sağlığı ve güvenliği raporu referans alınarak Tablo 2.1 hazırlanmıştır. İlgili tablo incelendiğinde 2012 yılında meydana gelen 75.073 iş kazasının en yoğun yaşandığı faaliyet alanı Kömür ve Linyit Çıkarılması olduğu gözlemlenmektedir. Bu faaliyet alanında 8.228 iş kazası meydana gelmiştir. Bu sayı o yıl meydana gelen iş kazalarının % 11.76'sına karşılık gelmektedir. Aynı yıl Fabrikasyon

Metal Ürünlerinin İmalatı 7.045 (% 9, 38) ile ikinci sırada yer alırken, Tekstil Ürünlerinin İmalatı 5.127 (% 6, 82) iş kazası sayısı ile en yüksek üçüncü faaliyet alanı olmuştur. 2012 yılında meydana gelen iş kazaları 2016 yılına kadar olan toplam iş kazası sayısının % 7, 38'ne tekabül etmektedir. Ayrıca meydana gelen iş kazalarının 745 tanesi ölümlle sonuçlanmıştır.

2013 yılında ise 191.389 iş kazası oluşmuştur bu sayı toplam iş kazası sayısının % 18, 84'ne karşılık gelmektedir. Bu yıl meydana gelen iş kazaları faaliyet gruplarına göre incelendiğinde Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı bir önceki yıl olan 2012 yılına göre % 122, 41 artarak 15.669 iş kazası ile 2013 yılında en çok iş kazası yaşanan faaliyet grubu olmuştur. Aynı sene bir önceki yıla oranla % 216, 69 artarak 14.286 iş kazası ile Bina İnşaatı faaliyet grubu ikinci, % 144, 24 artışla 12.061 olan Ana Metal Sanayi faaliyet grubunun ise üçüncü olduğu görülmektedir. Ayrıca bu iş kazalarında 24'ü kadın, 1.336'sı erkek olmak üzere 1.360 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Tablo 2.1 incelendiğinde özellikle 2012-2013 yılı arasında meydana gelen astronomik artış dikkat çekmektedir. Bu artışın en önemli sebebi Haziran 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile daha önce yürürlükte olan 4857 sayılı kanunda tanımlanan iş kazasının tanımının derinlik kazanarak kapsam dışı kalan bazı durumların iş kazası olarak kabul edilmesi ve kayıt dışı istihdamın önlenmesinde alınan daha caydırıcı tedbirlerdir.

2014 yılında gerçekleşen iş kazalarına bakıldığında bir önceki yıla oranla % 18, 25 artış gösteren Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı 18.529 iş kazası ile en çok kazanın meydana geldiği faaliyet grubu olurken, önceki yıla nispeten % 5, 44 oranında düşüş gösterse de 13.508 iş kazası ile ikinci sırada yer almaktadır. Üçüncü sırada ise önceki yıla oranla %2,45 artarak 12.357 olan Ana Metal Sanayi gelmektedir. 2014 yılında farklı faaliyet gruplarından toplam 221.366 iş kazası meydana gelmiştir. Bu sayı 2012-2016 yılı arasında meydana gelen tüm iş kazalarının %21,8'e tekabül etmektedir. 2014 yılında meydana gelen iş kazalarında 37'si kadın, 1.589'u erkek olmak üzere 1.626 çalışan hayatını kaybetmiştir.

2015 yılına bakıldığında toplam 241.547 iş kazasının olduğu ve bu sayının 2012-2016 yılları arasında meydana gelen iş kazalarının %23, 78'e karşılık geldiği gözlemlenmektedir. 2015 yılında meydana gelen iş kazalarında yine birinci sırasında önceki yıla göre %3, 73 artış ile 19.221 olan Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı bulunmaktadır, listenin ikinci sırasında önceki yıla göre %11 artış göstererek 15.065 olan

Bina İnşaatı gelmektedir. Üçüncü sırada ise önceki yıla göre %1,3 artış gösteren ve 12.529 iş kazasının meydana geldiği Ana Metal Sanayi'dir. 2015 yılında ise 33'ü kadın, 1.219'u erkek olmak üzere 1.252 çalışan vefat etmiştir.

2016 yılı değerlendirildiğinde ise önceki yıllardan farklı bir tablo çıkmamakta, meydana gelen 286.068 iş kazası 2012-2016 yılları arasındaki toplam iş kazası sayısının %28, 17 si ne karşılık gelmektedir. 2016 yılında meydana gelen iş kazalarının ilk sırasında önceki yıla göre %7, 25 artarak 20.616 olan Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı faaliyet grubu bulunmaktadır. İkinci sırada 20.159 sayısı ile önceki yıla oranla %33 artışla 20.159 olan Bina İnşaatı faaliyet gurubu bulunmakta, üçüncü sırada ise kendi alanın da bir önceki yıla kıyasla yüzde %43, 14 artışla Özel İnşaat Faaliyetleri gelmektedir. Bu kazalar da ise 1.405 çalışan yaşamını yitirmiştir. 2012-2016 yılları arasında toplam 1.015.443 iş kazası meydana gelmiş bu iş kazalarında 6388 çalışmamız hayatını kaybetmiştir. Değerlendirilen 5 yıllık süreçte elde edilen sonuçlar iş kazalarını önlemeye yönelik alınan tedbirlerin yetersiz olduğunu özellikle imalat ve inşaat sektörlerinin başı çektiği bütün çalışma alanlarının yeni düzenleme ve önlemlerle yeniden inşa edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çalışmanın bu bölümünde İş kazaları ile ilgili verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Fakat en az iş kazaları kadar önemli bir problem ve iş güvenliğinin önemli bir parçası olan meslek hastalıklarına çok değinilmemiştir. En az iş kazaları kadar tehlikeli ve zarar bakımından neredeyse aynı etkiye sahip olan meslek hastalıkları ile alakalı veriler incelendiğinde bahse konu olan sayıların gerçek veriler ile örtüşmediği görülmektedir. Maalesef ülkemizde konuya ilişkin ciddi ve yeterli bir çalışma olmaması sebebi ile sağlık çalışanlarımız bazı hastaların meslek hastalığı olup olmadığını bile anlayamamaktadırlar. Konuya ilişkin SGK tarafından yayınlanan veriler incelendiğinde de 2011 yılında 697, 2012 yılında 395, 2013 yılında 371, 2014 yılında 494, 2015 yılında 494, 2015 yılında 510, 2016 yılında 597 meslek hastalığı bildirimleri yapılmıştır. Ölüm sayılarına bakılacak olursa 2011 yılında 10, 2012 yılında 1, 2013, 2014, 2015, 2016 yıllarında hiçbir ölüm yaşanmadığı bildirilmiştir. Belirtilen sayılar birçok açıdan eksiktir, bu eksiklik yapılan bazı çalışmalarda da görülmektedir. Örneğin-) Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Belgesi II (2009-2013) konuya ilişkin yapılan resmi çalışmalardan birisidir. Bahse konu olan bu çalışmanın 2009–2013 hedeflerinin 4. maddesinde; “beklenen ancak tespit edilememiş meslek hastalığı vaka sayısı tespitinin yüzde 500 artırılması” yaklaşımına karşın 2012,

2013, 2014, 2015, 2016 SGK istatistiklerinde tanı sayısının artmadığını hatta 2011 yılına göre düştüğünün belirtilmesi bu çelişkiyi yansıtmaktadır. (MMO, 2018)

İş Göremezlik; sigortalının iş kazası geçirmesi, meslek hastalığına tutulması veyahut hastalık ve analık hâllerinde kurumca yetkilendirilen hekim veya sağlık kurulu raporlarında belirtilen istirahat süresince geçici olarak çalışamama hâlidir. Geçici iş göremezlik durumunda kurumca sigortalıya ödenen parasal yardıma Geçici İş Göremezlik Ödeneği denir. Sosyal Güvenlik Kurumu'nun paylaştığı geçici iş göremezlik verilerine göre 2014-2016 yılları arasında iş kazalarından dolayı toplam 8.511.734 gün geçici iş göremezlik durumu yaşanmıştır. Ayrıca iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu sürekli iş göremezlik geliri alanların önceki yıllar eklendiğinde dağılımı şu şekildedir; 2014 yılında 62.097, 2015 yılında 65.361, 2016 yılında 69.924 emekçi iş kazası ve meslek hastalıklarından dolayı sürekli iş göremezlik geliri bağlanmıştır. (MMO, 2018)

Tablo 2.1 2012-2016 yıllarında meydana gelen iş kazalarının faaliyet gruplarına göre dağılımı (MMO, 2018 referans alınarak oluşturulmuştur.)

FAALİYET GRUBU	İŞ KAZASI SAYILARI (2012-2016)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Kömür ve Linyit Çıkartılması	8.828 (% 11.76)	11.289 (% 5.89)	10.026 (% 4.52)	7.429 (%3.07)	8.274 (%2.89)
Fabrikasyon Metal Ürünleri	7.045 (% 9.38)	15.669 (% 8.18)	18.8529 (% 8.37)	19.221 (%7.95)	20.616 (%7.20)
Tekstil Ürünleri İmalatı	5.127 % 6.82	10.996 % 5.74	12.128 % 5.47	12.041 % 4.98	13.446 % 4.70
Ana Metal Sanayi	4.938 % 6.57	12.061 % 6.30	12.357 % 5.58	12.529 % 5.18	13.081 % 4.57
Bina İnşaatı	4.511 % 6	14.286 % 7.46	13.508 % 6.10	15.065 % 6.23	20.159 % 7.04
Metalik Olmayan Ürünler	3.733 % 4.97	9.213 % 4.81	10.244 % 4.62	10.242 % 4.24	11.721 % 4.09
Gıda Ürünleri İmalatı	2.972 % 3.95	9.111 % 4.76	10.971 % 4.95	12.003 % 4.97	14.351 % 5.01
Özel İnşaat Faaliyetleri	2.750 % 3,66	6.764 % 3.53	8.516 % 3.84	10.393 % 4.30	14.877 % 5.20

Tablo 2.2 (devam) 2012-2016 yıllarında meydana gelen iş kazalarının faaliyet gruplarına göre dağılımı (MMO, 2018 referans alınarak oluşturulmuştur.)

FAALİYET GRUBU	İŞ KAZASI SAYILARI (2012-2016)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Kara Taşıma ve Boru Hattı Taşımacılığı	2.549 % 3.39	7.597 % 3.96	7.287 % 3.29	7.117 % 2.94	7.246 % 2.53
Kauçuk ve Plastik Ürünler İmalatı	2.311 % 3.07	6.016 % 3.14	6.895 % 3.11	8.176 % 3.38	9.258 % 3.23
Makine ve Ekipman İmalatı	2.235 % 2.97	5.113 % 2.67	5.415 % 2.44	5.937 % 2.45	6.276 % 2.19
Bina Dışı Yapılar İnşaatı	1.948 % 2.59	5.917 % 3.09	7.675 % 3.46	7.903 % 3.27	9.516 % 3.32
Elektrikli Teçhizat İmalatı	1.878 % 2.50	4.191 % 2.18	5.229 % 2.36	5.169 % 2.13	6.315 % 2.20
Motorlu Kara Taşıtı ve Römork İmalatı	1.796 % 2.39	5.243 % 2.73	6.375 % 2.87	8.107 % 3.35	9.533 % 3.32
Taşıma İçin Depolama ve Destek Faal.	1.689 % 2.24	6.782 % 3.54	8.079 % 3.64	8.904 % 3.68	9.496 % 3.31
Perakende Tic. (Motorlu Taşıtı Onar. Hariç)	1.667 % 2.22	6.081 % 3.17	7.000 % 3.16	7.843 % 3.24	9.759 % 3.41
Mobilya İmalatı	1.588 % 2.11	4.479 % 2.34	5.183 % 2.34	5.068 % 2.09	5.013 % 1.75
Yiyecek ve İçecek Hizmetleri Faaliyeti	1.310 % 1.74	6.434 % 3.36	8.818 % 3.98	10.458 % 4.32	12.626 % 4.41
Toptan Tic. (Motorlu Taşıtı Onar. Hariç)	1.113 % 1.48	2.953 % 1.54	3.551 % 1.60	4.041 % 1.67	4.835 % 1.69
Makine ve Ekipman Kurulumu ve On.	1.045 % 1.39	2.560 % 1.33	3.592 % 1.62	3.920 % 1.62	4.277 % 1.49
Bina ve Çevre Düzenleme Faaliyetleri	637 % 0.84	3.082 % 1.61	6.388 % 2.88	8.972 % 3.71	11.631 % 4.06
Diğer Faaliyet Grupları	13.403 % 17.85	35.552 % 18.57	43.600 % 19.69	51.009 % 21.11	63.762 % 22.28
Toplam:	75.073 % 100	191.389 % 100	221.366 % 100	241.547 % 100	286.068 % 100

2.2 Yangın Güvenliği

Yangın, havada bulunan oksijen ve yakıt kaynağı arasında meydana gelen ekzotermik bir reaksiyondur. Reaksiyon süreci yakıt kaynağının tutuşuncaya kadar ısıtılması ile başlar

daha sonra yeterli ısı, yakıt ve oksijen olduğu müddetçe devam eder. Bu ateş veya yangın üçgeni olarak da bilinir. Şekil 2.2 yangın üçgenini göstermektedir. Kimyasal reaksiyon sonucu elde edilen ürünler reaksiyona giren materyalden tamamen farklıdır.

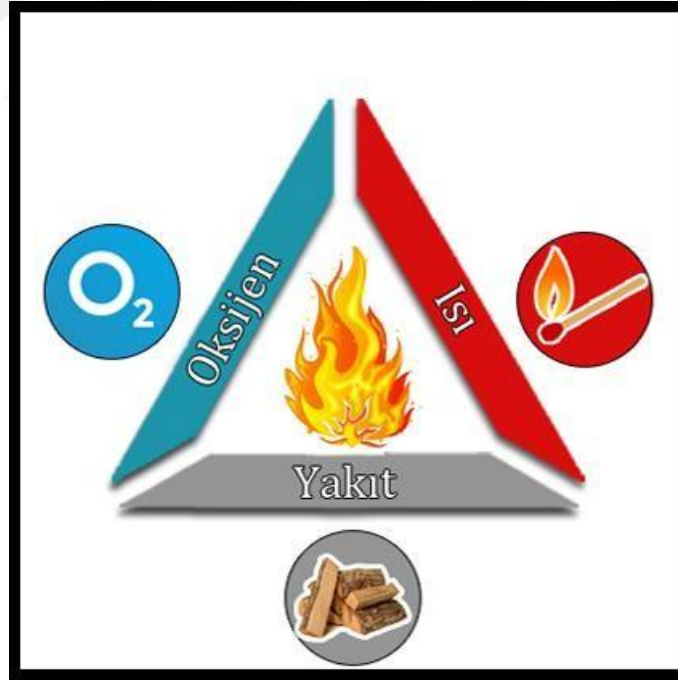
Diğer kaynaklara göre yangının tanımları şöyledir:

7486 numaralı Türk Standardına göre yangının tanımları aşağıdaki gibidir:

“Dumanın, alevin ya da her ikisinin beraberce ısı yayması ile karakterize edilen yanma olayıdır.”

“Yanmanın, zaman ve mekân olarak kontrol edilmemiş bir şekilde yayılmasıdır.”

Amerikan Ulusal Yangın Koruma Birliği (NFPA) terimler sözlüğüne göre ise yangın, *“patlamalar da dâhil olmak üzere yıkıcı ve kontrolsüz yanma olayı; ısı, ışık ve yanma ürünlerinin değişimine neden olan bir kimyasal oksidasyon reaksiyonu”* olarak belirtilir.



Şekil 2.2 Yangın üçgeni

Yangınlar; uygun mevzuat ve teknik prosedürlerde belirtilen şartların sağlanamaması, yangından korunma ve söndürme konusunda bilgi ve eğitim yetersizliği, ihmalkârlık, sabotaj, başka bir kaza ve yayılım, doğal afetler, tesislerde bulunan mevcut elektrik,

ısıtma ve su tesisatlarının yangına karşı emniyetli olmaması ve bunların talimatlara uygun kullanılmaması gibi nedenlerle meydana gelmektedirler. Bu felaket sebebi ile her yıl binlerce insan hayatını kaybetmekte ve yaralanmakta bunun yanı sıra milyarlarca dolarlık zarara yol açmaktadır. Gerek orman yangınları gerekse konut ve endüstriyel yangınlar, başladığı anda müdahale edilip, sonlandırılmaz ise kısa süre içerisinde büyük tahribatlara yol açabilir. Özellikle büyük ölçekli yangınlarda ortaya çıkan muazzam ısı, yanıcı gaz ve duman çevreye büyük zararlar vermektedir. Yangınların sebep olduğu zararlar ile yangının büyümesi ve yangının başladığı andan itibaren geçen süre arasında ters orantı bulunmaktadır. Bu durumu daha da açıklayacak olursak, yangına müdahalede ne kadar geç kalınırsa yangının büyümesi o denli artacak dolayısı ile oluşan tahribat her saniye katlanacaktır.

Yangın meydana geldikten sonra, işyerlerinde can kaybını artıran sebepler incelendiğinde (İLO, 2012);

- Bina tasarımının yangın ile mücadele için uygun olmaması; eğer binada tek bir çıkış varsa ve bu çıkışı engelleyecek bir konumda yangın meydana gelir ise binadan bulunan çalışanların veya ziyaretçilerin dışarıya çıkması mümkün olmayabilir. Bu durumda, kayıplar daha artabilir. Ayrıca bina içindeki yangın çıkışlarının binada bulunan kişilerin sayısı ile orantılı olması gerekmektedir.
- Yangın kaçış yollarının tıkanması; üretim alanlarında, yangın çıkışları düzensiz dizilen malzemeler ile kapatılırsa, bu durum orada bulunan personel veya çalışanlar için çok önemli bir tehlikedir. Çünkü acil tahliye gerekecek bir zamanda çıkış yollarının kapalı olması insanların yangın bölgesinde mahsur kalmasına sebep olabilir.
- Erken uyarı sisteminin bulunmaması; duman, ısı veya alev dedektörleri gibi erken uyarı sistemleri, yangını meydana geldiği anda tespit edip zamanında müdahale etmek için etkilidir. Bu sistemler, tüm çalışanların acil durumlarda sinyali duyabilecekleri kadar yüksek sesle bağımsız bir tahliye alarm sistemlerine bağlanmaları gerekmektedir. Bir yangının varlığını tespit etmek ve erken bir uyarı sağlamak için sistem ve ekipmanın bulunmaması ya da hatalı çalışması, bir binanın kaçmasında ve tahliyesinde önemli bir gecikmeye neden olabilir.

- Acil durum prosedürlerinin eksikliği; acil durum prosedürlerinin ve rutin uygulamalarının eksikliği ve bu alanlarda eğitim eksikliği, bir binanın tahliyesinde gecikmeye yol açabilecek faktörlerdir.

2.2.1 Yangınların Sınıflandırılması

Bütün yangınlar aynı değildir. Yangınlar Asya, Avrupa ve Amerika’da farklı standartlar ve mevzuatlar doğrultusunda sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde yangınlar; Avrupa Birliği Standartları doğrultusunda hazırlanmış olan TS EN 2 ile TS EN 2/A1 standartları ve Binaların yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’te belirtilen şekilde sınıflandırılmıştır. Ülkemizdeki her türlü yapı, bina, tesis ile açık ve kapalı alan işletmelerinde alınacak yangın önleme ve söndürme tedbirlerinin, Binaların yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte belirtilen esaslar doğrultusunda yapılması zorunludur. Bu nedenle işyerlerinde alınması gereken tedbirlerin bu yönetmeliğe göre yapılması gerektiği unutulmamalıdır. Bu mevzuata göre yangınların sınıflandırması şöyledir:

A sınıfı yangınlar: Yanıcı katı maddelerin neden olduğu yangınlardır. Bu maddelere odun, kömür, kâğıt, ot, doküman ve plastik vb. örnek verilebilir.

B sınıfı yangınlar: Yanıcı sıvı maddelerin neden olduğu yangınlardır. Benzin, benzol, makine yağları, laklar, yağlı boyalar, katran ve asfalt gibi maddeler örnek olarak verilebilir.

C sınıfı yangınlar: Yanıcı gaz maddelerin neden olduğu yangınlardır. Metan, propan, bütan, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), asetilen, havagazı ve hidrojen örnek olarak verilebilir.

D sınıfı yangınlar: Lityum, sodyum, potasyum, alüminyum ve magnezyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddelerin neden olduğu yangınlardır.

İngiltere Merkezi yangın Danışma Konseyine göre, yangına müdahale gereçlerine göre yangın büyüklükleri aşağıdaki gibidir:

Çok büyük yangın: 20 ve üzeri jet ile

Büyük yangın: 8 – 19 jet ile

Orta yangın: 3 – 7 jet ile

Küçük yangın: 1 – 2 jet veya 3’den fazla hortum makarası ile

Çok küçük yangın: 1 – 2 hortum makarası veya yangın söndürücü ile müdahale edilen yangınlardır.

Spesifik olarak proses yangınları ele alındığında ise yangınlar aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Toz bulutu yangınları
 - i. Patlamasız yangınlar
 - ii. Patlama ile sonuçlanan yangınlar
 - iii. Patlamadan kaynaklanan yangınlar
- Alev topları
- Jet alevleri
- Sıvıların yangını
 - i) Havuz yangınları
 - ii) Akan sıvı yangınları
- Katıların yangını
 - i) Katı maddelerin yangını
 - ii) Toz yangınları
- Depo/ambar yangınlar

2.2.2 Yangın Güvenliğine Dair Standartlar ve Mevzuatlar

Yapı malzemelerinin test edilmesinde ve sertifikalandırılmasındaki ulusal farklılıkların oluşturduğu karışıklığın yanı sıra özellikle yüksek risk barındıran yerlerde inşa edilmiş yapıların bu standart ve yönetmeliklerde belirtilen koşulları yerine getirmesindeki belirsizlik yangın riskini daha da artırmaktadır.

Hızlı küreselleşmeye, sınırları aşan yatırımlara, sektörün gelişimine harcanan maddi kaynaklara ve dünya genelinde faaliyet gösteren disiplinler arası yoğun çalışmaya rağmen; endüstri halen yangın güvenliği açısından binaların tasarımı, inşası ve yönetimi yönünden tutarlı üst düzey bir ilkeler birliğinden yoksundur. Fakat son yıllarda konuya ilişkin çok önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bunun en somut örneği; Haziran 2017'de Londra'daki Grenfell Kulesi yangından sonra kurulması kararlaştırılan, aralarında Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, Ulusal yangından Korunma Kurumu (NFPA) gibi birçok sektörden onlarca kurum ve kuruluşun iş birliği ile 9 Temmuz 2018 tarihinde İsviçre'nin Cenevre kentinde çalışmalarına başlayan Uluslararası Yangın Güvenliği Standartları (IFSS)'dir. Bu birlik, şeffaf ve kapsayıcı standart belirleme süreci gerçekleştirerek, yüksek kaliteli uluslararası standartların yaratılmasını, korunmasını ve kullanılmasını amaçlamaktadır.

Nüfus artışının oluşturduğu konut ve endüstriyel ihtiyaçlar çok katlı yapıların da sayısını artırmıştır. Yüksek katlı binalar yapı itibarı ile diğerlerine nispeten daha fazla risk taşırlar. Bu risklerden bir tanesi de yangındır. İçerisinde daha fazla insan muhteva eden bu yapılarda gerçekleşen ufak hatalar büyük sonuçlar doğurabilir. Nitekim meydana gelen kazalar incelendiğinde durumun ehemmiyeti ortaya çıkmaktadır. Örneğin tarihin en korkunç yangın felaketlerinden 1974 yılında São Paulo'da meydana gelen Joelma Binası yangınında 179-189 kişi hayatını kaybetmiştir. 25 katlı Joelma binasında gerçekleşen bu elim olay bizlere çok katlı binaların ne denli tehlikeler barındırdığının en acı göstergesidir.

Küresel boyut kazandırılması sorunun çözümü açısından oldukça önemlidir. Ülkemiz de bu tür çalışmalara daha aktif katılım göstermeli ve çözümün bir parçası olarak bu tür organizasyonlarda yer almalıdır. Ayrıca ülkemizdeki yangın standartları ve yönetmelikleri yeni çalışmalarla uyumlanmalı, denetim mekanizması çok daha titizlikle gerçekleştirilmelidir.

2.2.2.1 Ülkemizde uygulanan mevzuat ve standartlar

Ülkemizde yangın güvenliğinin sağlanmasında kullanılan en önemli kaynak Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'tir. Ayrıca İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Belediye İtfaye Yönetmeliği, İş yerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, başta olmak üzere yapının türüne ve risk aralığına göre birçok farklı mevzuat veya yönetmelik dikkate alınabilir.

2.2.2.1.A Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik

Bu yönetmelik ülkemizde yeni inşa veya restore edilen yapıların projelendirilmesi ve uygulama aşamasında binalarda yangın oluşma ihtimalini en aza indirmek, oluşan yangınlarda ise insanların can ve mal kaybının önüne geçmek amacı ile 27/11/2007 tarihli ve 2007/12937 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe girmiştir. İlgili yönetmelikte en son 2018/11347 sayılı Kararname ile değişiklik yapılmış ve 15/03/2018 tarihinde yürürlüğe koyulmuştur. İlgili yönetmelik; Türk Silahlı Kuvvetlerince kullanılan yapılar, Nükleer Tesisler dışında resmi veya özel bütün yapılar bu yönetmeliğe tabidir. 12 kısım ve 171 maddeden oluşan bu yönetmeliğin her maddesinde önemli detaylar yer almaktadır. Yönetmeliğin tüm maddeleri detaylı şekilde irdelenmeli ve bilinmelidir.

Madde 5'in 1. fıkrasına göre yapılar proje aşamasında iken bu yönetmelikte belirtilen şartlara uygun değil ise yapı ruhsatı verilmez. Yeni yapılan veya kullanım amacı değiştiği için projede değişikliğe gidilmesi durumunda yeni projenin esaslarına uygun olarak yerine getirilmesi gerekmektedir. Madde 5'in 2. fıkrasında ise yönetmelikte metro, marina, helikopter pisti, tünel, stadyum, havalimanı vb. bazı yapılar hakkında yeterince hüküm bulunmamaktadır. Bu yapıların yangından korunmasında Türk Standartları, uygun standartların olmaması halinde ise Avrupa Standartları esas alınır. Türk veya Avrupa Standartlarında düzenlenmeyen hususlarda, uluslararası geçerliliği kabul edilen standart da kullanılabilir denilmektedir.

Bu yönetmeliğin uygulanmasından; yapı ruhsatı vermeye yetkili idareler, yatırımcı kuruluşlar, yapı sahipleri, işveren veya temsilcileri, tasarım ve uygulamada görevli mimar ve mühendisler ile uygulayıcı yükleniciler ve imalatçılar, yapı yapılmasında ve kullanımında görev alan müşavir, danışman, proje kontrol, yapı denetimi ve işletme yetkilileri, görevli, yetkili ve sorumludur.

Binaların yangından Korunması Hakkında Yönetmelik bazı yapılar için yetersiz kalabileceği aynı yönetmeliğin 5. maddesinde belirtilmiştir. Bu durumda ilk olarak ülkemizdeki yangın güvenliği ile ilgili standartların kullanılması gerektiği söylenmektedir. Ülkemizde yangın Standartları TSE (Türk Standartlar Enstitüsü) tarafından hazırlanmaktadır. Bu standartlar, gelişmiş ülkeler özellikle Avrupa Birliği tarafından geliştirilip, kabul gören uygun düzenlemelerin Türkçe uyarlamasıdır. TSE standartları bütün standartları ile eğitim, üretim ve deney konusunda kullanıcılara en uygun, kaliteli sonuçlar sunmak ve ürün, hizmet kalitesinin artırılması açısından oldukça önemli bir unsurdur. TSE yangın Standartları 105 ayrı maddeyi kapsamakta, bu standartlar farklı kodlar ile belirtilmektedir.

2.2.2.1.B Uluslararası Standartlar Kuruluşu (İSO) yangın standartları

Uluslararası Standartlar Kuruluşunun İngilizce kısaltması olan ISO 23 Şubat 1947 tarihinde uluslararası ticareti ve ticaret hacmini arttırmak, tedarikçi-işletme ve müşteri arasındaki güveni oluşturacak uluslararası standartları belirlemek amacıyla Londra’da kurulmuştur. Bugün 164 ülkeden üyesi 786 teknik komitesi ve bu komitelere bağlı alt komiteler ile İsviçre’nin Cenevre kentinde çalışmalarına devam etmektedir. Kurulduğu ilk günden beri teknoloji ve üretimin neredeyse tüm yönlerini kapsayan 22.534 ‘ün üzerinde uluslararası standart yayınlamışlardır.

Bu standart ve düzenlemeler konu başlıklarından bir tanesi de yangın güvenliğidir. Yangın güvenliğine dair düzenlemeler ISO / TC 92 kurulunun içerisinde toplanmıştır. ISO standartları aranırken kolaylık sağlanması açısından ICS kodları bulunmaktadır. Mevcut standartlar ICS kodlarının altında kendilerine uygun başlık altında yayınlanmaktadır.

2.2.3 Yangın Risk Yönetimi

İşletmeler çalışanların ve müşterilerin güvenliğini korumak ve fiziksel hasarı sınırlamak için yangın riskini ön görebilecek, yangın olasılığını ve etkisini azaltacak bir plan yapması şarttır. Yangın yönetiminde atılması gereken ilk adım yönetimi, denetimi, planlamayı gerçekleştirecek teknik sorumlunun ve yardımcı elamanların belirlenmesidir. Teknik sorumlu, işverenin yangın riskini azaltma politika ve yöntemlerinin uygulanması sırasında çalışan temsilcileriyle yakın irtibat kurduktan sonra bir yangın planı üretmelidir. İşveren, binanın her bölgesine bir yangın görevlisi atanmasını dikkate almalıdır. Yardımcı

eleman; yangın planının uygulanmasında teknik sorumluya yardım etmek, işyerinin haftalık kontrollerini yapmak, acil durumlarda tüm kişilerin kendi alanlarından kaçmalarını sağlamak, tutuşma kaynaklarının kontrolünün ve en aza indirgenmesinin izlenmesi, yangın söndürme ekipmanlarının kullanılması gibi görevlerden sorumlu olabilir. (İLO, 2012)

Yangın Planı; yangın öncesi alınması gereken önlemler ve yangın esnasında uygulanması gereken prosedürleri kapsar. Alınacak önlemler, belirlenen görev ve talimatlar eksiksiz yerine getirilmeli, süreç kontrolü aksatılmadan gerçekleştirilmelidir. Yangın planı oluşturulurken göz önünde bulundurulması gereken kriterler incelendiğinde; (İLO, 2012)

- Tehlikelerin belirlenmesi ve kontrol altına alınması; pişirme ekipmanları, ısıtma ekipmanları, elektrikli ekipmanlar, sigara izmaritleri, meşaleler veya kaynak ekipmanları, sıcak küller ve köz, kimyasallar ve diğer yanıcı sıvılar, yanıcı toz veya artık, yakıt, oksijen gibi işletmede yangına neden olabilecek tehlikeleri dikkate almak ve değerlendirmek yangın planı tasarlarken önemlidir. Yangın tehlikesi yaratabilecek unsurların kontrol altına alınmasına yönelik bazı önlemler:

- i. Özellikle yanıcı sıvılar işletmeler için büyük risk teşkil etmektedir. Yanıcı sıvılar harici depolama binalarında veya birimlerinde, yangına dayanıklı kaplarda uygun şekilde etiketlenerek depolanmalıdır. Ayrıca bu maddeler ısı veya tutuşma kaynaklarının konumlandırılması, dikkate alınarak yerleştirilmelidir.
- ii. İş yerinde sigara içilmesini yasaklamak veya sınırlama getirmek, (sadece kontrol edilebilir alanlarda)
- iii. Kundaklanma potansiyelini en aza indirmek için kontrollü erişim,
- iv. Sıcak işlerin yapıldığı alanlarda iyi temizlik,
- v. Sıcak işlerin gerçekleştirilmesinin ardından yangın gözetmenlerinin kullanımı,
- vi. Atık maddelerin yakılması için güvenli prosedürler,
- vii. Mutfak işleri sırasında ısı kaynaklarının sürekli denetimi,
- viii. Elektrik bakım ve incelemesinin etkili bir şekilde gerçekleştirmek,

- ix. Zayıf elektrik bakımı ana ateşleme faktörlerinden biridir ve özel önlemler alınmalıdır:
- I. Ateşleme kaynağı oluşturan statik elektrik potansiyelini en aza indirmek için elektrikli ekipman topraklanmalıdır,
 - II. Her bir elektrik devresinin, iş istasyonuna yakın bir yerde iyi inşa edilmiş bir kutuda bulunan yeterli bir sigorta veya devre kesiciye sahip olması gerekir,
 - III. Kablolardaki hasar olasılığını en aza indirmek için uzatma kabloları yerine sert kablolu devreler kullanılmalıdır;
 - IV. Yalıtım ve çoklu fişlerin bağlanması ve devrelerin aşırı yüklenmesi uygulamalarının kaldırılması,
- Binaları ve ekipmanı düzenli olarak incelenmesi; binalar ve ekipman zamanla aşınır ve yangına dayanıklı malzemeler daha az etkili olabilir. Bu gerçekleştiğinde, yangına bağlı risk yönetimi artık etkili olamayabilir. Yükleniciler, elektrikçiler veya sertifikalı müfettişler gibi kalifiye uzmanlar, herhangi bir parçanın onarılması veya değiştirilmesi gerekip gerekmediğini görmek için yıllık kontroller yapmalıdır. Yüksek riskli ekipman için bu daha sık gerçekleşmelidir (Webb, 2019).
 - Etkili acil durum senaryoları ve prosedürleri; acil durumlarda binada bulunan tüm kişilerin binayı zamanında tahliye edebilmesi, hayati bir kontrol gereksinimidir. Bu sebepten iş yerindeki risk unsurları göz önünde bulundurarak senaryoların düzenlenmesi ve bu senaryolar üzerinden başta destek elemanları olmak üzere bütün çalışanların yapacağı işlemlerin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Her iş istasyonundan ve dinlenme alanından iki zıt yönde kurulmuş bir yangın kaçış yolu olması gerekir. Tüm yangın kaçış yolları, tercihen sarı zemin boyası ile işaretlenmeli ve en az 70 cm genişliğinde ve engelsiz olmalıdır. Binalarda daha yüksek katlar, tercihen binanın farklı uçlarında iki ayrı merdivenle inşa edilmelidir. Mümkün olan yerlerde, bu merdivenler, yangının merdivene yayılmasını geciktirmek için korumalı bir yapı içine alınmalıdır. Mümkünse, yangın kaçış yolu acil durum aydınlatması ile iyi aydınlatılmalıdır. Tüm kaçış yolları binadan güvenli bir yere çıkmalıdır. Yangın kaçış güzergahları, güzergahların engellenmediğinden ve kaçış kapılarının kolayca

açılabilirdiğinden emin olmak için haftalık olarak kontrol edilmelidir. İşveren güvenlik nedenleriyle kaçış kapılarını kilitleme ihtiyacı duyuyorsa, kırma cam kilitleri, itme çubuğu serbest bırakmaları veya anahtarın veya mekanizmanın kapının içine kolayca erişilebildiği kilitlerle kilitlemesi gerekir (Webb, 2019).

- Çalışanların bilinçlendirilmesi ve eğitim programları oluşturulması; yangın önleme planının başarısını etkileyen önemli kriterlerden birisi de tüm çalışanların belirtilen görevleri yapmasıdır. Çalışanlardan biri yangın tehlikesi oluşturuyor veya üstüne düşen görevi yapmıyorsa diğer tüm önleme stratejileri etkisiz olabilir. Kuruluşlar bilinçlendirme ve uygun yangın önleme prosedürleri konusunda çalışanları eğiterek, her zaman takip edilmelerini sağlamalıdır. Bu durum, yangına bağlı olay riskini azaltacaktır.
- Yangının varlığının hızlı bir şekilde belirlenmesi ve yangının kontrolü; alarm ve uyarı sistemlerine bağlı dedektörlerin kullanılması, yangının varlığının hızlı bir şekilde tespit edilmesinde önemlidir. Yangın algılaması; duman, ısı veya ışığın varlığını tanımlayabilen çeşitli batarya veya ana elektrikle çalışan ekipman kullanılarak yapılabilir. Bu ekipman ve cihazların rutin olarak denetlenmesi ve test edilmesi gerekir. Dedektörler, binanın özellikle yanıcı maddelerin depolandığı bölgelerinde hayati öneme sahiptir (Webb, 2019).

2.3 Yangın Önleme ve Yangına Müdahale Sistemleri

Son yıllarda özellikle yapı malzemelerinde ve ev eşyalarında kullanımı artan petro kimyasal ürünler yangınların çıkmasında ve yayılmasında oldukça önemli paya sahiptir. Konuya ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde; bugün yangınların 50 yıl önceye göre 8 kat daha hızlı büyüdüğünü ve yangın sonucu meydana gelen dumanın 200 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Yangınlarda duman en az ateş kadar tehlikeli ve ölümcüldür. Yanan kimyasal ürünler, karbon monoksit ve siyanür ortaya çıkmakta her ikisi de insan hayatı için oldukça büyük riskler oluşturmaktadır.

Uzmanlar 30 yıl önce yangın tespit edildiği andan itibaren yangının meydana geldiği alandan ayrılmak için ortalama 8 dakikası olduğunu fakat günümüzde bu sürenin 2 dakikanın bile altına düştüğünü söylemektedirler. Bu durumun en büyük sebebi günümüzde artan plastik, yapıştırıcı ve hidrokarbon kökenli ürünlerin kullanımındaki artıştır. Yangınların büyüme süresinin düşmesi, yangına müdahale eşiğinin artmasına,

yangına müdahale teknolojilerinin gelişmesine sebep olmaktadır. Fakat bu bile sorunun çözümünde yetersizdir. Çünkü hiçbir itfaiye birimi yangına 2 dakikadan az sürede müdahale edebilecek kapasitede değildir.

Uluslararası yangın Önleme ve Söndürme Derneği (CTIF) üyesi UL (Underwriter Laboratuvarı) tarafından gerçekleştirilen bir deney yangın artış hızının geçmiştekine oranla ne denli farklı olduğunu ortaya koymuştur. Ekip bir odayı önce 50 yıllık mobilya ve ev eşyalar yerleştirmiş daha sonra bunların yanma - yayılma süresini gözlemlemiştir. Daha sonra aynı işlem modern eşyalar ile tekrarlanmış çok şaşırtıcı sonuçlara ulaşılmıştır. Modern eşyalar bulunan oda 3 dakika içerisinde tamamen alevler içinde kalmıştır. Fakat eski eşyaların bulunduğu odanın tamamen alevler içerisinde kalması 30 dakikayı bulmuştur. Bu deney ev ve iş yerlerinde kullanılan kimyasal malzemenin yangın güvenliği açısından ne denli büyük sorunlar oluşturduğunun anlaşılması bakımından oldukça önemlidir (CTIF, 2019).

Yangının yayılma süresinin artması çok önemli iki konuyu gündeme getirmektedir. Bunlardan birincisi yangın önleme ve uyarı sistemi diğer ise yangın müdahale sistemleridir. Yangını engelleyen veya büyümesini önleyen bu sistemlerin kullanımında başarılı sonuçlar elde edebilmek için bazı parametrelerin uygulanması gerekmektedir. Bu şartların uygulanmaması sistemin sağlıklı çalışmasını engelleyerek oldukça büyük sorunlara yol açabilir.

Bu tez çalışması yalnızca yapılardaki yangın güvenlik önlemlerini incelediğinden sadece binalarda uygulanan yöntemlere değinilmektedir. Binalarda pasif ve aktif yangın güvenlik önlemleri olmak üzere iki şekilde ele alınır.

2.3.1 Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri

Pasif yangın güvenlik önlemleri, yapının tasarım aşamasında başlar ve yangın güvenliği açısından oldukça önemli bir işlev görür. Binaların tasarım ve yapımında oda planı, giriş-çıkışlar ve alt yapı yönünden yangının yayılmasını engelleyici nitelikte olması hususunda özen gösterilmelidir. Yapıların kullanım amacına bağlı olarak mimari tasarımının yanı sıra yapı malzeme ve elemanlarının seçimi gibi etmenlerde pasif yangın güvenliği önlemlerinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Yapı malzemelerin yangına mukavemeti yüksek ve olası bir yangın durumunda yangının yayılmasını engelleyici nitelikte olması gerekmektedir.

Pasif yangın güvenlik önlemleri ile;

- Yangın oluşması durumunda meydana gelen zehirleyici ve boğucu gazların yapıdan uzaklaştırılması,
- İnsanlar tarafından kolay algılanan kaçış yollarının, merdivenlerin ve toplu buluşma alanlarının planlanması,
- Yapıda yangın geçirimsiz bölümlerin (kompartmentların) sağlanması,
- Yangına dayanıklı yapı malzemelerinin kullanılması,
- Taşıyıcı sistemin yüksek sıcaklıklara dayanması hedeflenir (Başdemir ve Demirel, 2010)

Pasif yangın güvenlik önlemleri ile yangın güvenliğinin sağlanması yapıyı tasarlayan mimarlar ve inşasında bulunan inşaat, makine ve elektrik mühendislerinin yer aldığı çoklu disiplin anlayışı içerisinde çalışılmalıdır.

Binaların yangından korunması hakkında yönetmeliğinde Yangın Kompartmanı; Otomatik Kapanan Yangın Bölmesi, Isı ve Duman Yalıtımı, Havalandırma Kanalı Damperi, Duman Tahliye Sistemi, Kaçış Merdivenleri, Yangın Merdivenleri, Yangın Kapıları, Acil Aydınlatma Sistemleri, Kaçış Yolu Aydınlatması, Acil Durum Yönlendirmesi, Pozitif Hava Basıncı, Yangın Asansörleri, Paratoner Sistem, Anons Sistemi, Uyarıcı İkaz Levhaları pasif yangın güvenlik önlemleri olarak adlandırılmıştır.

2.3.2 Aktif Yangın Güvenlik Önlemleri

Aktif yangın güvenlik önlemleri, Binaların yapımı aşamasında veya daha sonraki süreçlerde eklenen ve sadece yangın durumunda faaliyet gösteren belirli bir hedefe yönelmiş, pasif önlemleri tamamlayıcı olarak kullanılan yangın güvenlik unsurlarıdır.

Bu önlemler, yangını başladığı anda algılamayı ve büyüüp yayılmadan sınırlandırıp, müdahaleyi kolaylaştıran, o esnada binada bulunan kişileri güvenli bir şekilde yangının olduğu yapı ve bölümlerden tahliye etmeyi ve yangını bünyesel olarak söndürmeyi amaçlayan güvenlik önlemleridir.

Aktif Yangın Önlemlerinin sınıflandırılması;

- Yangın algılama ve uyarı sistemleri
- Yangın engelleme ve söndürme sistemleri

2.3.2.1 Yangın algılama ve uyarıda kullanılan sistemler

Yangın algılama ve uyarıda kullanılan sistemler; klasik sistemler, adreslenebilir sistemler olmak üzere ikiye ayrılır.

2.3.2.1.A Klasik (konvansiyonel) sistemler

Yangın bölgelerine ayırma (zonlama) prensibi ile çalışan klasik sistemlerde karar yetkisi detektörlerindir. Belirli zonda bulunan detektörler ve/veya butonlar birbirine paralel, kontrol paneline tek bir bilgiyi iletecek şekilde bağlanırlar. Bu bölgedeki detektörlerin hangisi alarm verirse versin, kontrol panelinden o bölgeye ait uyarı alınacaktır. Eğer o bölgede 15-20 detektör var ise arıza ya da alarm bilgisinin hangi detektörden geldiğini öğrenmek için o bölgeye ulaşmak gerekmektedir. 20 detektörün bulunduğu geniş bir alandan yangın uyarı sinyali geldiğinde o bölgeye ulaşmak itfaiye ekibi için sorun olmayabilir. Fakat olay arıza mertebesinde değerlendirildiğinde hatta herhangi bir kopukluğun yerini saptamak hiç kuşku yok ki zaman ve enerji kaybına yol açmaktadır.

Klasik sistemlerde her bir ihbar hattından merkezi panele kablo çekilir. Bu durum kontrol panelinden çevreye çok sayıda kablo yayılmasına yol açmaktadır. Yangın zonları bir kere belirlenip ihbar hatları tesis edildikten sonra bu bölgelerde yapılabilecek yenilemeler oldukça güçtür, zira bu yenilemeler ancak tesisatta yapılacak değişikliklerle mümkündür. Bu olumsuz özelliklere ek olarak aynı hatta bağlanan çeşitli tipte detektör ve butonlardan gelen sinyaller birbirinden ayırt edilemez. Detektörler elektronik olarak basit bir karşılaştırıcıdan oluşurlar. Isı dedektörlerinin ısı ve hava değişimlerinden kolay etkilenmesi dolayısı ile yanlış alarm verme durumları oldukça yüksektir. En büyük avantajları ekonomik olarak ucuz olmalarıdır (Birinci, 2014).

2.3.2.1.B Adreslenebilir sistemler

Adreslenebilir sistemler; analog adreslenebilir, dijital adreslenebilir sistemler, elektronik adreslenebilir olmak üzere sınıflandırılabilir.

Analog adreslenebilir sistemler

Dedektörler, klasik ve dijital adreslenebilir sistemlerde iki konumludur öyle ki ya normal konumdadır veya alarm durumundadır. Fakat Analog Adresli sistemlerde dedektörler algıladıkları duman ya da ısı değerini panele iletirler. Panel her an tüm dedektörlerle iletişim halindedir ve dedektörlerden ölçülen değerleri alarak bunları önceden tanımlanan referans değerleri ile korele eder eğer herhangi bir anomali ile karşılaşır ise alarm durumuna geçerek uyarıda bulunur. Öbür sistemlere göre daha gelişmiş olan bu sistem yalancı alarmlara karşı oldukça başarılı bir yapıya sahiptir. Sistem içerisinde bulunan her dedektör için ayrı bir üst sınır değeri tanımlanabilmekte, bu sayede de sistem farklı mekanlarda hassasiyetini koruyabilmektedir. Böylece sistem daha kararlı çalışarak yanlış alarm ihtimalini olabildiğince alt sınıra çekecektir. Bunun yanında ölçülen değer üst sınıra ulaştığında ön uyarı vererek erken müdahaleye imkân sunacaktır.

Dijital adreslenebilir sistemler

Sistem maliyet ve teknik donanım açısından klasik sistemlere göre oldukça farklı olan bu sistemde her bir dedektörün panel tarafından tanınan kimlik kodu bulunmaktadır. Bu kod sayesinde alarm durumunda algılama yapan dedektörün yeri tam olarak tespit edilebilir. Ayrıca bu özellik arıza ve hat kopukluğu yaşanması durumunda ise bu durumların meydana geldiği dedektörün tam olarak yerinin bulmasına olanak sağlamaktadır. Bütün bunlara ek olarak klasik sistemler kıyaslandığında oldukça önemli farklardan bir tanesi de dijital adreslenebilir sistemlerde, her bir bölgeye 128 adete kadar dedektör bağlanabilmesidir.

Dijital adreslenebilir sistemlerin en temel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Dedektörler ve butonların buldukları yerler dikkate alınmadan kablo tesisatı açısından en uygun biçimde çevrim hattına bağlanabilirler. Bu durum, yangın zonlarının yazılımlar kullanılarak tanımlanıyor olmasından kaynaklanmaktadır.
- Aynı çift kabloya çok sayıda dedektör bağlanabilmesi sebebi ile önemli ölçüde kablo tasarrufu sağlanabilir.
- Yangın algılama ve uyarı sistemlerinden bilgi alınması veya kullanılması gerekiyor ise modül bağlanmasına uygun yapıya sahiptir.

- Bu sistemlerde detektörler tıpkı klasik sistemlerde olduğu gibidir. Yangın kararı detektörler tarafından verilir.

Dijital adreslenebilir sistemler sadece adreslenebilme özellikleri sebebi ile avantaj sağlar. Fakat bu sistemlerin en büyük dezavantajı özellikle duman dedektörlerinin yalancı alarmlara karşı çözümler sunamamasıdır.

Elektronik adreslenebilir sistemler (interaktif)

Teknolojideki ilerleme yangın Algılama ve Uyarı Sistemlerini de etkilemekte bu değişimler hem kontrol panellerinin hem de sistem içerisinde bulunan detektör, modül ve butonların tamamen mikro işlemcili üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu devrimsel gelişmeler sayesinde analog adreslenebilir sistemlerde akıllı olan sadece panel iken, elektronik adreslenebilir sistemlerde saha elemanlarının da akıllı olması sağlanmıştır. Mikro işlemciye ve kendi karar yetkisine sahip akıllı dedektörler panel ile hem yayın hem de tarama yöntemi ile sürekli iletişim halindedir. Ayrıca sistem içerisinde kullanılan bu akıllı buton ve dedektörler belleklerinde verileri saklayabilir. Böylece geçmişe yönelik bilgilere erişim sağlanabilir.

Cihaz adresi, cihazın tipi ve çalışma modu, sistem içinde sürekli çalıştığı süre, çalıştığı zaman içinde geçirdiği arıza ve alarm sayısı, eğer var ise son girilen alarmın tarihi ve zamanı, kalan/kullanılan çevresel kompazasyon miktarı, en son bakım tarihi, kullandığı şantiye ve projenin adını, eğer var ise en son alarm sırasında detektörün kaydettiği değerler, detektörün hassasiyet değerleri, arıza kodları hakkında bilgiler akıllı yangın güvenliği donanımlarının belleklerinde saklanabilir (Birinci, 2014).

Yangın sistemleri içerisinde bulunan donanımların bu değişimi sistemi daha verimli hale getirerek oluşacak felaketlerin önüne geçmekte ya da meydana gelen zararı en aza indirmektedir. Sürekli veri akışının sağlanması birçok avantaj sağlamaktadır bunlardan biride arıza veya teknik aksaklık durumunda anlık veri iletişimi olduğu için tam olarak nerede sorun olduğu belirlenip, anında müdahale olanağı sağlamasıdır.

2.3.2.2 Yangın alarm sisteminin yapısı

Bir yangın alarm sistemi üç ana bölümden oluşur bunlar (Birinci, 2014):

<u>Algılama Ünitesi</u>	<u>Değerlendirme Ünitesi</u>	<u>Cıkış Ünitesi</u>
Duman Dedektörleri	Yangın Alarm Paneli	Siren ve Flaşörler
Gaz Dedektörleri		Telefon Arama Cihazı
Sıcaklık Dedektörleri		Söndürme Sistemleri
Alev Dedektörleri		Tekrarlayıcı Panel
Yangın İhbar Butonları		

2.3.2.2.A Algılama ünitesi

Yangın algılama ve ihbar sisteminin en önemli parçası yangın dedektörleridir. Yangın dedektörleri yanma meydana geldiği anda meydana gelen duman, sıcaklık ve alev gibi yangın bileşenlerini belirleme prensibine göre çalışırlar. Bu belirtileri algılamak için değişik tipte dedektörler üretilmiştir. Temel olarak dedektörler; duman, gaz, sıcaklık ve alev olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır.

Dedektörlerin yangını algılama hızı; yanan maddenin cinsi, yanma oranı, havadaki oksijen oranı, havalandırma oranı, yangın mekânının şekil ve ölçüleri ve dedektörün yangına olan uzaklığı gibi birçok faktöre bağlıdır. Koruma ve kontrol yapılacak yerin özelliklerine göre uygun dedektör seçimi yapılmalıdır (Özdamar, 2017).

Yerleştirilecekleri ortama göre en erken ve en güvenilir olarak çalışacak şekilde seçilmelidirler. Bazı alanlarda tek bir çeşit algılama yeterli olmayabilir. Örneğin, mutfaklarda hem ısı kontrol edilmeli hem de olası bir gaz kaçağı için gaz algılama gerçekleştirilmelidir. Bu sebeple doğru projelendirme, doğru kombinasyon seçimi hayati önem kazanmaktadır (MEB, 2012).

Duman dedektörleri

Yangın başlangıcında çoğunlukla duman, kül ve is gibi ürünler yangın belirtileri olarak ortaya çıkar. Duman dedektörleri yangın başlangıcında ortaya çıkan, görünür ve görünmeyen toz parçacıkları ile dumanı tespit etmeye yani yangını tespit etmeye yarayan algılayıcılara verilen isimdir. Optik, iyonize, ışın tipi ve hava örneklemeli gibi türleri vardır. Bu dedektörler yavaş yavaş tüterek başlayan yangınların tespit edilmesinde

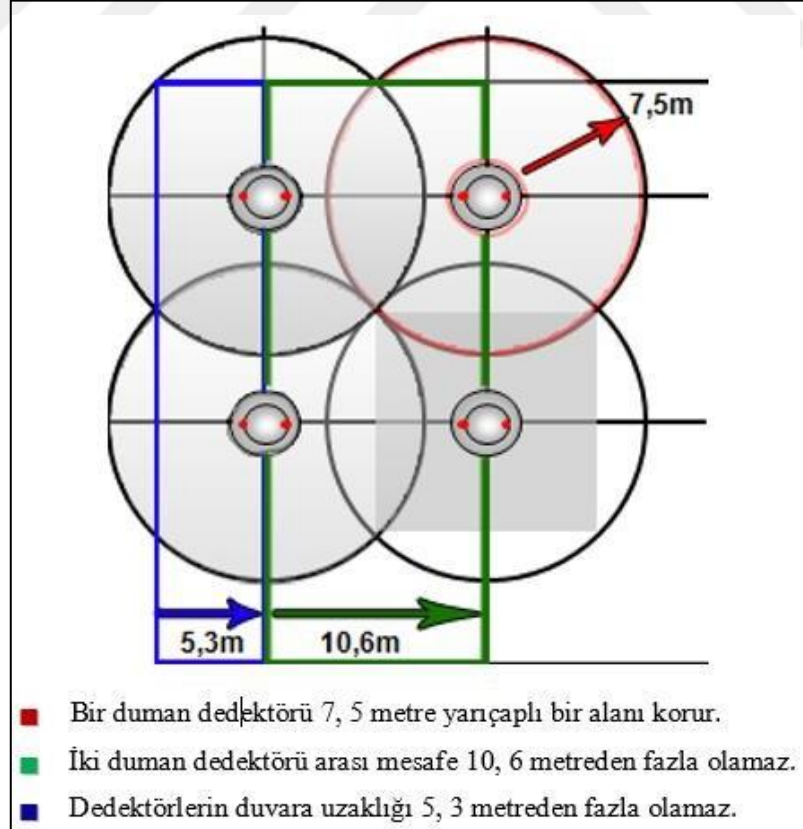
oldukça etkilidir fakat bu dedektör çeşidinin dumansız yangınların tespitinde kullanılması uygun değildir (Özdamar, 2017).

Genel olarak duman dedektörleri yangını sıcaklık dedektörlerinden daha hızlı algılarlar (Arpacıoğlu, 2004). Çünkü yangın başlangıcında ortamdaki duman genellikle sıcaklıktan daha önce oluşur ve duman seviyesi sıcaklığa kıyasen daha fazla artar. Bu sebepten ötürü duman dedektörleri binalarda yangın tespit için kullanılan en yaygın dedektör tipidir. Duman dedektörlerinin en büyük dezavantajı öbür dedektörlere göre daha fazla yanlış alarm verirler.

Duman Dedektörlerin Yerleşimi: Duman dedektörleri sıcaklık dedektörlerine göre daha geniş koruma alanına sahiptir.

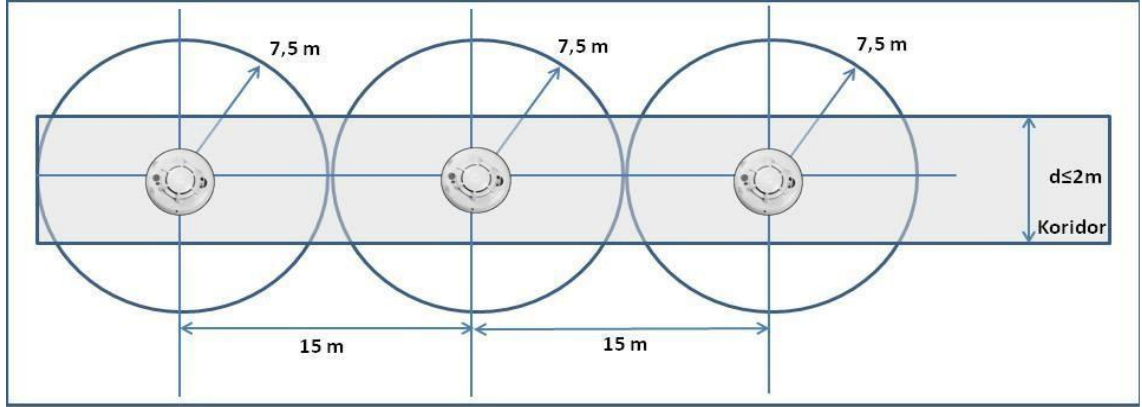
Projelendirme ve montaj sırasında uyulacak kurallar şunlardır (MEB, 2012):

- Öncelikle Algılama yapılacak kısımda boş alan bırakılmaz. Etki alanları üst üste bindirilir (Şekil 2.3)



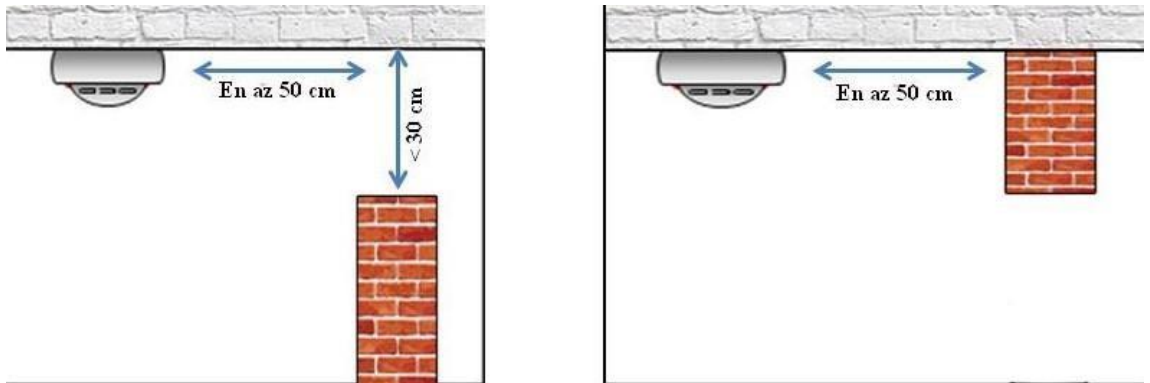
Şekil 2.3 Duman dedektörlerinin yerleştirilirken uyulması gereken kurallar

- Koridorlara dedektör yerleşiminde koridor genişliği 2 metreden az veya eşit ise koruma alanlarının üst üste binmesine gerek yoktur. (Şekil 2.4)



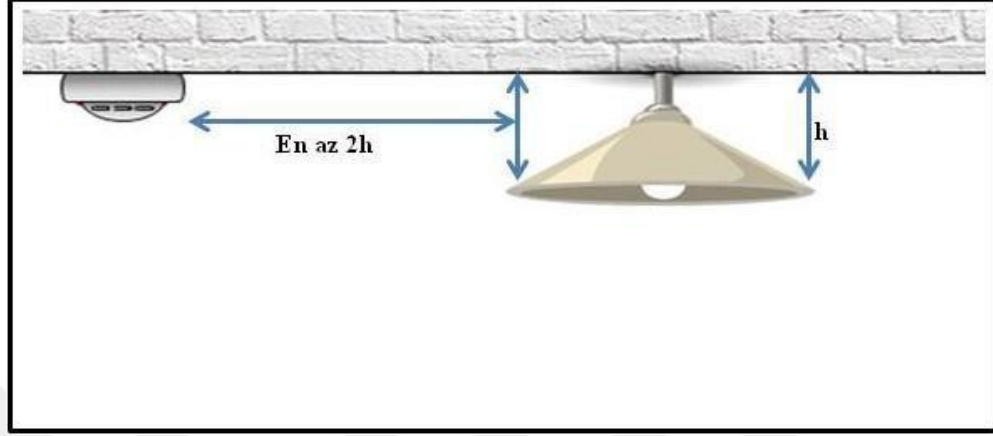
Şekil 2.4 Duman dedektörünün koridora yerleşimi

- Kiriş yüksekliği tavan yüksekliğinin % 10'undan az ise normal dedektör mesafesi kullanılır. Daha fazla ise kirişler duvar gibi düşünülür.
- Açık çatılı bölgelerde çatı yüksekliği (h) 60 cm'den az ise dedektör alt kısma yerleştirilebilir. Fazla olduğu durumlarda dedektör en üst noktaya yerleştirilir ve çatı eğimini her bir derecesi için dedektörler arası mesafe % 1 artırılabilir.
- Detektörler herhangi bir engelle 50 cm'den daha yakın olacak şekilde monte edilmemelidir. Eğer mahal içerisindeki yüksek bir bölme tavana 30 cm'den daha yakın ise detektör yerleştirilirken bu bölme duvar olarak kabul edilmelidir ve çatı eğimini her bir derecesi için dedektörler arası mesafe %1 artırılabilir. (Şekil 2.5)



Şekil 2.5 Dedektörlerin engel olan bölümlere yerleşimi

- Detektörler aydınlatma armatüründen en az armatürün yüksekliğinin iki katı uzağa yerleştirilmelidir. (Şekil 2.6)
- Asansör kapılarının en fazla 1,5 metre mesafesine dedektör yerleştirilir. (Şekil 2.13)



Şekil 2.6 Dedektörün armatüre mesafesi

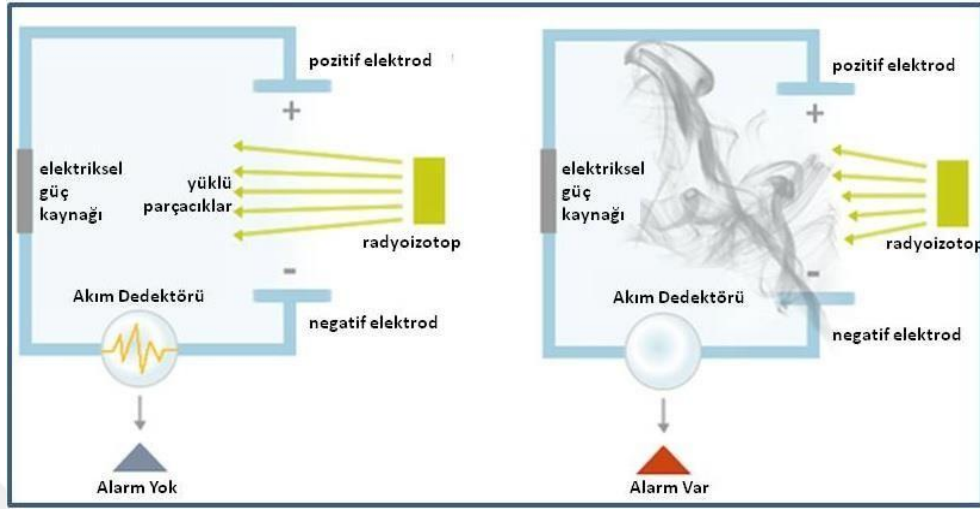
- Optik duman dedektörleri montaj yüksekliği 10 metre olan yerlerde, ısı dedektörleri ise 7 metre olan yerlere uygulanır.
- Yüksek depolama alanlarında en etkili algılama için dedektörleri tavana ve raflardaki orta seviyelere yerleştirmek gerekir.

İyonizasyon duman dedektörü

İyonizasyon duman dedektörleri ağaç, kâğıt, kauçuk, plastik ve sıvı hidrokarbonlardan kaynaklı genellikle alevsiz yavaş gelişen yangınların ilk safhasında oluşan görünmeyen duman parçacıklarının algılanmasında kullanılır. Fakat PVC gibi yandığında büyük duman parçacıkları oluşturan bazı plastik ürünlerinden kaynaklı yangınları algılayamaz. Ayrıca alkol ve diğer dumansız sıvı yangınların algılanmasında da bu tip algılayıcılar kullanılmaz (Genli, 2005).

Bu dedektörler içerisinde algılayıcı hücreler bulunmaktadır. Bu hücrelerde elektrotlar, radyasyon yayan bir kaynak ve dumanın hücreye girmesini sağlayan aralıklar vardır. Normal zamanlarda kaynaktan radyasyon yayıldığında elektrotlar arasında iyon hareketi neticesinde iyonizasyon meydana gelir. Yangın durumunda ise dumanın hücreye girmesi ile bu elektrik akımı azalır ve elektrik akımının azalmasından yangın tespit edilir

(Özdamar, 2017). İyonizasyon duman dedektörünün çalışma prensibi Şekil 2.7’de gösterilmektedir.



Şekil 2.7 İyonizasyon duman dedektörünün çalışma prensibi (Simplisafe, 2013)

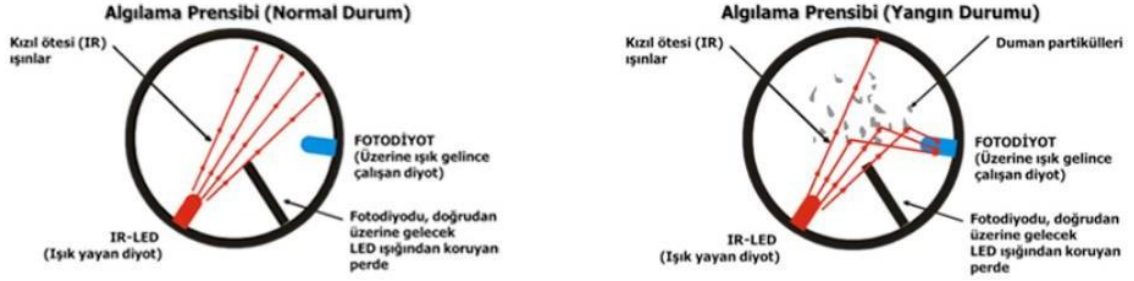
İyonizasyon duman dedektörleri, TS EN 54-7 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Optik duman dedektörleri

Optik duman dedektörleri genellikle yavaş, alevsiz yanan yangınların başlangıç aşamasında oluşan ve görülebilen duman partiküllerinin algılanmasında kullanılırlar (Genli, 2005). Bu dedektörler beyaz renkli, büyük partiküllü, dumanlara karşı duyarlıdırlar ve PVC, yalıtım malzemesi gibi özellikle yandığı zaman beyaz, büyük partiküllü duman çıkartan maddelerin bulunduğu yerlerde kullanılmaktadırlar (Arpacıoğlu, 2004). Ayrıca okullar iş yerleri, alışveriş merkezleri gibi sosyal alanlarda en çok tercih edilen dedektör çeşididirler (MEB, 2012). Buna karşın kazan dairesi gibi buhar, kir ve toza maruz kalan yerlerde kullanılmaları uygun değildir.

Bu dedektörler içinde bulunan foto diyot kızılötesi ışık kullanarak duman algılamasından dolayı Optik olarak adlandırılırlar. Optik duman dedektörünün çalışma mantığı Şekil 2.8’de gösterilmektedir. Normal çalışma anında foto diyot üzerine ışık düşmez ancak dedektöre duman, is, kurum ulaşması yani yangın durumunda IR diyottan çıkan ışık dumana çarparak foto diyot üzerine düşer. Bu durumda Foto diyot direnci azalır ve üzerinden geçen akım artar. Akım değişimi panelde alarm olarak algılanır (MEB, 2012).

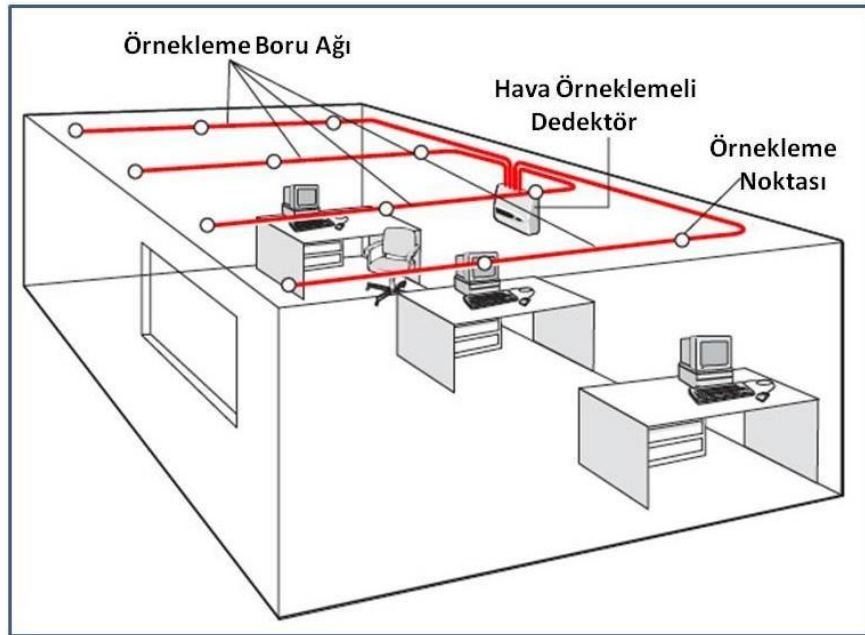
Optik duman dedektörlerine dair uygun özellikler ve performans kriterleri, TS EN 54-7 standartlarında belirtilmiştir. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).



Şekil 2.8 . Optik duman dedektörünün çalışma prensibi (Konak, 2017)

Hava örneklemeli dedektörler

Hava örneklemeli dedektörleri bir boru vasıtasıyla içine çektiği havayı, çok hassas algımla ünitesi sayesinde anlık analiz ederek dumanı belirleme mantığı ile çalışırlar. Duman çok küçük miktarda dahi olsa hassas algılayıcıları sayesinde hemen alarm durumuna geçebilirler. Şekil 2.9'da yangın algılama ve ihbar sistemlerinde kullanılan cihazlardan biri olan hava örneklemeli dedektörün bileşenlerini ve çalışma ortamında kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 2.9 Hava örneklemeli dedektörlerinin bileşenleri

Kaynak: (<http://www.kreativerocksystem.com/aspiration.html> Erişim Tarihi:03.02.2019)

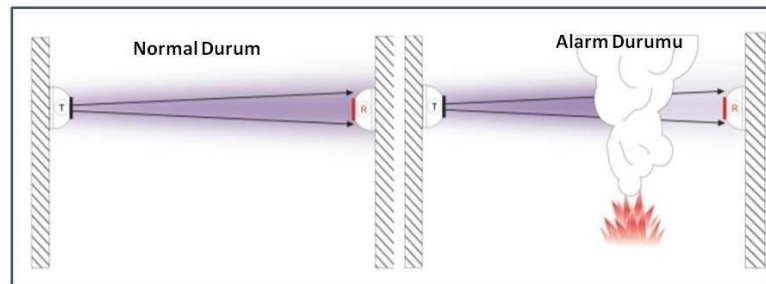
Hava örnekleme dedektörleri, optik duman dedektörleri ile karşılaştırıldığında oldukça pahalıdır. Ancak yanlış alarm oranlarına göre değerlendirme yapıldığında hava örnekleme dedektörleri optik duman dedektörlerine nispeten oldukça düşüktür. Hata payının düşük olması bu dedektörleri daha cazip kılmaktadır. Bu dedektörler son derece değerli ve pahalı cihaz, ekipman, belge, eser vs. barındıran laboratuvarlar, sanat galerileri, müzeler, değerli belge arşivleri, bilimsel araştırma merkezleri gibi hassas algımla yapılması gerektiren, yüksek yangın riski barındıran ve yangın gerçekleşmesi durumunda çok fazla can ve mal kaybının meydana gelme şansının daha fazla olduğu yerlerde kullanılır (MEB, 2012).

Hava örnekleme duman dedektörlerine dair uygun özellikler ve performans kriterleri TS EN 54-20 standartlarında belirtilmiştir. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Işın tipi dedektörler

Kızıl ötesi alıcı ve verici sensör çiftinden meydana gelen ışın tipi dedektörlerin de normal durumda iken verici sensörden çıkan kızıl ötesi ışınlar alıcı sensöre ulaşır. Eğer yangın ortaya çıkarsa oluşan duman, is veya kül partikülleri bu ışının alıcıya ulaşmasını engeller ve panele alarm bilgisi iletilir. Bu dedektörler optik duman dedektörlerinin kullanılmasının uygun olmadığı sinema ve tiyatro salonları, fuar merkezleri, tiyatrolar, depolar, hangarlar ve yüksek tavanlı fabrikalar gibi yüksekliği fazla olan alanlarda kullanılırlar (Özdamar, 2017).

Bu dedektörler ile 100 metre uzunluğunda 15 metre genişliğinde bir alanın durumu kontrol edilebilir. Dedektör montajını yaparken tavandan aşağıya doğru kalan yükseklik mesafesinin, toplam tavan yüksekliğinin en fazla %10'u kadar olmasına dikkat edilir (MEB, 2012). Şekil 2.10 'de ışın tipi dedektörlerin çalışma durumları gösterilmektedir.

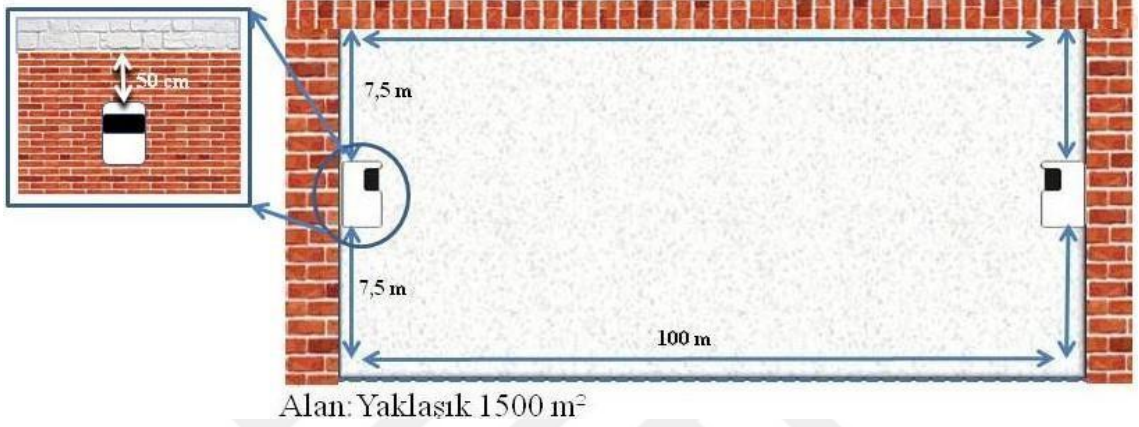


Şekil 2.10 Işın tipi dedektör ve çalışma durumu (FİRERAY, 2014)

Işın tipi duman dedektörleri, TS EN 54-12 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımını ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Işın tipi dedektörlerin yerleşim kuralları

Işın tipi dedektörlerin yerleştirilmesinde uyuması gereken kurallar, Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Işın dedektörü yerleşimi

- Işın tipi (beam) dedektörler 15 metre yükseklik, 15 metre en (sağ-sol) ve 100 metre boyundaki bir alanı kontrol edebilir (Şekil 2.12).
- Dedektörler tavanın 50-60 cm altına yerleştirilir.
- İnsanların çok yoğun olduğu bölgelerde kullanılacaksa 2, 7 metre yüksekliğe monte edilmelidir. Tavan yüksek ise aynı hizaya üste diğer bir dedektör konulabilir (MEB, 2012).

Sıcaklık dedektörleri

Sıcaklığın önceden belirlenen referans değerinin üstüne çıkması veya sıcaklığın belli bir zaman içerisinde ani yükselmesine bağlı olarak çalışan dedektör türüdürler. Sabit sıcaklık ve sıcaklık artışı adlı iki çeşidi mevcuttur. Sıcaklık dedektörleri mutfaklar, endüstriyel mutfaklar, çay ocakları, garajlar, soğuk hava depoları, çamaşırhaneler, yemekhaneler, fazla sigara içilen yerler, kazan daireleri ve yanma olayında duman çıkmayan yangınların olduğu mahallerde kullanımını uygundur.

Sabit sıcaklık dedektörleri sıcaklığın önceden belirlenmiş bir referans değerin üstüne çıkması mantığına göre çalışırlar. Sabit sıcaklık dedektörlerinde sınır değeri 60-80°C arasındadır fakat çoğunlukla referans değeri 60°C olarak belirlenir. Bu dedektörler normal sıcaklığı 43°C üzerinde olan alanlarda kullanılması önerilmemektedir (MEB, 2012).

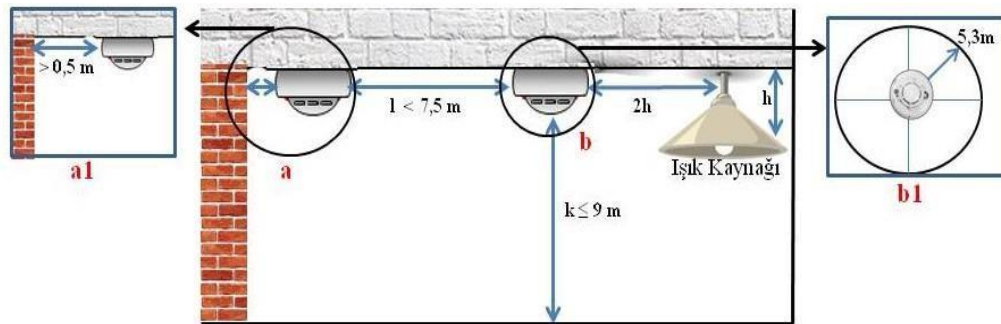
Sıcaklığın nispeten daha fazla olduğu kazan dairesi ve endüstriyel mutfaklarda yalancı alarm meydana gelmemesi için sıcaklık artışı veya duman dedektörü kullanılması uygun değildir. Bu ve buna benzer yerlerde eşik değeri yüksek sabit sıcaklık dedektörleri kullanılmalıdır. Ortam sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde kullanılacak sabit sıcaklık dedektörünün alarm değeri ortamın maksimum sıcaklık değerinden en az 4°C ve ortalama sıcaklık değerinden en az 29°C fazla olmalıdır (MAVİLİ, 2016).

Sıcaklık artış hızı dedektörü ise belli bir süre zarfında ani sıcaklık yükselmesine bağlı olarak çalışır. Sıcaklık dedektörleri kullanılırken ortam sıcaklığı ve sıcaklık artışı tahmininde olsa bilinmelidir (Genli, 2005). Sıcaklık dedektörlerinin kullanımı endüstriyel alanlarda, pişirme ve dumanlı ortamlarda, duman algılayıcılarının yanlış alarm verebileceği kazan daireleri, soğuk hava depoları, mutfak, çay ocakları gibi normal çalışma şartlarında duman oluşabilen ortamlarda kullanılır (MEB, 2012).

Sıcaklık dedektörleri, TS EN 54-5 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Sıcaklık dedektörlerinin yerleşimi

Sıcaklık tipi dedektörlerin yerleştirilmesinde uyulması gereken kurallar, Şekil 2.12’de gösterilmiştir.

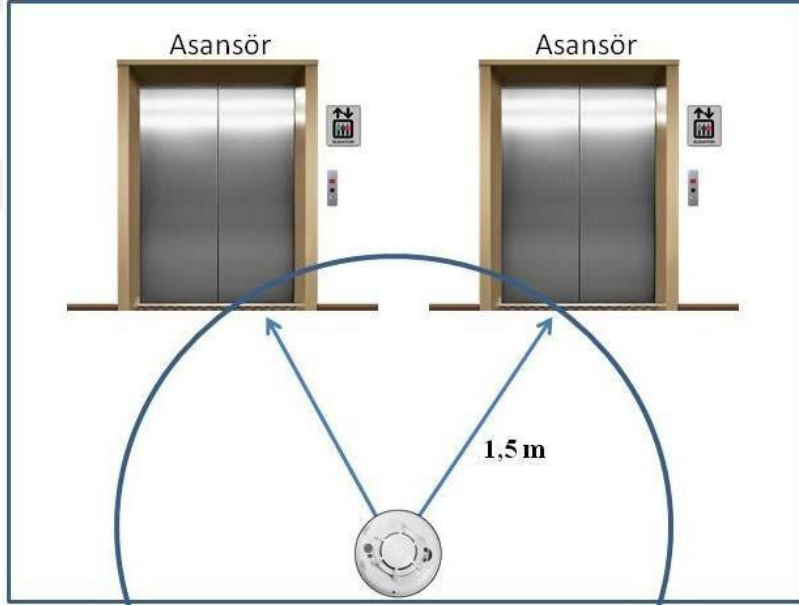


Şekil 2.12 Dedektörlerin yerleşiminde uyulması gereken kurallar

b1: Bir sıcaklık dedektörünün koruma alanının yarıçapı 5,3 metredir. Yani her yönden 5,3 metre yarıçaplı alandaki ısı artışını kontrol edebilir.

a1: Dedektörler duvardan en az 50 cm uzağa monte edilir.

- İki dedektör arası mesafe 7,5 metreden fazla olamaz.
- Dedektörün zeminden yüksekliği 9 metreyi geçemez.
- Dedektörler ile aydınlatma armatürleri arasında armatürün yüksekliğinin iki katı mesafe konulmalıdır.
- Asansör yanına sıcaklık artış dedektörü yerleştirilecekse asansör dedektör arası mesafe en fazla 1,5 metre olacaktır. Şekil 2.13’de dedektörlerin asansör bölgelerine nasıl yerleştirilmeleri gerektiği gösterilmiştir (MEB, 2012).



Şekil 2.13 Asansör bölgesine dedektör yerleşimi

Multi dedektörler

Kombine dedektör olarak da bilinen multi dedektörler yangın çıkma ihtimalinin fazla olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bu dedektörler yangın esnasında oluşabilecek ilk belirtilerin öngörülemediği arşiv odalarında, kasa daireleri gibi mekânlarda kullanılır. Multi dedektörler hem sıcaklık artışı hem de duman algılaması yaparlar bu sebepten dolayı içerisinde iki farklı sensör bulunur.

Multi dedektörler, TS EN 54-5 ve TS EN 54-7 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Alev dedektörleri

Alev dedektörler genellikle, başlangıç ürünleri ışık veya ışıma olan yangınların tespit ve önlenmesinde kullanılır. Bu dedektörlerde algılama kamera gibi çalışan görüntü sensörleri ile gerçekleştirilir. Bu sebepten ötürü alev dedektör tipinin kurulumunda sensörlerin kurulumunda sensörlerin, yangın olabilecek alanları kapsamaları oldukça önemlidir. Alev dedektörlerinin; Morötesi (UV), Kızılötesi (IR) olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. UV ve IR alev dedektörleri ayrı olabileceği gibi bazı üreticiler bu ikisini tek bir dedektörde birleştirmiştir.

Bu dedektörler hızlı yayılabilen alevli yangın tehlikesi bulunan, yanıcı madde içeren depo, boru hattı, fabrika petrol rafinerileri, hangarlar ve havaalanları, kimyasal madde tesisleri ve cephane gibi alanlarda kullanılabilir. Alev dedektörlerinin kullanımı bazı alanlar için yetersizdir. Uçak ve helikopter hangarları gibi mahallerde yangın algılaması başka bir dedektörle çapraz yangın algılama mantığı ile icra edilmelidir (Özdamar, 2017).

Alev dedektörleri TS EN 54-10 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Alev tipi dedektörlerin yerleşimi

Kızılötesi alev dedektörleri, kapalı veya açık mekânlarda alevleri algılamak için kullanılır (MEB, 2012).

- Dedektörün izleme alanının tüm olası yangın noktalarına doğrudan bir görsel hattı bulunmalıdır.
- Alan izleme, alanın köşelerine 45° açıyla ayarlanan dedektörlerle elde edilir.
- Oda yüksekliği 5 metreden fazlaysa dedektör eksenini odanın ters köşesine doğru hizalanmalıdır.
- Dedektörün üzerindeki boşluk, algılama alanının dışındadır.

- Dedektörler en fazla 10 m mesafeden çalışır.

Gaz dedektörleri

Gaz dedektörleri; propan, metan, LPG, propan gibi yanıcı ve patlayıcı gazları algılamak için kullanılır (Arpacıoğlu, 2004). Ayrıca bu dedektörlerin bazı türleri insanlar için bir hayli tehlikeli olan CO, CO₂ gibi insan sağlığı açısından tehlikeli olan gazları algılayabilir.

Yangına müdahale ve erken uyarı için seçilecek dedektörün türü yangın esnasında ortaya çıkabilecek gazın çeşidine göre değişir. Bu dedektörler genellikle mutfaklarda, gaz yakıtı kullanan binaların kazan dairelerinde ve doğal gaz istasyonları gibi alanlarda kullanılırlar (MEB, 2012).

Zehirleyici gaz algılama dedektörleri, TS EN 50291-1 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır(EMO İzmir Şubesi, 2012).

Patlayıcı gaz algılama dedektörleri, TS EN 50194-1 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Yangın alarm butonları

Yangın alarm butonları; yangın esnasında insanların manuel olarak yangın alarm paneline yangın bilgisini aktarmak için kullandıkları tuşlardır. Yangın alarm butonları, TS EN 54-11 standardının belirttiği özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

2.3.2.2.B Yangın değerlendirme ünitesi

Yangın değerlendirme ünitesi; bazı kaynaklarda yangın kontrol paneli veya yangın alarm kontrol paneli olarak da geçmektedir (Genli, 2005). Bu paneller yangın uyarılarının değerlendirildiği ve depolandığı merkezi kontrol ünitesidir. Ayrıca yangın algılama ve uyarı sistemi içerisinde bulunan giriş ve çıkış cihazları ile hat üzerinde iletişim kurarlar.

Bu paneller genellikle üzerine bağlanabilecek hat veya cihaz sayısının kolayca değiştirilmesine olanak sağlayacak bir yapıda üretilmiştir. Yangın algılama panellerine farklılık göstermekle birlikte 127 cihaz bağlanabilmektedir (Birinci, 2014). Şekil 2.14’de yangın algılama ve ihbar sistemlerinde kullanılan örnek bir yangın alarm santrali gösterilmektedir.

Yangın alarm paneline sistem içerisinde bulunan dedektörlerden gelen sinyaller doğrultusunda, 3 durum oluşabilir (Genli, 2005):

- Kontrol edilen ortamdaki ısı ve duman seviyesi normal koşullarda ise yangın algılama sistemi denge halindedir. Dedektörlerden panele gönderilen veriler bu veriler doğrultusunda panel sistemi kontrol etmeye devam eder.
- Eğer panelde arıza bildirim var ise sistem içerisinde bulunan bileşenlerden birinde veya birkaçında sorun olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısı ile sistem arıza durumundadır ve yangın algımla ve uyarı sisteminin düzgün çalışması için bu problem çözülmelidir.
- Yangın algılama ve uyarı sistem bileşenleri denetlenen bölgede olağan dışı duman, ısı veya ışınım tespit eder ise bu durum panele iletilir ve sistem alarm durumuna geçer.

Sistem alarm durumuna geçtiğinde yangın alarm paneli, çıkış cihazlarına ve diğer diğer müdahale sistemlerine bazı komutlar gönderir. Aşağıda maddeler halinde yangın alarm santralinin bu direktifler ile yaptığı işlevler gösterilmektedir (Genli, 2005).

- Hangi bölgede yangın çıktığı LED’li veya dijital uyarıcılarla belirtilir.
- Hem panel üzerinde hem de gerekli mahallerde sesli ve ışıklı uyarıcılar çalıştırılır.
- Yangının olduğu mahaldeki söndürme sistemini harekete geçirecek kontaktör çalıştırılır.
- Yangın kapılarını açacak kontaktör çalıştırılır.
- Havalandırma sistemini kapatacak kontaktör çalıştırılır.
- Duman damperlerini açacak kontaktörler çalıştırılır.

- Yangın ortamındaki bütün makineleri durduracak kontaktörler çalıştırılır.
- Otomatik telefon ve telsiz sistemi ile ilgili kişiler uyarılır.



Şekil 2.14 Yangın algılama sistemlerinin genel yapısı ve yangın alarm paneli

Yangına müdahale yangın alarm paneline eklenen ve bütün bu süreçleri kapsayan yangın senaryosuna göre icra eder. Yangın alarm santralinin etkisi az olabilecek bir yangın durumunda veya yanlış alarm durumunda kontrol cihazlarına gönderdiği direktifler mal kaybına yol açılmaması veya güvenlik zafiyeti doğurmaması için belli bir gecikme ile yapılır. Bu gecikme süresi ile birlikte operatöre Kapalı Devre Televizyon (CCTV) üzerinden veya manuel olarak durumu değerlendirme fırsatı tanınır. Yangın tehlikesi ortadan kalktığı veya yanlış alarm olduğu durumda operatör tarafından yangın alarm santrali yeniden başlatılır. (Özdamar, 2017).

Yangın algılama panelleri, TS CEN/TS 54-14 standardının ilgili bölümlerinde yer alan şartlara göre bina içindeki kullanımı ve yerleştirilmesi yapılmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

2.3.2.2.C Çıkış ünitesi

Yangın güvenlik sistemlerinde çıkış ünitesi; yangın algılama gerçekleştiği anda gerekli birimlere uyarı veren birimdir. Bu uyarı bazı durumlarda sesli veya ışıklı, bazı durumlarda ise uzaktaki sorumluya veya yangın güvenlik birimlerine acil durumu belirten bir mesaj şeklinde olabilir.

Siren ve flaşörler

Yangın esnasında insanları yüksek ses ve ışıkla uyararak, yangında olası can kayıplarını önlemeyi amaçlayan cihazlardır. Bu sebepten ötürü bu cihazlara sesli ve ışıklı uyarı cihazları da denilmektedir. Sirenler yangın durumunda yüksek ses çıkararak bu uyarıyı gerçekleştirirler. Bu cihazların hem ses hem de ışık yaymasına flaşör adı verilir. Yangın algılama ve ihbar sistemlerinin çıkış ünitesinin üyesi olan siren ve flaşörler yangın algılama sistemlerinin kullanıldığı bütün mahallerde kullanılabilir. Fakat Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'in 81. maddesinin 5. bendi uyarınca sirenler acil anons sistemi hoparlörü olan mahallerde kullanılma zorunluluğu bulunmamaktadır. Sesli ve ışıklı uyarı cihazları, TS EN 54-3 ve TS EN 54-33 standartlarının belirttiği şartları taşımalıdır. Ayrıca bu cihazların binalarda kullanımı TS CEN/TS 54-14 belirtilen şartlara göre olmalıdır (EMO İzmir Şubesi, 2012).

Telefon arama cihazı

Çıkış ünitesinin bileşenlerinden biri de telefon arama cihazlarıdır. Yangın paneli alarm durumuna geçtiğinde eğer panele bağlı bir telefon arama cihazı varsa panel tanımlanan numaralara mesaj göndererek acil durumu bildirir.

Tekrarlayıcı panel

Tekrarlayıcı paneller yangın algılama sisteminin farklı lokasyonlarda durum gözlemlenmesi için kullanılır. LED Göstergeli Tekrarlama Paneli, LCD Göstergeli Tekrarlama Paneli olmak üzere iki tür tekrarlayıcı panel vardır.

2.3.2.3 Yangın engelleme ve söndürme sistemleri

Yangın güvenliğinde en az uyarı ve erken müdahale kadar önemli başka bir unsurda yangın engelleme ve söndürme sistemleridir. Bu sistemlerin amacı meydana gelen yangının etkilerini en aza indirmektir. Burada önemli olan husus, yangına müdahale yöntemleri ve yangın söndürme donanımlarının nasıl kullanılacağıdır. Yangın söndürme sistemleri yangının sınıfına ve tehlike boyutuna göre seçilmelidir. Bu nedenle, yanan ortamın yapısı, ortamda bulunan maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi parametrelerin iyi belirlenerek en uygun yangın söndürme sisteminin seçilmesi gerekmektedir. Yangın söndürme sistemleri için kullanım yerlerine göre çeşitli alternatifler bulunmaktadır. Bu sistemler el ile kontrol edilen ya da otomatik sistemler olabilir. Yangın söndürme sistemleri, söndürücü maddelere göre üç sınıfta incelenebilir.

□ Sulu Söndürme Sistemleri □ Gazlı Söndürme Sistemleri □ Köpüklü Söndürme Sistemleri

2.3.2.3.A Sulu söndürme sistemleri

Meydana gelen yangınların %90'ı odun, kömür, kâğıt, ot gibi yanıcı katı maddelerin neden olduğu A türü yangınlardır. Bu sebepten ötürü pek çok söndürücü maddeye rağmen su en fazla kullanılan söndürücü maddedir (MEB, 2012). Sulu söndürme sistemleri; Sprink (yağmurlama) sistemler, sabit boru tesisatı ve yangın dolapları, hidrant sistemi, itfaiye su verme bağlantısı, yangın pompaları olmak üzere 5'e ayrılırlar.

Sprink (yağmurlama) sistemleri

Sprinkler sistemler; tespit edilen yangınları ilk oluştuğu aşamada su ile söndürmek ya da yangını kontrol altında tutarak diğer yöntemlerle bertaraf etmek için tasarlanan otomatik bir yangın müdahale sistemi olarak tanımlanabilir. Bu sistem, su kaynağı, kontrol vanaları ve yağmurlama başlıklarının monte edildiği boru ağından oluşmaktadır. Yağmurlama Sistemleri ülkemizde Binaların yangından Korunma Yönetmeliği madde 96'da tanımlanmıştır;

“Yağmurlama sisteminin amacı; yangına erken tepki verilmesinin sağlanması ve yangının kontrol altına alınması ve söndürülmesi için belirli bir süre içerisinde tasarım alanı üzerine belirlenen miktarda suyun boşaltılmasıdır. Yağmurlama sistemi, aynı zamanda bina içindekilere alarm verilmesi ve itfaiyenin çağırılması gibi çeşitli acil durum

fonksiyonlarını da aktif hâle getirebilir. Yağmurlama sistemi; yağmurlama başlıkları, borular, bağlantı parçaları ve askılar, tesisat kontrol vanaları, alarm zilleri, akış göstergeleri, su pompaları ve acil durum güç kaynağı gibi elemanlardan meydana gelir”

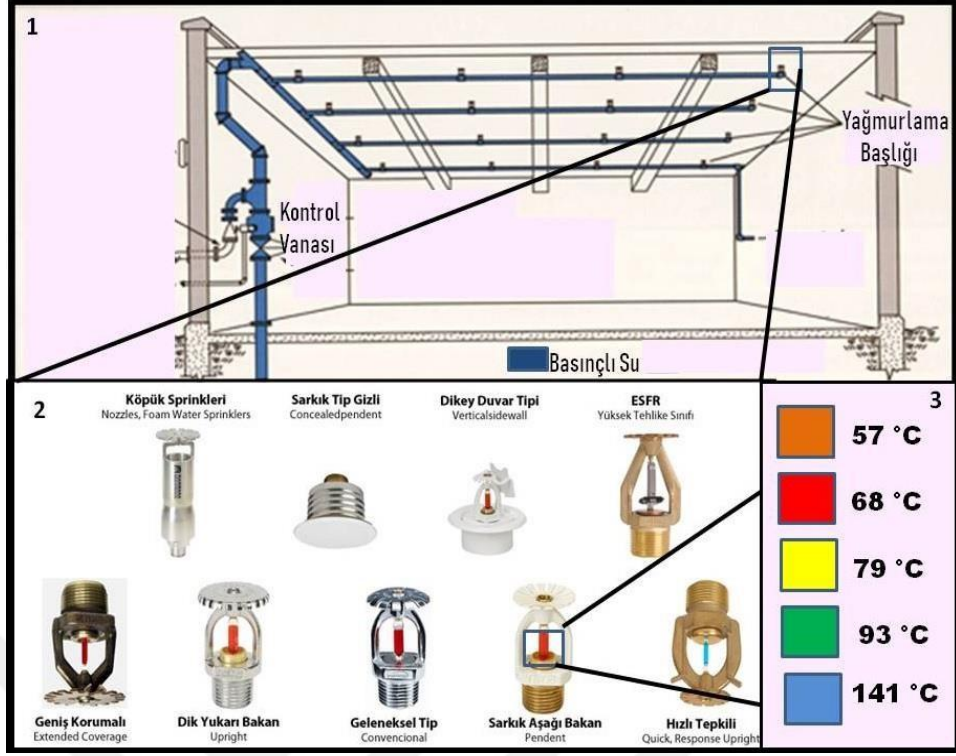
Yağmurlama sistemlerinin en temel ve ayırt edici bileşenleri, Bulp ve Nozul'dur. Normal koşullarda Nozul girişinde basınçlı suyun çıkışını engelleyen içinde kimyasal sıvı bulunan Bulp(cam tüp) yangın esnasında kırılır böylece Nozulu kapatan nesne bulunmadığından basınçlı su pulverize halde ortama boşalır.

Yağmurlama sistemleri iki şekilde aktif olur:

Tek tek aktif olan sistem; bu sistemlerde aynı hat içerisinde aktif olan bir Nozul öbürlerinin durumunu etkilemez. Her bir Nozul'un su çıkış noktasında sıcaklık kontrol sistemi gibi çalışan Bulp bulunmaktadır. Farklı sıcaklık duyarlılığına sahip, farklı renklerdeki Bulplar ısı artışına bağlı olarak kırılarak yüksek basınçlı suyun püskürmesine sebep olur. Şekil 2.15'de yağmurlama sisteminin genel yapısı, başlık türleri, farklı renklerdeki Bulplar'ın ısı duyarlılığı gösterilmektedir.

Merkezi olarak aktif olan sistem: yangın uyarı sistemi ya da manuel olarak devreye giren merkezi hidrafor, elektromekanik vana ile devreye girer. Tüm binada ya da bölgesel olarak söndürme amacı ile kullanılır (Becerem, 2013).

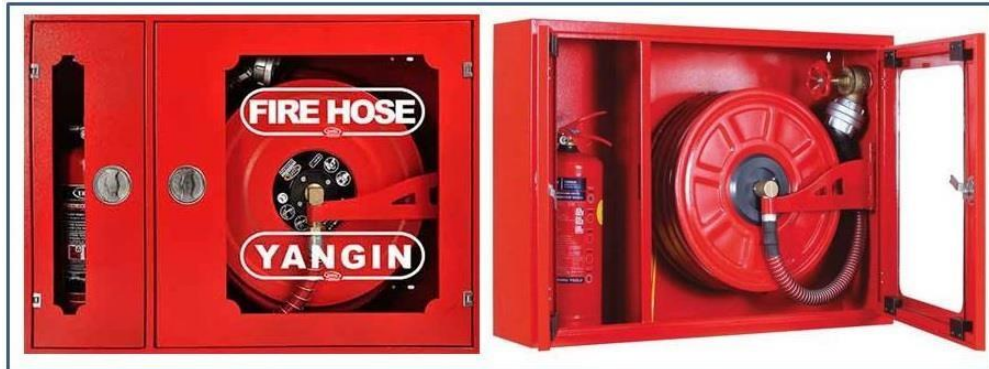
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte konuya ilişkin belirtilen standartlar otomatik Yağmurlama Sistemlerinin tasarımı ve yerleşim planı konusunda yetersizdir. Bu amaçla en fazla başvuru kaynağı ise NFPA 13'dür Avrupa'da ise konuya ilişkin EN 12845 standartları bulunmaktadır. Bu standartlar ülkemizde de tercüme edilerek TS EN 12845 olarak yayınlanmıştır. Binaların Yangından Korunması Yönetmeliğinde otomatik yağmurlama sistemlerinin tasarımı için TS EN 12845 standardına başvurulması gerektiğini belirtmektedir (EMO İzmir Şubesi, 2012).



Şekil 2.15 (a)Yağmurlama sisteminin genel yapısı, (b) yağmurlama başlığı (nozul) türleri, (c) renklerine göre cam bulpların aktif olma dereceleri

Sabit boru tesisatı ve yangın dolapları

Binalarda yangın ile mücadele kapsamında yeterli miktarda suyun sağlanması oldukça önemlidir. Bu gereklilik özellikle okullar, kamu binaları, hastaneler, fabrikalar ve bunun gibi yoğunluk olan, yangın tehlikesinin daha fazla olduğu yerlerde sabit boru tesisatı ve yangın dolaplarını zorunlu hale getirmektedir. Yangın dolapları, her katta ve yangın duvarları ile ayrılmış her bölümde aralarındaki uzaklık 30 m’den fazla olmayacak şekilde yerleştirilmelidir (BYKHY, 2007). İlgili sistemlerin taşınması gereken standartlar ve binalarda kullanım ve montajı Binaların Yangın Korunması Hakkında Yönetmelik madde 94’de bahsedilmiştir. Şekil 2.16’da yangın dolaplarına ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 2.16 Yangın dolapları

Hidrant sistemleri

İlk müdahalesi yetersiz kalan ve kontrol altına alınamayan yangınlara dışarıdan müdahale oldukça önemlidir. Bu sistemler yangın bölgesinin dış yüzeyini soğutmak ve çevreye yayılmasını önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Yeraltı ve yerüstü olarak kullanılan 2 türü mevcuttur. Bu müdahale sistemi içerisinde her türlü kullanım alanını barındıran, imar planı 5000 metrekaresinin üzerinde olan alanlarda zorunludur (BYKHY, 2007).

Binaların yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 95.Maddesi hidrant sistemlerinin taşınması gereken şartlar hakkında bilgi vermektedir. Şekil 2.17’de hidrant sistemlerine ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 2.17 Hidrant sistemleri

Yangın pompaları

Sulu söndürme sistemlerine basınçlı su sağlayan, anma debi ve anma basınç değeri ile ifade edilen pompalar olarak tanımlanmıştır. Pompaların, kapalı vana basma yüksekliği anma basma yüksekliği değerinin en fazla %140'ı kadar olması ve %150 debideki basma yüksekliği anma basma yüksekliğinin %65'inden daha küçük olmaması gerekir. Bu tür pompalar, istenen basınç değerini karşılamak şartıyla, anma debi değerlerinin %130'u kapasitedeki sistem talepleri için kullanılabilir (BYKHY, 2007).

Yangın Pompaları hakkında düzenleme Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik madde 93'de bulunmaktadır.

İtfaiye su verme bağlantısı

BYKHY madde 97’de ilgili sistem ile alakalı verilen bilgiye göre “*Yüksek binalarda veya bina oturma alanı 1000 m²’den büyük binalarda veya cephe genişliği 75 m’yi aşan binalarda, itfaiyenin sisteme dışarıdan su basabilmesi için, sulu yangın söndürme sistemlerine en az 100 mm nominal çapında itfaiye su verme bağlantısı yapılması şarttır.*”

2.3.2.3.B Gazlı söndürme sistemleri

Yangın ile mücadele sistemlerinde en etkili ve ekonomik söndürücü madde olan su; ıslatma, iletkenlik ve taşıma gibi dezavantajlarından dolayı kütüphaneler, arşivler, müzeler, elektrik ve elektronik donanımları barındıran bilgi işlem, telekomünikasyon merkezleri gibi alanlarda tercih edilmez. Bu sebepten bu mahallerde hem soğutucu hem de oksijen miktarını azaltması sebebi ile yangın söndürme sistemi olarak gazlı söndürme sistemleri tercih edilir.

Sistem tercih edildikten sonra karar verilmesi gerek önemli konulardan bir tanesi de sistemde kullanılacak gazın belirlenmesidir. Doğru gazın belirlenmesinde sistemin uygulanacağı mekânın hacmi ve kullanım amacı, korunacak materyal, yatırım maliyeti, bakım maliyeti, yeniden dolun maliyeti gibi ölçütler esas alınır. Bu nedenle uygulama yapılmadan önce, alanda uygulanabilirlik çalışması yapılarak ortamın ihtiyaçlarına uygun söndürücü gaz tercih edilmelidir. Ülkemizde gazlı yangın söndürme sistemlerinde en çok; Argon, Novec, FM200 ve CO₂ gazları tercih edilmektedir (Karacakale, 2013).

Tercih edilecek gazın ozon tabakasına zarar verme ve sera etkisine katkısı oldukça önemlidir. Bu gazların çevresel faktörlere duyarlı olması, olumsuz bir etkisinin bulunmaması gerekmektedir. Argon, CO₂ gazları atıl gaz olmaları sebebi ile ozon tabakasına olumsuz etkisi yoktur. Ayrıca uygulamanın yapılacağı ortamda personel bulunması durumunda kullanılacak gazın insana zarar vermemesi gerekmektedir. Novec, Argon, FM 200 gazları, sistem tasarımının doğru yapılması koşuluyla insan bulunan ortamlarda kullanılabilir. CO₂ gazı ise, insan bulunan ortamlarda kullanılamaz (Karacakale, 2013).

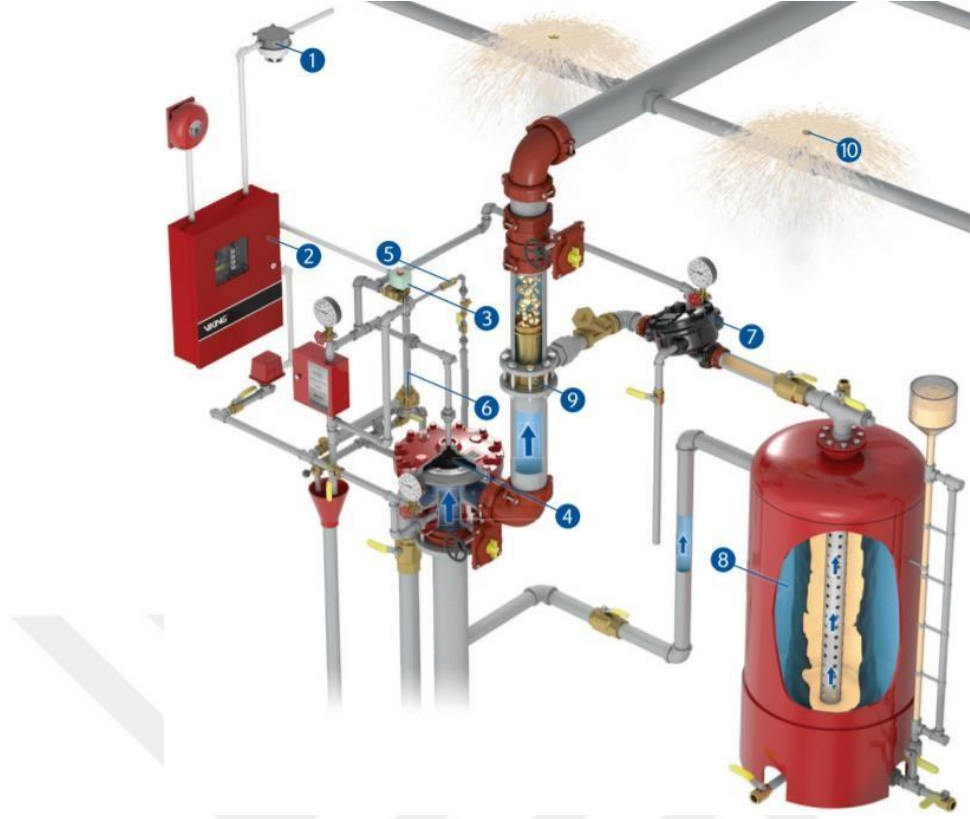
Gazlı yangın söndürme sistemlerinin tasarımında TS ISO 14520 standardı esas alınır. Her türlü gazlı söndürme sistemleri kurulurken otomatik gaz boşaltımı sırasında veya sistemin devreye girdiğini işleticiye ve mahalde çalışan personele bildiren ve kişilerin söndürme

mahallini tahliye etmesini sağlayacak olan sesli ve ışıklı uyarılar temin ve tesis edilmek zorundadır (BYKHY, 2007).

2.3.2.3.C Köpüklü söndürme sistemleri

Bu sistemler su ile söndürme sistemlerinin kullanımının uygun olmadığı mahallerde yanıcı ve sıvı kimyasalların ya da yakıtlardan kaynaklanan yangınların söndürülmesinde kullanılmaktadırlar. Müdahale sisteminin ana bileşeni olan köpük; su ve hava karışımıdır. Bu karışımdaki hava miktarı, köpük çeşidi ve özelliklerini belirler. Söndürücü köpük ise soğutma, boğma, ayırma, örtme gibi farklı söndürme etkisi ve kabiliyeti gösterir. Protein bazlı, sentetik bazlı, alkole dayanıklı ve film oluşturucu köpük çeşitleri; kimyasal özelliklere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Köpük özütleri, genleşme oranlarına göre; Az genleşmeli (ağır köpük), orta genleşmeli (orta köpük) ve yüksek genleşmeli (hafif köpük) olarak sınıflandırılmaktadır. (MEB, 2012) Şekil 2.18’de örnek bir köpüklü söndürme sistemi ve bileşenleri paylaşılmıştır.

Bu söndürme sistemi yakıt buharının oksijenle temasını keserek alevin yakıt yüzeyinden ayrılmasını ve yakıt yüzeyinde oluşan buharlaşmanın önlenerek yangının söndürülmesini sağlar. Uygun ortam ve koşullarda kullanımı gerçekleştirildiğinde yangın söndürmede başarılı olan bu sistem yakıt yüzeyinde veya çevresinde bulunan yüzeylerin soğumasına da yardımcı olur. Ham petrol yangınları, gazolin yangınları, jet yakıtı yangınları, benzin yangınları, fuel oil yangınları, nafta yangınları köpüklü sistemleri kullanmanın etkin sonuçlar doğurduğu yangınlardır.



Şekil 2.18 Örnek bir köpüklü söndürme sistemi ve bileşenleri (VIKING, 2018)

Dedektör (1) yangınla devreye girdiğinde, yangın algılama kontrol paneline (2) bir sinyal gönderilir. Panel uygun alarm sinyallerini gönderir ve aynı zamanda selenoid valfin açılmasını sağlar (3). Baskın vanası başlatma hücresi (4) kısıtlayıcı orifisten beslenen sudan (5) daha hızlı boşaltılarak baskın vananın açılması sağlanır. Baskın vana çalıştığında sistemde oluşan basınç; basınçla çalışan tahliye valfini açar (PORV) (6), devamlı olarak suyu başlatma hücrelerinden tahliye eder, baskın vananın açık konumda kalmasını sağlar. Halar kaplamalı konsantre kontrol vanasına (7) bağlı aksamın boru tesisatı, köpük konsantre vanasının yaklaşık olarak aynı zamanda açılmasını sağlayarak, köpük konsantresi hattını yağmurlama sistemine açar. Sistem suyu, tarafından basınçlandırılan diyaframlı köpük tankının, tank ve diyafram arasındaki dış çeper (8), köpük konsantresini sıkarak oranlayıcıdan (9) yağmurlama sistemine gönderir. Su, oranlayıcının ventüri alanından akarken, hesaplanmış oranda bir köpük solüsyonu oluşur. Ardından bu solüsyon yağmurlama boru tesisatından akarak açık Nozullar'dan boşalır (10) (VIKING, 2018).

2.4 Akıllı Sistemler

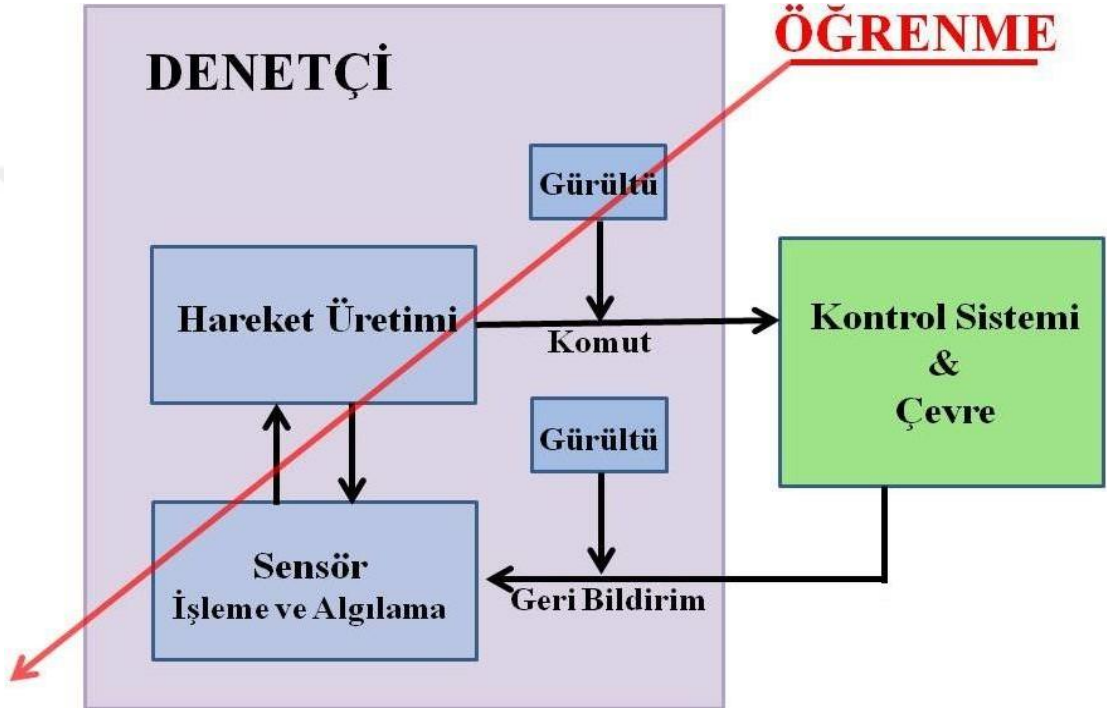
Eski Yunancada varlığın özü olan “logos” sözcüğü ile anlamlandırılan akıl terimi, filozof Herakleitos tarafından sürekli hareket ve değişim halinde olan evrende bütün olaylara tesir eden mevcut düzeni devam ettiren bir ölçü, mantıksal temel ve doğanın yasası biçiminde tanımlanmıştır (Öner 2009). Fakat akıllı, zekânın duyular ve sezgiler aracılığı ile çevreden topladığı, öğrendiği ve ezber yaptığı verileri değerlendiren, onaylayan ve son seçimi yapan bir karar mekanizması olarak adlandırmak daha makul olacaktır (Demir 2009).

Başta nüfus artışı olmak üzere birçok etken dünyamızı her geçen gün daha karmaşık hale getirmekte, bu durum şehirlerde ve doğal yaşam alanlarında birçok probleme neden olmaktadır. Problemlerin artışı daha etkin çözüm yollarının aranmasına ve yöntem olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Son yıllarda AR-GE’ye yönelik uluslararası destek ve teşviklerin artışı çalışmalardan daha hızlı ve etkili sonuçlar almasına yol açmakta, bu ilerleme ile problemlerin çözümünde önemli yol kat edilmektedir. Böylece bazı sorunların çözümünde akıllı sistemler doğrudan etken olurken bazı sorunların çözümünde ise yardımcı rol üstlenmektedir. Bir sistemin akıllı olarak kabul edilmesi için veri toplama, analiz etme gibi özelliklere sahip yerleşik bir bilgisayara ve diğer sistemler ile iletişim kurma becerisine sahip olmalıdır. Akıllı sistemler için diğer ölçütler; deneyimden, güvenlikten, bağlantıdan, mevcut verilere uzaktan izleme ve yönetim kapasitesine göre uyum sağlama yeteneğidir.

Akıllı sistemler; nakliye-lojistik, güvenlik ve üretim başta olmak üzere sanayi ve yaşamın her alanında varlığını her geçen gün artırmakta, onlarca farklı sektörde devrim yaratmaktadırlar. Akıllı Sistemlerin geliştirilmesi, malzeme bilimi, imalattan mühendislik tasarımı ve kontrolüne kadar birçok disiplinin ortak yaklaşımı ile mümkündür. Bu cihazlar yapay zekâ, siber güvenlik, doğal dil işleme, derin öğrenme, yerleşik işlemciler, dağıtılmış depolama, kablosuz ağ iletişimi, nesnelerin interneti ve grafiksel işaretleme gibi birçok teknolojiye sahiptirler. Akıllı sistemler tamamen kullanım amacına ve alanına bağlı olarak mikro veya makro boyutlu olabilirler. Şekil 2.25 akıllı teknolojilerden faydalanan sektörler gösterilmektedir.

2.4.1 Akıllı Sistemler Nasıl Çalışır?

Şekil 2.19'da akıllı sistemler için genel kontrol şeması görülmektedir. Sistemin genel yapısı incelendiğinde kontrol rastlantısal bir ortamda bulunmaktadır. Bu rastlantısal ortam ile kontrol sistemi arasında bir dinamik mevcuttur. Navire-Stokes denklemleri ile modellenen akışkan içerisinde bulunan basit bir parçacık için Newton Dinamiği bu duruma örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2.19 Akıllı sistemlerin çalışma mantığı (Spatz ve Scaal, 2014).

Sistemin bulunduğu ortamda meydana gelen olaylar, ortamın durumu gibi bilgiler sensörler aracılığı ile algılanır. Fakat sensörler tarafından algılanan bilgiler hamdır ve gürültülüdür bu veriler kontrol sistemi tarafından görev veya durumla ilgili nitelikli hale getirilerek aktüatör komutları oluşturulur bu komutlarda aktüatöre durum ile ilgili eyleme geçme yetkisi verir. Bileşenlerde meydana gelen bu eylemlere ek yeni durumlara adapte olmak için kontrolörün istenen davranış performansını artırabilecek öğrenme, farklı cihazlarla internet veya yerel bir ağ üzerinden irtibat kuracak donanımlara sahip olması gerekmektedir (Spatz ve Scaal, 2014).

2.4.2 Akıllı Sistemlerin Bileşenleri

Akıllı Sistemler ortamda bulunan uyarıcıyı algılayabilecek, yanıt verebilecek ve uyarıcı ortadan kalktıktan sonra orijinal durumuna geri dönebilecek içsel sensör, aktüatör ve kontrol mekanizmalarına sahip olmalıdır. Bu donanımlar akıllı sistemlerin en temel bileşenleridir. Ayrıca pizoelektrik malzemeler ve haberleşme protokolleri de akıllı sistemler için oldukça önemlidir.

2.4.2.1 Sensörler

Amerikan Ulusal Standartlar Estitüsü sensörleri, belirli bir ölçüye karşılık olarak kullanılabilir bir çıktı sağlayan bir cihaz olarak tanımlamıştır. Bu cihazlar fiziksel bir olayı algılamak amacıyla bir çıkış sinyali üretirler ve dönüştürücü olarak da adlandırılırlar. Dönüştürücüler, sinyali fiziksel formdan farklı forma sahip başka bir sinyale dönüştürürler. Bu şekilde giriş seviyesindeki düzeyler çıkış seviyesinden farklılaşır ve böylece algılama gerçekleşir.

Yapı üzerindeki yükü belirlemek, Sisteme etki eden kuvvetler, titreşim uyarılarının yapısı, kontrol edilecek yer değiştirmelerin mesafesi gibi sebepler sensörlere ihtiyaç oluşturmaktadır. Sensörler; ısı, ışık, akış, basınç, yer değiştirme, hız ve ivme, moment ve tork, kalite, adet ve birim, frekans, pals, lojik seviye, elektriksel değer gibi birçok ölçümde kullanılır (Iserman, 2006).

Günümüzde kullandığımız neredeyse bütün elektronik ve mekanik sistemlerde sensörler bulunmaktadır. Sensörler kullanılacak sisteme, amaca ve kullanılacak ortam gibi etkenlere göre çeşitlilik gösterir. Sensörlerin bu yapısal ve teknik farklılıkları, birçok farklı sınıflandırmanın olmasına neden olmaktadır fakat bu sınıflandırmanın en önemli 3 gurubu ise ölçülebilen büyüklüklere göre, çıkış büyüklüğüne göre, besleme ihtiyacına göre sınıflandırmadır.

2.4.2.2 Akıllı sensörler

Kablosuz iletişim ve mikro denetleyici olma gibi akıllı özelliklere sahip olan bu sensörler, analog-dijital dönüşüm, dijital işleme, karar verme ve çift yönlü iletişim için kullanılır. Akıllı sensörler, geleneksel sensörlere kıyasla daha küçük boyut, minimum güç tüketimi ve yüksek performans gibi çeşitli avantajlara sahiptir. Akıllı sensörler piezoelektrik sensörler ve fiber optik sensörler olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir (Hayes vd., 2015).

Akıllı sensör, algılama ve hesaplama yetenekleriyle birleştirilmiş analog veya dijital bir dönüştürücüdür. Bir transdüksiyon bileşeni, sinyal koşullandırma elektroniği ve tek pakette bazı akıllı işlemleri destekleyen bir işlemciden oluşur. Elektronik ve transdüksiyon elemanını bir Silisyum devre levhası üzerinde ortak olarak bulunduğu bu bütünleşmiş cihaz sensörü, yonga üzerinde sistem olarak da bilinir.

Sensörleri akıllı kılan teknolojilerin en önemlileri; Mikro Elektro Mekanik Sistem (MEMS), Çok Büyük Ölçekli Entegrasyon Teknolojisi (VLSI) 'dir.

2.4.2.2.A Mikro elektro mekanik sistem (MEMS)

Bu sistem, çok kısa bir sürede büyük miktarda veriyi işleyerek sensörün akıllı bir şekilde çalışmasına yardımcı olur. Sensör tarafından toplanan veriler, gelişmiş bir hesaplamayla verileri silen veya saklayan mikroişlemci ile işlenir. MEMS teknolojisinin en büyük avantajları, en aza indirgenmiş hassasiyet, seçiciliğin yanı sıra, enerji ve malzemelerin en aza indirilmesi, arttırılabilir tekrar üretilebilirlik ve iyileştirilmiş doğruluktur.

2.4.2.2.B Çok büyük ölçekli entegrasyon teknolojisi (VLSI)

VLSI, bilgisayar yongalarının minyatürleştirilmesi ve empirik olarak çok sayıda transistör kapısının tek bir silikon yarı iletken devre levhası üzerine yerleştirilmesi işlemidir. VLSI; devrelerin boyutunu ve cihazların maliyetini azaltmak, devrenin çalışma hızını arttırmak, daha az güç tüketimi ve nispeten daha küçük bir alanı kaplamak gibi birçok avantaja sahiptir.

Sahip olduğu önemli avantajlardan dolayı akıllı sensörler; endüstri, askeriye, sağlık hizmetleri, telekomünikasyon başta olmak üzere birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Moradiya, 2018).

2.4.2.3 Aktüatörler

Sistemin bu bileşeni, alınan veriler doğrultusunda davranış özelliklerini değiştirmek için kullanılır. Tespit edilen çevresel değişime uygun yanıtı üretmek için akıllı sistemlere birkaç aktüatör dâhil edilebilir. Aktüatör seçimi bazı parametrelere bağlıdır. Bu parametreler; çalışmanın niteliği (optik, manyetik, termal, elektriksel, kimyasal vs.) ve arabirimdir (boyut, geometri, mekanik özellikler).

Aktüatörler, kullanımı türüne ve teknik özelliklerine bağlı olarak farklı faydalar sağlasada genel düşünüldüğünde; yer değiştirme, kuvvet oluşturma, gecikme, tepki süresi, bant genişliği gibi işlemleri gerçekleştirir (Schwartz, 2002).

2.4.2.3.A Şekil hafızası alaşımları (SMA's)

Bir malzemenin daha düşük bir sıcaklıkta deforme olduktan sonra daha yüksek sıcaklıklarda eski şeklini yeniden kazanma kabiliyetini ifade eder. Şekil hafızası etkisi Termoelastik Martensitik Dönüşümü olarak adlandırılan özel bir faz dönüşümüne maruz kalan birçok alaşımda meydana gelir. Bu materyaller sıcaklık veya elektromanyetik alanlara tepki olarak şekil, sertlik, konum, doğal frekans ve diğer mekanik özelliklerini değiştirdikleri için aktüatörlerde kullanımı oldukça önemlidirler ve bu önem her geçen gün artmaktadır (Wang, ve Kang, 2012).

2.4.2.3.B Manyetostriktif malzemeler

Manyetostriksiyon elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürüldüğü bir transdüksiyon işlemidir. Akıllı manyetik malzemeler yüksek manyetostriksiyon sabitine sahiptirler. Bu durum malzemenin manyetik alana yerleştirildiğinde uzunluklarını değiştirdikleri anlamına gelir. Bu özellik akıllı sistemlerde anahtar veya sensörlerde kullanılabilir. Bu malzemeler; petrol ve gaz araştırmalarında, aktif ses ve titreşim engelleme sistemlerinde, sonar sistemlerinde, yakıt enjeksiyonu, medikal, tarama uygulamaları, metal döküm sektörü, hızlı takım servosu gibi alanlarda kullanılmaktadır (Wang, ve Kang, 2012).

2.4.2.3.C Elektroeolojik aktüatörler

Reoloji, maddenin akışı ve deformasyonu, yani maddenin bir kuvvete veya strese verdiği tepki bilimidir. Viskoz özellikler veya bir sıvının akmaya karşı direnci, bir elektrik alanın uygulanması yoluyla bir Elektroeolojik (ER) sıvıda değişebilir veya değiştirilebilir. ER malzemeleri, iletken olmayan sıvılarda dielektrik katıların çok çeşitli koloidal süspansiyonlarında bulunur. Elektrik alanının yokluğunda, koloidal süspansiyon, alan boyunca eşit bir şekilde dağılmış ince parçacıklardan (0,1 - 1,0 µm) oluşur. Bir elektrik alanı uygulandığında, parçacıkların dielektrik özellikleri, elektrik alanı ile hizalanmalarına ve fibriller oluşturmak için birleşen bitişik parçacıklara yapışmalarına neden olur. Bu fibrillerin varlığı sıvının viskozitesi önemli ölçüde değiştirir. Elektrik alanı

çıkarıldığında hizalama kaybolur, böylece istenen tam dögüsel tekrarlanabilirlik özelliği yaratılır (Schwartz, 2002).

2.4.2.4 Piezoelektrik malzemeler

Sensör, aktuatör, dönüştürücü birçok ileri teknolojik uygulamada kullanılmaktadır. Bu malzemeler Elektrik sinyallerini harekete veya hareketi elektrik sinyallerine dönüştürebilirler bu sebepten dolayı akıllı malzeme sınıfında değerlendirilirler. Birçok ileri teknolojik uygulamada kullanılmaktadır (Ergun vd, 2006).

Doğrudan etki, piezoelektrik özelliğe sahip kristallerin, boyutsal olarak titreşime veya biçim değişimine maruz kaldıklarında elektrik sinyali üretmesi olayına verilen isimdir. Bu özellik sayesinde şok ve titreşimlerin, dinamik basınç ve kuvvetlerdeki değişimlerin, algılanması gerçekleştirilir. Eğer bu durum tersine cereyan eder ise buna dolaylı etki denir. Dolaylı etkide piezoelektrik malzeme kendisine uygulanan bir elektrik alan karşısında boyutsal olarak uzama veya kısalma gösterir. Dolaylı etki özellikleri ise tahrik mekanizmalarının tasarımında kullanılmaktadır (Jaffe, 1971).

2.4.2.5 Kontrol sistemleri

Kontrol sistemleri; genel bir ifade ile sistem içerisinde ölçü, karşılaştırma, hesaplama ve düzeltme birimleridir. Amaçları yönünden değerlendirilirse; süreçlerin çıkışlarını sabit bir değerde denetim altına almak, ayrıca bu çıkışların belirli bir değişim formunu takip etmesini, olayların belirli bir sıra dâhilinde oluşmasını sağlamaktır. Böylelikle olaylar, özel koşullar gerçekleştiğinde meydana gelir (EMO, 2011). Açık ve kapalı dögü sistemleri olmak üzere ikiye ayrılır.

2.4.2.5.A Açık dögü sistemleri

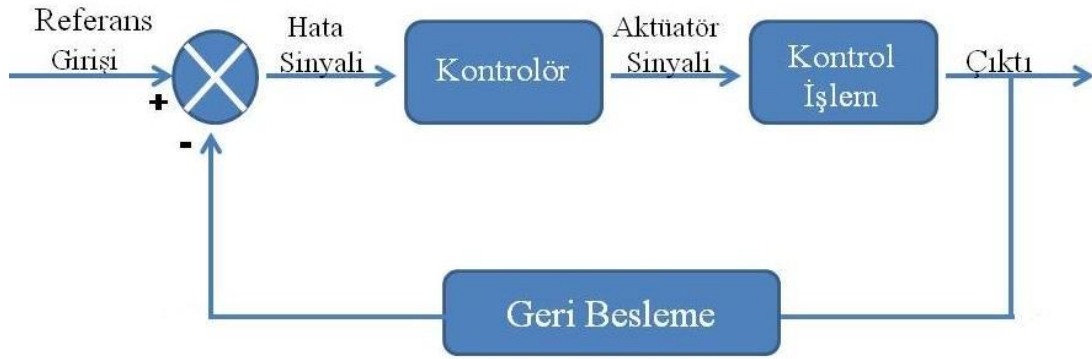
Açık dögü denetleyici, basitliği ve düşük maliyeti nedeniyle, özellikle geri bildirim kritik olmadığı sistemlerde, basit işlemlerde sıklıkla kullanılır. Geri beslemesiz denetleyici olarak da adlandırılan açık dögülü bir denetleyici, yalnızca geçerli durumu ve sistemin modelini kullanarak bir sisteme girişini hesaplayan bir denetleyici türüdür. Şekil 2.20’de açık dögü kontrol sisteminin çalışma mantığı gösterilmektedir.



Şekil 2.20 Açık döngü kontrol sisteminin çalışma mantığı

2.4.2.5.B Kapalı döngü sistemleri:

Kapalı bir devre denetleyicisi, dinamik bir sistemin durumlarını veya çıktılarını kontrol etmek için geri bildirim kullanır. Adı sistemdeki bilgi yolundan gelir. Proses girişleri, sensörler ile ölçülen ve kontrolör tarafından işlenen proses çıkışları üzerinde etkilidir. Sonuç (kontrol sinyali) işleme girilerek döngü kapatılarak kullanılır. Şekil 2.21’ de Kapalı döngü bir kontrol sisteminin temel elemanları gösterilmektedir.



Şekil 2.21 Kapalı döngü kontrol sisteminin çalışma mantığı

Kapalı döngü sistemlerinde hata oranını azaltmak hatta ortadan kaldırmak mümkündür. Kapalı döngü kontrol sistemleri ile hassasiyeti azaltıp, bilgilerin işleme sağlamlığı artırılabilir, dinamik performansı iyileştirilebilir veya geçici cevabı (zaman sabitini azaltmak gibi) reddetmeyi (örneğin, motordaki ölçülmemiş sürtünme gibi) ayarlanabilir, kararsız süreçler dengelenebilir ve gelişmiş referans izleme performansı sağlanır.

2.4.2.6 Haberleşme protokolleri

Nesnelerin İnternetinin gelişimi akıllı sistemlerde iletişim protokollerinin daha ileri noktalara gitmesini sağlamıştır. Bu durum sistemin ortamdaki değişimlere daha hızlı adapte olunmasını ve bileşenlerin daha etkili çalışmasını sağlamıştır. İletişim protokolleri cihazların birbirleri ile etkili bir şekilde iletişim kurabilmesini sağlar. Haberleşme

teknolojilerini inceleyecek olursak; Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee, Thread, Z-Wave, 6LoWPAN şeklinde özetleyebiliriz.

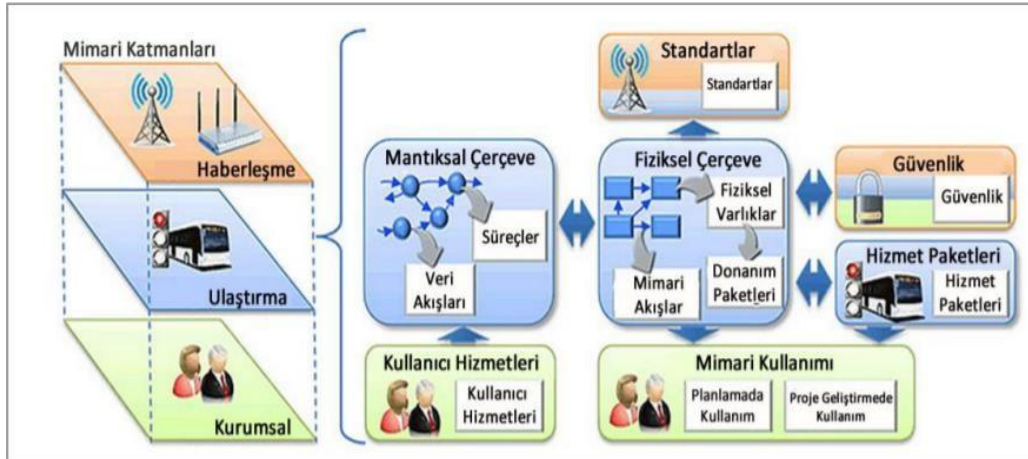
Günümüz teknolojisi bu protokollerin birbirleri ile etkileşim içinde çalışmasına olanak sağlamamaktadır. Haberleşme protokollerinde kullanılan standart veri formatlarının ve yazılımsal farklılıklar bu protokollerin birbirleri ile etkileşim kurmasını engeller. Protokoller genel olarak incelenecek olursa her protokol belli konularda çözüm üretmekte ve belli bir avantaja sahip olmaktadır. Bu sebepten sistem içerisinde seçilecek protokol amaca ve duruma göre değişiklik gösterebilir.

2.4.3 Akıllı Sistemlerin Kullanıldığı Alanlar

Günümüzde birçok alanda kullanılan akıllı sistemler kullanımı yapı ve kapsam olarak çok farklılık gösterse de amaç itibarı ile insan yaşamını kolaylaştırmak, karşılaştığımız sorunlara daha hızlı ve etkili çözümler bulmaktır. Enerji yönetiminden askeri uygulamalara, eğitimden tarıma kadar çok geniş kullanım yelpazesine sahip bu sistemler bazen mikro boyutlarda karşımıza çıkarken bazen çok büyük uygulama alanlarını kapsayan makro boyutlara ulaşmaktadır. Şekil 2.25'de akıllı sistemlerin sektörel kullanım alanlarına ilişkin genel yapı gösterilmektedir.

2.4.3.1 Akıllı ulaşım sistemleri (ITS)

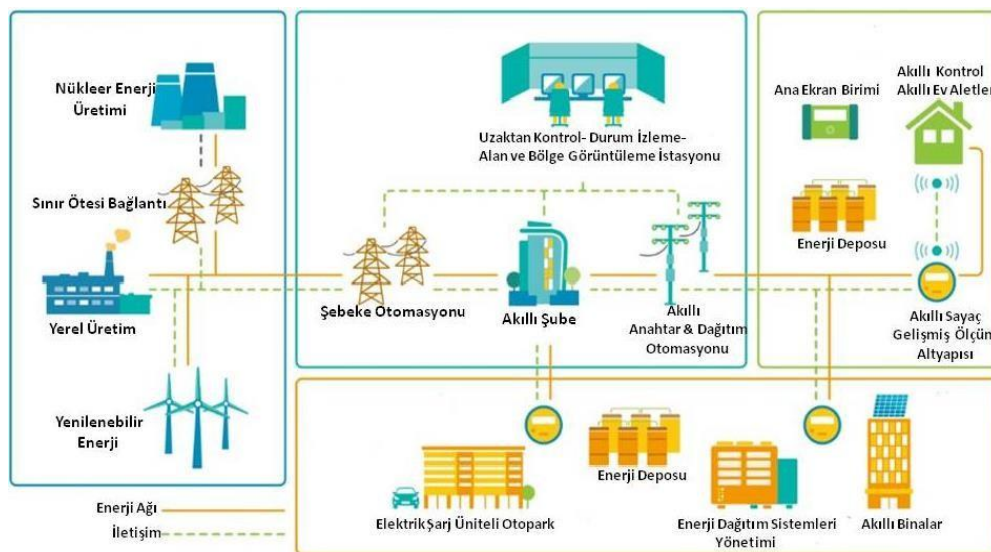
Karayolu kullanıcıları ve ulaşım sistemi operatörlerine daha iyi kararlar vermeleri için gerçek zamanlı bilgi sağlamak amacıyla bilgi, iletişim ve sensör teknolojilerini araçlara ve ulaşım altyapısına uygulayan çalışmaları ifade eder. ITS, trafik güvenliğini, enerji verimliliğini ve ülke güvenliğini artırmayı ayrıca trafik tıkanıklığını ve hava kirliliğini azaltmayı, amaçlamaktadır. ITS, yukarıda belirtilen hedeflere yönelik gelişmiş trafik yönetim sistemleri, gelişmiş gezgin bilgi sistemleri, gelişmiş toplu taşıma sistemleri, akıllı araç girişimi, ticari araç operasyonları programı, vb. gibi bir dizi önlem içermektedir. Örnek bir ITS uygulamasının yapısı Şekil 2.22'de gösterilmektedir. ITS'nin gelişmesi, bağlı araç teknolojisinin yani araç-yol ve araç-yol kenarı kablosuz iletişimde özel kısa menzilli iletişim uygulamalarının gelişimi ile orantılıdır (Daiheng, 2016).



Şekil 2.22 ABD Ulusal AUS Mimarisi şeması (Noyes, 2013)

2.4.3.2 Akıllı elektrik şebeke sistemleri

Mimarisine akıllı sayaçların entegre edilerek, hassas ölçüm, veri yönetimi ve iletişim gibi teknolojik alt yapılar ile desteklenen elektrik dağıtım sistemlerinin kullanımı günümüzde git gide artmaktadır. Bu sistemler ilk olarak İtalya’da uygulanan Telegestore Projesi ile hayata geçirilmiştir. Dünyada, ilk akıllı şebeke ülkesi ise ülkedeki tüm sayaçları akıllı sayaçlar ile değiştiren Malta olmuştur. Günümüzde birçok ülke akıllı şebeke sistemlerini kullanmakta bu konu ile ilgili politikalar ve uzun vadeli planlar geliştirmektedir. İleri ölçüm altyapısı, akıllı sayaçların kullanılması, elektrik enerjisi ile çalışan araçlar ve binalar akıllı şebeke sistemlerinin uygulamalarıdır. Bu uygulamalar yüksek verimlilik sağlar ve çevrecidir. Şekil 2.23’de akıllı elektrik sisteminin genel yapısı bulunmaktadır.



Şekil 2.23 Akıllı şebeke teknolojisine genel bakış (Agarwal, 2016’dan değiştirilerek kullanılmıştır).

Avrupa Birliği, akıllı Şebeke sistemleri ile ilgili uzun soluklu projeler gerçekleştiren Akıllı Őebekeler Teknoloji Platformunu kurmuŐtur. Avrupa Birliğinin belirlediği yol haritasına göre 2020 yılı oldukça önemlidir. AB 2020 yılına kadar enerji ihtiyacının %20'sini yenilebilir enerji kaynaklarından karŐılamayı, enerji verimliliğinde %20 artış sağlamayı ve karbon gibi çevreye zarar veren gazların salınımını %20 dŐŐtirmeyi hedeflemektedir. Avrupa'da yaşanan bu geliŐmelere paralel olarak Amerika hŐkümeti finansal destek sağlayarak akıllı Şebeke uygulamalarını teŐvik etmiştir. Japonya ise akıllı elektrik dağıtım sistemlerini geliştirerek akıllı Şehir sistemleri için pilot uygulamalar geliŐtirmiŐtir. Avrupa, ABD ve Japonya dışında Çin, GŐney Kore, Kanada ve Avustralya akıllı dağıtım sistemleri Őzerine çalıŐmakta, konuya ilişkin projeler geliştirmektedir (Kırmızıoğlu, 2013).

2.4.3.3 Akıllı araçlar

SŐrŐcŐsŐz ya da otonom olarak da bilinen bu araçlar, sahip olduğu gelişmiş sensor, kamera ve yapay zeka teknolojisi ile herhangi bir yönlendirme olmadan gŐvenli bir Şekilde seyahat edebilmektedirler. Şekil 2.24'de akıllı araçların bileşenleri ile ilgili temsili bir görsel bulunmaktadır.

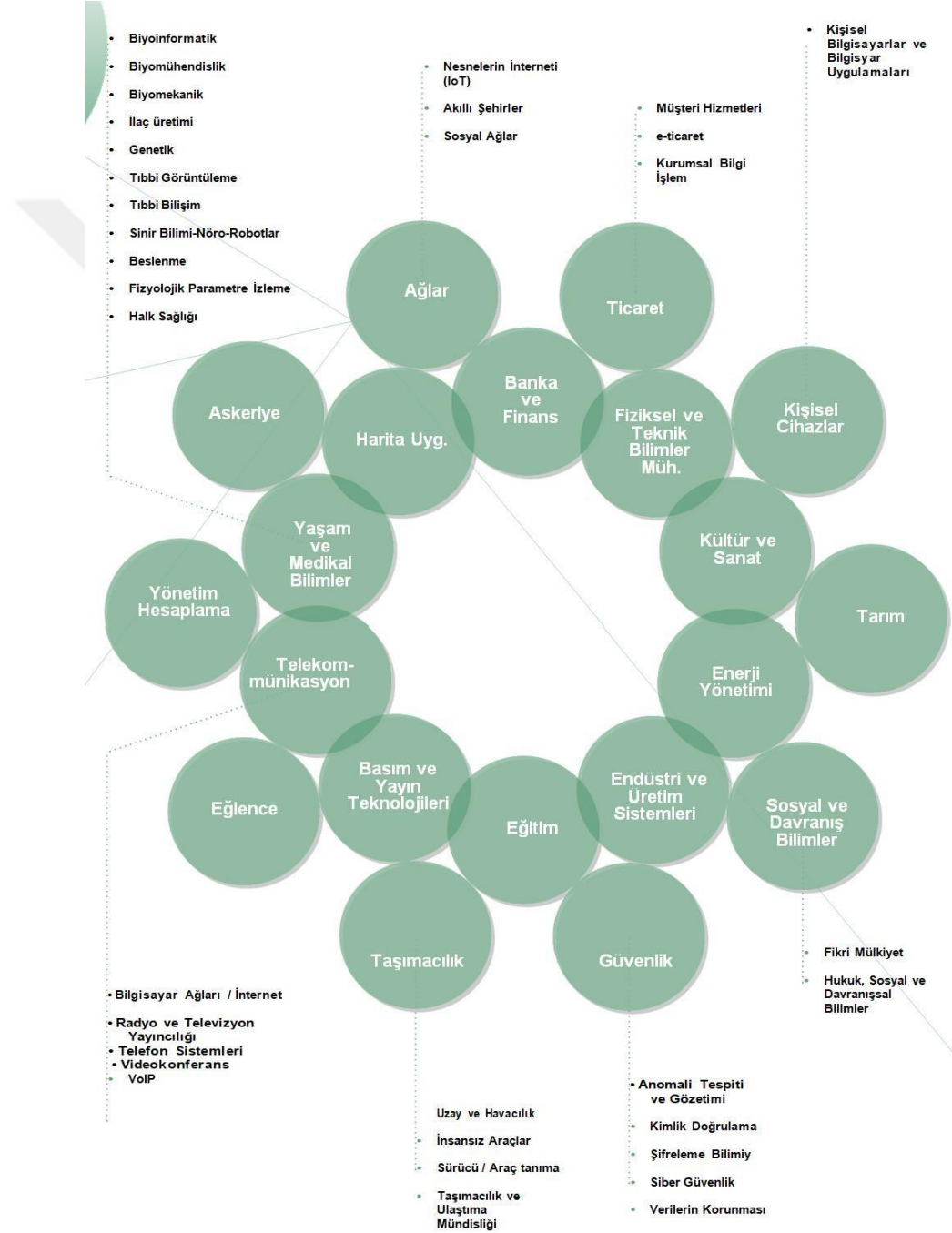
Yarı otonom ve tam otonom araçların kullanımı ve yaygınlaşması hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabilir. Kullanıcılar için oluşturduğu konfor ve insan kaynaklı kazların kısmen nleme başarısı bu araçların olumlu tarafını oluŐtururken, araçlarda bulunan bilgisayar sistemlerinin aksaması, kapanması ve siber saldırıya maruz kalma ihtimalinin bulunması bu araçların eksi taraflarıdır (Weyer, 2015).



Şekil 2.24 Akıllı Araçlar için temel bileşenler

2.4.3.4 Akıllı tekstil ürünleri

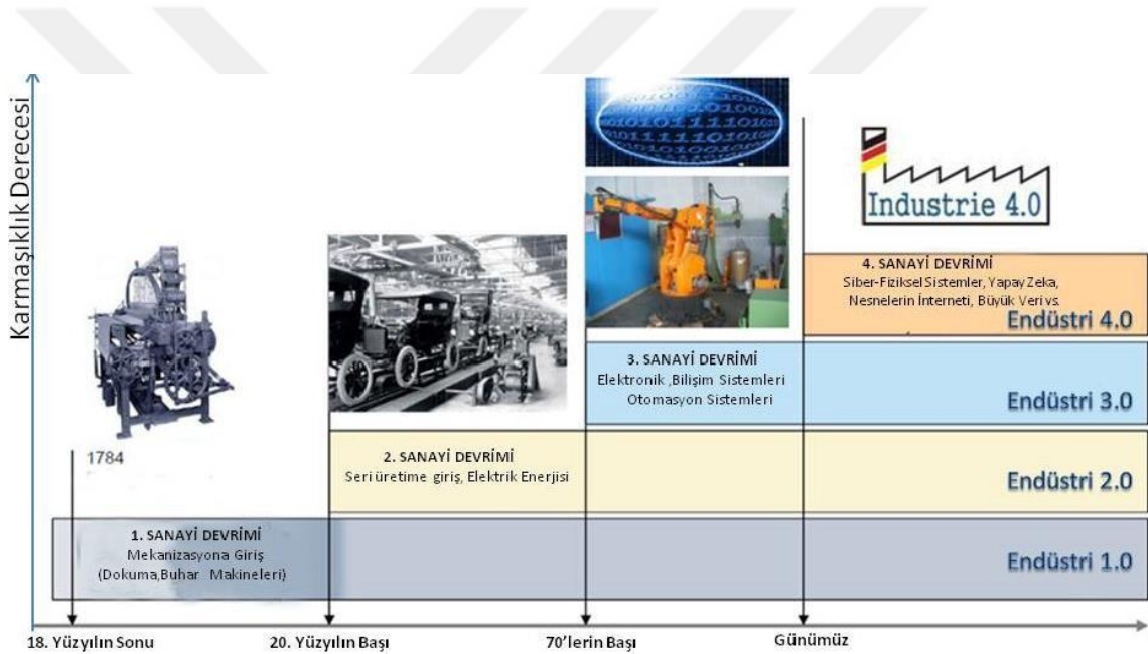
Giyim insanlar için başlangıçta örtünme ve korunma amacı ile kullanılırken zamanla süslenme ve kendini ifade etmenin bir yolu haline gelmiştir. Günümüzde kapsamını gittikçe ilerleten bilişim sistemleri sayesinde giyim; sağlık, güvenlik ve enformasyon sunabilen çok fonksiyonlu ürünler olmaya başlamıştır. Kullanan kişilere birçok katkı sunabilen bu nesnelere, farklı sistemlerle entegre olabilmektedir.



Şekil 2.25 Akıllı sistemlerin kullanım alanlarına genel bakış

2.5 Akıllı Fabrika ve Üretim Sistemleri (Endüstri 4.0)

Üretim Sistemlerinin sanayi devriminden sonraki evrimi Şekil 2.26 üzerinden incelendiğinde ilk sanayi devriminin mekanizasyonu getirdiği, ikincisinin elektriği, 1970'li yılların başında gerçekleşen üçüncü sanayi devriminin ise bilişim teknolojilerinin ilkel ürünleri ile gelişen süreçleri tanımlamak için kullanıldığını görmekteyiz. Üretim sistemlerinin son halkası olan Endüstri 4.0 ise üretimin, tedarikin ve iş yönetiminin her aşamasının insan müdahalesinden bağımsız, kendi karar mekanizmalarını oluşturabilen makineleri kapsayan sürecin adlandırılmasıdır.



Şekil 2.26 Endüstriyel dönüşümler

İlk üç sanayi devrimi meydana geldikten sonra tanımlanmıştır. Fakat ilan edildiği 2011 yılından günümüze oluşmaya ve şekillenmeye devam eden Endüstri 4.0 ise bir devrimi daha gerçekleşmeden tanımlamak için kullanılmıştır. Bu durum devrim olduktan sonra açıklama sunmak yerine devrimin gelişi için uyarı görevi görmektedir. Otomasyon ve akıllı kabul edilen kontroller yaklaşık 50 yıldır üretim sistemlerinde kullanılmaktadır. Fakat yeni sayılabilecek tamamen akıllı fabrika sistemlerinin gelişimi özellikle üreticiler tarafından hızla kabul görmüş ve her geçen gün artan sorunlarına çözüm olarak düşünülmüştür. Üretim sistemlerindeki bu hızlı geçişi anlamak konunun bütünü açısından oldukça önemlidir.

2.5.1 Üretimde Dijitalleşmeyi Sağlayan Etkenler

Üretimde dijitalleşmeyi sağlayan etkenleri; hızla gelişen teknolojik beceriler, Tedarik zincirindeki karmaşıklığın artması, bilgi teknolojilerinin ve operasyonel teknolojilerin birleşmesinden kaynaklanan düzenlemeler, nitelik sorunu gibi sebeplere bağlamak mümkündür.

2.5.1.1 Hızla gelişen teknolojik beceriler

Dijital teknoloji, yakın zamana kadar akıllı fabrikaların oluşumunda teknik kabiliyet, sınırlı hesaplama, depolama ve bant genişliği maliyetinden dolayı yetersiz kalmakta idi. Fakat gelişen teknoloji sayesinde bu tür engeller son yıllarda önemli ölçüde azalmıştır. Günümüzde mevcut sistemler daha geniş bir ağda daha düşük maliyetle daha fazla üretimi mümkün kılmıştır. Bütün bunların yanı sıra üretimde Yapay Zekânın, Bilişsel Hesaplama ve Makine Öğrenmesi gibi karmaşık teknolojilerin kullanılması sistemin bağlı makinelerden verileri toplamasını, yorumlamasını ve öğrenmesini sağlamıştır. Bu durum, güçlü veri işleme ve depolama yetenekleriyle birlikte geliştirme ve uyum sağlama yeteneği, üreticilerin görev otomasyonunun ötesinde daha karmaşık, yeni sistemlere doğru ilerlemelerini sağlamıştır (Ramasubramanian, 2016).

2.5.1.2 Artan tedarik zinciri karmaşıklığı

Üretimin artması, üretimi sağlayan süreçlerin birden fazla tesis ve tedarikçi arasında farklı bölgelere dağılmasına neden olmuştur. Değişimler, bölgesel, yerel ve hatta kişisel özelleştirmeye olan talebin artmasıyla birleşerek; güçlü talep dalgalanması ve kaynakların giderek azalmasına yol açmıştır. Üretim sistemlerinde bu süreçten en çok etkilenen tedarik zincirleridir. Üreticiler tedarik zincirinde oluşacak aksamalardan dolayı pazarda pay kaybetme riski ile karşılaşınca, çevik, bağlı ve proaktif akıllı sistemlere yönelim kaçınılmaz olmuştur (Hadar, R. ve Bilberg, A., 2012).

2.5.1.3 Bilgi teknolojilerinin ve operasyonel teknolojilerin birleşmesinden kaynaklanan düzenlemeler

Fabrika otomasyon sistemleri tipik olarak işletme biriminde veya tesis seviyesinde gerçekleşir. Bu durum çoğunlukla üretim ağı genelinde farklı teknolojilerin ve yetenek seviyelerinin asenkron çalışmasına sebep olmaktadır. Birbirinden bağımsız sistemlerin

kullanımı üretimde aksama ve ürün kalitesinin düşmesi gibi olumsuz durumlarla sonuçlanabilir.

Gün geçtikçe etkisini ve boyutunu artıran Bilişim Teknolojilerinin ve Operasyonel Teknolojilerin birleşimi sadece üretimin yapıldığı alanda değil, bütün süreçte etkisini göstermiştir. Bu durum, üretimde verimsizliğin olduğu kısımları veya bir tesisteki değişikliklerin diğer tesislerde komplikasyonlara yol açtığı yerleri aydınlatılabilir. Ayrıca bu durum akıllı fabrika fikrini soyut bir düşünceden, gerçek ve uygulanabilir bir boyuta taşımıştır.

Tıpkı otomasyon sistemleri gibi fabrikada bulunan teçhizat ve nesnelere veri elde edilmesi de yeni bir durum değildir, fakat bu verilerden yeterince faydalanma özellikle üreticiler için bir muamma olmuştur. Endüstri 4, 0'da yer alan bağlı dijital ve fiziksel teknolojilere doğru kayma, bu zorluğa çözüm getirmektedir. Sadece veri toplama değil, elde edilen verileri analiz etme ve doğru kullanma yeteneği de kazandırmaktadır (Ruiz, 2016).

2.5.1.4 Nitelik sorunu

Geleneksel sistemleri kullanan birçok üretici faaliyetlerini sürdürmek için hem vasıflı hem de vasıfsız eleman eksikliğinden yakınmakta bu durum gitgide kronik problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Günümüzde birçok şirket iş gücündeki bu önemli sorunla karşılaşmamak adına akıllı fabrika sistemlerine yatırım yapmaktadır. Öte taraftan karmaşık ve yüksek teknolojiye dayalı bu sistemlerde yüksek vasıflı personelin çalışması, en azından sistem bakımını yapması gerektiğinden bu hamle tamamen otonom sistemlere geçinceye kadar önemli başka bir sorun teşkil edebilir (Burke, vd., 2017).

Başta bu sebepler olmak üzere üretim sistemlerindeki birçok eksik ve rekabet koşulları üreticileri yeni sistemlere adapte olmaya zorlamaktadır. Bu durumun çok kısa bir süre içerisinde zorlu rekabet piyasasında varlığını sürdürmek isteyen üreticiler için zaruri bir hal alacağı öngörülmektedir.

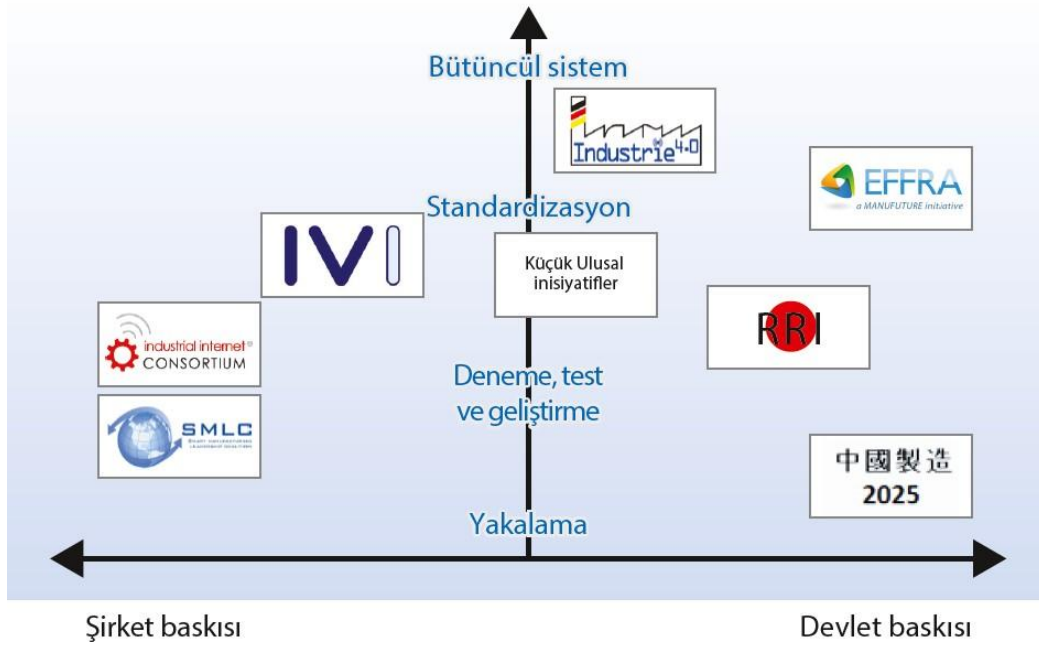
2.5.2 Üretimde Dijitalleşme ve Küresel Tepki

Üretimde dijitalleşme tüm insanları etkileyen en önemli olaylarından bir tanesidir. Bu önemli süreç geleneksel ticaret ekosistemini değiştirmekle kalmaz, maliyet tasarrufu ve artan rekabet koşullarının da etkisi ile olayın tüketici boyutunun da değişmesine sebep

olur. Küresel dijitalleşme süreci, özellikle pazar dışında kalmak istemeyen büyük ülkeler arasında oldukça önemsenmiş, konuya ilişkin önemli adımlar atılmıştır. İlk olarak Almanya’da gündeme gelen ve tüm dünyaya yayılan bu süreç, ABD, Almanya ve Japonya gibi endüstri devlerinin rekabet üstünlüklerinin Çin, Hindistan ve Brezilya gibi yükselen ekonomilere geçmeye başlaması neticesinde gündeme gelmiştir. Şekil 2.27’de üretimde dijitalleşmenin farklı ülkelere göre varyasyonları görülmektedir.

Dijitalleşmeye yönelik yapılan çalışmaların en önemlileri;

- Endüstri 4.0 - Almanya
- Made in China 2025 - Çin
- Industrial Internet Consortium (IIC) - ABD
- Smart Manufacturing Leadership Coalition - ABD
- Robot Revolution Initiative (RRI) - Japonya
- Industrial Value Chain Initiative (IVI) – Japonya



Şekil 2.27 Küresel dijitalleşmenin varyasyonları (OMRON, 2014)

Almanya'da devlet, endüstriyel kuruluş (ZVEI, VDMA ve BITKOM) ve akademik camiadan çok büyük destek ve teşvikle başlayan Endüstri 4.0 dijitalleşme süreçlerinin en başarılısıdır. Konunun öbür varyasyonlarının dijitalleşmeye olan yaklaşımı farklıdır. Bu farklılık kuruluş, devlet baskısı ve süreçteki izledikleri doğru uygulama ile ilişkilidir (OMRON, 2014). Ülkemiz dijitalleşmeye yönelik çalışmalar Endüstri 4.0 ekseninde gerçekleştirilmektedir. Endüstri 4.0 çalışma grubunun 2013 yılında yayınlanan nihai raporuna göre;

"[...] Nesnelerin ve Hizmetlerin Interneti'nin üretim ortamına girişi, dördüncü sanayi devrimine hız veriyor. Gelecekte işletmeler, makine, depo sistemleri ve üretim tesislerini Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) şeklinde bir araya toplayan küresel ağlar oluşturacak. Üretim ortamında, bu Siber-Fiziksel Sistemler bağımsız olarak bilgi alışverişinde bulunabilen, eylemler tetikleyebilen ve birbirini kontrol edebilen akıllı makineler, depolama sistemleri ve üretim tesislerinden oluşur. Bu; üretim, mühendislik, malzeme kullanımı, tedarik zinciri ve kullanım ömrü yönetiminde yer alan endüstriyel proseslerde önemli iyileştirmeleri kolaylaştırır. Ortaya çıkmaya başlayan akıllı fabrikalar üretime tamamen yeni bir yaklaşım getiriyor. Akıllı ürünler eşsiz bir şekilde tanımlanabilir, her zaman bulunabilir ve kendi geçmişlerini mevcut durumlarını ve hedef durumlarını elde etmek için alternatif yolları bilirler. Entegre üretim sistemleri, fabrikalar ve kuruluşlardaki iş proseslerine dikey ağlarla bağlıdır ve bir siparişin verildiği andan dış lojistiğe kadar gerçek zamanlı olarak yönetilebilen dağıtılmış değer ağlarına yatay olarak bağlıdır." (Kagermann, vd., 2013).

2.5.3 Üretimde Dijitalleşmenin Bileşenleri

Üretimde dijitalleşmenin bir takım bileşenleri bulunmaktadır. Şekil 2.28'de bu bileşenler görülmektedir. Bu çalışma kapsamında değinilecek olan akıllı üretimde kullanılan bileşenlerin bazıları bu konu başlığı altında açıklanırken öbürleri daha ilişkili oldukları konu başlıkları altında incelenmiştir.



Şekil 2.28 Üretimde dijitalleşmenin bileşenleri (Fırat, 2017)

2.5.3.1 Bulut teknolojileri

Bulut bilgi işlem, daha hızlı yenilik, esnek kaynaklar ve ölçek ekonomileri sunmak için, İnternet üzerinden (“bulut”) kullanıcılara bilgi işlem hizmetlerinin (sunucular, depolama, veritabanları, ağ iletişimi, yazılım, analitik vs.) sağlanmasını ifade eder. Genellikle yalnızca kullanılan bulut hizmetleri için ödeme yapılacağından, işletme maliyetlerini düşürür, altyapıyı daha verimli bir şekilde kullanmayı sağlar ve iş ihtiyaçları değiştikçe ölçeklenir.

Bütün bulut sistemleri aynı değildir ve bir tür bulut bilişim herkes için doğru çözümler sunmayabilir. İhtiyaçlar doğrultusunda uygun çözümü sunmaya yardımcı olmak için birkaç farklı model, tip ve servis geliştirilmiştir. Bunlar; genel, özel ve karma bulut sistemleridir. Bulut Teknolojisi hizmeti türlerine göre de farklılık gösterir bunlar; Hizmet Olarak Altyapı (IaaS), Hizmet Olarak Platform (PaaS), Sunucusuz Bilgi İşlem ve Hizmet Olarak Yazılım (SaaS). Hizmet türleri birbirlerinin üzerine kurulu olduğundan bazen

bulut bilişim yığıını olarak da adlandırılır. Ne olduklarını ve nasıl farklı olduklarını bilmek, işletme hedeflerine ulaşma açısından oldukça önemlidir.

Bulut Bilişim Sistemlerinin yararları incelendiğinde:

- Bulut Bilişim Sistemleri, donanım-yazılım satın alma, sahadaki veri merkezlerini kurma ve çalıştırma masraflarını ortadan kaldırır.
- Çoğu bulut bilişim hizmeti talep üzerine oluşturulur, böylece işletmelere esneklik sağlanır ve kapasite planlaması baskısı ortadan kalkmış olur.
- Bulut bilişim hizmetleri, elastik olarak ölçeklendirme becerisine sahiptir.
- Yerinde veri merkezleri genellikle çok fazla “raf ve istifleme” gerektirir. Ayrıca donanım kurulumu, yazılım düzeltme gibi Bilgi Teknolojileri yönetimi ile alakalı sorunlara sahiptir. Bulut Bilişim Sistemleri bu görevlerin çoğuna olan ihtiyacı ortadan kaldırır, böylece bilişim ekipleri, daha önemli iş hedeflerine ulaşmak için farklı konulara zaman harcayabilir.
- Büyük bulut bilişim hizmetleri, son nesil hızlı ve verimli bilişim donanımlarını düzenli olarak yükseltileen dünya çapında bir güvenli veri merkezi ağı üzerinde çalışır. Bu, uygulamalar için daha az ağ gecikmesi ve daha büyük ölçek ekonomileri dâhil olmak üzere, tek bir kurumsal veri merkezi üzerinden çeşitli avantajlar sunar.
- Birçok bulut sağlayıcı, genel olarak güvenlik ihtiyacını güçlendiren, verileri, uygulamaları ve altyapıyı potansiyel tehditlerden korumaya yardımcı olan geniş bir politika, teknoloji ve kontrol seti sunar (MICROSOFT, 2019).

2.5.3.2 Üç boyutlu (3d) yazıcılar

Birçok otoriteye göre geleceğimizi şekillendirip yeni bir çağ başlatacak gelişimlerin başında üç boyutlu baskı teknolojisi gelmektedir. İlk örneği 1984 yılında gerçekleştirilen üç boyutlu yazıcılar 2006 yılında başlayan REPRAP Projesine kadar pek ilgi görmemiştir. Geleneksel üretim süreçleri, hammaddenin, kesilip, biçilip ve birleştirilip nihai ürünün ortaya çıktığı bir takım süreç zinciri halinde ilerler ve bütün bu aşamalar çıkarmalı süreç olarak adlandırılır. Bu üretim sisteminde önemli bir miktarda malzeme atığı meydana gelir ve bu atığın süreç içerisinde tekrar kullanılması mümkün değildir. Fakat üç boyutlu

yazıcılar, yazdırma esnasında ana malzemeyi eriterek üst üste katmanlar oluşturur ve bu sürecin sonunda ürün tek parça halinde üretilir. Bu üretim şekline ise bilgimalat adı verilmektedir. Bilgimalat, çıkartılarak yapılan imalatın onda biri kadar hammadde kullanarak üretimi gerçekleştirir. Üretimdeki bu yeni model verimlilik ve üretkenlik konusunda oldukça avantaj sağlamaktadır (Rifkin, 2015).

3D yazıcı teknolojisi sayesinde genetikten kuyumculuğa, bilişim teknolojilerinden şehir planlanmasına, tıptan gıdaya çeşitli hammadde ve üretim kombinasyonları ile oldukça geniş alanlarda üretim gerçekleştirilebilmektedir. 3D yazıcılardan, Biyo-organik malzemeler; damardan, organlara ve dokulara kadar her türlü üretimi yapılabilir (EBSO, 2015). 3D yazıcıların bir diğer avantajı bu yazıcılar sayesinde tek bir ürün üretilbileceği gibi verilen siparişler doğrultusunda ve minimum maliyette küçük gruplar halinde de üretim gerçekleştirilebilir (Rifkin, 2015).

2.5.3.3 İnternet servisleri

Servis sağlayıcılarının sunduğu servisleri internet vasıtasıyla gerçekleştirmelerine olanak sağlayan, hizmet altyapısı, iş modeli ve servisin kendisini oluşturan modele internet servisleri adı verilir. İnternet servisleri dijital seviyedeki gelişime bağlı olarak kullanıcılara küresel ölçekte hizmetler sunabilir (Buxmann, vd. 2009).

2.5.3.4 Artırılmış gerçeklik (AR)

Tamamen sanal ortamda oluşturulmuş gerçeklikten farklı olarak, fiziksel ortamda bilgisayar tarafından üretilmiş ses, video ve görüntülerin kullanılmasına dayalı teknolojileri kapsamaktadır. Hedef ve uygulamada kullanım durumuna göre İşaretçi Tabanlı Artırılmış Gerçeklik (Marker), İşaretçi Olmayan Artırılmış Gerçeklik (Markerless), Projeksiyon Tabanlı Artırılmış Gerçeklik, Süper Pozisyon Temelli Artırılmış Gerçeklik çeşitleri mevcuttur.

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının son yıllardaki büyümesi, tüketicilerin ürünleri görmesini ve satın almadan önce, ürünü sahiplenmenin ya da hizmeti deneyimlemenin nasıl bir şey olduğunu hayal etmelerini sağlayan çözümlerle ilişkilendirilebilir. Arttırılmış gerçeklik teknolojisi daha erişilebilir hale geldikçe, maliyet tasarrufu ve uygulama alanları arttıkça, AR' ye olan talep ve yatırımlar da artacaktır (Marr, 2018).

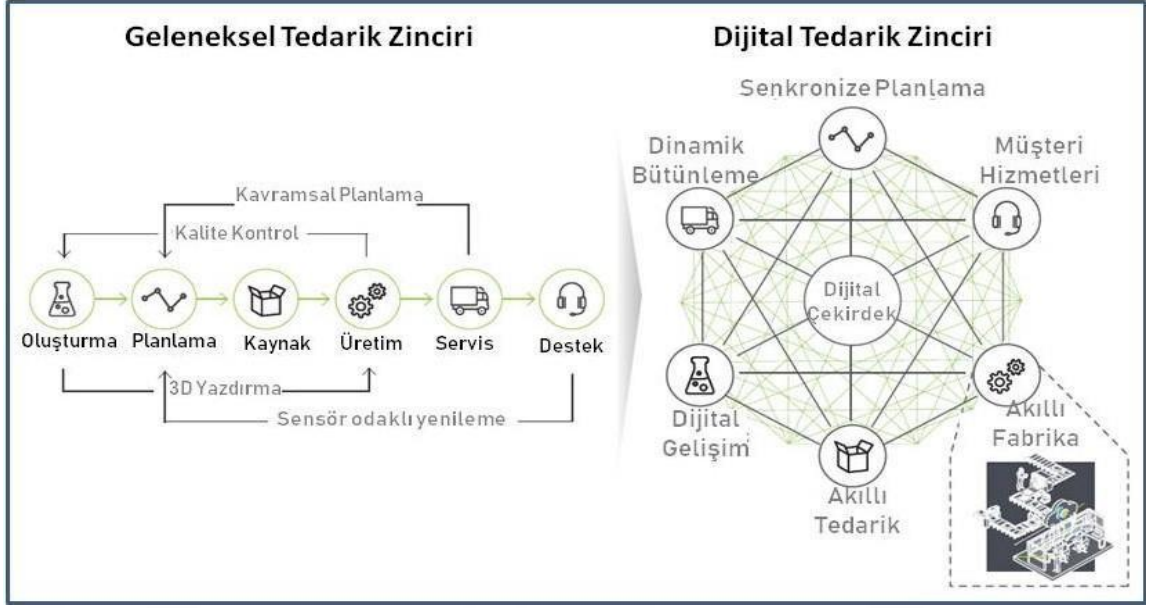
2.5.3.5 Siber güvenlik

Siber güvenlik; sistemleri, ağı ve programları dijital saldırılara karşı koruma uygulamasıdır. Bu siber saldırılar genellikle kullanıcılardan para istemek veya normal iş süreçlerini kesintiye uğratma amacı ile hassas bilgilere erişmeyi, değiştirmeyi veya imha etmeyi amaçlamaktadır. Günümüzde artan cihaz sayısı ve bu cihazların farklı alanlarda kullanımı konunun önemini artırmaktadır. Başlıca güvenlik tehlikeleri incelendiğinde; Ransomware, Malware, Sosyal Mühendislik, Kimlik Avı olduğu görülmektedir (CISCO, 2019).

2.5.4 Akıllı Fabrikalar

Yapay zekâ ve siber-fiziksel cihazların gelişimi otomasyon sistemlerinin de boyutunu değiştirerek üretim sisteminde daha fazla rol üstlenmesine sebep olmuştur. Bu değişim öncesinde belli bir yetki çerçevesinde onlara belirtilen işi doğrusal gerçekleştiren otomasyonlar artık üretimin her aşamasında insanların aldığı karmaşık ve doğrudan müdahale gerektiren kararları almaya, uygulamaya başlamışlardır. Bilişim teknolojilerinin (IT) operasyonel teknolojiler ile birleşmesi, üretim alanında alınan kararların tedarik zincirinin geri kalanıyla hızlı ve etkin paylaşımını sağlamıştır. Dolayısıyla bu teknolojilerin etkin kullanımı üretim sistemleri, tedarikçi ve müşteri ilişkilerinin arasındaki iletişim için oldukça önemlidir (Radziwona, vd., 2014).

Bugün birçok tedarik zinciri statik bir dizilimden, ekosistem ortaklarını daha kolay bir şekilde içerebilen ve zaman içinde daha uygun değer duruma gelebilecek dinamik, birbirine bağlı bir sisteme (dijital tedarik ağı) dönüşmektedirler. Dijital tedarik ağı, fiziksel üretim ve dağıtım eylemini yürütmek için, birçok farklı kaynaktan ve yerden gelen bilgileri birleştirme imkânı sunmaktadır (Mussomeli, vd., 2016) Şekil 2.29'da geleneksel ve dijital tedarik zincirlerinin karşılaştırması gösterilmektedir.



Şekil 2.29 Geleneksel ve dijital tedarik zincirinin karşılaştırılması (Mussomeli, vd., 2016)

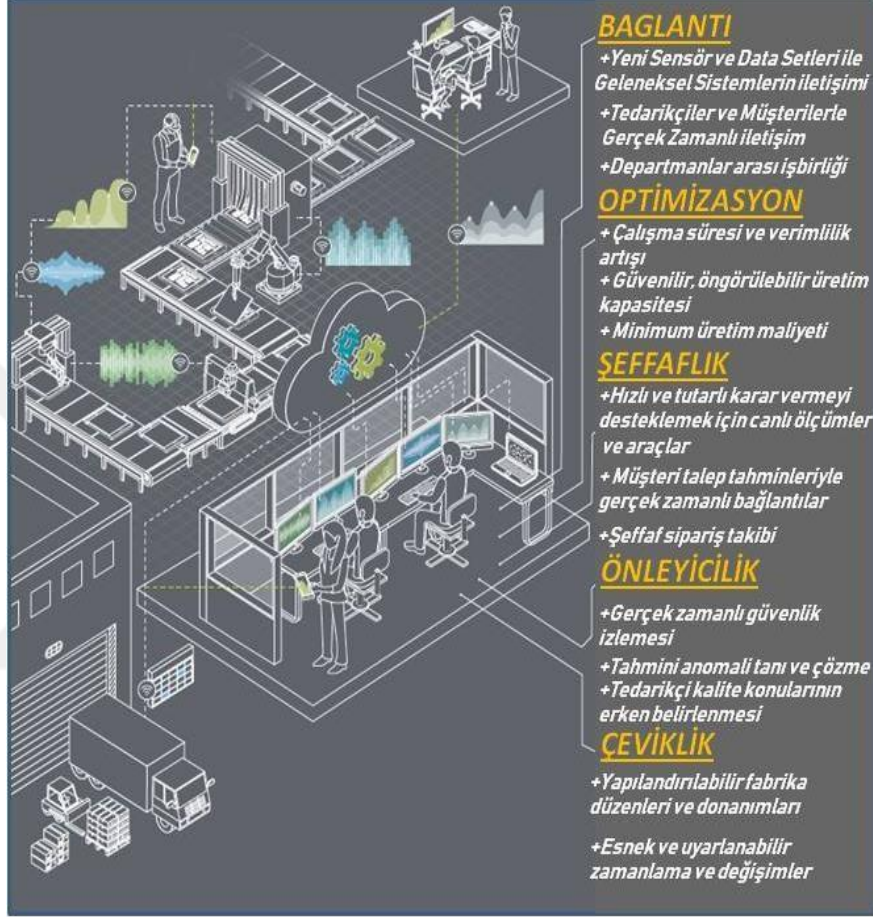
Akıllı fabrika, daha geniş bir ağda performansını otomatik olarak optimize edebilen, yeni koşullara gerçek veya yakın zamanda kendi kendine adapte olan, bunları öğrenen ve tüm üretim süreçlerini özerk bir şekilde yürüten esnek bir sistemdir. Fiziksel olarak dört duvar arasında üretim yapılırsa da bu sistemler aynı zamanda benzer üretim sistemlerinin küresel bir dijital tedarik ağına bağlanma imkânı sunarlar.

Bununla birlikte, akıllı fabrika sistemlerindeki bu etkin ilerlemenin teknolojik gelişimin son durumu olarak düşünmek oldukça yanıltıcıdır. Zira Akıllı Fabrikalar; geçmişin fabrika modernizasyonu yaklaşımından ziyade, devam eden bir evrimi, esnek bir öğrenme sistemi inşa etmeye ve sürdürmeye yönelik sürekli bir yolculuğu temsil etmektedir. Akıllı fabrikanın gerçek gücü, kuruluşun değişen gereksinimlerinin yanı sıra müşteri talebini değiştirip değiştirmeme, yeni pazarlara genişleme, yeni ürün veya hizmetlerin geliştirilmesi, operasyonlara daha öngörülü ve duyarlı yaklaşımlar getirme ve yeni işlemlerin, teknolojilerin kullanılması veya üretime yakın gerçek zamanlı değişiklikleri kapsayan bakım kabiliyetinde yatmaktadır (Burke, vd., 2017).

2.5.4.1 Akıllı fabrikaların özellikleri

Küresel çapta birçok üreticinin üretim süreçlerinde karşılaştığı problemler ve değişim eğilimlerini yakalama çabasına konunun giriş bölümünde değinilmiştir. Akıllı fabrikalar geleneksel üretimde karşılaşılan sorunların büyük çoğunluğuna başarılı çözümler sunar. Ortamdan elde edilen verileri gerçek zamanlı işleme ve bu bilgileri öğrenme yeteneği

akıllı fabrikaları daha duyarlı, proaktif ve sorunları öngörebilen bir hale getirmiştir. Bağlantı, optimizasyon, şeffaflık, proaktivite ve çeviklik bu özelliklerin her biri daha bilinçli kararların alınmasına ve kuruluşların üretim sürecini iyileştirmelerine yardımcı olmaktadır. (Burke, vd., 2017) Akıllı fabrikaların birimlerine göre özellikleri Şekil 2.30'da gösterilmektedir.



Şekil 2.30 Akıllı fabrikaların temel özellikleri (Burke, vd., 2017)

- **Bağlantı:** Akıllı fabrikaların en önemli özelliği ve değer kaynaklarından bir tanesi bağlanma yeteneğidir. Fabrika ortamı ve üretimin yapıldığı makineler akıllı sensörlerle donatılmıştır. Böylelikle sistemler kaynaklardan veri setlerini çekerek verilerin sürekli güncellenmesini ve mevcut koşulları yansıtmasını sağlar. Üretim sahası ve iş sistemlerinden gelen veriler, tedarikçilerden ve müşterilerden gelen verilerle birleştirilerek tedarik zinciri süreçlerinin bütünsel bir görünümü sağlanır.
- **Optimizasyon:** Akıllı fabrikalar insan müdahalesinin düşük, güvenilirlik ve verimin yüksek olduğu alanlardır. Optimizasyon iş alanlarının düzeltilmesi, üretim

sistemindeki nesnelerin senkronizasyonu, gelişmiş takip ve zamanlama sayesinde fabrikada enerji tüketiminin, maliyetin, atıkların azaltılmasını bunun yanı sıra çalışma verimini ve ürün kalitesinin artırılmasını sağlar.

- **Şeffaflık:** Akıllı fabrikalarda bulunan gerçek zamanlı veri görselleştirmeleri, üretimden elde edilen anlık ham verileri tesiste bulunan insan ve özerk karar verme süreçleri için kullanmaya hazır işlenmiş verilere dönüştürebilir. Bu durum bütün üretim sisteminin şeffaf bir şekilde gözlemlenmesini sağlar. Gerçek zamanlı görüntüleme, gerçek zamanlı uyarı ve bildirimlerle daha doğru kararların alınmasını sağlar. Böylelikle işletme için çok büyük sorunlar kolayca tespit edilip çözüm kazandırılabilir.
- **Önleyicilik:** Önleyici bir sistemin en önemli özelliği ortamda bulunan insanların ve makinelerin sorunlar ortaya çıkmadan onları tespit etmesi, önlem almasıdır. Bu özellik stok takibinin yapılması ve yenilenmesini, kalite konularının belirlenmesini, güvenlik, bakım ile ilgili konuları içerebilir. Akıllı fabrikanın gelecekteki sorunları tahmin edebilme yeteneği geçmişteki tecrübeler ve gerçek zamanlı verilere dayanarak çalışma süresini, verimi, kaliteyi artırabilir ve güvenlik sorunlarına çok önemli katkı sunabilir.
- **Çeviklik:** Bu özellik akıllı fabrikanın değişiklikleri ve minimum müdahale ile ürün değişikliklerine uyum sağlamasına olanak tanır. Gelişmiş akıllı fabrikalar, imal edilen ürüne bağlı olarak donanım, malzeme akışlarını kendileri yapılandırabilir ve değişiklikleri zamanlayabilir ve ardından bu değişikliklerin gerçek zamanlı olarak etkisini görebilir. Ek olarak, çeviklik, zamanlama veya ürün değişikliklerinden kaynaklanan değişimleri en aza indirerek fabrika çalışma süresini ve verimini artırabilir (Burke, vd., 2017).

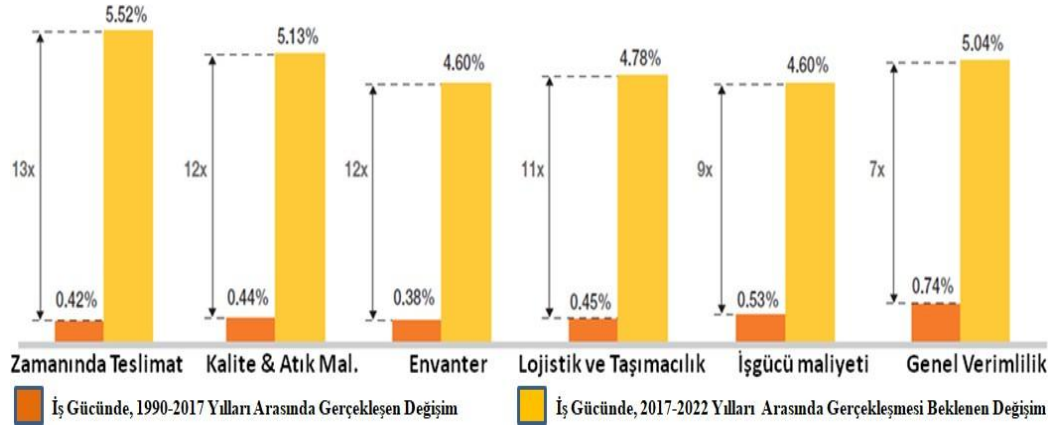
2.5.4.2 Akıllı fabrikaların yararları

Akıllı fabrikaların özellikleri ve sağladığı katkılar konun girişinden itibaren değinilmiştir. Çalışmanın bu kısmında akıllı fabrikaların sağladığı imkânlar daha geniş çerçeveden değerlendirilecektir. Fabrikalarda dijitalleşmenin birçok avantajı vardır. Bunlar; üretim verimlilik, kalite, maliyet, güvenlik ve sürdürülebilirlik gibi birçok konuda artı değer katarak şirketlerin pazardaki rolünü güçlendirmekte, kar payını artırarak üretici açısından

istikrar sağlamaktadır. Üretimde dijitalleşmenin tüketiciler için avantajı ise ürün çeşitliliğinin artması ve uygun fiyat avantajı sağlamasıdır.

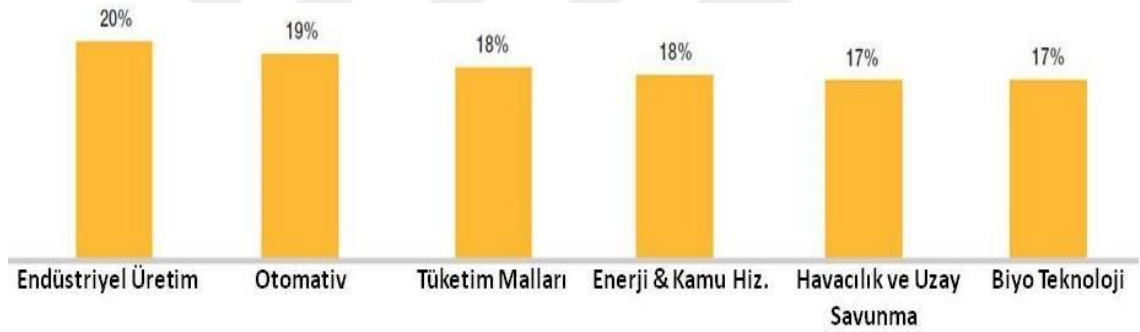
Endüstrinin dijital dönüşümü bir devrim olarak nitelendirilirse bu devrim büyük bir hızla devam etmektedir. Üreticilerin %76'sı üretim modellerini dijitalleştirme aşamasında ya da geçiş planlaması yapmaktadır. Üreticilerin yarısından fazlası (%56) akıllı fabrikalara yaptığı yatırım 100 milyon doların üzerindedir. Yapılan bazı yatırımlar incelendiğinde; Alman yarı iletken üreticisi olan Infineon, Singapur tesisini akıllı bir fabrikaya dönüştürmek için önümüzdeki beş yılda 105 milyon dolar yatırım yapacağını, Adidas üretimi Almanya'ya geri getirmeyi sağlamak için robotlar ve üç boyutlu yazıcılar aldığını, İsviçre'de bulunan lider bir parfüm üreticisi Üretim sürecine robotları dahil ederek son üç yılda üçte bir oranında kapasite artışı yarattığını, Çinli bir fabrika ise, operasyonlarına, % 250 üretim artış sağlayan ve üretimde hata payının % 80 azalmasına neden olan robotlar eklediğini açıklamıştır. Sektörel temelde incelendiğinde; sadece otomotiv sektöründe hizmet veren bir firma üretim bandında bu teknolojileri kullanarak çok kısa bir sürede kar payını iki kat artırdığı gözlemlenmiştir.

Küresel çapta, siyasal ve toplumsal yaklaşımlarla beslenen üretimdeki değişimler üzerine gerçekleştirilen bazı çalışmalar bir takım öngörülerin oluşmasına neden olmuştur. Şekil 2.31 akıllı fabrikaların 2022 yılına kadarki süreçte kat edeceği muhtemel ilerlemenin, 1990-2017 yılları arasındaki gelişim ile kıyaslanması yansıtmaktadır. Bahse konu olan görsel değerlendirildiğinde; Akıllı Fabrikaların gelişimi ile 2022 yılına kadar ürünlerin zamanında teslimatı konusunda 1990-2017 yılları arasında olan gelişimin 13 katı ilerleme beklenirken, kalite göstergelerinin ise 12 katına çıkacağı, envanter gibi önemli maliyet kalemlerinin 12 kat, lojistik ve taşımacılık maliyetlerinin 11 kat iyileşeceği öngörülmektedir. Bütün bunların yanı sıra iş gücü maliyeti ve genel verimlilik konusunda sırasıyla 9 kat ve 7 kat büyüme hızının olacağı rapor edilmiştir. Genel beklentilere bakılacak olursa Akıllı Fabrikalar, 5 yıl içerisinde dünya ekonomisine 500 milyar ile 1,5 trilyon dolar katma değer sağlayabilir (Rossman, vd., 2017).



Şekil 2.31 Akıllı fabrikaların işgücüne etkisi (Rossman, vd., 2017).

Akıllı Fabrikalar farklı sektörlerde oluşturduğu pozitif etki sebebi ile üreticilerde güçlü beklentiler oluşturmuştur. Hiç şüphesiz elde edilen veriler bu beklentiyi bir nebze haklı çıkarmaktadır. Şekil 2.32 incelendiğinde endüstriyel dijitalleşme süreçlerinin ilan edildiği zamandan 2017 yılına kadar yaptığı büyük katkıyı görmek mümkündür.



Şekil 2.32 Akıllı fabrikalarda şimdiye kadar gerçekleşen ortalama verimlilik artışının, sektörel yansımaları (Rossman, vd., 2017).

Akıllı fabrikaların sağladığı birçok katkıya ve avantaja rağmen uygulanması zor ve riskli bir girişim olabilir. Bütün bu çabalara, yapılan milyonlarca dolarlık yatımlara, sahadan gelen verilere ve kısa vade beklentilerine rağmen, şirketlerin yalnızca %14'ü akıllı fabrikaların başarı seviyesinden memnun. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir konu üreticilerin sadece %6'sı üretim süreçlerini dijitalleştirmede güçlü bir vizyon, yönetim ve çalışan becerileri temelinde ileri aşamada bulunan şirketlerdir. Bu şirketler "Dijital Usta" diye adlandırılmaktadırlar (Rossman, vd., 2017). Sonuç olarak, Akıllı fabrikanın başarıya ulaşması; referans sistemlerin doğru belirlenmesine ve uygun standardizasyonuna, uygulaması yapılan sistemlerin doğru yönetilmesine, endüstriye entegre edilen haberleşme altyapısının kapsamlı ve hızlı olmasına, çalışma

organizasyonunun doğru belirlenmesine, personelin eğitimi ve profesyonel gelişimin sürekliliğine ve kaynakların etkili kullanılmasına bağlıdır (Kagermann, vd., 2013).

2.5.4.3 Akıllı fabrikaların taşıdığı riskler

Teknolojik kazanımları merkezine alarak üretimde pozitif değer yaratma amacı ile geliştirilen ve geleceğin üretim modeli olarak adlandırılan Endüstri 4.0 üzerine yapılan bilimsel literatür ve araştırma çalışmaları incelendiğinde; birçoğunun konunun teknik temellerine ve teknik zorluklarına odaklandığı gözlemlenmiştir. Bu durum kavramın anlaşılması ve başarısı açısından oldukça yetersizdir. Çünkü beklentinin fazla (Üreticilerin %76'sı üretimde dijitalleşmeye geçmiş veya geçmeyi düşünüyor) memnuniyetin az (%14 memnuniyet) başarının ise ustalık gerektiği (%6) bu hassas konu, taşıdığı bütün riskler ile incelenmeli, pozitif ve negatif yönleriyle bütüncül bir yaklaşımda bulunulmalıdır.

Konuya ilişkin riskler göz önünde bulundurulduğunda bunları; teknik riskler, sosyal riskler, ekonomik riskler, ekolojik riskler, politik ve hukuksal riskler olmak üzere beş ana başlık altında toplamak mümkündür. Tablo 2.2 bu riskleri yansıtmaktadır.

Tablo 2.3 Üretimde dijitalleşmenin taşıdığı risklere genel bakış (Birkel vd., 2019).

ÜRETİMDE DİJİTALLEŞMENİN TAŞIDIĞI RİSKLER				
Teknik Riskler	Sosyal Riskler	Ekonomik Riskler	Ekolojik Riskler	Yasal Riskler
Teknik entegrasyon	İş kayıpları	Finansal	Tüketim	Altyapı
Bağımlılık	Organizasyon yapısı ve yönetim	Yatırım zamanı ve şekli	Kirlilik	Yasal boyut
Standartlar	İç direniş ve kurum kültürü	Bağımlılıklar		
Siber saldırılar	Eğitim için yeni gereksinimler	Değişen iş modeli		
Veri toplama	Stres			
Veri güvenliği	Nitelikli personel eksikliği			
Veri işleme	Yapay zeka ile ilgili endişeler			
Bulut bilişim	Üretim yeri değişikliği			

2.5.4.3.A Teknik riskler

Küçük ve orta boyutta işletmelerin birçoğu endüstrideki dönüşümlere adapte olabilmek, ağır rekabet koşullarında varlığını sürdürebilmek için mevcut sistemlerini, güçlendirerek üretimdeki yeni çağa uyum sağlamaya çalışmaktadır. Bu davranış ağır ekonomik külfet gerektiren Endüstri 4.0 sürecinde maliyetleri azaltmanın olası bir yoludur. Fakat eski sistemlere yeni teknolojileri uydurmak çoğunlukla verimli olmamakla birlikte fazla

maliyete sebep olabilir. Endüstrideki teknik entegrasyonlar, üretimde yeni standartların oluşmasını gerektirmektedir. Standart yoksunluğu sistemin başarısını tehdit eden en önemli risklerden birisidir. Teknik riskler incelendiğinde;

- **Bağımlılık:** Akıllı üretim sürecinde teknolojiye ve yazılıma büyük bir bağımlılık söz konusudur. Bu bağımlılık olası bir yazılım veya sistem arızası durumunda, bütün tedarik zincirinin olumsuz etkilenmesine yol açabilir.
- **Siber Saldırıları:** Bilgi ve iletişim teknolojilerinin endüstriyel değer yaratmadaki kullanımı, saldırılara açık hale getirmektedir. Ağ ne kadar büyük ve o kadar fazla ara yüze sahipse siber saldırılar için potansiyel saldırı yüzeyi o kadar büyümektedir.
- **Veri Toplama:** Endüstriyel rekabet, iş ve müşteriler ile alakalı toplanan verilerin ve ticari sırların saklanması gerektirmektedir. İşletme için oldukça önemli olan, müşteriler ve fikri mülkiyet ile alakalı verilerin rakiplere ya da üçüncü şahıslara geçmesi avantaj kaybı yaratabilir. Ayrıca toplanan verilerinin erişimi ile ilgili yaşanan sıkıntılar veya düzgün sınıflandırılmaması önemli sorunlara yol açabilir.
- **Veri İşleme:** Tedarik zincirinden toplanan veriler ve bu verilerin işlenmesi oldukça önemlidir. Altyapının büyük miktarda veri işlemeye uygun olmaması işletme için sorun yaratabilir. Çünkü veri sağlıklı elde edilemez, veri kalitesi yaratılamazsa hiçbir anlam ifade etmeyebilir. Bu nokta veri yorumlamanın önemini de ortaya çıkarmaktadır, dolayısıyla doğru veriyi okuyacak yetkin personel ihtiyacı bulunmaktadır.
- **Bulut Bilişim:** Endüstri 4.0'ın merkezi bir özelliği olan bulut bilişim, yazılım ve donanımdan kaynaklı mecburiyeti ortadan kaldırması açısından oldukça önemlidir fakat bulutta toplanan verilerin güvenliği, başarısız olması durumunda mecburiyetlere devam edilmesi, bağlantı hızları ve genellikle farklı ülkelerdeki sunuculardan sağlanan hizmetlerin aksamaması gibi riskler mevcuttur.

2.5.4.3.B Ekolojik riskler

Üretimde artışın sağlanması, tüketiminde artmasına sebep olacaktır. Bu durum daha fazla hammadde ihtiyacını doğuracaktır. Hammadde çıkarılması, taşınması ve işlenmesi genellikle çevre üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Ayrıca konuya ilişkin önemli bir

sorun da enerji ihtiyacının artmasıdır. Üretim ve tüketimdeki artış bu önemli ihtiyacın artmasındaki temel faktördür. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılacak yöntemin çevreye uyumlu olması büyük önem arz etmektedir.

Bunlara ek olarak yeni sisteme uyum sağlayamayan makinelerin geri dönüşüm süreci başarılı bir şekilde yürütülmezse, işlevsiz makinalar da çevreye yönelik bir risk unsuru oluşturabileceği hesaba katılmalıdır.

2.5.4.3.C Sosyal riskler

Endüstrideki dönüşümler mevcut mesleklerin neredeyse hepsini etkilemektedir. Bu durum birçok insanın işsiz kalması gibi önemli bir risk taşımaktadır. Konuya ilişkin detaylı açıklama, sürecin taşıdığı riskler “Akıllı Sistemlerin İnsan Emegi ve İş Organizasyonu Üzerindeki Etkileri” konu başlığında yapılmıştır. Bu noktada çalışanların hem iş modeli hem de psikolojik olarak yeni sisteme uyum sağlaması oldukça önemlidir. İşverenlerin bu süreçte karşılayacakları önemli sıkıntılardan biri de personelin yeni sistemlere entegrasyonunu sağlamaktır. Uyum sağlama uzun sürecek eğitim süreçlerini gerektirir. Bu eğitimlerde işveren için önemli bir külfet olabilir. Ayrıca bu eğitimler özellikle belirli yaş grubunun üzerinde bulunan çalışan ve yöneticiler için zorlayıcı olabilir ve sosyal kaygıya yol açabilir.

2.5.4.3.Ç Ekonomik riskler

Endüstri 4.0'ın hedeflenen etkiyi yaratmasının hangi şartlara bağlı olduğu bu çalışmanın farklı konu başlıklarında vurgu yapılmıştır, bütün bu süreçler işletmeye ağır bir ekonomik külfet oluşturmaktadır. Hedeflenen amaca ne zaman varılacağını ise ön görebilmek çok zordur. Bu sebepten belirlenen hedefe göre değişmekle birlikte uzun süre, altyapı, uygulama ve bakım için büyük yatırımlar gerekebilir. Atılacak yanlış adımlar, risklerin doğru belirlenmemesi sürecin başarıya ulaşma süresini uzatabilir. Böylece ekonomik yük daha da artmış olur. Dolayısıyla bu ihtimal bile Endüstri 4.0 için bir risk teşkil etmektedir. Öte taraftan yatırım yapılacak kısımların ve zamanın doğru belirlenmesi işletmeye çok ciddi finansal kazançlar sağlayabilir.

Rekabet koşullarının gittikçe ağırlaşması üreticileri bu dönüşüme iten en önemli sebeplerden birisidir. Fakat iş modelinin hazırlıksız, alt yapı oluşturulmadan

değiştirilmesi oldukça kötü sonuçlar doğurabilir. Bu sebepten atılacak adımlar çok iyi hesaplanmalı, işletmenin kısa, orta ve ileri vadeli planları doğru belirlenmelidir.

2.5.4.3.D Yasal ve politik riskler

Yasal açıdan, verilerin korunması, çalışma süresi, yargı alanı ve iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili sıkıntıların giderilmesi gerekmektedir. Özellikle, yazılımla ilgili işler, geleneksel endüstriyel imalattan farklı çalışma süresi düzenlemeleri gerektirecektir. Uygun bir veri koruma yönergesi mevcut değilse, bu koşullar altında dijitalleşmeyi ve ara bağlantıyı kullanacak şirketler için büyük riskler olacaktır.

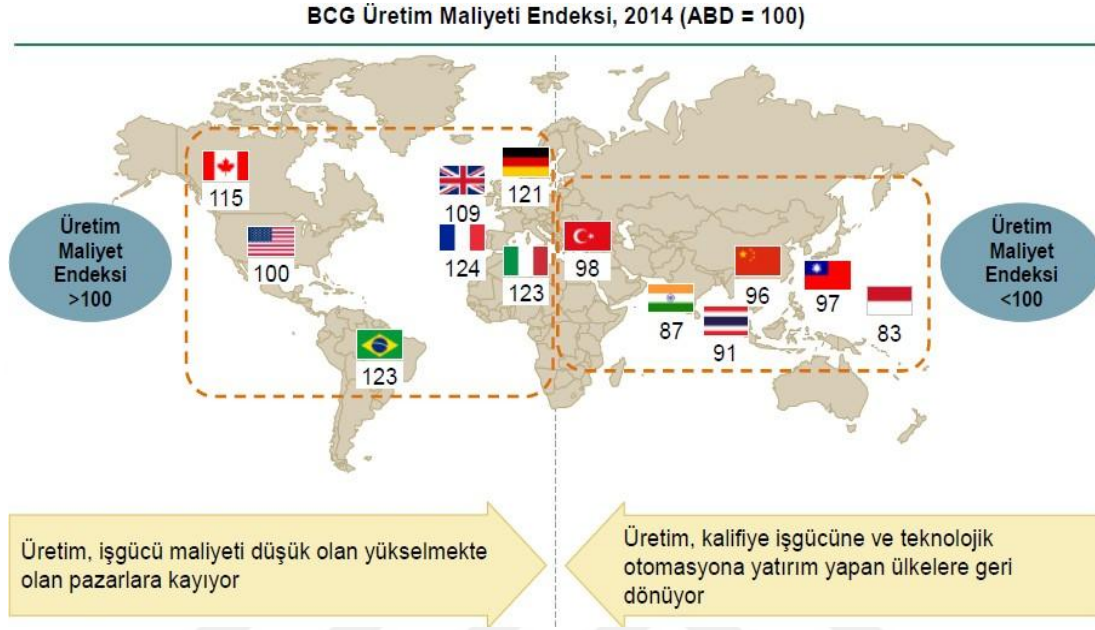
Konuya ilişkin diğer bir risk ise, sınır ötesi işbirliğini engelleyen standartların eksikliğidir. Bu durum bir örnekle açıklanacak olursa; günümüzde ticaretin önemli olgularından birisi internet aracılığı ile gerçekleştirilen anlaşmalardır. Sanal dünyada gerçekleştirilen fakat gerçek dünyada geçerliliği bulunan bu anlaşmalarda yasal zemindeki eksikliklerden dolayı bazı sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu ve buna benzer durumlar siyasetçilerin uluslararası çözümler bulmasını ve uygun standartları tanımlamasını mecbur kılmaktadır (Birkel vd., 2019).

2.5.4.4 Üretimde dijitalleşmenin ülkemizdeki yansımaları

Ülkemiz önceki dönemlerde endüstriyel dönüşümlere uyum ve katkı sağlama konusunda başarılı olamamıştır. Dolayısıyla bu durum özellikle iktisadi açıdan pek çok sorunun yaşanmasına, üretimde ve kalkınmada dışa bağımlı hale gelmeye sebep olmuştur. Günümüz üretim ve gelişimde küresel rekabet koşullarının gittikçe ağırlaştığı, bilgi yönetiminin ön plana çıktığı bir sürece evrilmiştir. Bu ve çalışmanın muhtelif yerlerinde açıklanan pek çok sebep, büyük fırsatlar sunan ve henüz başında olduğumuz dördüncü sanayi devrine uyum sağlamayı zorunlu kılmaktadır.

Türkiye, coğrafi konumundan dolayı tedarik zincirinde çok önemli bir avantaja sahiptir. Ayrıca düşük maliyetli ve esnek üretim yapılabilecek nispeten düşük iş gücü maliyeti mevcuttur. İş gücü maliyetinin düşük olması da küresel firmalara karşı rekabet edebilmesine olanak sağlamıştır. BCG (Boston Consulting Group) tarafından üretim ücretleri, enerji maliyetleri, verimlilik ve döviz kurları dikkate alarak oluşturduğu Global Üretim Maliyeti Endeksine göre; Türkiye 98, Almanya 121, ABD ise 100 ortalama birim maliyetle üretim yapabilmektedir. Bu durumda Türkiye ortalama doğrudan üretim

maliyetinde Almanya'ya göre %23, ABD'ye göre ise %2 oranında avantaja sahiptir. Şekil 2.33 2014 yılı üretim- maliyet endeksini göstermektedir. Bu analiz, Türkiye'nin küresel olarak etkin rekabet avantajı içerdiğini ve ihracat platformunda daha güçlü bir yere sahip olabileceğinin göstergesi niteliğindedir (TÜSİAD, 2016).



Şekil 2.33 Üretim maliyet endeksi (TÜSİAD, 2016).

Ülkemiz, coğrafi konumu ve düşük maliyet sebebi ile küresel ticarete güçlü bir rakip pozisyonunda bulunmaktadır. Endüstride dijitalleşmenin, git gide doğuya kayan üretim avantajını yeniden Avrupa'ya taşımak için başladığı düşünülürse; Türkiye'nin bu önemli rekabet gücü avantajını sürdürebilmesi için imalatın rolünü yükseltmesi, üretimi ithalata bağımlılıktan kurtarması ve en önemlisi yüksek teknoloji ihracatında artış sağlaması gerekmektedir.

Dördüncü sanayi devrinin ortaya çıkardığı etki ve bundan sonrası için beklentiler önceki konu başlıklarında açıklanmıştır. Konunun bu kısmında vurgulanmak istenen; endüstride dijitalleşmenin sayesinde kazanılan maliyet avantajı sonucunda, Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan ülkelerin çok büyük avantaj elde edecek olmasıdır. Üretimde dijitalleşmenin mimarı, Almanya üzerinden açıklamak gerekirse, eğer üretimde dijitalleşmeye yönelik atılan adımlar başarılı olur, üretim maliyeti %20 azalır ve bu süreçte Türkiye gerekli önlemleri almazsa Türkiye, Almanya'ya karşı şuan sahip olduğu üretim maliyeti avantajını kaybederek rekabette saf dışı kalacaktır. Bu örnekte de görüldüğü gibi, üretimde dijitalleşme uygulamalarının diğer ülkelerde gelişmesi ve

başarıya ulaşması Türkiye'nin üzerindeki rekabet baskısını uzun vadede daha da arttıracaktır (TÜSİAD, 2016).

Üretimde dijitalleşme siyasi, akademik ve endüstriyel kuruluşların desteği ve çabasının gerektiği zorlu bir süreçtir. 2016 yılında Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısının ana konusu üretimde dijitalleşme olmuştur. Bu toplantıda sanayideki bu dönüşümlere ayak uydurmanın devletimiz için önemine vurgu yapılmış ve gerisinde kalmak gibi bir seçeneğimizin olamayacağı belirtilmiştir. Bu toplantı sonucu hedeflenen; Türkiye'nin orta ve ileri teknoloji ürünlerinin tasarımı ve üretilmesi konusunda bölgede etkin bir güç olması ve uzun dönem stratejisini bu doğrultuda belirlenmesidir. Bu hedefe ilişkin 25 öncelikli dönüşüm programı belirlenmiş. Geniş kapsamlı bir çalışma başlatıldığı ilan edilmiştir.

Ülkemizde mevcut koşullar, 2016 yılında resmi olarak planın bu önemli amacın uygulanmasında sıkıntıların olduğunu göstermektedir. Fakat konuya ilişkin göstergeler incelenirse bu aksamaların olağan olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye teknolojik gelişmişlik sıralamasında 82 ülke arasından Birleşik Arap Emirlikleri, Malezya, Katar ve Suudi Arabistan gibi ülkelerin gerisinde kalarak 49'uncu sırada yer aldığı görülmektedir (DM, 2018) Ayrıca geçtiğimiz yıllarda TÜBİTAK ülkemizin sanayi devrimleri bağlamında konumunu tespit etmeye yönelik önemli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre Türkiye üretimde ikinci ve üçüncü sanayi sürecinin arasında bulunduğu tespit edilmiştir (TÜBİTAK, 2016).

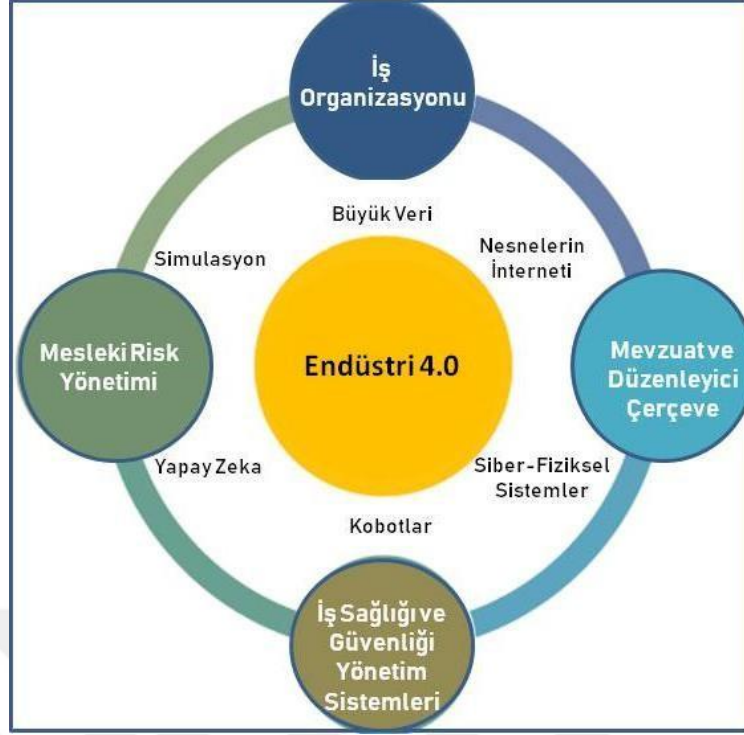
2015 yılında gerçekleştirilen PISA sınavının sonuçlarına göre Türkiye sınava giren 72 ülke arasında 50. sırada bulunmaktadır (Okçabol, 2017). Bu sonuca göre ülkemiz alt yapıdaki eksikliklerin yanı sıra nitelikli üretimi sağlayacak bilgi ve insan sermayesi bakımından da gelişmiş ülkelerin gerisinde kalmaktadır. *“İnsan, kültür ve toplumun bilgisinden oluşan bilgi dağarcının arttırılması ve bu dağarcığın yeni uygulamalar tasarlamak üzere kullanılması için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmalar”* (OECD, 2002) olarak tanımlanan Araştırma ve Deneysel Geliştirme (AR-GE) teknolojinin gelişmesi ve yüksek katma değerli ürünlerin imalatında önemli bir yere sahiptir. GSYH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla)'dan ayrılacak pay, sanayi firmalarının yıllık cirolarından gelen fonlar ve üniversitelerin çalışmaları o ülkenin AR-GE sermayesini oluşturmaktadır. Türkiye'de GSYH'den AR-GE ayrılan fon gelişmiş ülkelere göre oldukça düşüktür. Ayrıca geçmişten günümüze ayrılan fonların oranı incelendiğinde;

1995 yılında bu oran (AR-GE Harcamaları/GSYH) %0,5 iken 2015 yılında ancak %0,92'ye ulaştığı görülmüştür. Gelişmiş ülkelerde AR-GE için ayrılan fonların %2,5 ile %3,52 arasında değişiyor olması, ülkemizin bu konuda yetersiz kaldığının göstergesidir. (Aydın ve Soylu, 2018).

Sonuç olarak dijital alt yapı, endüstriyel alt yapı, eğitimdeki eksikler, Ar-Ge'deki eksiklikler ile birleşince belirlenen uzun vadeli üretim stratejilerinin başarılı olamayacağını ve küresel rekabette belirlenen hedeflere varılamayacağını göstermektedir.

2.6 İş Sağlığı ve Güvenliğinde Akıllı Sistemler

Endüstri 4.0 merkezinde gelişen Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti, Siber Fiziksel Ortamlar, Kobotik, Yapay Zeka ve Simulasyon Teknolojileri üretimin yapıldığı alanlarda İş Organizasyonu, Mevzuat ve Düzenleyici Çerçeve, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri, Mesleki Risk Yönetimi hususunda pek çok katkı sağlamaktadır. Bu teknolojiler, Büyük Veriyi daha hızlı, özerk ve gerçek zamanlı olarak analiz etmeyi ve geçmiş verileri güncel verilerle birleştirerek, üretim süreci boyunca gerçek zamanlı karar verme süreci geliştirilebilir. Şekil 2.34'de, Endüstri 4.0 bileşenlerinin iş sağlığı ve güvenliğine verdiği temel katkılar gösterilmektedir. Bu durum endüstriyel sistemlerin performans, güvenlik, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik açısından oldukça pozitif sonuçlar almasına sebep olmaktadır (Vogl, 2016). Ayrıca bu teknolojiler, akıllı üretim ile ilgili yeni karar stratejilerinin geliştirilmesi, makinelerin bakım ve yönetimi için fırsatlar sunmaktadır (Lira ve Borsato, 2016). Üretimde dijitalleşmenin sağladığı bu önemli katkı hem ürün kalitesinin artmasına hem de çalışanların güven içerisinde çalışmasına sebep olur. Elbette risksiz fabrika yoktur, ancak fabrika üretim döngüsü içerisinde sağlık ve güvenliğe ilişkin göreceli riskleri tanımlamak, tespit etmek, izlemek ve yönetmek için teknik, organizasyonel ve çağın teknolojilerine sahip bir fabrikayı gerçekleştirmek konuya ilişkin birçok problemin çözümünü sağlayabilir.



Şekil 2.34 Akıllı iş sağlığı ve güvenliği sistemlerinin bileşenleri (Badri vd, 2018)

Avrupa, Geleceğin Fabrikaları (FoF) konseptine uygun FASyS (Kesinlikle Güvenli ve Sağlıklı Fabrika) projesini uygulamaya sokarak, işçi sağlığına ve güvenliğine yönelik riskleri en aza indirmeyi hedefleyen yeni bir fabrika modeli geliştirmektedir. Teknoloji'nin sağladığı imkânları kullanarak, çalışan odaklı geliştirilen bu yeni sistemle, çalışanlar için daha güvenli bir ortam oluşturulurken kaza sayısı önemli ölçüde azaltılabilir. Bu şekilde maliyetler düşürülerek firmanın ekonomisine çok önemli katkı sağlanır ayrıca güven ortamının en yüksek seviyeden tahsis edildiği bu ortamlarda çalışanlar kendilerini daha rahat hissetmelerine böylece verimliliğin artmasına sebep olur (Roadmap, 2010).

2.6.1 Endüstri 4.0'ın İş Sağlığı ve Güvenliğinde Kullanılan Bileşenleri

Endüstri 4.0'ın teknoloji tabanlı bileşenlerinden Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti, Kobotlar, Yapay Zeka başta olmak üzere birçoğu iş sağlığı ve güvenliğinde kullanılmaktadır.

2.6.1.1 Büyük veri (BD)

Muhakeme ve akıl yürütme süreçlerinin en önemli parçası veri olarak adlandırılan bilgi öbekleridir. Her geçen gün etki ve kapsamını artıran teknolojinin sağladığı en büyük

imkânların başında yüksek miktarda veri elde etme ve onu sağlıklı kullanmadaki katkı gelmektedir. İlk olarak analist Doug Laney tarafından 2001'de yayınlanan bir raporda tanımlanan Büyük Veri, bilgi edinme, makine öğrenim projelerinde ve ileri analitik uygulamalarında kullanılma potansiyeline sahip, büyük miktarda yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verileri tanımlayan bir terimdir. Büyük Veri genellikle veri hacmi, geniş çeşitlilikteki veri tipleri ve verilerin işlenmesi için gereken hız ile karakterize edilir. Bunlara ek olarak doğruluk, değer ve değişkenlik gibi özelliklerde Büyük Veri açısından oldukça önemlidir. Herhangi özel hacme denk olmayan bu terim genellikle Terabayt, Petabayt ve hatta Exabyte'larca veriyi tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu tür geniş hacimli veriler, ticari işlem sistemleri, müşteri veri tabanları, tıbbi kayıtlar, internet tıklama günlükleri, mobil uygulamalar, sosyal ağlar, bilimsel deneylerden toplanan sonuçları, kullanılan makine verileri ve gerçek zamanlı veri sensörleri gibi sayısız farklı kaynaktan elde edilebilir.

Büyük Veri geniş aralıkları, karmaşık yapısı ve boyutu nedeniyle geleneksel veri işleme yöntemleri tarafından kullanılmayacak bir yapıya sahiptir (Kang, vd., 2016) Büyük Veriden faydalanmak isteyen kuruluşlar, Yarn, Hadoop ve Spark'ın yanı sıra yaygın olarak kullanılan Apache açık kaynak teknolojilerinin bulut teknolojileri ile desteklenen Cloudera, Hortonworks ve MapR Technologies gibi büyük veri platformlarını kullanabilirler. Bununla birlikte, Cloudera ve Hortonworks Ekim 2018'de bir araya gelmeye karar vermeleri mevcut tesis içi platformların sayısını ikiye düşürmüştür. Daha detaylı değerlendirilir ise şirketler yerleşik kaynak yöneticisi ve iş zamanlayıcısı Hadoop'u; programlama çerçevesinde MapReduce, mesajlaşma ve veri aktarım platformu olarak Kafka, veritabanı olarak HBase, SQL-on-Hadoop, sorgu motorları olarak da Drill, Hive, Impala ve Presto gibi uygulamaları tercih edebilirler (Rouse, 2018)

Kullanım alanlarına bakıldığında Telekomünikasyon, Finansal Hizmetler, Kamu Yönetimi, Perakende, Sağlık, İmalat, Medya ve Eğlence Sektörleri gibi geniş bir yelpazede hizmetler sunan Büyük Veri pek çok açıdan kullanıcılara avantaj sağlar.

İşletmelerin Büyük Veriyi gerçek zamanlı olarak kullanmasının avantajları incelendiğinde:

- Kuruluş içindeki hatalar anında belirlenir. Hatalarla ilgili gerçek zamanlı bilgiler, şirketlerin operasyonel bir sorunun etkilerini azaltmak için hızlı bir şekilde tepki vermesine yardımcı olur.
- Gerçek zamanlı büyük veri analizi ile sektörde rakipler ile ilgili değişimleri anlık takip etmeyi ve uygun stratejiler geliştirerek pazarda sürekli rekabet halinde kalmayı sağlar.
- Güvenlik önlemleri açısından oldukça avantaj sağlar, herhangi bir dolandırıcılık gerçekleştiği anda tespit edilebilir ve hasarı sınırlamak için uygun önlemler alınabilir.
- Gerçek zamanlı büyük veri analizi araçlarının uygulanması pahalı olabilir, fakat uzun vadede maliyet yükünü azaltarak önemli bir oranda kazanç sağlar.
- Gerçek zamanlı analizler, satışların tam olarak nasıl gerçekleştiğinin anlaşılmasını sağlar, böylelikle satıcı gelir kaybını önlemek için harekete geçebilir. Dolayısı ile daha iyi satış öngörülerinin oluşmasına sebep olur.
- Promosyonlar veya müşteri hareketleri hakkındaki bilgiler, gelen ve giden müşteri eğilimleri hakkında değerli bilgiler sağlar. Müşteriye daha uygun olan gerçek zamanlı analizlerle daha hızlı kararlar alınabilmesini ve müşteri eğilimlerine uyum sağlamaya yardımcı olur. (Rijmenam, 2015).

Büyük Veri iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilecek olursa; Şirketler tarafından kayıt altına alınan işçi sağlığı ve güvenliğine dair veriler genellikle uzun periyotlarda depolanan ve yalnızca belirli bir anda bir kişinin fiziksel durumuna atıfta bulunan küçük miktarda verilerden ibarettir. Dolayısı ile çalışma alanları ve çalışanlar hakkında elde edilen veriler tam olarak iş sağlığını ve güvenliğini sağlayacak kapasiteye sahip değildir. Bu nedenle gelecekteki çalışmalar, fabrikayı daha güvenli hale getirmek ve kaza sayısını önemli ölçüde azaltmak için yeni teknolojik uygulamalara odaklanmalıdır.

İşyeri bina ve eklentileri, işyerinde yürütülen faaliyetler ile ilgili iş ve işlemler, üretim süreç ve teknikleri, iş ekipmanları, kullanılan maddeler, atık ve atıklarla ilgili işlemler, organizasyon ve hiyerarşik yapı, görev, yetki ve sorumluluklar, çalışanların eğitim, yaş, cinsiyet ve benzeri özellikleri ile sağlık gözetimi kayıtları gibi verilerin anlık gözlenmesi iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesinde kilit role sahiptir. Fakat bu tür verilerin anlık depolanması ve işlenmesi geniş hacimlere ulaşmaktadır. Yüksek hacimli

veriler CEP, Proses Madenciliği, ECA gibi sistemler ile sınıflandırılarak çalışanlarla ilişkili alarmlar oluşturulmaktadır. Böylece hem çalışma ortamında bulunan fiziksel riskler hem de çalışanların sağlığını tehdit eden sorunlar tespit edilerek anında müdahale sağlanır.

2.6.1.2 Nesnelerin interneti (IoT)

Nesnelerin bilgisayar aracılığıyla özellikle internet üzerinden kendi aralarında doğrudan veya dolaylı olarak veri toplayabildiği, işleyebildiği ve değiş tokuş edebildiği teknolojileri kapsayan Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramı; ilk olarak 1999 yılında Radyofrekans Tanımlama Teknolojisi (RFID) bağlamında, Massachusetts Institute of Technology'den K. Ashton tarafından kullanıldı (Ashton, 2009). Nesnelerin İnterneti her geçen gün yelpazesini ve kapsamını artırırken yapılan bazı çalışmalar 2020 yılına kadar dünya çapında 26 milyar cihazın bu teknolojiden faydalanacağını öngörmektedir (Middleton, vd., 2013). Böylece IoT, daha karmaşık fonksiyonlara sahip akıllı ortamların gelişimi için daha fazla teknolojik yetenek yaratacaktır. Günümüzde bu teknoloji ile vücudunda kalp implantı bulunan bir insan, izleme yongası taşıyan bir hayvan, hatta tekerlerinin hava oranı gözlemlenen bir taşıt gibi doğal veya insan üretimi nesnelere hakkında bilgi akışı sağlanabilmektedir (Köroğlu, 2015).

Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin endüstride kullanımı sensörler, aktüatörler, kontrol sistemleri, üretim ve tedarik zinciri ağlarının gerçek zamanlı optimizasyonu üzerinedir. Süreç endüstrilerinde gelişmiş verimliliği ve güvenli dağıtım sistemini elde etmek için dijital kontrolörler kullanarak süreç incelemesi, hizmet bilgi sistemleri ve operatör araçları otomatik hale getirilir. Bu teknoloji sayesinde daha hassas ölçümler yapılabilmekte ayrıca bu ölçümler sayesinde çevre ve çalışan arasındaki ilişki tam olarak gözlemlenebilmektedir. Nesnelerin İnterneti teknolojisi, işçi sağlığı ve güvenliği noktasında da oldukça önemli katkılar sunmaktadır. Giyilebilir teknoloji ve vücut sensörleri aracılığı ile çalışanların fiziksel aktivitelerinin gözlemlenebiliyor olması işçi sağlığı açısından oldukça önemlidir. Şekil 2.35'de IoT sistemlerinin işçi sağlığı ve güvenliğinde kullanımının bir örneği yansıtılmaktadır. Bununla birlikte, sensörleri birbirine bağlamak, çoklu olayları ve verileri entegre bir şekilde kontrol etmek, iletişim, mantıksal ve anlamsal işleme açısından oldukça zordur. Bu amaca ulaşmak, Kapsamlı Hizmet Kalitesi (QoS), gelişmiş akıl yürütme yetenekleri, risk azaltma, işçi bilgilendirme

ve eğitimine daha özerk cevap veren yaygın algılama, dağıtılmış ve her yerde iletişim yetenekleri için uygun platform ve teknolojik alt yapı oldukça önemlidir.

Fabrikada meydana gelen her şey, tüm elemanların konumuna kadar izlenmeli ve otomatik önleyici faaliyetlerle potansiyel riskler öngörülmalıdır (Sas, ve Suarez, 2014). Bu hedeflere ulaşmak, Nesnelerin İnternetinin endüstriyel ortamlara entegrasyonu, dağıtılmış mobil sensörlerin uzaktan kumanda sensörlerine bağlanması ile gerçekleştirilebilir. Endüstriyel kablosuz iletişim sistemlerinin mimarisi ve yönetimi, mükemmel kapsama ve gerçek zamanlı olarak en uygun bilgi toplanmasına ulaşmak için kilit faktörlerdir (Atzori, vd., 2010).

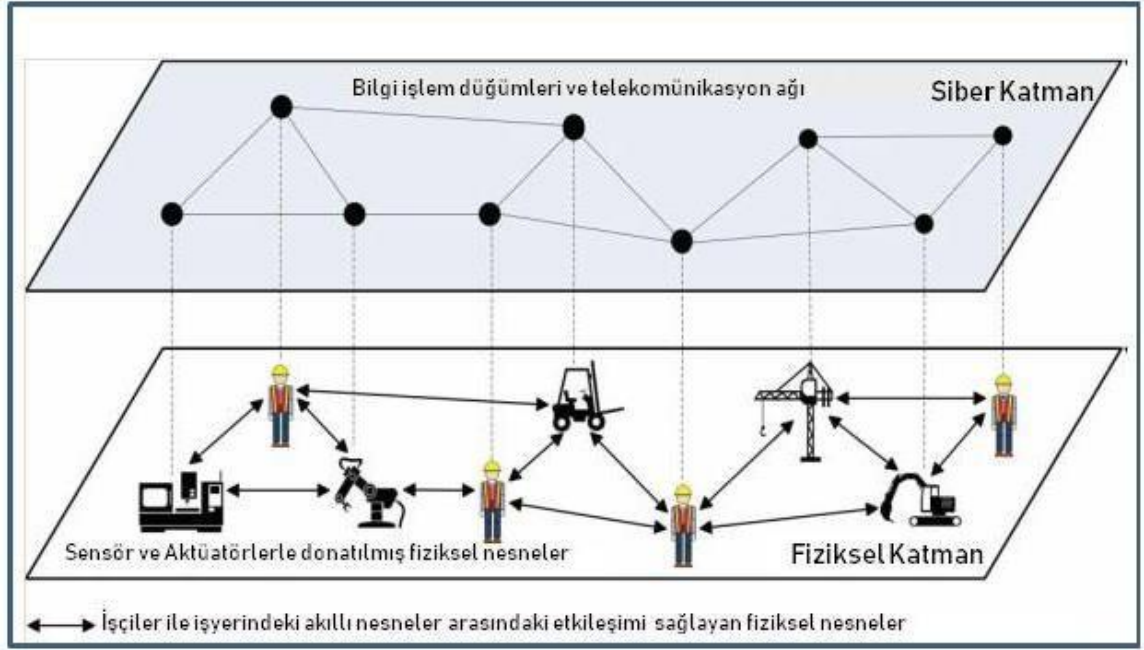


Şekil 2.35 Personel koruyucu donanımlarda nesnelerin interneti teknolojisinin kullanımı (Wu, vd., 2018)

2.6.1.3 Siber-fiziksel sistemler (CPS)

Bu kavram, birbirine bağlı veya özerk olan çeşitli uygulamalarda fiziksel bileşenlerin ve işlemlerin hesaplanmasını, izlenmesini, kontrol edilmesini sağlayan gömülü akıllı bilişim sistemleri ifade eder. Anlamsal olarak, siber-fiziksel sistemler, akıllı ortamların bilgisayar işlevini uygulayan, iletişim, izleme ve kontrolü sağlayan bir tür motordur. Böylece belirli bir ortam akıllı modda çalışabilir. Genel olarak, siber-fiziksel sistemler kavramı birbiriyle ayrılmaz birbirine bağlı fiziksel ve siber iki katmandan oluşan bir soyutlama altyapısı olarak gösterilebilir. Fiziksel katman, çalışma alanında bulunan, belirli görevleri gerçekleştiren fiziksel nesnelere oluşur. Bu nesnelere uygun sensörler ve aktüatörler ile donatılabilir veya kendileri bu sensörler ve aktüatörleri

oluşturabilmektedir. Şekil 2.36'da sembolik olarak sunulan fiziksel katman nesnelerinin örnekleri, bazı akıllı işyerlerinde birbirleriyle etkileşime girebilen işçiler ve çeşitli makinelerdir. Siber katman ise, uzamsal olarak dağıtılmış hesaplama ve iletişim düğümleri açısından oluşur. Fiziksel ortamda bulunan sensörlere veya aktüatörlere doğrudan bağlanabilmektedir. Ayrıca siber katmanın; sensörler ve aktüatörlerin sırasıyla vericiler, alıcılar ve veri işleme birimleri ile iletişim kurduğu, belirli bir akıllı ortamı izlemek ve kontrol etmek için verilerin akışını ve işlenmesini sağladığı varsayılmaktadır (Podgorski, 2017).



Şekil 2.36 Siber- Fiziksel Sistemlerin temsili yapısı (Podgorski, 2017)

2.6.1.4 Kobotlar

İşbirlikçi robot anlamında kullanılan bu teknoloji, işçilere kolaylık ve güvenlik sağlamak için tasarlanmışlardır. Daha açık ifade etmek gerekirse Kobotlar; çalıştırılması haftalar süren geleneksel endüstriyel robotların aksine, kurulum süresi sadece birkaç saatte yapılabilen, kurmak ve işletmek için programlama uzmanlığına ihtiyaç duyulmayan, çok fazla alan kaplamadan esnek, mobil, farklı uygulamaları desteklemek için yerinin kolayca değiştirilebildiği, iş güvenliği açısından oldukça önemli katkı sunabilen robotlardır.

2.6.2 Akıllı Sistemlerin İnsan Emeği ve İş Organizasyonu Üzerindeki Etkileri

Teknolojideki gelişim endüstriyel süreçleri değiştirmiş küresel çapta, dijital dönüşüm eğilimini yaratmıştır. Endüstrideki dönüşümler pek çok toplumsal konuya etki etse de bu

süreçten en çok etkilenen iş gücü piyasasıdır. Bu çerçevede, yakın gelecekte akıllı sistemlerin hem işgücü hem de iş organizasyonu üzerinde büyük etkilere yol açması ve insan faktörünün birçok endüstriyel değer zincirinde yer alma ve katma değer yaratma şeklini değiştirmesi mümkündür (Bauernhansl, 2014). Bunun sadece düşük vasıflı işçiler ve onların operasyonel atölye faaliyetleri için değil, aynı zamanda yüksek vasıflı beyaz yakalı ve yönetim temsilcilerini de kapsadığı öngörülmektedir.

Bu konu üzerine Frey ve Osborne, mesleklerin bilgisayarlaşmaya ne kadar duyarlı olduğu sorusunu ele aldıkları bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada; Gaussian işlem sınıflandırıcı kullanarak, risk altındaki potansiyel işleri analiz etmek ve bilgisayarlaşma olasılığı, ücretler ve eğitim kazanımı arasındaki potansiyel korelasyonları değerlendirmek amacıyla ABD işgücü piyasasında 702 detaylı meslek için bilgisayarlaşma olasılığını tahmin etmeye çalışmışlardır (Frey ve Osborne, 2013). Bilgisayar sistemlerinin etki edeceği meslek grupları, telefon pazarlamacıları için yüzde 99 ile eğlence terapistleri için yüzde 0, 28 arasında değişmektedir. Çalışmalarının ana sonucu, ABD'deki işlerin % 47'sinin bilgisayarlaştırma yoluyla gereksiz olma riskine maruz kalmasıdır. Frey ve Osborne, bir mesleğin bilgisayarlaşma olasılığı ile ücretleri ve eğitim kazanımı arasında güçlü bir negatif korelasyon olduğuna dair kanıt sağladılar, konuya ilişkin yapılan farklı çalışmalarda da belirtilen, bilgisayarlaşma riskinin düşük vasıflı işler için özellikle belirgin olduğu iddiasını desteklemişlerdir (Frey ve Osborne, 2013).

Yapılan çalışmalar en temelde iki farklı durum üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunlardan biri iş piyasasının süreçten olumsuz etkileneceği yönündedir. İkinci düşünceye göre ise her ne kadar değişim süreci birçok mesleği etkilese de yaratacağı ekonomik avantaj ve yeni meslek grupları ile iş piyasasının çok fazla zarar görmeyeceği şeklindedir. Martin Ford'un konuya ilişkin çalışmaları ilk düşünceyi gayet güzel açıklamaktadır. Siber fiziksel sistemlerin ve bilgisayar teknolojisinin hızla artan yeteneklerinin insan istihdamı ve iş organizasyonu üzerindeki etkilerini içeren kapsamlı bir senaryo tasarlayan çalışmacı, üretim otomasyonunda devam eden ilerleme ve gelişmiş ticari robotların piyasaya sürülmesi, düşük vasıflı işçiler için aynı anda fırsatları azaltacağını savunmuştur. Bunun yanı sıra teknolojik ilerlemenin acımasız olduğuna makine ve bilgisayarların sonunda ortalama işçinin çoğu rutin görevini yerine getirme becerisine sahip olacaklarını veya bu becerilerden daha ileri bir noktaya ulaşabileceğini öngörmektedir. Ford, bu gelişimin sonucunun, lise diploması olmayan işçilerden üniversite mezunu olanlara kadar hemen

hemen her seviyede işgücünü etkileyebilecek yapısal işsizlik olabileceği sonucuna varmıştır (Ford, 2009).

Akıllı Üretim Sistemlerinin olası sonuçlarına dair ikinci düşünceyi, Boston Consulting Group (B.C.G)'un yaptığı bir çalışmadaki sonuçlarla özetlemek gayet makul olacaktır. B.C.G Endüstri 4.0 teknolojilerinden kaynaklanan sonuçlara dayanarak ve siber fiziksel sistemlerin kullanılmasının teknik uzmanlığa sahip önemli miktarda ek çalışan gerektireceği gerçeğinden yola çıkarak olumlu sonuçlara ulaşmıştır. Sadece makine mühendisliği ve inşaat alanında bile 10 yıl içinde 100.000'den fazla yeni iş yaratılabileceğini öngören bu çalışma. Çalışanlar için Bilişim Teknolojilerinin ve programlama becerilerinin artan önemine işaret etmektedir (Maier ve Student, 2014).

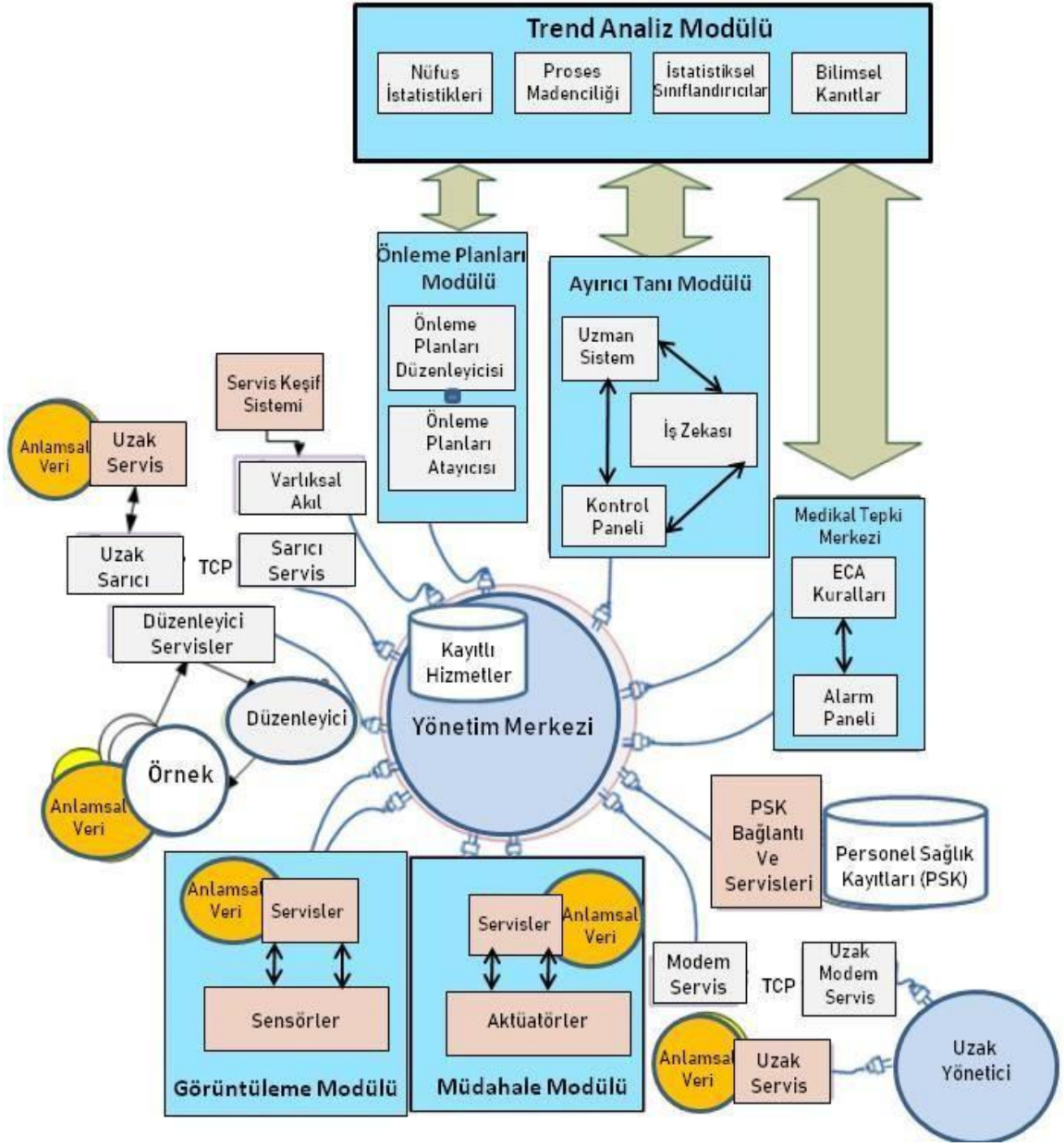
2.6.3 Akıllı İş Sağlığı ve Güvenliği Sistemlerinde Örnek Bir Uygulama; FasyS Modeli (Kesinlikle güvenli ve sağlıklı fabrika)

Avrupa 2020 yılına kadar meydana gelen iş kazalarını %25 azaltmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda işçi sağlığı ve güvenliğini ön plana alarak geliştirilen bu model bu amaca ulaşmada kilit rol üstlenebilir. Bu modelde Bilişim Teknolojileri ve Kablosuz İletişim Teknolojileri, çalışma ortamını ve çalışanların sağlık ve güvenlik koşullarını sürekli olarak algılayabilmektedir (Roadmap, 2010).

FASyS sadece risklerin tespiti ile ilgilenmekle kalmamakta, aynı zamanda kişiselleştirilmiş karar destek araçlarıyla güvenlik ve sağlık yöneticisi tarafından seçilen önleyici faaliyetlerin başlatılmasını ve uygulanmasını desteklemektedir. Bu, hizmetlerin tasarlanan eylemleri, akıllı nesnelere aracılığıyla gerçekleştirilmesi için mesaj alışverişinde bulunduğu servis odaklı bir akış şeması gereklidir. Sistemin etkili çalışması bu akış şemasının, uygun ve acil durum senaryolarına hazırlıklı olmasına bağlıdır. Böylece farklı durumlara göre değişkenlik gösterebilen akış şemaları sistemin başarısında oldukça önemlidir. Değişen ortamı ele almak için FASyS, servis topolojisini kontrol etmeye odaklanan koreografi tekniklerini kullanarak oldukça etkili bir mesajlaşma ve servis yönetimi çözümü önermiştir. Böylece FASyS, reaksiyonlarını mevcut hizmetlere istediği zaman adapte edebilir ve ele alınacak riskin önceliğine ve işletme veri yolundaki servis yüküne dayanarak mümkün olan en iyi servis performansını sağlayabilir (Gisbert, vd., 2014).

FASyS mimarisi incelendiğinde; çalışma ortamından ve onunla bağlantılı parametrelerinden bilgi almak için, sensörleri, hizmetleri hataya dayanıklı ve merkezi olmayan bir şekilde birbirine bağlamak gerekmektedir. Karmaşık ve birbirine bağlı olan bu süreç, hizmetler koreografisi kullanılarak çözülebilir. Bu, düzenlenmiş işlemlerin bağımsız olduğu ve yürütme akışlarını tanımlamak için birbirleriyle iletişim kurabilecekleri anlamına gelir. Bu model dinamik olarak hizmetleri bağlamayı ve bağlantısını kesmeyi kolaylaştırır.

Bu sistem aynı zamanda farklı türden sensörler ve yapılandırmalar kullanabilme özelliğine sahiptir. Bu durum Şekil 2.37'de gösterilmiştir. Servisleri birbirine bağlamak için koreografinin kullanılması, servislerin birbirlerini anlamalarını sağlamak için ortak bir değişim dili kullanılmasını da gerektirir. Bu ise, semantik katman içeren bir mimariyle yapılabilir. Ontolojiler, kavramları resmi olarak tanımlamak için bir çözümdür. Somut olarak, bir ontoloji paylaşılan bir kavramsallaştırmanın resmi ve açık bir özelliğidir. Nesne ve / veya kavramların türünü, özelliklerini ve ilişkilerini modellemek için kullanılacak ortak bir kelime hazinesi sağlar. Sebepler, anlambilimin ontolojik tanımlamaya çalışmasına izin veren yazılım uygulamalarıdır (Fernández, 2010). Bu teknolojiyi kullanarak, algılayıcıları ve veri hizmetlerini semantik olarak tanımlamak mümkündür, bu da onlara toplanan verileri ve hizmet eylemlerini daha iyi anlamalarını sağlar. Sensörlerden gelen verileri tanımlamak için ontolojiler ve muhakeme hizmetlerinin kullanılması, daha kesin bir yorum elde etmeyi ve herhangi bir zamanda mevcut olan sensörleri ve hizmetleri otomatik olarak tespit etmeyi mümkün kılar. Gerçekleştirilecek eylemi ve ardından gelen akışı tanımlayan standartları grafiksel olarak göstermek için iş akışlarını kullanmak mümkündür. Bunlar otomatikleştirilecek sürecin resmi şeklidir. Bazı iş akışı dilleri otomatik olarak yürütülebilir. Bu bir iş akışı yorumu olarak bilinir. İş akışının otomatik yorumu, iş akışında açıklanan eylemleri sırayla ve içinde belirtilen türetme kuralları ile tamamlayabilen bir iş akışı motoru tarafından yapılır. İş akışları, programlama konusunda uzman olmayan kişiler tarafından kullanılabilir. Bu nedenle ve bu modüller sayesinde çalışanlar otomatik olarak yürütülecek protokolleri tasarlayabilir ve değiştirebilir (Piqueras, vd, 2011).



Şekil 2.37 FASyS mimarisi (Piqueras, . vd, 2011)

2.6.4 Akıllı İş Sağlığı Güvenliği Sistemlerinin Eksiklikleri

Akıllı sistemlerin, çalışma alanlarında kullanılması birçok değişime yol açmıştır. Değişimlerin mutlak kazanç anlamına gelmeyeceği önceki bölümlerde vurgulanmış, tedarik zincirine entegre edilen yeni sayılabilecek, karmaşık sistemlerin beklenen etkiyi yaratması için izlenmesi gereken yollar belirtilmiştir. Üretimde dijitalleşmeye yönelik atılan adımlar incelendiğine iş sağlığı ve güvenliği yönünden bazı eksiklikler, riskler taşıdığı gözlemlenmiştir.

Yeni sistemler (Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim vb.) endüstriyel alanlarda kullanılan bir önceki nesle uygulanan standartların aynısına tabii tutulamaz. Bu standartların yenilenerek, mevcut sistemlerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden eksiklerinin giderilmesi gerekmektedir. Ayrıca iş dünyasında uygulamaları yönlendirmek için geliştirilen İSG yönetim çerçeveleri (OHSAS 18001, CSA Z1000-06, Z1002-12, vb.) geliştirilmiştir. Bunlar, endüstriyel faaliyetlere özgü kaza önleme, eğitim, acil durumlar ve yasal gereklilikleri yönetmek için genel bir rehber sunmaktadır. Tanım olarak, sürekli iyileştirme modeline dayanarak, bu çerçeveler daha esnek olmalı ve bu nedenle Endüstri 4.0 tarafından getirilen değişiklikleri izlemeye daha uygun hale getirilmelidir.

Endüstri 4.0 bileşenleri ile ilgili en çok belgelenen sorunlardan biri, kontrol arabirimlerinin ergonomisi ve insan-makine etkileşimleri ile ilgilidir. Yakın zamana kadar, robotlar korunan alanlarda, programlanmış ve önceden test edilmiş buna bağlı olarak onaylanmış dizilere göre hareket ettirilmekteydi. Bu duruma ilişkin risklerin tanımlanması ve kontrol edilmesi nispeten kolaydı. Buna karşılık, işçilerle yakın etkileşim içinde her türlü görevi gerçekleştiren daha esnek ve mobil kobotlar, çok daha az tahmin edilebilir risk yelpazesini temsil etmektedirler. Bu tür otonom cihazların güvenilirliği, çevrenin karmaşıklığı arttıkça daha da zorlaşmaktadır. Dijital endüstriyel alanlarda bir diğer önemli sorun çalışma alanından toplanan veriler ile ilgilidir. Geniş hacimlere ulaşan verilerden nitelik yaratmak yani hangi verilerin kullanılacağını belirlemek Büyük Veri için önemli bir sorun olsa da, kazaların önlenmesi gibi bir görevi bulunan iş sağlığı ve güvenliği alanı için çok daha farklı ve küçümsenmeyecek bir sorun teşkil etmektedir (Badri vd, 2018).

2.7 Endüstri 4.0'ın Yangın Güvenliğinde Kullanılan Bileşenleri

Endüstriyel alanlarda bulunan önemli risklerden birisi de yangındır. Şekil 2.38'de üretim şeklinin ve kullanılan araçların değişmesi yani endüstrideki dönüşümler, yangın için alınan önlemleri de etkilemiş, zamanın koşul ve teknolojisine göre değişim göstermiştir. Basit ihmallerin çok ağır sonuçlar ortaya çıkaracağı bu sorun ile ilgili ne yapılması gerektiği, nasıl önlem alınması gerektiği Yangın Güvenliği ve Yangın Müdahale Sistemleri bölümünde bahsedilmiştir.



Şekil 2.38 Yangından korunmanın endüstriyel süreçlere göre evrimi

Akıllı şehir ve üretim hizmetlerinin güvenliği için yüksek doğruluk ve hassasiyete sahip yangın algılama sistemleri çok önemlidir. Eski yangın algılama sistemleri düşük hassasiyette çalışıp tek bir senaryo üzerinden müdahale gerçekleştirdiğinden yangınla mücadelede oldukça büyük sorunların yaşanmasına neden olmuştur. Hatta birçok dedektör çok fazla yanlış algılamada bulunduğundan operatörler tarafından devre dışı bırakılmış bu durum daha büyük sorunlara yol açmıştır.

Akıllı sistemler kullanılarak tasarlanmış yangın önleme ve müdahale sistemleri başta dinamik eşik değeri olmak üzere onarım ve kullanım açısından birçok avantaja sahiptir. Böylece özellikle yangın açısından yüksek risk barındıran, müdahalenin zor olduğu noktalarda kullanılması önemli katkı sağlayabilir. Robotlar, Yapay Zekâ uygulamaları, Görüntü İşleme Sistemleri, Nesnelerin İnterneti, Derin Öğrenme gibi teknoloji odaklı uygulamalar yangın algılamada bir sistemin parçası olarak çalışabileceği gibi, birbirinden bağımsız olarak da kullanılabilir. Akıllı sistemlerin yangına müdahaledeki rolü incelendiğinde;

2.7.1 Robotlar

Yangınların çıkış noktaları birbirlerinden farklıdır dolayısı ile yapılarda, araçlarda, hatta ormanlık alanlarda meydana gelebilmektedirler. Birbirinden çok farklı alanlar kendi içinde birçok problem barındırır bu problemler ve yangına müdahalede yaşanan sıkıntılardan dolayı özellikle itfaiye birimlerini desteklemek için çeşitli robotik sistemler geliştirilmektedir. Robotik sistem, ortamı algılamak için sensörler, çevreyi temel alan robotu kontrol etmek için bilgisayar programları ve robotun çalışmasına yardımcı olmak için bir insan operatör kullanarak görev yapan mekanik bir cihazdır.

Yangınla mücadele için geliştirilen robotlar temel olarak sabit sistemler ve mobil sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Otomatik yangın monitörleri gibi sabit sistemler, yangın tehlikesi yüksek olan ve hızlı müdahale gerektiren uçak pistleri, eşya deposu ve tüneller gibi alanlarda uygulanmaktadır. Bu sistemler, söndürme donanımlarını ateşin üzerine hedeflemek için Ultraviyole ve / veya İnfrared sensörlere sahiptirler. Mobil sistemler ise, operatöre navigasyonda yardımcı olmak ve daha geniş kapsamlı görevleri yerine getirmek için daha gelişmiş özelliklere sahiptir (Tan, 2013).

Dış mekân zemin tabanlı mobil robotik sistemler, ağırlıklı olarak bir operatör tarafından uzaktan kumanda edilen ve yerleşik söndürme sistemlerine sahip araçlardır. Dış mekân yangınla mücadele için geliştirilen yer tabanlı mobil robotik sistem örnekleri Şekil 2.39 'de görülmektedir. Robotlar aküler veya dizel motor ile çalışmaktadır. Robotlara monte edilmiş söndürme sistemleri, su bazlı yangın monitörleri, köpük nozulları, daha fazla hareket alanı için eklemlili kollardaki nozulları ve su sisi sistemini içermektedir. Uzaktan kumanda işlemine ek olarak, Bu sistemler, navigasyon ve yangın söndürme konusunda yardımcı olmak için robottaki sensörlerden operatöre bilgi iletmek için kablosuz bir bağlantı kullanır. Robotlardaki sensörler, engelleri önlemek için görsel kameralar, infrared kameralar, gaz yoğunlaşma sensörleri ve telemetreler içermektedir.



Şekil 2.39 Yangın söndürmede kullanılan mobil söndürme robotları (Brian, 2016)

Özellikle yapılarda meydana gelen yangınlar; müdahale birimleri için çok önemli riskler barındırır. Bu risklerin azaltılması ve müdahalenin daha sağlıklı yapılması için insansız robotlar tasarlanmıştır. Günümüzde operatör yardımı ile kullanılan modellerinin yanı sıra gittikçe gelişen karar destek birimleri ile özerk hale gelen yarı otonom modeller de bulunmaktadır. Ayrıca bu gelişim sürecinde hareket kabiliyetinin artması ile yangın alanında daha fazla sorumluluk üstlenen robotlar hem yangın söndürme hem de hayat kurtarmada önemli katkılar sağlamıştır.

İnsansız yangın müdahale robotları incelendiğinde; ilk dikkat çeken, Amerika Birleşik Devletleri Donanması Gemileri Özerk Yangın Söndürme Robotu Programı (SAFFİR) tarafından geliştirilen Taktik Tehlikeli Operasyon Robotu anlamına gelen THOR'dur. Bu robot; itfaiyecilere acil durum operasyonlarında vanalar ve kapıların açılması, merdivenlerin kullanılması, yangın hortumlarının çalıştırılması gibi görevlerde yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Sahip olduğu stereoskopik IR termal görüntüleme cihazları sayesinde duman veya yangının çeşidi ne olursa olsun hedefin uzaklığını ölçebilme ve dönen lazer telemetreyle (LIDAR) ise hedefle arasındaki engelleri belirleme yeteneğine de sahip olan bu robot tutma, kavrama ve hareket becerileri sayesinde oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. (Butterman, 2015) Şekil 2.40'de THOR robotunun müdahale ekipmanları ile yangın söndürmeye çalıştığı bir kare paylaşılmaktadır. Şekil 2.41'de ise aynı robotun alet kavrama becerisi gösterilmektedir.

THOR yapılmaya başlandığı ilk günden geliştirilmeye ve becerileri artırılmaya devam etmesine rağmen özellikle özerk algılama ve karar verme noktasında eksiklikleri bulunmaktadır.

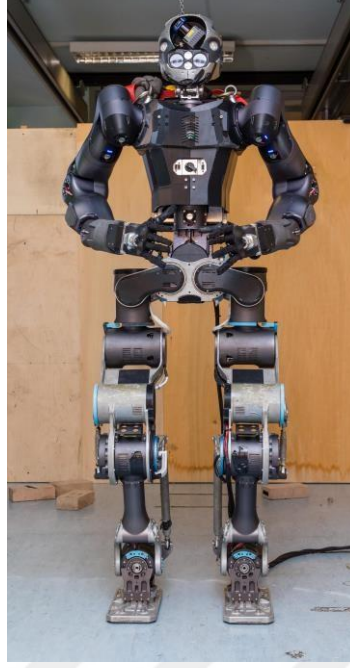


Şekil 2.40 THOR robotunun yangına müdahalesi (Butterman, 2015)



Şekil 2.41 THOR robotunun alet kullanma ve alet kavrama becerisi (Kisliuk ve Lin, 2015)

Yangınla mücadelede insansı robotlardan bir diğeri ise WALK-MAN'dir. Istituto Italiano di Tecnologia tarafından geliştirilen, 185 cm boyunda ve 225 kg ağırlığında oldukça ileri hareket kabiliyetine sahip olan bu robot, ağır cisimlerin uzun mesafelerde taşınması ile ön plana çıkmaktadır. Ayrıca güç kaynağından ayrıldığı anda yaklaşık 2 saat çalışacak bir bataryaya sahip olması keskin özelliklerinden biridir. Bu ve buna ek geliştirilebilir becerileri WALK-MAN robotunu sadece yangın müdahalesinde değil bütün acil müdahalelerde kullanılmasına olanak tanımaktadır (Cave, 2018). Şekil 2.42'de WALK-MAN robotu gösterilmektedir.



Şekil 2.42 WALK-MAN yangın ve acil durum müdahale robotu (Cave, 2018)

Yangınla mücadele uygulamaları için tasarlanan robotlarının birçoğu tam manada destek için yetersiz kalmaktadır. Yangınla mücadelede robotların gelecekteki kullanımı, robotun dayanıklılığına, çevre izleme ve algılama için yeterli sensörlere, görev yeteneklerine, maliyete, özerklik seviyesine ve hareket hızına bağlı olacaktır (Brian, 2016).

2.7.2 Yapay Zeka (AI) ve Makina Öğrenmesi (ML)

Yapay Zeka, algılama verilerinden elde edilen özellikleri kullanarak, sınıflandırılması zor olan durumların belirlenmesi için uygundur. Örneğin, Yapay Zeka toplanan verileri kullanarak çeşitli yangın durumlarının özelliklerini belirleyebilmekte ve gerçek yangın olaylarında karar vermek için bunları kullanabilmektedir. Makine Öğrenmesi (ML) AI'nın bir alt alanı olarak sınıflandırıldığından, ML, AI'nın özelliklerini devralır, makinelere veriden öğrenerek karar verebilme ve kullanıcıya göre belirlemek yerine algoritmaların fonksiyonel ağırlıklarını veya algoritma parametrelerini optimize etme yeteneği sağlamaktadır (Nguyen, 2008). Her ML algoritması, amaçlara bağlı olarak birbirinden farklı eğitim verileri kullanabilir. Bununla birlikte, ML'nin dinamik değişimlere adapte olması zordur çünkü ML değişkenlerinin değerleri öğrenme sonrası sabitlenmektedir ML ile ilgili bu problem sistem için sorun yaratabilmektedir. ML algoritmaları aynı hedefe dayalı farklı karar olasılıkları yarattığından, sonuçlar tek bir

algoritmadan daha iyi bir performans elde etmek için bir topluluk yönteminin karşılıklı tamamlayıcı faktörlerini içerebilmektedir (Pouyanfar, 2016).

Akıllı sistemlerin başarı oranı kullanılan bileşenlerin senkronize çalışmasına göre artmaktadır. Son yıllarda, yangınla mücadele için geliştirilen modeller; görüntüleme, algılama, karar verme ve müdahale sistemlerinin etkin kullanılmasına odaklanmaktadır. Konvolüsyonlu Sinir Ağı (CNN), görüntü verilerindeki özellikleri tespit ederek durumu analiz etmek için kullanılır. Bulanık algoritmalar ise üyelik işlevi kullanılarak net bir şekilde bölünmeyen her duruma bir yakınlık ifade eder. Bulanık algoritmanın üyelik işlevi çevre değiştiğinde aralığını değiştirebilir, ancak genel bulanık algoritma bu değişiklikleri görmezden gelir. Bu sorunu çözmek için, üyelik fonksiyonunu güncelleyebilen uyarlanabilir bazı bulanık algoritmalar vardır (Bui, 2017) Ancak, uyarlanabilir bulanık algoritma, sensör hataları nedeniyle istisna verileri filtrelemez, bu nedenle doğru sonuçlar elde etmez. Jang tarafından önerilen S-FDS yangınları tespit etmek için CNN, bulanık mantığı, sensör ve görüntü verilerini toplayan akıllı bir yangın algılama sistemidir (Jang, 2017). S-FDS, yangınları tespit etmek için bir CNN algoritması kullanarak görüntü verilerini önceden işlemektedir. Fakat, görüntüleri analiz eden CNN algoritması, kör noktalarda meydana gelen yangınları hızlı ve doğru bir şekilde tespit etmede başarılı olamamıştır. Bu problemi çözmek için görüntü verilerini analiz eden bulanık mantık ve heterojen sensör verilerinden yangın algılanmaya çalışılmış, fakat statik tabanlı algoritmalara dayandığı için pek başarılı olamamıştır.

Henüz yeni yapılan bir çalışmada ise araştırmacılar, statik tabanlı algoritmaların yarattığı düşük hassasiyet ve algılamadaki yavaşlık gibi problemleri çözmek adına MAI-FDS adında bir model geliştirmişlerdir. Çok işlevli Yapay Zekâ çerçevesinde şekillendirilen, yüksek esnekliğe sahip bu sistem görsel algılamada bulanık mantığa dayalı CNN uygulamalardan daha yüksek bir performans aldığı, sistemin genelinde yangın algılamada ise %95 verim elde edildiği söylenmiştir (Park, 2019).

Yapay Zekânın yangınla mücadelede bir diğer kullanımı da itfaiye birimleri içindir. Muhakeme, Çıkarım ve Sentez Sayesinde Bilgiyi Anlama Asistanı veya kısaca AUDREY, Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA) Jet İtme Laboratuvarı (JPL) tarafından geliştirilen, veri kaynaşmasını gerçekleştiren ve durumsal farkındalık sağlayan bir yazılım uygulamasıdır. Yapay Zekâ alanından ileri teknolojiler kullanan AUDREY,

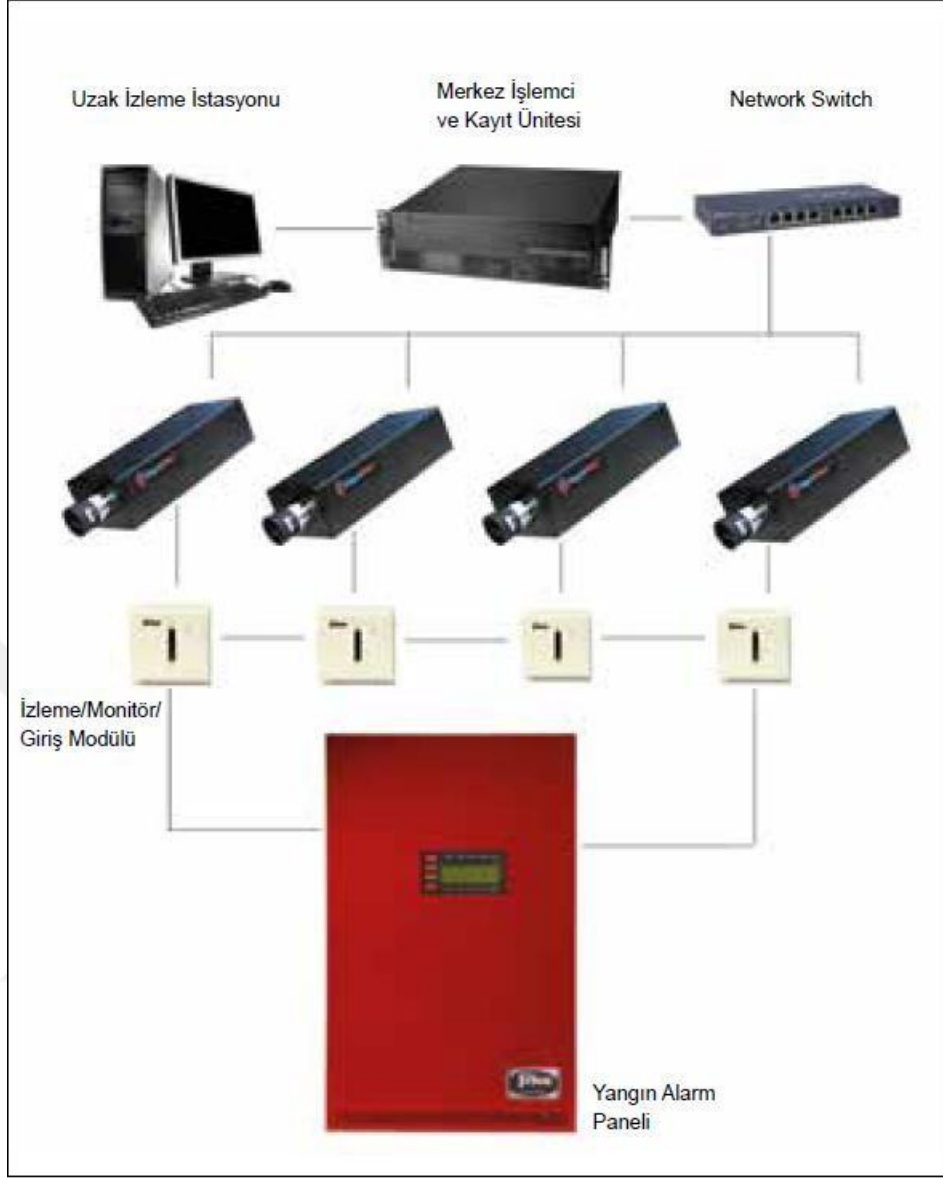
itfaiyecilere yardımcı olmak için maruz kaldıkları riskleri öğretmektedir (McKinzie, 2018).

2.7.3 Video Görüntüleme Sistemleri (VGA) ve Görüntü İşleme Teknolojisi (IP)

Son yıllarda büyük bir hızla gelişimini sürdüren sinyal işleme ve video görüntüleme teknolojileri çeşitli alanlarda birçok amaçla kullanılmaktadır. Kameralardan alınan görüntünün belirli bir konuma iletiildiği sistemler Kapalı Devre Televizyon (CCTV) olarak adlandırılır. Günümüzde CCTV, güvenlik ve suçla mücadele başta olmak üzere trafik izleme ve yönetme, işletmelerde ürün kalitesi kontrolü, toplu taşıma araçlarında servis kalitesi artırma, kaza ve tedbirsiz davranışların engellenmesi, kötü niyetli kişilerin tespiti, tiyatro, konferans salonu vb. alanlarda farklı yerlerden gösterim gibi birçok konuda hizmet vermektedir.

Video görüntüleme sistemlerinin, yangın algılamada kullanımı çok kısa bir süre öncesine kadar çok da başarılı sonuçlar ortaya koymamasından ötürü kullanımı yaygın değildi. Çünkü eski sistemler video işleme teknolojilerinin sınırlarından dolayı kameradan aldığı analog görüntüyü merkez ekipmana aktarmakta ve yangın algılama algoritması merkez işlemci üzerinde çalıştırmaktaydı. Fakat bu durum özellikle çok fazla kamera bulunan sistemler için çok büyük bir sıkıntı teşkil etmekteydi. Görüntüler operatörlere iletilmeden önce akıllı içerik analizi ile taranması gerekiyordu böylece operatörden kaynaklanan ihmaller engellenerek istenmeyen davranışlar ve olağandışı etkinlikler doğru bir şekilde tespit edilip zamanında müdahale edilebilecekti. Günümüzde analiz artık kamera üzerinde de yapılabilmekte ve alarm bilgisi direk kamera üzerindeki çıkışlar sayesinde merkez yangın alarm paneline aktarılabilmektedir. Yani kamera kendi başına çalışabilen optik alev dedektörüne benzer işlevi yerine getirebilmektedir.

Video görüntüleme sistemlerine dayalı yangın algılama sistemlerine dair standartlar ilk olarak 2007 yılında NFPA 72’de tanımlanmıştır. Geniş alan, algılama mesafesi, yükseklik, toz/kir gibi etkenlerden dolayı noktasal tip algılama dedektörlerinin kurulum ve kullanımının zor olduğu alanlarda başarılı sonuçlar alındığı için günümüzde tamamlayıcı sistem olmaktan çıkmış, birincil algılama sistemi olarak kullanılmaya başlamıştır. Şekil 2.43’ de VGA sistemlerinin genel mimarisi gösterilmektedir (Özzorlu, 2018).



Şekil 2.43 VGA sistemlerinin genel mimarisi (Özzorlu, 2018).

Bir sensör, görüntü işlemcisi ve bunlar arasında iletim yolundan oluşan bu sistemler, video görüntüsünün matematiksel algoritma analizine dayanır. Kameradaki video görüntüsü, duman ve / veya alevin (sistemin kapasitesine bağlı olarak) varlığını belirlemek için özel bir yazılım tarafından anlık olarak kontrol edilir. Böylelikle yangın çıktığı anda tespit edilebilir (Tranchard, 2017) Video yangın algılama sistemleri, kullanılan kameranın spektral aralığına, sistemin amacına (alev veya duman algılama), sistem aralığına göre sınıflandırılabilir (Çetin vd, 2013).

Günümüzde hızla büyüyen teknolojiler arasında yer alan Görüntü İşleme (IP), gelişmiş bir görüntü veya ondan bazı yararlı bilgiler elde etmek için görüntü üzerinde bazı

işlemleri gerçekleştirme yöntemidir. Mühendislik ve bilgisayar bilimlerinin temel araştırma konularından biri olan Görüntü İşleme; girişin bir görüntü ve çıktının görüntü veya bu görüntüyle ilgili özelliklerin olduğu bir sinyal işleme türü olarak da adlandırılabilir. Görüntü İşleme temel olarak; görüntünün elde edilip sisteme aktarılması, görüntünün analizi ve manipülasyonu, hangi sonuçta görüntünün değiştirilebileceği veya görüntü analizine dayanan raporu içeren üç adımda gerçekleştirilir.

Görüntü İşlemede; Analog ve Dijital olmak üzere iki tür yöntem kullanılmaktadır. Çıktılar ve fotoğraflar gibi basılı kopyalarda Analog Görüntü İşleme kullanılabilir. Görüntü analistleri bu görsel teknikleri kullanırken yorumlamanın çeşitli temellerinden faydalanır. Dijital görüntü işleme teknikleri, bilgisayarları kullanarak dijital görüntülerin değiştirilmesine yardımcı olur. Dijital tekniği kullanırken tüm veri türlerinin gerçekleştirilmesi gereken üç genel aşama ön işleme, geliştirme ve görüntüleme, bilgi çıkarmadır (Anbarjafari, 2013).

Gerçek zamanlı video analizinde de kullanılan Görüntü İşleme, eğer uygun modelleme ve analiz yöntemi tercih edilirse çok önemli katkılar sunabilir. Uygun model, problemin kendine has özelliklerini belirlemeyle doğrudan bağlantılıdır. Dolayısı ile yangın algılamada görüntü işlemeye başvurulacaksa kullanılacak model büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde sistemden verimli bir şekilde faydalanılamaz. Görüntülemeye dayalı mevcut yangın sistem algoritmaları, ardışık video görüntülerinde duman, alevlerin algılanması ve analizine odaklanmaktadır. Bununla birlikte duman ve alevlerin şekil, hareket ve şeffaflıklarının değişkenliği nedeniyle, mevcut VGA yaklaşımlarının çoğu hala yanlış alarmlara karşı savunmasızdır. Gürültü, gölgeler, aydınlatma değişiklikleri ve kaydedilen video dizilerindeki diğer görseller nedeniyle, güvenilir bir algılama sistemi geliştirmek, görüntü işleme ve bilgisayarlı görme topluluğu için çok zordur (Çetin E. vd, 2013).

VGA sistemleri geleneksel sensörlerin sahip olduğu taşıma veya eşik gecikmesi gibi dezavantajlara sahip değildir. Fakat kör noktalarda ve mahremiyet gerektiren yerlerde kullanılmadığından bu alanlarda oluşacak yangınları tespit edemez. Gelişen teknolojilerin senkronize bir şekilde kullanılması bu sorunlarında çözümü noktasında önemli gelişme sağlayabilir.

2.7.4 Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Kablosuz Sensör Ağı (WSN)

Nesnelerin İnterneti karmaşık alan bilgilerini yönetmek için yüksek ölçeklenebilirliğe ve kaynak paylaşımı özelliğine sahiptir. IoT teknolojisi, tehlike kaynağını izleme, yangın izleme, yangınla mücadelede kurtarma, yangının erken uyarısı, yangının erken söndürülmesi gibi pek çok noktada kullanılabilir. IoT'nin kablosuz sensör ağı (WSN) ile birlikte kullanımı ise geniş kapsamlı bir yangınla mücadele için çok uygundur ve yangın alarmı, yangın kontrol tesisi izleme ve yangın ekipman yönetiminde önemli katkılar sunabilir.

IoT, yangın güvenliği sistemlerinde hem maliyet hem de tasarruflar açısından muazzam fırsatlar sunmaktadır. IoT'nin sağlayabileceği faydalardan sadece birkaçı:

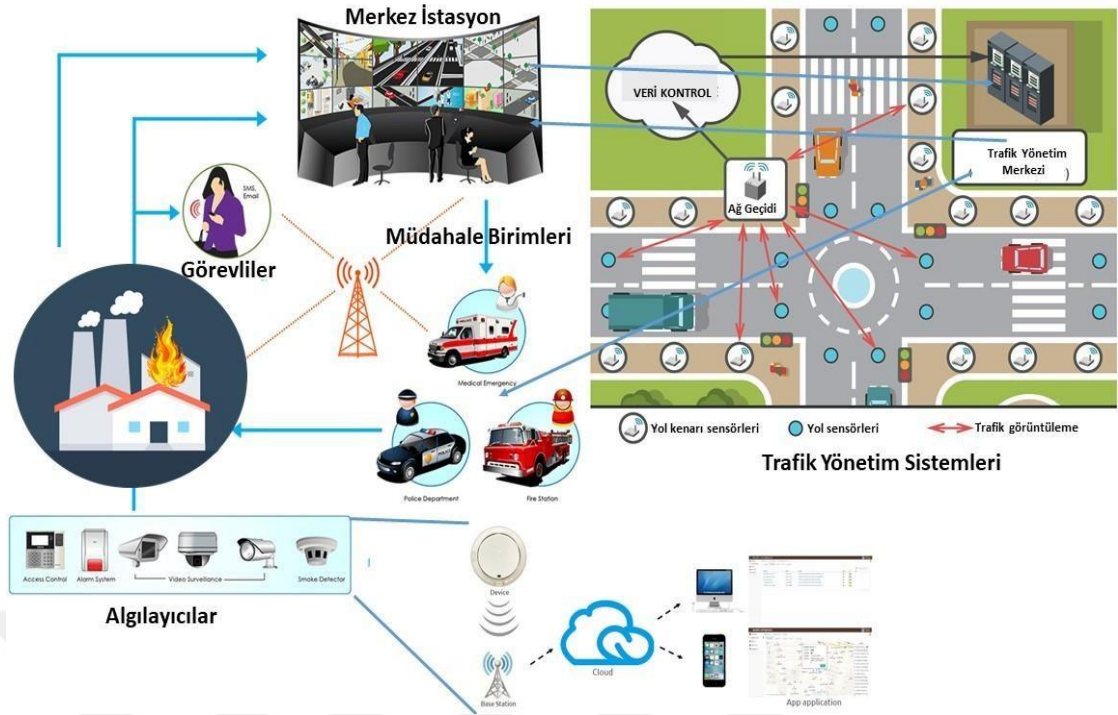
- Ethernet Üzerinden Güç (PoE) teknolojisi ile, elektrik gücü ve verileri tek bir hatta taşıyabilen ağ kabloları, artık iki işi yapabilmektedir. Bu şekilde IoT, sistem kurulum maliyetlerinde azalma sağlar.
- İnternet etkin yangın koruma sistemleri, sistemin sürekli çalışmasını sağlamaya, programlanmamış acil durum onarımlarını önlemeye ve yanlış alarmların daha iyi kontrol edilmesine yardımcı olmak için uzaktan izlemeye izin vermektedir.
- İnternet üzerinden uzaktan izleme ve aynı bilgileri hatlar üzerinden iletme yeteneği, servis gerektiğinde teknisyenin gerekli tüm parçalarla birlikte gelmesini sağlayabilir, böylece onarım bir seferde daha hızlı bir şekilde tamamlanabilir. (Koorsen, 2018)

Nesnelerin İnterneti, Kablosuz Sensör Ağlarının yangın tespit ve müdahaledeki rolü örnek bir senaryo üzerinden anlatılarak, Şekil 2.44'de gösterilmektedir. Bu görsel ayrıca teknoloji tabanlı bileşenlerin yangın tespit ve müdahalesindeki önemini de yansıtmakta, bileşenlerin bir birleri ile olan uyumluluğunun anlaşılmasında katkı sunması amaçlanmaktadır.

Nüfus yönünden kalabalık olan ve buna bağlı gelişen sorunları akıllı kent uygulamaları ile çözmeye çalışan büyük bir şehirde, akıllı güvenlik sistemlerini kullanan bir fabrika düşünelim. Bu fabrika kablosuz sensörler aracılığı ile 7/24 denetlenmekte, elde edilen veriler Bulut Sistemler yardımı ile depolanarak fabrikanın üretim stratejileri doğrultusunda kullanılmakta olsun (ortamdaki nem, sıcaklık, vs.). Fabrika'nın herhangi

bir biriminde, trafiğin çok yoğun olduğu sabah saatlerinde yangın meydana geldiğini ve erken müdahale sistemlerinin yangını söndürmede yetersiz kaldığını farz edelim. Fabrikada bulunan algılayıcılar yangını tespit eder etmez, hem fabrika sorumlularına hem de şehir yönetim istasyonuna uyarı bildiriminde bulunur. Bu uyarı bildirimleri; fabrikanın konumunu, yangının hangi birimde çıktığını, yangın anında fabrikada kaç personelin olduğunu, bu personellere ait anlık verileri(konum, sağlık durumu, vs.) kapsamaktadır. Merkezi istasyonda bulunan görevliler, fabrikanın durumuna ilişkin verileri hemen en yakın müdahale birimlerinden İtfaiye ve ambulanslarla paylaşır. Fakat en yakın İtfaiye istasyonu yangının meydana geldiği fabrikaya yaklaşık 15 dakika uzaklıkta bulunmaktadır. İtfaiye birimleri fabrikanın konum bilgileri doğrultusunda yol ve coğrafya bilgi sistemleri aracılığı ile en uygun rotayı belirleyerek yangının vereceği zararı hafifletmeyi amaçlarlar. Ayrıca istasyona ulaşan veriler doğrultusunda; yangının türü, yangının hangi birimde başladığı ve yayıldığı alanlar belirlenebileceğinden bu yangına özel müdahale ekipmanları İtfaiye araçlarına eklenir. Hedef konuma ulaşım için kullanılacak güzergah üzerinde bir noktanın sabah trafiğinin çok yoğun olduğu ana yoldan geçiş sağlanacağını gören ve bu lokasyonda oldukça zaman kaybı yaşanacağını anlayan yangın müdahale birimleri hemen Trafik Yönetim Merkezi ile irtibat kurarak, geçiş üstünlüğü talebinde bulunurlar. Bu talep doğrultusunda, Yapay Zekâ destekli trafik yönetim birimi, yol kenar sensörleri, yol sensörleri, araçlar sensörlerinden toplanarak ağ geçidi yardımıyla anlık verilerin Büyük Veri süreçleri ile anlamlı bilgiye dönüştüğü, veri kontrol biriminden elde edilen bilgiler ile İtfaiye aracının geçeceği zamanı hesaplayarak trafik ışıklarının ve trafik yoğunluğunun İtfaiye aracına sorun teşkil etmesinin önüne geçerler. Böylece İtfaiye aracı trafikte zaman kaybetmeden hedef konuma en uygun zamanda ulaşması bu olurken de trafiğin bu süreçten etkilenmemesi sağlanmış olur.

Akıllı kent uygulamalarının sorunların çözümündeki başarısı, akıllı nesnelere ve sistemlerin sayısına ve bütün olarak çalışmasına bağlıdır. Genel sisteme entegre ne kadar alt sistem varsa ve bunlar ne kadar iyi çalışırsa, o kadar çok problem çözüme kavuşturulabilir.



Şekil 2.44 Nesnelerin İnterneti, Kablosuz Sensör Ağlarının yangın tespit ve müdahaledeki rolüne ilişkin bir senaryo

2.7.5 İnternet ve Bulut Sistemler

İnternet ve Bulut bağlantısı, yangından korunma endüstrisi dâhil tüm endüstriler için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu teknolojiler, insan ve makine arasındaki bağlantının geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Sensörler tarafından üretilen anlık veriler, bulutta etkin ve güvenli bir şekilde saklanabilir. Böylelikle uygun şekilde tasarlanmış entegre iş akışlarıyla, buluttaki verilere, yangın kaçış yerinin doğru şekilde konumlandırılmasına yardımcı olan akıllı telefonlar ve tabletler aracılığıyla yedi gün yirmi dört saat kolayca erişilebilir. Ayrıca Bulut Sistemler, acil durum sırasında olayın meydana geldiği konumun tam olarak belirlenmesine yardımcı olarak, daha hızlı bir şekilde yardım sağlanmasını sağlar.

2.7.6 Blok Zinciri Teknolojisi

Blok Zinciri teknolojisi, internet üzerinden veri ve bilgi depolamasını ve paylaşmasını sağlayan bozulmaz bir dijital defterdir. Ayrıca bu teknolojiye, depolanan verilerin kaynağı olmadığından, bilgisayar korsanlarından neredeyse güvenli kılan veri depolamasını merkezden uzaklaştırır. Verilerin paylaşıldığı her sistem sunucu haline gelerek tam manada koruma sağlar. Blok Zinciri teknolojisinin yangından korunma

endüstrisindeki yeri, yükleniciler, üreticiler, sigorta şirketleri ve kullanıcılar arasındaki veri ve iletişimi kolaylaştırmaya yardımcı olabilir. Blok Zinciri üzerinden bilgilerin düzenlenmesi, üreticiler ve kullanıcılar arasında bir köprü oluşturmaya yardımcı olarak, taraflar arasındaki iletişim boşluğunu ortadan kaldıracaktır. (Cheliak, 2016).

2.7.7 Büyük Veri ve Tahmine Dayalı Analitik

Büyük hacimli verileri bir araya getirmek ve değerlendirmek, risk analizlerinde iyileştirme potansiyeli sunar. Bir binadaki mevcut ve potansiyel zayıflıkları araştırmak ve değerlendirmek, öncekinden daha kesin bir şekilde gerçekleştirilebilir. İtfaiye hizmetleri şu anda gelecekteki olaylar hakkında çok kesin tahminler elde etmek için büyük veri analizlerinin kullanılıp kullanılmayacağı sorusunu da ele alıyor. Bu olasılık hesaplamaları, örneğin acil yardım sağlamak için harcanan zamanı kısaltmak ve böylece yangın veya kaza mağdurlarının sayısını azaltmak amacıyla dağıtım, talep ve alan planlamasını optimize etmek için kullanılabilir.

Yangın istatistikleri, binada bulunan sensörlerden elde edilen verileri (bina sunucusunda toplanan veriler), Coğrafi Bilgi Sistemleri, hava durumu verileri, İtfaiye dağıtım istatistikleri, konum analizleri, nüfus istatistikleri (örneğin nüfus yoğunluğunun ve yaş yapılarının lokasyon bazlı değerlendirmeleri) gibi veri kaynakları, yangından korunma ve yangından korunma için tahmin süreçlerinde kullanılabilir (Joshi , 2018).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

2000’li yılların başından beri alt yapısı oluşturulan ve 2012 yılından itibaren geniş kapsamlı bir atılıma dönüşen üretimde dijitalleşme (Endüstri 4.0); marka ve üretim avantajını kaybetmeye başlayan Avrupa’nın bu duruma karşı gösterdiği reaksiyon olarak adlandırılabilir. Merkezine teknolojik (CPS, IoT, BD vs.) bileşenleri alarak üretim maliyetini azaltmayı, verimliliği artırmayı hedefleyen bu süreç günümüzde, farklı ülkelerde değişik varyasyonları uygulanan küresel bir fenomen haline gelmiştir.

Tedarik zincirinin dijitalleşme süreci mutlak modeller üzerinden gerçekleştirilemez, bu sürece geçiş yapmak isteyen işletmeler kendi ihtiyaçları, hedefleri, alt yapısı daha da önemlisi maddi gücü doğrultusunda hareket etme mecburiyetindedir. Sürecin başarısı atılan adımlara ve yapılan yatırımlara bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca dijitalleşmeye yönelik risklerin tam olarak belirlenmesi ve uygun çözümlerin bulunması da oldukça önemlidir. Dijital dönüşümü iş yerlerine uygulayan firmalar incelendiğinde, hedefledikleri başarıya ulaşanların genellikle, kurumsal geçmişe ve derinliğe sahip büyük firmalar olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum ticari rekabet koşullarını daha da ağırlaştırmakta, nispeten küçük firmaların pazar payını düşürmektedir. Dolayısı ile yeni endüstriyel süreç, ağır rekabet koşulları oluşturarak, küçük ve orta ölçekli işletmeler (kobi) üzerine baskı oluşturmaktadır,

Ülkemizin, yeni endüstriyel sürece adaptasyonu ve etkin bir rol üstlenmesi geleceğimiz açısından oldukça önemlidir. Fakat mevcut teknolojik altyapı, eğitim ve AR-GE harcamalarının yetersizliği, atılan adımların süreci karşılayacak yeterlilikte olmaması gibi etkenler ciddi rakiplerimizin bulunduğu bu süreçte ileri gidememize, sahip olduğumuz üretim maliyeti gibi avantajları giderek kaybetmemize neden olmaktadır. Bütün bunlara süreçten önemli ölçüde etkilenecek olan KOBİ’lerin yani 250’nin altında çalışan istihdam eden işyerlerinin Türkiye’deki işyerlerinin %99’una, çalışanların ise %84’üne tekabül ettiği de eklenince, daha ciddi adımların atılması gerektiği görülmektedir.

İş kazaları ve meslek hastalıkları her yıl binlerce vatandaşımızı kaybettiğimiz ya da bu olumsuzluğa maruz kalan bireylerde ağır hasar bırakan, bir an önce çözülmesi gereken ülkemizin önemli sorunlarından biridir. SGK tarafından yayınlanan verilere göre 2012-2016 yılları arasında toplam 1.015.443 iş kazası meydana geldiği bu iş kazalarında 6388 vatandaşımızın hayatını kaybettiği görülmektedir. Bu sayıya meslek hastalıklarına

yakalanan çalışanlar dâhil değildir. Değerlendirilen 5 yıllık süreçte elde edilen sonuçlar iş kazalarını önlemeye yönelik alınan tedbirlerin yetersiz olduğunu özellikle imalat ve inşaat sektörlerinin başı çektiği bütün çalışma alanlarının yeni düzenleme ve önlemlerle yeniden inşa edilmesi gerektiğini göstermektedir.

İş kazaları ve meslek hastalıkları sadece bu olaya maruz kalan bireyleri ve ailelerini doğrudan etkilemekle kalmamakta, oluşturduğu etki ile çok boyutlu zararlara neden olmaktadır. Bu zararlar ise toplumun her kesimini etkilemektedir. Zarar silsilesinin önemli unsurlarından biri olan maddi zararlar incelendiğinde; tedavi için yapılan harcamalar, ödenen tazminatlar, dava masrafları, sigorta masrafları, eğer kaza esnasında hasar görmüşse tesis onarımı gibi görünür maliyet ile sınırlı değildir. Görünür maliyetlerin yanı sıra; kaza araştırma maliyeti, yeni iş başı yapan işçinin öğrenme süresi, olumsuz durumun çalışanların üstünde bıraktığı olumsuz etkiden kaynaklanan verim ve zaman kaybı (psikososyal etkiler), yöneticilerin harcadıkları zaman, ölüm varsa işe ara verme, soruşturmada üst düzey zaman kaybı, işletmenin itibar kaybı gibi gizli maliyetler de bulunmaktadır.

İş kazalarını oluşturan sebepler incelendiğinde büyük çoğunluğunun ihtiyatsız davranışlardan kaynaklandığı görülmektedir. Bu durum toplumdaki güvenlik kültürünün eksik olmasından kaynaklanmaktadır. Güvenlik kültürünün yaygınlaşması sadece iş yerlerinde değil her koşul ve ortamda tehlikeyi önceden sezebilen, tehlike kaynağından ve tehlike oluşturabilecek davranışlardan kaçınan, sorumluluklarının farkında olan bireyler ile mümkündür. Bu bilincin oluşmasında başta yöneticiler ve eğiticiler olmak üzere toplumun her kesiminden insana büyük sorumluk düşmekte, okul öncesi eğitimden başlanarak eğitim ve öğretimin her aşamasında bu konuya ilişkin bilgilendirme ve bilinçlendirme çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Ciddi ve uzun vadeli politikalar ile oluşturulacak bu bilinç, güvenli davranışı alışkanlık haline getiren, her konuda duyarlı fertlerin oluşmasına sebep olacak, böylelikle iş kazaları-meslek hastalıkları başta olmak üzere dikkatsizlik ve tedbirsiz davranışlardan dolayı meydana gelen sorunlar engellenecektir. Aksi takdirde gerçekleştirilecek her türlü yasal düzenleme, alınacak her türlü önlem ve kullanılacak yüksek teknoloji sorunun tam manada çözümü için yetersiz kalacaktır.

Ülkemizdeki üretim alanlarının bütünüyle dijital üretim sürecine entegrasyonu yakın zamanda mümkün görünmemektedir. Fakat Büyük Veri, Yapay Zekâ, Nesnelere

İnterneti gibi teknolojilerin çalışanların desteklenmesi ve korunması için kullanımı; üretim döngüsü içerisinde sağlık ve güvenliğe ilişkin göreceli riskleri tanımlamak, tespit etmek, izlemek ve yönetmek için teknik, organizasyonel önemli katkılar sunabilir.

Üretim süreçleri dinamiktir, dolayısıyla üretim tesislerinde anlık tehlikeler önemli kayıplara yol açabilir. Bu noktada yasal mevzuatta risk değerlendirmesi ve sağlık taraması için belirlenen tekrarlanma süreleri uzun periyotlarda gerçekleştirildiği için iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Akıllı sistemlere dayalı üretim modelinin ülkemizde yaygınlaşması anlık risk değerlendirmesinin ve Sağlık Taramasının yapılmasına dolayısı ile iş yerindeki sorunların, iş sağlığına yönelik tehlikelerin anlık izlenmesine olanak vererek, iş yerlerinde mevcut tehlike ve risklerin, çalışanların sağlığını olumsuz etkileyecek koşulların ortadan kaldırılmasını sağlayabilir.

İnsan-makine etkileşimine dayalı yeni üretim süreci, iş sağlığı ve güvenliğine dair problemleri önemli ölçüde azaltsa da yeni risklerin oluşması muhtemeldir. Bu durumda ise iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarına hem geleneksel hem de dijital üretim süreçlerinden kaynaklanacak iş sağlığı-güvenliği problemlerinin çözümünde büyük sorumluluk düşmektedir. Fakat mevcut mesleki beceriler ve yaklaşımlar, yakın gelecekte iyice yaygınlaşacak olan üretimde dijitalleşme için uygun değildir. Sonuç olarak yeni teknolojilere biran önce adapte olmak, becerilerini bu doğrultuda geliştirmek iş sağlığı ve güvenliği uzmanları için zorunluluk haline gelmektedir.

Endüstriyi ve sosyal hayatı tehdit eden sorunlardan bir tanesi de yangındır. Maalesef yangınların oluşturduğu tahribat sadece mal ve can kayıpları ile sınırlı değildir. Yangınlar insanlık için önemli doğal ve kültürel alanları çok kısa sürede yok edebilir. Ülkemizde ve dünyada sıklıkla meydana gelen böyle kayıpların tarif ve telafisi mümkün değildir. İnsanlığın ortak hafızasının yok olduğu bu kayıplar ancak alınacak önlemlerin aksatılmadan ve özen gösterilerek uygulanması ile azaltılabilir.

Son yıllarda özellikle yapı malzemelerinde ve ev eşyalarında kullanımı artan petro kimyasal ürünler yangınların çıkmasında ve yayılmasında oldukça önemli paya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut göstergeler yangına müdahale için gereken sürenin 30 yıl öncesine kıyasla dört kat azalarak iki dakikanın bile altına düştüğünü göstermektedir. Yangınların büyüme süresinin düşmesi, yangına müdahale eşiğinin artmasına sebep olmaktadır. Fakat bu bile sorunun çözümünde yetersizdir. Zira hiçbir itfaiye birimi

yangına 2 dakikadan az sürede müdahale edebilecek kapasitede değildir. Dolayısı ile yangın önleme ve müdahale sistemleri oldukça önemlidir.

Akıllı sistemlerin yangın engelleme ve müdahalede kullanımı problemin çözümü açısından bir hayli önemlidir. Özellikle IoT veri toplama bloğu, içerik ön işleme bloğu ve bağlam karar bloğu içeren çok işlevli bir yapay zekâ çerçevesinde oluşturulan MAI-FDS sisteminin yangın algılamada %95 oranında başarılı sonuç elde etmesi, uçtan uca transfer gecikmesini mevcut yangın algılama sistemlerine kıyasla % 67 oranında azaltmış olması çok önemli bir ilerleme sağlandığını göstermektedir. Fakat bu sistemin özellikle yüksek sıcaklık bulunan endüstriyel alanlarda daha başarılı olabilmesi veri iletişim senkronizasyonu bozukluklarının düzeltilmesi ile mümkün olabilir. Yani, Nesnelerin İnterneti Katman Yazılımlarının (IoT-middleware) daha kapsamlı hale gelmesi, sadece endüstriyel ortamdaki nesnelere üzerine yoğunlaşan platformların geliştirilmesi, MAI-FDS gibi yangın algılamada dinamik algoritmalar kullanan akıllı sistemlerin yapay zekâ çerçevesini genişletmekte daha faydalı olabilir.

KAYNAKLAR

19/11/2007 tarihli ve 26735 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

Agarwal, T., (2016). *Overview of smart grid technology and its operation and application (for existing power system)*, <https://www.elprocus.com/overview-smart-grid-technology-operation-application-existing-power-system/>, Erişim Tarihi: 05.03.2019

Akıllı, H. ve Aydoğdu, Ö. (2013). *İş sağlığı ve güvenliğinin önemi*, http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomibultenleri/2013_16/245.pdf, Erişim Tarihi: 02.01.2019

Altan, Ö. Z. (2004). *Sosyal Politika Dersleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Anbarjafari, G. (2013). *Digital image processing*, <https://sisu.ut.ee/imageprocessing/book/1>, Erişim Tarihi: 04.03.2019

Arpacıoğlu, Ü.T., (2004). *Yangın Olgusu ve Yüksek Yapılarda Yangın Güvenliği*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul

Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID journal*, 22(7), 97-114.

Atzori, L., Iera, A., ve Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.

Aydın, A., ve Soylu, S. (2018). *Dünyada ve türkiye'de ar-ge faaliyetleri*, <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ARGE%20rapor%20web.pdf>, Erişim Tarihi: 12.04.2019

Badri, A., Boudreau-Trudel, B., ve Souissi, A. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: a cause for major concern?. *Safety Science*, 109, 403-411.

Başdemir, H., ve Demirel, F. (2010). Binalarda pasif yangın güvenlik önlemleri bağlamında bir literatür araştırması. *Politeknik Dergisi*, 13(2), 101-109.

Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., ve Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in produktion, automatisierung und logistik: anwendung-technologien-migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Beceren, K. (2013). *Yağmurlama sistemleri yeni tasarım kriterleri*, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/19454966571108e_ek.pdf, Erişim Tarihi: 03.02.2019

Beetz, M., Bartels, G., Albu-Schäffer, A., Bálint-Benczédi, F., Belder, R., Beßler, D. ve Weitschat, R. (2015). Robotic agents capable of natural and safe physical interaction with human co-workers. In 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 6528-6535). Hamburg: IEEE

Birinci, S. (2014). *Elektronik yangın algılama ve ihbar sistemleri*, http://www.emo.org.tr/ekler/e8ad6ed54207bdd_ek.pdf, Erişim Tarihi: 13.02.2019

Birkel, H. S., Veile, J. W., Müller, J. M., Hartmann, E., ve Voigt, K. I. (2019). Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. *Sustainability*, 11(2), 384.

Brian, Y. (2016). *Robotics in firefighting*, https://www.sfpe.org/page/FPE_ET_Issue_100, Erişim Tarihi: 12.03.2019

Bui, D.T., Bui, Q.T., Nguyen, Q.P., Pradhan, B., Nampak, H., ve Trinh, P.T. (2017). A hybrid artificial intelligence approach using gis-based neural-fuzzy inference system and particle swarm optimization for forest fire susceptibility modeling at a tropical area. *Agricultural and Forest Meteorology*, 233, 32–44.

Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., ve Sniderman, B. (2017). The smart factory: responsive, adaptive, connected manufacturing. *Deloitte Insights*, 31(1), 1-10.

Butterman, E. (2015). *Battling the Blaze*, <https://www.asme.org/topics-resources/content/battling-the-blaze>, Erişim Tarihi: 21.07.2019

Cave, V.(2018). *The humanoid robot WALK-MAN for supporting emergency response teams*, https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-02/iidt-hrw022118.php, Erişim Tarihi:20.07.2019

CISCO,(2019).*Whatscybersecurity?*,<https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/what-is-cybersecurity.html>, Erişim Tarihi: 05.05.2019

Cheliak, B. (2016). *How the technology behind bitcoin could provide a tech revolution for the fire service*, <https://dcebrief.com/how-the-technology-behind-bitcoin-could-provide-a-tech-revolution-for-the-fire-service/>, Erişim Tarihi: 04.05.2019

Çiçek, Ö. , ve Öçal, M. (2016). Dünyada ve türkiye'de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi, *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 5(11), 106-129.

CTIF, (2019). *200 times more smoke and 8 times faster burning rate than 50 years ago*, <https://www.ctif.org/index.php/news/200-times-more-smoke-and-8-times-fasterburning-rate-50-years-ago>, Erişim Tarihi: 28.02.2019

Çeltek, S , Durgun, M , Gökrem, L , ve Durgun, Y. (2017). Nesnelerin interneti tabanlı yangın alarm sistemi tasarımı ve uygulaması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6 (3), 66-72.

Çetin, A. E., Dimitropoulos, K., Gouverneur, B., Grammalidis, N., Günay, O., Habiboğlu, Y. H., ve Verstockt, S (2013). Video fire detection–review. *Digital Signal Processing*, 23(6), 1827-1843.

Daiheng, N. (2016). *Traffic Flow Theory*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Dener, M. , Özkök, Y., ve Bostancıoğlu, C. (2015). Fire detection systems in wireless sensor networks. *Procedia – Social and Sciences*, 195, 1846 - 1850.

Dizdar, E. N., ve Koçar, O. (2018). İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinde risklerin yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(3), 73-83.

DM, (2018). *Türkiye teknolojik gelişmişlik seviyesinde 49'uncu oldu*, <https://www.marketingturkiye.com.tr/haberler/turkiye-teknolojik-gelismislik-seviyesinde-49uncu-oldu/>, Erişim Tarihi: 14.04.2019

Dursun, S., (2011). *Güvenlik Kültürünün Güvenlik Performansı Üzerine Etkisine Yönelik Bir Uygulama*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa

EBSO , (2015). *Sanayi 4.0*, Ege Bölgesi Sanayiciler Odası, Araştırma Müdürlüğü

Elektrik Mühendisler Odası (EMO) İzmir Şubesi, (2012). *Yangın algılama ve alarm sistemi teknik şartnamesi oluşturulması üzerine bir çalışma*, http://www.emo.org.tr/ekler/2a5377c1e8bcba6_ek.pdf, Erişim Tarihi: 05.02.2019

Erginel, N.,ve Toptancı, Ş. (2017). İş kazası verilerinin olasılık dağılımları ile modellenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 (ÖS: Ergonomi 2016), 201-212

Ergun C., Yılmaz Ş., Özdemir E., Gül Ö.,ve Kalendarli Ö., (2006). Piezoelektrik malzemeler ve uygulama alanları, *Proceedings of 11th International Materials Symposium* (597-602), Denizli: Pamukkale Üniversitesi

Fernández, F. B., & Pérez, M. Á. S. (2015). Analysis and modeling of new and emerging occupational risks in the context of advanced manufacturing processes. *Procedia Engineering*, 100, 1150-1159.

Fernández, C., Mocholí, J. B., Moyano, A., ve Meneu, T. (2010). Semantic process choreography for distributed sensor management. *In SSW* (32-37).

Fırat, O. Z.,ve Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 yolculuğunda trendler ve robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223.

Fişek, A.G. (2014). *Çalışma Yaşamında Sağlık Güvenlik*, Ankara: Fişek Enstitüsü Çalışan Çocuklar Bilim ve Eylem Merkezi Vakfı Yayınları

FİRERAY,(2014).*Opticalbeamsmokedetectors*,<http://firesecurity.com/images/downloads/fire-alarm-system/FIRERAY-Product-Guide.pdf>, Erişim Tarihi:03.03.2019

Ford, M. R. (2009). The lights in the tunnel: automation, accelerating technology and the economy of the future. *Acculant Publishing*, 32(4),121-124.

Frey, C. B., & Osborne, M (2013). The future of employment. *Technological Forecasting And Social Change*, 114, 254-280.

Gençler, A. (2007). İşçi sağlığı ve iş güvenliğine ilişkin uygulamaların tarihi gelişimi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 7(35), 16-29.

Genli, M. M. (2005). *Bina Otomasyon Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Gerek, H. N. (2008). *İş Sağlığı ve İş Güvenliği*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi AÖF Yayınları.

Gisbert, J. R., Palau, C., Uriarte, M., Prieto, G., Palazón, J. A., Esteve, M., ve Moyano, A. (2014). Integrated system for control and monitoring industrial wireless networks for labor risk prevention. *Journal of Network and Computer Applications*, 39, 233-252.

Hadar, R., ve Bilberg, A. (2012). Glocalized manufacturing–local supply chains on a global scale and changeable technologies. *In FAIM*.

ILO, (2012). *Fire risk management*, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_194781.pdf, Erişim Tarihi: 15.05.2019

ILO, (2018). *World Statistic*, https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm, Erişim Tarihi: 04.01.2019

Isermann, R. (2006). Sensors, *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, 4, 32-52.

Jaffe, B., Cook, W. R., ve Jaffe, H. L. (1971). *Piezoelectric Ceramics*. London: Academic Press.

Jang, J.Y., Lee, K.W., Kim, Y.J. ve Kim, W.T. (2017). S-FDS: a smart fire detection system based on the integration of fuzzy logic and deep learning. *J. Inst. Electron. Inf. Eng.* 54, 50–58.

Joshi, N. (2018) *Let's Talk About Fire Protection 4.0*, <https://www.linkedin.com/pulse/lets-talk-fire-protection-40-nitin-joshi/>, Erişim Tarihi: 12.03.2019

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., ve Wahlster, W. (2013). *Recommendations for Implementing the strategic initiative industrie 4.0: securing the future of German manufacturing industry*; final report of the Industrie 4.0 working group. Forschungsunion.

Kaivo-oja, J., Virtanen, P., Jalonen, H., ve Stenvall, J. (2015). The effects of the internet of things and big data to organizations and their knowledge management practices. *International Conference on Knowledge Management in Organizations* (495-513). Berlin: Springer

Kırmızıoğlu, E. (2013). *Akıllı Şebeke Stratejileri ve Örnek Projeler*, http://www.emo.org.tr/ekler/b790c8dde17d8bf_ek.pdf, Erişim Tarihi:10.03.2019

Kisliuk, B., ve Lin, W. (2015). *UCLA's humanoid robot flexes its muscles at international competition*, <http://newsroom.ucla.edu/stories/uclas-humanoid-robot-flexes-its-muscles-at-international-competition>, Erişim Tarihi: 21.07.2019

Koç, Y.(2009). *İzmir iktisat kongresi (1923) ve işçiler*, <http://www.yildirimkoc.com.tr/usrfile/1323204775a.pdf>, Erişim Tarihi: 02.01.2019

Koorsen F. (2019). *Iot In Fire Safety – An Exciting Future, But Approach With Caution*, <https://blog.koorsen.com/iot-in-fire-safety-an-exciting-future-but-approach-with-caution> Erişim Tarihi:04.03.2019

- Konak, İ.Y. (2017). *Duman dedektörü çeşitleri ve çalışma prensipleri*, <https://www.mavili.com.tr/blog/12-duman-dedektoru-cesitleri-ve-calisma-prensipleri/1176-duman-dedektoru-cesitleri-ve-calisma-prensipleri.html>, Erişim Tarihi: 10.02.2019
- Köroğlu, O. (2015). Nesnelerin İnterneti, algılayıcı ağları ve medya. *Akademik Bilişim Konferansı. Eskişehir*. <http://ab.org.tr/ab15/bildiri/113.doc>
- Kuschnerus, D., Bilgic, A., Bruns, F., ve Musch, T. (2015). A hierarchical domain model for safety-critical cyber-physical systems in process automation. *In 2015 IEEE 13th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)* (430-436). IEEE.
- Lira, D. N., & Borsato, M (2016). Dependability Modeling for the Failure Prognostics in Smart Manufacturing. In ISPE TE (pp. 885-894).
- Maier, A.,ve Student, D. (2014). *Made in Germany(97-104)*. Hamburg:Manager magazin Verlagsgesellschaft mbH
- Makine Mühendisler Odası, (2018). *İş Sağlığı ve İş Güvenliği Oda Raporu*. Ankara: Ankamat Matbaacılık.
- Marr, B., (2018), ” 9 Powerful Real-World Applications Of Augmented Reality (AR) Today”, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/07/30/9-powerful-real-world-applications-of-augmented-reality-ar-today/#130c0bf72fe9>
- Mattsson, S., Partini, J., ve Fast-Berglund, Å. (2016). Evaluating four devices that present operator emotions in real-time. *Procedia CIRP*, 50, 524-528.
- Mavili Elektronik Tic. ve San. A.Ş (Mavili), (2016). *EN 54-14'e göre Projelendirme Rehberi*, https://www.mavili.com.tr/catalogue_pages/Projelendirme_Rehberi_TR.pdf, Erişim Tarihi: 08.02.2019
- McKinzie, K. (2018). *The Future of Artificial Intelligence in Firefighting*, <https://www.fireengineering.com/articles/2018/10/artificial-intelligencefirefighting.html> Erişim Tarihi: 02.03.2019
- Microsoft, (2019). *What is cloud computing?*,<https://azure.microsoft.com/en-in/overview/what-is-cloud-computing/>, Erişim Tarihi: 04.05.2019
- Middleton, P., Kjeldsen, P., & Tully, J. (2013). Forecast: The internet of things, worldwide, 2013. Gartner Research.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), (2012). *Elektrik-elektronik teknolojisi, yangın algılama ve ihbar sistemlerinin bağlantıları ve montajı*, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yang%C4%B1n%20Alg%C4%B1lama%20ve%20%C4%B0hbar%20Sistemlerinin%20Ba%C4%9Flant%C4%B1lar%C4%B1%20Ve%20Montaj%C4%B1.pdf , Erişim Tarihi: 04.02.2019
- Moradiya, A. (2018). *Smart Sensors and Their Applications*, <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=1289> Erişim Tarihi:04.05.2019
- Mussomeli, A., Laaper, S., Doug, ve Gish, H., (2016) *The rise of the digital supply network: Industry 4.0 enables the digital transformation of supply chains*,

<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-transformation-in-supply-chain.html>, Erişim Tarihi: 03.03.2019

Nguyen, T.T., Armitage, G. (2008). A survey of techniques for internet traffic classification using machine learning. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 10, 56–76.

Noyes, P. (2013). *ITS ePrimer Module 1: Introduction to ITS. USDOT RITA ITS Professional Capacity Building Program*: <https://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module1.aspx>, Erişim Tarihi: 01.04.2019

Nunes, I. L. (2010). Risk Analysis for Work Accidents based on a Fuzzy Logics Model. 5th International Conference of Working on Safety - On the road to vision zero?, Roros. Norway.

Nunes, I. (2013). *Occupational safety and health risk assessment methodologies.*, http://oshwiki.eu/wiki/Occupational_safety_and_health_risk_assessment_methodologies, Erişim Tarihi: 03.01.2019

Okçabol, R. (2017). *PISA sonuçları ve düşündürdükleri*, <https://bianet.org/biamag/egitim/192041-pisa-sonuclari-ve-dusundurduklari>, Erişim Tarihi: 15.04.2019

OMRON, (2017). *Machine automation concepts to enable innovation for digitalized manufacturing*, https://industrial.omron.us/es/media/Low_EU_position_paper_tcm922-83919.pdf Erişim Tarihi:03.04.2019

Organisation for Economic Co-operation and Development (2002). *Frascati Kılavuzu 2002: araştırma ve deneysel geliştirme taramaları için önerilen standart uygulama.* OECD.

Özdamar, M.(2017). *Akıllı Binalarda Analog Adresli Yangın Algılama ve İhbar Sistemi*, Uzmanlık Alan Tezi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara

Özzorlu, İ. (2018). *Video Görüntüleme Teknolojileri ile Yangın Algılama*, <http://www.yanginugvenlik.com.tr/edergi/5/197/24/> Erişim Tarihi: 08.03.2019

Palazon, J. A., Gozalvez, J., Maestre, J. L., ve Gisbert, J. R. (2013). Wireless solutions for improving health and safety working conditions in industrial environments. *In 2013 IEEE 15th International Conference on e-Health Networking* (pp. 544-548). IEEE

Park, J.H., Lee, K.W., Kim, Y.J.,ve Kim, W.T. (2019). Dependable fire detection system with multifunctional artificial intelligence framework , *Sensors 2019, 19(9)*, 14-23

Piqueras, M., Fernández, C., Cebrián, C., ve Meneu, T. (2011). Decision Support System for Health Continuous Vigilance in Industrial Environments.

Podgorski, D., Majchrzycka, K., Dąbrowska, A., Gralewicz, G.,ve Okrasa, M. (2017). Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), 1-20.

- Pouyanfar, S., Chen, S. (2016). Semantic event detection using ensemble deep learning. *In Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Multimedia* (203-208). San Jose:ISM
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., ve Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia Engineering*, 69, 1184-1190.
- Ramasubramanian, G. (2016). *Machine Learning Is Revolutionizing Every Industry*. <http://observer.com/2016/11/machine-learning-is-revolutionizing-every-industry/> Erişim Tarihi: 03.03.2019
- Rehman, A., Neculescu, Dan, ve Sasiadek, J. (2015). Robot based fire detection in smart manufacturing facilities. *IFAC-PapersOnLine*, 4,231-233.
- Rifkin, J. (2015). *Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı*, Çev. Levent Göktem, İstanbul: Optimist Yayıncılık
- Rijmenam, M. (2015). *The Advantages and Disadvantages Of Real-Time Big Data Analytics*, <https://datafloq.com/read/the-power-of-real-time-big-data/225>, Erişim Tarihi: 04.04.2019
- Roadmap, S. M. A. (2010). *Factories of the Future PPP Strategic Multi-annual Roadmap*.
- Rouse, M., (2018). *Big Data* <https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/big-data>, Erişim Tarihi: 05.04.2019
- Rossmann, M., Khadikar, A., Le Franc, P., Perea, L., Maul, R., ve Ghosh, A., (2017). *Smart factories: how can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution* <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/smart-factorieshow-can-manufacturers-realize-the-potential-of-digital-industrial-revolution.pdf>, Erişim Tarihi: 19.05.2019
- Ruiz, A. (2016). *Manufacturing's big challenge: Finding skilled and interested workers*, <http://www.chicagotribune.com/business/ct-manufacturing-talent-gap-1218-biz-20161217-story.html>, Erişim Tarihi: 03.04.2019
- Sas, K., & Suarez, A (2014). *Priorities for occupational safety and health research in Europe for the year 2013–2020. EU-OSHA (Red.)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Schwartz, M (2002). *Encyclopedia of Smart Materials, 2 Volume Set*. Encyclopedia of Smart Materials, 2 Volume Set, by Mel Schwartz, pp. 1176. ISBN 0-471-17780-6. Wiley-VCH, March 2002., 1176.
- Siemieniuch, C. E., Sinclair, M. A., & Henshaw, M. D. (2015). Global drivers, sustainable manufacturing and systems ergonomics. *Applied ergonomics*, 51, 104-119.
- Spatz, J.P., & Schaal, S (2014). *Intelligent Systems Research*.
- Süzek, S. (2011). *İş Hukuku*, İstanbul: Beta Yayınları.

Tan, C., Liew, S. M., Alkahari, M., Ranjit, S. S. S., Said, M. R., Chen, W., ve Sivarao, C. (2013). Fire fighting mobile robot: state of the art and recent development. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(10), 220-230.

TUBİTAK, (2016). *Yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası*, http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf, Erişim Tarihi: 14.04.2019

TÜSİAD ve BCG (2016). *Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak Sanayi 4.0: gelişmekte olan ekonomi perspektifi*. İstanbul: TÜSİAD.

Tokol, A. (2005). *Türk Endüstri İlişkileri Sistemi*, Ankara: Nobel Yayınları.

Tranchard, S.(2017). *New ISO Standard On Video Fire Detectors Will Help Save Lives*, <https://www.iso.org/news/ref2207.html>, Erişim Tarihi:14.03.2019

VIKING, (2018). *Köpüklü söndürme sistemleri*, <http://www.ignis.com.tr/wp-content/uploads/2018/04/kopuklu-sondurme-sistemleri-hizli-basvuru-klavuzu-2018.pdf> Erişim Tarihi: 02.02.2019

Vijayalakshmi, S. R., ve Muruganand, S. (2017). Internet of Things technology for fire monitoring system. *Int. Res. J. Eng. Technol*, 4(6), 2140-2147.

Vogl, G. W., Weiss, B. A., ve Helu, M. (2016). A review of diagnostic and prognostic capabilities and best practices for manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(1), 79-95.

Wang, Z. L., ve Kang, Z. C (2012). *Functional and smart materials: structural evolution and structure analysis*. Springer Science & Business Media. Erişim Tarihi:03.04.2019

Webb, R., (2019). *Fire risk management for organizations*, <https://www.clearrisk.com/risk-management-blog/4-vial-fire-prevention-strategies-for-corporations>, Erişim Tarihi: 15.05.2019

Weyer, J., Fink, R., Adelt, F. (2015). Human-machine cooperation in smart cars. An empirical investigation of the loss-of-control thesis. *Elsevier*(72), 199-208

Wu, F., Wu, T., ve Yuce, M. (2019). An Internet-of-Things (IoT) network system for connected safety and health monitoring applications. *Sensors*, 19(1), 21.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muhammed Ertuğrul ÇAPAN

Uyruğu : T.C

Doğum Yeri ve Tarihi : Van / 22-07-1992

Yabancı Dili : İngilizce

Medeni hali : Bekar

İletişim (Telefon/e-posta) : +90 555 009 72 83 / ertugrulcapan @ hotmail.com.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Münci İnci Anadolu Teknik Lisesi (2010)

Lisans : Yüzüncü Yıl Üniversitesi - Jeloloji Mühendisliği (2014)

Yüksek Lisans : Rumeli Üniversitesi - İş Sağlığı ve Güvenliği A.B.D.(2019)