


## Kimya Sektöründe Tehlikeli Madde Taşınmasında Otonom Sistemler ile İş Sağlığı ve Güvenliği

Utku Can DOĞU\*<sup>1</sup> , Sinan BOZ\*<sup>2</sup> , Muharrem ÜNVER\*<sup>3</sup> 

\*Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, 78050, Türkiye

Araştırma Makalesi, Geliş Tarihi: 30.11.2020, Kabul Tarihi: 12.06.2021

### Özet

Bu çalışma kimyasal maddeleri kullanan, ilaç, tarım, seramik, cam ve kimya sektörüne; Endüstri 4.0'ın gelişimiyle birlikte hayatımıza daha çok giren otonom sistemleri kullanarak tehlikeli madde taşınmasında çalışanlara yardımda bulunmaktadır. Kimya sektöründe tehlikeli madde taşınmasında insanların maruz kaldığı etkiler göz önünde bulundurularak yapılan bu çalışmada iş-işçi sağlığı ve güvenliğini taşıyıcı gezgin robotlar sayesinde tehlikeli maddeleri taşıyarak insan sağlığını en yüksek düzeyde korumaktadır. Bu otonom sistemin tasarım amacı çalışanların tehlikeli madde taşımalarının önüne geçmesinin sağlanmasıdır. Var olan üretim sistemine entegre edilen bu yeni otonom sistemler hızlarıyla, verimlilikleriyle, kalite performanslarıyla ve sifıra yakın hata oranları ile işlem sürelerinde kazanç sağlamayı ve hat bekleme sürelerinde azalmaya yardımcı olmayı hedeflemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tehlikeli madde taşınması, Kimya sektörü, Otonom sistemler.

## Occupational Safety and Health via Autonomous Systems in the Hazardous Substances Transport in Chemical Sector

### Abstract

This study covers the pharmaceutical, agriculture, ceramics, glass and chemical industries using chemicals; With the development of Industry 4.0, it helps the employees in transporting dangerous goods by using autonomous systems that enter our lives more. In this study, which is carried out by taking into consideration the effects of people in the transportation of hazardous materials in the chemical industry, the job is to protect the health and safety of workers - by transporting hazardous materials through carrier robots and to protect human health at the highest target. The purpose of this autonomous system is designed to prevent employees from carrying dangerous goods. This new autonomous system, which is integrated into the existing production system, aims to gain in processing times and help reduce waiting times with its speed, efficiency, performance and near zero error rates.

**Keywords:** Dangerous goods transportation, Chemical industry, Autonomous systems.

---

<sup>1</sup>Sorumlu yazar utkudoguu06@gmail.com, <sup>2</sup>sinanboz1998@gmail.com, <sup>3</sup>muharremunver@karabuk.edu.tr

## 1. GİRİŞ

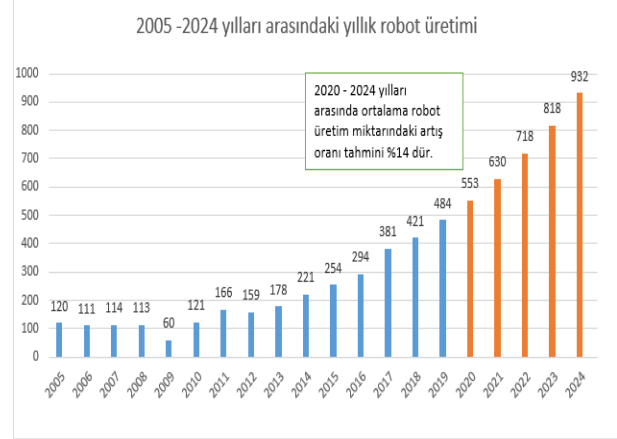
Dördüncü endüstri devriminin ortaya çıkışı değişimleri de beraberinde getirmiştir. Endüstri 4.0, fiziksel hayat ile dijital yaşam arasında büyük bir bağlantı kurmak için ileri dijital ve fizyolojik teknolojiyi birbirine uygun hale getirdi (WEF, 2017). Fırat ve Fırat (2017)'nin de yazdığı gibi yeni gelecekte endüstri 4.0 sayesinde bilişim teknolojileri ile tüm insani sistemlerin bir araya getirilmesi hedeflenmiştir. Bu plan, siber-fiziksel sistemler ve nesne hizmet interneti olmak üzere iki temele dayanır (Fırat ve Fırat, 2017). Nesnelerin interneti gelişmekte olan robotların birbiriyle olan etkileşimlerini gösterir. Karar mercileri oldukça hızlıdır. Çevre mekanizmalar ile sürekli malumat içinde bulunurlar ve bu periyodu test ederler (Fırat ve Fırat, 2017). Hizmet yapısında nesnelerin interneti yenilenen metotlar ile hizmetin vaziyetinden, gereken anlatımı sağlamaktadır. Sosyal mecralar üzerinden hizmet sağlayan ve hizmet kullanıcısı arasındaki köprü görevini üstlenir. Mamullerin alış-satış durumları gönderilen mailler ya da bulut bilişimde saklanan tüm veriler hizmetlerin üretimi adı altında incelenir. Kendisini idare edebilen, yönetebilen üzerlerinde bulunan sensörler ve kameralar sayesinde dış çevre ile etkileşen fazla gelişmiş nesnelere "Siber – Fiziksel Sistemler" denir. Buna örnek olarak bir ürünü bir yerden başka bir yere operatörsüz taşıyan araçlar verilebilir.

Akın (2017)'nin raporunda da bahsedildiği gibi endüstri 4.0'ın gelişmesiyle birlikte üretimde insan gücünü azaltıp makineleşmenin artması sonucunda insanoğlu daha az maliyetle daha kaliteli ürünler elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle çalışanın yerini tutabilecek herhangi bir insandan daha hassas üretim yapabilecek robotlar ve makineler geliştirilmektedir. Burada ilgili robotlar ve makineler genel olarak "İş Sağlığı ve Güvenliği" (İSG) açısından uygun bir yerleşimde tertip edilmeli bununla beraber, bu robot ve makinelerin karar algoritması hızlı olmalı ve durumdan bağımsız karar verme yetisine sahip olmalıdır. Bu durum bir makinenin özerk yani kendi kendini yönetebilme özelliği ile tanımlanır ve otonom yapı olarak adlandırılır.

Tablo 1'de dünyadaki yıllık endüstriyel robot üretimi yer almaktadır. 2005 ve 2019 yılları arasındaki üretim adetleri kayıt altına alınmıştır. 2005 ile 2008 yılları arasında üretim hızı sabit kalmış ve 2009'da ise düşmüştür bunun birincil nedeni 2008 yılının başlarında ortaya çıkan ve 2009 yılının ortasına kadar süren ekonomik buhran dönemidir. Bu yıldan sonra ise üretim artışa geçmektedir.

2020 ile 2024 yılları arasında ise geçen yıllardaki genel üretim artış hızı %15 olarak saptandığından bu tablodaki gibi benzer bir artış yapacağı öngörülmektedir (Akın, 2017).

**Tablo 1.** 2005-2024 yılları arası robot üretimi (Akın, 2017).



Makinelerin tamamının kendi kendilerini yönetebilme durumları ve yapının bir tek karar verme modülü bulunması bu sistemi özerk kılar. Otonom sistemler de makineler birbirleri arasında bilgi iletimi yaparlar ve rapor verme durumları görülür ayrıca bütün fonksiyonları kontrol ederler.

Geçmiş senelerde otomatik sürüş kapsamında geliştirilen 5 farklı süreç incelenmiştir. Bu süreçler sırasıyla sorumluluğu şoförden alıp tamamen aracın himayesine vermektedir. Birinci seviyede asistanlar; bu seviyede sistem kullanıcı isteğiyle işleve alınıyor örneğin; şerit takip mekanizması asistanların algılayıp şoförün verdiği ve hamleyi yine şoförün kendi yaptığı bir sistemdir. İkinci seviyede hız sabitleme sizin yerinize gaza basan fakat sizin ilk tepkinizde kontrolü yine size veren sizin istediğiniz süratte sabitleyen veya o belirlediğiniz sürati geçmeyen bir otonom sistem yine sorumluluğun büyük bir kısmı şoförde fakat birinci seviyedeki gibi sadece uyarıcı değil artık işin içinde olan sistemdir. 3. Seviyede ise otomatik park etme, yine sorumluluk paylaşıyor yani şoförün koltukta olup bazı işlemleri yapması gerekmektedir. İlk iki seviyeye göre daha fazla sorumluluğu üstlenen robotlar daha konforlu sürüşe davet ediyorlar. 4. ve 5. seviyelerde ise artık aracın kendi kendine hareket edeceği anlamına geliyor. Belli bir hızın altında ani fren yapması gibi sizin yerinize frene basan yolu takip eden ve duran bir sistem. 5. seviyede ise artık şoförün hiç emek vermeden istediği yere gidebileceği sistemden bahsetmektedir. Artık sistemin insana ihtiyaç duymadığı sürüş deneyimi hedefte (Friis, 2016).

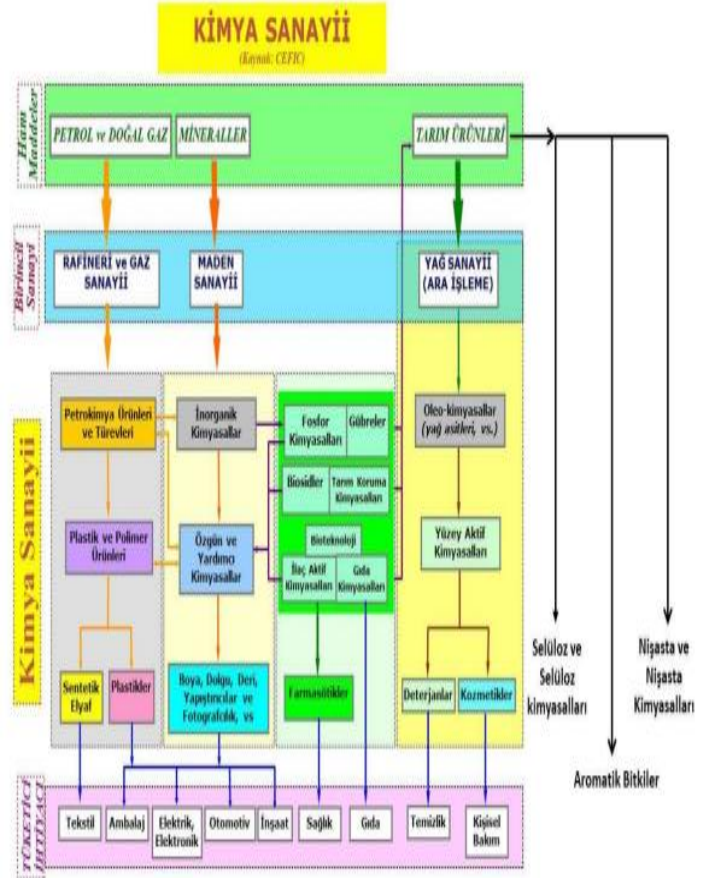
Friis'in 2006 yılında yapmış olduğu Dünya endüstri robotları ve otomasyon fırsatlarını araştırdığı

çalışmasında da olduğu gibi Endüstri 4.0'ın hayatımıza daha entegre olması gerekliliği günden güne artmaktadır. Otonom sistemler ile çalışma şeklini ilk benimseyen Avrupa ülkelerinden biri olan Almanya üretim hızını arttırması ile daha az iş gücüyle daha fazla ürün elde etmiştir. 2018 yılında 1 trilyon 317 milyon avro seviyesindeki ihracatı ile rekor kırmıştır bu sayede ülkenin dış ticaret fazlası 227 milyar 800 milyon avro gibi rakamlara ulaşmıştır. Üretilen ürünler arasında otomobil, ev araç gereçleri ve silikon bazlı mantıksal denetleyiciler önde gelmektedir. Siemens markasının günümüzde en başarılı üreticilerinden biri olan PLC devreler (programlanabilir mantıksal denetleyici) genel anlamda tüm makine ve elektronik donanımına sahip olan objelerin kontrolcüsüdür. Trafik ışıklarından kompleks makinelerin hepsinde kullanılan bu devreler kimya sanayinin de gelişimine büyük katkı sağlamıştır. Türkiye'de ise Endüstri 4.0 hareketinin başlaması ve benimsenmesi daha yakın tarihlere geliyor. Büyük sanayi firmaları 4.0 tekniğini benimsese bile pek çok yerel ve orta küçük ölçekli firmalar hala geçiş aşamasındadırlar.

### 1.1. Kimya Sektöründe Endüstri 4.0

Dördüncü endüstri devrimi ileriye dönük büyümeyi destekleyerek ve prosesleri düzene sokarak potansiyel olarak kimya sektöründen bahsedebilmemize olanak sağlar. Gelişmiş malzemeler, uygun analitik çözümler, yapay zekâ teknikleri ve akıllı robotik projeler gibi birçok ileri teknoloji ile birlikte kimya sanayisinde hedeflenen seviyeye ulaşması beklenmektedir. Daha da mühim mesele olan şey bu teknolojilerin şu an ki şirketlerde uygulanmaya başlanması, şirketlerde kullanılan diğer teknolojiler ile uyumlu olması ve yeni iş modellerine olanak sağlaması gibi yenilikler var olduğu sürece şirketlerin merkez noktalarında olacakları beklenmektedir (Fırat, 2016).

Kimya sektörüyle uğraşan şirketler kullanıcılarına kaliteli ürünler ve hizmetler sunabilmek için yeni metotlar, şirketlerin büyümeleri, daha fazla ses duyurmalarını sağlayacak adımlar endüstri 4.0 ile sağlanılacaktır. Şirketlerin ne kadar süratli ve iyi bir performans sergileyecekleri bugün aldıkları kararlara ve gelecek yıllar için odaklanacakları girişimlere göre değişebilir. Kimya sektörü ve ürünlerinden bahsedildiğinde, kimya sektörü bir ülkenin gelişmişlik düzeyini üstü kapalı olarak gösterebilir. Ülkenin içinde bulunduğu sosyoekonomik halini gözler önüne serer. Kimya sanayi, NACE 2 sektör sınıflandırmalarına göre dört ana imalat sanayi grubunu kapsamaktadır (Tarım, 2017).



Şekil 1. Kimya sanayinin hammaddeden tüketici ürünlerine ulaşım akışı (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2019).

Şekil 1'de Kimya sanayinin dört ana imalat sanayi grubundan bahsedilmektedir. Bu 4 ana sanayi petrol ve doğalgaz türevlerini içeren ham maddeler grubu, rafineri ve işlenmiş gaz grubunu içeren birincil sanayi, sentetik elyaf ve plastikler grubu ve son olarak da tüketici ihtiyaçları sınıfından oluşmaktadır.

Endüstri 4.0 ile beraber birçok farklı pazar endüstrisinin içinde olan kimya sektörü de bu devrime ayak uydurabilmesi gerekmektedir. Kimya sektörü günümüzde üretilen her ürüne doğrudan veya dolaylı olarak katkı sağlıyor bunlar inşaat, ilaç, seramik, boya, dış kaplama, cam, tıp, otomotiv, doğalgaz ve petrol sektörleri arasında başlıca yer alanlardır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2019).

Tablo 2'de kimyasal maddelerin en çok kullanıldığı sektörleri ve bu sektörlerdeki kullanım oranları verilmiştir. Kullanılan faaliyetleri göre toplam sonuçları da belirtilmiştir. %64,4 ile endüstriyel faaliyetlerde %36,6 ile diğer faaliyetlerde kullanım sıklıkları göz önüne getirilmiştir (Kayhan ve Demirel, 2016).

**Tablo 2.** Kimyasal maddelerin diğer sektörlerde kullanım miktarları (Kayhan ve Demirer, 2016).

Sektör	Tüketim %
Lastik ve Plastik	13,9
İnşaat	7,9
Kağıt sanayi	4,6
Otomotiv	4,3
Temel metaller	4,3
Tekstil	3,2
Diğer metalik olmayan mineraller	3,1
Metal üretimi	3,1
Makineler ve ekipmanları	2,8
Gıda ve içecek sanayi	2,6
Ağaç işleme	2,6
Yayım ve baskı işleri	2,3
Elektrik makine ve ekipmanları	2,2
Mobilya	2,1
Diğer üretimler	5,3
<b>Endüstriyel faaliyetler - Toplam</b>	<b>64,4</b>
Sağlık ve sosyal ihtiyaçlar	11,2
Diğer işler	7,4
Tarım	7,0
Ticaret	5,1
Servis	4,9
<b>Diğer faaliyetler - Toplam</b>	<b>35,6</b>

Ülkemizde üretilen ürünlerin direkt bağlantılı olduğu sanayi kollarından biri de kimya sanayisidir. Bu sebeple her maddede belli bir kimyasal düzen bulunur. Dünya üzerinde değişik uniformlar da 6 milyona yakın bilinen kimyasal madde vardır.

Zararlı kimyasal toksik sınıfına giren maddeler insan sağlığı için ölümcül olabilirler ve kanserojen madde olarak tanımlanırlar. Bu tanıma giren fakat günlük yaşantımızda sıkça kullandığımız eşyalar olabilir. Zararlı maddelerin insan sağlığına zarar verme durumları maddeye doğrudan temas yani etkileşim ile ya da vücuda emilimi ile görülür. Zararlı kimyasal toksikler zehirlilik ve tehlikeli olma durumlarına göre iki değişik sınıfa ayrılırlar.

Çeşitli sebeplerden mütevellit toksiklik etkisi değişiklik gösterebilir. Bunlar; vücuda giriş şekli, maddenin kimyasal formu, fiziki durumu, kişinin maruz kaldığı süre ve sıklığı, o kimyasal maddenin belli özellikleri (erime sıcaklığı kaynama noktası parlama eşiği ve uçuculuğu v.b) ve maruz kalan kişinin yapısıdır (Kalkan, 2012).

### 1.2. Kimya Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği

Tehlikeli madde taşımacılığında görev alan herkesin karşı karşıya kaldıkları risk o kadar yüksektir ki istenmeyen bir durumun oluşması halinde insanlar hayatını kaybedebilir veya hayatlarının sonuna kadar hastalıklarla mücadele etmek zorunda kalabilirler.

İstenmeyen durumlar iletişim sorunlarından, dikkatsizlikten, gereken tedbirlerin alınmamasından kaynaklanabilir. Burada tüm çalışanlara önemli görev düşmektedir. Herkes işini titizlikle yapmalı ve kurallara uymalıdır (Kalkan, 2012).

İşle ilgili hastalıklara örnek olarak; koroner kalp hastalıkları, kronik bronşit, KOAH, bronşiektazi, pnömokonyoz, alt – üst solunum yolları enfeksiyonları ve daha fazlası gösterilebilir.

Ağır metaller, çözücüler ve gazlar olarak sınıflara ayrılan kimyasal kaynaklı meslek hastalıkları A grubunda bulunur. Bu maddelerin uzun süre hava da asılı kalması ve o havanın çalışanlar tarafından solunması ile ortaya çıkan hastalıklardır.

Çalışanların uzun süreler aynı ortamda bulunması ve çalışması halinde meslek hastalıkları kategorisine girmektedir. Meslek hastalıkları kronik genelde kronik rahatsızlanmalara yol açmaktadır, radyolog bunlara örnek olarak verilebilir daha ciddi derecede rahatsızlıklar ise ağır metaller veya zehirli kimyasal maddelerle çalışanlara örnek olarak verilebilir.

Sosyal Güvenlik Kurumu'na göre 2019 yılında kimyevi ürünlerin imalatında iş kazası geçiren çalışanların sayısı 29 iken zehirlenme boğulma nedeniyle 108 işçi, patlama yanma nedeniyle de 83 işçinin yaşamını yitirdiği kayıt altına alınmıştır. Aynı kurumun verilerine göre başka bir verisine göre iş kazasının en çok görülen sektörler fabrikasyon olarak metal ürünlerin imalatı ve ana metal sanayi tekstil ürünlerinin imalatında görülmüştür. Tablo 3'te iş kazalarının nedenlerine bağlı olarak sonuç verileri yer almaktadır.

**Tablo 3.** İş kazaları karnesi

Sonuç	Kazalar	Hastanede Yatan İnsan Sayısı	Hastanede Ayakta Tedavi Olan İnsan Sayısı	Ölüm Sayısı	Hasar (Dolar)
Çevresel Hasar	76	2	1	2	36.893,716
Patlama	17	10	2	7	13.030,932
Ateş	70	14	8	10	20.624,418
Su Kanalizasyonuna Karışan Tehlikeli Madde	62	1	1	0	32.148,280
Döküntü	14644	12	110	7	70.192,689
Gaz veya Buhar Yayılımı	378	16	31	2	16.400,966
<b>Toplam</b>	<b>16160</b>	<b>55</b>	<b>153</b>	<b>28</b>	<b>90,936,412</b>



### 1.3. Kimya Sektöründe Taşıma ve Akıllı Gezgin Robot Projesi

Dünya genelinde iş kazası sayıları gün geçtikçe artıyor maalesef bunun önünü kesebilmek için olağan teknolojiden yararlanmak, kaliteyi arttırmak, rakipler ile rekabet ortamı oluşturmak ve en önemlisi insanın değerini daha iyi kavrayabilmek, insanın yüküne yardımcı olabilmek için otonom sistemlerden yararlanılmalıdır. Otonom sistemler hayatımıza girdikleri günden itibaren pozitif katkılar vermişler ve vermeye de devam edeceklerdir (Murphy, 2000).

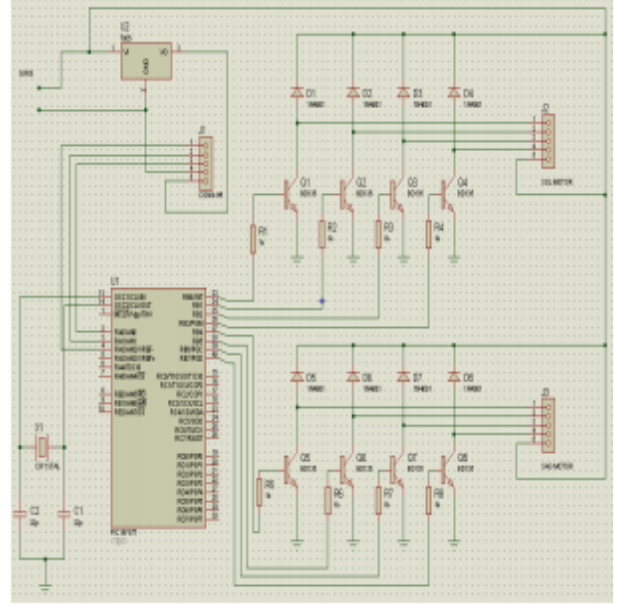
Bu çalışmada amaç, ülkemizde bulunan kimya sektörüne hizmet eden şirketlerde insan sağlığına zararlı olan kimyasalları taşıyıcı gezgin robotlar sayesinde taşıyarak insan sağlığını en yüksek hedefte korumaktır (Yazıcı vd., 2006). Bu kapsamda birinde kimyasal madde değerinde çözelti bulunan 2 farklı derişimin taşıyıcı gezgin robotlar sayesinde taşınması sağlanacaktır. Bu taşıma zemine döşenen siyah şeritler sayesinde gerçekleşecektir. Şeritten çıkma ya da herhangi başka olumsuz koşulda ikaz sesi çıkarıp kendini durduracaktır (Carelli vd., 2006) (Smith ve Zografos, 2005). Başta kimya sektöründe boy gösteren şirketlerde, temizlik, ilaç, seramik ve cam sanayisi de dahil olmak üzere kimyasal maddelerin kullanıldığı alanlarda çalışanların tehlikeli madde taşımalarının önüne geçmek için tasarlanmıştır.

Taşıyıcı gezgin robotlar temizleme aracı olarak da kullanılabilirler. İçlerinde bulunan hassas terazi sayesinde taşıyacakları kimyasal maddenin ağırlığı ölçülür ve optimum aralıkta olup olmadığı da kontrol edilir (Lacey ve Dawson, 1998). Çalışma mekanizması da sadece zemine döşenen şeritler üzerinde hareket eden bu gezgin robotlar kimyasal madde tankı ile döküleceği tank veya ulaşacağı platformlar arasında gel-git işlemi yaparlar.

## 2. METARYAL VE METOT

### 2.1. Sistemin Tasarımı

Taşıyıcı gezgin robotların sistem tasarımı siyah ve beyaz bölgeleri algılayan step motoru zeminin renklerini algılayabilmesi için gerekli fototransistörler, bu bilgiyi işlemesi için gönderilen ana kontrol ünitesi (CPU) ve yüklenen ağırlığa göre alçalıp yükselebilen hassas terazi ve karar mekanizmasını içerir. Robot bu kontrol üniteleri ile donatılmıştır (Şekil 2) (Egtesad ve Neculescu, 2006).



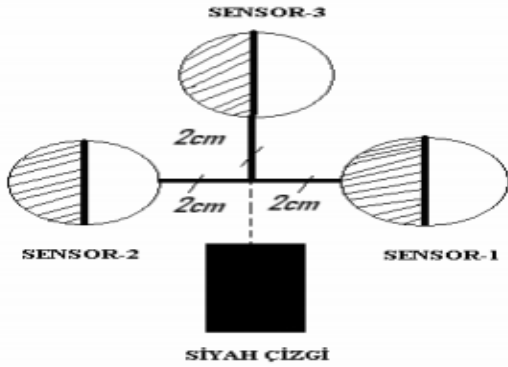
Şekil 2. Sürücü kontrol devresi

### 2.2. Sistemin Çalışması

Akıllı gezgin robotların çalışma prensibi şu şekildedir. Ana kontrol ünitesine bağlı olan 3 farklı sensör bulunur (Şekil 3). Bu sensörlerin ikisi yan taraflarda biri ise ön kısımda yer alır. Sensörlere yerleştirilmiş fototransistörler bulunur, bu transistör çeşidi gönderdiği kızılötesi ışık ile zeminin hangi renge olduğunu ana kontrol ünitesine gönderir. Robotun ilerlemesini sağlayan işaret zemine daha önceden yerleştirilmiş siyah şerit ile yolunu bulması istenmektedir. Sensörlerden ön kısımda olanı siyah şeridi takip etmek için programlanmıştır. Ana kontrol ünitesi ön taraftan gelen bilgileri 0 ile 1 olarak algılar, 0 beyaz bölgeyi temsil eder ve robotun bu bölgede bulunması istenmeyen bir durumdur. Siyah bölgeleri ise 1 olarak algılar ve robotun izleyeceği yolun doğru halidir. Sensörlerde bulunan kızılötesi ışıklar zemine sürekli ışık tutar, siyah şerit üzerine düşen ışıklar daha az soğurulduğu için ışık algılayıcıları olan fototransistörler siyah zemin üzerinde ilerlediğini ana kontrol birimine göndererek herhangi bir hata olmadığını belirtir ve robot yoluna devam eder.

Eğer ön taraftaki sensör beyaz zemine ışık gönderirse zemin fazla yansıtacağından fototransistörler bu bilgiyi ana kontrol ünitesine gönderir ve birim bunu 0 komutu olarak algılar sistemi o an durdurarak hata meydana geldiğini anlayacaktır. Yan taraftaki sensörler ise öndekinin aksine tam tersi çalışır yani beyaz noktalar 1 durumu iken siyah noktalar 0 olarak algılanır.

Bunun nedeni yerleştirilen siyah şerit robotun sadece altından geçtiği için yan taraflarda siyah rengin algılanması robotun olması gereken yerden farklı bir yerde olması anlamına gelir bu da istenilen bir durum değildir. Bu yüzden yandaki sensörler siyah ışık belirlediğinde robot bir hata meydana geldiğini anlar ve sistemi o an durdurur. Robot taşımayı bitirince 180 derecelik bir dönüş yapar ve başka bir yükleme için geldiği yere geri döner (Smith ve Zaografos, 2005) (Kotani vd., 1996).



Şekil 3. Sensör yerleştirme planı

Bu kısma kadarki bölümde robotun hangi yönde ilerleyeceğinin çalışma durumu anlatılmıştır buna ek olarak robotun üzerine konulan yükleri hassas terazi ile ölçülüp yüksekliğini ayarlaması için bir kontrol ünitesi daha bulunur. Bu özellik kontrol birimine daha önceden tanımlanmış 5 preset halinde bulunur. Yüklenen ürün hangi ağırlık skalası arasında ise yüklenen platform belirlenen yüksekliğe ulaşır ve taşıma öyle devam eder.

### 2.3. Mikrodenetleyicinin Programlanması

Ana kontrol ünitesi ve hassas terazinin karar verme mekanizmasında “PIC BASIC PRO” programlama dili kullanılmıştır. Hassas terazi kontrol ünitesi programlanırken yüksekliği belirlemek için 5 farklı ağırlık aralığı tanımlanır. Farklı programlar sayesinde genelde uzaktan çalışan mikrodenetleyiciler için uygun olan onaltılık kaynak dosyası olan HEX uzantılı dosyalara dönüştürülür, elde edilen dosyalar mikrodenetleyicilere yüklenir (Do ve Pan, 2006).

Kimya sektöründe tehlikeli madde taşımacılığında insan sağlığına zarar verebilecek pek çok madde bulunduğu için olası bir kaza can kaybıyla sonuçlanması yüksek olasılıklıdır, iyi ihtimalle can kaybı olmasa bile uzun yıllar sürecek hastalıklar görülebilir. Bu nedenle tehlikeli maddelerin taşınması önemli bir konudur ve bu yüzden dünya genelinde de uluslararası bir düzenlemeye ihtiyaç duyulmuştur.

Verimlilik ve etkinlik Endüstri 4.0 ile beraber daha da önemli hale gelmiştir. Kaynakların doğru kullanılması, sistemlerde kullanılan enerjinin minimumda tutulması ve insan sağlığı açısından iş güvenliğinin artırılması ve kaza sayılarında azalma sağlanmıştır.

Akıllı seyyah robot, belirlenmiş yol üzerinde daha öncesinden çizilmiş olan beyaz zemin üstündeki siyah çizgileri üzerinde bulunan ve sürekli işlem yapan sensörler sayesinde takip ederek kendi kendine gitme özelliği kazandırılmıştır. Sensörler için mikrodenetleyici kullanılmıştır, kızılötesi sensör ve fototransistör yardımıyla bu bilgileri step motorlarına aktarır ve siyah çizginin dışına taşmayacak şekilde robotun ilerlenmesi sağlanacaktır. Step motorları ise mikrodenetleyiciden gelen bilgiler sayesinde robota hareket özelliği kazandırmıştır.

**Mikrodenetleyici:** Merkezi işlem biriminin ana karar verme mekanizmasının çalışmasını sağlayan bir bileşendir genelde çip şeklinde tasarlanır devre kartına pimler sayesinde oturur.

**Kızılötesi Sensör:** Genelde renklerin ayırt edilebilmesinde görevlendirilir. Bazı örneklerinde mesafe algılaması da yapabilir. Bu sensörler kızılötesi bir ışık yayar ve içinde bulunan fototransistörler sayesinde zeminin rengi algılanır.

**Fototransistör:** Üstüne düşen ışığı zeminin rengini belirlemek için kullanılır. Çok küçük yapıların birleşmesiyle oluşur nanometre ile ölçülür.

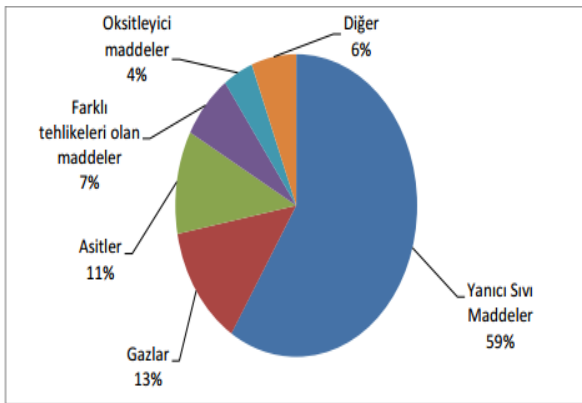
**Step Motorları:** Robotun sadece hareket edebilmesinin sağlayan motorlardır. Robotun hangi yöne gideceğini belirlemez.

## 3. BULGULAR

Otonom taşıma araçları taşımanın en hızlı ve güvenli yoludur. Konveyörler veya manuel araçların yerine kullanılan ve her taşıma işlemi için özel olarak tasarlanan bu araçlar, tekrar eden taşıma işlemlerini güvenli ve hassas bir şekilde yerine getirirler. Otomasyon sistemleri günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle beraber pek çok farklı sektörde halihazırda kullanılmaktadır. Bu sistemler insanlara göre çalışma hızı, üretim kalitesi ve yüksek hızda karar verme mekanizmalarına sahip oldukları için günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Robotların gelişimi ile beraber üretim bantlarında daha da uyum sağlamışlardır. Eskiden üretim hattı robotlara göre düzenlenirken günümüzde robotlar mevcut üretim sistemlerine ayak uydurabilmektedirler. Üzerlerindeki sensörler sayesinde çevresini ve parçaları tanımlayabilen

bu robotlar insanlar ile beraber esnek bir şekilde çalışabilirler. Yapılan araştırmalara göre insanlarla beraber çalışabilen robotlar üretim halindeyken işlem sürelerinde %25 azalmayı, hat bekleme sürelerinde ise %17 azalma sağladığı gözlemlenmiştir.

Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması verdikleri zarara göredir daha az zararlıdan daha fazla zararlıya doğru sıralanır bunlar; gazlar, asitler, oksitleyiciler ve organik peroksitlerdir farklı tehlikedeki maddeler yanıcılar ve diğer tehlikeli maddeler olarak sınıflandırılır. Tehlikeli maddeler insan vücuduna 3 farklı şekilde girebilir bunlar solunum yolu, deri ile emilmesi yani soğurulması ve sindirim yolu ile gerçekleşir.

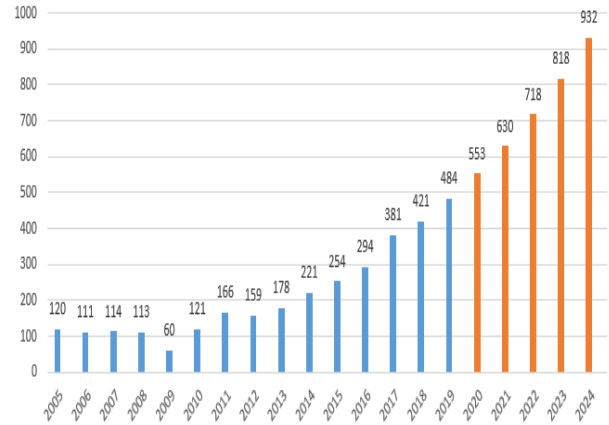


Şekil 4. Tehlikeli madde taşımacılığının tehlikeli madde sınıflarına göre dağılımı

Şekil 4'te tehlikeli madde taşınmasındaki tehlikeli maddelerin sınıflarına göre dağılımı verilmiştir. %59 ile en çok yanıcı sıvı maddelerin taşındığı bundan sonra da sırasıyla gazların, asitlerin, diğer tehlikeli maddelerin ve son olarak da %4 ile oksitleyici maddelerin taşındığı vurgulanmıştır.

2024 yılına kadar Uluslararası Robotik Federasyonu'nun (IFR) en yakın tahminine göre güncel olarak faal çalışan fabrikalarda 1,4 milyondan fazla yeni endüstriyel robot kullanımı olacağı şeklindedir. Tüm dünyaya bakıldığında Avrupa Birliği otomasyon kullanımı olarak en üst sırada yer almaktadır. 10.000 çalışan başına diğer bütün bölgelerden daha fazla endüstriyel robot sayısına sahip ülkelerin %65'i Avrupa Birliği'nde bulunmaktadır. Robot ve endüstriyel aletlerin kullanımı AB'de en yüksek iken robot yapımı endüstrisinde 1 numaralı büyüme ise Çin'e aittir. Tahminlere göre 2021 yılında endüstriyel robotların tüm dünyadaki pazarın %40'ını tek başına karşılayacağı ön görülmektedir. Şekil 5'te yıllık endüstriyel robot arzı grafiği bulunmaktadır (Kılıç ve Alkan, 2018).

Endüstriyel Robotların Dünya Çapında Yıllık Arzı  
2005 -2024 (1000 adet)



Şekil 5. Yıllık Endüstriyel Robot Arzı (Kılıç ve Alkan, 2018).

Tablo 5. Tehlikeli madde kazalarının sebep ve sonuçları

	Toplam kaza sayısı	Malzeme tasarım hatası	İnsan hatası	Ürün kaybı	Ciddi yaralanmalar	Ölüm
Depolama ve Elleçleme esnasında meydana gelen kazalar	110	50 %47	49 %45	80 %73	3 %3	0 %0
Taşıma esnasında meydana gelen kazalar	139	49 %35	83 %60	102 %73	4 %3	3 %2

Tablo 5'te Türkiye genelinde bir yıl içerisinde tehlikeli maddelerinin lojistik operasyonları sürecinde meydana gelen tehlikeli madde kazalarının sebepleri ve sonuçları tabloda görüldüğü gibidir. Toplam kaza sayıları kazanın neden kaynaklandığı yaralanma ve can kaybı sayıları da belirtilmiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İş kazalarının çoğunluğu işçi hatalarından kaynaklanmaktadır. Çalışanların bilinçsiz, disiplinsiz, dikkatsiz ve bazı kontrolsüz davranışları, güvensiz çalışma yöntemleri, alet ve kullanılan makinelerin düzensizlikleri ya da yanlış kullanımlarından meydana gelmektedirler. Veyahut tehlikelerin önemsenmemesi, eğitim eksikliği ruhsal bazı sorunlar, ailevi sorunlar, yorgunluk, uykusuzluk, işin yetkili personel tarafından yapılmaması, yetki belirsizlikleri, koruyucu ekipmanların doğru şekilde kullanılmaması ya da ekipman yetersizlikleri örnek olarak verilebilir. Ulaşılan inceleme sonuçlarınca %2'sinin önüne geçilemeyen sebeplerden %10'nun güvensiz durumlardan geriye

kalan %88'inin ise kişilerin davranışlarından kaynaklandığı belirlenmiştir. İşine gereken ilgiyi alakayı gösteren, iyi bir şekilde odaklanabilen insanlar bile hata yapmaktadırlar. Çalışma alanında günlük sıradan işleri gerçekleştiren kişi sayısı ile yapılmış hata sayıları ele alındığında maddi anlamda maliyetli sorunlarla karşı karşıya kalınabilir. Robotik otomasyonlar insanoğullarından kaynaklanan hataları tamamen ortadan kaldırılabilmektedir. Güvenilirdirler, kurallara uyarlar, emirlere itaat ederler, süreci hızlandırıp iyileştirmelerde bulunabilirler ve en önemlisi prosesin kalitesini arttıran kabiliyetlere sahiptirler.

Tekrarlanan ve çok zaman harcanan süreçleri otomatik hale getirerek işçilerin daha değerli olan işlerde görevlendirilmesine olanak sağlanmış olur ayrıca böylelikle çalışanlar işletmeye daha fazla değer katarlar. Akıllı gezgin robot ile süreç otomasyonunda insansız gerçekleştirilebilecek görevler meydana geldiği için bu görevlerden kurtulan çalışanlar üretime daha fazla katkı sağlayıp insan odaklı işlere daha fazla yoğunlaşabilir hale geleceklerdir.

Bu çalışma, insanın tehlikeli madde ile etkileşimini sıfıra indirmek üzere tasarlanmıştır. Maalesef ki bazı şirketlerde bu atık maddelerin uzaklaştırılmasında hala çalışanlar kullanılmaktadır. Yüksek dozda kimyasal maddeye maruz kalan ya da vücuduna etkileşimi söz konusu olduğunda hem insana hem de çevreye verdiği zarar bilinmektedir. Bu projeden sonra insana ve çevreye verdiği zararda azalma göstermiş işletme içinde olumlu sonuçlar incelenmiştir. Robotla birçok yeni özellik katılarak proje geliştirilebilir. Kimyasal alanda kullanılacak otonom robotlarda dış cephelerin kimyasal tepkimeye girmeyecek bir madde ile kaplanması durumunda robotun kullanım ömrünü gözle görülür şekilde arttırılmasında yardımcı olabilir. Robotun merkezi işlem biriminin (CPU) internete bağlı olması halinde makinelerin vardiyasını değiştirmek için herhangi bir teknisyene ihtiyaç olmadan bir bilgisayar yardımıyla uzaktan erişim sağlanıp yeni komutlar atanabilir ayrıca robotlar her saat başı ana bilgisayara sinyal gönderip çalışmasının aksamadığını rapor edebilir. Daha uzun ömürlü olması için güneş pilleri takılabilir daha uzun şarj ömrüne sahip olarak tek vardiya değil de çift vardiya çalışabilir. Alt yüzeyine yerleri süpüren bir temizlik fırçası eklenebilir gelip gittiği yolu aynı zamanda temizleyebilir. Robotun üzerine kamera ve bir sensör eklenip yoluna çıkan engeller olduğunda stop edebilir ya da taşıdığı yükü anbean takip edebilme imkanı da sunar.

## KAYNAKLAR

Akın Ö. (2017). Hızla artan endüstriyel robotların üretim süreçlerinde yarattığı değişimler ve Türkiye işgücü piyasasında yaratacağı olası etkilerin değerlendirilmesi, İş ve Hayat, 3(6), 42-71.

Carelli R., Victor J.S., Roberti F. and Tosetti S. (2006). Direct visual tracking control of remote cellular robots, Robotics and Autonomous Systems, 54, 805-814.

Do K.D. and Pan J. (2006). Robotics and Computer Integrated Manufacturing.

Eghtesad M. and Neculescu D.S. (2006). Internal dynamics of robotic and autonomous systems.

Fırat S.Ü.O. (2016). Sanayi 4.0 dönüşümü nedir? Belirlemeler ve Beklentiler, Global Sanayici Dergisi, ÇOSB Yayını.

Fırat S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: Kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye, Toprak İşveren Dergisi.

Fırat S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017). Endüstri 4.0: Gereklilikler ve Etkiler, Konferans Notları, İ.Ü. Enformatik Bölümü.

Friis D. (2016). World industrial robots and automation opportunities.

Kalkan M. E. (2012). Karayolu ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Yerleşim Alanlarının Riskleri (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kayhan E. ve Demirel A. (2016). Polimer işleme sektörlerindeki meslek hastalıkları kazalar ve iş güvenliği, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(3), 497-507.

Kılıç S. ve Alkan R. M. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri, Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, 2(3), 29-49.

Kotani S., Mori H. and Kiyohiro N. (1996). Robotic travel assistance and development of robotic autonomous systems.

Lacey G. and Dawson-Howe K.M. (1998). Mobility application for robotics and autonomous systems.

Murphy R. (2000). Introduction to AI Robotics, MIT Press, London.



Smith P.P. and Zografos K. (2005). Robotics and autonomous systems.

Tarım M. (2017). Kimya sektöründe iş kazaları ve meslek hastalıkları, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16(32), 49-64.

T.C. Kalkınma Bakanlığı 11. Kalkınma Planı, 2019.

WEF, The Global Risks Report 2017, 12th Edition, Insight Report, 2017.

Yazıcı A., Parlaktuna O. ve Özkan M. (2006). Akıllı gezgin robotların tarım alanında uygulamaları, 5. GAP Mühendislik kongresi, Şanlıurfa.