



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



AKILLI ŞEHİRLERDE ATIK YÖNETİMİ AMAÇLI
AKILLI ÇÖP KUTUSU TASARIMI

HADİ AZADDAR

YÜK SEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı (Türkçe)

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ümit Kemalettin TERZİ

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Seçil VARBAK NEŞE

İSTANBUL, 2021



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



AKILLI ŞEHİRLERDE ATIK YÖNETİMİ AMAÇLI
AKILLI ÇÖP KUTUSU TASARIMI

HADİ AZADDAR
(523116923)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı (Türkçe)
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ümit Kemalettin TERZİ

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Seçil VARBAK NEŞE

İSTANBUL, 2021

ÖNSÖZ

Günümüzde şehirler git gide akıllı şehir haline dönüşmekte ve birçoğu ise bu doğrultuda kendini geliştirmektedir. Akıllı şehir kavramının bir parçası olarak düşünülen Atık Yönetim Sistemi belediyelerin önemli bölümlerden biridir. Belediyeler tarafından katı atık toplama sürecinin tümü akıllı çöp kutusu ile gerçek zamanlı izlenmesi ve toplanması ile mümkündür. Bu şekilde maliyetlerin ve çalışanların yoğunluğunu azalacak ve de verimliliği arttıracaklarını düşünüyorum. Bu düşünce ve görüşlerle başladığım çalışmamda ve tez sürecimin başından itibaren bana yol gösteren tez danışmanım Pro. Dr. Ümit Kemalettin TERZİ ve eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Seçil VARBAK NEŞE yine tez süreci ve yazımı sırasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Onur AKAR'a ve benden desteğini eksik etmeyen başta ailem olmak üzere bütün herkese teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2021

Hadi AZADDAR

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
YENİLİK BEYANI.....	vi
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Dünyada ve Türkiye’de Katı Atık Yönetimi	1
1.2. Katı Atık Toplama / Lojistik	7
1.3. Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları.....	8
1.4. Sera Gazı Emisyonları	9
1.4.1. Türkiye'nin iklim değişikliği ve sera gazı emisyonları.....	11
1.4.2. Atık kaynakların emisyonlarının bertarafında sera gazı emisyonları.....	12
1.4.3. Fosil yakıt zararları ve sera gazı emisyonu	13
1.5. Ülkemizde Çevre Harcamalar	14
1.6. Belediyelerde Katı Atık Yöntemi	15
2. AKILLI ŞEHİRLERDE ATIK YÖNETİMİ.....	16
2.1. Akıllı Şehirler	16
2.2. Akıllı Atık Yönetimi Sistemi.....	17
2.3. Atıkların Halk Sağlığına Olan Tehlikeler	17
2.4. Yurt Dışındaki Atık Yönetim sistemleri.....	19
2.5. Akıllı Çöp Kutusu.....	22
2.6. Çöp Toplama Robotları	23
2.7. Çöp Toplama İle İlgili Çözülmesi Gereken Sorular	24
2.8. Nesnelerin İnterneti (IoT)	24
2.8.1. IoT Ağ Geçit Sistemi ve Özellikleri	26
2.8.2. IoT Oluşturulması.....	27

2.9. Kablosuz Algılayıcı Ağlar.....	28
2.10. KAA tabanlı IoT uygulama mimarisi.....	29
2.11. Yazılım mimarisi.....	30
2.12. RFID Teknolojisi.....	31
2.12.1. RFID'nin Çöp Toplamadaki Etiketler	32
2.12.2. RFID Bileşenleri.....	33
2.12.3. RFID Etiket.....	34
2.12.4. RFID Anten	35
2.12.5. RFID Okuyucu.....	36
3. AKILLI ÇÖP KUTUSU TASARIMI	37
3.1. Sistemin Özellikleri ve Alıcı Tarafındaki Görevleri	39
3.2. Güneş Enerjili Çöp Kompaktör Tanımı.....	41
3.3. Sistem Dış görünüşü ve Boyutlandırılması	42
3.4. Sistemin Sıkıştırma Özellikleri.....	44
3.5. Sistemin Sıvı Toplama Haznesi.....	45
3.6. Sistem Donanım	46
3.6.1. Sensörler	46
3.6.2. GSM Modülü	47
3.6.3. GSM Ana kart Tasarım	47
3.7. AÇK Sistemin Yazılımsal Altyapısı.....	50
3.7.1. Sistemde kullanılan teknoloji.....	52
3.7.2. Sistemin yapısı ve arayüzü.....	53
3.8. Akıllı Çöp Toplamada Güzergah ve Sayısı Belirleme	54
3.9. Sistem Web Arayüz Tasarımı.....	56
3.10. Akıllı Çöp Sistemi İçin IoT Tabanlı Uyumu.....	57
3.11. Sistem Ekonomik Analizi.....	58
4. SONUÇLAR	63
KAYNAKLAR.....	65
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET

AKILLI ŞEHİRLERDE ATIK YÖNETİMİ AMAÇLI AKILLI ÇÖP KUTUSU TASARIMI

Günümüzde birçok büyük şehir git gide akıllı şehir haline dönüşmekte ve birçoğu ise dönüşüm yolundadır. Akıllı trafik, akıllı aydınlatma, akıllı enerji ve akıllı atık yönetimi şehirlerin ayrılmaz bir parçası haline dönüştürülmüştür. Atık Yönetim Sistemi (AYS) belediyelerde birçok önemli bölümlerden biridir. Günümüzde, bu sektör de profesyonel toplama maliyetlerini azaltmaya devam etmekte, çalışanların yoğunluğunu azaltmakta, operasyon verimliliğini ve yatırım getirisini arttırmaktadır. AYS'nin verimli olmaması, ciddi çevresel sorunlara ve maliyet sorunlarına neden olmuştur. Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisine yönelik çalışmaların artışı nedeniyle, IoT hizmetler çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada atık miktarını azaltmak için IoT tabanlı ve Küresel Pozisyon Sistemi (GPS) yöntemli akıllı çöp sistemi önerilmektedir. Mobil cihazlardaki son teknolojik ilerleme, çeşitli sensörlü iletişim modülleri, Kablosuz Bağlantı Alanı (Wi-Fi) ve Uzun Vadeli Evrim (LTE) gibi iletişim ağ teknolojileri ile birlikte, IoT önemli akademik ilgi alanları kazandırmıştır. Katı atık toplama sürecinin tümünün izlenmesi ve odaklanması bir sistemdir. Gerçek zamanlı çöp arabalarının verimlilikleri ve tüm çöp kamyonlarının faaliyetleri takip edilmektedir. Bu yöntemle şehirler akıllı IoT tabanlı donanım ve yazılım çözümler ile atık toplama maliyetlerini % 75-85'e kadar azaltabilmektedir.

Haziran 2021

Hadi AZADDAR

ABSTRACT

SMART TRASH BIN DESIGN FOR WASTE MANAGEMENT IN SMART CITIES

Today, many large cities are gradually transforming to smart cities, and most of them are on the way of transformation. Smart traffic, smart illumination, smart energy, and smart waste management became the integral part of the cities. Waste Management System (WMS) is one of the significant parts of municipalities. This sector is continuing to decrease the professional collection costs, minimizing the business volume of the employees, and increasing the efficiency of operations and the return on investment. Inefficiency of WMS causes significant environmental problems, and cost problems. IoT services have been actualized in various fields due to a lapse of model regarding the Internet of Things (IoT) technology. For this reason, the method of Global Positioning System (GPS), that is an IoT based smart waste system, is being suggested in this study in order to decrease the amount of waste. IoT has provided significant academic fields of interest along with the recent technological progress in mobile devices, and with communication network technologies such as various sensor communication modules, Wireless Fidelity (Wi-Fi), and Long-Term Evolution (LTE). Monitoring and addressing the whole solid waste collection process is a system. The efficiencies of garbage trucks, and their activities are followed-up. By this method, the cities are able to decrease the waste collection costs up to 75-85% through IoT based hardware and software solutions.

June 2021

Hadi AZADDAR

YENİLİK BEYANI

Bu çalışmada, minimum maliyetli atık yönetim sistemi için bir katı atık modellemesi ve prototipi geliştirildi. Bu model ile yalnızca belirli bir coğrafi konumda toplanması gereken önemli miktarda çöp kutusu bulunduğu alanlara, çöp toplanmaya giden çöp kamyonlarının yakıt tüketiminin azaltılmasını sağlayacak. Ayrıca oluşacak trafik yoğunluğunun önlenmesine, personel iş yükünün azalmasına ve zamandan tasarruf edilmesine katkıda sağlayacaktır. Yine günlük yaşamlarımızı daha sağlıklı hale getireceği yerel yönetimler başta olmak üzere ülke ekonomisine çok büyük ekonomik katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu yöntemle şehirler akıllı IoT tabanlı donanım ve yazılım çözümler ile atık toplama maliyetlerini % 70-85'e kadar azaltabilmektedir.

Haziran 2021

Prof. Dr. Ümit Kemalettin TERZİ Dr. Öğr. Üyesi Seçil VARBAK Hadi AZADDAR

KISALTMALAR

WMS: Waste Management System (Atık Yönetim Sistemi)

IoT : Internet of Things (nesnelerin interneti)

LTE: Long-Term Evolution (Uzun Süreli Gelişim)

GPRS: General Packet Radio Service (Genel Paket Radyo Servisi)

Wi-Fi: wireless fidelity (kablosuz bağlantı)

EU: Avrupa Birleşikleri

GN: Gross National Income

GSMG: Gayrisafi Milli Gelir

GHG: Sera gazı (Greenhouse gas)

GSYİH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

OCR: Optic Character Recognition (Optik Karakter Tanıma)

ITS: Intelligent Transportation Systems Akıllı Ulaşım Sistemlerinde

WSN: Wireless Sensor Networks (Kablosuz Sensör Ağlarındaki)

AVAC: Automated vacuum collection (Otomatik vakum toplama sistemi)

ITU: International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)

KAA: Kablosuz Algılayıcı Ağlar

CAGR: Compound Annual Growth Rate (Bileşik Yıllık Büyüme Oranı)

TCP: Transmission Control Protocol (İletim Kontrol Protokolü)

EA: Evsel Atıklar

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: 2005 ve 2016 yıllarında ülke bazında üretilen belediye atıkları, 2016 seviyesine göre sınıflandırılmış.....	2
Şekil 1.2 Amerika Birleşik Devletleri'nin katı atık istatistikleri	6
Şekil 1.3 Amerika Birleşik Devletleri istatistikleri geri dönüşüm	6
Şekil 1.4 Bertaraf operasyonlarından sera gazı emisyonlarının tahmini payı (2008)	7
Şekil 1.5 EU-15 ve EU-27'deki sera emisyonlu gazı 1990'dan 2010'a kadar enerji geri kazanımsız ve diğer işlemler olmadan toplama ve yakma (1.000 ton).....	8
Şekil 1.6 Atıkların düzenli depolaması 1990 ve 2008 yıllarında kişi başına sera emisyonları gazlar (Kişi başına kg CO ₂ -eq / yıl).....	12
Şekil 1.7 Toplam sera gazı emisyonlarının geliştirilmesi, 2005-2015 (2005 = 100; CO ₂ eşdeğerine göre).....	12
Şekil 1.8 Türkiye'de belediye katı atık yönetimi - Landfill alanı sayısı.....	13
Şekil 1.9 Türkiye'de belediye katı atık yönetimi - Landfill alanı sayısı	15
Şekil 2.1 Vakum'de atık toplama sistemi	19
Şekil 2.2 Yeraltı atık depolama sistemi	20
Şekil 2.3 Mobil çöp toplama sistemi.....	21
Şekil 2.4 Çöp kamyonundan otomatik çöp boşaltmaya sistem numunesi	21
Şekil 2.5 Güneş panelli çöp kutusu.....	22
Şekil 2.6 Güneş panelli çöp kutusu.....	23
Şekil 2.7 Çöp Toplayan Robotları.....	24
Şekil 2.8 Toplam İnternete Bağlanan Cihazlar.....	26
Şekil 2.9 IoT uygulama mimarisi.....	28
Şekil 2.10 IoT Ağ Geçidi sisteminin yazılım mimarisi.....	30
Şekil 2.11 RFID Sistem görünümü.....	31
Şekil 2.12 Nesnelerin interneti oluşturma.....	34

Şekil 2.13 RFID Etiketi.....	35
Şekil 2.14 RFID Anteni.....	36
Şekil 2.15 RFID Okuyucu.....	36
Şekil 3.1 Sistem Genel Görünüm.....	43
Şekil 3.2. Çöp kotosunun dış görünümü.....	45
Şekil 3.3. Çöp kotosunun dış görünümü.....	46
Şekil 3.4. Çöp kotosunun iç mekanizması.....	47
Şekil 3.5. Sıvı Heznesi.....	48
Şekil 3.6. PRT12 Sensör.....	48
Şekil 3.7. E3V3 Sensör.....	49
Şekil 3.8. SIM900A GSM Modülü.....	50
Şekil 3.9. Ana kart.....	53
Şekil 3.10 Yazılım algoritması.....	53
Şekil 3.11 Mekanik algoritması.....	54
Şekil 3.12 Ekran arayüz.....	55
Şekil 3.13 Koleksiyon mobil uygulama.....	58
Şekil 3.14. Web tabanlı katı atık yönetimi hizmeti.....	60

TABLO LİSTESİ

Tablo 0.1 Seçilen 1995-2019 yıllarında ülkeler tarafından üretilen belediye atıkları (kişi başı kg).....	2
Tablo 1.2 Atık işlemleri ile Belediye atık E: tahmini S: Eurostat tahmini (aşamalı).....	4
Tablo 1.3 yıllık EU sera gazı envanteri 2008-2019, yılda milyon ton	10
Tablo 2.1 Florida'da atık işçilerinin sıklıkla karşılaştığı yaralanma türleri	18
Tablo 3.1 Bir çöp toplama aracı yakıt maliyet tablosu.....	58
Tablo 3.2. Bir aracın araç amortisman maliyetli.....	58
Tablo 3.3 Personel Maliyeti.....	59
Tablo 3.4 Toplam çöp toplama maliyeti.....	59
Tablo 3.5 AÇK'nun yapım maliyeti.....	61

1. GİRİŞ

Günümüzde, Atık Yönetim Sistemi (AYS), çevresel ve finansal olumsuz sonuçların nedeni ile dünyadaki en önemli konulardan biridir. AYS, bazı paydaşlar, küresel organizasyonlar, devletler, belediyeler, özel şirketler ve yerel vatandaşlar vb. ile bağlıdır. Atık toplama ve yönetim maliyetleri ayrıca vatandaşların memnuniyeti, çevresel konuda, düzenli ve stratejik bir şekilde yönetilmediği sürece, bir devletin ekonomisinin durumunu etkileyebilir.

Şehirlerin hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişme ve kentleşme gibi faktörler, günümüze kadar atık toplama, taşıma ve depolama yönetim sisteminde mevcut sistemin yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Atık üretim oranları dünya çapında artmaktadır. Dünya bankası istatistiklerine göre [1], 2012 yılında, kişi başına günlük 1,2 kilogram bir ayak izi tutarında, yılda katı atık 1,3 milyar ton üretiliyor. Hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin büyümesi nedeni ile atık üretiminin 2025 yılına kadar 2,2 milyar tona ulaşması bekleniyor. Katı atıkların artması sistemde yeni sorunlar yaratabilir. Şehirde ki atıkların miktarı her ülkeye göre farklılık göstermektedir [2]. Toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi ekonomik anlamda büyük yük olduğu kadar toplum sağlığı açısından da önemli önemlidir. Ayrıca uygun şekilde değerlendirilemediği takdirde kaybolan ekonomik bir değer de olan katı atıkların yönetiminde, toplanmasından bertarafına kadarki süreçte gerçekleştirilecek tüm hizmetlerin maliyet ve sorumluluğu yerel yönetimlere düşmektedir.

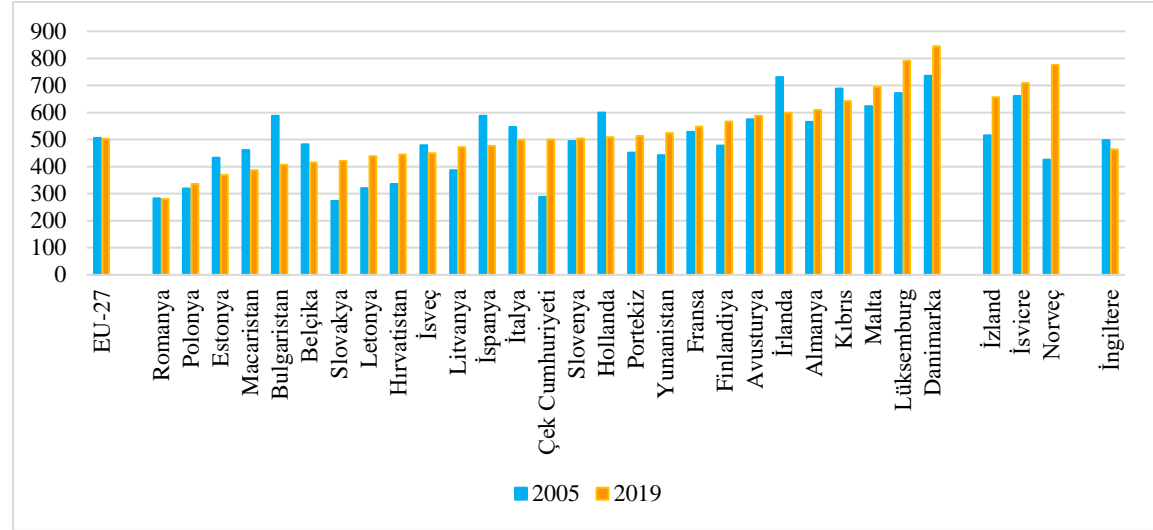
1.1. Dünyada ve Türkiye’de Katı Atık Yönetimi

Ülkelere göre kişi başına düşen kilogram cinsinden atık üretimini Şehir 1.1 ve Tablo 1.1’de gösterilmektedir. Şekil 1.1, 2005 ve 2019 yıllarını kapsamaktadır. Her ikisi de, karşılaştırma için EU-27 toplamalarını içermekte olup ülkelerin atık üretimi 2019 yılına kadar sırasıyla sıralanmıştır [3].

2019 yılında, atık üretim miktarları, Romanya’da kişi başına 280 kg’dan Danimarka’da kişi başına 844 kg’a kadar değişmektedir. Tüketim örüntülü varyasyonları, ekonomik zenginliklerinin farklılıklarını yansıtır. Aynı zamanda kentsel atık yönetimi atıkların nasıl toplandığına ve yönetildiğine de bağlıdır. Ticari, alışveriş merkezlerinin idari atıklarının bertaraf edilmesi aynı zamanda da evsel atıkların toplanması ve yönetimi ile ilgili

ülkeler arasında geniş bir varyasyon söz konusudur.

31 ülke arasında 21 ülkede (EFTA Üye olan Devletler) kişi başına üretilen belediye atık miktarı 2005 ile 2019 arasında artmıştır. 2005 ve 2019 rakamlarına göre yıllık oranları ortalama, Yunanistan (% 2.4), Malta (% 2.3), Letonya (% 2.1) ve Danimarka (% 1.9) en yüksek miktara ulaşmıştır. Bulgaristan yıllık % -2.5'luk düşüşle en yüksek düşüşe sahipti, ardından İrlanda % -1.5 ve İspanya % -1.3 düşüşünü göstermektedir [3].



Şekil 1.1 2005 ve 2019 yıllarında ülke bazında üretilen belediye atıkları, 2019 seviyesine göre sınıflandırılmış (kişi başına kg).

Tablo 1.1 Seçilen 1995-2019 yıllarında ülkeler tarafından üretilen belediye atıkları (kişi başı kg).

GEO	1995	2000	2005	2012	2019	Change (%)	1995 – 2019
E . U – 27	467	513	506	488	502	7,5	
Belçika	455	471	482	456	442	-8,8	
Bulgaristan	694	612	588	508	404	:	
Çek Cumhuriyeti	302	335	289	320	339	65,6	
Danimarka	521	664	736	781	777	62	
Almanya	623	642	565	626	627	-2,2	
Estonya	371	453	433	301	376	-0,5	
İrlanda	512	599	731	617	:	:	
Yunanistan	303	412	442	503	498	72,9	

ispanya	505	653	588	485	443	-5,7
Fransa	475	514	530	534	511	15,3
Hırvatistan	:	262	336	384	403	:
İtalya	454	509	546	529	497	9,9
Kıbrıs	595	628	688	672	640	7,9
Letonya	264	271	320	350	410	66,3
Litvanya	426	365	387	442	444	10,8
Lüksemburg	587	654	672	666	614	34,8
Macaristan	460	446	461	382	379	-15,9
Malta	387	533	623	589	621	79,2
Hollanda	539	598	599	568	520	-5,8
Avusturya	437	580	575	573	564	34,8
Polonya	285	320	319	319	307	17,9
Portekiz	352	457	452	490	474	45,9
Romanya	342	355	383	259	261	-18
Slovenya	596	513	494	415	466	-15,5
Slovakya	295	254	273	311	348	42,9
Finlandiya	413	502	478	505	504	36,9
İsveç	386	428	477	449	443	16,2
İngiltere	498	577	581	491	483	:
İzlanda	426	462	516	495	656	:
Norveç	624	613	426	485	754	24,4
İsviçre	600	656	661	689	720	18,1
Karadağ	:	:	:	544	518	:
Yugoslav	:	:	:	357	385	:
Sırbistan	:	:	:	375	268	:
Türkiye	441	465	458	410	424	-3,8
Bosna Hersek	:	:	:	340	:	:
Kosova	:	:	:	:	222	:

Tablo 1.2, Avrupa Birliği'nde (EU-27) tedbir edilen yöntemle, 2010 ila 2019 yılları arasında, belediye atıkların miktarını milyon ton ve kişi başına ise kg göstermektedir. Tablo 1.2, EU-27 seviyesinde üretilen atık miktarı ve arıtma kategorisine göre atık miktarlarını göstermektedir (çöp toplama, yakma, geri dönüşüm, kompostlama).

Tablo 1.2 Atık işlemleri ile Belediye atık E: tahmini S: Eurostat tahmini (aşamalı).

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
E . U	503	499	488	478	478	480	490	495	495	502 ^(s)
İş.E.U	504	498	486	479	478	481	489	491	491	:
Belçika	455	455	445	436	425	412	419	411	409	416
Bulgaristan	554	508	460	432	442	419	404	435	407	:
Çek Cumhuriyeti	318	320	308	307	310	316	339	489 ^(e)	494 ^(e)	500 ^(e)
Danimarka	:	862 ^(b)	806	813	808	822	830	820	814	844
Almanya	602	626	619	615	631	632	633	627	606	609 ^(e)
Estonya	305 ^(b)	301	280	293	357 ^(b)	359	376	390	405	369
İrlanda	624	616	585	:	562 ^(b)	:	581	576	598	:
Yunanistan	532	305	495	482	488	488	5,28	5,315	5,277	524
İspanya	510	485	468	454	448	456	463	473	475	476 ^(e)
Fransa	534 ^(e)	534	527 ^(e)	520	517 ^(e)	516	530 ^(e)	535	535 ^(ep)	642 ^(ep)
Hırvatistan	379 ^(d)	384	391	404	387	393	403	416	432	445
İtalya	547	529	504	491	488	486	479	488	501	504
Kıbrıs	695	676	664	618	602	620	633	625	646	642 ^(p)
Letonya	324	350	323	350	364	404	410	411	407	439
Litvanya	404	442	445	433	433	448	444	455	464	472
Lüksemburg	679	666	652	616	626	607	815 ^(b)	798	803	791 ^(ep)
Macaristan	403	382	402	378	385	377	379	385	381	387
Malta	601	589	590	579	591	640 ^(b)	641	666	663	694
Hollanda	571	568	549	526	527	523	520	513	511	508
Avusturya	562	573	579	578	566	560	564	570	579	588 ^(p)
Polonya	316 ^(e)	319 ^(e)	317 ^(e)	297 ^(be)	286 ^(e)	307 ^(e)	307 ^(e)	315	10,863	336
Portekiz	516	490	453	440	453	460 ^(b)	474	486	507	513
Romanya	313 ^(d)	259	251	254	249	247	261	272	272	280

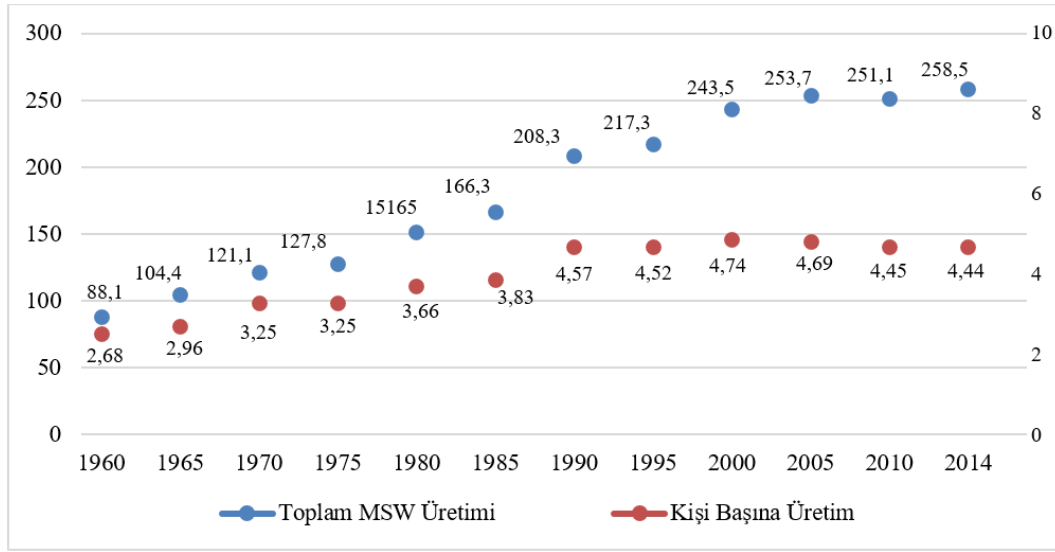
Slovenya	490	415	362	414 ^(b)	432	449	457	471	486	504
Slovakya	319	311	306	304	320	329	348	378	414	421
Finlandiya	470	505	506	493	482	500	504	510	551	566
İsveç	441	453	454	455	443	452	447	452	434	449
İngiltere	509	491	477	482	482	483	483	468	463	:
İzlanda	484	495	511	516	535	588	656	656	:	:
Norveç	469	485	477	496	423 ^(b)	422	754 ^(b)	748	739	776
İsviçre	711	692	697	706	733	728	723	709	706	709
Karadağ	:	524	494	497	484	503	518	509	530	:
Yugoslav	351 ^(d)	357	381	384	370	380	385	344	301	:
Sırbistan	363	375	365	366	299	259	268	306	319	381
Türkiye	407	416 ^(d)	410	406 ^(e)	405 ^(e)	400 ^(e)	425 ^(be)	425 ^(e)	424 ^(e)	424 ^(e)
Bosna Hersek	332	340	340	311	349	340	354	352	356	:
Kosova	:	:	:	:	:	178	:	229	226	:

EU -27'de daha fazla atık üretilmesine rağmen, toplam belediye atıklarının miktarı azalmıştır. Tüm toplanan belediye atığı, 67 milyon ton veya % 56 düşerek - 1995'te 121 milyon tondan (kişi başına 286 kg) 2019'da 54 milyon tona (kişi başına 120 kg) oranında azalmıştır. Bu, yıllık ortalama % 3,3 düşüşe denk geliyor. Daha kısa dönem için, 2005-2019 düzenli depolama, yılda ortalama % 3,5 oranında düşmüştür.

Sonuç olarak, AB'de düzenli depolama oranı (üretilen atığın payı olarak depolanmış atık) 1995'te % 61'den 2019'da % 23'e düşmüştür. Geri dönüştürülen atık miktarı 1995'te 37 milyon tondan (kişi başına 87 kg), 2019'da yıllık ortalama % 4,3 oranında 107 milyon tona (kişi başına 239 kg) yükseldi. Geri dönüştürülen belediye atığının payı genel olarak % 19'dan % 48'e yükselmektedir. 1995'ten bu yana, AB'de yakılan belediye atığı miktarı 30 milyon ton veya % 100 arttı ve 2019'da 60 milyon ton oldu. Böylece yakılan kentsel atık miktarı kişi başına 70 kg'dan kişi başına 134 kg'a yükselmiştir [4].

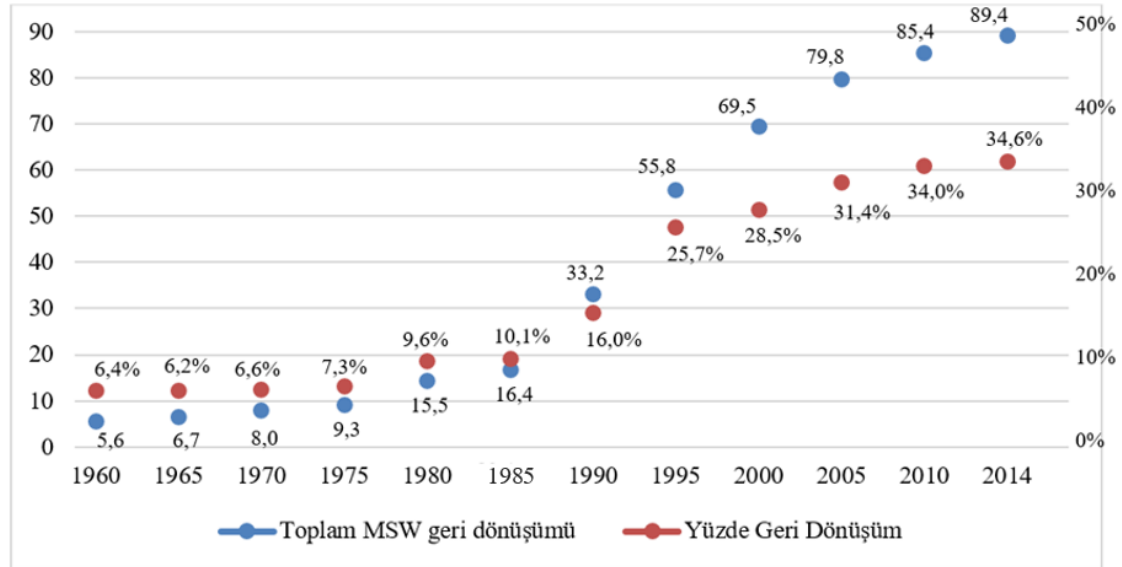
Atıkların azaltılması gelecekteki neslimiz için uzun vadeli bir hedef oluşturmuştur. Çünkü sürdürülebilirlik ve çevresel sorumluluk toplumu bilinçli hale dönüştürmüştür. Şekil 1.2'de belirtildiği gibi geri dönüşüm ve kompostlama gibi atık tekniklerinin artan sorumluluk yaygınlığına rağmen, her Amerikalı için günde ortalama 4,4 kilo çöp üreterek, toplamda yılda 258,5 milyon ton ulusal atık üretimine katkıda

bulunmaktadır[6].



Şekil 1.2 Amerika Birleşik Devletleri'nin katı atık istatistikleri.

Geri dönüşüm yaygın bir uygulama olmasına rağmen, halen verimlilikle yerine getirilmemiştir ve kompostlama yasal olarak daha az yaygın olmaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından sağlanan Şekil 1.3'e göre yüksek bile olsa üretilen atıkların üçte birini geri dönüştürüldüğü görülmektedir [5].



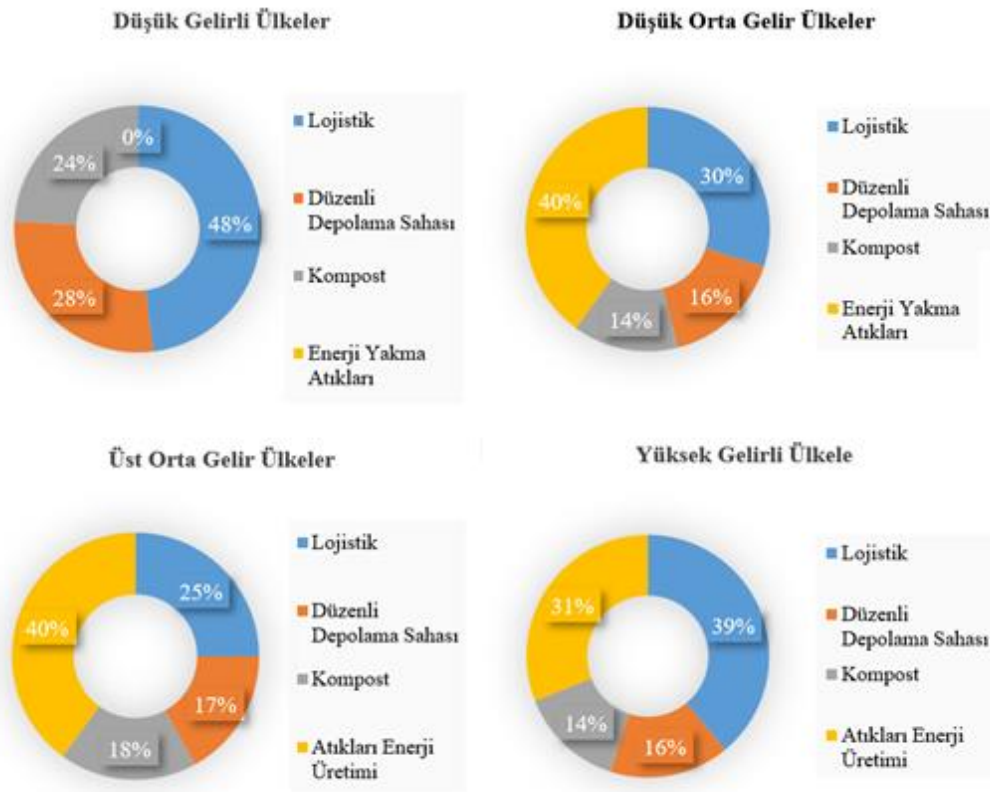
Şekil 1.3 Amerika Birleşik Devletleri istatistikleri geri dönüşüm.

2014 yılında yaklaşık 66,4 milyon ton KKA geri dönüştürülmüş, 23 milyon ton kompostlanmış, 33,1 milyon ton enerji geri kazanımı ile yakılmış ve 136 milyon ton atık

depolama taşınmış.

1.2. Katı Atık Toplama / Lojistik

Herhangi bir AYS'nin temel unsurları atık toplama, depolama ve nakliye işlemlerinden oluşmaktadır. Genel olarak, AYS küresel olarak göz önüne alındığında, atık toplama- taşıma, belediyeler ve hükümetler gibi yerel organlar tarafından yürütülmektedir. Şekil 1.4'de kişi başına düşen GSMG (Gayrisafi Milli Gelir) ile ilgili katı atık yönetim maliyetleri aşağıdaki tablodan görülebileceği gibi, belediye bütçelerinin % 25 ila % 50'sini oluşturan bu faaliyetlere çok fazla para harcanmaktadır [6,7].



Şekil 1.4 GSMG'lere (Gayrisafi Milli Gelir) göre tahmini katı atık yönetimi maliyetleri.

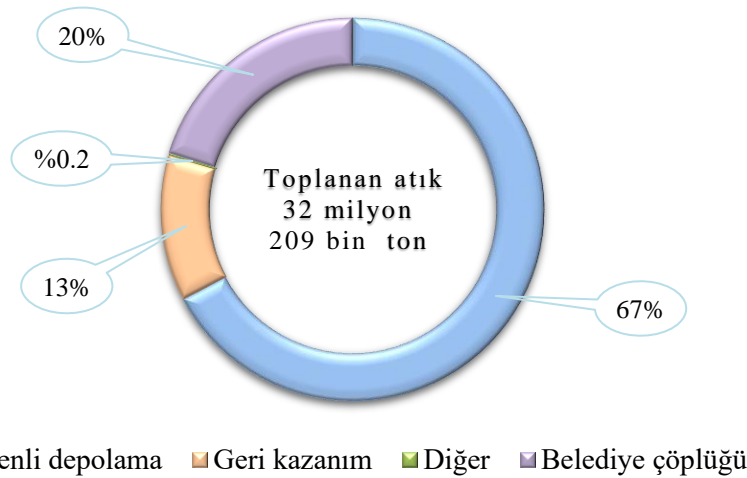
Dünya Bankası tarafından atık yönetimi sisteminde toplam harcanan para (Toplama, ayrıştırma, geri dönüşüm) yılda 1 milyar dolar olduğunu tahmin edilmektedir. Neredeyse yarısı atıkların toplanmasından ve taşınmasından oluşan lojistiğe ayrılmıştır. Bu miktarın % 70'i atıkların toplanması ve % 30 ise taşınması için harcanmaktadır [7]. Atık üretim oranları, düşük gelirli ülkelerde önümüzdeki yirmi yıl içinde iki katından

daha fazla artacaktır. Dünya genelinde, katı atık yönetimi maliyetleri bugünün yıllık 205,4 milyar \$ 'dan 2025'te yaklaşık 375,5 milyar \$'a yükselecek. Maliyet artışları en çok düşük gelirli ülkelerde (5 kattan fazla artış) ve orta gelirli ülkelerde (4 kattan fazla) artış olacaktır [8].

1.3.Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de katı atıklar, hem insan ve çevre sağlığı hem de ekonomik açıdan önemli bir yere sahiptir. Katı atıkların, kentsel alanlarda çevre sağlığının korunması için düzenli bir şekilde toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi gerekir. Bu doğrultuda katı atıkların, büyük sorunlara yol açmadan ortadan kaldırılması için planlı olarak yürütülen bir katı atık yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye'de Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK) 01 Ekim 2019 tarih ve 30666 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan rapora göre; tüm atık hizmeti veren 1399 belediye tarafından 2018 yılında, günlük ortalama 87 bin ton olmak üzere şekil 1.5’te toplam 32 milyon 209 bin ton atık toplandı. Belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı ise 1,16 kg olarak hesaplandı. Belediyeler tarafından toplanan 32 milyon 209 bin ton atığın %67,2’si düzenli depolama tesislerine, %20,2’si belediye çöplüklerine ve %12,3’i geri kazanım tesislerine gönderilirken, %0,2’si açıkta yakarak, gömerek veya dereye/araziye dökerek bertaraf edildi. Belediyeler tarafından atık hizmeti verilen nüfusun toplam nüfusa oranı 1996 yılında %71 iken 2018 yılında 93'e yükseldi [9].



Şekil 1.5 Bertaraf / geri kazanım durumu ve atık miktarı, 2019.

İstanbul'da günde yaklaşık 15 bin 500 ton evsel atık toplanıyor. Buna göre, İstanbul'da kişi başına yaklaşık 1,2 kilogram çöp düşüyor. Ankara'da ise günde yaklaşık 5 bin ton katı atık üretiliyor. Kişi başına düşen atık miktarı kışın 1,14 kg, yazın da 0,97 kg olmak üzere ortalama 1,05 olarak gerçekleşiyor [10].

TÜİK'e göre atık yönetiminde harcanan tutar toplam 4,2 milyar TL ile sonuçlanmaktadır. Yaklaşık olarak, lojistik operasyonlara ayrılan paranın miktarının % 95'i, belediyelerle çalışan özel atık toplama şirketleri için tahsis edilen 2 milyar TL olarak tahmin edilmektedir [5].

1.4. Sera Gazı Emisyonları

AYS lojistik maliyetler konusu dışında, atık toplama ve taşıma süreçlerinde çevresel endişeler de söz konusudur. Birleşmiş Milletler kentsel atık yönetim raporuna göre, sera gazı emisyonları katı atık sektöründe dünyada ki sera bütçesinin % 5'i, toplam sera gazı emisyonunun yaklaşık olarak 1300 ton CO₂'dir. Devletler arası iklim değişikliği panelinde geleneksel atık yönetimi uygulamalarının iyi bir Sera Gazı (SG) emisyon azaltma potansiyeli sunduğunu iddia ederek bildirmiş ve rapor edilmektedir. AYS uygulamalarından sorumlu makamların SG daha az önem vermiş olmalarına rağmen, ortaya çıkacak yeni bir eğilim olduğu için yenilikçi atık yönetimi uygulamalarına yapılan yatırımlara yeni zorunluluklar geliştirmektedir [11]. Son iki yüzyılda, insan kaynaklı faaliyetler artmaktadır. Taşımacılık, endüstriyel üretim, orman temizliği ve atık üretimi, artan fosil yakıt kullanımı, sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. CO₂, CH₄ ve N₂O, başlıca SG'ları olarak bilinir. Atmosferdeki küresel ortalama CO₂ konsantrasyonu 1750 yılında 280 ppm'den 381 ppm'e yükselmiştir. Bu son 650.000 yılda en yüksek olanıdır [12, 13]. Atmosferdeki artan SG konsantrasyonu, küresel iklim değişikliğini zorlayacaktır. Bu değişimleri deniz seviyesinde ve atmosferdeki fırtınalarda, rüzgar değişikliği, yağış miktarı ve hidrolojik döngüsünü, vb. tetikleyebilir [14]. Sera gazı emisyonları başlıca emisyon kaynakları ile ilgili genel bir açıklama Tablo 1.5'te sunulmuştur. Tablo 1.3'te 2008'dan beri 373 milyon ton CO₂-eq / yıl veya % 48,5 2019'de elde edilen toplam azalmaktadır [8, 15].

Tablo 1.3: yıllık EU sera gazı envanteri 2008-2019, yılda milyon ton.

Kaynak kategorileri	2008	2019	2008-2019 %
Toplam - Tüm NACE etkinlikleri	373	289	-22,5
Tarım, ormancılık ve balıkçılık	2648	2508	-5,3
Madencilik	1243	1269	2,1
İmalat	590	416	-29,4
Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme temini	6039	4674	-33,6
Su kaynağı	1912	1544	-19,2
İnşaat	92	101	9,5
Toptan ve perakende ticaret, motorlu taşıtların ve motosikletlerin onarımı	84	68	-18,3
Ulaşım	916	875	-4,4
Konaklama ve iletişim	69	53	-23
Bilgi ve iletişim	12	12	-41,5
Finans ve sigorta faaliyetleri	20	22	10
Gayrimenkul faaliyetleri	6	4	-30,3
Yönetim ve destek hizmet faaliyetleri	46	39	-15,4
Kamu yönetimi ve savunma	49	36	-26,2
Eğitim	37	30	-19,8
Sanat, eğlence	65	51	-20,9
Diğer	65	55	-16,1
İşveren olarak hanelerin faaliyetleri	5	6	19

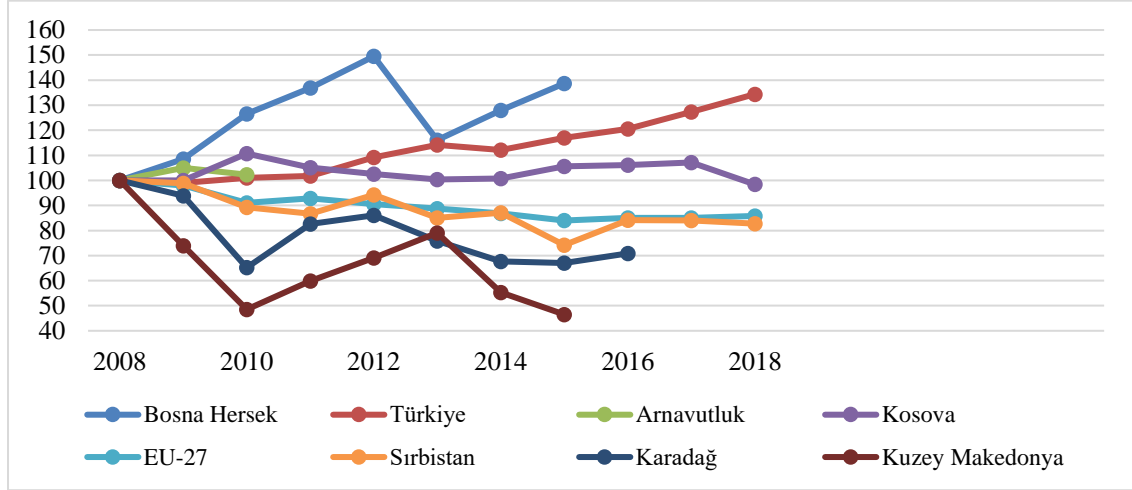
1.4.1. Türkiye'nin iklim değişikliği ve sera gazı emisyonları

Sera gazları atmosferde radyasyon yayar. Bu gazlar su buharı, karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksit (N₂O), ve ozon ve sera etkisine yaptıkları katkılar sırasıyla % 36-72, % 9-26, % 4-9 ve % 3-7'dir [16]. Türkiye, 2009 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Kyoto Protokolü Çerçeve Sözleşmesi'ne parti olmuştur. İklim değişikliği üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olan gazlardan, CO₂, CH₄, N₂O, hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve sülfür heksaflorür'dür (SF₆) [17].

Türkiye'nin farklı bölgelerindeki iklim değişikliği farklı etkiler gösterebilir. Örneğin, tehdidi altındaki kurak bölgelerden, Güneydoęu Anadolu bölgesi ve İç Anadolu bölgesi, çölleşmektedir. Ege ve Akdeniz bölgelerinde yeterli su kaynağı bulunmamaktadır, bu nedenle bu bölgelerde de etkilenmektedir. Tarım küresel ısınmanın üzerindeki etkileri; sıcaklık, deniz seviyesi, yağış, ısı dalgaları, CO₂, ozonun zararları, hastalıklar ve gıdaların beslenme kalitesindeki değişimleridir. Hayvan ve bitki türlerine yönelik yok olma riski, hayvanların göçü ve su kaynağı sorunları, küresel ısınmaya karşı suçlanabilir Türkiye, 2030 yılına kadar SG'yi % 21'e kadar düşürmeyi planlanmaktadır. Atıkların alternatif yakıt olarak kullanılması sanayide enerji verimliliğini artıracaktır [18].

Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerine göre, Türkiye'nin toplam sera gazı (SG) emisyonları 2015 yılında 475,1 milyon ton CO₂ eşdeğeri olurken, 2016 yılında yüzde 4,4 artarak yaklaşık 496,1 milyon ton CO₂ eşdeğerine çıkarak ulaşılmıştır. 2016 yılında, toplam CO₂ emisyonları, 1990 yılına göre yüzde 135,4 oranında artmıştır. 1990'daki CO₂ eşdeğeri kişi başına 3,8 ton iken, 2016 yılında 6,3 ton olmuştur.

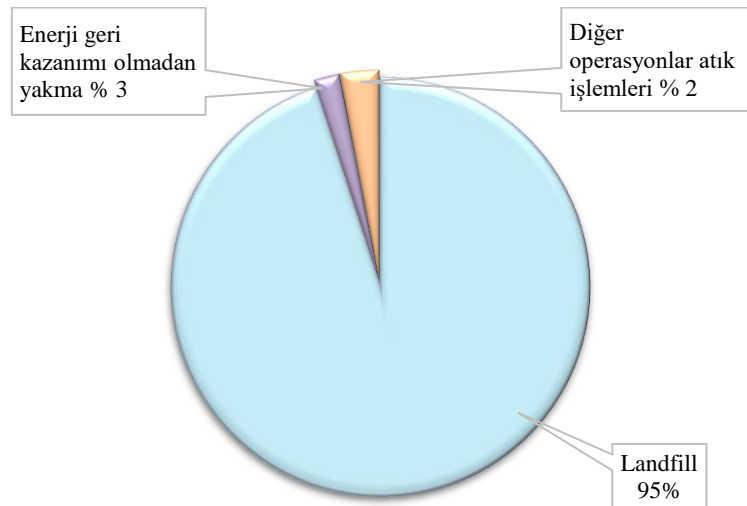
Toplam CO₂ emisyonlarının yüzde 86,1 ile en büyük payı, enerji sektörünün alt kategorisi olan elektrik ve ısı üretimi yüzde 33,5 seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Bu emisyonların geriye kalan yüzde 13,6'sı endüstriyel işlemlerden ve ürün kullanımından kaynaklanmaktadır, bunların yüzde 0,3'ü tarımsal faaliyetlerden ve atık sektöründen gelmiştir. Tarımsal faaliyetler N₂O emisyonlarının yüzde 77,6'sını oluştururken, N₂O emisyonlarının yüzde 12,1'i, yüzde 6,5'i ve yüzde 3,8'i, sırasıyla enerji, atık ve endüstriyel süreçlerden ve ürün kullanımından kaynaklanmaktadır [16,19,20]. Şekil 1.6'de 2008-2018 arası sera gazı emisyonlarının geliştirilmesi gözükmektedir.



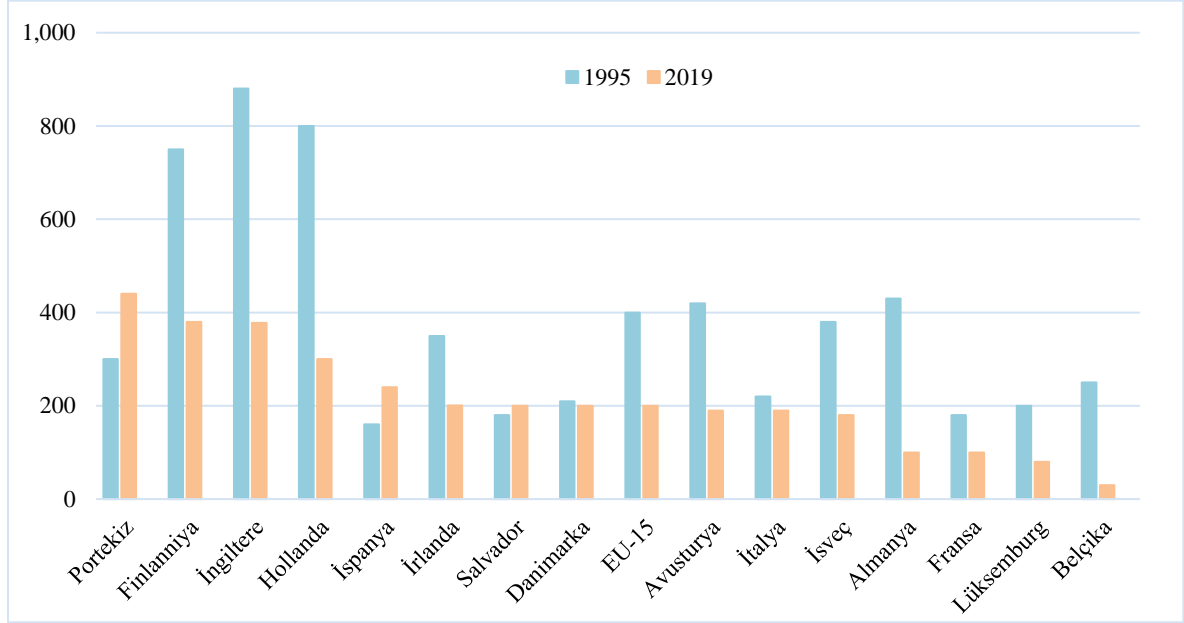
Şekil 1.6 Toplam sera gazı emisyonlarının geliştirilmesi, 2008-2018 (2005 = 100; CO₂ eşdeğerine göre).

1.4.2. Atık kaynakların emisyonlarının bertarafında sera gazı emisyonları

EU tarafından, sürekli artan toplam atık miktarına rağmen, gelecekte daha da azalacak şekilde tahmin edilmektedir. Bu eğilim, EU'da ki atıkların doğru yönetilmesinden kaynaklanmaktadır. Atık sektöründe, toplam emisyonların %1,6'sı sera gazı emisyonlarının dörtte birine katkıda bulunmaktadır [4,15,21]. Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'e EU ülkelerin 2019 yılın da kişi başına düşen düzenli atık depolaması ve sera gazı emisyonların bertaraf operasyonu tahmin edilmektedir.



Şekil 1.7 Bertaraf operasyonlarından sera gazı emisyonlarının tahmini payı (2019).



Şekil 1.8 Atıkların düzenli depolaması 1995ve 2019 yıllarında kişi başına sera emisyonları gazlar (Kişi başına kg CO₂-eq / yıl).

1.4.3. Fosil yakıt zararları ve sera gazı emisyonu

Araçlar, çevre kirliliğine anında ve uzun süreli etkilere neden olmaktadır. Arabaların egzozundan çıkan gazları ve katı maddeleri çevreye yayarlar. Bu zararlı maddeler küresel ısınmaya, asit yağmurlarına, çevreye ve insan sağlığına zarar verir. Motor gürültüsü ve yakıt dökülmeleri de kirliliğe neden olmaktadır.

Araba kirliliği, küresel ısınmanın başlıca nedenlerinden biridir. Araçlar ve kamyonlar, küresel ısınmaya ve kirliliğin beşte birine katkıda bulunan karbondioksit ve diğer sera gazlarını yayarlar. Sera gazları atmosferdeki ısıyı yakalar ve bu durum dünya çapında sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır. Sera gazları olmasa, dünya buzla kaplanır, ancak benzin ve dizel gibi aşırı miktarda fosil yakıt yakılması, sanayi öncesi dönemlerden beri küresel sıcaklıklarda 0,6 derece Santigrat veya 1 derece F artışa neden olmuştur. Bu önümüzdeki her on yılda artmaya devam edecektir. Şu anda küresel sıcaklıklar, çiftçilikte, vahşi hayat da, deniz seviyesinde ve doğada etkisini göstermektedir [22].

Suudi Arabistan, en yüksek hava kirliliğine sahip, Hindistan'ı ve hatta Çin'i geride bırakan dünyanın en zehirli ülkesidir. Kuveyt, Katar, Bahreyn ve Birleşik Arap

Emirlikleri (BAE) dünyada ilk 10 en zehirli ülkelerindendir. Ayrıca Orta Doğu ülkelerinin hava kirliliği nedeni ile en yüksek ölüm oranına sahip olduğunu göstermektedir; Türkmenistan da her yıl, 100.000 kişi'den 108 kişi hayatını kaybediyor. İngiltere, ABD, Almanya ve Rusya gibi ekonomik gücü iyi olan, büyük ülkelerde dünya CO₂ salınımlarına katkısı gözardı edilemeyecek kadar büyüktür [23]. Kentsel atık üretimini azaltmak ve belediye atık yönetimini geliştirmek için yüksek turizm seviyesine sahip şehirlerde eko-yenilikçi ve duyarlı atık önleme ve yönetim stratejileri geliştirecektir.

1.5.Ülkemizde Çevre Harcamalar

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2014 yılında üniversite hastaneleri ve klinikleri, genel amaçlı hastaneler ve klinikleri, doğum hastaneleri ve klinikleri, askeri hastaneleri ve klinikleri gibi sağlık kurumlarından 74 bin ton tıbbi atık toplanmıştır. Tıbbi atıkların, %68 düzenli tesislerinde depolama, belediye depo alanlarında %22 ve %10 yakılarak bertaraf edilmiştir. Kontrollü depolama sahalarında ve belediye çöplük sahalarında, tıbbi atıkların % 84'ünün sterilize edildiği ve % 16'sının sterilize edilmediği tespit edilmiştir. Toplam çevre harcamaları 2014 yılında 20,7 milyar TL olarak gerçekleşmiştir. Toplam çevre harcamalarının % 76,9'unu kamu sektörü oluştururken, % 23,1'ini iş sektörü oluşturmuştur. Toplam çevresel harcamaların Gayri Safi Yurtiçi Hasıla içindeki payı 2014 yılında % 1,2 olmuştur.

2013 yılında toplam çevresel vergi 73,7 milyar TL oluşmuştur. Çevresel vergilerin % 68'ini enerji vergileri oluştururken % 29 nakil vergisi, % 2'lik kaynak vergileri ve ardından % 1'lik kirlilik vergileri olarak gerçekleşmiştir [19].

Türkiye nüfusu artmakta buna bağlı olarak artan tüketim fazla miktarda atık üretmektedir. Bu durum çevre ve insan sağlığını etkilemektedir. Türkiye Avrupa Birliğinin bir parçası olmak için, strateji çerçevesinde her türlü atığın bertarafı için Avrupa Birliği yönetmeliklerine gerekli mevzuatı uyumlu hale getirmeye devam etmektedir. Türkiye'de her bir ilçeye farklı entegre artan atık miktarlarına uygun bir atık yönetim sistemi uygulanmaktadır. Ülke çapında katı atık sektörüne yapılan yatırımlar, toprağın, yüzeyin ve yeraltı suların korunmasına ve vatandaşlar için daha iyi bir yaşam kalitesine yol açmaktadır.

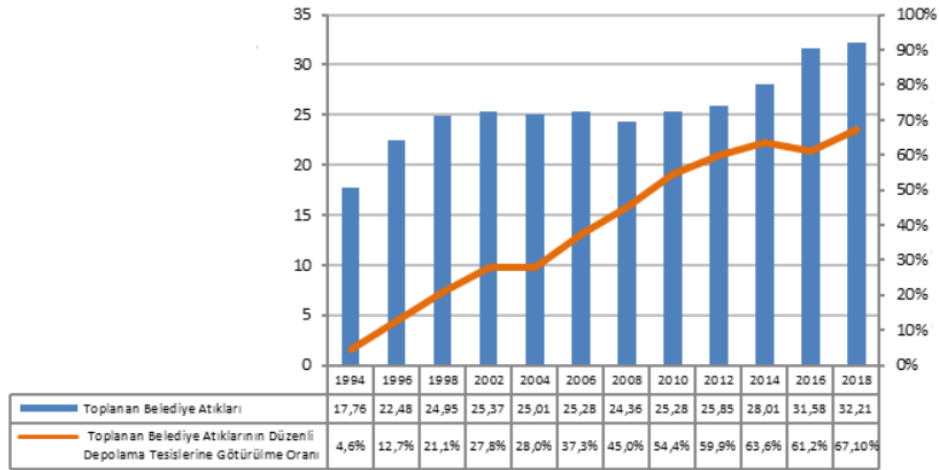
Atık sektörünün genel hedefi, Türkiye ile AB'nin çevre ile ilgili mevzuatı, çevre korumasını geliştirmek ve vatandaşların yaşam kalitesini iyileştirmektir.

Günümüzde; katı atık yönetiminde 4 temelle entegre olmak için stratejinin uygulanması beklenmektedir [24, 25]:

- Atıkların en az miktara indirilmesi
- Geri dönüşüm ve kompostlama
- Geri kazanım, termal dönüşüm (yanma)
- Landfill.

1.6.Belediyelerde Katı Atık Yöntemi

Türkiye'de atık ambalaj geri dönüşüm tesisinin sayısı 642'ye çıkarken, ayrıştırma tesisi sayısı 497'ye çıkarıldı. Böylece atıkların ambalajı ve geri kazanımı sağlanmaktadır. Şekil 1.9'te Türkiye'de belediye katı atık yönetimi göre, ambalaj atıklarından elde edilebilecek toplam ekonomik değeri yılda yaklaşık 7 ila 9 milyar TL civarındadır [26].



Şekil 1.9 Türkiye'de belediye katı atık yönetimi - Landfill alanı sayısı.

2. AKILLI ŞEHİRLERDE ATIK YÖNETİMİ

2.1.Akıllı Şehirler

Şehirlerdeki nüfus yüzdesi 2012 yılında önemli ölçüde artmıştır. Bu orana göre şehirlerde yaşayan insan sayısının 2050 yılına kadar % 70'i artacağı tahmin edilmektedir. 1950-2015 arasında küçük şehirlerde nüfus sayısı 1,3 milyar artış gördü. İnsanlar daha iyi iş ve daha iyi bir yaşam standarttı bulmak ümidi ile şehir bölgelerine taşınırlar. Bununla birlikte, şehir alanlarına göç eden insan sayısındaki artış, sınırlı bir doğal talebin artması, enerji, su, eğitim, sağlık, çevre sorunları ve hava kirlilikleri gibi ve diğer karmaşık sorunlara yol açmaktadır [27].

Günümüzde, bilgisayarların üretimi, akıllı telefonlar, kablosuz iletişim ve yeni nesil mobil şebekelerindeki son gelişmeler giderek artmaktadır. Bu doğrultuda, akıllı şehirler ve akıllı ulaşım sistemlerinde, araştırma geliştirmesi ve çeşitli sistemlerin uygulamalar için birçok fırsatlar sunmaktadır. Toplu taşıma araçlarının izlenmesi için mevcutta uygulaması vardır, diğer alanlar hala eski teknoloji ve modeller ile çalışmaktadır. Bu alanlardan biri, katı atık toplama sürecinin yönetimidir. Bir Smart City'de atık toplama, çevre için çok önemli bir noktadır ve kalitesi ciddi olarak düşünülmelidir. Akıllı Şehirler kavramını derinlemesine anlamak için uygun bir tanım sağlanmaktadır [28].

Yetersiz atık toplama sistemleri, çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu da böceklerin ve kemirgenlerin üremesine ve de hastalıkların çeşitliliğine yol açmaktadır. Geleneksel yöntem, atıkların zamanında toplanmaması ve yakılmasını gibi olumsuz durumları içerir. Atıkların yakılması hava kirliliğine büyük ölçüde neden olmaktadır.

Şehirlerde eski tarz atık toplama yöntemleri yeterliydi, ancak şehirlerde nüfusun artması üretilen atık miktarında önemli bir artışa neden olduğu için, bu yöntemlerin yetersiz olduğu ortaya çıktı. Eski tarz atık toplama yöntemlerinin yetersizliğinin, dengesiz atık toplama faaliyetleri, raporların doldurulması, zaman çizelgesi ve faturalandırılması neden olmaktadır. Bu karşılaştırma, sorunların çözümü, zaman tasarrufu ve atık toplama maliyetlerinin azaltılması için akıllı atık yönetimi toplama gibi diğer toplama yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır.

2.2.Akıllı Atık Yönetimi Sistemi

Akıllı atık yönetimi sistemi oldukça akıllı bir uygulamadır. Manuel güç gerektirmez, daha iyi bir çalışma ortamı sağlar ve aynı zamanda çok daha hızlıdır. Akıllı atık yönetimi yüksek maliyetli bir uygulama olmadığı için küçük bütçeli ülkeler içinde kolaylıkla geçiş yapabilecekleri bir uygulama olabilir. Bu nedenle, endüstriyel katı atık yönetimindekilerin asıl endişesi, yağmurun katı atıklara karışması ile yer altı su kaynaklarına sızması ve kirletmesidir.

Endüstriyel katı atıkların temel menşenin farklılıklarına bağlı olarak, organik ve inorganik maddelerin oranı farklılık gösterir. Tehlikeye ve toksitlenmeye neden olabilecek gaz ve sıvı malzemeler hakkında ayrıntılı tartışma, bu metnin kapsamı dışındadır. Ek olarak, hayvan dokularının mikrobiyal bozulması birçok farklı türde sülfür ve nitrojen bileşiğine neden olur. Diğer faul gazlara, yani NH₃, H₂S vs. insanların daha uzun maruz kalma durumunda, baş dönmesi, baş ağrısı ve solunum sorunlarına neden olur. Atık su, sıvı veya gaz kirletici maddelerin birden fazla olabileceği kimyasal formülasyon olabilir.

2.3.Atıkların Halk Sağlığına Olan Tehlikeler

Günümüzde katı atık toplaması ve taşınması sektöründe çalışanların karşılaştığı en yaygın sorunlar şu şekildedir:

- Evsel atıklarla karıştırılmış piller ve pillerdeki ağır metaller gibi toksin maddelerle ilgili sorunlar.
- EA'a karışan tehlikeli kimyasalların tehlikesi.
- Çeşitli patojenlerin (bakteriler, parazitler, vb.) El, ağız ve gastrointestinal sistemden geçerek hastalığa neden olması.
- Deri döküntüsü.
- Atıklar içinde delici veya kesici gibi çöpten oluşan yaralanmalar, kesikler ve tetanos tehlikesi.
- Çöplerin kaldırımı, indirmesi ve taşınması sürecinde sırt ağrısı, dirsek ve bilek ağrısına neden olduğu.
- Çöp sahalarında ideal bir yaşam oluşturmasına neden olan bazı canlılardan (sinekler, fareler ve böcekler) insana bulaşan hastalıklar ve yakalanma tehlikesi.

- Vücutun titremesinden kaynaklanan kronik ve bel ağrısı (çöp kamyonların arkasında ayakta kalan işçilerde).
- Aynı çöp alanlarında yiyecek bulan köpeklerin ısırması ve kuduz tehlikesi.
- Metan ve diğer bazı yanıcı gazlar nedeniyle yangın oluşması ve bu gazların atıkları toplarken solunması tehlikesi.
- Biyo-aerosollere ve toksinlere uzun süre maruz kalmaya bağlı olarak solunum sisteminin kronik semptomları (öksürme, balgam, hırıltılı solunum, kronik bronşit, alerjik rinit, astım).
- Çöp toplayıcılar trafiğe yakınlığı nedeniyle trafik ulaşan hava kirleticilerine uzun süre maruz kalmaktadırlar. Bu durum solunum sistemindeki öksürük, hırıltılı solunum, kronik bronşit gibi hastalıklar ile ilişkilidir. Belirli artırıcı bir faktör olabilir.
- Polisiklik aromatik hidrokarbonlara maruz kalma sonucu olarak kanser olma tehlikesi.
- Çöp işçileri, çöp toplama zamanında sürekli olarak trafik gürültüsüne maruz kalmaktadırlar. 80 dB ve daha fazla gürültünün olduğu bir ortamda uzun süre çalıştırılması bazı işitme sorunlarına neden olabilir.
- Trafik sıkışıklığının olduğu caddelerde dikkatsizlik sonucu trafik kazası neden olma riski.
- Çöp kamyonları ve diğer araçlar ile trafik kazaları.
- Çöp kamyonları deki çöp boşaltma ve sıkılaştırma mekanizmalarının riski.
- Dış ortama bağlı olarak sıcak ve soğuk havalarda ve morötesi ışınlarına maruz kalması.

Yurtdışında örneğin, ABD'nin Florida eyaletinde 1993-1997'de yapılan bir araştırmaya göre, her yıl katı atık toplama ve taşınması için ortalama 623 işçi çalışmaktadır. Bu yıllar arası katı atık sektöründeki belediyede ortalama toplam işçi sayısı yılda 8997 kişidir. Tablo 2.1'de gösterilen 1993-1997 yılları arasında Florida'da katı atıkta çalışan işçilerin sık sık karşılaşılan yaralama çeşitlik sayısı göstermektedir [29].

Tablo 2.1: Florida'da atık işçilerinin sıklıkla karşılaştığı yaralanma türleri.

İş Kolu	Yaralanma	Toplam Sayı(1993 – 1997)	Yıllık Ortalama
Evsel Katı Atık	Ezilme	120	24 (% 3,9)
Toplama ve Taşıma	Çatlak / Kırık	70	14 (% 2,2)
	Kesik	79	15.8 (% 2,5)
	Burkulma	550	110 (% 17,7)

Nihai olarak ülkemizde çöplerin toplanması, taşınması, insan sağlığına, çevreye zarar vermesine ve bertaraf edilmesine ilişkin yükümlülük kanunlar çerçevesinde belediyelere ve büyükşehir belediyelere verilmiştir. Belediyelerin yükümlülükleri doğrultusunda katı atık yönetimi için gerekli ihtiyati tedbirleri alması ve uygulaması gerekmektedir.

2.4.Yurt Dışındaki Atık Yönetim sistemleri

2.4.1 Vakum Şirketin Teknolojisi:

Vakum teknolojisi, atık toplama sisteminde yeni bir bakış yaratmıştır. Şekil 2.1'de Vakum'un atık toplama sistemi teknolojisi giderek, gelişmiş ülkelerde yaygınlaşmaktadır [30]. Bu sistem yalnızca evsel katı atıkların toplanması için değil, aynı zamanda insanların daha çok gezdikleri parklar, bahçeler ve ana caddeler gibi de giderek yaygınlaşmaktadır.



Şekil 2.1 Vakum'da atık toplama sistemi.

Fiks pnömatik atık toplama sistemi olarak da adlandırılan bu sistem, atıkların yer altından uzun mesafeli borular vasıtasıyla kompakt kapalı konteynerlerden oluşan bir

depolama istasyonuna aktarılmasıdır. Bu sistemde, atıkları taşımak için hava kullanır. Hava akışı, boru sisteminde basınç ile oluşturan büyük havalandırma delikleri tarafından oluşturulur. Hava boruya atmosferik basınçla içeri girer, çöpü alır ve çöp toplama istasyonuna taşırır [31].



Şekil 2.2 Yeraltı atık depolama sistemi.

Fiks pnömatik atık toplama sisteminin ana hedefleri şunlardır:

- Çıkış noktasından çöplerin toplama ve geri dönüşümü.
- Atıkların bertaraf alanından çöp toplama istasyonuna kadar otomatik taşıma binası.
- Manuel toplama sistemini en düşük seviye indirilmesi.
- Enerji tüketimini, gaz emisyonları, atıkları çevrede bırakılması gibi çevresel sorunları en aza seviye indirilmesidir. Geri dönüşüm teşvikleri ile çöp hacmini azaltılması.

Pnömatik çöp toplama sisteminin yanında ek olarak kullanılan diğer bir sistem ise mobil uygulamalı çöp toplama yöntemidir. Bu sistemin pnömatik sistemden ayıran farkı, yeraltındaki depolanan çöplerin mobil üzerindeki araçlarla vakumlanmasıdır. Ayrıca, sistemin tercih edilme özelliği küçük alanları fazladan yer işgal edilmemesidir [32].



Şekil 2.3 Mobil atık toplama sistemi.

2.4.2. Otomatik Atık Toplama Sistemi:

Otomatik atık toplama sistemi, atık toplama ve taşıma araçlarının tamamen otomatik mekanizma ile kullanılabilecek bir sistemdir. Şekil 2.4, tam otomatik mekanizmalı bir çöp kamyonunu göstermektedir [33, 34].



Şekil 2.4 Çöp kamyonundan otomatik çöp boşaltmaya sistem numunesi

Tamamen otomatik atık toplama mekanizması, bir işçi yardımıyla çöp aracı kabininde ki direksiyon kol vasıtası ile çalıştırılır. Direksiyon kolu önce çöp kutusunu mekanizma ile tutup aracın depolama ve kısmına yerine boşaltır, ardından boşalan kutuyu tekrar yerine bırakır.

2.5. Akıllı Çöp Kutusu

Avustralya, Akıllı Çöp Kutusu (AÇK) için şekil 2.5 ve şekil 2.5’de görüldüğü gibi, Bigbelly Solar kompaktör kutuları ve SmartBelly çöp kutuları ile mükemmel bir çözüm buldu [35]. Bu çöp kutuları, çöp kutusu dolduğunda çöp için fazladan boşluk yaratacak kadar akıllıdır ve hatta atıkları toplama noktasında otomatik olarak ayırır. SmartBelly bölmesi aynı zamanda Compostable Friendly'dir.



Şekil 2.5 Güneş panelli çöp kutusu.

Her bir çöp tenekesi 600 litre kapasiteye sahiptir, yani normal sokak çöp bidonlarının hacminin sekiz katına veya ortalama 120 litre tekerlekli çöp kutunuzun hacminin beş katına kadar tutabilir. Bu kutuların çalışması oldukça basittir. Sistem enerjisini Fotovoltaik (PV) sistem ile güneşten sağlar. Çöp dolarken, bu çöp kutularının içine yerleştirilen özel sensörler tetiklenir ve böylece beş kat daha fazla çöp depolama alanı ortaya çıkar. Daha fazla çöp alanı, daha az toplama hareketi, daha düşük maliyet ve daha az emisyon anlamına gelir. Bu kutuların en büyük avantajlarından biri, bireysel depoları atıkların daha verimli bir şekilde yönetimi ile sonuçlanan çöp toplayıcılarına bağlamalarıdır [35].

Belediye katı atıklarının (MSW) yönetilmesi Sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde, yıllık 230 milyon ton çöp üretiliyor, kişi başına günlük 4,6 pound atık eşittir. Ortaya çıkan teknolojilerin toplama sürecine eklenmesiyle atık ve toplama ücretlerini azaltmayı amaçlayan gelişen bir çöp toplama endüstrisine işaret ediyor.



Şekil 2.6 Güneş panelli çöp kutusu.

Akıllı çöp kutuları, çöp bidonlarının ne kadar dolu olduklarını ölçen sensörler kullanmaktadır. Sonuç olarak, boş konteynerlerle karşılaşmak artık bu sensörler monte edildiğinde bir sorun değil, atık yöneticileri çöp kamyonu rotalarını buna göre değiştirebildiğinden zaman ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır [36].

2.6. Çöp Toplama Robotları

Otomatik çöp toplama robotlarının yakın gelecekte olması beklenebilir ve bu da daha verimli bir atık yönetim sistemi oluşturulmasına katkıda bulunur. Şekil 2.7’de Volvo küçük ve sessiz çöp toplayan robotların geliştirmeyi amaçlayan yeni bir ortak girişim ürününü duyurdu [37].



Şekil 2.7 Çöp Toplayan Robotları

ABD’de atık yönetimi, UG (Yeraltında) LIFT atık kompaktör yer tasarrufuna ve çevreye ümit verici olan bir sistemdir. Yeraltında sadece küçük bir çöp kutusu var. İki üniteden oluşan, çelik çerçeveli bir kap ve kompaktör. Bu sistem kuru ve ıslak çöpler için uygun ve geri dönüşüme etkili bir çözümdür. Bu sistem standart kompaktör boyutları ile 10 m³, 16 m³ ve 20 m³ konum olan yerlerle eşleşecek şekilde tasarlanabilir [38]. Avustralya’da atık yönetim sistemi, Pnömatik çöp toplama veya otomatik vakum toplama sistemi olarak da adlandırılan otomatik bir vakumlu atık toplama prosedürü, atıkları yeraltı pnömatik borular istasyonlara maksimum hızda taşır ve taşınan atıklar kutulara sıkıştırılır. Konteyner dolduğunda, taşınır ve boşaltılır (kamyonlar kullanılarak) [39].

2.7. Çöp Toplama İle İlgili Çözülmesi Gereken Sorular

Yakıt tüketiminde azalma, CO₂ emisyonunun ve şehir trafiğinin azaltılması amacıyla kamyonların rotalarının oluşturulmasıdır. Bir kamyonun boş bir çöp kutusuna gitmesini önleyeceği gibi çöp kamyonunu, maksimum seviyede dolu olan konteynerler için optimize rotalar oluşturarak yönlendireceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu da belirli bir alanda kullanılan kamyon sayısının optimizasyonunun sağlanmasıdır.

IoT kullanımı ve internet izlenmesi, sensörlerin önemli bir rol oynayacağı konusunda net bir şekilde açıklanmıştır. Sensörler yardımıyla ağırlık ve çöp seviyeleri tanımlanır ve ilgili organizasyona mesaj gönderir.

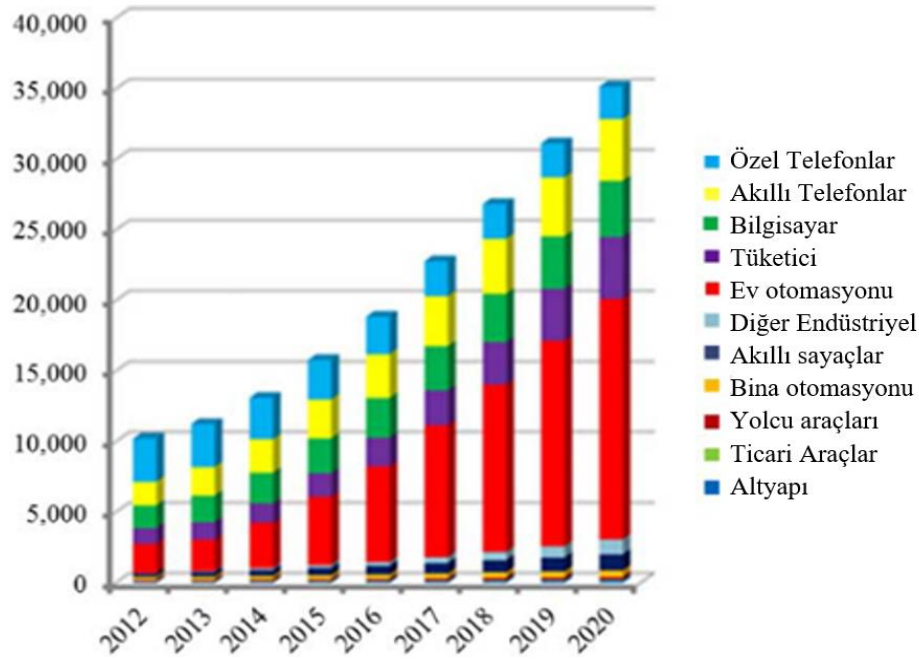
2.8. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti kavramı ile ilgili literatürde pek çok tanım yer almaktadır. İnternet teknolojilerindeki ve Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) gelişmeler sayesinde, her yerde yeni bir eğilim yaşanıyor. İnternet kullanıcılarının muazzam artışı ve internet işleme teknolojilerindeki değişiklikler, nesnelerin günlük ağlanmasını sağlamaktadır [40].

Bazı kaynaklarda nesnelerin interneti yerine her şeyin interneti olarak da yer alabilmektedir. IoT, daha kapsamlı bir algı ve daha kapsamlı ölçütte zeka ile karakterize edilmiş, İnternet ve mobil iletişim ağından sonraki üçüncü bilgi teknolojisi dalgası olarak kabul edilmiştir.

IoT fiziksel birbiriyle konuşan öğelerle ilgili, makineden makineye ve kişiden

bilgisayara iletişimi “Nesneler” genişletilmektedir. IoT terimi, 1999'da MIT'deki Otomatik Kimlik Merkezi'nin yöneticisi Kevin Ashton tarafından tanıtıldı [41]. 2005 yılında, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, IoT yayımını yayınladı; IoT, resmen İnternet kavramının, dünyanın her yerindeki nesnelerin ortaya çıkabileceği ve her yerde IoT iletişim çağının başladığını belirtti. Tüm nesneler ağ üzerinden aktif olarak bilgi alış verişi paylaşabilirler. IBM, 2009 yılında, elektrik şebekeleri, demiryolları ve binalar gibi çeşitli fiziksel nesnelere yerleştirmeyi ve akıllı işleme teknolojileriyle akıllı hale getirmeyi amaçlayan “Smart-Planet” konseptini sundu [42]. Bilgi teknolojisi açısından bakıldığında, IoT, standartlaştırılmış, birleştirilmiş ve iletişim protokolleri temelinde, tanımlanabilen, algılanabilen ve işlenebilen yüz milyonlarca nesneden oluşan büyük bir küresel bilgi sistemidir. Geniş bantlı mobil iletişimi, yeni nesil ağlar oluşturması ve bulut bilişim teknolojilerinin desteğiyle, IoT sistemi nesnelerin durumu akıllıca belirlenir, karar verebilmesi için yönetim ve kontrol sağlayabilir ve hatta insan müdahalesine gerek duymadan nesneler birbirleriyle özerk bir şekilde iletişim sağlayabilir. Günümüzde, geleneksel mobil iletişim ağı ve internet çoğunlukla insanlar arasında bilgi aktarımında kullanılırken, KAA geçici yollarla nesneler arasında kısa süreli iletişimi gerçekleştirebilir. IoT'nin hızlı gelişimi nedeniyle toplum, birbirleriyle iletişim kurabilen, sensörler ve cihazlar şekil 2.8’te gösterildiği gibi küresel bir ağı haline dönüşmüştür [43].



Şekil 2.8 Toplam internete bağlanan cihazlar.

Şekil 2.8'den anlaşılacağı gibi, araştırma ve danışmanlık Gartner şirketi, bu ağ cihazlarının 2020 yılına kadar dünya çapında 30 milyar cihazı kapsayacak şekilde büyümesini öngörüyor. Ayrıca, Growth Enabler analizine göre, küresel IoT pazarı, 2016 yılında 157 milyar dolar olurken 2020'ye kadar 457 milyar dolara yükselecek ve % 28,5'lik bir Bileşik Yıllık Büyüme Oranına ulaşacaktır [45-46].

2.8.1. IoT Ağ Geçit Sistemi ve Özellikleri

IoT Gateway protokol dönüşümü ve cihaz yönetimi, sensör ağlarını geleneksel iletişimlere bağlamak için bir köprü olarak kullanılabilir. IoT ağ geçidi aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- I. **Giriş kabiliyetli erişim aralığı:** Kısa süreli iletişim teknoloji standartları Zigbee, Z-Wave, Rubeer, Wireless HART, dahil olmak üzere çeşitlidir. Ancak, protokol uyumluluğu yoktur.
- II. **Yönetim:** IoT uygulaması, sensörleri anten olarak algılar ve programları büyük bir server beyninde çalıştırdıktan sonra, fiziksel dünyadan verileri alır ve kontrol eder. Bu nedenle, milyonlarca terminal sensörüne yönetim gerekir. Bu arada, IoT Ağ Geçidi sadece alt ağdaki sensör düğümü yönetimi olarak değil aynı zamanda ağ geçidi cihaz yönetimi anlamına da gelir. Birinci hedefi, düğümün durumunu ve özelliklerini tanımlaması, başlangıcı, kapatması, kontrol ve uzaktan analizle kullanmayı amaçlamaktadır. İkinci hedefi, ağ geçidi cihazın kontrol edilmesi, teşhisi, konfigürasyon, yükseltmek ve bakım yapılmasıdır.
- III. **Protokol birlikte çalışma:** Geleneksel ağ ve sensör ağının bilgi alışverişinde IoT senaryolar bulunması gerekir. IoT Ağ Geçidi, KAA ağ arasında sorunsuz bir şekilde protokol iletişimi ile desteklemesi gerekmektedir.

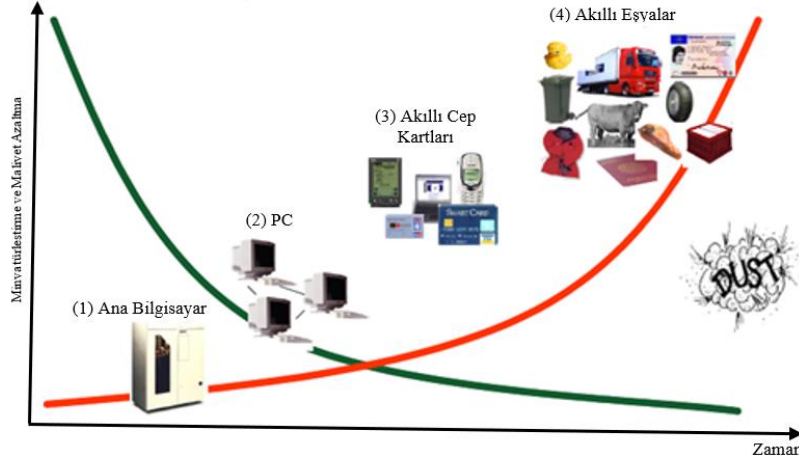
Ev içi kullanım senaryosuna dayanarak, IoT Ağ Geçidi, KAA'da ki verilerin toplanması ve bir araya getirilmesi aynı zamanda internet üzerinden veri aktarımı, 2G / 3G ağları, DSL ağları ve diğer ağ ara yüzleri arasında veri iletimini desteklemelidir. IoT Ağ Geçidi sistemi için gereksinimleri aşağıdaki gibidir:

- I. **Veri Yönlendirme:** IoT Ağ Geçidi sisteminin temel işlevi, sensör ağ terminalinden veya İnternet terminallerinden veri alımı ve ardından verileri diğer ağlara, şeffaf ve doğru bir şekilde aktarmaktır.

- II. Protokol Dönüşüm:** IEEE 802.15.4 / Zigbee ağ iletişimi KAA'da önerilmişken, internet ağı TCP / IP protokolüne dayanmaktadır. IoT Geçidi sisteminin, paketi sensör düğümlerinden veri almak için kısa mesafeli kablosuz iletişim protokolünü (e.g. Zigbee) kullanması ve paketleri telekomünikasyon ağlarına ve Internet'e göndermek için 2G / 3G, DSL diğer ağ ara yüzlerini kullanması gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle, IoT Ağ Geçidi, sensör verilerini aldıktan sonra KAA protokolleri ile verileri analiz etmeli paketlemeli ve telekomünikasyon protokollerine dayanarak yeniden paketlenmiş verileri toplamalı ve göndermelidir.
- III. Yönetim ve Kontrol:** Verilerin alınması veya yükleme işlemi, IoT Ağ Geçidi sensör düğümlerini yönetmeyi ve kontrol etmeyi de desteklemelidir. Örneğin, bir ağ geçidi uzak sunucudan komutlar aldığıında, komutları işlemeli ve sonra onları sensör düğümlerine göndermelidir, böylece uzak sunucu, sensör ağını IoT Ağ Geçidi üzerinden yönetebilir ve kontrol edebilir.

2.8.2. IoT Oluşturulması

IoT oluşturulması, birçok önemli alanlarda dinamik tekniğe bağlıdır. Birincisi, günümüzdeki nesnelerin ve cihazların büyük veri tabanların ağlara ve gerçek ağına (internet) bağlamak için, basit, göze çarpmayan ve uygun maliyetli bir öge tanımlama sistemi vazgeçmesidir. Ancak o zaman bilgiler hakkındaki veriler toplanıp çalışılabilir. İkincisi, veri toplama; nesnelerin fiziksel durumlarının değişiklikleri, yani sensör teknolojilerini kullanarak tespit etme yeteneğinden yararlanabilir. Ayrıca, nesnelerin içine yerleştirilmiş zeka, bilgi işlem yeteneklerini ağıın kenarlarına aktararak ağıın gücünü daha da artırabilir. Son olarak, minyatürleştirme ve nano teknolojideki ilerlemeler, küçük ve daha küçük şeylerin etkileşimde bulunma ve bağlantı kurma yeteneğine sahip olacağı anlamına gelir. Şekil 2.9'da tüm bu gelişmeler bir kombinasyonu görünmektedir. Nesnelerin hem doğrusal hem de akıllı bir şekilde IoT sayesinde birbirine bağımsız olarak gelişecektir [47].



Şekil 2.9 IoT oluşturulması.

2.9. Kablosuz Algılayıcı Ağlar

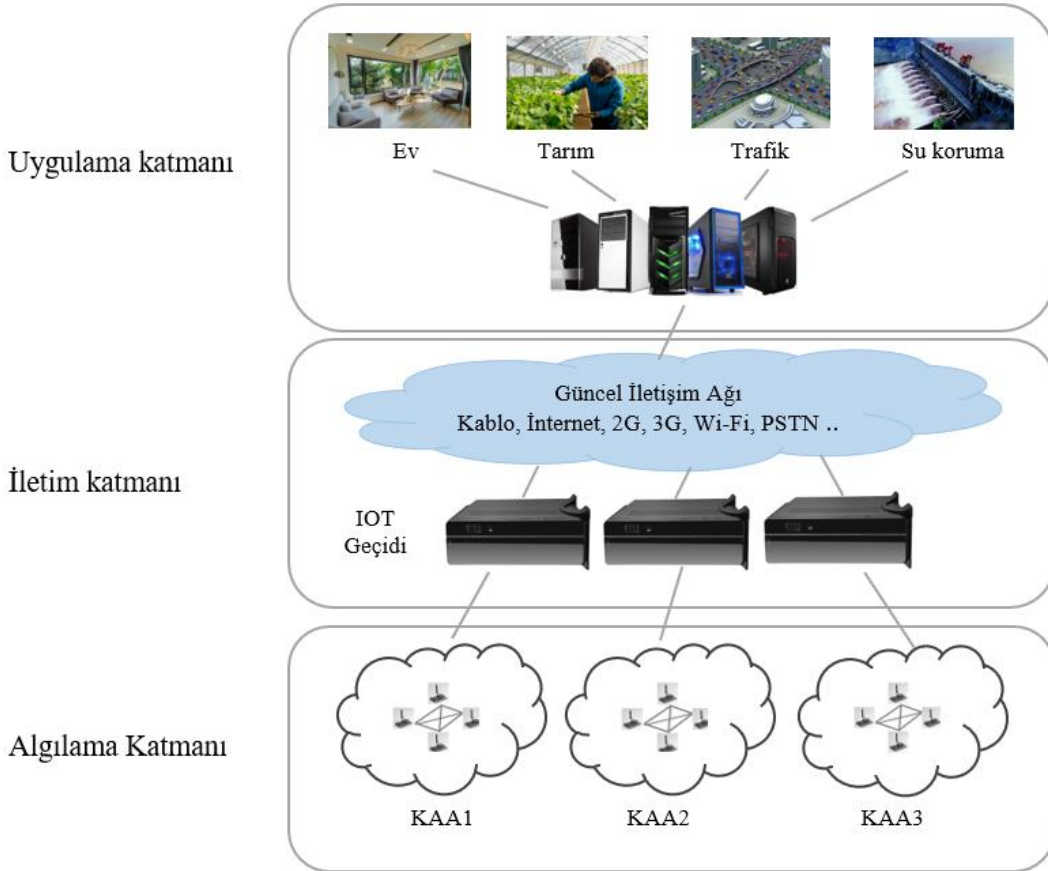
İki teknolojinin geleneksel olarak IoT paradigması anahtar sağlayıcılar olduğu için kabul edilmiş: Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) ve KAA. Birincisi düşük maliyetli tanımlama ve izleme için iyi kurulmuş olsa da, KAA hem hassasiyet hem de performans açısından IoT uygulamalar için daha uygun özellikler sunar. Aslında, KAA bileşenlerinin genellikle özel uygulama şartları ve çevresel koşullara adapte edilmesi gerekir. IoT'nin uygulama alanları arasında çevresel, arazi izlemesi büyük ilgi çekmektedir, çünkü çevresel teknoloji dünya çapında sürdürülebilir bir büyüme alanı haline gelmektedir. Genel KAA platformları, IoT sınıfındaki çevre izleme programlarında iyi sonuçlarla kullanılabilir. Ayrıca, pek çok IoT uygulamasını (örneğin, açık doğada olanlar), daha az ve uygun maliyete hale getiren bu KAA platformlardır. Çok sayıda düğüme, fazla servis süresi, dağıtım kolaylığı, düşük bakım gibi katı gereksinimlere sahip olmasıdır. KAA'nın mobil iletişim ağlarına ve İnternete bağlanması zordur, çünkü iletişim protokollerinde ve algılama teknolojilerinde tek bir tip standardizasyon yoktur ve KAA uzak mesafeden gelen veriler, KAA'nın iletim merkezine aktarılır. Bu nedenle, IoT gelişmesiyle birlikte, IoT Ağ Geçidi adı verilen yeni bir tür ağ ekipmanı keşfedilmiştir; bunun amacı, çeşitli sensör ağları ve mobil iletişim ağları veya İnternet arasındaki heterojenliği ele almaktır. Dolayısıyla, IoT Ağ Geçidi sisteminin uygulanmasındaki ana konulardan biri, KAA ve geleneksel telekomünikasyon ağlarındaki farklı sensörlerin heterojenliği için protokol çeşitliliğini

ele almaktır. Ayrıca, IoT yönetimi ve kontrolünü sağlamak için tüm IoT ağ geçitleri için tek tip tanımlanmış talimatlar ve standartlar paketi oluşturmak gereklidir.

2.10. KAA tabanlı IoT uygulama mimarisi

IoT uygulama mimarisi, Şekil 2.10'ta gösterilen üç katmana ayrılmaktadır.

- I. **Algılama Katmanı:** Algılama katman sistemi iki bölümden oluşur, fiziksel buluttan veri alma-toplama ve sürece hedeflemektedir.
- II. **Sensör cihazı ve kablosuz sensör ağları:** Birincisi RFID etiketi, sensör düğümleri, kamera vs. Bunlardan biri, geniş bir alanda çok sayıda dağıtılmış sensörleri kendi kendini organize eden bir kablosuz ağıdır. Bu cihazlar, fiziksel çevrenin durumuna senkronize olarak izlenir. Ayrıntılı olarak algı katmanı, verileri ilk önce veri toplama aracıyla toplar ve ardından verileri RFID, Bluetooth veya diğer teknolojileri kullanılarak bir sonraki katmana aktarır [48].



Şekil 2.10 IoT uygulama mimarisi.

Her şeyden önce, bu katman, sinyal algılama, kısa mesafe radyo teknolojisi ve benzeri gibi kritik teknolojilere sahip IoT sisteminin temelidir.

III. İletim Katmanı: İletim katmanında, sistem, algı ve iletişimin entegrasyonunu gerçekleştirmek için geleneksel mobil bantlarında, Wi-Fi ve diğer iletişim teknolojilerine dayanarak verilerin aktarmasını geniş bir alanda veya uzak mesafede oluşturmasını amaçlamaktadır. Böylece algı katmanından veri toplaması başarılı bir şekilde uzak hedefteki noktadan transfer edilebilir. Bu katmanda uzun mesafeli iletişim teknolojileri, kablolu ve kablosuz ağları önemlidir.

IV. Uygulama Katmanı: Katmanı iki ana temeli veri işlem ve servis sağlama uygulamasıdır. İletim katmanından gelen veriler ile ilgili yönetim sistem tarafında ele edilir ve daha sonra her türlü çeşitli kullanıcıya hizmet sağlanır.

2.11. Yazılım mimarisi

IoT Ağ Geçidi sistemi üç alt sistemden oluşur: sensör düğümü, ağ geçidi ve uygulama platformu. Şekil 2.11'da gösterildiği gibidir [49].



Şekil 2.11: IoT Ağ Geçidi sisteminin yazılım mimarisi.

Sensör düğümü sistemin algı katmanındadır, ana işlevi yalnızca sensör verilerini toplamak ve bilgileri ağ geçidine aktarmak değil, aynı zamanda ağ geçidinde ele alınan komutları almaktır. Bu hedeflere ulaşmak için, sensör düğümü komutları ayırtmak ve

verileri göndermek için veri işleme modülüyle birlikte kullanılır. Verileri veri transferi protokolleri ve veri paketleri zaman senkronizasyon modülüne göndermek için ana servis modülleriyle de kullanılarak veriler gönderilir. IoT Geçidi, sensör düğümü ve uygulama platformu orta katmandayken, yalnızca sensör düğümünden hassas verileri almaz, yazılım platformundan da komutları alır, ve aynı zamanda bilgileri yazılım platformuna da aktarır. GPRS Etkileşim modülü, uygulama platformu ile veri alışverişinde bulunmak için ağ geçidine yerleştirilmiştir. Komut Haritalama modülü, sensör ağ yönetimi veya ağ geçidi yönetimini kullanarak ayrıştırır. Protokol dönüştürme modülü, algılanan verileri tanımlanmış formatta paketler. Günlük yönetimi ve yapılandırma yönetimi modülleri, ağ geçidinin yönetim işlevlerini uygular, önemli olayları ve yapılandırma bilgilerini ağ geçidine kaydederek yüklem işlevini sağlar [50].

Akıllı Şehir ve IoT alt yapı içindeki çalışma alanlarından biri, şehirlerin ortak sorunu olan çöplerin toplanmasına sunduğu çözümdür. Belediyeler için önemli olan çöp kaynaklarının optimizasyon maliyetinin azaltılmasını ve vatandaşlara daha iyi hizmet verilmesini sağlamasıdır. Uygunsuz bertaraf işleminin etkileri arasında, görsel kirlilik, duman-is, kötü koku ve insanların sağlığına ciddi riskler oluşturması vardır.

2.12. RFID Teknolojisi

RFID Tanımlama, insanları veya herhangi bir nesnenin otomatik olarak tanımlanabileceği birkaç santimden yüzlerce bel mesafeye kadar radyo dalgalarını kullanan ve tanımlamak için olan bir teknolojidir [51].

Barkod, manyetik şerit, IC kart, Optik Karakter Tanıma (OCR), ses tanıma, parmak izi ve optik şerit vb. tanımlama teknolojileridir. RFID teknolojisi, sistem verimliliğini artırmaya yardımcı olan otomatik veri yakalama sistemini kullanır. Tanımlama amacıyla etiket ve okuyucunun kombinasyonu kullanılır. Bir kod RFID etiketinde kayıtlı olur ve bu etiket fiziksel bir nesneye eklenir. Artık nesne benzersiz olarak tanımlanabilir hale gelir. Sonra nesne etiketi haline dönüşür. Bu şekilde okuyucu nesne hakkında bilgi alır. RFID aslında yeni bir teknoloji değildir, ancak yeni yollarla uygulanmaktadır [52]. RFID teknolojisi hızla ilerlemektedir. RFID, barkod gibi geleneksel tanımlama cihazlarına göre çok avantaj sağlamaktadır. Barkodu okumak için, barkod tarayıcısının etiketle aynı hızda olması gerekmektedir. Böylece, nesnelerin veya tarayıcısının manuel olarak hareket etmesinin gerekli olduğu anlamına gelir [53]. Fakat RFID etiketi

görmeden okuma sağlar. Ayrıca RFID teknolojisinde hizalamaya gerek duyulmaz [54]. Yüksek okuma hızına sahip olan RFID teknolojisi bariyer varlığında da çalışabilmektedir. Bu teknoloji, hızlı tarama, uzun okuma aralığı ve esnek veri taşıma kapasitesi gerektiğinde daha etkilidir. RFID sistemi, imalat şirketleri, tarım, nakliye ve sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır [35]. RFID uygulamalarında çeşitli frekanslar kullanılmaktadır: Pasif RFID için 125 KHz, 13,56 MHz ve 860-930 MHz; Aktif RFID için 433MHz ve 2,45GHz. RFID sisteminde önemli konulardan bir de küresel standardizasyondur. RFID sisteminde, farklı üreticiler tarafından farklı şekillerde uygulanmaktadır. Her yerde kullanılacak bir küresel standardı yoktur. Farklı RFID uygulamaları için çeşitli standartlar veya protokoller önerilir. Bu standartlar arasında donanım fiziği özellikleri, etiket okuyucu hava koşulları ve ana bilgisayar komutu özellikleri söz konusudur. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) global dahil olmak üzere bir dizi kuruluş RFID için standartlar belirlemişlerdir. RFID standartları kısa bir listesi [52] aşağıdaki gibidir; ISO10374, ISO10536, ISO11784, ISO14443, ISO15693, ISO18000, EPC global. Bu standartlar, RFID okuyucu ve etiket arasındaki iletişimi yönetir. Bu standartlar seçilen frekans bantları üzerinde çalışmaktadır (örneğin, UHF için 860 - 915 MHz veya HF için 13.56 MHz).

2.12.1. RFID'nin Çöp Toplamadaki Etiketler

Atıkları azaltmak için, RFID etiketleri, çok sayıda topluluktaki konut sahiplerine ödedikleri çöp toplama ücretini sağlamak için tanıtılmıştır. Aylık sabit bir ücretten farklı olarak, geri dönüşüm masraflarını çöp bertarafından ayırarak, çöp bidonu her boşaltıldığında konut sakinlerine ücret uygulanır. Atık yönetimi endüstrisini, modern teknolojiyi atıkların taşınması ve depolanmasına aktararak ilerletmek, kaynak maliyetlerini düşürür ve daha sürdürülebilir kentsel ortamlar yaratılmasına katkıda bulunur. Söz konusu teknolojilerin güçlendirilmesi için yenilenebilir enerjinin sunulması, zamandan ve paradan, emisyonlarını azaltmanın üstüne tasarruf sağlayacaktır [38].

Hayatımızda endüstri 4,0 ve akıllı iş kavramlarının gerçekleştiği, tedarik zinciri bilgi yönetimine dahil edilen ve dahil edilmesi gereken IoT ve RFID sistemleridir. RFID teknolojilerinin son yıllarda gelişen IoT yaklaşımını kullanılmaktadır. Atık yönetimi,

çevrenin korunması için çok önemlidir, RFID Tanımlaması, ilk başta atığın otomatik olarak tanımlanmasını sağlanması için atık yönetimi sistemi amacıyla kullanılır. Organik atık ürünleri geri dönüşümsüzdür ve dolayısıyla RFID etiketleri buna bağlı değildir. Bir RFID okuyucusu kullanarak, çöp kutularının konumlarını net bir şekilde belirlemek için RFID etiketleri yapıştırılır. Ayrıca, UHF RFID etiketleri ucuz, ancak UHF RFID okuyucusu pahalıdır ve bu yüzden burada ana hedefler;

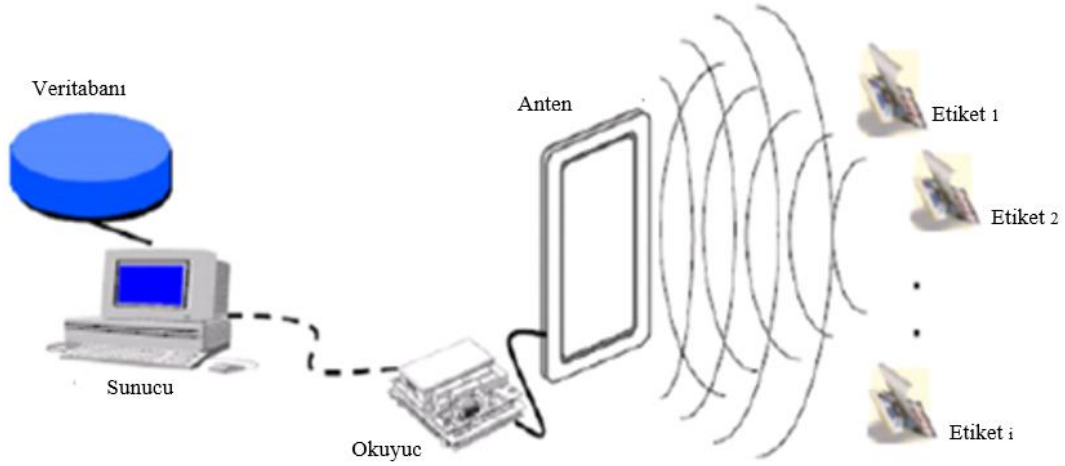
- Atık üretiminin azaltılması,
- Atıkların uygun şekilde bertaraf edildiğinin onaylanması,
- İmha edilen ürünlerin tekrar kullanılması ve geri dönüştürülmesi.

RFID nesnelere otomatik olarak tanımlamak için radyo dalgalarını kullanan teknolojiler için genel bir terimdir. 2005 yılında katı atık ve geri dönüşüm endüstrisine tanıtılan RFID, bu varlıkları takip etmek amacıyla çöp ve geri dönüşüm arabalarındaki barkodları değiştirmeye başladı. Artık RFID teknolojisi, iş uygulamalarını modernleştirmek, müşteri ilişkilerini geliştirmek ve karlılığı artırmak için bir araç olarak toplama işlemlerine dahil edilir. Günümüzde, RFID etiketleri kapları izlemesi, operasyonel süreçleri ilerlemesi ve bilgileri sağlam toplaması için bir endüstri standardı haline gelmiştir. Endüstride tamamen kapsüllenmiş ve sağlamlaştırılmış olan RFID etiketleri mevcuttur. Bu sağlam etiketler, korunmasız bir RFID etiketi veya barkod etiketi zarar görmemesi nedeniyle, arabanın veri izlemesi ve verilerin kaybolmamasını sağlayarak, uzun ömürlülüğünü ve dayanıklılığını artırır. Çoğu şehirler için, atıkların toplanması için ortak uygulama, sabit rotalar kamyon filosu tarafından hizmet verilmektedir [55,56].

2.12.2. RFID Bileşenleri

RFID teknolojisi ve bilgi işlem kombinasyonu, Şekil 2.12'da gösterildiği gibi RFID sistemi olarak adlandırılır. Bir RFID sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

1. Etiket (elektronik etiket).
2. Anten (etiket okuma için).
3. Okuyucu (etiket bilgisini okumak için).
4. İletişim altyapısı (RFID'nin IT altyapısı üzerinden çalışması).
5. Uygulama yazılımı (kullanıcının veritabanı) [57, 58].



Şekil 2.12 RFID Sistem görünümü.

2.12.3. RFID Etiket

RFID etiket, nesne hakkındaki bilginin depolanmış olduğu bir mikroçip, çipe bağlı bir anten ve bunların üzerini kaplayan koruyucu film tabakasından oluşur. RFID etiketi, aynı zamanda bir aktarıcı olarak da adlandırılan küçük bir elektronik cihazdır. Etiket, basit bir silikon mikroçip ve antenden oluşur [59]. RFID etiketinde bulunan mikroçipler, 64 bit'ten 8 MB'a kadar veri depolayabilmektedir, bu özelliğine sahip olan etiketler nesnenin üretim tarihi, sevkiyat, sipariş numarası, müşteri bilgileri, kurum / personel bilgileri ürün seri numarası gibi önemli verileri kaydedilebilecek tetir. Etiket bir nesneyi takip etmek için kullanılabilir. Bilgi çipe toplanır ve kablosuz olarak iletilir. Şekil 2.13'te RFID etiketi aktif (pilli), pasif (pilsiz) gösterilmektedir. Etiket, okuyucuya iletilebilecek bir tanımlama koduna sahiptir [60].



Şekil 2.13 RFID etiketi

2.12.4. RFID Anten

RFID antenleri, herhangi bir nesne hakkında bilgi toplamak için kullanılır. RFID antenleri, bir sistemden ve ya çevredeki elektromanyetik dalgaları alıp diğer cihazlarla iletişim kurmak için kablosuz iletişimi performansını artırmak için kullanılan cihazlardır. Anten sinyali çift yönde dönüştürebilir. Bazı uygulamalarda anten hem alıcı hem de verici görevini görebilir. Birleştirilmiş antenler, doğrusal polarize antenler, çubuk antenler ve adaptif antenler, kapı anteni gibi birçok RFID anteni tipi bulunur. RFID anten tipleri, Şekil 2.14'te gösterilmiştir [61].



Şekil 2.14 RFID anteni

2.12.5. RFID Okuyucu

RFID sisteminin üçüncü bileşeni RFID okuyucusudur. Şekil 2.15'te çeşitli okuyucuları gösterilmektedir. Okuyucu, etikete RF'den, antenlerin aracılığıyla veri gönderir alabilir. Bir radyo dalga ve veri toplama okuyucusu, birden fazla anten bağlantısına sahip olabilir. Okuyucu, etiketteki bilgiler hakkında veri işlem sistemini bilgilendirir. Okuyucu üç ana bölümden oluşur: kontrol bölümü, yüksek frekans ara yüzü ve anten. Okuyucunun okuma aralığı, faktörlerin sayısından etkilenir. Okuyucular dört tipten oluşur sabit okuyucu, masaüstü okuyucu, mobil okuyucu, kart okuyucu [62].



Şekil 2.15 RFID okuyucu

Ara katman yazılımları RFID sistemlerinin entegre edildiği kablolu ya da kablosuz iletişim ağları içerisinde bulunan etiketlerden, okuyuculardan, denetleyicilerden, ağ cihazlarından, kablolu ya da kablosuz iletişim hizmetlerinden gelen verileri yönetir. Her ne kadar RFID teknolojisi uygulamaları bir operasyon ekibi arasında değişiklik gerektirse de, bilgileri sağlayabileceği sistemler arasında yer alabilir [63, 64].

3. AKILLI ÇÖP KUTUSU TASARIMI

Her şehirde, şehirlerin farklı bölgelerinden atıkların toplanması, çöplüklere ve yakma tesislerine taşınması için, birçok kamyon kullanılır. Atık atıkları bertaraf için, atık depolama bağımlılığını azaltmak amacıyla, bazı şehirlerde ihracat ve işleme önlem dahil olmak üzere çeşitli alternatifler denemektedir. Çöp kutuları, bir noktada doldu varsa çöp araçları boşaltması gerekir. Bazı bölgelerde atık toplanmasının geciktirilmesi ile, bölgelerde atık birikmesine neden olur. Bunu önlemek için, atık toplamanın en kısa yolu bulunmasıdır. Böylece atık toplama işlemi daha az yakıt tüketimi ile en üst seviyeye çıkarılabilir. Zararlı gaz üreten ve dolu olan çöp kutularının çok erken toplanması gerekir, böylece sistem daha önce dolu olan kutuların boşatılması işlemini yüklenmelidir.

Önerilen sistemin kullanılması ile dolu olan atık kutuları, insan sağlığına zarar veren gazlar ve atmosfer seviyesindeki oluşturulan sorunları için aynı zamanda atığın verimli toplanmasına ve zaman tasarrufu odaklanmasıdır. Merkezi sunucuda tutulan veri tabanı, bir ay veya yılda toplanan atık miktarına, tüketilen yakıt miktarına ilişkin aylık veya yıllık raporları oluşturmasını sağlar. Bu veriler yıllık üretilen atık miktarını gelecek tahmin etmek için kullanılabilir.

Mevcut katı atık toplama sürecinin ve yönetim sisteminin temel sorunları şunlardır:

- i) Toplama zamanı ve analizle ilgili bilgilerin eksikliği.
- ii) Gerçek zamanlarda çöpün toplanması ve kamyonları izlemesi için uygun bir sistem olmasıdır.
- iii) Araçların verimsiz ve yetkisiz kullanım nedeniyle verimlilik kaybı.
- iv) Kamyon kazası, arıza, uzun süreli rölanti gibi acil durumlara hızlı bir şekilde yanıt verilmemesi.
- v) Vatandaşın toplanmamış atıklarıyla ilgili şikayetlerine cevap verilmemesi.

Atık geri dönüşüm sisteminde atıkları toplaması, çöpün belirli kutular atılımı, belirli müşteriler ile ve belirli miktarlarda atıkları ilişkilendirir. RFID etiketleri kutuların içine gömülü şekildedir. Sisteme hangi çöp kutusunun hangi müşteriye ait olduğunu bilgilendirmektedir. GPS/GPRS servisleri, sistemde çöp alanlarının yerinin belirlenmesini sağlar. Son olarak tüm bilgiler, atık yönetim şirketlerine, müşterilere ve

yerel yönetimlere sistem tarafından toplanan verileri web tabanlı bir ekrana GSM üzerinden kablosuz olarak gönderilir. EA izleme sistem ile tüketici tarafından atıkların üretim miktarının belirlenmesi ve toplum için kişisel hesap sorumluluğu arttırmasını amaçlamaktadır. Bu EA izleme sistemi uygulayarak, vatandaşların atığa teşvik edilmesi ve atık toplama işlemini optimize edilmesini sağlayacak.

Normalde, belediyeler çöp kutuların belirli alanlarda yerleştirilmiş ve yetkililere tarafından vatandaşların evden çıkan atıkları ve çevreyi temiz tutma talimatı vermelerine rağmen, birkaç gün sonra çöp kutuları taşmaya ve kokmaya başlıyor. Bu nedenle, atığın dağılması ayrıca bakteri ve virüslerin üremesine neden olarak halk sağlığını da etkiler.

Son zamanlarda İngiltere'de IoT, herhangi neneyi, işi, işçiyi, zamanı, bir mekanı vs. ağı bağlı raporlar sunmak için kurulan bir ekosistem olarak tanımlanmaktadır. IoT günlük bir ağı bağlı olarak tüm dünyaya tanımlar ve veri paylaşılabilir. Cisco tarafından, IoT bağlı olanların 14,8 milyardan fazla ve 2020'ye kadar yaklaşık 15 milyara ulaşması tahmin edilmektedir [65]. Sensörlerden ve cihazlardan, çok büyük miktarda gelen bilgiler, mevcut verileri geliştirmek aynı zamanda ticari operasyonların dönüşümünü tetikleyen öngörüler geliştirmek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla, IoT'nin birincil verilen değeri, nesnelere ağı bağlı olduğu ve elde edilen verilerin gerçek olmasıdır [66].

IoT cihazlar tarafından oluşturulan büyük ölçülerdeki alan, karmaşık veri setleri gibi ve benzeri birçok zorlukla karşılaşmaktadır. Çok çeşitli akıllı cihazlardan veri toplamak, verilerin işleme yönetilmesi, kontrol edilmesi aynı zamanda değer cihazların verilerin bilgisini taşıma ve işleme dönüştürmesi, etkin bir şekilde bilgileri tanımlamak için yöntemlerin tasarlanmış ve geliştirilmiştir.

Akıllı çevre, "Akıllı Şehir" teknolojisinin bir parçası olarak düşünülebilir. Akıllı şehir konseptinin bir önemli bileşeni de [67], yeni akıllı mobil teknolojilerinin kullanılmasıdır. Ayrıca, ICT ve Web 2.0 teknolojisini diğer organizasyonlarla birleştiren bir şehir olarak şu tanımlı vurgulamaktadır: bürokratik süreçlerin hızlandırılması, idari süreçleri gözden geçirmek ve hızlandırmak için, kentsel yönetimin karmaşıklığına yeni çözümler sunması nedeniyle tasarım ve planlama çalışmalarıdır [68,69].

3.1. Sistemin Özellikleri ve Alıcı Tarafındaki Görevleri

Atık çöp toplama ve yönetilmesini optimize etmek için "Akıllı Çöp Kutusu (AÇK)" adlı özel bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemin aşağıda özellikleri ve görevleri maddeler halinde belirtilmiştir.

- Çöp konteynırlarının dolduğu anda sisteme özel mesaj göndermesi,
- Çöp toplama için özel çöp aracı göndermesi, yalnızca çöp konteynırlarının dolu olduğu zaman çöp araçlarını göndermesi,
- Şehir içinde çöp toplamak için en uygun rotanın geliştirilmesi,
- Şehirdeki konteynerlerin rasyonel bir şekilde dağıtılması.

“Akıllı şehir” şehirliliğinin sosyal ve ekonomik görevlerindeki sorunları çözmenizi sağlar:

- Çöp toplanmasından sorumlu olan şirketin ekonomik verimliliğinin (yakıt, araç bakımı için maliyetler, işe alım personelin optimizasyonu, atık toplama için kaynaklar ve zaman) artırılmasıdır.
- Uygun kentsel sağlık ve epidemiyolojik durumun sürdürülmesi.

Sistem iki bölümden oluşur: yazılım ve özel sinyal cihazları. Teknik kısım aşağıdaki gibi iki bölüme ayrılır;

- Her çöp kutusuna monte edilmiş donanımlar.
- Çöp aracında yüklenen yazılım ve donanımlar.

Çöp konteynırları için iki tür elektronik cihaz monte edilmiştir: birincisi konteynırın dolu olduğunu belirleyen ikincisi ise bilgi gönderen sensörlerdir. Konteynır saldırılara karşı dayanıklıdır. Konteynırın içine seviye sensörleri monte edilmektedir. Sensör, radyo vericisine bağlı olarak konteynerden aldığı bilgilerle, alıcı-verici ünitesini barındırması için doluluk seviyesi sinyali iletir. Tüm elemanlar dahili güç kaynağı (güneş paneli) tarafından beslenmektedir. Enerjiden tasarruf etmek için, sensörler her zaman çalışmaz, ancak mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen bazı frekanslarla çalışmaktadır. Böylece yanlış sinyal iletim olasılığını azaltır.

Konteyner alıcı-verici biriminden gelen bilgiler, dahili bir GSM modülü kullanılarak kontrol odasına iletilir. Bu, alınan verilerin hücresel iletişim yoluyla iletilmesinin mümkün olmasını sağlar. Bilgi, veri işleme sunucusuna gönderilir. Yazılım sistemi,

müşteri ve sunucu bölümlerinden oluşur.

Sistemin alıcı tarafından yapabileceği görevleri şöyle sıralayabiliriz,

- Rotaları grafiksel olarak göstermesi,
- Çöp konteynırlarının gerekli zamanda uyarı ve boşaltılması,
- Elektrik kesilmesi nedeni ile çalışmaması durumunda bilgi aktarılması,
- Otomat olarak şoför sorumluluğuna bağlı, yetkilendirme alanına bilgi aktarılması,
- Müşteri sorumluluğunun(kullanıcının uygulamış olduğu tüm işlemler) kayıt edilmesi için otomatik yetkilendirilmesi,
- Aracının konumuyla ilgili bilgilerin sürekli olarak servere aktarılması,
- Çöp konteyner ile ilgili bilgilerin kaydedilmesi: Adres, yer, konteynır sayısı, kapasitesi, ve son bakım tarihi,
- Çöp kamyonları ile ilgili bilgilerin kaydedilmesi: tipi, mobil cihaz sayısı, cihaz ID'si, kapasitesi,
- Çöp konteynerlerinden mesaj alıp iletim sağlaması,
- Genel olarak çöp konteynerinden doluluk durumu hakkında bilgi ve çöpün boşaltılması gerekliliğine karar verilmesi,
- Çöp konteynırlarının ve çöp araçlarının temizlenmelerinin gerektiği durumda, mevcut konumla bulunması,
- Karayolu trafik verilerine göre optimum rotanın oluşturulması,
- Çöp konteynerleri arasındaki optimum yolun mesafesinin çöp aracına iletilmesi,
- Müşteri uygulamasından bilgi alınması,
- Fiili durumuna göre, çöp konteynerlerinde, çöp vaziyetini dinamik olarak güncellemesi,
- Raporlama ve istatistiksel analizlerin oluşturulmasıdır.

Yazılım kısmı çöp konteyneri ve çöp kamyonun arasındaki ara yüzün merkeze göndermesini sağlar. Şekil 3.1'te gösterildiği gibi sistemin çalışması şu şekilde gerçekleşir:

- Alanlardaki çöp konteynırlarının durumu (dolu/boş) hakkındaki bilgileri, optimum rotaları hesaplayan uygulama yazılımı ile sunucu merkeze iletilir. Eğer çöp konteynerinin tamamı % 80'den daha fazla miktardan dolu olursa, sistem çöplerin boşaltılmasının kararını verir,

- Çöp konteyneri ziyaret edilecek listeye eklenir,
- Çöp alanları, şehrin internet ağlarına temsil edilmektedir. Sistem, trafiği ve yol koşullarını temel alarak ağırlıklarını değiştirir. Trafik verileri çevrimiçi yol haritası hizmetinden alınır,
- Server uygulaması, her araç için gerekli zamanda en uygun rotaları hesaplar. Böylece, şoför yalnızca çöp konteynirlerin boşaltılması gerektiği gerçek bölgeye giden yolu görür.



Şekil 3.1. Sistem Genel Görünüm.

3.2. Güneş Enerjili Çöp Kompaktör Tanımı

Çöp Kompaktı otomatik olarak çalışır, kablo bağlantısı veya harici elektrik bağlantısı gerektirmez ve içindeki çöp belirli bir seviyeye ulaştığında atıkları otomatik olarak sıkıştırır. Çöp kutusunun üzerindeki 12 V ve 24 W PV panel sayesinde gün ışığını elektrik enerjisine dönüştürür. Makinenin içindeki 120 W'lık 12 V'luk küçük bir bataryada depolanır ve gece yada hava koşullarında bataryada ki gücüyle enerjiyi elektriğe dönüştürür. Kullanıcıların çöp kutusu makinelerinin içinde 32 litrelik bir kovası vardır. Çöp seviyesi maksimuma ulaştığında dolu seviye sensörü, bu durumu algılar ve çöpün çöp kutusunda preslenmesi için komut oluşturarak, pres motorunun çalıştırılmasını sağlar bu sayede daha fazla çöp için yer açar. Kullanıcılar, sıkıştırma zamanında ilave çöp atmaya devam edebiliyorlar. Makine, sıkıştırma alanında kullanıcıların ellerini, hareketli sensörle algılar çöpün sıkıştırılması işlemini durdurur ve kullanıcıyı güven altına tutar.

Bu işlem, makinedeki çöp toplanmaya hazır olana kadar, otomatik olarak yaklaşık 120 litrelik kova sıkıştırılmamış çöp kutusu tutar. Ön paneldeki LED ışık göstergesi yeşilden sarıya döner ve sıkıştırmayı gerektiği kadar otomatik olarak tekrar eder. Çöp kutusu maksimum seviyesine geldiğinde LED kırmızıya döner bu noktada, makine merkezi bir bilgisayar sunucusuna kablosuz sim üzerinden mesaj göndererek, personele bilgi gönderir. Çöp toplama ekipleri kompaktörleri diğer sokaktaki çöp kovalarını benzer şekilde boşaltırlar: ön kapı bir anahtarla açılır, içi plastik dolu çöp kutusu dışarı kaydırılır ve çöp arabasına boşaltılır. Ekipmanlar çöp kutusunu boşalttıktan sonra, makinenin içine tekrar bırakılır, kapıyı kapattıktan sonra LED “yeşil” duruma sıfırlanır. Bu sistem;

- Normal kutulardan beş kat daha fazla kapasite sahip,
- Şehir maliyetlerinden tasarrufu (Daha az çöp toplama gerektirmesi, kamyon yakıt maliyetlerini azaltır, düzenli depolama alanından tasarrufu),
- Sera gazı emisyonlarını azaltır,
- Çöp kokusu ve böcekler önlemek için kapalı tutulmasıdır,
- Sağlam ve pratik olarak bakım gerektirmez,
- Şehrin sokaklarını çöplerden uzak tutmak için herkese ilham verir.

Çöp kutusunun PV sistemi,

- Polikristalin silikon hücre modülü
- Nominal Çıkış: 30 Watt
- Motor sürücü montaj sistemi
- Polikarbonat kabarcık ile korunan PV paneli
- Dökülmeye karşı korumalı, kapalı bakım gerektirmeyen 12V 10 Ah akü
- Darbe genişlik modülatörü tarafından tutulan şarj

3.3. Sistem Dış görünüşü ve Boyutlandırılması

Sistemin dış görünüşü Şekil 3.2’de verilmiştir. Burada sistem numune amaçlı normal 2 mm’lik sac çelik’ten yapılmıştır;

Yükseklik: 105 cm

Genişlik: 60 cm

Derinlik: 60 cm

Sap Yüksekliği: 10,5 cm

Ağırlık: 130 kg

Çöp Haznesi Yerleştirme Açıklığı: 403 cm x 443 cm

Çöp Hacim: 30 galon

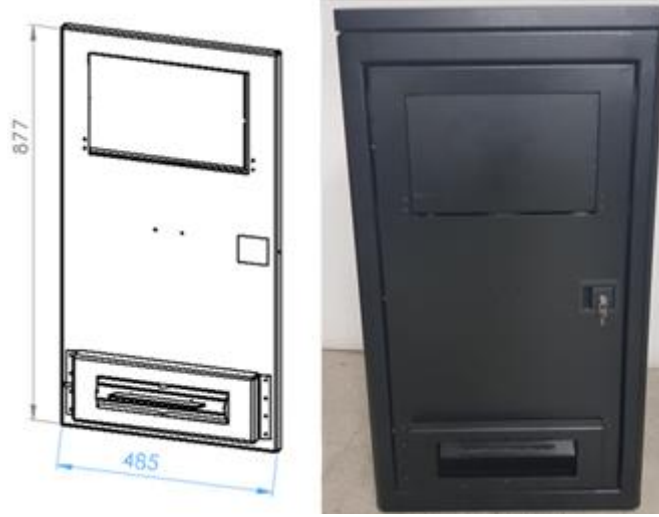
Astar Çanta: 30 "H, 92" çevre

(önerilen kalınlık en az 2 mil)



Şekil 3.2. Çöp kutusunun dış görünümü

- Sac çelik: Dış kasa ana kasa, 1 ana, 2 yan, 1 arka, 1 üst kapak ve iç çöp kovasından oluşur
- Dış cephe: polyester toz kaplama
- İç çöp toplama kovası: düşük yoğunluklu polietilen plastik sızdırmaz kutu



Şekil 3.3. Çöp kutusunun ön panel görünümü

3.4. Sistemin Sıkıştırma Özellikleri

Sistem normal çöp konteynerlarının 8 katı kadar alabilecek sıkıştırma özelliğine sahiptir. Burada,

- Sıkıştırma Gücü: maks. (570 kg)
- Çevrim Süresi: 41 saniye
- Motor Boyutu: 1/6 - HP DC dişli motor ve 120 W 12 V dur.

Yüksek çıkış gücüyle birlikte küçük ve hafiftir. DC motor her yönde dönebilir ve standart türlerin yaptığı gibi çalışır. DC motoru kontrol etmek için herhangi bir DC motoru donanım kodu ile kullanabiliriz. Bu modül, özellikle küçük yerlere sığacağı için, dişli kutusu ile motor kontrolörü oluşturulmuştur.

- Sistem Voltajı: 12 Volt 10 Ah DC Lityum iyon batarya
- Tahrik Sistemi: Zincir tahrikli dişli motor
- Tam otomatik: IC işlemci kontrollü sistem
- 3 renkli LED durum lambaları, sıkıştırılmış çöp seviyesini, makine durumunu ve hata kodlarını göstericisi.

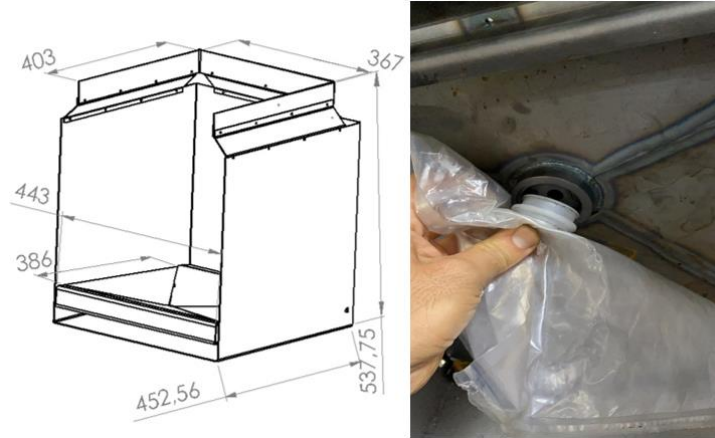
Şekil 3.4'de çöp kutusunun iç sıkıştırma mekanizması görülmektedir. Sistemin sıkıştırma gücü 570 kg dır.



Şekil 3.4 Çöp kutusunun iç mekanizması.

3.5. Sistemin Sıvı Toplama Haznesi

Sistemde özel olarak sıvı haznesi tasarlanmıştır. Buradaki amacımız sıvı halde kalan çöpler daha çok koku v.s. zararlı oluşumlara neden olur. Preslenme sonucu çöplerden sıkılan sıvılar çöp kutusunun alt kısmında bulunan ve Şekil 3.5’de görülen sıvı haznesinde birikip oradan atımı sağlanır. Bu sıvı haznesi içeri sıvı alan fakat dışarı sıvı sızdırmayan bir özelliğe sahiptir.



Şekil 3.5 Sıvı haznesi.

3.6. Sistem Donanım

Sistem, her seferinde eşzamanlı bir sırayla gerçekleşmesi gereken belirli sayıda işleve sahip olduğundan, Atık izleme sistemi için ana program, bir döngü algoritması kullanılarak oluşturulmuştur. Sistem donanımı ve yazılım aşaması bu başlık altında anlatılacaktır.

3.6.1. Sensörler

Sensörler bilindiği gibi fiziksel bir büyüklüğü elektrik sinyallerine çevirerek anahtarlama yapan devre elemanlarıdır. Sistemde metal algılama için Endüktif ve optik sensörler kullanılmıştır.

- 1- 3 Ad Uzun Mesafeli Endüktif Sensör
- 2- Fotoelektrik Sensör Polarize Retro-Reflektif Işık ON/Dark ON NPN 2m 4-Pin
 - PRT12-4DO



Şekil 3.6 PRT12 Sensör.

- E3V3-R61



Şekil 3.7 E3V3 Sensör

3.6.2. GSM Modülü

Atık toplama ve izleme sisteminde daha önce belirtildiği gibi, katı atık yöneticilere çöplerin kimden ve nereden toplandığı hakkında hizmet sağlayacaktır. Evsel atık izleme sisteminde, çöp toplama konumuna ilişkin GPS verilerini topladığından, atık yönetimi görevlilerinin rotalarını optimize edebilecektir. Böylece atık yönetimi şirketleri, rotalarını optimize ederek, yakıt alma miktarı önemli derecede azaltacaktır. Şekil 3.8'te gösterilen SIM 900A modülü bu çalışmada bilgiyi kullanıcıya iletmek için kullanılmaktadır.



Şekil 3.8 SIM900A GSM Modülü.

Sistemin bir sonraki en önemli şey veri iletişim yöntemidir. Çalışmamızda Wi-Fi ve yakınlık algılamanın uygulanması zorluğu göz önüne alınarak, yedek SD veri depolama ile eşleştirilmiş GSM iletişimi uygulanır. GSM, bir veri ağı içinde herhangi bir yerden erişilebilir olma avantajını sunar ve GSM kullanılmadığında; SD veri depolaması, ağa yeniden erişilene kadar bilgileri depolamanın basit bir yol sunar. Böylece GSM kartı, sistemin kimlik doğrulama ve atık eğilim analizi için yedekli konum takibine sahip olması sağlar.

3.6.3. GSM Ana kart Tasarım

Sistemde Atmega marka işlemci kullandık. Bu işlemcimiz üzerinde bulunan Analog 0 portu ile aküye ait gerilim seviyesi gerilim bölücü dirençler ile 20 V'a kadar gerilim okuması yapılmaktadır.

Modem ile web sitesine gönderilir.

- 0 – 10 V aralığında 29 nolu dijital pine bağlı olan LED1 yanıp sönmektedir.
- 10 – 12 V aralığında LED1 sabit yanmaktadır.

- 12 – 20 V aralığında LED1 sönmekte ve LED2 (pin28) sabit yanmaktadır.

Cihazımız üründe bulunan ön çöp boşaltma kapağı güvenlik amaçlı önemli olduğundan açık aralık veya kapakta hata olması halinde sistemin çalışması tamamen durmaktadır. Kapağın doğru şekilde kapalı olduğu algılandıktan sonra diğer çalışma adımlarına geçilmektedir. Sistem çalışırken kapak açılırsa yine çalışma durmaktadır. Pin50 cihazımız üründe bulunan çöp alma kapağı güvenlik amaçlı önemli olduğundan açık aralık veya kapakta hata olması halinde sistemin çalışması tamamen durmaktadır. Kapağın doğru şekilde kapalı olduğu algılandıktan sonra diğer çalışma adımlarına geçilmektedir. Sistem çalışırken kapak açılırsa yine çalışma durmaktadır. Pin13 yukarıda bulunan 2 durum normal konumuna döndüğünde presleme ünitesi ara konumda kalır ise 30 saniye sonra çöp preslenir ve ünite ilk bekleme konumuna geri gelmektedir.

Makine üzerinde 3 adet buton yer almaktadır. İleri (pin52), geri (pin53), durdurma (pin51)

- İleri Butonu: Tüm kapaklar kapalı ve sistem üzerinde bir arıza yok ise ileri butonu ile sıkıştırma işlemi veya sistemin testi gerçekleştirilir. Sıkıştırma gerçekleşir ve arıza oluşmaz ise pres ünitesi başlangıç noktasına geri dönmektedir.
- Geri Butonu: pres ünitesi ara konumda kalmış veya sıkıştırma işlemi yarıda kesilerek sistemin başlangıç noktasına dönmesi istenirse buton kullanılabilir.
- Durdurma Butonu: ünite ileri veya başlangıç noktasına dönmekte iken acil oluşan durumlar veya kontrol amaçlı sistemin güvenli hale getirilmesi işlemlerinde kullanılabilir.

Çöp Kutusu dolu fotoseli (pin10); çöp kutusunun dolu olduğunu algılama ve pres ünitesinin ara konumda olup olmadığını algılama amacı ile kullanılan sensördür. Kutu doluluğu maksimum seviyede olduğunda belirlenmiş olan 30 sn sonunda sisteme ilave çöp girişi yapılmamış ise presleme işlemini başlatmaktadır. Çöp alma veya boşaltma kapağı açılması durumlarında ara konumda kalacak olan pres ünitesi yine belirtildiği gibi 30 sn sonunda çalışmaya tekrar başlayacaktır.

Atmega işlemcimiz üzerinde bulunan Analog 1 portu ile motora ait DC akım seviyesi şönt 20 W direnç ile 40A e kadar akım okuması yapılmaktadır.

- Pres işlemi gerçekleştirilirken DC akım okuması yapılır ve motor sistem üzerinde tanımladığımız (sıkıştırma kuvveti) 13 A seviyesine ulaştığında pres durdurulur ve ünite ilk konumuna doğru geriye gelmeye başlar.
- Pres ünitesi kapatılırken akım okuma işlemine devam edilmektedir. Pres başlangıç noktasında olduğunu algılayan üst limit sensörümüz (pin12) çalışmaz veya mekanizma bir şekilde sıkışır ise akım 13A üzerinde çıktığında motor durdurulur. Bu durum 5 kez tekrarlanmaktadır. Arıza devam ediyorsa sıkışma arıza bilgisi alınır ve sisteme reset atılana kadar makine çalıştırılmaz.

Encoder: sıkıştırma ünitesi üzerinde dişli mekanizma ile çalışan endüktif sensor bulunmaktadır. Pin11 pres ünitesinin sadece geri gelme durumlarında okuma yapar ve sıkıştırma işlemi sonunda kutu içinde bulunan çöp miktarına göre seviye bilgisi almamızı sağlar. Bilgi 0-100% aralığındadır ve modem ile web sitesine gönderilir.

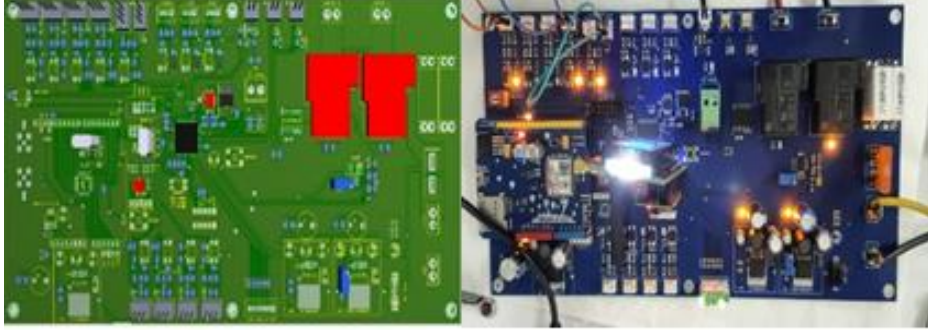
Sıcaklık sensörü NTC: işlemcide Analog 2 portu üzerinden okuma işlemi gerçekleştirilir. 10 kohm NTC kullanılmıştır. Kutu sıcaklığı sabotaj veya yanan sigara atılması gibi durumlarda alarm oluşturma ve sıcaklık takibi için kullanılmaktadır. Modem ile web sitesine gönderilir.

Sistemde 3 adet güç kaynağı yer almaktadır.

- Modem sabit 5 V besleme,
- İşlemci, LED, opamp v.b. yan hizmetler sabit 5v
- 2 adet röle beslemesi için sabit 12 V

Modem atmega 328p smd işlemci ile kontrol edilmektedir. Kontrol işlemcisinden seri haberleşme ile doluluk, akü gerilim, sıcaklık, makine numarası, arıza kodu, güvenlik kapağı bilgilerini web sitesine aktarmak üzere kullanılır. Takılacak sim kartın pin kodu güvenliği kapalı olmalıdır. Veri gönderen makinaları ayırt etmek için makine ID sinin ana işlemciye yazılması gereklidir.

Tasarlanmış pcb üzerinde harici olarak 4 dijital input, 2 analog input, 1 adet dijital transistörlü 12 V çıkış, farklı çöp kutuları için boyut seçme switchi, on-off switch, Atmega 2560 için ISP programlama portu 10 pin. Atmega328p için ISP programlama portu 6 pin, iki işlemci içinde ayrıca reset butonları, 40 A koruma amaçlı sigorta yer almaktadır.



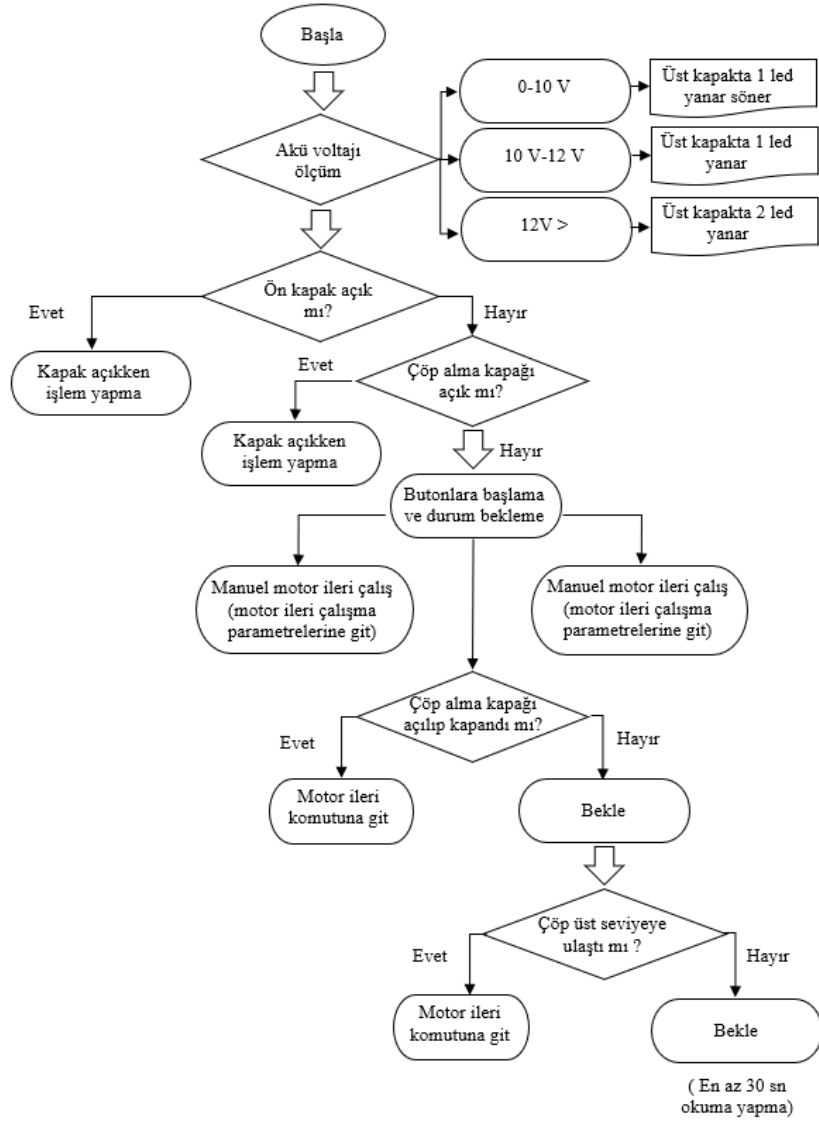
Şekil 3.9 Ana kart.

3.7. AÇK Sistemin Yazılımsal Altyapısı

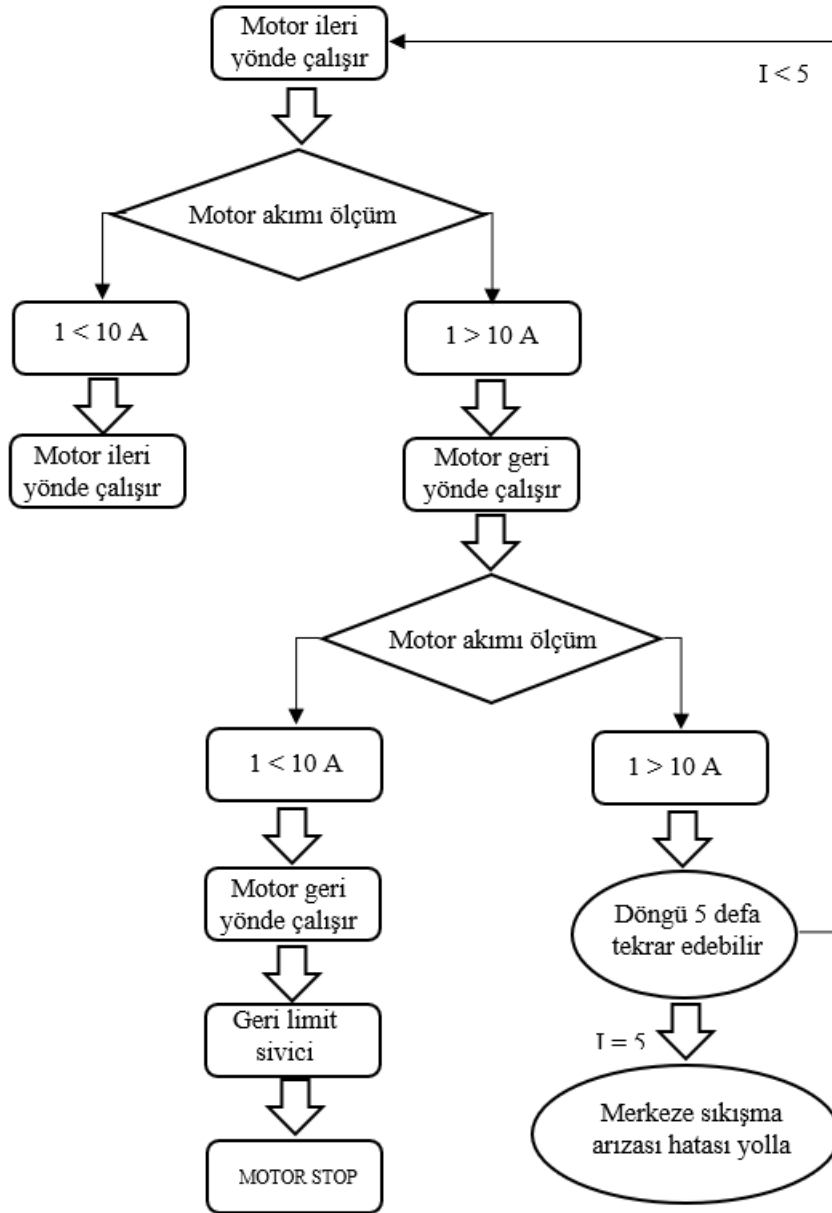
Bu kısım iki aşamada özetleyebiliriz,

- Sistemde kullanılan teknolojiler
- Sistemin yapısı ve arayüzü

Tüm bu sistemin yazılım algoritmaları bir çatı altında toparlanarak Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Yazılım algoritması.



Şekil 3.11 Mekanik algoritması.

Bu algoritma akış şemalarının yazılımı Ek-1’de verilmiştir.

3.7.1 Sistemde kullanılan teknoloji

ASP.NET tabanlı uygulamalar 2016’da, tanıtılan teknolojiyi geliştirmek için en iyi seçeneklerden biridir. ASP.NET Core, geliştiricilerin daha hızlı yanıt veren, güvenilir ve ölçeklenebilir uygulamalar oluşturmak için. NET teknolojileriyle yazılım geliştirmeyle çalışmasını kolaylaştırmıştır. ASP.NET Core, ASP.NET Core, tüm ASP.NET altyapısını

yeniden tasarladı ve bunu Web API ve MVC altyapısı ile entegre etti. Web uygulamaları için bir API oluşturmak bu şekilde daha kolay hale gelmiş. Microsoft bu platformu düzenli olarak geliştiriyor. ASP.NET Core teknolojisi sayesinde, modern uygulamalar daha az çaba ve maliyetle daha kısa sürede oluşturulabilir. ASP.NET Core'in özellikleri, ASP.NET Core, bir çok kitaplık ve optimizasyon aracı içerir. Bu araçlar sayesinde daha kararlı ve yüksek performanslı yazılımlar oluşturabilir. Hızlı sürüm döngüleri, kolay güncellemeler, bellek optimizasyonu ve alan tahsisi gibi özellikler, mobil altyapıları harika kılar. ASP.NET Core yalnızca NET geliştiricileri için uygun bir teknoloji olarak değerlendirilmemeli, tüm endüstri için güvenilir ve ekonomik bir çözüm olarak düşünülmelidir.

3.7.2 Sistemin yapısı ve arayüzü

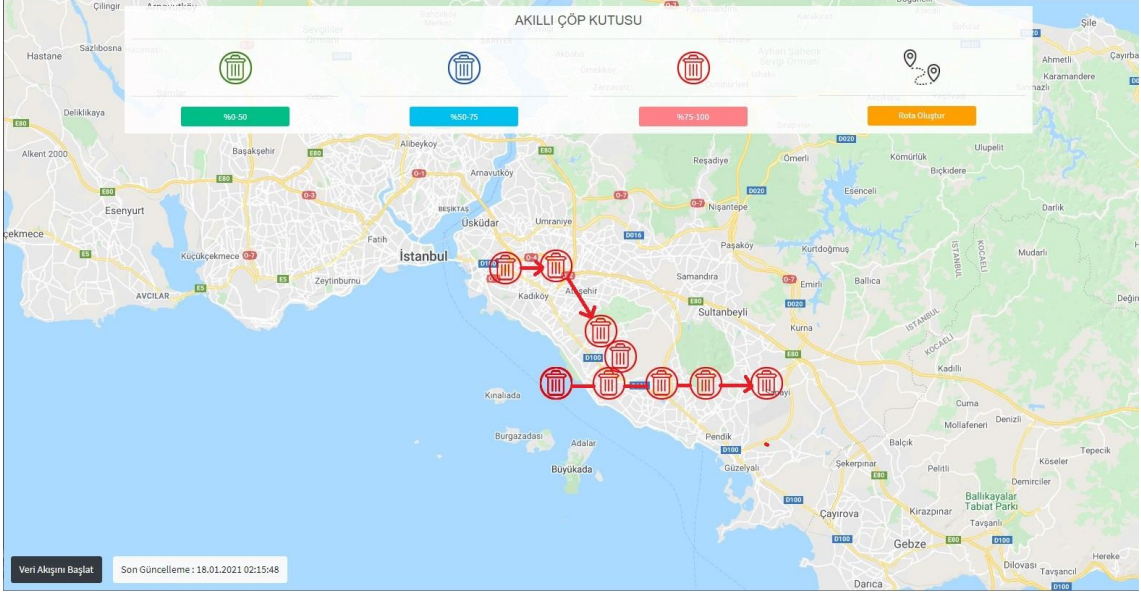
- Sistemde Database erişimi için kullanılan katmandır,
- İş Kuralları bu katmanda kontrol edilir,
- Cshtml kısmında gönderilen veriler controller kısmında yakalanır yapılacak işlemler Business Layer de işlenir ve controller katmanına geri yollanır,
- Loglama işlemleri bu katmanda yapılır,
- Views de bulunan cshtml sayfalardan alınan veriler bu katmanda alınır,
- Verileri işlenmesi için Business Layer katmanına iletir,
- İşlenen verileri Views e geri yollar,
- Şifreleri olarak tutulması gereken verileri bu katmanda Encrypt ve Decrypt edilir,
- Sayfaya taşınan verilerin bulunduğu sınıflar bu katmanda tutulur,
- Sistemde kullanılan mail gönderme, session ve config reader gibi sınıflar bu katmanda tutulur,
- Veritabanı ile bağlantıyı kuran ve database işlemlerinin koşturulduğu katmandır,
- Kullanıcıların gördüğü sayfaların bulunduğu katmandır.
- Kullanıcı listeleri sayfası,
- Kullanıcı ekleme sayfası,
- Kullanıcı düzenleme sayfası,
- Çöp kutusu listeleme sayfası,
- Çöp kutusu ekleme sayfası,
- Çöp kutusu bilgileri düzenleme sayfası,

- Çöp kutusu veri akışı ön takip sayfası,
- Çöp kutusu veri akışı takip sayfası,
- Lokasyon işaretleme sayfası,
- Çöp kutusu harita sayfası,
- Çöp kutusu rota sayfası.

3.8. Akıllı Çöp Toplamada Güzergah ve Sayısı Belirleme

Bu sistemde, bir AÇK, IoT tabanlı yönlendirici ve sunuca oluşan Akıllı Çöp Sistemi (AÇS) sunulmaktadır. Mevcut çöp toplama yönetiminde, katı atığı toplamak için birden fazla çöp toplama aracı kullanılmaktadır ve bu çöp toplama da gece yarısından yada sabah erken saatlerine kadar aracı kullanılmaktadır. Ancak bu araçlar sabit bir rota üzerinde hareket ettiğinden ve çöp toplayıcı işçiler çöp toplanması gereken katı atığı miktarını bilemedikleri için gereksiz toplama yerleri meydana gelebilir.

Önerilen AÇS, AÇK kapasitesini izleyerek verimli bir katı atığı toplama sistemi önermektedir. Çöp toplayıcılar, bir akıllı telefon aracılığıyla yolu boyunca akıllı çöp kutularının durum bilgilerini ve harita üzerinde takip edebilirler. serverden sunucudaki alan bilgisini kullanarak toplanması gereken AÇK'ların yeri ve sayısı hakkında bilgi alabilirler. Şekil 3.12'de harita üzerinden mobil uygulamasıyla rota kullanım göstermektedir. Mobil uygulamasında, toplanması gereken AÇK'larının konumunu ve AÇK'larının durum bilgilerine göre oluşturulan optimize edilmiş çöp toplama rota gösterir.



Şekil 3.12 Mobil rota ve güzergah arayüz görünümü

Katı atık toplama işlemleri genellikle günde bir kez yapılır. Ancak, diğer lokasyonlara göre daha fazla katı atığının olduğu ticari bölgede, çöp toplama işlemi günde birden fazla yapılmalıdır. Bu nedenle server, son yedi gün içinde biriken toplam katı atık miktarına göre çöp toplama süresini ayarlar:

$$\sum 24_t = 1E_t k = S, \quad \sum 24_t = 1E_a 7 = E_t \quad (1)$$

$\sum E_a$ belirli bir zamandaki çöp toplam miktarı,

E_t saatte ortalama katı atığın boşaltma miktarı,

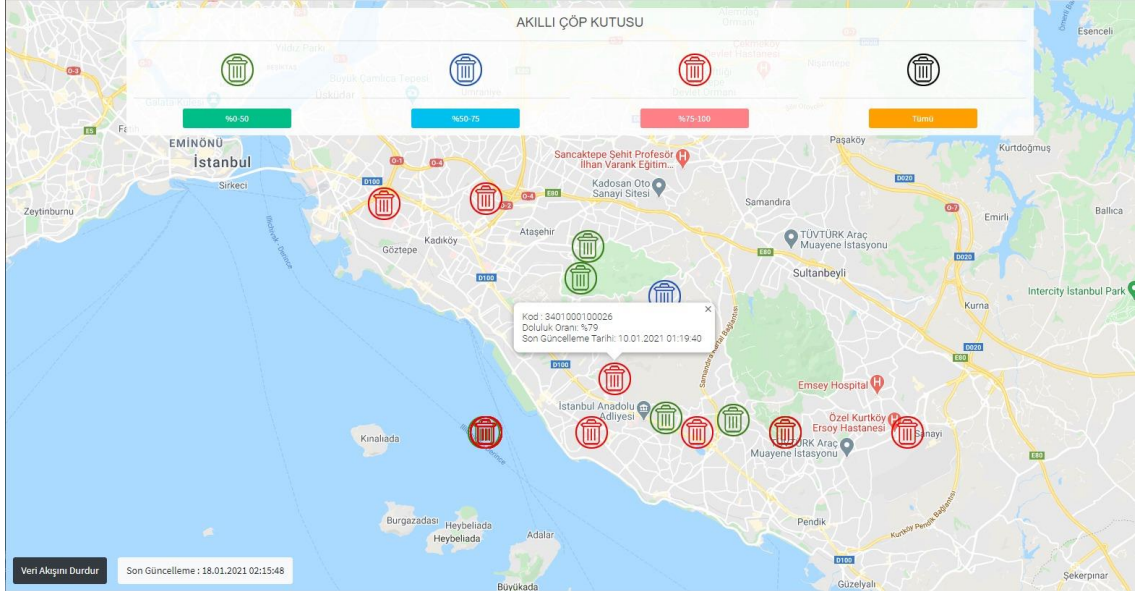
k AÇK kapasitesi,

S katı atık toplama sayısı,

Yukarıdaki eşitlik (1) katı atığın toplama zaman aralığıdır. Saatte ortalama katı atık deşarj miktarına göre çöp toplama sayısı hesaplanır. AÇS'mi, S değerini kullanarak toplama süresini ayarlar ve veri toplama planları oluşturur.

3.9. Sistem Web Arayüz Tasarımı

AÇK projesi, asp.net core mvc teknolojisi ile web tabanlı olarak, çöp kutularının envanterinin tutulması, doluluklarının takibi ve toplama rotalarıyla düzenlenmiştir. Sistem çöp kutuları ile sürekli bağlantı halinde kalarak Şekil 3.13’de görüldüğü gibi sistemin monitoring edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. İnternet erişimi olan herhangi bir bilgisayar, akıllı cep telefonu ve tablet ile makine durumunun ve doluluk seviyelerinin görüntülenmesine olanak tanımaktadır. Şekil 3.14’de görüldüğü gibi web tabanlı bir veri tabanını işaret etmek için metin mesaj teknolojisi kullanılır. Çöp toplama rotasındaki her bir çöp kutusundan alınan bilgiler, gerçek zamanda rota optimizasyonunu olanak sağlar. Şehirde, sistem tarafından geçmişteki toplanan veriler kullanarak, çöp toplama verimliliğini ve rotaları daha da düzgün hale getirilmesini sağlar.



Şekil 3.13 Ekran arayüz.

Windows 2016 server üzerinde çalışan IIS 10 sistemi üzerinden web ara yüzü çalışmaktadır. Veri tabanı olarak MSSQL 2016 Express kullanmıştır.

Server barındırma hizmeti Türk Telekom Gayrettepe Data Center’den alınmaktadır.

İl	İlçe	Mahalle	Cadde	Sokak	Kod	Güncelleme Tarihi	Doluluk Oranı %	Doluluk Oranı %		
İstanbul	Kartal	Yunus			3401000201039	17.01.2021 22:23:25	71%	<input checked="" type="checkbox"/> Güncelle	<input type="button" value="Sil"/>	Doluluk <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Güncelle
İstanbul	Kartal	Yunus	qwe	qwe	3401000201037	17.01.2021 21:26:00	97%	<input checked="" type="checkbox"/> Güncelle	<input type="button" value="Sil"/>	Doluluk <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Güncelle
İstanbul	Kartal	Yalı	asdf	asdf	3401000100028	17.01.2021 21:25:30	0%	<input checked="" type="checkbox"/> Güncelle	<input type="button" value="Sil"/>	Doluluk <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Güncelle
İstanbul	Kartal	Yalı	asdf	11	3401000100028	10.01.2021 19:13:17	11%	<input checked="" type="checkbox"/> Güncelle	<input type="button" value="Sil"/>	Doluluk <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Güncelle
İstanbul	Kartal	Yalı	boş	Halk Sokak 8	3401000100026	10.01.2021 01:19:40	79%	<input checked="" type="checkbox"/> Güncelle	<input type="button" value="Sil"/>	Doluluk <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Güncelle
İstanbul	Kartal	Yunus	1a2w	1a2w	34010200025	9.01.2021		<input checked="" type="checkbox"/> Güncelle	<input type="button" value="Sil"/>	Doluluk <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Güncelle

Şekil 3.14 Ekran arayüz.

3.10. Akıllı Çöp Sistemi İçin IoT Tabanlı Uyumu

AÇK'larının çalıştırılmasında öncelikte kullanıcı rahatlığı düşünülmelidir. Bu nedenle, hizmet sunabilmemiz ve kullanıcının kolaylığı için, AÇK'ları, kapasite veya batarya deşarj eksikliği gibi olaylar meydana geldiğinde belediyeye vatandaşların işbirliği yapmaları teşvik edilmelidir. Kapasite veya Pil Deşarjı. Mevcut bir IoT tabanlı çöp toplama sisteminde, vatandaşlar çöp kutusunun kapasite yetersizliği veya pil gücünün yetersizliği nedeniyle çöp kutuları kapatıldığında çöplerini boşaltamayabilirler. Ancak önerilen sistem, bu tür olayları meydana gelmeden önleyebilir. Boşaltma işleminden sonra, AÇK durum bilgilerini depoluyor. Bu durumda AÇK kapasitesi % 90'ı aşarsa veya pil ömrü % 5'in altına düşerse AÇK durum bilgisini server'e gönderir ve uyku moduna girer. Durum bilgisini alan server daha sonra aynı bölgedeki diğer akıllı çöp kutularını kontrol eder. Server daha sonra bir kontrol mesajı AÇK'larının üzerinde bulunan LCD ekrana gönderir. Server daha sonra Web sayfasını günceller ve bölgedeki arızanı bir SMS mesaj ile AÇK problemini çözmesi için teknik yönetici gönderir.

Sistem bir iletişim problemi olduğu durumda örneğin belirli AÇK'nda bir iletişim sorunu ortaya çıkarsa, iletişim sorunu server aracılığıyla yetkili kişiye bildirilir. Böylece, AÇK verileri gönderdikten sonra 5 saniye içinde serverden bir onay mesajı almazsa, AÇK

serverde iletişim sorunu oluştuğunu algılar. Sonra AÇK, durumu teknik yönetici gönderir ve teknik yöneticisi daha sonra çöp kutunun pil ömrünü kontrol eder veya başlık sorun varsa bir diğer AÇK'yla değişimini sağlar.

3.11. Sistem Ekonomik Analizi

Katı atık toplama, bir şehir sakinlerine sağladığı en pahalı hizmetlerden biridir. Katı atık yönetimi bütçesi toplama ve transfer maliyetleri %75-80 harcanmaktadır. Bu nedenle, toplama ve transfer işlemleri şehir yöneticilerine önemli bir endişe kaynağıdır. Vatandaşların atıkları toplaması ve bertaraf işlemleri atığı alındığında başlar ve elden çıkarması ile veya işleme alındığında sona erer.

Mevcut ekonomide, birçok şehir ve kasabalar işletme maliyetlerini düşürmek için bütçelerin dengelenmesine yollar arıyorlar. Güneş enerjisi ile çöp sıkıştırma kovaları, çöp toplama da ilk yıldan itibaren sonraki yıllarda da yıllık işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltabileceği öngörülmektedir. Örneğin, ABD Philadelphia şehrinde yapılan güneş enerjisi ile çalışan çöp toplama sistemi maliyeti,

- Acil tasarrufu: 3 yıllık bir finansman düzenlemesine girerek, Şehir'in ön sermaye maliyeti olmadan ve ilk yılda yaklaşık 850.000 \$ tutarında tahsilat maliyeti tasarrufu gerçekleştirir.
- Mevcut tasarruflar: 10 yıl boyunca şehir, ekipman maliyetlerinden toplam 13 milyon \$ tasarruf sağlayacak.
- Yıllık işletme maliyetinin 70 % oranında azaltılması: Çalışma maliyetlerini, ilgili araç yakıt tüketimini ve sera gazı emisyonlarını doğrudan azaltacaktır.

Bizim çalışmamız, İstanbul Beyoğlu ilçesinin model aldık. İstanbul Beyoğlu'nu ziyaret eden misafirler, temiz sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre sunmak adına titiz çalışmalar yürütülmektedir. Bu tezde Beyoğlu belediyesini araştırılmada, çöp toplama çalışmalarında 3 vardiya 348 personel 7 gün 24 saat esasına göre günlük ortalama 340 ton çöp, 12 ton moloz, 10 ton eşya düzenli programlı şekilde gerçekleştirilmektedir. İlçede 45 mahalle 2018 sokak bulunmaktadır. Beyoğlu Belediyesi katı atık toplama işlerinde kullanılan 73 araç son teknolojiyle donatılmış çevre dostu GPS Sistem (Global Positioning System) ile Beyoğlu Belediyesin de entegre edilmiştir [70].

Yukarıdaki maliyetleri baza alarak; Bir güde sadece 1 kez çöp toplama da, 3 vardiya işe çıkan 3 kişi ve bir araba toplamda 9 kişi ve 3 araba kullanılmaktadır. Böylece, aylık 26 gün çalışma suresine göre, günlük 3 araba ve 9 kişinin olarak toplam maliyeti hesabı yapılacaktır. Tablo 3.1.'de sadece 1 çöp toplama aracı için yakıt maliyeti hesabı verilmiştir.

Tablo 3.1 Bir çöp toplama aracı yakıt maliyet tablosu

ARAÇ	Miktar Adet	Günlük çalışma süresi/Saat	Aylık çalışma süresi/Gün	Satış Fiyatı/ TL	Yakıt tüketimi TL/Saat	Birim Yakıt Maliyeti (6.45 TL) /Ay
8+1 Hidrolik Sıkıştırılmalı Çöp Kasası	1	8	26	95,000.00	20.00	26,832.00

Birim yakıt maliyeti formülü,

Yakıt Maliyeti (TL/Ay) = Yakıt tüketimi (TL/Saat) × Günlük çalışma süresi (Saat/Gün) × Aylık çalışma süresi (Gün/Ay) × Yakıt Maliyeti (TL/lt) [70]. Tablo 3.2.'de bir aracın araç amortisman maliyetli verilmiştir.

Tablo 3.2.'de bir aracın araç amortisman maliyetli

ARAÇ	Miktar Adet	Günlük çalışma süresi/Saat	Aylık çalışma süresi/Gün	Satış Fiyatı/ TL	Yakıt tüketimi TL/Saat	Birim Amortisman Maliyeti TL/Ay
8+1 Hidrolik Sıkıştırılmalı Çöp Kasası	1	8	26	95,000.00	20.00	67,579.20

Araç amortisman formülü,

Amortisman Maliyeti (TL/Ay) = Katsayı × Araç rayiç bedeli (TL) × Günlük çalışma süresi (Saat/Gün) × Aylık çalışma süresi (Gün/Ay)

Katsayı = 0,000171

Çöp toplama sürecinde çalışan personelin maliyeti ise Tablo 3.3’de verilmiştir. Bu hesaplama kamu ihalelerinde personel maliyet hesaplama modülüne göre yapılmaktadır.

Tablo 3.3 Personel Maliyeti

Maliyet Türü	Miktar	Brüt	Sigorta	Brüt	Brüt Yol	Birim
	Adet	asgari	Risk	Yemek	Bedeli	Aylık
		ücreti	Prim	Bedeli	TL/Gün	Maliyeti
		TL/Gün	Yüzde %	TL/Gün		TL/Ay
Şoför	1	119,25	3	59,02	30.00	5.621,70
Çöp Toplama İşçisi	2	238.50	3	118,04	60.00	10.284,38

Temizlik malzemeleri ve personelerin giyim kıyafetleri ise yaklaşık aylık 3 kişi başına 1,200.00 TL düşen toplam 3,600.00 TL hesaplanmaktadır. Tüm bu maliyetlerin tamamı Tablo 3.4’de toplam çöp toplama maliyeti olarak verilmiştir.

Tablo 3.4’de toplam çöp toplama maliyeti

Maliyet Türü	Miktar	Maliyet TL/Ay	Maliyet TL/Yıl
	Adet		
Araç yakıtı	1	26.832,00	321.984,00
Araç Amortismanı	1	67.579,20	810.950,40

Şoför	1	5.661,70	67.940,40
Çöp Toplama İşçisi	2	20.568,76	246.825,12
Malzeme ve Giyim Giderleri	1	3.600,00	43.200,00
GENEL TOPLAM + %18			1.759.261,90

Aylık 1 adet toplama araç, personel, malzeme ve giyim giderleri % 18 KDV dahi maliyeti 146,605.16 TL olarak kabul edilmiştir.

Böylece, bir aylık çalışma süresine göre, günlük 3 araba ve 9 kişinin maliyeti 439.815,48 TL olarak vade bir ayda 26 gün çalıştığı varsayılırsa 1 günlük maliyet 16.915,98 TL belediyeye maliyeti oluşturur [71].

Tez çalışmasındaki AÇK istemi çöp atıkları presleme yöntemi ile normal çöp kutularınının 7 veya 8 katı daha fazla çöp alabiliyor. Buda her gün dolan çöp konteynerlarını almaya giden çöp arabası ve personelin haftada bir kez ve ayda 4 kez gitmesi demektir. Buda normal sistemde bir günlük çöp toplama maliyeti 16.915,98 TL ise ayda 4x16915,98 TL den 67.663,92 TL olarak hesaplanır. Normal çöp toplama aylık maliyeti 439.815,48 TL ve bizim yapacağımız AÇK uygulaması ile aylık maliyeti 67.663,92 TL olup kar maliyetimiz aylık 372.151,56 TL dir. Bu değer yaklaşık % 85 oranında belediyeleri kazançlı kılacaktır. Fakat mevsimsel olarak çöp konteynerlarındaki doluluk değişebileceği için bu oran %75-%85 arasında değişeceği öngörülmektedir. Ayrıca her hafta gerçekleştirilmesi 3 vardiyalı 58 işçi gerektirirken, bu sistemde haftada 1 kez çöp toplama tek vardiyada yalnız 3 işçi gerektirir. Diğer çalışanlar ise başka ve farklı alanlarda görevlendirilir.

Sistemin kazanımları şunlardır:

- Acil tasarruf: Düzenleri finans maliyeti tasarrufu
- Devam eden tasarruflar: Ekipman maliyetlerinden tasarrufu
- Yıllık işletim maliyetinde %75-85 azalması: Çöp toplama talebini azaltır, bu da işletim maliyetlerini ve ilgili araç yakıt kullanımını ve emisyon gazları azaltır.

- Beyoğlu'nun dar sokaklarında, çöp arabasının giremediği ve takip edemediği zor olduğu sokaklarda, AÇK ile daha kolaylaştırılacaktır

Bizim çalışmamız, İstanbul Beyoğlu ilçesinin tamamına uygulandığını düşünüp maliyet hesabı yaptığımızda. Bu ilçenin turistik bir bölge olduğunu ve insan sirkülasyonu çok yoğun olduğunu düşündüğümüzde önemli bir maliyet kazancı elde edeceğimiz öngörülmektedir. Tasarlanan arayüz sistemi üzerine bölge üzeninde 500 tane güneş enerjisi ile çalışan AÇK yerleştirildiğini farz edip maliyet analizi yaptığımızda. Tablo 3.5'de ki gibi, sistemin geliştirmesi maliyeti dolar bazından KDV dahil yaklaşık 4,300.00 \$ dır.

Tablo 3.5 AÇK'nun yapım maliyeti

İşlem Türü	Maliyet 2021 dolar kuru / 7 \$
Sac malzemesi	620.00
Anakart alım ve tasarımı	715.00
Sac kesim maliyeti	285.00
Sensörler ve diğer giderler	380.00
Web Sayfa alım ve tasarım	1.000.00
Kart yazılım tasarımı	580.00
İşçilik	720.00
Toplam	4,300.00 \$

Tüm harcama maliyeti önemli ölçüde gösterirse de, bu maliyet seri yapım aşamasında 2000,00 \$ seviyesine inebilir.

Bu hesaplardan yola çıkarak bir AÇK 2000,00 \$ olarak aldığımızda 500 Adet AÇK 1.000.000 \$ edecektir. Bu maliyette şuanın dolar kuru ile yaklaşık 8.000.000 TL civarındadır. Aylık AÇK kullanıldığındaki kazancımız 375.151,56 TL olduğuna göre buradan 8.000.000 TL / 375.151,56 TL yaklaşık 21 ayda sistem kendini amorti eder.

4. SONUÇLAR

Hayat şartlarımızdaki değişime ve gelişime bağlı olarak yaşam koşullarına ayak uydurmaya çalışan yerel yönetimler, vatandaşlara en iyi hizmeti vermeyi amaçlamaktadır. Katı atıkların toplanması, taşınması, bertaraf edilmesi veya geri dönüşümünde, son zamanlarda çeşitli modeller geliştiren ülkelerden söz etmek mümkündür. Bu çalışmada minimum maliyetli atık yönetim sistemi için bir katı atık modellemesi ve prototipi geliştirilmiştir. Bu model, akıllı çöp kovalarının doluluk durumuna göre minimum yol güzergâhı belirleyerek çöp toplanmasını sağlayacaktır. Böylece çöp toplanmaya giden çöp kamyonlarının yakıt tüketiminin azaltılmasını sağlayacak. Ayrıca oluşacak trafik yoğunluğunun önlenmesine, personel iş yükünün azalmasına ve zamandan tasarruf edilmesine katkı sağlayacağı da öngörülmektedir. Yine günlük yaşamlarımızı daha sağlıklı hale getireceği yerel yönetimler başta olmak üzere ülke ekonomisine çok büyük ekonomik katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, katı atık toplama sistemlerini değiştirmesi ve verimliliğini artırmak için düşük maliyetli GPS ve IoT tabanlı sistem entegre eden bir AÇS önerdik. Gerçek zamanlı konum hizmeti, katı atık miktarı tahmini ve müşterilerin şikayetlerine hızlı yanıt verilmesi gibi performanslı ve aynı zamanda sistem her gün çöp kutusuna atılan atık miktarından tahmin edilmesine katkıda bulunabilir. Mevcut çöp kutuları ve diğer IoT tabanlı çöp toplama sistemlerin arasında ayırım sağlamak için enerjisini güneşten sağlayan ve normal çöp kovalarına göre presleme yöntemi ile 8 kat daha fazla çöp alacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca pis kokuyu absorbe etmek için sıvı atık depolama ünitesi olan düzenek ve online çöp kovalarındaki verileri alan web tabanlı arayüz geliştirilmiştir.

Yerel yönetimlerde, katı atık yönetim maliyeti toplamının %75- % 80'i çöp toplama ve transfer maliyetini oluşturur. Çalışmamız İstanbul'un Beyoğlu semtinde modellenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Beyoğlu Belediyesi ayda 26 gün çalışma süresine göre günde 3 araba ve 9 kişinin çöp toplam maliyeti araç yakıtı, araç amortismanı, malzeme ve giyim giderleri yıllık kdv dahil 1.759.261,90 TL hesaplanmaktadır. Tezde AÇK çöpü sıkarak çöp bidonlarına göre 7 veya 8 kat fazla alabilmektedir. Bu, her gün çöp toplamaya giden çöp kamyonlarının ve personelin haftada bir, ayda dört kez gitmesi anlamına gelir. Normal sistemde bir günlük çöp toplama maliyeti 16.915,98 TL, aylık çöp toplama maliyeti maliyeti 439.815,48 TL olarak hesaplanmaktadır. Tasarladığımız AÇK kullanılırsa aylık

maliyeti 67.663,92 TL ve mevcut sisteme göre bir aylık kârımızın maliyeti 372.151,56 TL'dir. Yıllık 4.465.818,72 TL kar elde etmiş oluruz. Bu rakamda belediyenin yaklaşık % 85'ini oranında karlı hale getirecek. AÇS'nin yapım maliyeti dolar bazında KDV dahil yaklaşık 4,300.00 \$ dır. Genel maliyet önemli olsa da, seri üretim aşamasında 2.000,00 \$ 'a düşürülebilir. Bu sistem model aldığımız yerel yönetimde 500 tane kullandığımızı farz ederek maliyet hesabı yaptığımızda şu anki dolar kuruna göre yaklaşık 8.000.000 TL'dir. AÇK sisteminin aylık kazancı 375,151,56 TL'dir ve %85'lik kar oranına göre kendini yaklaşık 21 ayda amorti ettiği hesaplanmıştır.

AÇK'nun yerel yönetim ve topluma kazanımlarını özetlediğimizde;

- AÇK'nun pil verimliliğini ve enerji sürekliliğini artırmak için bir PV sistemlidir,
- AÇK'nun web üzerinden takip edilen verileri anlık olarak depolayan arayüzünün olması,
- Her çöp kutusundan toplanan bilgileri merkezi servere aktarır,
- AÇK'nun telefon, tablet ve PC üzerinden konum ve verilerin takip edilebilmesi,
- AÇK'nun dolu veya boş olduğunu çöp arabaların üzerinde bulunan bir akıllı telefon ve ya tablet düzeneği ile yolu boyunca harita üzerinde takip edilebilirler,
- AÇK sistemin koku ve sıvıyı toplanmasını engellemek için çöp kutunun alt kısmına sıvı toplama heznesi mont edilmiştir,
- AÇK sistemin ış etkilere ve nemden kaynaklanan sorunlara karşı yüksek yoğunluklu ve dayanıklı polikarbonat koruma malzemeler de düşünülmüştür,
- Kalabalık şehirlerde vatandaşların atığı çöpleri azaltmaya motive etmek için web tabanlı hizmet kapsamında bir ücret politikası uygulanabilir dolayısıyla çöp toplama ve bertaraf süreçlerinde daha fazla verimlilik elde edilir,
- AÇK'ler yalnızca atığın azaltılmasına değil, aynı zamanda enerji tasarrufuna da katkıda bulunabilir,
- Önerilen sistem, çevre dostluğu ve kullanıcıya belirli bir ücretlendirme politikası ile birleştirildiğinde, atığın yaklaşık %35 oranında azaltmakta ve katı atığı yönetmeliğin verimliliğini artırması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Yang, Z., Li, D. “WasNet: A Neural Network-Based Garbage Collection Management System”, IEEE Access, Doi: 10.1109/ACCESS.2020.2999678 Vol.8, 2020, pp.103984-103993.
- [2] Vo, A.H., Le H.S., Vo, M.T., Le, T. “A Novel Framework for Trash Classification Using Deep Transfer Learning”, IEEE Access, Doi: 10.1109/ACCESS.2019.2959033, Vol. 7, December 11, 2019, pp. 178631- 178639.
- [3] Eurostat, “Municipal waste statistics”, (12.05.2021)
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics
- [4] EPA, “Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures”, United States Environmental Protection Agency, (23.05.2018)
<https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/advancing-sustainable-materials-management>
- [5] Sarc, R., Curtis, A., Kandlbauer, L., Khodier, K., Lorber, K.E., Pomberger, R., “Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management – A review”, Waste Management, Volume 95, 15 Temmuz 2019, Sayfa 476-492
- [6] Fatimah, Y., Govindan, K. Murniningsih, R., Setiawan, A., “Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia”, Journal of Cleaner Production, Volume 269, 1 October 2020, 122263, pp. 1-15.
- [7] Wordbank, “waste statistics”, (10.05.2021)
<http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/-Resources/336387-1334852610766/AnnexE.pdf>
- [8] Achankeng, E., “Globalization, Urbanization and Municipal Solid Waste Management in Africa”, African Studies Association of Australasia and the Pacific 2003 Conference Proceedings - African on a Global Stage, 2003, pp.1-22

- [9] Demiral, B., Evin, H., “Solid Waste Management in Malatya:Effects on Local Environmental Policies of Urbanization”, Social Sciences Research Journal, Volume 7, Issue 2, 277-295 (June 2018), ISSN: 2147-5237, pp.277-295
- [10] Bilgili, S., Demir, A.K., “Determination of the Ideal Protocol Stack for the Transmission of Health Data over 6LoWPAN IoT Networks”, Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering, Vol. 8, No. 2, April 2020, pp. 154- 163.
- [11] Sadeq, Y., Nizami, A.S., Batool, S.A, et al. “Waste-to-energy and recycling value for developing integrated solid waste management plan in Lahore” Energy Sources, Part B:Economics, Planning, and Policy, 2016, vol.11, issue. 7, pp.569-579.
- [12] Petit, J.R., Raynaud, D., Barkov, NI, et al., “Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica,” Nature, Vol. 399, pp. 429-436, 1999.
- [13] Siegenthaler, U., Stocker, T.F., Monnin, E. et al., “Stable Carbon Cycle–Climate Relationship During the Late Pleistocene,” Science, DOI: 10.1126/science.1120130, Vol. 310, pp. 1313-1317, 2005.
- [14] Sidik,U.S., “Landfill Gas in Indonesia: Challenges and Opportunities,” GMI Landfill Subcommittee Meeting. Singapore, 2012., (08.04.2021)
https://globalmethane.org/documents/events_land_120702_msw_indonesia.pdf
- [15] Bayrak, S., “Kentsel Katı Atık Yönetiminde Panel Veri Yöntemiyle Maliyet Analizi: İzmir İlçe Belediyeleri Örneği” İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, SBE, Phd, İzmir, 2019
- [16] Wallace, J. M., Hobbs, P. V., “Atmospheric science: and introductory survey”, 2rd ed. Academic Press, London, ISBN 10: 0-12-732951-X, 2006.
- [17] Yang, C., Yeh, S., Zakerinia, S., Ramea, K., McCollum, D., “Achieving California's 80% greenhouse gas reduction target in 2050: Technology, policy and scenario analysis using CA-TIMES energy economic systems model”, Energy Policy, Volume 77, February 2015, Pages 118-130
- [18] Kılınçer, I.F., Ertam, F. , Şengür, A., “Automated Fake Access Point Attack Detection and Prevention System with IoT Devices”, Balkan Journal of Electrical &

Computer Engineering, Vol.8, No.1, January 2020, pp.5-56.

- [19] Anadolu Agency, “waste energy”, , (03.04.2021)
<https://www.aa.com.tr/en/energy/turkey/turkeys-greenhouse-gas-emissions-up-44-in-2016/19640>
- [20] TUIK, “Turkish statistical institute”, (03.05.2021)
<http://www.turkstat.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21627>
- [21] Medvedev, A., Fedchenkov, P., Zaslavsky, A. Anagnostopoulos, T., Khoruzhnikov, S., “Waste management as an iot-enabled service in smart cities”, In Conference on Smart Spaces, March 2015, pages 104–115.
- [22] Lazarescu, M.T., “Design of a WSN platform for long-term environmental monitoring fo IoT application,” IEEE J. Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 07 March 2013, vol. 3, no. 1, pp. 45–54.
- [23] Eco, “ The most polluted cities in the world ”, (08.05.2021)
<https://blog.theecoexperts.co.uk/most-toxic-countries>
- [24] Öztürk, İ., Onay, T., Çallı, B., Mertoğlu, B., Yıldız, Ş., “ Sızıntı Suyu Yönetimi İhtisas Komisyonu Taslak Çalışma Raporu”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ağustos 2010, pp.1-74.
- [25] Sıfır Atık “Dökümanlar”, (08.05.2021)
<https://istanbul.csb.gov.tr/>
- [26] Murugesan, S., Ramalingam, S., Kanimozhi, P., “Theoretical modelling and fabrication of smart waste management system for clean environment using WSN and IOT”, Materials Today: Proceedings, Volume 45, Part 2, 2021, Pages 1908-1913
- [27] Vu, D.D., Kaddoum, G., “A Waste City Management System for Smart Cities Applications” IEEE Xplore, 2017 Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO), 2-3 Nov. 201, pp. 225–229.
- [28] Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., et al., “Smart Cities. Ranking of Europe-an Medium-Sized Cities”, Vienna University of Technology, January 2007, pp.1-25
- [29] Englehardt, J.D., Fleming, L.E., Bean, J.A., et al., “Solid Waste Management Health

- and Safety Risks: Epidemiology and Assessment to Support Risk Reduction”, State University System of Florida, March 2000, pp. 1-312
- [30] Kumar, A. , Parkash, D., Kartikeyan, M.V. , “Planer antennas for passive UHF RFID tag,” Progress in Electromagnetics Research, Vol. 19, pp. 305-327, 2010
- [31] Rahman, W., Islam, R., Hasan, A., Bithi, N., et al., “Intelligent waste management system using deep learning with IoT” Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, pp. 1–16.
- [32] Sinha, A, Gupta, K., Jamshed, A., Singh, R.K., “Intelligent dustbin: A strategic plan for smart cities” ABES Engineering College, Ghaziabad, Uttar Pradesh, India, pp.1-6.
- [33] Ahsan, K., Shah, H., Kingston, P., “RFID Applications: An Introductory and Exploratory Study,” IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 7, Issue 1, No. 3, 2010.
- [34] BioCycle, “Food Waste Collection Truck Innovations”, (11.05.2021) <https://www.biocycle.net/2017/02/14/food-waste-collection-truck-innovations/>
- [35] Hasan, R., Hasan, R. “Towards Designing a Sustainable Green Smart City using Bluetooth Beacons”, IEEE Xplore, 2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), New Orleans, LA, USA, 2-16 June 2020, pp.1-6.
- [36] Keerthana, B., Raghavendran, S.M, et al., “ Internet of Bins Trash Management in India”, IEEE Xplore, 2017 2nd International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCT), Chennai, India, 23-24 Feb. 2017, pp.248-251.
- [37] Slashgear, “Volvo garbage truck concept a robot”, (07.05.2021) <https://www.slashgear.com/volvo-garbage-truck-concept-has-a-robot-do-all-the-lifting-16405001/>
- [38] Singh, T., Mahajan, R., Bagai, D., “Smart Waste Management using Wireless Sensor Network”, in IJRCCE Volume 4 , Issue 6 , June 2016.
- [39] Navghane, S.S., Killedar, M.S., Rohokale, V.M.,“ IoT Based Smart Garbage and Waste Collection Bin”, (IJARECE) Volume 5, Issue 5, May 2016.

- [40] Surie, D., Laguionie, O., Pederson, T. "Wireless sensor networking of everyday objects in a smart home environment," IEEE Xplore, 2008 International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, Sydney, NSW, Australia, 2008, pp. 189–194.
- [41] Ashton K. That "internet of things" thing. RFID Journal. 2009;22:97–114.
- [42] Liu, Q., Cui, L., Chen, H.M., "Key technologies and applications of Internet of Things", Computer Science, Vol. 37, No. 6, 2010.
- [43] Sinhan, A. Couderc, P., "Smart bin for incompatible waste items", 9th Int. Conf. on Autonomic and Autonomous Syst., pp. 40–45,
- [44] Haribabu, P., Kassa, S.R., Nagaraju, J., Karthik, R., et al., "Implementation of an Smart Waste Management system using IoT", IEEE Xplore, Proceedings of the International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS 2017), Palladam, India, 7-8 Dec. 2017, pp.1155-1156
- [45] Han, S., Venkat, S., Jayavel, K. "Autonomous Smart Waste Collection System Using Internet of Things", IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI-2017), Chennai, Hindistan, 21-22 Eylül 2017, pp.1181-1186.
- [46] Ravale, U., Khade, A., Patel, N., Chaure, S., "Smart Trash: An Efficient Way for Monitoring Solid Waste Management", IEEE, International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (ICCTCEEC-2017), Mysore, India, 8-9 Sept. 2017, pp.1135-1137.
- [47] Neetha, Sharma, S., Vaishnavi, V., Bedhi, V., "Smart Bin- An Internet of Things" Approach to Clean and safe Public Space", IEEE, International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC 2017), 10-11 Feb. 2017, pp.652-657.
- [48] Muquit, S.P. , Yadav, D., Bhaskar, L., Ahmed, W.F., "IoT based Smart Trash Bin for Waste Managment System with Data Analytics", IEEE, 2018 International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT), Chennai, India ,15-17 Feb. 2018, pp.137-142

- [49] Agarwal, T. "Infrared IR Sensor Circuit Diagram and Working Principle," elprocus, [Online]. Available (10.05.2021)
<https://www.elprocus.com/infrared-irsensor-circuit-and-working/>.
- [50] Anitha.P, Amirthaa S.K. S, Anusha M, Kaveinaya M, et al., "Smart Garbage Maintenance System Using Internet of Things", IEEE Xplore, 2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Coimbatore, India 15-16 Oct. 2018, pp.1084-1086.
- [51] Polniak, S., "RFID case study book: RFID application stories from around the globe" Abhisam software, 2007.
- [52] Terman, F.E., Radio Engineers Handbook, McGraw Hill, 1943, pages 785 – 786
- [53] Cronin, R., "RFID versus Barcode," Pharmaceutical Technology, Vol. 32, pp177-178, 2008.
- [54] Singh, S. P. , McCartney, M., Singh, J., Clarke, R., "RFID Research And Testing For Packages Of Apparel, Consumer Goods And Fresh Produce In The Retail Distribution Environment," Packaging Technology and Science Volume 21, Issue 2 p. 91-102
- [55] Zudor, E.I., Kemeny, Z., Egri, P., Monostori, L., "The RFID technology and its current application," The Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises-MITIP 2006, ISBN 963 86586 5 7, pp.29-36.
- [56] Bhat, V.N., "A model for the optimal allocation of trucks for solid waste management," Waste Management & Research, vol. 14, (1), pp. 87-96, 1996
- [57] Latif, S., Rehman, A., Zafar, N. A., "Blockchain and IoT Based Formal Model of Smart Waste Management System Using TLA+", IEEE, 2019 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT), Islamabad, Pakistan, 16-18 Dec. 2019, pp.304-309.
- [58] Chuqiao, A. J., Niansheng, Ch., "A framework design of Smart trash cans management system", IEEE, The 2019 6th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI 2019), Shanghai, China, 2-4 Nov. 2019, pp.973-977.
- [59] Sathish.A, Prakash.M, Jainulabudeen S.A.K, Sathishkumar R, "Intellectual Trash

- Management using Internet of Things”, IEEE, 2017 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), Melmaruvathur, India 22-23 March 2017, pp.053-057.
- [60] Widiastiwi, Y. Satria, C.A., “The Effectiveness of Utilizing IoT-Based Smart Trash”, IEEE, 2020 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS), Jakarta, Indonesia , 19-20 Nov. 2020, pp.290-295.
- [61] Mishra, A., Patel, D.K., Singh, T., Singh, A., et al., “Garbage management with Smart trash using IoT”, 2020 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science, Bhopal, India, 22-23 Feb. 2020, pp.1-6.
- [62] Chowdhury, B., Chowdhury, M.U., “RFID-based Real-time Smart Waste Management System”, IEEE, 2007 Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference, Christchurch, New Zealand, 2-5 Dec. 2007, pp.175-180.
- [63] Paavan, L.C., Sai, T.G, Naga, M.K., “An IoT based Smart Garbage Alert System”, IEEE Xplore, 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), 23-25 April 2019, Tirunelveli, India, pp.425-430.
- [64] Chaudhari, M.S., Patil, B., “IoT based Waste Collection Management System for Smart Cities: An Overview”, IEEE Xplore, 2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), 27-29 March 2019, Erode, India, pp.802-805.
- [65] Rao, P.V. , Mahammed, P., Azeez, A., Peri, S.S. et al., “IoT based Waste Management for Smart Cities”, IEEE Xplore, 2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI -2020), Jan. 22-24, 2020, Coimbatore, INDIA, pp.1-5.
- [66] Reshmi, W., Sundaram, R., Kumar, M.R., “Sensor Unit for Waste Management: A Better Method for Frequent Data Updating System,”, IEEE Xplore, 2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR), Chennai, India, November 27-29, 2014, pp. 1-5.
- [67] Anagnostopoulos, T., Zaslavsky, A., Medvedev, A., Khoruzhnikov, S., “Top-k Query based Dynamic Scheduling for IoT-enabled Smart City Waste Collection,”

- IEEE Xplore, 2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM 2015), Pittsburgh, et al., US. 15-18 Haziran 2015, pp. 50-55
- [68] Chourabi, H., Nam, T., Walker, S “Understanding Smart Cities: An Integrative Framework,” IEEE Xplore, 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences, 4-7 Jan. 2012, pp. 2289–2295.
- [69] Qing, G. Zheng, Z, Yue, X., “Path-Planning of Automated Guided Vehicle Based on Improved Dijkstra Algorithm,” IEEE Xplore, 2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC), Chongqing, China, May 28-30, 2017, pp. 7138-7143
- [70] EKAP, “İşçilik Hesapla”, (12.05.2021)
<https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Vatandas/IscilikHesaplamaV1.aspx>
- [71] Yaman, C., İstanbul İçin Evsel Kati Atıkların Toplanması, Taşınması, Bertarafı ve Genel Kent Temizliğine İlişkin Maliyetler, Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı İstanbul Büyükşehir Belediyesi, (12.05.2021)
<https://docplayer.biz.tr>

EKLER

Kart Yazılım:

```
#include <ArduinoJson.h> // seri haberleşme kütüphanesi
#include <SoftwareSerial.h> // gsm haberleşmesi için yazılımsal serial kütüphanesi
//internet ayarları-----
String apn = "internet"; //APN
String apn_u = ""; //APN-Username
String apn_p = ""; //APN-Password
String url = "";
//-----
SoftwareSerial SWserial(10, 11); // RX, TX // software serşal pinleri
long code = 0; //modem seri numarası her makina için özel kod
int aku = 0; //makina aku seviyesi
int ariza = 0; //makina arıza kodu
int depo = 0; //makina doluluk %
int temp = 0; //makina iç sıcaklık
int kapak = 0; //makina kapak açıklık durumu
bool led;
unsigned long eskizaman = 0;
int temp_modem_reset = 0;
int temp_send = 0;
int temp_veri_oku = 0;
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT); // pcb led çıkış pini
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("SIM800 AT CMD Test");
  SWserial.begin(9600);
  delay(1000);
```

```

while (SWserial.available()) {
  Serial.write(SWserial.read());
}
delay(2000);
gsm_config_gprs();
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void loop() {
  blinks();          // zamanlanmış görevleri çalıştırma
  digitalWrite(13, led); // her veri döngüsünde 13 nolu pindeki led yanıp söndürülecek.
  delay(1000);      // her döngüde 1 saniye bekle
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void veri_oku() {

if (Serial.available())// ana işlemciden seri haberleşme verisi bekleniyor
{
  blinks();
  StaticJsonDocument<400> doc; // 400 karakter veri oku
  DeserializationError err = deserializeJson(doc, Serial);

if (err == DeserializationError::Ok)
{

code = doc["a"].as<long>();
ariza = doc["b"].as<int>();
depo = doc["c"].as<int>();
temp = doc["d"].as<int>();
aku = doc["e"].as<int>();
kapak = doc["f"].as<int>();

```

```

    }
    else
    {
        Serial.print("deserializeJson() returned "); // veri transfer hatası tekrar okumaya
başla
        Serial.println(err.c_str());
        blinks();
        while (Serial.available() > 0)
            Serial.read();
    }
}
}
}

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

void gsm_http_post( String postdata) {
    Serial.println(" --- Start GPRS & HTTP --- ");
    gsm_send_serial("AT+SAPBR=1,1");
    gsm_send_serial("AT+SAPBR=2,1");
    gsm_send_serial("AT+HTTPIPINIT");
    gsm_send_serial("AT+HTTTPARA=CID,1");
    url =
("http://akillicopkutusu.com/datapage/Index/?key=_2021AcK2021!&code=3401000" +
String(code) + "&f=" + String(depo) + "&t=" + String(temp) + "&cc=" + String(kapak)
+ "&a=" + String(ariza) + "&b=" + String(aku)); //URL of Server
    gsm_send_serial("AT+HTTTPARA=URL," + url);
    gsm_send_serial("AT+HTTTPARA=CONTENT,application/x-www-form-
urlencoded");
    gsm_send_serial("AT+HTTTPDATA=192,5000");
    gsm_send_serial(postdata);
    gsm_send_serial("AT+HTTTPACTION=1");
    gsm_send_serial("AT+HTTTPREAD");
    gsm_send_serial("AT+HTTTPTERM");

```

```

gsm_send_serial("AT+SAPBR=0,1");
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void blinks() {
  unsigned long simdiki_zaman = millis(); // anlık zamanı değişkene aktardık
  if (simdiki_zaman - eskizaman >= 1000) { //kaç saniye beklenecek ise 1000 milisaniye
    ile çarpıp saniye olarak yazabilirsiniz.

    led = !led;
    //-----
    temp_veri_oku++;
    if (temp_veri_oku > 5 ) { // her 5sn de veri seri porttan oku
      temp_veri_oku = 0;
      veri_oku();
    }
    //-----
    temp_send++;
    if (temp_send > 60 ) { // her dakika veriyi web sitesine gönder
      temp_send = 0;
      gsm_http_post("");
    }
    temp_modem_reset++;
    //-----
    if (temp_modem_reset > 300 ) { // modemi yeniden başlat 300saniyede sonra
      temp_modem_reset = 0;
      gsm_config_gprs();
    }
    eskizaman = millis();
  }
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

//modemin internet ayarları yükleniyor.////////////////////////////////////////////////////
void gsm_config_gprs() {
  Serial.println(" --- CONFIG GPRS --- ");
  gsm_send_serial("AT+SAPBR=3,1,Contype,GPRS");
  gsm_send_serial("AT+SAPBR=3,1,APN," + apn);
  if (apn_u != "") {
    gsm_send_serial("AT+SAPBR=3,1,USER," + apn_u);
  }
  if (apn_p != "") {
    gsm_send_serial("AT+SAPBR=3,1,PWD," + apn_p);
  }
}
//////////////////////////////////////////////////
//sim800 modulune software serial ile veri transferi
yapılıyor//////////////////////////////////////////////////
void gsm_send_serial(String command) {
  Serial.println("Send ->: " + command);
  SWserial.println(command);
  long wtimer = millis();
  while (wtimer + 3000 > millis()) {
    while (SWserial.available()) {
      Serial.write(SWserial.read());
    }
  }
}

```

ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı:** Hadi AZZADAR

2. **Doğum Tarihi:** 1988

3. **Öğrenim Durumu:** Devam

Derece	Alan	Okul	Yıl
Lise	Elektroteknik Bölümü	Maragheh / Reza Şekari Meslek Lisesi	2005
Ön	Elektroteknik Mühendisliği	Doğu Azerbaycan / İslami Azad Üniversitesi	2011
Lisans	Güç Elektrik Mühendisliği	Doğu Azerbaycan / İslami Azad Üniversitesi	2013
Y. Lisans	Elektrik-Elektronik	Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü	Devam