



AKILLI ŞEHİRLER İÇİN BİR ATIK YÖNETİMİ ÖNERİSİ

Erol AKTAY

DOKTORA TEZİ

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2023

Erol AKTAY tarafından hazırlanan “AKILLI ŞEHİRLER İÇİN BİR ATIK YÖNETİMİ ÖNERİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nursel YALÇIN

Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Özge Yalçın ERCOŞKUN

Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Hüseyin POLAT

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Babek ERDEBİLLİ

Endüstri Mühendisliği Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. İhsan Tolga MEDENİ

Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 08/02/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ
Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Erol AKTAY

08/02/2023

AKILLI ŞEHİRLER İÇİN BİR ATIK YÖNETİMİ ÖNERİSİ

(Doktora Tezi)

Erol AKTAY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Şubat 2023

ÖZET

Şehirleşmenin artması Şehir yönetimlerinin verimli, etkin ve zamanında hizmet sunmasının giderek güçleŐmesine de yol açmaktadır. Bu nedenle Akıllı Şehirler kavramı, sürdürülebilirlik, doğal kaynakların daha etkin kullanılması, daha yeşil bir çevre ve Şehir yaşayanlarının yaşam kalitesinin artırılması gibi çok önemli konular özellikle merkezi ve yerel yönetimlerin gündemlerinde en ön sıralarda yer almaya başlamıştır. Günümüz belediyeçilik hizmetlerinden en önemlilerinden biri de atık toplama hizmetidir. Gerek çevresel etkileri gerekse de zamanında ve etkin bir hizmet sunulmaması durumunda toplum sağlığı için sorun oluşturulabilecek olan atık toplama hizmeti hali hazırda geleneksel yöntemlerle sürdürölmektedir. Geleneksel yöntemler ile sürdürölen atık toplama hizmetinin verimsiz olduğu maliyet, çevre kirliliği, enerji kullanımı, sera gazı emisyonu gibi birçok başlıkta yenilikçi bir yöntemle yer değiştirilmesi gerektiği düşünölmektedir. Bu çalışmada, Akıllı Şehirler için atık yönetimi önerisi üzerine bir uygulama geliştirilmiş olup, bu uygulamadan temel beklentiler doğal kaynaklarda sürdürölebilirlik, çevre kirliliğinin azaltılması, daha düşük maliyetler ile atık toplama faaliyetlerinin yürütölmesi ve bunlarla birlikte Şehirde yaşayan insanların yaşam kalitelerinin artırılması şeklindedir. Diğer taraftan önerilen sistemin çıktılarının yerel yönetimlerin karar alma süreçlerine pozitif etkisi de ortaya konulmuştur. Önerilen bu akıllı atık yönetiminin “akilliehirler.live” web sitesi üzerinden servis vermesi sağlanmış olup, sensörden alınan verinin merkezi veri tabanına kadar olan serüveni adım adım anlatılmıŐtır. Çalışmada, İstanbul ili Beşiktaş Belediyesiinde, yapılan saha çalışmalarıyla evsel atık yönetimi operasyonlarına ilişkin problemler kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar daha sonra analiz edilmiş olup sensörler, marifetiyle donatılmış yeni planlanan alt yapı sayesinde geleneksel atık toplama operasyonları ile karşılaştırmalı faydalar ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, atık yönetimindeki temel konu atık ünitesinin doluluğu olduğu için ultrasonic sensör kullanılmıştır. Yapılan saha uygulamalarında yenilikçi bir yaklaşımla kurulum, bakım onarım, enerji ihtiyacı ve maliyet yönüyle birçok kablolu iletişim teknolojisine nazaran avantajlı olan 868Mhz radyo frekansında çalışın Lora modölasyonu ve LoraWan protokolü kullanılmıştır.

Bilim Kodu : 114610

Anahtar Kelimeler : Akıllı Şehir, Nesnelerin İnterneti, LoraWan, Akıllı Atık Yönetimi, Atık Yönetimi, İstanbul

Sayfa Adedi : 148

Danışman : Doç. Dr. Nursel YALÇIN

A WASTE MANAGEMENT PROPOSAL FOR SMART CITIES
(Ph. D. Thesis)

Erol AKTAY
GAZI UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE

February 2023

ABSTRACT

The increase in urbanization also leads to the fact that it is increasingly difficult for city governments to provide efficient, effective, and timely services. For this reason, the concept of smart cities, sustainability, more efficient use of Natural Resources, promote greener environment and improving the quality of life of urban residents, such as very important issues, especially in the agenda of the central and local governments has been one of the leading issues. Nowadays, one of the most important municipal services is the waste collection service. Waste collection service, which may pose a problem for public health because of both environmental impacts and lack of timely and effective service, has currently been maintained using traditional methods. It is thought that the waste collection service maintained with traditional methods should be replaced with an innovative method in many topics such as cost, environmental pollution, energy use and greenhouse gas emission, which are inefficient. In this study, an application was developed based on the waste management proposal for Smart Cities, and the main expectations from this application are sustainability in natural resources, reducing environmental pollution, conducting waste collection activities with lower costs, and improving the quality of life of people living in the city. On the other hand, the positive impact of the outputs of the proposed system on the decision-making processes of local governments was also revealed. "akillisehirler.live" website was built for providing service to proposed smart waste management and journey of the data obtained from the sensors to the central database was explained step-by-step." . In the study, problems related to domestic waste management operations were recorded with field studies conducted in Besiktas Municipality of Istanbul province. The records were then analyzed and the comparative benefits with traditional waste collection operations were revealed thanks to the newly planned infrastructure equipped with sensors and ingenuity. In this study, an ultrasonic sensor was used because the main issue in waste management is the occupancy of the waste unit. Lora modulation and LoRaWAN protocol operating at 868 MHz radio frequency, which are advantageous compared to many wireless communication technologies in terms of installation, maintenance and repair, energy requirement and cost, was used in field applications with an innovative approach.

Science Code : 114610
Key Words : Smart City, Internet of Things, LoraWan, Smart Waste Management, Waste Management, İstanbul
Page Number : 148
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nursel YALÇIN

TEŞEKKÜR

Uzun bir eğitim, yeterlilik ve tez hazırlığı dđnemlerini içinde barındıran doktora çalıőmamı en baőta Ađustos 2018 de kaybettiğim baő tacım, biricik annem Ayfer Aktay'a armağan ediyorum. Halen hayatta olsaydı yaőayacađı sevinci dűőünerek kendisini rahmet ve dua ile yad ediyorum.

Doktora çalıőmamın her fazında halden anlayan, anlayıőlı tavırlarıyla ve yapıcı eleőtirileriyle bana hep ışık olan danıőmanım değerli akademisyen Doç. Dr. Nursel YALÇIN'a ve tez izleme komisyonu üyelerime minnetlerimi sunuyorum.

Ayrıca, birçok kez birlikte geçireceğimiz zamanlardan fedakarlıkta bulunan değerli eőim Nur AKTAY ile oğlum Poyraz ve kızım Betül'e desteklerinden dolayı her zaman olduğu gibi teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
HARİTALARIN LİSTESİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. BİLGİ, KARAR DESTEK VE YBS KAVRAMLARI.....	7
2.1. Bilgi Kavramı ve Bilgi Toplumu.....	7
2.2. Sistem Kavramı	8
2.3. Karar Destek Sistemi Nedir?	8
2.3.1 Karar Destek Sistemi Tipleri.....	9
2.3.2 Karar Verme ve Karar Verme Yöntemleri.....	10
2.4. Yönetim Bilişim Sistemleri ve Temel Özellikleri	15
2.4.1 Yönetim Nedir?.....	15
2.4.2 Yönetim Bilişim Sistemleri	16
3. TÜRKİYE’DE ŞEHİRLEŞME, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ENERJİ SORUNLARI	19
3.1 Türkiye’de Şehirleşme Tarihi.....	19
3.2 Enerjide Dışa Bağımlılık	21
3.3 Fosil Yakıt Kullanımı ve Hava Kirliliği.....	25

4. AKILLI ŞEHİRLER VE NESNELERİN İNTERNETİ	29
4.1. Akıllı Şehir Kavramı	29
4.2. Dünyada Akıllı Şehir Uygulamaları	36
4.3. Akıllı Şehirlerde Siber Güvenlik	49
4.4. Nesnelerin İnterneti Teknolojisi	55
4.5. Nesnelerin İnterneti ve Güvenlik.....	64
5. AKILLI ŞEHİRLER İÇİN ATIK YÖNETİMİ UYGULAMASI.....	67
5.1 Nesnelerin İnterneti İçin Kullanılan İletişim Alt Yapıları.....	73
5.2 Neden Lora, LoRaWAN?.....	74
5.3 ISM Bandı, Dünyada ve Türkiye’de ISM Bandı Frekansları.....	77
5.4 Lora ve Semtech Modülasyon Lisansı	78
5.5 Bazı LoRaWAN Uygulama Örnekleri	80
5.6 Uygulama Hakkında Genel Bilgiler ve Varsayımlar	82
5.7 Uygulama Alt Yapı Elemanları.....	86
5.8 Atık Ünitesi Tasarımı ve Standartları.....	98
5.9 TTN Network Çalışma Prensipleri?	104
5.10 Veri Alma, Gönderme, Kaydetme ve Monitör Etme Süreçleri.....	108
5.11 Akıllı Şehirler Atık Yönetimi Bilgi Sistemi.....	110
5.12 Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi ve Beklentiler	117
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	119
KAYNAKLAR.....	123
EKLER	133
ÖZGEÇMİŞ.....	146

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1.1. Türkiye’de yıllara göre kır-şehir nüfus dağılımı.....	20
Çizelge 3.1.2. TÜİK yıllara göre ham petrol ithalatı.....	24
Çizelge 4.2.1. Akıllı şehirler gelişmişlik endeksi tarama alanları.....	37
Çizelge 5.1. Sensor nodu minimum enerji ihtiyacı çizelgesi.....	72
Çizelge 5.2.1. LoraWan'ın uyku durumunda güç ihtiyacı.....	75
Çizelge 5.3.1. ITU ISM Frekans bandı listesi.....	78
Çizelge 5.7.1. LoraWan, M2M GSM maliyet karşılaştırması.....	87
Çizelge 5.11.1. UNIT ID Tablo örneği.....	111

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Araştırma yöntemi.....	3
Şekil 2.1. Akıllı karar destek sistemi mimarisi örneği.....	11
Şekil 2.2. AHP, IF Hiyerarşi modeli.....	12
Şekil 2.3. Akıllı şehir konsepti.....	13
Şekil 2.4. Akıllı Şehir enstrümanları.....	14
Şekil 2.5. Karar destek sistemi.....	15
Şekil 3.3.1. Şehirleşmenin şehir iklimi üzerindeki etki modeli.....	26
Şekil 3.3.2. Türkiye sera gazı emisyonları yıllık değişimi.....	27
Şekil 3.3.3. Türkiye sera gazı emisyon bileşenleri.	27
Şekil 4.1.1. Nesnelerin İnterneti destekli kamu güvenliği mimarisi.....	31
Şekil 4.1.2. Akıllı Şehirler tarihçe ve kilometre taşları.....	32
Şekil 4.1.3. Akıllı Şehir karakteristiği.....	35
Şekil 4.2.1. Seul için önerilen ve Smary Garbage Bin System olarak adlandırılan IoT tabanlı akıllı atık yönetim süreci.....	39
Şekil 4.2.2. RFID tabanlı akıllı atık yönetim sistemine ait akıllı atık ünitesi arayüzü...	40
Şekil 4.2.3. Akıllı atık ünitesinin ekosisteme katkısı.	41
Şekil 4.2.4. Singapur halkının akıllı teknolojiye bakışları.....	48
Şekil 4.3.1. Akıllı Şehirler yönetim, denetim mimarisi.	52
Şekil 4.4.1. Örnek günlük Nesnelerin İnterneti ekosistemi.	56
Şekil 4.4.2. Nesnelerin İnterneti sınıflandırması.	58
Şekil 4.4.3. Nesnelerin İnterneti örnek mimarisi.....	59
Şekil 4.4.4. Nesnelerin İnterneti kronolojisi.....	61
Şekil 4.4.5. Endüstri devrimi temsili gelişimi.....	62

Şekil 4.4.6. Nesnelerin İnterneti kavramının ilişkili kesişim kümeleri.....	63
Şekil 5.1. Uçtan uca altyapı.....	69
Şekil 5.2. LoraWan şebeke mimarisi.....	69
Şekil 5.2. Çeşitli IoT iletişim altyapıları karşılaştırması.....	71
Şekil 5.6.1 2023 yılına kadar LPWAN bağlı cihaz sayısı.....	83
Şekil 5.7.1 LPWAN bağlı cihaz sayısı.....	87
Şekil 5.7.2. Arduino Uno.....	90
Şekil 5.7.3. Sx1276 Lora Transmitter.....	90
Şekil 5.7.4. Adaptör modülü.....	91
Şekil 5.7.5. Dragino LG01-P IoT Ağ Geçidi.....	92
Şekil 5.7.6. Ultrasonic telemetre modülü.....	93
Şekil 5.8.1. TSE Atık ünite standartları listesi.....	99
Şekil 5.9.1. TTN Kayıt ekranı.....	105
Şekil 5.9.2. TTN uygulama kayıtlama sayfası.....	105
Şekil 5.9.3. TTN Integration sayfası.....	106
Şekil 5.10.1. Akıllı atık yönetimi sistemi çalışma prensibi.....	108
Şekil 5.11.1. Akıllı atık yönetimi web sitesi giriş ekran görüntüsü.....	112
Şekil 5.11.2. Atık yönetimi web uygulama karşılama ekranı.....	113
Şekil 5.11.3. Atık yönetimi kullanıcı tanımlama ekranı.....	114
Şekil 5.11.4. Atık yönetimi kullanıcı yetkilendirme ekranı.....	114
Şekil 5.11.5. Atık yönetimi atık ünitesi konumlandırma ekranı.....	115

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.6.1. Geleneksel atık toplama rota örneği.....	82
Resim 5.7.1. Test Ortam.....	95
Resim 5.7.2. Ultrasonic Sensor Montajı.....	96
Resim 5.7.3. Arduino Kablolama.....	96
Resim 5.7.4. Sx1276 için PIN'leme.....	97
Resim 5.7.5. Sensor Nodu.....	97
Resim 5.8.1. Şok Önleme Kolu.....	100
Resim 5.8.2. Node Eklentili Kapak.....	101
Resim 5.8.3. Araştırma Bilgi Etiketi.....	101
Resim 5.8.4. Araştırma Detay Bilgi QR Kodu.....	102
Resim 5.8.5. Tüm Ünitenin Görünüşü.....	102
Resim 5.8.6. Sinyal Toplama.....	103

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 5.1. LoraWan ağ geçidi haritası.....	70
Harita 5.9.1. rnek atık yönetim ekranı.....	107
Harita 5.11.1. rnek atık nitesi harita konumlandırması.....	115
Harita 5.11.2. Atık nitesi alarm durumu göstergesi.....	116
Harita 5.11.13. Rota ıkarma.....	117



SİMGE VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
CO₂	Karbondioksit
Mhz	Mega Hertz
Mt	Milyon Ton
Kısaltmalar	Açıklamalar
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
CSNs	City Sensors Node (Şehir sensör noktaları)
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
KDS	Karar Destek Sistemi
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (Avrupa Telekomünikasyon Standardı Enstitüsü)
FCC	Federal Communications Commission (Ulusal İletişim Komisyonu)
NSF	National Science Foundation (Amerikan Ulusal Bilim Kuruluşu)
GSM	Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
IDS	Intrusion Detection System (İzinsiz Giriş Tespit Sistemi)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
ISM	Industrial Scientific Medical Band (Endüstriyel Bilimsel, Medikal Bant)

IPSO	Internet Protocol for Smart Object (Akıllı Objeler İçin İnternet Protokolü)
IP	İnternet Protokolü
IoPaTs	Internet of People and Things (Nesnelerin ve İnsanların İnterneti)
ITU	International Telecommunication Union, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
LORA	Long Range (Uzun Mesafe)
LORAWAN	Long Range Wan Teknolojisi
İNİ	Nesnelerin İnterneti
PERT	Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği
RF	Radyo Frekansı
RFID	Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı Kimlik)
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VPN	Virtual Private Network (Sanal Özel Ağ)
YBS	Yönetim Bilişim Sistemi

1. GİRİŞ

İnsanların kırsal alanlardan ekonomik, teknolojik, sosyo-politik gibi nedenlerle şehirlere yönelmesi ve şehirleri yaşam alanı olarak seçmeleri şehirlerdeki yaşamı her geçen gün zorlaştırabilmekte ve tüm şehir sakinlerine istediği hizmeti kaliteli ve zamanında ulaştırmayı güçleştirebilmektedir. Bu alanda Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının açıklamış olduğu son rakamlara bakıldığında kırsaldan şehirlere göçün hızının daha iyi anlaşılabilir olacaktır. Türkiye’de yıllara göre Kır – Şehir Dağılımı çizelgesinde en eski tarihli veri olarak 1927 yılı ifade edilmiştir. Bu tarihte köylerde ve beldelerde yaşayan insanların sayısı toplam nüfusa oranlar %75,8 gibi bir orana tekabül ederken, 2020 yılı istatistiğinde çarpıcı şekilde tablo tersine dönmüş olup, şehirlerde yaşayan insanların toplam nüfusa oranı %76’yı bulmuş ve şehirlerde yaşayan insan sayısı 75 milyona gelmiş köylerde ve beldelerde yaşayan insan sayısı ise sadece 6 milyonda kalmıştır [86].

Görünen bu yüksek şehirleşmeye paralel olarak şehirlerdeki yaşam kalitesinin yükseltilmesi başta temel bir insan hakkı ve Türkiye’nin gelişmişliğinin uluslararası camiada ispatı niteliğinde çok önemlidir. Uluslararası rekabet gücünün ekonomilerin gücü ile örtüştüğü gerçeğinden yola çıkarak şehirlerin ve buna bağlı olarak ülkenin yaşanabilirlik skorlarının uluslararası ligde yükseltilmesi çok zaruri bir konudur.

Kaliteli yaşam sunan şehirlerde kaynakların daha etkin kullanılarak, hizmet sunumunda şehir sakinlerinin taleplerine etkin bir şekilde karşılık verebilmek için “kaynak ve talep” birlikte en optimum düzeyde koordineli bir şekilde düşünülmelidir. Başta hava ve su gibi temel kaynakları olmak üzere enerji ihtiyaçlarının karşılanması noktasında teknolojiye faydalanılması geçtiğimiz yıllarda giderek artacak şekilde hep önceliklendirilmiştir. Günümüze geldiğinde bu teknolojilerin ortaya çıkardığı yeni kavramlar Nesnelerin İnterneti (Internet of Things IoT) ve Akıllı Şehirler olmuştur. Şehirlerde sürdürülebilir hizmetlerin sağlanabilmesi için Akıllı Şehir uygulamalarının artırılması çok önemlidir. Örnek bazı Akıllı Şehir uygulamaları ise şöyledir;

- Sokak aydınlatmalarının yaya geçişlerine hassas hale getirilerek otomatik olarak açılıp kapanması.

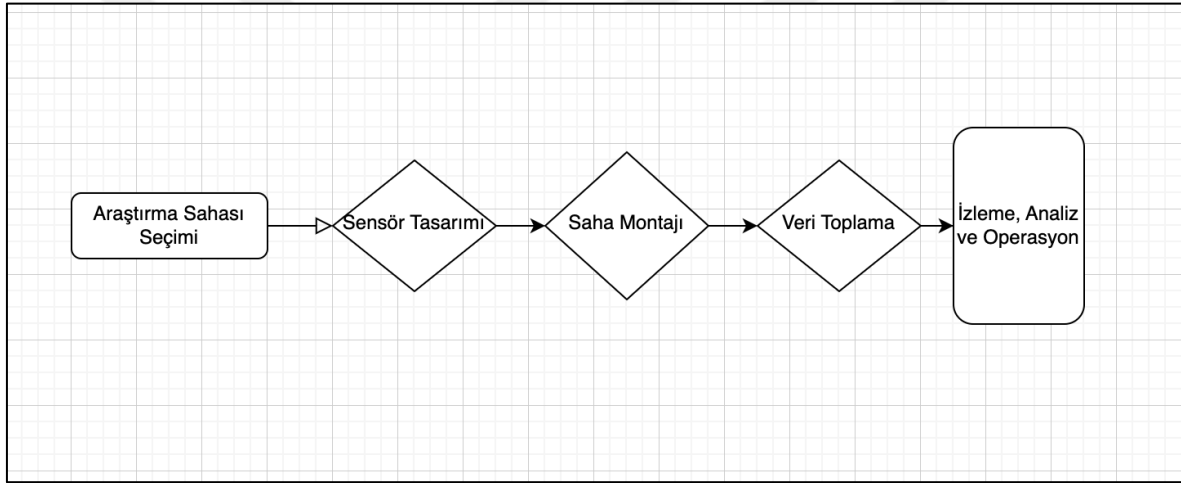
- Şehirlerde uygun araç park alanlarının çevrim içi bir ortam aracılığı ile takip edilebiliyor olması.
- Elektrikli araç istasyonların adres bilgilerinin çevrim içi ortamlar aracılığı ile erişilebiliyor olması.
- Özel ihtiyaç sahibi insanların gerekli trafik düzenlemeleri ile zorluk çekmeden şehir ulaşımından faydalanabilmesi.
- Evsel atık toplama ünitelerinin doluluk oranlarının çevrim içi bir ortam aracılığı ile takip edilebiliyor olması.
- Şehir suyu şebekesindeki olası kaçaklardan anlık olarak haberdar olunabilmesi.
- Şehirlerin hava ve ses kirliliğinin sürekli takip edilebilmesi.
- Uzaktan okuma yoluyla su, gaz ve elektrik gibi kaynak kullanımlarının ölçümlenebilmesi.
- Trafik düzenlemeleri için gerekli olan problemlere ilişkin gerekli verinin sahadan toplanabilmesi

Bu çalışmada örneklerle çeşitlendirilen Akıllı Şehir Uygulamalarından biri olan, Akıllı Atık Yönetimi üzerinde uygulama gerçekleştirilmiş ve bunun şehir yönetimleri tarafından etkin kullanılabilmesi için verimli bir model sunulmuştur. Akıllı atık yönetimi uygulamasının seçilmesinin temel nedeni daha az personel ihtiyacı, daha az zaman kullanımı, çevre kirliliğinin etkin şekilde önlenmesi ve fosil yakıt kullanımında sağlanacak tasarrufun geleneksel atık yönetiminden farklı olarak sunulacak olan modelde kullanılacak yenilikçi sensörler ile ortaya konulabilecek olmasıdır. Çalışmanın temel hipotezleri;

- Uygulanacak model ile akaryakıt tasarrufu sağlanması
- Çevre kirliliğinin, gerek fosil yakıtın oluşturduğu hava kirliliğinin azaltılması gerekse anlık atık ünitelerinden toplanan veri sayesinde azaltılması
- Önerilecek model ile tesis edilecek nesnelerin interneti alt yapısında ihtiyaç duyulan enerjinin minimize edilmesi
- Özellikle iletişim alt yapısında tercih edilecek olunan Lora ve LoraWan teknolojileri sayesinde lisanslı bant ihtiyacı olmaksızın alt yapı kurulabilmesi ve bunun maliyet yönüyle ne kadar etkili olduğunun ortaya konulması

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak Ek-4'de yer alan resmi izin yazısı ile İstanbul ili Beşiktaş ilçesi seçilmiştir. Beşiktaş ilçesi İstanbul ilinin en yoğun nüfus ve günlük insan

trafiğini olduğu ilçelerden biridir. Bu ilçe sınırları içinde yoğun bir bölgede yapılacak saha çalışmalarının daha etkin sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Belediye yetkilileri ile yapılan görüşmeler neticesinde saha planlamaları yapılmış, ilgili plana uygun olarak saha ziyaretleri yapılarak problem ortaya konulmuştur. Beşiktaş Belediyesince, günün farklı saatlerinde evsel atık toplama faaliyeti yürütülmektedir. Bu kapsamda Gayrettepe Mahallesinde, sabah saat 06:00'da başlayan evsel atık toplama faaliyetlerine fiilen katılarak yerinde tespitler yapılmıştır. Gayrettepe Mahallesi Beşiktaş ilçesinin nüfusu yoğun olan ilk dört mahallesi arasında olması ve belediye yetkililerinin atık toplama ziyareti uygunluğu nedeniyle uygulama sahası olarak tercih edilmiştir. Araştırma için tercih edilen yöntem aşağıdaki Şekil 1.1 de ifade edilmiştir.



Şekil 1.1. Araştırma yöntemi

Şekil 1.1'den de anlaşılacağı üzere araştırma sahasının belirlenmesinden sonra sensör nodunun tasarlanması aşamasına geçmiştir. Bu aşamada temel olarak atık ünitelerinden verinin nasıl alınacağı sorununa cevap aranmıştır. Arduino uno devre üzerinde, mesafe sensörü ve iletişim alt yapısının temel bileşeni olan sx1276 lora modülü konumlandırılmış ve güç ile beslenerek sensör modülü tamamlanmıştır. Saha montajı aşamasında ise sensör nodunun hasar almayacak ve ölçümlerinin doğruluğu yüksek olacak şekilde atık ünitesine en ideal montajı yapılmıştır. Veri toplama aşamasında ise sensörden alınan veri LoraWan ağ geçidi aracılığıyla merkezi veri tabanına yazılmış ve son aşama olan verinin karar vericilere destek sağlayacak bilgi bütününe dönüştürülmesi için web servisi aracılığıyla örnek web site <https://akillisehirler.live> üzerinde son kullanıcı ile buluşturulmuştur.

Çalışmadan temel beklenti kaynak verimliliğinin artırılması, şehirlerin yaşanabilirliğinin yükseltilmesi ve bunların teknolojinin imkanlarından faydalanılarak yapılmasıdır. Çalışmanın sonucunda beklenen diğer faydalar ise, çevre kirliliği başta olmak üzere, fosil yakıt kullanımının azaltılması yoluyla hem çevresel hem de ekonomik olarak Türkiye'nin kaynaklarının verimli kullanılıyor olması olacaktır. Bu çalışmada veri toplama maksadıyla kullanılan yöntemlerden test ve gözlem kullanılarak sahadan veri toplanmıştır. Çalışma sonucunda çevresel, ekonomik etki analizleri yapılacağı gibi, şehir sensörler noktası (CSNs, City Sensors Node) adında bir model için öneriler getirilmesi beklenmektedir. Türkiye'de öncü bir uygulama olarak Lora RF modülasyonu üzerinde LoraWAN protokolü çalıştırılacaktır. Türkiye'de Lora 868Mhz ISM (Industrial Scientific Medical band) frekans bandında çalışmaktadır. Amatör çalışmalar için ayrılan bu bant lisans gerektirmediği için şebeke kurulmasına ve bu şebekeye yeni iletişim nodları eklenmesi kolaylıkla yapılabilmektedir. ISM farklı ülkelerde farklı frekanslarda çalışabilmektedir.

Bu çalışma için kullanılmış olan LoraWan teknolojisinin lisansa tabi olmadığı için maliyet yönüyle GSM şebekesine göre çok büyük avantaj sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer bir pozitif yön ise GSM şebekelerinde yapılan uygulamalardaki maliyet faktörünün yanı sıra, ihtiyaç duyulan enerji faktörüdür. Lora RF modülasyonu yıllarca bir batarya ile hizmet verebilen minimum enerji kullanımı sağlamaktadır. Araştırma süresince kullanılmış olan sensör nodu ve ağ geçitlerinin referans değerlerinin örneğin ağ geçidi için 15 Km olan maksimum kapsama alanı gibi coğrafi şartlar, çarpık şehirleşmeye bağlı olarak değişiklik gösterebileceği ön görülmektedir.

Bu çalışma sonunda oluşturulan uçtan uca sensör ağı ile veri toplanacak bu yapılırken yetkilendirme, erişim gibi güvenlik önlenmelerine dikkat edilecektir. Merkezileştirilen veri belirlenen referans değer ve algoritmaya (belirli bir değerden büyük ya da küçük olma karşılaştırması) bağlı olarak ihtiyaç duyulan bilgiye dönüştürülerek bir servis aracılığı ile örnek bir web sitesi üzerinden yönetilebilir hale gelecektir.

İkinci bölümde genel literatür bilgisi verilerek bilgi, karar ve karar destek sistemlerine değinilmiş ve uygulama ile ortaya konulmuş olan yönetim bilişim sisteminin paydaşlarına ilişkin bilgilendirme yapılmıştır. Problemin temel kaynağı olan şehirleşme ve şehirleşmenin getirdiği sorunlarla mücadele için atılması gereken adımlar üçüncü bölümde irdelenmiştir. Burada problem çok yönlü incelenmiş kaynakların sürdürülebilirliği, çevre kirliliği, enerjide

dıŖa bağımlılık gibi çok yönlü bir problem analizi yapılmıŖtır. Problemin çözümünde nerilen Akıllı Ŗehir uygulamasının temellerini oluŖturan nesnelerin interneti ve Akıllı Ŗehirler dördüncü bölümde incelenerek uygulama öncesi uygulamanın kapsamı ile ilgili detaylı bilgi verilmiŖtir. BeŖinci bölümde de akıllı Ŗehirler için geliŖtirilen akıllı atık yönetim sistemi uygulamasının tasarım yapısından bahsedilmiŖtir.





2. BİLGİ, KARAR DESTEK VE YBS KAVRAMLARI

Bilgi, insanlığın gündemine girmiş ve her gün üzerine projeler gerçekleştirip insanlığın hizmetine sunulacak olan uygulamaların daha iyi noktalara getirilmesi için kullanılmaktadır. Bilgi günümüzde dünya üzerindeki hemen hemen her devlet, kurum ya da şirketin envanterindeki en değerli varlık olmuştur. Bilginin bu denli önemli olması ve insanlık için kullanılması da bilgi toplumu kavramını günlük hayatın bir parçası olmasına neden olmuştur. Nasıl ki, 1765 yılında James Watt'ın buharlı makinayı bulmasıyla sanayileşme devrimi başlamışsa bilgi toplumu dönüşümleri de bilgi ve bilgi üreten, saklayan ileten teknolojilerin ortaya çıkmasıyla benzer bir devrim oldu denilebilir.

2.1. Bilgi Kavramı ve Bilgi Toplumu

Bilgi, farklı kaynaklardan elde edilen verinin bir araya getirilmesi, dönüştürülmesi, analiz edilmesi gibi işlemlerden geçerek anlaşılabilir hale geldiği formata denilir. Verinin işlenmesi ile elde edilen bilginin kim, ne, nerede, ne zaman gibi soruları cevaplaması beklenir. Bilginin yönetimler açısından tanımına bakıldığında, değişik kaynaklardan alınan, toplanan ham verinin yönetimin ihtiyaç duyduğu amaçlara ulaşmak için işlenmesi ve anlamlı hale getirilmesi olarak ifade edilebilir [1].

İnsanlığın bilgi toplumuna geçişi uzun yıllar almıştır. İnsanlık tarihi kadar eski olan bilgiye her zaman ihtiyaç olmuştur. Türk Dil Kurumu tarafından yapılan bilgi toplumu tanımı “Bilgiyi araştırmaya ve incelemeye önem veren, bilgi teknolojilerini kullanmayı öne çıkaran toplum” şeklindedir. Bilgi toplumu kavramına farklı bir yönden bakıldığında, bilgisayarlar gibi dijital terminaller vasıtasıyla üretilen bilginin, ekonomi, eğitim, hizmet sunumları ve sınırları aşan iletişim için kullanıldığı bir yeni toplum düzeni ya da biçimi olarak ifade edilebilir.

Yaşanılan yüzyılda teknolojinin ilerlemesi ile insanların teknoloji kullanımından kaynaklanan veri ve bunun anlamlandırılması ile büyük bilgiler oluşmuştur. Bu büyük bilgi yığnında ise bilgi deseni oldukça farklılaşmıştır. Bilgi deseninin farklılaşması beraberinde ekonomiden bilime birçok olguda yeni yaklaşımları ortaya çıkarmıştır. Her ne kadar bilginin yoğun kullanımı ile özdeşleşen bir tanımı olsa da bilgi toplumu için herkesin ortaklaşa kullandığı bir tanım oluşmamıştır [2].

2.2. Sistem Kavramı

Sistem en temel tanımı bir topluluk içindeki elemanların birbirleriyle uyumlu halde çalıştıkları yapılardır. Buna örnek olarak kendi vücudumuzu ve organlarımızın birbiriyle uyumlu çalışması örnek verilebileceği gibi, güneş sistemi ya da bir bilgisayar sistemi de örnek gösterilebilir. Sistemler girdi, süreç ve çıktı olarak üç temel elemanı üzerinden tanımlanabilir. Bunu örneklemek gerekirse girdiyi ham madde, süreci üretim, çıktıyı ise ürün olarak ifade edilebilir [3].

Sistemleri iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Genel olarak bu iki sistem türüne, açık sistem ve kapalı sistem denir. Bu iki sistem türünün arasındaki temel fark çevresi ile ilişki halinde olup olmamasıdır. Açık sistemlerde bir girdi ve çıktı olur bu bir dönüt olarak süreklilik arz eder. Kapalı sistemlerde ise çevre ile ilgili bir girdiden bahsedilemeyeceğinden örneklerinden ziyade kavramsal bir sistem türü olarak bahsedebiliriz.

2.3. Karar Destek Sistemi Nedir?

Karar destek sistemi, kullanıcılar tarafından belirlenmiş kriterlere bağlı bilgiler sağlayarak kullanıcılarına destek olan interaktif bir bilgi sistemidir. KDS(Karar Destek Sistemi) organizasyonların karar alma süreçlerini destekleyen bir bilgi sistemidir. İyi tasarlanmış bir KDS interaktif yazılımların koştığı bir yapıya sahip olup bu yazılımlar sayesinde eldeki ham veri, dokümanlar, kişisel bilgiler ve iş modellerini harmanlayarak karar vericiye yardımcı olur. Birlikte çalışan bir yazılım program kümesi insanların hedeflerine ulaşması için tasarlanmıştır. Bu yazılımlar fiziksel olarak ilgili kişinin bulunduğu konumda olma zorunluluğunda olmayıp İnternet bağlantıları ile erişilip kullanılabilir durumdadır ya da lokal bir ağda dosya sunucularına erişmek ve bu dosya sunucuları üzerinde okuma yazma yaparak sonuç alınabilecek yapılarda olabilir.

KDS'ler geleneksel bilgi sistemlerinden farklı olarak verilerin belli modeller ile işlendiği ve problem çözmeye yönelik çıktılarının alınabildiği bir sistemdir. Bunlara örnek vermek gerekirse işte yönetim, planlama (Ulaşım, Enerji, Bilgi Teknolojiler vs.), sağlık, askeriye ve benzeri kompleks karar süreçleri olan alanlardır. KDS'leri karmaşık kararların alınmasına destek olan bilimsel metotları birleştiren güçlü bir araçtır [8].

KDS'nin amacı karar vericiye onun yerine geçmeden destek vermek ve sorunların karar vericinin kendi değerlendirmelerine göre çözülmesi için bilgi sistemleri kullanarak

oluşturulan bir mekanizma ile çözümünü sağlamaktır. Örneğin bir acil durum yönetimi için, bu sistemin coğrafi bilgi sistemi, fırtına takip araçları, hasar önleme ve su baskını modelleri, acil tahliye senaryoları gibi enstrümanların bir araya getirilmesi ile oluşturması bir gerekliliktir. Bir acil durum sürecinde etkilemiş insanların tahliyesi yapılırken kaç kişinin etkilendiğine bağlı olarak uygun mekân ve tahliye sırasında oluşabilecek olası yaralanmaların KDS verisiyle netleştirilmesi beklenir [9].

2.3.1 Karar Destek Sistemi Tipleri

KDS türlerini genel anlamda iki başlıkta toplamak gerekirse bunları, model sürümlü KDS ve veri sürümlü KDS olarak ifade edebilir.

Model sürümlü KDS de karar vericilere verilen destek çok büyük veri tabanlarına dayanmamakta olup, sınırlı parametreler kullanılır. Model sürümlü KDS merkezi veri tabanına dahil olmayan kullanıcılar tarafından geliştirilir. Bu KDS de önemli olan kullanıcı dostu ara yüzlerin tasarlanmasıdır.

Veri Sürümlü KDS ise büyük örgütlerde büyük verinin barındırıldığı durumlarda analiz sistemi olarak kullanılmaktadır. Kayıtlı devasa veriyi saklı olduğu yerden çağırarak kullanıcılara karar verme desteği sağlarlar. Bu noktada bu tür bir veri işleme faaliyeti için analitik veri işleme ve veri madenciliği gibi kavramlardan bahsetmek mümkündür [1].

Karar Destek Sistemlerinin bazı özellikleri;

- Orta ve uzun vadeli planlamalarda kullanılır
- Yapısal olmayan kararlar için kullanılır
- Karar vericinin yerine geçmez destek olur
- Karar verme aşamalarının tamamına hitap eder
- Kullanıcı kontrolüne tabidir
- Analitik çözümler kullanarak sonuç sağlar
- Etkileşimli olarak çalışır
- Ana görev olarak stratejik ve taktiksel düzeyde yöneticiler için karar desteği sağlar
- Değişen etkenlere uyum sağlar karar sürecini günceller
- Yönetim bilimi araçları içerir

2.3.2 Karar Verme ve Karar Verme Yöntemleri

Organizasyonlarda yönetim süreci denildiğinde ilk akla karar verme gelir. Karar verme, bir işletmenin ulaşmak istediği hedefe imkanlar dahilindeki maddi ya da duygusal alternatiflerin kullanılarak ulaşılması sürecinin tümüdür.

Türk Dil Kurumu sözlüğünde sözlük anlamı olarak karar, birkaç farklı seçenek arasından birini seçme zorunluluğunun olduğu süreçte bu seçeneklerden birini onaylama olarak tanımlanırken, karar verme ise daha önce karar birimlerince ortaya konan alternatifler içinde seçim yapmaya yönelik davranış olarak tanımlanmıştır.

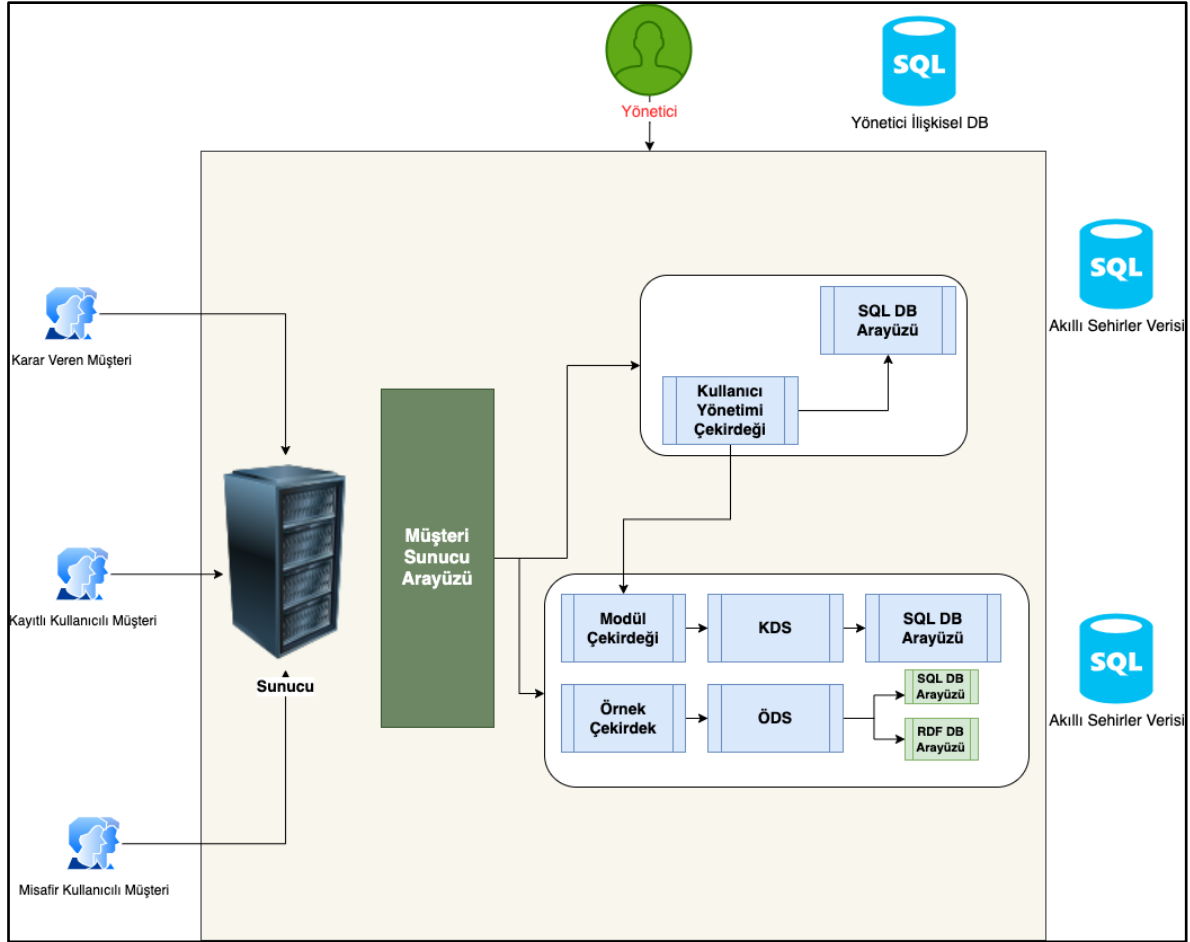
Kararlardan beklentiler, ivedilikle alınması, makul uygulanabilirliğinin olması, ekonomik olması ve amaçlara ulaşılabilmesini temin etmesi şeklinde özetlenebilir. Bir örgütün dış etkenlerden ne kadar çok etkilendiği düşünüldüğünde karar verme yöntemlerinden öne çıkan ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) yöntemidir. ÇKKV yöntemi katılımcı sayısı, değişik etkenleri birlikte değerlendirme imkânı verme yönüyle organizasyonların kaynaklarının kullanımında verimliliği artırmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ÇKKV yöntemlerinde başvurulan bir modeldir. AHP teknikliği, genel bir amacı ele alarak , kriterlere, alt kriterlere, alternatiflere doğru hiyerarşik olarak karar için kritik öğeleri tasarlar ve puanlar böylece birden çok alternatif içinden seçimi destekler [5].

Akıllı Şehir uygulamaları sahadan gelen çok büyük verileri toplamakta, bu veriler belirli kural setleri içerisinde daha sonra anlamlandırılarak şehir yönetimlerinin eylem planlarının oluşmasına katkı sağlamaktadır. Oluşan büyük verinin bilgiye dönüşmesi sürecinden sonra yönetimlerin karar alma süreçlerini destekler bir platform aracılığı ile sunulması hedeflenmektedir. Bu çalışmada uygulanan yöntem, veri toplama ve analiz dikkate alınarak ÇKKV yöntemi benimsenmiştir.

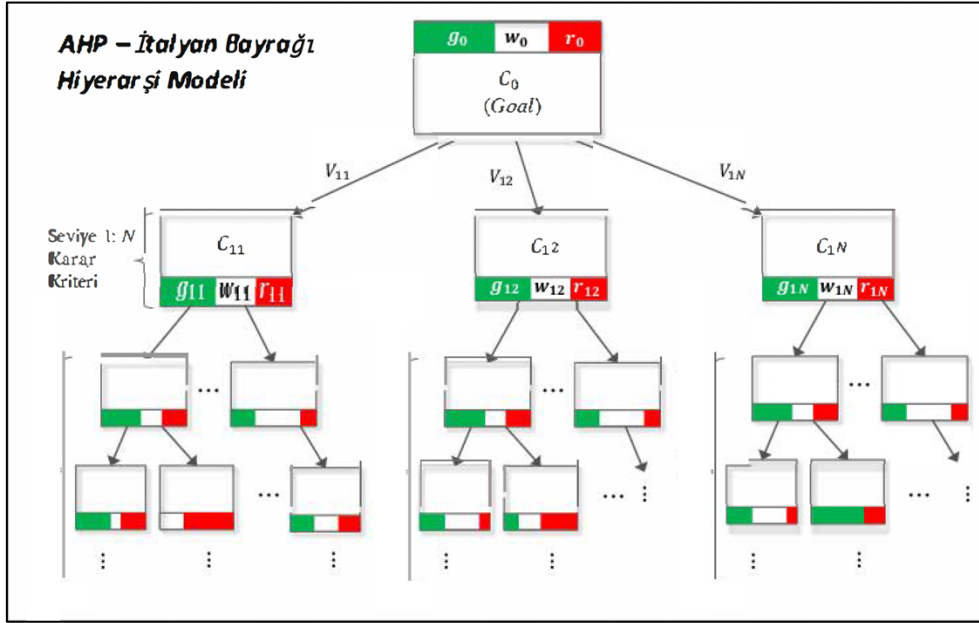
Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci Russell ve Taylor tarafından yazılan "Operations Management" (Faaliyet Yönetimi) kitabındaki tanıma göre, karar alternatiflerinin çoklu kriterlere göre sıralanmasına ve seçim yapılmasına yarayan nicel bir yöntemdir [5]. Diğer bir deyimle Analitik Hiyerarşi Süreci; her bir karar alternatifini, karar vericinin kriterlerini yakalama derecesine göre sıralamak için rakamsal değerler geliştirme sürecidir.

Analitik Hiyerarşi Süreci; karar vericinin tüm kriterlerini yakalayan en iyi alternatifi seçmekle, “Hangisini seçeceğiz?” veya “En iyisi hangisidir?” sorularına cevap bulur.



Şekil 2.1. Akıllı karar destek sistemi mimarisi örneği [5].

Bu çalışmada önerilen Akıllı Karar Destek Sistemi Mimarisi Şekil 2.1 de gösterilmiştir. Bu çalışmada Analitik hiyerarşi süreci İtalyan bayrak modeliyle uyarlanmıştır.



Şekil 2.2. AHP, IF Hiyerarşi modeli [78].

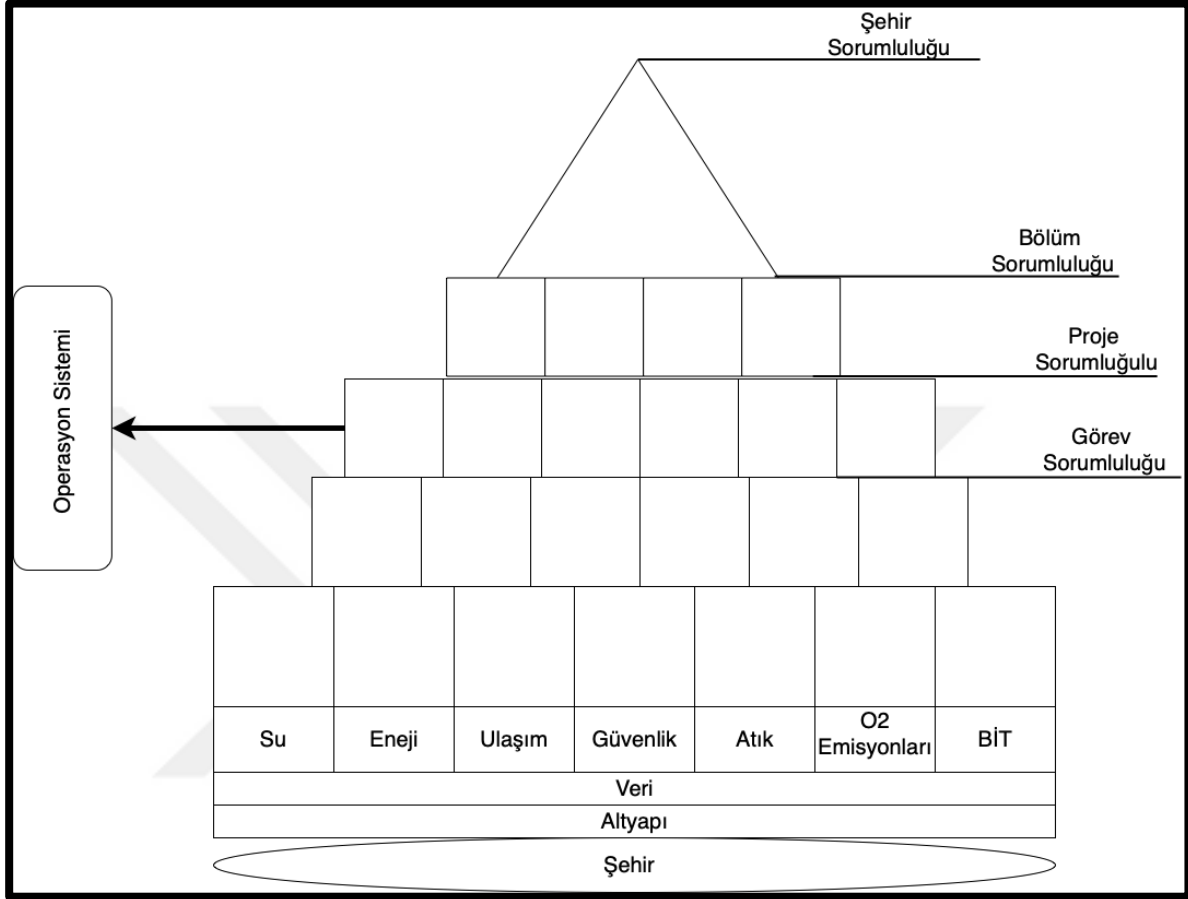
Analitik Hiyerarşi Süreci İtalyan bayrak modeli ile uyarlanmış hali Şekil 2.2 de gösterilmiştir. İtalyan bayrak modeli belirsizlikleri ölçen üç değer mantığıdır.

Örnek çalışmada [78] bir model geliştirilmiş ve bu Akıllı şehir çevre uygulamalarına odaklanmıştır. Tasarımda verinin (veri tabanında yer alan sistematik sorgularla alınan) belirsizlik değerlerini yani IF değerlerini bulmaya yönelik kullanımı da söz konusudur. Model ve teklif edilen çözümler <http://smartds.disit.org> adresinden ulaşılabilir durumdadır [78].

İlk örneklerinin 1970’li yıllara kadar gittiği Akıllı Şehir kavramı son yıllarda yoğun kullanılmaya başlanmıştır. IBM Akıllı Evren, Oracle i-devlet, Austin, Barcelona, Helsinki, Amsterdam Akıllı Şehirleri, Dubai Akıllı şehirleri, Avrupa Akıllı Şehirleri ve Akıllı şehirlerin geleceği gibi Akıllı şehir projelerine liderlik eden bazı projeler mevcuttur. Avrupa’da yaşayan insanların yaşam kalitesinin artırılması maksadı ile yapılan yatırımların yol güvenliği, elektronik ticaret, ödeme sistemleri, ar-ge, enerji , kamu sağlığı gibi alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir.

Diğer bir karar verme tekniği olan PERT (Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği) değerlendirme tekniği büyük projelerin planlanmasında ve koordine edilmesinde yaygınca

kullanılan bir tekniktir. Zaman, finans, insan, ekipman ve diğer tedarikçiler gibi enstrümanları içinde barındıran projelerin icrası için gereklidir.



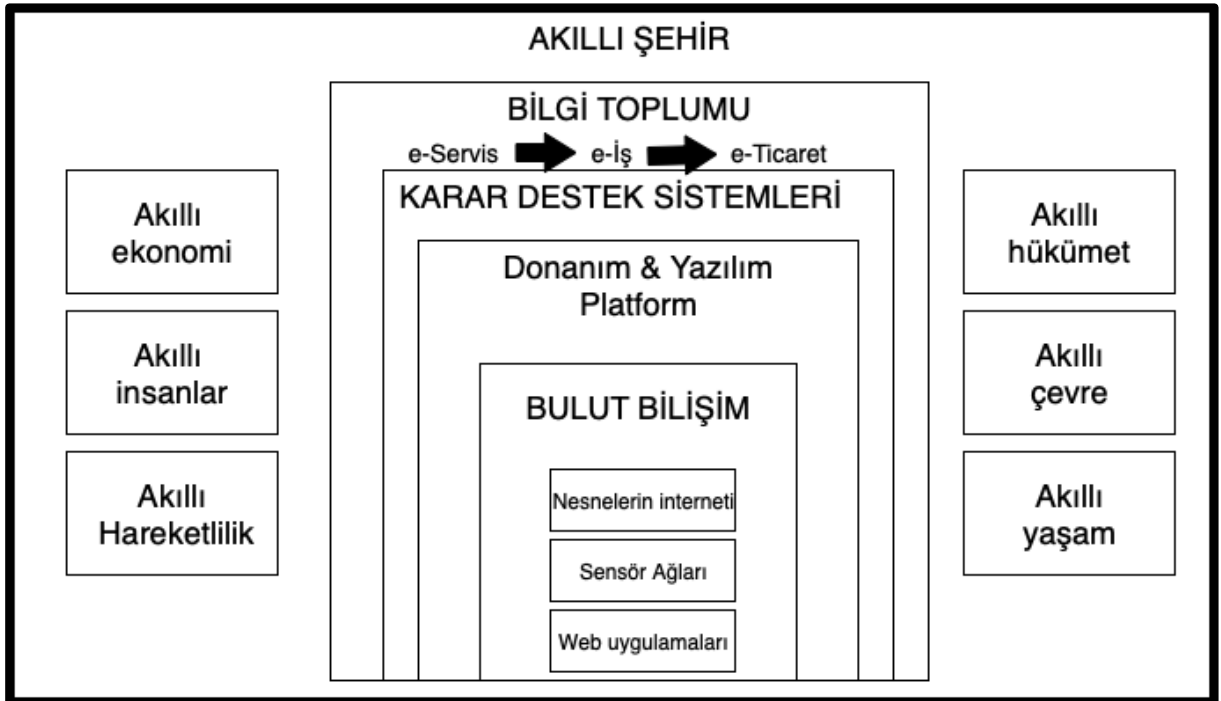
Şekil 2.3. Akıllı şehir konsepti [78].

Küçük, orta ve büyük organizasyonlar ile Akıllı Şehirler dahil olmak üzere her organizasyonda karar tiplerinde üç yönetim seviyesini görülür. Bunlar stratejik seviye, taktiksel seviye ve operasyonel seviyedir. Kararlar ise programlı ya da programsız olmasına ve organizasyonun yönetim seviyesine göre sınıflandırılabilir. Akıllı Şehirlerde karar verme süreçlerinin bileşenleri Şekil 2.3 de örneklendirilmiştir.

Programlanmış kararlar rutin tekrarlayan kararlardır. Yönetimin tavrına göre önceden şekillendirilir. Programsız kararlar ise genelde tek zamanlı ve programlıya göre yapısı daha az belirgindir. Stratejik karar, uzun vadeli fayda sağlayabilecek amaçların belirlenmesinde kullanılır. Taktiksel kararlar, farklı grup ve bunların amaçlarına yönelik kararlardır. Operasyonel kararlar ise bir organizasyon ya da grubun günlük faaliyetlerine ilişkindir.

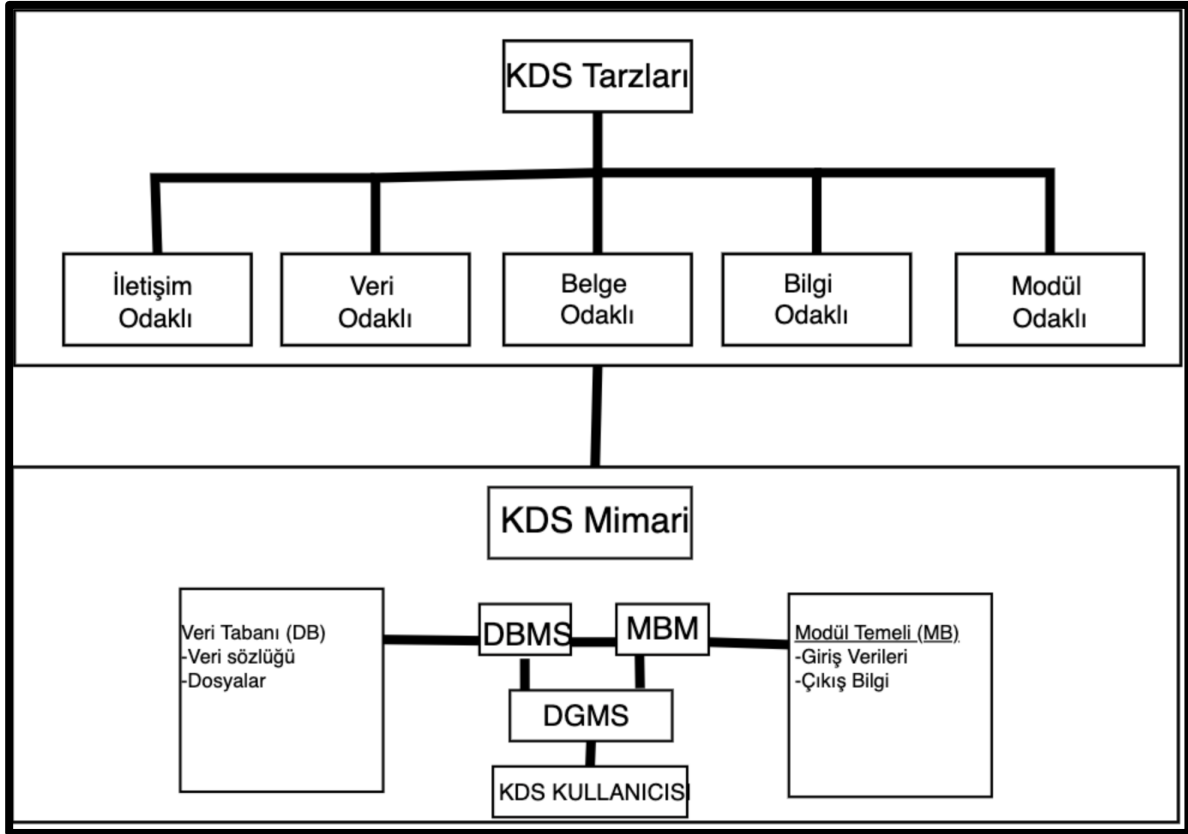
Karar süreci aşağıdaki elementlerle karakterize edilmektedir.

- Amaçlar
- Karar verici
- Alternatifler
- Alternatif durumlar
- Alternatiflerin sonuçları
- Karar vericinin dikkate aldığı değerler



Şekil 2.4. Akıllı Şehir enstrümanları [79].

Şekil 2.4 de bir Akıllı Şehrin enstrümanları ve bunların ne tür teknolojiler üzerinde koşturulduğu ile karar destek sistemini bu çerçevenin içinde nasıl konumlandırıldığı ifade edilmiştir. Şekil 2.5 de ise örnek bir karar destek sistemi resmedilmiştir [79].



Şekil 2.5. Karar destek sistemi [79].

2.4. Yönetim Bilişim Sistemleri ve Temel Özellikleri

Yönetim Bilişim Sistemleri kavramına giriş yapmadan önce, bu kavramın daha iyi anlaşılabilmesi için, yönetim ve karar kavramlarının neler olduğunu vurgulamak gerekir.

2.4.1 Yönetim Nedir?

Henry Fayol'un 1920'li yıllarda yaptığı bir tanımda yönetimi, işlevlerine ayırarak planlama, örgütleme, yönetme ve denetleme görevlerinin yerine getirilmesi olarak ifade etmiştir. Bu görevler bir örgütün tüm fonksiyonları için hayati önem taşımaktadır [1].

Literatürde yönetim nedir diye sorulduğunda birçok tanım ile karşılaşılmaktadır. Bu tanımlar arasındaki temel farklılık bilim adamlarının yaklaşımlarıdır. Bu farklılıklara birkaç örnek verecek olursak, ekonomistlerin yönetime yüklediği anlam toprak, sermaye ve işgücü gibi bir üretim fonksiyonu olması iken, yönetim bilimciler farklı bir perspektiften bakarak yönetimi bir otorite sistemi olarak görmüşlerdir. Toplum bilimcileri ise yönetimi saygınlık sınıf sistemi olarak görmüşlerdir. Bu yaklaşımları eğer bir noktada buluşturmak gerekirse,

“kişilerin çabaları ve destekleri ile ortak amaçlara ulaşıldığı süreç” tanımı yerinde olacaktır. Bir sporcunun başarılı olmak hedefine giden yolda antrenman yapması, antrenman yapmak için zaman ayırması bunu da belki sabah erken saatlerde kalkarak yapması onun amacına ulaşmasına hizmet edecektir. Yani daha düşük seviyedeki amaçlar birbirini tamamlayarak ana amaca ulaşılmasını sağlar.

Yönetim tanımlarındaki ortak unsurlar aşağıda gibi sıralanabilir [4] ;

1. Başkalarını çalıştırabilme sanatıdır
2. İnsanlara iş yaptırabilme bilim ve sanatıdır
3. İnsan iradesidir
4. Kendinden daha zeki insanları, kendi denetimi altında çalıştırabilme sanatıdır
5. Birden çok kişiden oluşan bir grubun ortak çabası ile tüm grup üyelerinin belli bir amaç doğrultusunda emek ve diğer imkanlarını birleştirerek yaptıkları eylemleri belirten bir süreçtir.

Yukarıda yer alan ifadelerden de anlaşılacağı üzere aslında yönetim iki ana unsuru yerine getiriyor olmalıdır. Bunlar amaç ve iş birliğidir. Bu unsurların ilki olan amaç, bir örgütün parçaları olan çalışanların örgütün hedeflerini yürürken vizyon ve misyonlarına bağlı kalarak başarıya ulaşmaları iken, iş birliği de bu amaçlara ulaşmak için birlikte çalışma ruhudur. İşletmecilik tarafından yönetimin ne olduğu irdelediğimizde ise, bir ya da birden çok çalışanı koordine ederek belirli amaca doğru bu çalışan kitlesini yöneltme gayreti olduğu görülür [4].

2.4.2 Yönetim Bilişim Sistemleri

Tüm kurumlar, ticari olup olmadığına bakılmaksızın kendi iş süreçlerinin devamlılığı için veri toplamakta ve bunu işleyerek bilgiye dönüştürmektedirler. Bu bilgiler sayesinde ilgili kurumun yöneticileri sağlıklı kararlar alabilmektedir. Dolayısıyla, erişilebilir, bütünlüğü bozulmamış ve doğru bilgiye gizlilik içinde ulaşmak ve bundan faydalanmak bir kurumun hayati fonksiyonların yerine getirilmesinde oldukça önemlidir.

Verinin toplanması, depolanması, anlamlı hale getirilmesi karar vericiye sunulması gibi süreçlerin kurumlar için sorunsuz işlemesi ve mümkün olduğunda otomatize edilebiliyor olmalıdır. Bir kurumun, terabayt seviyesinde veriye sahip olsa da bunun devamlılığını sağlayamadığında ve anlamlı hale getirilip operasyonlarını elde edilen veriden çıkarılan bilgi

kümeleri ile beslemedikçe bu veri yığının bir anlamı olmayacaktır. Tam bu noktada yönetim bilişim sistemlerinde bahsedilebilir [6].

YBS (yönetim bilişim sistemleri) ne değinmeden önce bilişim sistemi nedir sorusuna cevap aramak gerekmektedir. Bilişim sistemleri verinin toplanması, formatının düzenlenmesi, ilgili yere kaydedilmesi bu kayıt üzerinden istenildiğinde hızlı ve etkin şekilde bilgiyi sunmaya yönelik olarak bilgisayarlar ve iletişim teknolojilerinin yardımıyla kurulmuş bir sistem türüdür [7].

Yönetim bilişim sistemleri yazılım, donanım, iletişim ağlarının olanaklarının kullanılması yoluyla, bir kurumun tüm yönetim kademesindeki çalışanlarının, dış ve iç çevreden gelen değişimleri analiz ederek, karar alma süreçlerini desteklemek ve en uygun bilgiyi her kademeye sunmak amacıyla kurulmuş sistem bütünü olarak tanımlanabilir. Yönetim bilişim sistemini dış ve iç ilişkiler ile yürütülen faaliyetlerin entegre edilmesi sonucunda rekabetçilik için bir üstünlük aracı olarak tanımlamak mümkündür.

Her geçen gün rekabetin arttığı günümüz iş dünyasında ve kamu kurumlarında kendi dinamiklerine göre tasarlanmış bir yönetim bilişim sistemi ilgili kurum ya da şirketlerin en temel ihtiyaçlarından olmuştur. Kamu idaresini düşündüğümüzde gerek yerel yönetimler gerekse de merkezi yönetimler olarak vatandaşa daha hızlı ve etkin hizmeti, kaynakları verimli kullanarak sunmak en temel görevlerinden biridir. Kamu idaresi bu görevini ifa ederken ihtiyaç analizinden, talep cevaplamalara birçok iş sürecinin verimli çalışması için yönetim bilişim sistemine müracaat etmektedir. Günümüz idareleri birçok iş sürecini elektronik, dijital ortamlara taşıyarak yazılımlar ve güçlü donanımlarla oluşturulmuş yönetim bilişim sistemleri aracılığıyla doğru karar alma kabiliyetlerini geliştirmişlerdir.

Yönetim bilişim sistemlerinin genel özelliklerini ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür [1];

- Veri/Kayıt işleme fonksiyonlarını destekler (kayıt saklama vb.)
- Bütünlük bir veri tabanı kullanır ve fonksiyonel alanların çeşitliliğini destekler
- Operasyonel, taktik ve stratejik seviye yöneticilerin bilgiye kolay ve zamanında erişimini sağlar. Özellikle yoğun olarak taktik seviye yönetici için hizmet sağlar
- Kısmen esnek ve organizasyonun bilgi ihtiyaçlarındaki değişmeye uyarlanabilir

- Sadece yetkili şahısların erişimine imkân veren sistem güvenliğini sağlar
- Günlük operasyonlarla ilgilenmez
- Genellikle yapısal kararların desteklenmesine yöneliktir
- Yöneticilere değişik raporlar sunar.
- Öncelikle çevresel ya da dış olaylarla değil, büyük ölçüde firma içi olaylara odaklanır [1].

Yönetim bilişim sistemlerinin bulunduğu organizasyona sağladığı temel faydalar ise aşağıdaki listede ifade edilmiştir [6];

- Yürütülmekte olan faaliyetlere yönelik inovatif yöntemler geliştirmek
- Departmanlar arası iç iletişimin güçlendirilmesi
- Zamanında, hızlı bilgiye erişimin temin edilmesi
- Günlük süreçlerin insan gücüne değil bilişim sistemine aktarılması
- Günlük operasyonlarda uygulama, takip ve denetimin etkin yapılmasının sağlanması
- Çalışanların yürüttükleri işlerde zaman kazanmalarına olanak sağlamak

Bu çalışmada yönetim bilişim sistemlerinin sağlamış olduğu faydalardan “Günlük süreçlerin insan gücüne değil bilişim sistemine aktarılması”, “Zamanında, hızlı bilgiye erişimin temin edilmesi”, “Günlük operasyonlarda uygulama, takip ve denetimin etkin yapılmasının sağlanması”, “Çalışanların yürüttükleri işlerde zaman kazanmalarına olanak sağlamak” başlıklarında maksimum fayda sağlanması amaçlanmıştır.

3. TÜRKİYE’DE ŞEHİRLEŞME, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ENERJİ SORUNLARI

İlk verilerini 1927 yılında bu yana gözlemlenebildiği Türkiye’de şehirlerde yaşayanların sayısındaki artış beraberinde şehirleşmenin gündeme girmesine sebep olmuştur. Ortak yaşama kültürünün geliştirilmesinden, doğal kaynakların verimli kullanılması, ulaşımdan çevre sorunlarına birçok konu şehirleşmedeki hızlanma ile birlikte yönetilmesi gereken temel konular arasına girmiştir. Bu bölümde şehirleşmenin çok yönlü olarak ortaya çıkardığı ya da büyümesine neden olduğu sorunlar incelenmiştir.

3.1 Türkiye’de Şehirleşme Tarihi

Şehir aynı kültür, etnik ve dinsel kökenli, sosyal ve ekonomik sınıfları içinde barındıran toplumsal ve mekânsal bir topluluktur. Şehirleşme, zamana bağlı olarak yer değiştirmedir. Dar anlamda şehirleşme için, kasaba ve şehirlerde veya belli bölgede halkın toplanması oranındaki yükselme olarak ifade edilirken, geniş anlamda şehirleşme, üretim ve hizmetlerin büyümesini sağlayan sanayileşmenin etkisiyle veya doğum oranının fazla olması ve bu fazlalığın şehir içi yerleşim yerlerinde yaşamak istemeleri veya iskan edilmeleri nedeniyle nüfusun şehirlerde birikmesi ve şehir yaşayanlarının sayısının artmasına neden olan aynı zamanda da burada yaşayanların özel hayatlarını ekonomik, sosyal, ve siyasal davranış açısından etkileyen ve devletinde belirli birtakım faaliyetlerini gerektiren değişiklikler olarak tanımlanabilir. Şehirleşme itici faktör olarak ekonomik sebepler gösterilebilir. Çekici faktörler için ise iş olanakları ve sanayinin belirli bir coğrafya da yoğunlaşması gösterilebilir [16].

Geçmişten günümüze kırsaldan şehirlere farklı nedenlerle göç olmuştur ve bu halen devam etmektedir. Kırsaldan göçler işgücüne katılımın yoğun olduğu şehirlere doğru ticaret, hizmet sektörü, sanayi gibi alanlarda işgücüne taleple tetiklemiştir. Türkiye’de kırsaldan şehirler olan göçün geçmişine bakıldığında 1950 yılı önemli bir önem taşımaktadır. Bu tarih kırsaldan şehirlere göçün hızlandığı tarih olarak görülmektedir. 1950 yılına kadar yavaş olarak gerçekleşen göçün bu tarihten sonra hızlandığı gözlemlenmektedir. Göçün nedenlerine bakıldığında temel bazı sebeplerde yoğunluk görülmektedir. Bunların başını, ekonomik nedenler, siyasi nedenler, teknolojik ve politik nedenler çekmektedir.

Kırsal alanlarda yaşayan insanların temel sermayesi kendi emek güçleri iken bu insanlar şehirlerde daha düzenli gerilere daha az emek ve beden gücü kullanarak erişebilmektedirler.

Sanayileşme kırsaldan şehirlere göçün nedenleri arasında en öne çıkanıdır. Sanayileşmesi hızlı olan ülkelere bakıldığında aynı şekilde kırsalda nüfusun hızla azaldığı da görülmektedir. Avrupa ülkelerinde durum bizim Türkiye’den biraz farklı olarak şehirleşme ve şehirlerde nüfus artışı 1850’li yıllarda başlamıştır. Fakat gelişmişlikle, kırsaldan şehirlere göç konusunda geride kalan ve kırsal yoğun şehirlerde geride kalmışlık görülmektedir [10].

1965’li yıllara dayanan nüfus sayım sonuçlarına bakıldığında Türkiye’de nüfus daha çok küçük şehir diye adlandırabilecek şehirlerde yoğunlaşmıştır. Büyükşehir diye tabir edilen şehirleşme süreci yıllara bağlı olarak gelişmiştir. 1965 yılını takip eden süreçte 1980’li yıllara gelindiğinde büyük şehir sayısı artmıştır.

Bu artışlar yıllara geçtikçe hep şehirlerin lehine gerçekleşmiş olup Çizelge 3.1.1 de görüleceği üzere 2020 yılına gelindiğinde Türkiye’de şehirlerde yaşayan nüfusun toplam nüfusa oranı %92,97 e ulaşmıştır [10].

Çizelge 3.1.1. Türkiye’de yıllara göre kır-şehir nüfus dağılımı [10].

Yıl	Toplam	İl ve ilçe merkezleri	Belde ve köyler	İl ve ilçe merkezleri	Belde ve köyler
1927	13.648.270	3.305.879	10.342.391	24.2	75.8
1935	16.158.180	3.802.642	12.355.376	23.5	76.5
1940	17.820.950	4.346.249	13.474.701	24.4	75.6
1945	18.790.174	4.687.102	14.103.072	24.9	75.1
1950	20.947.188	5.244.337	15.702.851	25.0	75.0
1955	24.640.763	6.927.343	17.137.420	28.8	71.2
1960	27.754.820	8.859.731	18.895.089	31.9	68.1
1965	31.391.421	10.805.817	20.585.604	34.4	65.6
1970	35.605.176	13.691.101	21.914.075	38.5	61.5
1975	40.347.719	16.869.068	23.478.651	41.8	58.2
1980	44.736.957	19.645.007	25.091.950	43.9	56.1
1985	50.664.458	26.865.757	23.798.701	53.0	47.0
1990	56.473.350	33.326.351	23.146.684	59.0	41.0
2000	67.803.927	44.006.274	23.797.653	64.9	35.1
2007	70.586.256	49.747.859	20.838.397	70.5	29.5

2008	71.517.100	53.611.723	17.905.377	75.0	25.0
2009	72.561.312	54.807.219	17.754.093	75.5	24.5
2010	73.722.988	56.222.356	17.500.632	76.3	23.7
2011	74.724.269	57.385.706	17.338.563	76.8	23.2
2012	75.627.384	58.448.431	17.178.953	77.3	22.7
2013	76.667.864	70.034.413	6.633.451	91.3	8.7
2014	77.695.904	71.286.182	6.409.722	91.8	8.2
2015	78.741.530	72.523.134	6.217.919	92.1	7.9
2016	79.814.871	73.671.748	6.143.123	92.3	7.7
2017	80.810.525	74.761.132	6.049.923	92.5	7.5
2018	82.003.882	75.666.497	6.337.385	92.3	7.7
2019	83.154.997	77.151.280	6.003.717	92.8	7.2
2020	83.614.362	77.73.6041	5.878.321	92.97	7.03

Çizelge 3.1.1'e bakıldığında hemen her yıl kırsaldan şehirlere doğru göç yaşandığı görülmektedir. Kırsalda kendi imkanları ile enerji, ulaşım, altyapı gibi ihtiyaçlarını bireysel karşılayan insanlar şehirlere geldiklerinde bu ihtiyaçlarını şehir yönetimlerinden beklemektedirler. Giderek kalabalıklaşmış şehirlerde yaşam, şehirlerin daha etkin yönetilmesini zaruri kılmış ve yerel yönetimleri yeni arayışlara itmiştir. Şehirlerin enerji, su, ulaşım ve diğer altyapı gibi temel hususlarda verimliliğin ve hızın daha yüksek olduğu modellerle yönetilmesi bir taraftan yönetimlerin karar alma, uygulama ve takip süreçlerini desteklerken diğer taraftan şehir yaşayanlarının yaşam standartlarını da yükseltmektedir.

Büyük şehirlerin sayılarını 20, 30 yıl öncesine göre katlandığını kabul edildiğinde enerji, su, ulaşım, hava kirliliği denklemlerinde kaynakların farklı perspektiflerde verimli kullanılması gerektiği aşikâr ve kaçınılmaz bir gerçekliktir.

3.2 Enerjide Dışa Bağımlılık

Gerek konutlarda yaşamsal ihtiyaçların gerekse de sanayideki üretimin en temel bileşeni enerjidir. Enerji insanların yaşamını doğrudan ve dolaylı olarak desteklemektedir. Konutlarda kullanılan doğalgaz insanların doğrudan varlığını ve yokluğunu hissettikleri

temel ihtiyaçlar arasındadır. Bunun yanı sıra aynı doğalgaz konutlara elektrik sağlamak için santraller tarafından da kullanılmakta hatta temel ihtiyaç maddesi olan ekmek, fırınlarda pişirilirken çoğunlukla doğalgazlı fırınlar kullanılmaktadır.

2020 istatistiklerine bakıldığında Türkiye’de kullanılan doğal gaz ihtiyacının neredeyse tamamı yurtdışından sağlandığı görülmektedir. Enerjide bu denli dışa bağımlılık, ekonomik, sosyal ve siyasal sonuçlar doğurabilmektedir. Doğalgaz temini için yabancı ülkelere ödenen milyarlarca dolar para ekonomiyi olumsuz etkilemekteyken, olası bir doğal anlaşmazlığı ülkemizi hem sosyal hem de siyasal olarak sonuçları ağır olabilecek durumlara sürükleyebilecektir. Doğal gazdaki bu durum fosil yakıtlarda çok farklı değildir. Enerji kaynaklarının üç temel niteliğini hep akılda tutmak bu kaynakları nasıl kullanılması gerektiği düşüncesini de beraberinde getirecektir. Bu temel nitelikler, enerji kaynaklarının kıtlığı, dünya üstünde her yerde her zaman erişilebiliyor olmaması ve bazı kaynakların kullanımından doğan çevre ve hava kirliliğidir.

Türkiye’nin yer altı kaynaklarına göre, güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyellerine bakıldığında aslında birçok ülkeye göre avantajlı olduğu görülecektir. Bu durumda ilk akla gelen enerjide dışa bağımlılığın yüksek olduğu gerçeğiyle yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla istifade etmek gerekliliğidir. Bir ülkedeki enerji potansiyelinin işlenerek insanların ve sanayilerin doğrudan kullanımına sokulmadıkça bir mahiyeti bulunmamaktadır. Devam eden yenilenebilir enerji yatırımların giderek artmakta ve ülke ekonomisine katkısı azımsanamaz lakin giderek artan nüfus ve uluslararası rekabet gücü ve gelişmişlik için vazgeçilmez olan sanayileşme sisteme yeni katılan enerji kaynaklarını tüketebilmekte bu da dışa bağımlılığı kalıcı hale getirmektedir. Enerji faktörünün gelişmişlik ve insanların yaşam kalitesine doğrudan etkisi düşünüldüğünde bu enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için atılacak her tür adım pozitif katkı sağlayacaktır. Enerjide dışa bağımlılığın ekonomik sonuçları gelişmişlik ile doğrudan ilgili olsa da daha da önemli olan Türkiye için bir güvenlik tehlikesi arz etmesidir.

Ekonomik, sosyal, siyasi, güvenlik gibi temel konular dikkate alınarak oluşturulacak bir strateji de dışa bağımlılığın azaltılması maksadıyla yapılacak çalışmaların başını, mevcut kaynakların sisteme dahil edilmesi çektiği gibi çok önemli diğer bir başlık ise enerjinin tüketiminde israfın engellenmesi ve verimliliğin artırılması olacaktır. Bu çalışmada yapılan araştırma ve uygulamaların temelinde enerji kullanımının daha az enerji ile mevcut hizmetlerin devamlılığın sağlanması ve sonrasında aynı enerji ile daha verimli sonuçların alınması

olacaktır.

Çizelge 3.1.2'deki TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) [13] ham petrol ithalatı verileri dışa bağımlılığı yıllara göre ifade etmektedir. 2009 yılı ile 2020 yılı karşılaştırıldığında neredeyse iki kat artış olduğunu görmek mümkün. Enerji ithalatının azaltılması için uzun vadede takip edilecek politikalar ile mücadele etmek gerekirken bu yapılırken ülke gelirlerinin en temel taşı olan ihracatın göz ardı edilmemesi hayati öneme sahiptir. Buradaki ana odak nokta mevcut durum analizlerinin yapılması yoluyla, verimlilik, bağımlılık gibi Çizelge 3.2'de verilen rakamlar ve istatistikler aracılığı ile ilk olarak ekonomik etkiler üzerine yoğunlaştırsak da kullanılan bu fosil yakıtların oluşturduğu hava kirliliğini ile mücadelenin ötelenmesinin yıllar geçtikçe geri dönüşü zor sonuçlar doğuracağı da ortadadır.

Şehirleşmelerin artması ve buna bağlı olarak enerji kaynaklarına olan ihtiyacın artması beraberinde çevre ve hava kirliliğini de getirmiştir. Fosil yakıt kullanımını azaltacak tüm girişimlerin ekonomik sonuçlarının olabileceği gibi kaynakları gittikçe azalan ve her geçen gün daha çok kirletilen dünyanın daha temiz ve yaşanılabilir kalmasına hayati önemde katkı sağlayacağı göz ardı edilemez. Bu çalışmada kullanılacak ve önerilecek olan alt yapı ve modeller ile fosil yakıt kullanımından kaynaklı çevre kirliliğinin önlenmesine de destek olunması amaç edinilmiştir.

Çizelge 3.1.2. TÜİK yıllara göre ham petrol ithalatı [13].

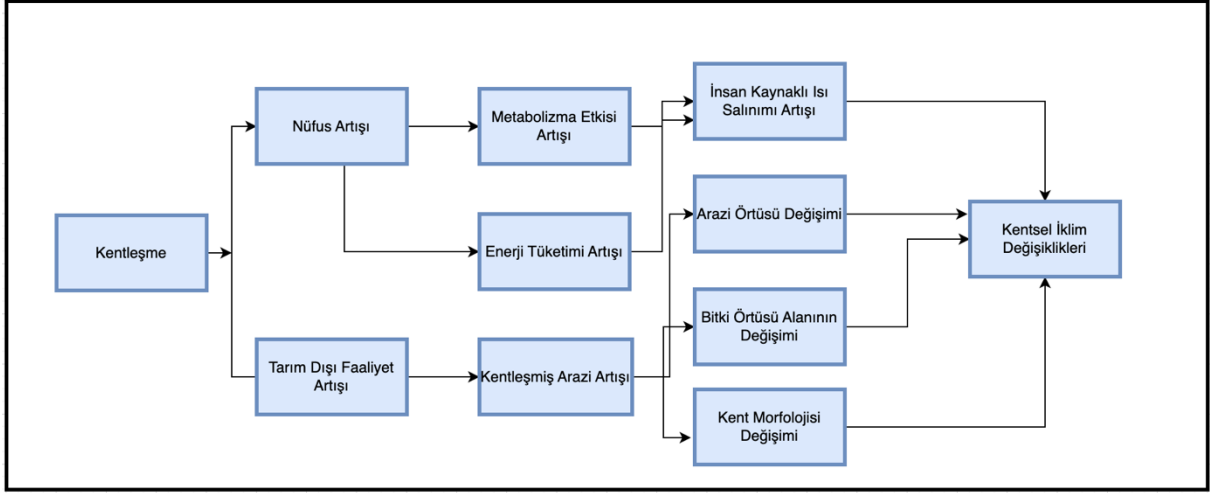
Yıllar	Ölçü	Toplam	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2009	Ton	14 219 427	1 306 316	781 798	1 009 533	1 009 954	1 315 206	1 653 371	1 316 739	1 221 583	1 224 901	1 018 829	1 431 933	929 264
2010	Ton	16 873 392	1 252 769	827 322	1 142 429	1 551 632	1 290 205	1 513 636	1 637 342	1 421 525	1 694 863	1 451 731	1 632 732	1 457 208
2011	Ton	18 049 163	1 526 432	1 232 340	1 427 319	1 361 500	1 759 493	1 493 648	1 921 459	1 383 886	1 719 717	1 547 854	1 493 087	1 182 429
2012	Ton	19 479 238	1 387 633	1 318 514	1 709 524	1 539 184	1 359 586	1 873 117	1 454 385	2 095 311	1 746 815	1 764 432	1 705 878	1 524 859
2013	Ton	18 554 147	1 231 883	1 376 188	1 091 171	1 664 782	1 985 547	1 536 931	1 772 827	1 697 414	1 666 616	1 347 390	1 620 313	1 563 085
2014	Ton	17 481 481	1 251 759	1 318 911	1 274 554	1 435 386	1 239 052	1 269 655	1 544 694	1 437 839	1 688 053	1 892 631	1 646 011	1 482 934
2015	Ton	25 065 977	1 599 133	1 694 805	1 819 664	1 837 524	2 049 886	2 197 726	2 511 763	2 032 504	2 355 717	2 288 045	2 060 978	2 618 231
2016	Ton	24 957 388	1 912 632	1 910 680	1 666 408	1 945 143	2 089 647	1 918 934	2 337 287	2 335 741	1 912 935	2 166 526	2 256 493	2 504 961
2017	Ton	25 766 549	2 376 602	1 726 255	2 104 365	2 380 673	2 567 314	2 052 063	2 154 736	2 342 657	2 358 012	2 289 551	1 502 913	1 911 410
2018	Ton	20 970 669	1 476 179	1 314 029	1 337 865	1 477 809	1 802 343	1 831 938	2 278 915	2 083 145	2 079 561	2 033 024	1 139 028	2 116 833
2019	Ton	25 820 442	2 186 802	2 342 950	2 504 806	2 378 356	2 671 510	2 116 479	2 879 823	3 044 233	2 691 931	3 003 552	2 676 739	2 576 638
2020	Ton	29 368 757	2 683 701	2 326 706	2 686 486	2 352 277	2 333 937	1 651 368	3 098 629	1 878 012	3 411 533	2 328 558	2 574 933	2 042 618

3.3 Fosil Yakıt Kullanımı ve Hava Kirliliği

Kentleşme ve Sanayileşme ile giderek artan fosil yakıt kullanımının doğurduğu temel sorunların başını insan sağlığını olumsuz etkileyecek olan zararlı gazların havaya salınmasıdır. Bu gazlar çevre problemleri oluşturmuş buna bağlı olarak insanların yaşam kalitesini düşürmüştür. Özellikle 1990 ile 2008 yılını konu edinmiş bir çalışmada dünyada enerji ihtiyacının %40 arttığını ve yine dünya genelinde enerji kullanımının %80 civarındaki kısmının fosil yakıt kaynaklarından temin edildiğine değinilmiştir. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan sera gazı salınımının insan sağlığına oluşturduğu tehdidin yanı sıra, buzulların erimesinden, küresel ısınmaya birçok olumsuz sonucunun olduğu bilinmektedir [12].

Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi tarafından açıklanan 2018 yılına ait bazı verilere göre küresel nüfusun %56'sına yakını şehirlerde yaşamaktadır. 2050 yılında bu rakamın %60'ları aşacağı tahmin edilmektedir. Sanayi devriminin yaşandığı yıllardan başlayarak dünya genelinde sanayileşmenin, tarımın ve kırsal ekonominin önüne geçmeye başladığı gözlemlenmiştir. Bunun sonucu olarak da insanların şehirlere doğru göç ettiği ve buralarda bu sanayileşme devrimlerinin bir parçası olduğu görülmektedir. Dünyada yaşanan bu dönüşümden Türkiye'de etkilenmiş olup sanayileşme ve şehirleşme yıllara bağlı olarak hızla artmıştır. Şehirleşmenin hızla artması iklimler üzerinde ölçülebilir etkilerde bırakmaya başlamış ve bu son yıllarda oldukça belirginleşmiştir. Hava sıcaklığı yönüyle bakıldığında 1880 ile 2012 yılları arası yapılan ölçümlere dayandırılan sonuçlarda yerkürenin 0,85 derece ısındığını göstermektedir. İnsanların neden olduğu sera gazı salınımları ekonomik büyüme ve şehirleşmeler nedeniyle 800.000 yılda görülmediği kadar artmıştır [14].

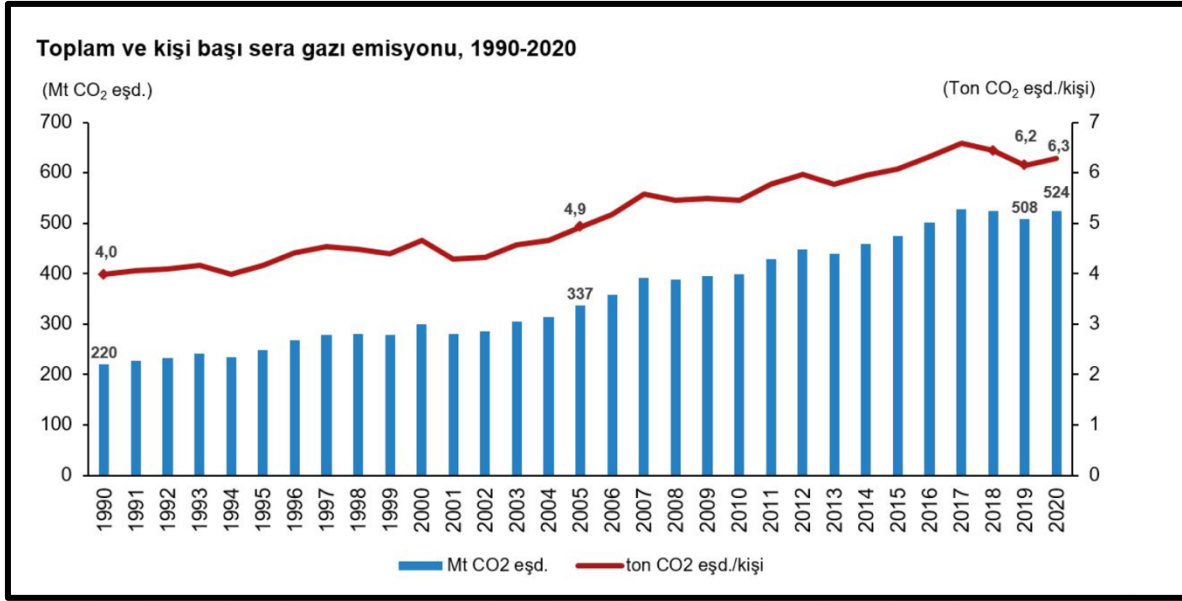
Şekil 3.3.1 de şehirleşmenin etki sahasının oluşturduğu sonuçların silsileler halinde şehir iklimine etkisi ifade edilmiştir.



Şekil 3.3.1. Şehirleşmenin şehir iklimi üzerindeki etki modeli [15].

20. yüzyılda baş gösteren küresel ısınmaya özellikle atmosferik karbondioksitin (CO₂) arttırıcı etki yaptığı görülmektedir. 1750 ile 2011 yılları arası CO₂ salınımlarının %40 oranında atmosferde kalmıştır. Geri kalan %60'lık bölüm ise atmosferden uzaklaştırılmış fakat bu oranda CO₂ ise bitkilerde, topraklarda ve denizlerde depolanmıştır. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO₂ salınımlar her ne kadar farkındalık arttırılmış ve önlemler için eylem planları açıklanmış olsa da 1970 ile 2010 yılları arası havadaki zararlı gaz oranında gerileme sağlanamamıştır. Dünyadaki sera gazı salınım ve oranlarına benzer durum Türkiye'de de gelişmiştir. TÜİK verilerine bakıldığında bu durumu görmek mümkündür. 2020 yılına dayanan verilere karşılaştırmalı olarak bakıldığında 1990 yılına göre 2020 yılındaki sera gazı emisyon miktarı Şekil 3.3.2'de gösterildiği üzere endişe verici derecede %238 lük artış göstermiş ve 524 Mt CO₂ miktarına ulaşmıştır [15].

Sera gazı emisyonundaki paydaşlara bakıldığında ise CO₂ ağırlıklı olduğunu görmekteyiz. Şekil 3.3.3'den de anlaşılacağı üzere CO₂ ile mücadele etme gerekliliği tüm gerçekliği ile görülmektedir. Fosil yakıt kullanımı ise en çok CO₂ üretilmesine neden olduğundan bu tür enerji kaynaklarının kullanımında azatlma gidilmesi ve alternatif enerji kaynaklarının aranması gelecek için hayati önem taşımaktadır [15].



Şekil 3.3.2. Türkiye sera gazı emisyonları yıllık değişimi [15].

Gazlara göre sera gazı emisyonları, 1990-2020

(Milyon ton CO₂ eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1990-2020 değişim (%)	2019-2020 değişim (%)
Toplam emisyon	219,7	299,0	398,7	474,5	500,8	528,3	524,0	508,1	523,9	138,4	3,1
CO ₂	151,7	229,9	316,0	384,3	405,3	430,2	422,6	401,7	413,4	172,6	2,9
CH ₄	42,5	43,7	51,6	52,8	55,6	56,8	60,3	63,1	64,0	50,6	1,4
N ₂ O	25,0	24,8	27,4	32,3	34,4	35,6	35,5	37,0	40,5	62,2	9,4
F-gazlar	0,6	0,7	3,6	5,0	5,5	5,7	5,7	6,2	6,0	860,6	-3,8

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir. F-gazlar florlu gazlardır.

Şekil 3.3.3. Türkiye sera gazı emisyon bileşenleri [15].

Yukarıdaki bölümlerde bilgi, karar, karar destek ve yönetim bilişim sistemleri, şehirlere göç, şehirleşme, şehir nüfusunun artması, şehir yönetimlerinin hizmet ve kaynak dengesindeki verimliliği yakalaması gibi konular üzerinde durulmuş ve ötesinde bazı yer altı kaynaklarının kullanımının çevreye olumsuz yan etkileri ile enerjide dışa bağımlılığa bütünsel bakılmıştır. Bahsi geçen konuların tamamına dokunarak sorunların yönetilebilir hale gelmesine çözüm olabilecek Akıllı Şehirler kavramı ve buna ilişkin bir uygulama örneği beşinci bölüm de yer almaktadır.



4. AKILLI ŞEHİRLER VE NESNELERİN İNTERNETİ

Önceki bölümlerde şehirleşme, şehirlerin yönetim bilişim sistemleri ile yönetilme ihtiyacının her gün artarak devam etmesi ve şehirleşmenin ekonomik, çevresel etkilerinin irdelenmesi ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Paylaşılan bilgiler doğrultusunda çağımız şehirleri için yönetilebilirliği, verimli kaynak kullanımını ve şehir yaşayanlarının hayat kalitesini artırmak adına hayatın içine girmeye başlayan Akıllı Şehirler kavramının artık zorunlu kılındığı görülmektedir. Dünya genelinde başvurulan Akıllı Şehir kavramı teknolojinin sunmuş olduğu, iletişim, donanım, yazılım gibi enstrümanların bir araya getirilmesi ile inşa edilebilmektedir. Akıllı Şehirlerin temel taşı olan nesnelere İnterneti kavramının detayları aşağıdaki bölümde ifade edilmiştir.

4.1. Akıllı Şehir Kavramı

Akıllı Şehirler, şehir sakinlerinin yaşam kalitesini yükseltmek, şehirlerin yönetilebilirliğini maksimize etmek, kaynakların verimli kullanılması ile hava ve çevre kirliliği ile mücadele gibi birçok ihtiyaca bağlı olarak gün geçtikçe ilginin giderek arttığı bir kavramdır.

Stan Geertman, Joseph Ferreira, Jr., Robert Goodspeed ve John Stillwell yazarı olduğun Destek Sistemi Tasarımı ve Akıllı Şehirler (Planning Support Systems and Smart Cities) adlı kitapta [42], Akıllı Şehir tanımı şu şekilde verilmiştir, “İnsana, sosyal sermayeye, ulaşım, bilgi teknolojilerine yapılan yatırımların, katılımcı bir devlet idaresi eliyle, doğal kaynakların iyi kullanılması ile sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ve yüksek yaşam kalitesine dönüşmesidir.” Diğer taraftan Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca sunulan bir hizmet olan akıllishehirler.gov.tr web sitesinde [87] verilen açıklamada Akıllı Şehirler şu şekilde ifade edilmiştir;

“Şehirlerin küresel olarak birbirine bağlı bir ekonomide rekabet etme ve kent sakinlerinin refahını sürdürülebilir bir şekilde sağlayabilme ihtiyacı, şehir çözümlerinin bütüncül ve sistematik olarak ele alınması ihtiyacı ve bu ihtiyaçların karşılanmasında, paydaşlar arası iş birliği ile geliştirilen birlikte çalışabilir sistemlerin veri ve uzmanlığa dayalı olarak gelecek öngörülerıyla beklenti ve problemleri karşıladığını güvence altına alan çözüme Akıllı Şehir denilmektedir.”

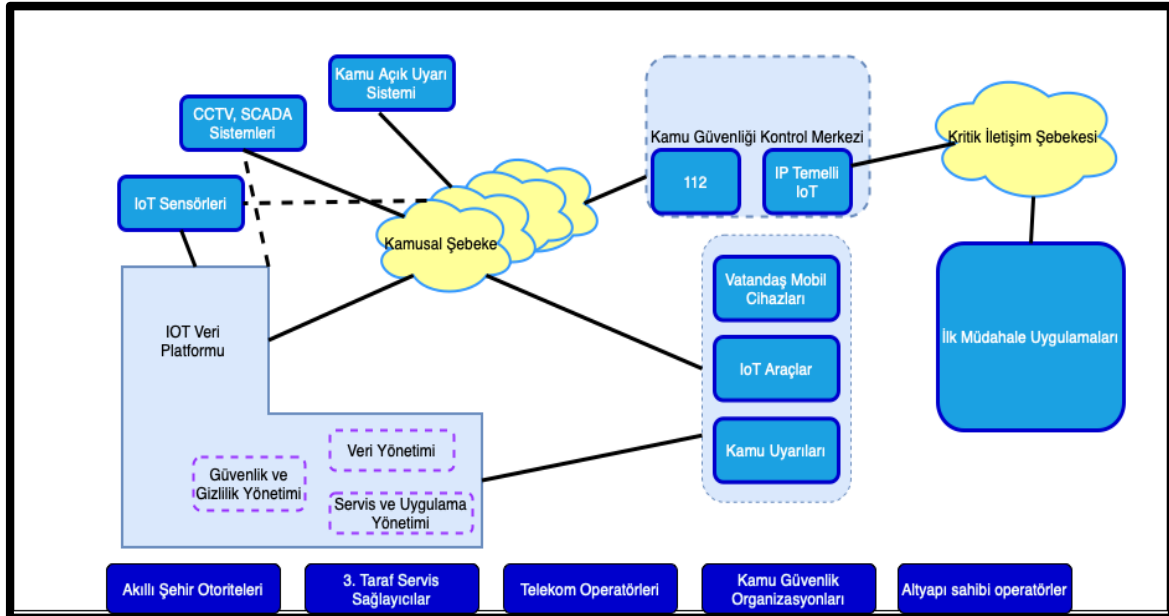
Akıllı Şehirlerde şehrin birçok noktası gelişmiş sensörler ile donatılarak veri merkeze toplanmakta, şehir yönetimlerinin kriterleri çerçevesinde bilgiye dönüşmekte ve karar destek sisteminin bir parçası olmaktadır. Temel olarak, sensör, iletişim katmanı ve merkezi uygulama katmanı olarak üç temel başlıkta Akıllı Şehir alt yapısını değerlendirmek mümkündür.

Böylesi bir alt yapının kamu güvenliğine de hizmet etmesi en doğal çıktılarından. Nesnelerin interneti teknolojisi ile toplanan elektrik, gaz tüketim verisi yanı sıra plaka okuma ya da güvenlik kameralarımdan alınan verinin tamamlayıcısı olacak ve tüm bu verilerin toplandığı merkezi yapı toplum güvenliği için hizmet edici olacaktır. Yüzbinlerce noktadan toplanan büyük veri olası felaket kurtarma senaryoları için titizlikle belirli korelasyonlarla çalışılmalı ve toplum güvenliği için anlık karar verebilme kabiliyetini maksimize etmelidir. Bunun en iyi örneklerinden biri de geçen yıllarda İstanbul'da yaşanan bir depremde GSM alt yapısındaki sorunlar görüldüğünden bunun farklı iletişim teknolojileri ile yedeklenmesi gerekliliği daha açık olarak ortaya çıkmasıdır. Gerek enerji verimliliği gerek lisanslı bant ihtiyacı olmaması yönüyle ISM bandında faaliyet gösteren Lora modülasyonu ile kurulmuş LoraWan protokolü koşturan geniş alan iletişim altyapısının kurularak gerek iletişim için gerekse de sensör verilerini okumak için alternatif bir altyapı olması çok önemlidir. LoraWan altyapısı ile donatılmış ormanlık alanlarda yangılara dakikalar içinde müdahale edilebilir, mesaj gönderilebilir, kritik altyapılara ilişkin birçok veri anında okunabilir.

Toplum güvenliği adına yüz tanıma, plaka tanıma, kavga ve ateşli silah kullanılan olayların tespiti için birçok çalışma nitelikleri düzenli artırılarak dünyanın değişik şehirlerinde kullanılmaktadır. Avrupa Telekomünikasyon Standardı Enstitüsü ETSI (European Telecommunications Standards Institute) acil durumlarda IoT olarak ifade edilen nesnelerin İnterneti alt yapısından nasıl faydalanılabileceğini açıklamıştır. Bunlardan bazıları, felaket anında, billboardlar, otobüs durağı ekranları, otobüs içindeki ekranlar gibi doğrudan kamunun bilgilendirilmesi, otomatik olarak tepki veren sistemler sayesinde elektrik, gaz gibi kaynakların anında kesilmesi, bir diğer örnek ise yangına müdahale eden bir itfaiyecinin kıyafetindeki sensörler marifetiyle fark edilemeyen acil durumda ilgili itfaiyeciyi bulunduğu ortamdan geri almak gibi sayılabilir.

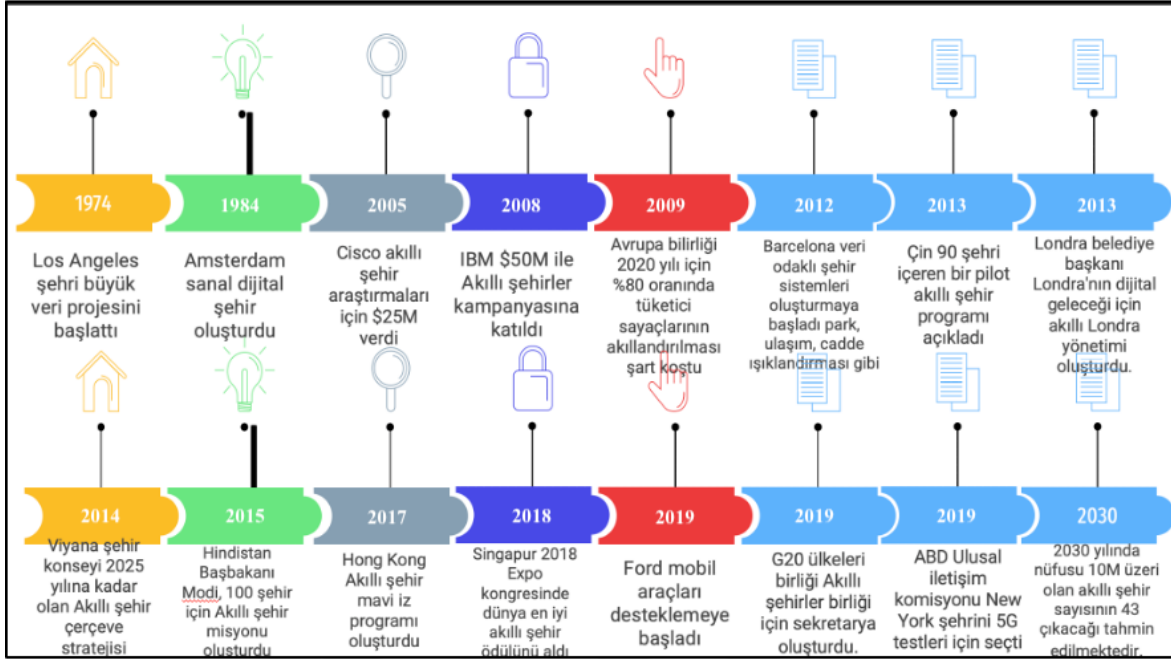
Otomatik kaza bildirim sistemi, kazalara anında müdahale için hayat kurtarıcı bir sistemdir. Hava yastığının acil kaza anında tetiklenmesi gibi araçta yer alan GPS sisteminden elde edilen verinin en yakın acil müdahale ekiplerine bildirilmesi. Kimyasal gaz sızıntısı olabilecek noktaların sensörler ile izlenmesi diğer bir hayati uygulamadır. Toplumun genelini kapsamasa da IoT şebeke marifetiyle sağlık sorunları oluşan bir kişiye tıbbi destek en kısa sürede yapılabilir. Düşme, yaralanma, kalp, tansiyon, şeker gibi hayati verilerin IoT giyilebilir cihazlar ile toplanması hayat kurtarmaktadır.

Kamu güvenliğinde sorumlu polis, jandarma gibi kolluk kuvvetlerinin yaralanma, olay anında darbe alması gibi durumlar giysilerindeki sensörler marifetiyle anında raporlanabilmektedir. Bütüncül ideal bir kamu güvenliğinin veri kaynağı düşünüldüğünde ise bu kaynağın paydaşlarının, mevcut kamu güvenliği kayıtları, sensörler, sosyal medya, konum bilgileri ve Akıllı Şehir yönetimleri gibi çeşitli kaynaklar olması gerekmektedir. Nesnelerin interneti, Akıllı Şehirler ve kamu güvenliği arasındaki ilişkiyi özetle ifade etmek gerekirse mevcut durum hakkında farkındalık, önleme ya da öteleme, otomatik alarm ve müdahale olarak dört aşamalı olarak ifade edilebilir. Akıllı Şehirlerin birçok uygulama örneğine kamu güvenliği perspektifinden Şekil 4.1.1 'deki mimari ile bakılabilir.



Şekil 4.1.1. Nesnelerin İnterneti destekli kamu güvenliği mimarisi

İlk örneklerini farklı uygulamalarla 1974'lü yıllara dayanan Akıllı Şehirlerin gelişim ve yayılım sürecine ilişkin kilometre taşlarını Şekil 4.1.2'de görülebilir.



Şekil 4.1.2. Akıllı Şehirler tarihçe ve kilometre taşları

Akıllı Şehirlerin bazı bileşenleri akıllı insanlar, akıllı yönetim, akıllı hareketlilik, akıllı çevre, akıllı yaşam şeklindedir.

- **Akıllı İnsanlar**, daha fazla beceriye sahip ve yüksek eğitilmiş bir grup insanı gösterir. Bu vatandaş grupları şehirlerdeki sistemi ve sosyal hayatın temel bileşenidir.
- **Akıllı Yönetişim**, vatandaşların yerel yönetimlerin faaliyetlerine nasıl katıldıklarını temsil etmektedir. Böyle bir organizasyonda vatandaşların kendi görüşleri hakkında konuşma hakları daha fazladır. Bilgi ve İletişim teknolojileri, katılım sürecinin önemli bir parçasıdır. Bilgiye ve teknolojilere erişim sayesinde vatandaşlar daha üretken hale gelmektedir.
- **Akıllı Hareketlilik**, Mobilete, uygulamalar hakkında çeşitli bilgilerin yanı sıra insanlara anlık veriler sağlar. İnsanların otobüsün gerçek varış saatinden önce otobüs terminaline gitmelerine gerek yoktur ve ayrıca siparişleri geldiğinde randevularını endişe duymadan yönetebilirler.
- **Akıllı Çevre**, şehirleri vatandaşlar için daha erişilebilir ve sürdürülebilir kılar. Yerel yönetimler geceleri sokak lambalarını açık tutmak zorunda değildir. Sokaklarda insan hareketliliği olduğunda sokak lambalarının otomatik olarak açılıp kapanması

sağlanır. Akıllı bir şehrin sakinleri, şehir merkezindeki mevcut otopark hakkında endişelenmiyor. Akıllı şehir uygulamasında mevcut otoparkları kontrol etmek sadece birkaç saniyelerini alır. Tüm bu şehirlerin, akıllandırılması sürdürülebilirliği desteklemektedir.

- **Akıllı Yaşam**, Akıllı şehirlerin Akıllı Yaşam özelliği vatandaşların hayatını rahat ettirir. Vatandaşlar sağlık sistemlerine zahmetsizce erişebilir ve sağlık sistemi vatandaşları herhangi bir acil durum desteği sağlamak için sürekli olarak izleyebilir [14].

Amerikan ulusal bilim kuruluşunun (NSF, National Science Foundation) bir parçası olan “Akıllı ve Bağlı Topluluklar” akıllı toplulukları şu şekilde tanımlamıştır [37];

“...akıllı teknolojileri sinerji olarak bütünleştiren
altyapı da dahil olmak üzere doğal ve yapılmış ortamları iyileştirmek için
yaşayanların, çalışanların sosyal, ekonomik ve çevresel refahı,
için bir yolculuk.”

Bu nedenle artık IoT kavramından IoPaTs (Internet of Personalized and Autonomous Things, Kişiselleştirilmiş ve otomatize nesnelerin interneti) kavramına doğru bir yolculuk başlamıştır. Akıllı Topluluk içinde kaynakların ve hizmetlerin, IoPaTs olarak bilinen bağımsız olarak sahip olunan, dağıtılan ve işletilen kuruluşlar tarafından oluşturulduğunu varsayılır. En temel düzeyde, bir IoPaT, fiziksel bileşenin çeşitli IoT aygıtlarından (ör. sensör ağları ve çeşitli kenar aygıtları) oluşmaktadır; siber bileşen ise harekete geçirme ve yinelemeye izin vererek "döngüyü tamamlayan" nesnelere oluşur.

IoPaTs’ler IoTs gibi, Topluluk Yönetimi tarafından Akıllı Topluluğun sayısız hizmetini bir araya getirmek için kullanılacak bir hizmet pazarına bağlanır ve katkıda bulunur. Çoğu IoPaT’ları bir şekilde ödeme karşılığında hizmetlerini bağışlamaya teşvik etmek için prosedürler uygulanmaktadır.

Bu tartışma uğruna, IoPaT’ın kaynaklarının ve hizmetlerinin niteliği esas olarak önemsizdir. Bununla birlikte, illüstrasyon amacıyla, bu hizmetler, IoPaT içinde çalışmak üzere topluluk üyelerini işe almayı, topluluk üyelerini yüksek talep gören beceriler konusunda eğitmeyi, bireyselleştirilmiş yol tarifleri sunmayı (abonelik esasına göre) vb. içerebilir [37].

Dünyanın değişik ülkelerinden farklı Akıllı Şehirler seçilerek Boston, San Francisco, Amsterdam, Stockholm, Singapur, Rio de Janeiro gibi, Akıllı Şehir konsepti nedir ve şehir yöneticilerinin bu konudaki öngörülerini incelenmiştir. Bu yapılırken Akıllı Şehirlerin dört teorisi göz önünde tutulmuştur. Bunlar aşağıdaki gibidir,

- Akıllı Makinalar ve Akıllı Organizasyonlar

Bu teoride otomasyonun, bilgi ve zekanın iş yerinde uygulanma etkileri açısından iki boyuttan biri olduğu diğer boyutun ise, bilgi değerlendirmesi olduğu yani akıllı makinelerin ürettiği bilginin organizasyon için yeni faydalar üretmek üzere değerlendirilmesi gerektiği.

- Paydaşlık ve iş birliktelikleri

Bu teoride, şehir yönetiminin, iş dünyası, sivil toplum kuruluşları, araştırma enstitüleri ile birlikte çalışması varsayımı vardır.

- Öğrenme ve adaptasyon

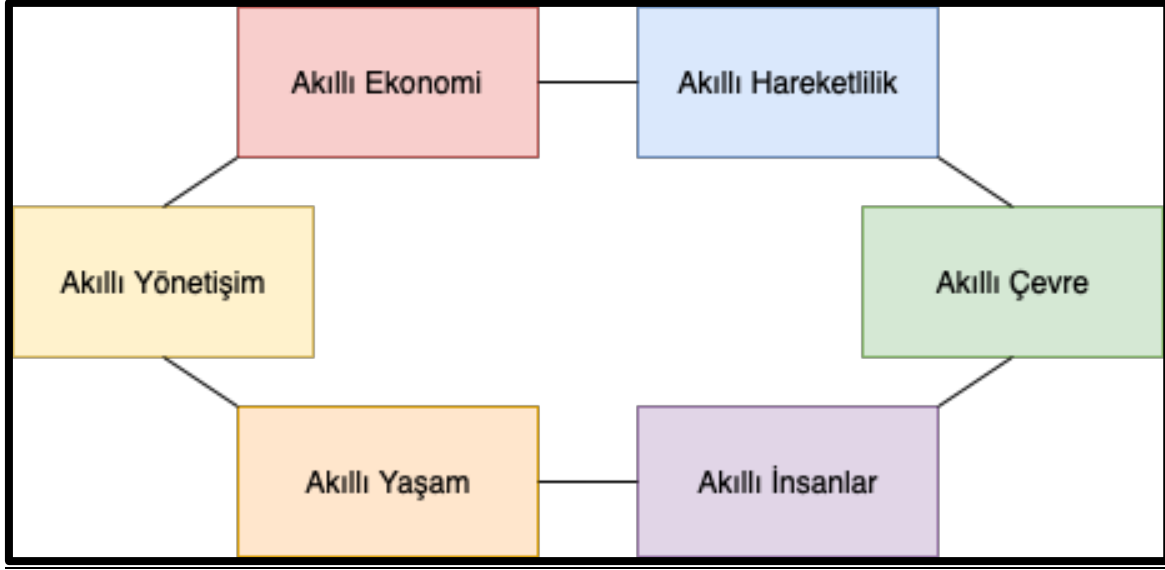
Bu teoride, şehrin kendi içinde yaptığı Akıllı Şehir uygulamalarından öte diğer örnek şehirlerdeki en iyi uygulamalardan ders çıkarılması gerektiği söylenmektedir.

- Gelecek için yatırım

Bu teoride varsayım Akıllı Şehir şehirde yaşayan insanların bilgi birikimi, sosyal ve fiziki kaynaklar ve çevresel, sosyal ekonomik dönüşleri olmak üzere teknolojiye yapılan yatırımlar bütünüdür [42].

Şehirlerde yaşayan dünya nüfusuna bakıldığında 1960 yılında 1 milyar iken bu rakam 1986 yılında iki katına çıkmış 2005 rakamlarına göre 3,2 milyar olmuş 2030 yılında ise 5 milyar insanın şehirlerde yaşaması beklenmektedir. Dünya nüfusu her yıl %1 artış gösterirken şehirlerde yaşayan insan sayısındaki artış neredeyse iki katı %1,8 düzeyindedir [53].

Akıllı Şehir karakteristikleri (Şekil 4.1.3) altı farklı başlıkta incelenmektedir. Bunları Ekonomi, hareketlilik, yönetim, yaşam, insan ve çevredir.



Şekil 4.1.3. Akıllı Şehir karakteristiği [76].

Her birini farklı Akıllı Şehir uygulamasında gördüğümüz bu karakteristikler uygulamaların niteliklerine göre yoğunluk göstermektedir.

Akıllı çevre denildiğinde akıllara ilk gelen bir şehrin bilgi teknolojileri ve IoT alt yapısı ile donatılarak şehirde yer alan sensörler aracılığı ile toplanan veriler ile şehrin sürekli izlenebildiği olası olumsuzluklara anında müdahale edilebildiği, periyodik kontrollerin yapılabilirdiği bir uygulama şeklindedir. IoT sensörlerin şehirlerdeki varlığı yaşanabilir şehirlerin oluşturulmasında en önemli bileşendir [76].

21. yüzyılın başlarından itibaren şehirleşme ve insanların şehirlerde yaşama istekleri giderek artmıştır. Milenyum çağındaki bu yaşam şeklindeki değişiklikler şehir yönetimlerine büyük yükler ve sorumluluklar getirmiştir. Şehir nüfuslarının artması ve şehir sakinlerine aynı kalite hizmet sunulma çabası daha çok kaynağa ihtiyacı beraberinde getirmiştir. İhtiyaçların daha az kaynakla tedariki için en kolay ICT (Information and Communication Technology) yatırımları ile yapılacağını gören yönetimler şehir yönetimlerinde ICT yatırımlarını çok önemsemektedirler. ICT şehirlerin ekonomik, sosyal ve çevre sorunları ile mücadele gücünü inanılmaz ölçüde artırmıştır [77]. Akıllı Şehir kavramı da tam bu noktada ortaya çıkmıştır. Akıllı şehir kavramı ilk ortaya çıkışı 1980’li yıllara kadar gitmektedir.

Avrupa şehirlerinde sık örnekleri görülen Akıllı Şehir uygulamalarının bazı spesifik motivasyonları da vardır. Örneğin, Danimarka’nın başkenti Kopenhag da düşük karbon

salınımı ile ilgili projeler öncelikle uygulamaya konulup bunun sayesinde 2025 yılında karbon değerlerinde standartlarda olan bir şehir olma çabası vardır. Daha verimli enerji kullanımı ve çevre dostu binalar inşa edip bu binalar ve çevre Akıllı Şehir altyapısına kavuşturulmaktadır. Diğer taraftan Amsterdam'da durum bundan farklı olarak, yerel halkın hayat kalitesini artırmak için mobil uygulamalara ve bunlarla bütünleşmiş sistemler oluşturmayı daha çok önemsenmektedir.

Yüz ölçümü olarak dünya yüzeyinin sadece %2 sini teşkil eden şehirlerde dünya nüfusunun yarısı yaşamaktadır. Fakat buna karşın bu şehirlerde dünyaya salınan sera gazının %75 üretilmektedir. Bu minvalde verimli enerji kullanımı başta olmak üzere dünyanın daha az kirletilmesini temin için şehirlerin kontrol altında tutulması hususunda ortak görüş vardır [77].

Nüfusları büyümekte olan şehirlerin bazı sorunları da bu büyümeye paralel artmaktadır. Bir tarafta kaynakların çok istismar edilmesi, sunulan servislerin yeterli olmaması ve çevre kirliliği varken diğer tarafta sürdürülebilirlik için bu sorunların üzerinden gelinmesi gerçeğinin bulunması. Akıllı Şehir kavramını kısaca anlatmak için şöyle söylenebilir, bir şehrin Akıllı Şehir olması için insana, ulaşım, bilgi teknolojilerine yatırım yapılmalıdır. Ne zaman bu yapılsa o zaman o şehrin Akıllı Şehir olması ve buna bağlı ekonomik büyümeden bahsedilebilir. Bir diğer taraftan ise Akıllı Şehir konuşulurken mobil, İnternet teknolojileri, semantik web ve bulut bilişim ayrılmaz parçalardır.

Bu çalışmanın sonunda ortaya konulan en temel gerçek bilgi ve iletişim teknolojilerinin Akıllı Şehirde anahtar elaman olduğu ve diğer enstrümanlarla iletişimde vazgeçilmez olduğudur. Bir diğer gerçek ise sürdürülebilirliktir. Çalışmanın vurguladığı bir diğer konu ise şehir yöneticilerinin ICT (Information and Communication Technologies) yatırımlarını artırarak sundukları servislerin kalitelerini artıracaklarını buna bağlı olarak şehir sakinlerinin yaşam kalitelerinin artacağı ve sürdürülebilirliğin daha etkin olacağı yönündedir [82].

4.2. Dünyada Akıllı Şehir Uygulamaları

İsviçre işletme okulu IMD'nin Singapur teknoloji ve tasarım üniversitesiyle birlikte hazırlamış oldukları Akıllı Şehir araştırma raporunda farklı ülkeden 102 farklı şehir Akıllı

Şehirlerin gelişmişliğinin tespitinde kullanılan gösterge değerler ile incelemeye tabi tutulmuşlardır. Bu raporda [38] ilk 10'da yer alan şehirler sırasıyla, Singapur, Zürih, Cenevre, Kopenhag, Auckland, Taipei, Helsinki, Bilbao, Duesseldorf ve Amsterdam şeklindedir. Bu listede Türkiye'nin başkenti Ankara CCC puanıyla 74. sırada yer bulmuştur. Bu sıralama Türkiye'de Akıllı Şehircilik ve uygulamaları ile ilgili alınması gereken oldukça fazla yol olduğunu göstermektedir. Söz konusu Akıllı Şehirler gelişmişlik endeksinde üst sıralarda yer alan şehirlerdeki uygulamalar taranmış ve bazıları bu bölümde paylaşılmıştır.

Endeksin puanlama skalası AAA en büyük puan olmak üzere en düşük puan D olarak ifade edilmiştir. Sıralama bu puanlama metodolojisine göre 1'den 102'ye şeklinde oluşturulmuştur. Puanlama yapılırken şehirlerin halihazırdaki alt yapıları incelenmiştir. Alt yapı incelemelerinde ise beş anahtar alan seçilmiştir. Bunlar sağlık ve güvenlik, mobilete, aktiviteler, olanaklar ve yönetişimdir. Bahsedilen beş anahtar alanda nelerin puanlandığına ilişkin liste Çizelge 4.2.1 de verilmiştir. Temel olarak yapısal durum ve teknolojik imkanlar etüt edilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Akıllı şehirler gelişmişlik endeksi tarama alanları [38].

TEKNOLOJİLER	YAPISAL, ALT YAPI
Sağlık ve Güvenlik	Sağlık ve Güvenlik
Güvenlik kameraları sakinleri daha güvende hissettiriyor.	Ortak bir güvenlik sorunu değil.
Bir web sitesi veya Uygulama, hava kirliliğinin etkin bir şekilde izlenmesini sağlar.	Hava kirliliği sorun değil.
Tıbbi randevuları çevrimiçi olarak düzenlemek erişimi iyileştirdi.	Sağlık hizmetlerinin sağlanması tatmin edicidir.
Şehir bakım sorunlarının çevrimiçi raporlanması hızlı bir çözüm sunar. Bir web sitesi veya Uygulama, istenmeyen öğeleri diğer şehir sakinlerine dağıtmanıza izin verir. Ücretsiz kamu wifi hizmetlere erişim geliştirdi.	Temel sağlık hizmetleri en yoksul bölgelerin ihtiyaçlarını karşılar. Geri dönüşüm hizmetleri tatmin edicidir.
Hareketlilik	Hareketlilik
Araç paylaşım Uygulamaları tıkanıklığı azalttı.	Trafik sıkışıklığı sorun değil. Toplu taşıma tatmin edicidir.
Sizi kullanılabilir bir park yerine yönlendiren uygulamalar yolculuk süresini kısaltmıştır. Bisiklet kiralama tıkanıklığı azalttı.	
Çevrimiçi zamanlama ve bilet satışları toplu taşıma araçlarının kullanımını kolaylaştırır.	
Etkinlikler	Etkinlikler
Şovlara ve müzelere çevrimiçi bilet satın almak, katılmayı kolaylaştırdı.	Yeşil alanları yeterli seviyededir.
	Kültürel etkinlikler (gösteriler, barlar ve müzeler) tatmin edicidir.
Fırsatlar (İş ve Okul)	Fırsatlar (İş ve Okul)
İş ilanlarına çevrimiçi erişim, iş bulmayı kolaylaştırdı.	İş bulma hizmetleri mevcuttur.

BT becerileri okullarda iyi öğretilir.	Çoğu çocuğun iyi bir okula erişimi vardır.
Şehir tarafından sağlanan çevrimiçi hizmetler, yeni bir işe başlamayı kolaylaştırdı.	Yaşam boyu öğrenme olanakları yerel kurumlar tarafından sağlanmaktadır. İşletmeler yeni işler yaratıyor.
	Azınlıklar hoş karşılanıyor.
Yönetim	Yönetim
Şehir finansmanına çevrimiçi kamu erişimi yolsuzluğu azalttı.	Yerel yönetim kararlarına ilişkin bilgilere kolayca erişilebilir. Şehir yetkililerinin yolsuzluğu endişe konusu değil.
Çevrimiçi oylama katılımı artırdı.	Sakinleri, Yerel Hükümet kararı haline getirmeye yardımcı olur. Sakinleri, Yerel Hükümet projeleri hakkında görüş bildirmek.
Sakinlerin fikir önerebileceği çevrimiçi bir platform, şehir yaşamını iyileştirdi. Kimlik Belgelerinin çevrimiçi işlenmesi bekleme sürelerini azaltmıştır.	

Taipei Şehri

Akıllı Şehirler endeksine 7. Sıradan giren Taipei şehrinde uygulamaya konulan bazı Akıllı şehir teknolojilerine bakıldığında ön plana akıllı eğitim ve akıllı ulaşım çıkmaktadır.

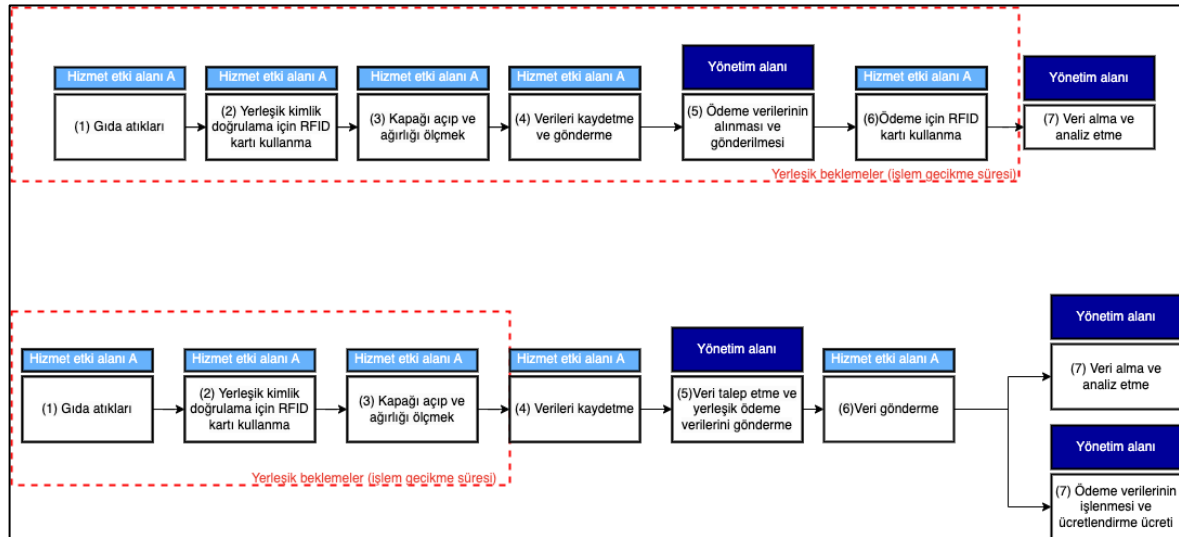
Taipei Şehir Hükümeti IDC Asya / Pasifik Akıllı Şehir Asya Pasifik Ödülleri'nde yer almıştır ve "Öğrenme Engellerini Aşmak: Akıllı Eğitim" projesi ile eğitim alanında kazananlardan biri olmuştur. Ödül, çok titiz incelemelerden sonra verilmiş bu hem Taipei hem de Tayvan'ın bu alanda ilk kez tanınmasıdır. 1,6 milyar Tayvan doları üzerinde bir bütçeyle, Taipei Şehir Hükümeti 2018'den bu yana beş ana alanda akıllı eğitime yatırım yapmaktadır: kampüslere akıllı ağlar kurmak, akıllı gelecek sınıfları kurmak, dijital öğrenme platformlarını teşvik etmek ve mobil eğitimi teşvik etmek ve akıllı öğretim. Taipei Şehir Hükümeti, öğrencilere, velilere ve öğretmenlere çeşitli bütünleşmiş eğitim hizmetleri sunmayı amaç edinmiştir.

İnsanlar 5-10 dakikalık yürüme mesafesinde bir "Youbike" istasyonu bulabilmektedirler. İnsanlar kiralamak veya park etmek için bir istasyon bulmak istediklerinde mobil uygulamaları kullanabilmektedirler. Taipei bölgesinde yaklaşık 500 kilometrelik bisiklet yolu vardır. İnsanlar şehri gezmek için bisiklet kiralayabilirler. Hem kapsamlı hem de akıllı olan otobüs servisleri herkesi birbirine bağlar. Taipei 'de 3313 otobüs ve 286 güzergâh bulunmaktadır. Toplu taşıma araçları arazinin yüzde 97,5'ini kaplamaktadır ve bir otobüs durağı ancak 500 metre uzaklıktadır. Her gün 1.3 milyon yolcu otobüsü gidecekleri yerlere ulaşmak için kullanılmaktadır. Taipei Şehir Hükümeti, tüm otobüslerin GPS sistemleriyle donatılmasını ve GPS verilerinin dinamik bir otobüs bilgi sistemi oluşturmak için

kullanılmasını zaruri kılmıştır. Dinamik otobüs bilgi sistemi, yolculara otobüs duraklarında veya cep telefonlarında gerçek zamanlı otobüs varış bilgilerini sağlar. Akıllı veri yolu sistemi yüzde 95 doğruluk oranına sahiptir. İnsanlar güvenilir bir Akıllı MRT (yüksek hızlı tren sistemi) sisteminden yararlanır çünkü onlara zaman kazandırır. MRT sisteminin şu anda beş hattı ve 117 durağı var. Her gün toplam 2 milyon yolcu kullanmaktadır. Yolcular MRT tren ve istasyonlarında halka açık kablosuz ağ kullanılabilir. Zamanında hareket performans oranı% 99,6'dır. Üst üste beş yıl boyunca, Taipei mrt'nin güvenilirlik endeksi (MKBF), akıllı tren kontrol ve yönetim teknolojileri nedeniyle dünyanın en iyisi olmuştur [39].

Seul

Nesnelerin İnternetinin birçok alanda uygulanması şehir yönetimindeki otoritelerin atık yönetimi konusunda IoT kullanımına ilgi duymalarına yol açmıştır. Bir çalışmada Seul şehrinde yerleşik olan atık toplama ünitelerine IoT tabanlı bir yaklaşımla mobil ve şehir sakinleri için daha kullanışlı bir atık yönetim sistemi önerisi getirilmiştir. Smart Garbage Bin System olarak adlandırılmıştır. Teklif edilen sistemin işleyişine ait görsel aşağıdaki Şekil 4.2.1 de ki gibidir. Sürece bakıldığında sürelerin daha etkin kullanılması ile daha konforlu bir sistem elde edilmesi benimsenmiştir.

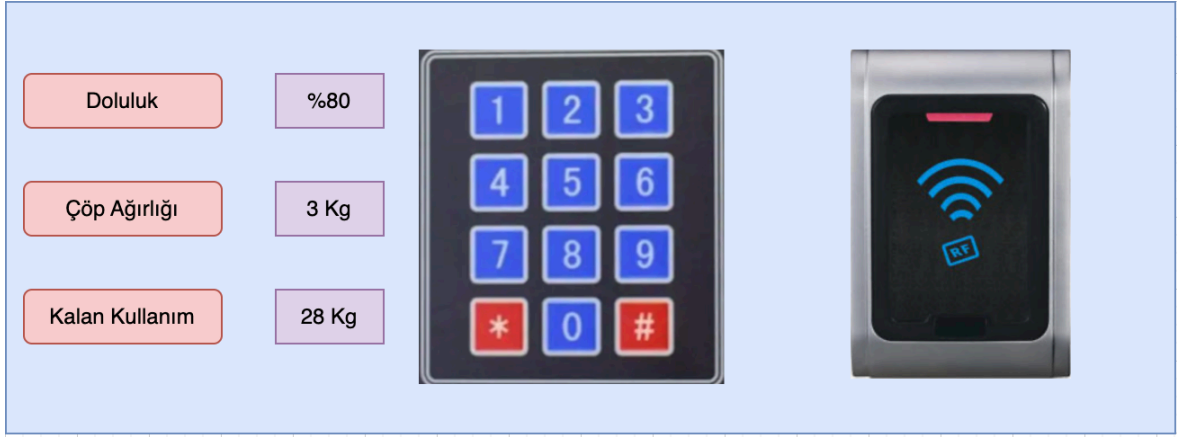


Şekil 4.2.1. Seul için önerilen ve Smart Garbage Bin System olarak adlandırılan IoT tabanlı akıllı atık yönetim süreci [41].

Seul de mevcutta RFID tabanlı bir atık yönetim sistemi mevcuttur (atık ünitesi örnek ekranı Şekil 4.2.2'de görülmektedir). Bu sistemde tüm atık üniteleri doğrudan kablolu elektrik ile

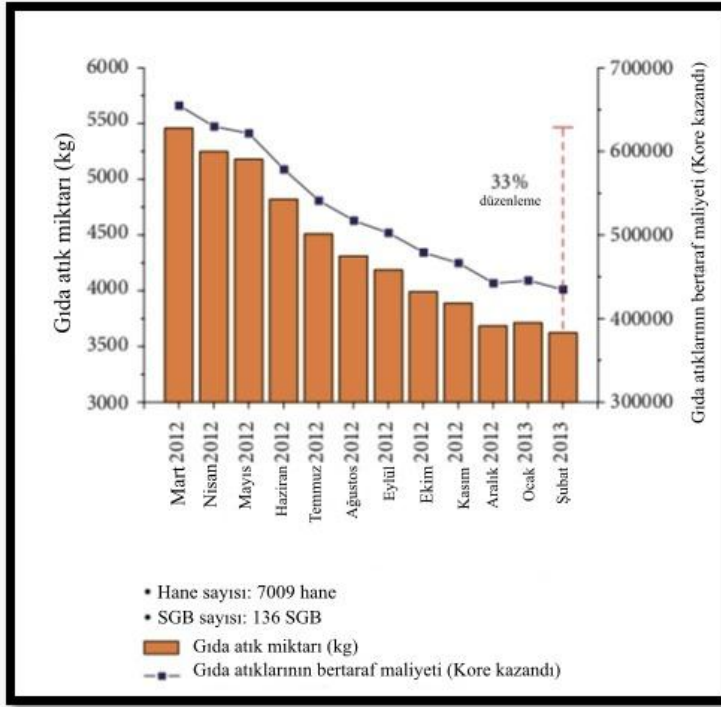
beslenmektedir. Bu durumda mobiliteden bahsetmek oldukça zordur. IoT sistemi kullanarak ve bunu da batarya ile besleyerek daha etkin çözümler üretilebilecektir.

Mevcut sistemde şehir sakinleri atıkları için sabit bir ücrete tabi tutulmaktadır. Dağıtılan plastik poşetlere atıklarını koymakta ve bunu atık ünitelerine götürmektedirler. Buna ilişkin bir görsel aşağıdaki Şekil 4.2.2'deki gibidir.



Şekil 4.2.2. RFID tabanlı akıllı atık yönetim sistemine ait akıllı atık ünitesi arayüzü [41].

Atık ünitelerinde kişi bazlı atık hakkı, teklif edilen sistemde daha etkin kullanılabilir. Örneğin aylık ortalama 20 kg atık hakkı karşılığında 20 Kore Wonu ücret ödemek durumunda kalmaktadır. Bu ücret bu sistemde atık azaldıkça azalacak şekilde planlandığından daha az atık konusunda şehir sakinleri cesaretlendirilmiş olacaktır. Bu plan uygulama sonrasında geçen bir yıllık periyoda bakıldığında atık miktarında %33 lük gibi bir başarıya ulaşılmıştır [41]. Bu azalış Şekil 4.2.3'de verilen görselde alınan örnek veri seti üzerinden aylara bağlı olarak hızlı düşüşte gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.2.3. Akıllı atık ünitesinin ekosisteme katkısı [41].

Uygulanan yeni sistemde fayda olarak sayılan bir diğer husus ise rota planlamaya ilişkindir. Mevcut sistemde gece yarısından sabaha kadar atık toplama işi yapılırken önceden belirlenmiş standart rotalar üzerinden operasyonlar yürütülmektedir. Atık ünitelerine yaklaşan araçlar RFID sayesinde atık ünitesi dolu ise almaktadır. Fakat her hâlükârda o sokak ya da caddeden geçilmektedir. Yeni sistemin IoT bazlı olması rotanın dinamik olarak planlanmasını sağlamaktadır [41].

Viyana

Avusturya'nın başkenti ve en büyük şehri olan Viyana, yaklaşık 1,8 milyon nüfusa sahiptir. Yaşam kalitesi, altyapı ve inovasyon açısından dünyanın en iyi şehirlerinden biridir. Viyana'nın göçmen selinin bir sonucu olarak üç milyonluk bir nüfusa çıkacağı ve altyapı taleplerini önümüzdeki 25 yıl içinde dört katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Sonuç olarak Viyana'da yeni çözümlere ihtiyacı olduğu verilerle ortaya konmuştur.

Viyana'nın Akıllı Şehir Programının Temel Özellikleri;

- Akıllı şehir projeleri için bir model olarak sıkça gözden geçirilmesi
- Tüm şehirde bağımsız projelerin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesini takip edilmesi

- Güçlü paydaş katılımı ile belediye yetkilileri tarafından yönetilen yoğun bir planlama sürecinin olması
- Şehrin belediye başkanı tarafından başlatılan ve desteklenen başta köklü teknoloji çözümleri olmak üzere vizyon odaklı projelerin seçimi ve gerçekleştirilmesi.

Viyana'nın metrolarının ürettiği frenleme enerjisini farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu proje tek bir paydaşın etki alanı içinde yürütülmesine rağmen, sonuçta ortaya çıkan kaynakların korunması nedeniyle Akıllı Şehir projesi olarak sınıflandırılmış ve Viyana Akıllı Şehir Ajansı tarafından denetlenmektedir. Viyana'daki metrolarda elektrik motorları bulunduğundan, frenleme enerjisi geri kazanım olarak bilinen karmaşık bir geri kazanım işlemi ile yakalanabilir ve toplanabilir. Bununla birlikte, bu şekilde geri kazanılan enerji, yalnızca belirli enerji ağı üzerindeki çifte baskıyı hafifletmek için yeraltı trenlerinin enerji ağına gönderilebilmektedir.

Böyle bir alıcı yoksa, enerji ısı olarak salınır. Frenleme enerjisinin kullanımı 2016 yılından bu yana işleyiş ve beklenen ek değer açısından pilot proje olarak araştırılmıştır. Bu programın amacı, akıllı bir şehrin daha geniş kapsamı içinde oldukça spesifik, dolayısıyla ayrı bir proje olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte, bu program sadece Akıllı Şehir fikrine dahil edilebilir. Projeler, aşağıdaki geniş hedeflere odaklanarak Viyana'nın Akıllı Şehir vizyonu ve planına uygun olarak seçilmiştir:

Viyana, açık yönetim açısından en ileri görüşlü Avrupa şehri olmayı hedeflemektedir. 2025 yılına gelindiğinde kişi başına düşen enerji kullanımı %40 oranında azalmış olması beklenmektedir. Kapsamlı restorasyon çalışmaları sonucunda ısıtma ve soğutma ile ilgili mevcut binaların enerji tüketimi kişi başına yıllık %1 oranında azaltılacaktır. Viyana, yüksek kaliteli, uygun fiyatlı konutların yanı sıra hoş bir yaşam ortamı sağlayacaktır. Yeşil alan toplam alanın yarısından fazlasını oluşturmalıdır. Viyana, kişi başına düşen gelire göre değerlendirildiğinde Avrupa'nın ilk 10 alım gücüne sahip şehirlerinden biri olmaya devam edecektir. Buna bağlı olarak 2050'ye kadar her yıl 10.000 kişinin kendi işini kurması beklenmektedir [43].

Münih

Münih, Almanya'nın üçüncü büyük şehri ve Bavyera federal devletinin ekonomik merkezidir. Münih, aralarında Siemens, MunichRe, Allianz ve BMW'nin de bulunduğu dünya çapındaki birçok firmayı ağılıyor olması nedeniyle Avrupa'nın ekonomik açıdan en başarılı şehirlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca barındırdığı iki önemli üniversite ile, Münih kendini önemli bir yenilik merkezi haline getirmiştir.

Öte yandan, şehrin dış alanları, antik ve modern yapıların bir karışımı kullanılarak yeniden inşa edilmiştir. Bu stratejiyi tamamlamak için otomobil dostu bir şehir kavramı kullanılmıştır. 1960'lı yıllarda bütünleşmiş bir planlama sürecinin hayata geçirilmesi amacıyla bir şehir gelişim planı oluşturulmuştur. Buna ek olarak, tüm ulaşım sisteminin yaklaşmakta olan çöküşünü önlemek için, mevcut yüzey tramvay hatlarına ek olarak metro ve banliyö demiryollarının inşası yoluyla toplu taşımacılığın genişletilmesi kilit bir vurgu alanı haline gelmiştir.

Münih'in Akıllı Şehir Programının Temel Özellikleri:

- Belirlenen faaliyet sektörlerinde aynı anda ayrı girişimlerin gerçekleştirilmesi
- Kanıtlanmış teknolojinin planlanması ve kullanımına dayalı proje yapılması
- Belediye yönetimini Akıllı Şehirler konusundan ve strateji oluşturma görevinden sorumlu olması
- Neredeyse tamamen teknolojiye odaklanan ve şehrin genel planına entegre olan kavramlar kullanılması

Örneğin, tanımlanan yaklaşım ile emisyonlar ve kaynakların korunması alanlarında aşağıdakiler gibi hedefler belirlenmiştir.

- CO2 emisyonlarını her beş yılda bir % 10 azaltmak - 2030 yılına kadar kişi başına düşen emisyonları yarıya indirmek (1990 yılına göre)
- Konut, metro ve tramvay gibi alanlardaki enerji ihtiyacının tamamını Stadtwerke München (Münih kamu şirketi, yenilenebilir enerji) tarafından 2015 kadar sağlamak (sağlanmıştır)
- Şehrin Münih tüm enerji talebi (Sanayi dahil) ile elektrik kaynaklı sadece yenilenebilir enerji kaynaklarının 2015 yılına kadar (sağlanmıştır)

- Tüm enerji talebi (ısıtma dahil) ile yenilenebilir enerji tarafından sağlamak (2040 yılına kadar)

Federal Çevre, Doğa Koruma, Bina ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı, sürdürülebilir hareketlilik sağlamayı amaçlayan City2Share girişimine 5,8 milyon avro hibe vermiştir. Münih, 2016 ve 2020 yılları arasında konutlara toplam 1,56 milyar avro, eğitim kurumlarına ise 2,12 milyar avro yatırım yapmayı hedeflemiştir. Ayrıca, enerji tasarrufu ve elektromobilite için sırasıyla 33 milyon Euro ve 22 milyon Euro tahsis edilmiştir.

Bu süre zarfında toplam altı milyar avroluk bir yatırım beklenmektedir. Şehrin nüfusu ile ilgili olarak bakıldığında, bu yatırımın büyüklüğü netleşiyor örneğin, 2016 ve 2020 arasında Münih, yukarıda belirtilen sektörlere kişi başına yaklaşık 3.500 avro yatırım yapmıştır. Ayrıca, özel yatırımcılar Akıllı Şehir de dahil olmak üzere yenilikçi girişimlerle ilgilenmekte ve ek mali destek sağlamaktadır. Sonuç olarak, Akıllı Şehir dönüşüm programları, daha fazla yatırım için teşvik sağlayan önemli kamu desteği ile öne çıkarılmaktadır [43].

Dubai

Dubai, ülkeyi oluşturan yedi emirlikten biridir ve Basra Körfezi'nin güneydoğu kıyısında yer almaktadır. Ülkenin yasama organında Abu Dabi ve Dubai, önemli ulusal meseleler üzerinde veto yetkisine sahip iki emirliktir.

Şehrin mükemmel coğrafi konumu onu büyük bir ticaret merkezi haline getirdi ve yirminci yüzyılın başında Dubai kendisini büyük bir bölgesel liman olarak kurmuştur. Şehir, dünyanın en yüksek yapısı, insan yapımı adalar, oteller ve dünyanın en büyük alışveriş merkezlerinden bazıları gibi iddialı inşaat projeleri de dahil olmak üzere gökdelenleri ve yüksek binaları ile dünya çapında bilinmektedir.

Dubai'nin Akıllı Şehirler Konusundaki Başarılı Uygulamaları;

Dubai sakinleri için E-Hizmetleri kullanmak günlük bir rutin haline gelmiş ve bu kadar çok sayıda kullanıcı şehri yönetimini Akıllı Şehirle ilgili programlar ve projeleri uygulamaya teşvik etmiştir. Dubai, altyapı alanında akıllı cihazların/teknolojilerin kullanımında büyük ilerleme kaydederken, akıllı bir şehir dönüşümüne zemin hazırlamanın ilk aşamalarında. E-devlet, kullanıcı dostu bilgi teknolojileri uygulamalarını kullanarak mümkün olduğu kadar

çok hizmet sunmaya çalışmış, bu nedenle hükümet ile vatandaşları arasında güçlü bir ağ oluşturulmuştur.

BAE'yi düzenli olarak ziyaret eden ve BAE'den ayrılan kişiler, pasaport kontrol sürecini bir kartı kaydırmak kadar basit hale getiren E-Kapı kartını kullanarak tamamlayabilmektedir. Emirates kimlik kartları yakında E-Kapı kartlarının rolünü üstlenecek ve havaalanlarındaki uzun pasaport kontrol sürecini atlayarak birçok kez kullanılabilir olacaktır. Birleşik Arap Emirlikleri'nin ulusal kimlik kartı, dünyanın en modern ve güvenli akıllı kartlarından biridir. Tanımlama parametreleri karttaki akıllı çipe güvenli bir şekilde kaydedilir. Bu nedenle, bir kişinin kimliğini hem yerinde (fiziksel olarak) hem de uzaktan (sanal olarak) doğrulayarak güvenli ve güvenilir işlemlere olanak tanınmaktadır.

Dubai'nin en yeni hükümet politikasına göre, şehrin "akıllı bir şehir" olma çabalarının bir parçası olarak şehir genelinde kablosuz internet bağlantısı sunulacaktır. Yerel halkı farklı bilinçlendirme programlarına dahil ederek, Dubai Elektrik ve Su Kurumu (DEWA) kaynakları korumak için önemli çabalar sarf etmektedir. E-Hükümetler, akıllı şebeke teknolojisinin başlatılması, kaynak tüketimi için akıllı sayaçlar, her bir mülkün tüketim oranını ortaya koyan çeşitli fatura üretimi ve kaynak tasarrufu yapan kişiler için çeşitli ödül törenleri gibi eylemler gerçekleştirmektedir [44].

Singapur

Singapur Hükümeti, kalbiyle hizmet veren dijital-çekirdek bir hükümet olma yolunda büyük istikrarlı ilerlemeler kaydetmiştir. Maceraları uzun bir süre önce, 1980'lerde Ulusal Bilgisayarlaşma Programı ile başlamıştır. Singapur'un dijital hükümet faaliyetleri artık küresel ölçekte iyi tanınmaktadır. Vatandaşları ve şirketleri İnternet üzerinden hükümetle kolayca iletişimde olabilir ve kamu görevlileri günlük işlerinde dijital teknolojileri kullanmaktadırlar. Bunun anlamı şehir yaşayanlarının ve şirketlerin hükümet ile daha basit ve sorunsuz bir şekilde işlerini yürütebilmelerine olanak sağlamaktadır.

Gerek gerçek kişiler ve gerekse de tüzel kişilerin hükümet ile olan işlerinde yapabilecekleri özetle şöyle ifade edilmektedir;

- Dijital hizmetleri sezgisel, kullanımı kolay ve ihtiyaçlarına uygun olarak bulabilirler

- Devlet işlemlerini kağıtsız, herhangi bir yerde olma zorunluluğu olmaksızın bir şekilde baştan sona, her zaman, her yerde ve herhangi bir cihazda tamamlamanın kolaylığından yararlanırlar
- İlgili veriler veya talep ilgili kamu kurumlarıyla paylaşılacağından, yalnızca bir kez bilgi vermeleri veya yardım talebinde bulunmaları yeterli olacaktır
- Verilerin güvende olduğunu bilmeleri [47].

Singapur, akıllı bir ulusa dönüşüyor, byte byte, sistem sistem şeklinde bir vizyonu benimsemiştir. Stratejik Ulusal Projeler, bu vizyonu gerçeğe dönüştürmenin temelidir. Bunlardan bazıları;

- GoBusiness: Singapur'daki işletmelerin e-devlet hizmetlerine ve kaynaklarına erişmeleri için bir platformdur
- Codex: Daha iyi, daha hızlı ve daha uygun maliyetli dijital hizmetler geliştirmek için devlet kurumları ve özel sektörler arasında paylaşılan bir dijital platformdur
- E-Ödemeler: Finansal işlemleri herkes için daha sorunsuz ve verimli hale getirmek için, çeşitli sistemlerde çalışan basit ve güvenli bir platformdur
- LifeSG: Devlet hizmetlerine kolayca erişilmesini, en son haberleri ve güncellemelerin takip edilmesini, uygulamaların takip edilmesini ve daha fazlasının yapmasını sağlar
- Ulusal Dijital Kimlik: Ulusal Dijital Kimlik (NDI) girişimi Singpass kullanıcılara, vatandaşlara hem de işletmelere, hükümet ve diğer özel hizmet sağlayıcılarla işlem yapmaları için uygun ve güvenli bir platform sağlar
- Punggol Akıllı Şehir: Sakinleri, işletmeleri ve öğrencileri bir araya getiren Punggol'un, Akıllı Ulus hedefleri sergileyen gelişen, teknoloji etkin, sürdürülebilir bir şehir olması planlanmaktadır.
- Akıllı Ulus Sensör Platformu: SNSP, akıllı çözümler oluşturmak için analiz edilebilecek temel verileri toplamak için sensörler kullanan bütünleşmiş, ülke çapında bir platformdur
- Akıllı Şehir Hareketlilik: Toplu taşıma sistemin geliştiren akıllı çözümler bulmak için dijital teknolojileri kullanan Singapur vizyonu için daha fazla konfor, rahatlık, güvenilirlik ve destek sağlanması [46].

Singapur, trafik akışını iyileştirmek ve yol güvenliğini sağlamak için gelişmiş bir ITS (Intelligent Transportation Society, “Akıllı Ulaşım Topluluğu”) sistemi kurmuştur.

Singapur'un ITS gücü, trafik yönetimine yönelik kapsamlı yaklaşımından kaynaklanmaktadır; Sabah yoğun saatlerde ücretsiz toplu taşıma, araç kotası sistemi, iyi işleyen bir toplu taşıma sistemi ve şehrin genel ulaşım sistemini iyileştirmek için tıkanıklık ücreti gibi diğer ulaşım girişimleriyle iş birliği yapılmaktadır. Singapur, sakinlerine birçoğu bileşenlerine dayanan çeşitli akıllı ulaşım hizmetleri sunmaktadır [45].

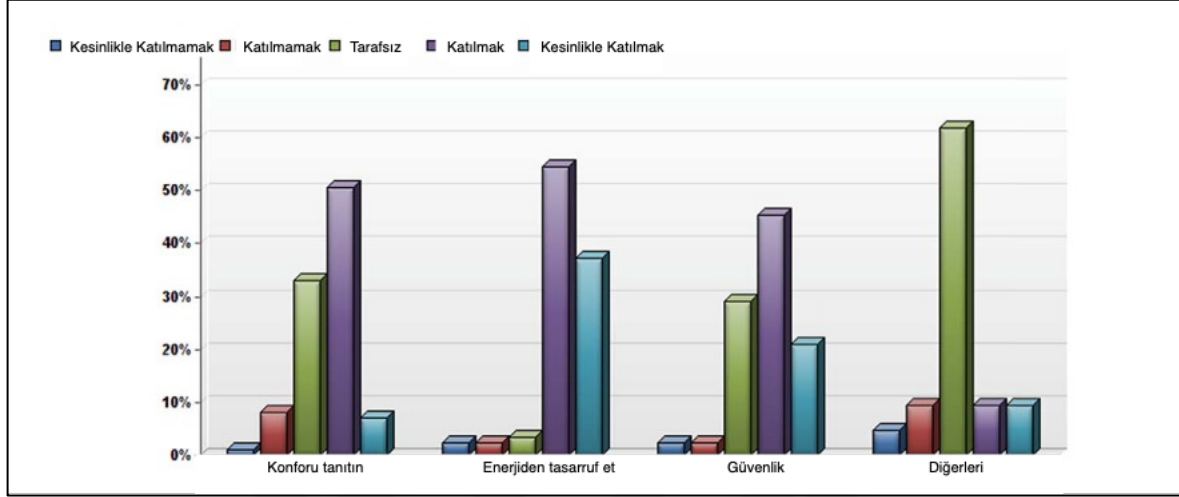
Singapur sık sık önemli bir Akıllı Şehir örneği olarak gösterilmektedir. ABI araştırmanın 2018 Akıllı Şehir sıralamasında Singapur, inovasyon ile ilgili kategoride en iyi puanı alarak zirveye çıkmıştır. Singapur'un hizmet olarak yük taşımacılığı (FaaS), hizmet olarak hareketlilik (MaaS) ve karmaşık yapısal zorlukları çözmek için yeni nesil teknolojilerin ve yıkıcı paradigmanın yaratıcı kullanımı alanındaki başarıları özellikle dikkat çekicidir. Akıllı Ülke Singapur, 2014 yılında başlatılan Akıllı Ulus programı Singapur'un Akıllı Şehir gelişimine odaklanmaktadır. Singapur hükümetinin o zamanki hedefi, dünyanın ilk Akıllı Ülkesi için teknik bir çerçeve oluşturmaktır.

Singapur'un Infocomm Medya Geliştirme Kurumu hem donanım hem de yazılım altyapısının gelişimini denetlemekle görevlendirildi. Bu, IoT kullanımının standardizasyonunu ve Smart Nation Platformunun oluşturulmasını da içermektedir. Smart Nation Platformu, heterojen ağlar, her yerde bulunan bağlantı ve ülke çapında IoT sensörü ve veri analizi yetenekleri sunan yeni bir yükseltilmiş bağlantı ağı olacak şekilde tasarlanmıştır. Şirketler ve devlet kuruluşları, Smart Nation Platformunu kullanarak konut sakinlerine daha akıllı hizmetler sunabilmektedirler.

Akıllı Ulusun Ulaşım girişimlerine daha derin bir bakış ile birçok ilgi çekici proje ve bilgiyi ortaya çıkarmaktadır. Singapur'un stratejik hedefi, daha verimli, ve daha güvenli araçların yanı sıra gelişmiş ulaşım teknikleri ve sistemleri kullanarak hizmet alanını daha iyi kullanmaktır. Üniversite kampüsünde sürücüsüz servis otobüsleri için çeşitli boyutlarda özerk servis otobüsleri , özerk isteğe bağlı minibüsler, özerk elektrikli minibüs hizmeti ve daha büyük, 40 kişilik özerk bir elektrikli otobüs, bu projelerin önemli parçalarıdır [48].

Singapur'da 10 haneden 9'u internete bağlıdır. Yapılan bir araştırmada [49] Katılımcıların çoğunluğu evlerinde enerji tasarrufu sağlamak için akıllı teknolojiye yatırım yapacaktır. Akıllı teknoloji ve akıllı ev cihazları nihayetinde sağlık sektörü platformlarının yanı sıra enerji santralleri ve diğer hizmet sağlayıcılarla da birbirine bağlanacaktır. Şekil 4.2.4 de [49] çıktılarını gördüğümüz araştırmada ayrıca akıllı teknolojiyi kullanarak enerji tasarrufuna

odaklanıldığını ve ardından güvenliğin arttığını göstermektedir. Kameralar ve hareket detektörleri şeklinde gözetlemenin devreye girdiği yer burasıdır. Araştırmada, enerji tasarrufu ve konforun daha olumlu oylandığı, ardından üç seçenek arasında en az önem taşıyan güvenlik olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2.4. Singapur halkının akıllı teknolojiye bakışları [49].

Farklı ülkelerin atık yönetim sistemleri incelenmesi sürecinde yaşanabilir bir çevre ve ülke sloganıyla yola çıkıldığı bunun temin edilmesi için daha uzun perspektifte şehir sakinlerinin atıklarının azaltılması amaçlanmış ve insanlar bu konuda yönlendirilmiştir. Özendirici birçok uygulamanın yanı sıra atık için belirli miktarda ücret talep edilmesi uygulamasının büyük faydası görülmüştür. Bu doğrudan insanları daha az harcama yapmak için atıklarını ayrıştırmaya yöneltmiş birçok amacı aynı anda gerçekleştirmiştir.

Türkiye’de de yaygın olarak kullanımı olan Akıllı Şehir kavramı şehirlerdeki ulaşımdan, çevreye birçok işin çevrimiçi ortamlarda yapılabilmesinin temini maksatlı kullanılmaktadır. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca sunulan bir hizmet olan akillisehirler.gov.tr web sitesinde [87] verilen başarı örnekleri adındaki açıklamada 35 farklı şehir incelenmiştir. Bu şehirlerimizde yapılan Akıllı Şehir uygulamaları listelenirken listenin başında Konya şehri olduğu görülmektedir. 132 ayrı proje ile listenin başında yer alan Konya şehrinde açık veri portalinden, akıllı turizm rehberine, belediye iş takip sisteminden, bakım onarım SCADA sistemine kadar birçok geniş alanda Akıllı Şehirler uygulamalarına rastlamak mümkündür.

Diğer dünya ülkelerindeki örnekler incelenirken, şehrin ziyaretçi ve yaşayanların hayatlarını nasıl kolaylaştırdığını baskın şekilde dile getirmek adına farklı ifadelerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Örneğin, Avrupa’da Akıllı Şehir örnekleri içinde önemli yeri olan Amsterdam şehri kendini Dijital City olarak tanımlamakta, birçok uluslararası organizasyona ev sahipliği yapan Dubai şehri ise kendini İnternet City şeklinde lanse etmektedir. Buradan yola çıkarak özellikle Türkiye’de de bu anlamda İstanbul, İzmir, Antalya gibi uluslararası misafir ağırlama istatistikleri yüksek şehirlerimiz için yeni konseptler geliştirmenin buna uygun marka isimler ile rekabet gücünün artırılmasının ülke ekonomisine ve prestijine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.3. Akıllı Şehirlerde Siber Güvenlik

Akıllı Şehirlere yapılan yatırımların büyüklüğünün giderek artması, Akıllı Şehirlerin bilgi ve iletişim teknolojisi ile donatılmış olması bunun da ötesinde sadece 2019 yılında günlük toplanan şehir içi kamera kayıtlarının dünya genelindeki büyüklüğünün 2500 peta bayt olduğu düşünüldüğünde [88] bu alanın siber ataklar için ne kadar cazip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada uygulanan yöntem ve metodolojinin bilgi güvenliği ve siber güvenlik standartlarını asgari düzeyde sağlıyor olması hedeflenmiştir.

Günümüzde insanlar uzun zamandır ellerindeki akıllı telefonlar aracılığı ile birbirlerine bağlı durumdadır. Bunu yanı sıra akıllı enerji sayaçlarından, park ve aydınlatma, su kaçakları gibi birçok alanda yapılan uygulamalar da Akıllı Şehirlerin dinamiklerini oluşturmaktadır. 21. yüzyıl artık araçların ve evlerin nesnelere interneti ile birbirlerine bağlı olduğu bir yüz yıldır. Şehir yaşayanlarının yaşam koşullarını iyileştirmek için hemen her gün bir nesnelere interneti uygulaması insanların hayatına girmekte olup zamandan, finansa ve sağlığa birçok konuda inanılmaz iyileştirmeler sunmaktadır. Artık ulaşımda akıllı telefonlarla nesnelere interneti ile donatılmış ağlara saniyeler içinde erişebilmekte canlı verileri görülebilmekte ve buna uygun plan program yapılabilmektedir. Bu kadar farklı konuda ve alanda veri trafiğinin oluşması paralelinde kaynak ile son kullanıcı arasındaki birçok katmanda güvenlik ve gizlilik gibi hayati konuların da gündemde olmasını zaruri kılmaktadır. Akıllı Şehirlerde bilgi akışının temelinde üç kademe olduğu ifade edebilir. Bunlar verinin kaynağı, toplanması ve analiz edilmesi olarak ifade edilebilir [33].

Bu yeni oluşumların yönetiminde yer alan tasarımcılar, entegratörler ve organizasyonlar, Akıllı Şehirlerin karmaşık ve birbirine bağımlı yapısı nedeniyle önemli siyasi, teknik ve

sosyoekonomik engellerle karşı karşıyadır. Giderek artan sayıda çalışma, Akıllı Şehir güvenliği, gizlilik ve tehlikelere odaklanmakta, bilgi güvenliğine yönelik tehditlerin yanı sıra kişisel verilerin yönetimi ve işlenmesinde Akıllı Şehir altyapısına yönelik sorunların belirlenmesine odaklanmaktadır.

Bilginin ölçeği ve karmaşıklığı arttıkça, onu güvence altına alma ihtiyacı da artar. Sosyal güvenlik ve finansal veriler en önemlilerinden ikisidir. Siber güvenlik, sistemlerin, ağların ve programların siber saldırılara karşı korunmasını ifade eder. Siber saldırılar, hassas verilere erişim sağlamayı, bunları değiştirmeyi ve yok etmeyi, kullanıcılardan para gasp etmeyi ve kurumların faaliyetlerini aksatmayı amaçlamaktadır.

Siber güvenlik, bilgisayarları, sunucuları, cep telefonlarını ve elektronik sistemleri düşmanca saldırılara karşı korur ve işlevi şu şekilde ifade edilebilir: insanların cihazlarını korumak, bu cihazlardaki bilgileri korumak ve bu bilgileri kullanan kişilerin kimliklerini korumak.

Siber güvenlik olmadan, işletmeler veri ihlallerine ve bilgisayar korsanlığı girişimlerine karşı savunmasızdır ve siber suçlular için kolay hedefler haline gelirler. İletişimin küreselleşmesi ve hassas ve kişisel verileri depolamak için bulut hizmetlerinin kullanılması nedeniyle güvenlik tehditleri artmaktadır. Genel olarak, üç tür siber güvenlik tehdidi vardır:

(a) Siber suç: Para kazanmak veya sabote etmek amacıyla sistemleri hedef alan kişi veya grup; (b) Siber saldırı: Elektronik sistemlere zarar vererek korkutmayı amaçlar; (c) Siber terörizm: Elektronik sistemleri yok ederek korkutmayı amaçlar.

Kötü amaçlı yazılımlar (virüsler, Truva Atları, fidye yazılımları, casus yazılımlar, reklam yazılımları ve botnet'ler), SQL enjeksiyonu, kimlik avı, ortadaki adam saldırısı, hizmet reddi saldırısı ve sosyal mühendislik siber saldırıların en popüler araçları arasındadır.

Akıllı şebekenin bilgi ağına olan yüksek bağımlılığı kesinlikle onu potansiyel iletişim ve şebeke ekipmanı güvenlik açıklarına maruz bırakır. Eski elektrik şebekelerindeki şebeke kontrol sistemleri, internet gibi güvenli olmayan ortamlardan ayrı tutulmuştur. Öte yandan akıllı şebekede şebeke altyapısına siber saldırılar altyapının birçok bölümünden kolaylıkla gerçekleştirilebiliyor. Saldırganlar güç dağıtım sürecini bozmak için kapalı tesislere veya

sistemlere (jeneratörler, trafo merkezleri, komuta merkezleri vb.) erişmesi gerekmeden bunu yapabiliyordu. [34].

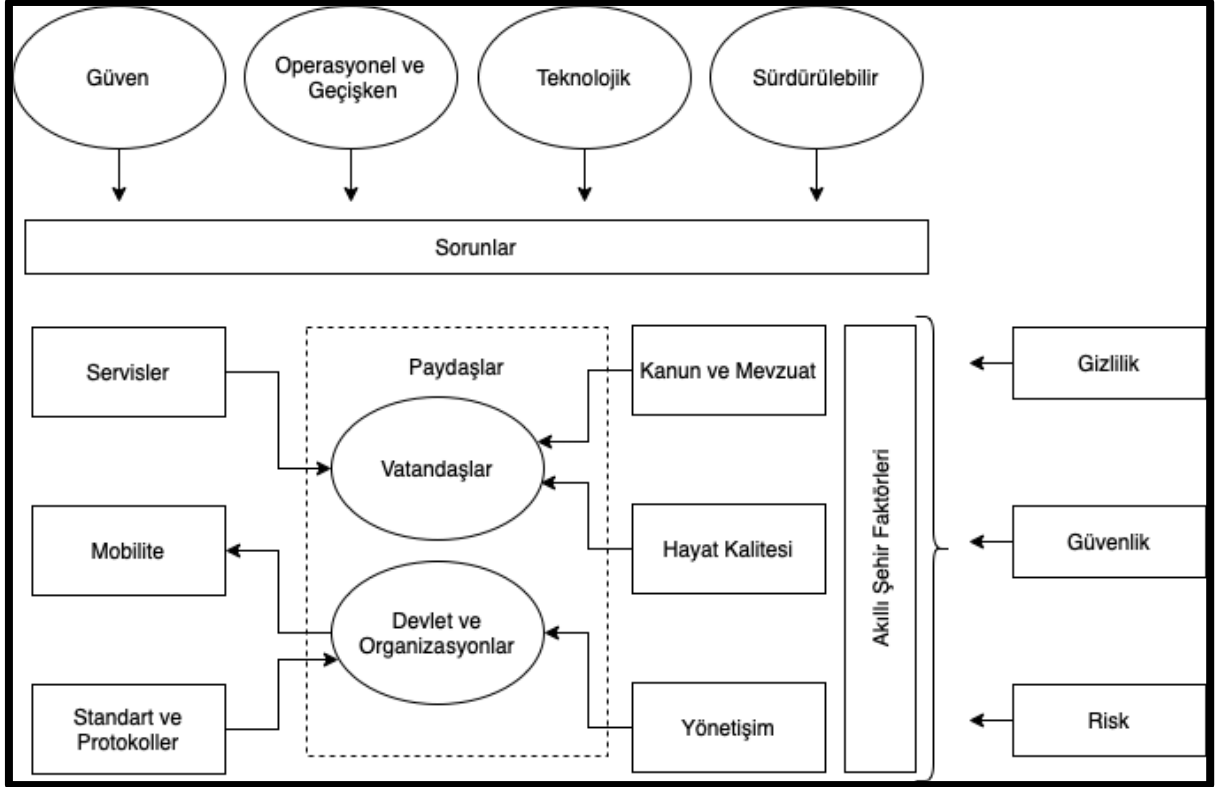
Akıllı Şehir uygulamalarında değişiklik, denetim, imha işlemlerinin tümü mümkün olmalıdır. Gizlilik, bütünlük, kullanılabilirlik, itibar ve erişim kontrolü temel güvenlik gereksinimleridir. Akıllı Şehir sakinleri, Akıllı Şehir uygulamasının güvenlik açıklarının bir sonucu olarak güvenlik ve gizlilik zorlukları yaşayabilir, ancak güvenlik ve gizlilik duygusu olmadan, halk Akıllı Şehir mobil uygulamalarını kullanmakta tereddüt edecektir. Gizlilik, Akıllı Şehirlerde büyük bir endişe kaynağıdır ve doğrudan yerel yönetim ve işletmelerin kişisel verileri toplama ve yönetme biçimlerindeki gizlilik konusundaki bilgi eksikliğine bağlıdır. Akıllı Şehirlerde siber güvenlik alanındaki çalışmaların çoğunluğu gizlilik ve güvenlik tehditlerine odaklanırken, Akıllı Şehirler geliştirirken doğal tehlikeleri göz önünde bulundurmamak çok önemlidir [35].

İncelenen Akıllı Şehirlerdeki bazı gizlilik ve güvenlik zafiyetlerinin üstesinden gelmek için blok zincir teknolojilerinin kullanılması önerilmektedir. Akıllı Şehirlerde, kullanıcılara güvenilir işlemler ve daha fazla veri kontrolü gibi avantajlar sağlarken gizlilik sorunlarına daha düşük derecede maruz kalmaya yardımcı olmak için blok zincir tabanlı çözümler benimsenmelidir.

Araştırmacılar düzenlemeler ve toplumsal standartlar gibi engeller nedeniyle, büyük ölçekli senaryolarda blok zincir için benimseme eğrisinin zaman alacağını iddia etmektedirler. Kullanıcı faktörleri, teknik sistem faktörleri ve yasal ve kurumsal hususlar dahil olmak üzere çeşitli faktörler, Akıllı Şehirlerde blok zincir teknolojilerinin kullanımını etkileyebilir. Blok zincir teknolojilerini uygularken Ramos ve Silva (2019), hükümet prosedürlerini siyasi ve yasal bir çerçevede anlamanın önemini vurguluyor [35]. Blok zincir her zaman veri işleme için ideal bir çözüm olmayabilir ve blok zincir kullanılarak işlem yapılırken veri konularına yönelik risklerin bir kısmının azaltılması kritik öneme sahiptir.

Çeşitli kaynaklardan veri toplamak ve mevcut ağlar üzerinden depolama merkezlerine aktarmaktan sorumlu olan mevcut Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları, saldırı yüzeyini artırır ve düşman saldırganlar için potansiyel bir giriş noktası sağlar. Buna ek olarak, şehirler, saldırganların bireylerin hareketlerini izlemek ve gizliliklerini tehlikeye atmak için kullanabilecekleri son derece hassas verileri toplamak için çeşitli yaygın video gözetim sistemleri ve küresel konumlandırma sistemi (GPS) içerir. Ayrıca, vatandaşların gizliliğini

tehlikeye atabilecek yan kanal ve soğuk önyüklemeye saldırıları gibi bazı karmaşık saldırıların artması, Akıllı Şehirler için uygun güvenlik çözümlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Gizlilik, risk ve güvenlik gibi temel konuları içinde barındıran Akıllı Şehir örnek yönetim denetim mimarisi Şekil 4.3.1 de verilmiştir.



Şekil 4.3.1. Akıllı Şehirler yönetim, denetim mimarisi [35].

Akıllı Şehirler için güvenlik gereksinimleri sıralamak gerekirse;

Güvenli İletişim

Ağ iletişimi, Akıllı Şehir mimarilerinin kritik bir bileşenidir çünkü veri toplamak, paylaşmak ve iletmek için akıllı şehrin farklı bileşenlerini birbirine bağlar. Gizlilik, bütünlük ve reddedilmeme, Akıllı Şehirlerde güvenli kablo ve kablosuz iletişim kurulması söz konusu olduğunda ağ güvenliği en önemli unsurlardandır. Akıllı Şehir iletişimini korumanın en iyi yollarından biri, paylaşılan bir gizli anahtar oluşturmak ve verileri şifrelemek ve şifresini çözmek için şifreleme algoritmaları geliştirmektir. Ağa bağlı ve veri toplamak veya paylaşmak için kullanılan cihazların heterojenliği nedeniyle, böyle bir güvenlik algoritmasının farklı ağ bileşenlerine uygulanması Akıllı Şehirlerde kritik bir zorluktur.

Güvenli Önyükleme

Virüsler, solucanlar ve diğer kötü amaçlı yazılımlar, çalıştırılabilir kod olarak depolandıkları ve internet üzerinden veya virüslü disklerle ön yüklenerek diğer sistemlere iletilebilecekleri önyükleme kesimleri aracılığıyla sistemleri istila etme gücüne sahiptir. Önyükleme öncesi kötü amaçlı yazılım, bir işletim sistemi çekirdeği tarafından kontrol edilmeden önce de gerçekleştirilebilir ve daha sonra işletim sistemi veya virüs tarayıcıları tarafından algılanması zor olan yollarla gömülebilir. Güvenli önyükleme, aslında önyükleme öncesi prosedüre karşı ekstra bir savunma katmanı olarak tasarlanmıştır.

Güvenlik olaylarını izleme, analiz etme ve müdahale etme

Tüm sistemler, çevreyi yönetmek ve aktif saldırıları ve anonim davranışları tanımlamak için bir izleme stratejisine sahip olmalıdır. Nesnelerin interneti sistemlerinin cihaz sayısı ve işlenen veri hacmi açısından ölçeklenebilmesi nedeniyle, otomatik yanıt sistemlerinin saldırılar ve şüpheli etkinliklerin otomatik olarak tanımlanması hakkında uygun bilgilere erişimi olmalıdır. Sistem tarafından saldırılara ve şüpheli etkinliklere yanıt vermenin farklı yolları düşünülebilir. IoT cihazlarının bu tür öğelerinin geçici olarak izole edildiği, karantinaya alındığı veya tamamen kaldırıldığı eleme planı ve resmi bir olay müdahale mekanizmasının, IoT cihazlarından sonra keşfedilen güvenlik açıklarıyla başa çıktığı düşünülen yanıt stratejisi sistemleri devreye alınmalıdır.

Güncellemeler ve yamalar

Nesnelerin interneti aygıtlarının düzgün çalışması ve en son zararlı tehditlere karşı güvende kalması için güncelleştirilmesi ve yamalanması gerekir. Bunun nedeni, teknoloji ilerledikçe, yazılım yükseltmeleri kullanılmadan karşı konulamayacak yeni ve daha karmaşık güvenlik tehditlerine maruz kalınmasıdır.

Yama ve güncelleme siber saldırılardan kaçınmanın en etkili yolları olsa bile, bazı IoT cihazlarını yükseltmek veya yamalamak en zor görevlerden biridir. Örneğin tıbbi uygulamaları olan IoT aygıtlarında, herhangi bir virüsten koruma yazılımını üçüncü taraf uç nokta güvenlik çözümü olarak yüklemek ve çalıştırmak mümkün değildir.

Yetki, Kimlik ve Erişim Kontrolü

Verilerin paylaşılması ve çeşitli girdilerin entegre edilmesinin yanı sıra ekstra değerlerin işlenmesi ve üretilmesi, IoT sistemlerinin ve aygıtlarının gücü için kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, diğer IoT cihazları tarafından oluşturulan verileri takip etmek ve yönetmek ve verilerin yasa dışı veya istenmeyen şekillerde kullanılmasını önlemek çok önemlidir. Dahil edilen öğeler arasında güvenli iletişim kurularak gerçekleştirilen IoT sistemlerinin kimlik doğrulaması, Akıllı Şehirlerin yasal sakinlerin erişim kontrolünü izin verilen bir şekilde yönetmesi ve yetkisiz kullanıcıların kaynaklara erişmesini engellemesi için gerekli bir önkoşuldur.

Veri ve uygulama koruması

Akıllı Şehirler, çeşitli kaynaklardan büyük miktarda büyük ölçekli veri toplamaktan ve bunları yerel veya uzaktan depolamaktan (ör. bulut bilişim) sorumlu olan algılama katmanı mimarisinin çeşitli bileşenlerine dayanır. Toplanan verilerin çeşitliliği ve kişiselden kamuya kadar değişen güvenlik seviyeleri göz önüne alındığında, Akıllı Şehirlerde esnek ve verimli bir veri güvenliği ve gizliliği yaklaşımı oluşturmak kritik öneme sahiptir. Başka bir deyişle, Akıllı Şehirler, Akıllı Şehir tasarımının tüm katmanlarında sistem açıklarını keşfetmek ve iç ve dış tehditlere karşı çeşitli derecelerde veri güvenliği sağlamak için aynı anda birçok yol kullanılmalıdır.

Akıllı Şehirlerde sık karşılaşılan güvenlik riskleri;

Akıllı Şehirler, şehirler genelinde farklı hizmetleri ve sistemleri ele almak ve kaynak tüketimini optimize etmek için karmaşık, ağa bağlı dijital teknolojiler, BİT altyapısı ve IoT cihazlarından oluşur. Akıllı Şehirlerin IoT cihazları, veri toplama ve aktarmadan sorumlu olan binlerce veya milyonlarca birbirine bağlı IoT cihazından oluştuğundan sonuç olarak, kötü niyetli davetsiz misafirler, birden fazla bağlı ağa yayılabilen, kendiliğinden yayılan kötü amaçlı yazılımlar oluşturmak ve dağıtmak için Akıllı Şehirlerin yapısından yararlanabilir. Saldırganlar, kullanıcıların sağlık hizmetleri mali ve banka kimlik bilgileri gibi hassas bilgilere kolayca erişilebilir.

Ayrıca yok etmek, bütünlüğü bozmak gibi amaçlar için gerçekleştirilen siber saldırılar çeşitlilik gösterir şöyle ki:

- Mesaj trafiği dinleme ya da analiz, bilgi ve monitör sistemi faaliyetlerini, yasadışı veri toplamak için kullanmak

- Bütünlüğü, bilgi ve sistem ayarlarını değiştirmek
- Hassas bilgilere yetkisiz erişim sağlamak
- Dağıtılmış Hizmet Reddi (DDoS) gibi saldırılarla sistemlerin kullanılamaz duruma getirmek [36].

4.4. Nesnelerin İnterneti Teknolojisi

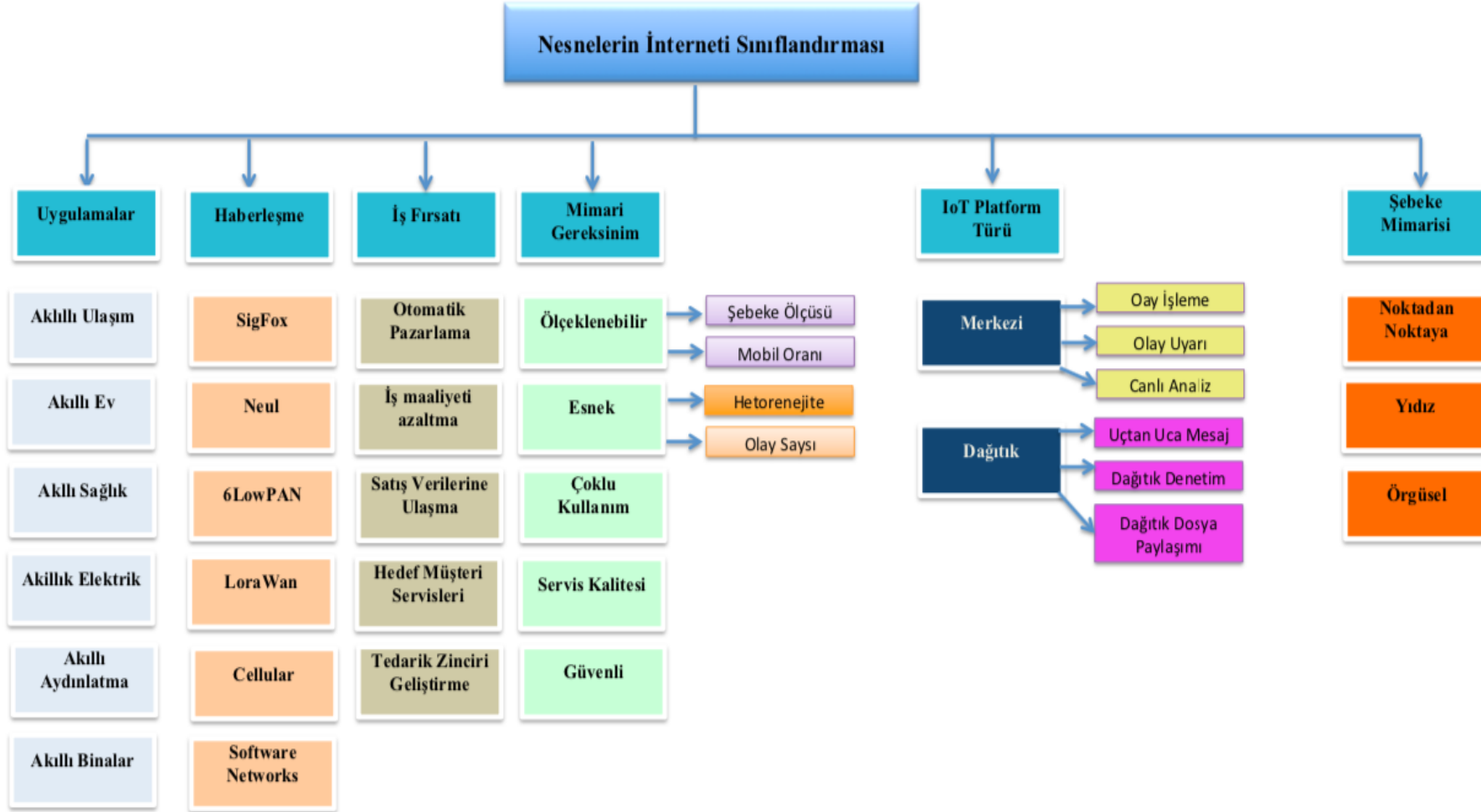
Nesnelerin İnterneti günlük hayatta kullanılan birçok nesneyi iletişim altyapısıyla donatıp birbirleriyle iletişimde olabilir, ya da merkezi bir veri tabanına veri gönderebilir yapıya kavuşmasıdır. Böyle bir yöntemle iletişim altyapısı İnternet ortamına bağlanabilir ve devasa büyük ağlardan oluşturulabilir hale getirilmektedir. Nesnelerin İnterneti (Nİ) kavramını kişilerin kendi ihtiyaçlarına yönelik çözümler olarak görmek kadar ekonomik ve sosyal hayatın içinde de olduğu göz ardı edilemez. Nesnelerin İnterneti ile birlikte zaman içinde birçok farklı iletişim teknolojisi de konuşulmaya başlanmıştır. Bunlar için bazı örnekler vermek gerekirse, RFID, kablosuz ağlar, makineden makineye iletişim, sensör ağları gibi. Nesnelerin İnterneti birçok sensörün erişilebilir durumda oluşturduğu ağdan gelen verilerin depolanması, bu verilerin bazen karar destek sistemlerine girdi olarak kullanılması yoluyla organizasyonların, şehirlerin, şehirlerin yönetilmesine destek olduğu bir yapıdır da. Verimlilik sağlayarak insanların hayatlarının oldukça kolaylaştırıldığı bir sensör iletişim ağıdır [17].

Nesnelerin İnterneti ile ilgili ilk tanımın 1998 yılında Kevin Ashton tarafından yapıldığı bilinmektedir. Ashton ilk defa nesnelerin İnterneti kavramını kullanmış ve bunu da birbiriyle haberleşen cihazlar olarak ifade etmiştir. Gartner tarafından açıklanan raporlar teknoloji vizyonuna bazen ışık tutmakta bazen de yön vermektedir [18]. Gartner raporlarında yer alan çarpıcı istatistiklere bakıldığında 2025 de 75 milyar cihazın internete bağlı olacağını, 2040 yılında 240 milyondan üzerindeki giyilebilir cihazın insanların hayatında olacağını, 2020 yılında ise yeni yola çıkan araçların %75'inin internete bağlanabilir olacağı tahmin yapılmıştır. IoT (Internet of Things) pazarında ilk olarak akıllı telefonlar ve bilgisayarlar boy gösterse de akıllı saatler, bileklikler, akıllı televizyonlar, akıllı ev aletleri, akıllı otomotivler gibi kavramlar her geçen gün daha geliştirilmiş, son kullanıcı kullanım istatistiklerine göre güncellenmiş halde hayatın içinde yer almaktadır. Akıllı bileklikler bir teknoloji ürünü olarak hayatı kolaylaştırıyor olarak algılansa da kalp atış hızı, adım ölçme gibi bazı fonksiyonlarla insanların sağlığını doğrudan etkileyen alanlara da dokunmuşlardır. Aşağıda

dönüştürülmek ve daha önceden kararlaştırılan değer setleri ile karşılaştırılarak yorumlar yapılmak ve anlamlandırılmak üzere uygulama katmanına ulaştırılmaktadır [18].

Basit bir örnek ile, alışveriş merkezlerinde yer alan otopark alanlarında, araç park konumlarının üzerinde ultrasonik sensörler bulunur. Bu sensörler mesafe ölçümleyerek topladıkları veriyi merkezi veri tabanına göndermektedirler. Bu veri tabanında daha önceden tanımlanan veri setleri ile karşılaştırılan ham dataya göre o park alanının boş olup olmadığına karar verilip, tepe lambasının kırmızı ya da yeşil yanması sağlanırken aynı veri işlemenin sonucu olarak, yine merkezi veri tabanında o park katındaki boş dolu park alanı sayısı ziyaretçiler tarafından görülecek şekilde farklı alanlarda anons edilmektedir.

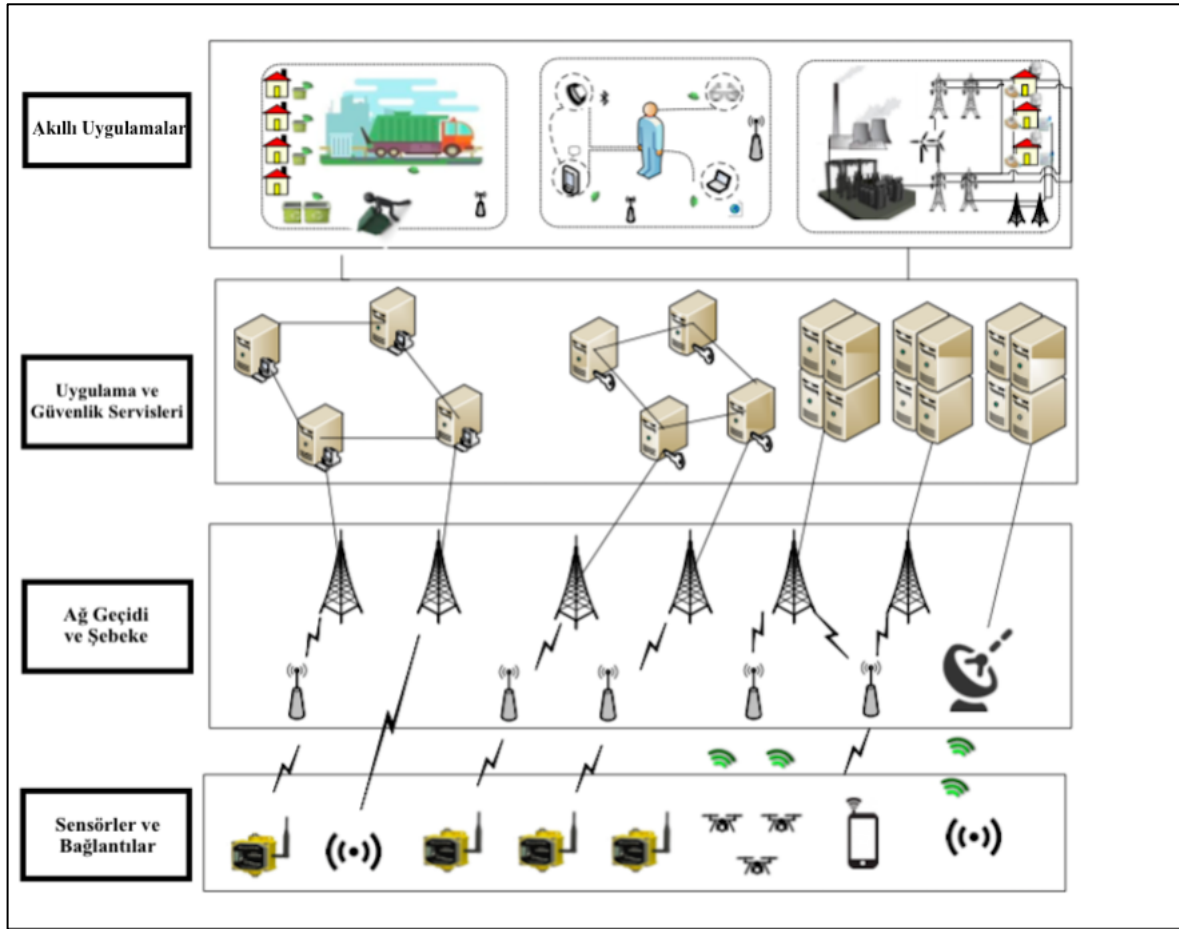
Nesnelerin interneti (Nİ) birbirini anlayan cihazların oluşturduğu bir kümedir. Birçok farklı amaca hizmet eden cihaz, bu kümenin içinde yer alabilmektedir. RFID, radyo frekansı ile kablosuz iletişim için kullanıldığından Nİ için de uygulama standardı olmuştur. Nİ altyapısı veri toplayan, internete bağlanabilen ve veri analitiği ile bu verilerin işlendiği parçalardan oluşan bir bütündür. Nİ için maliyeti düşük sensörler tercih edilmekte ve bu RFID etiketler ile eşleştirilerek milyonlarca cihaz üzerinden veri okunabilir hale gelmektedir. Nİ için tercih edilen bazı haberleşme teknolojileri ise, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, SigFox ve LoraWan şeklindedir [19]. Nİ sınıflandırmalarına göre, uygulama alanlarından hangi altyapı üzerine inşa edildiğine kadar olan başlıklar Şekil 4.4.2 de ifade edilmiştir.



Şekil 4.4.2. Nesnelerin İnterneti sınıflandırması [19].

Birleşmiş Milletler kuruluşu olan Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tavsiye kararlarında Nesnelerin İnterneti IoT için önerilen mimari yapıda temel bileşenlerin algılama katmanı (sensing layer), erişim katmanı (access layer), ağ katmanı (network layer), ara katman (middleware layer), uygulama katmanı (application layer) olduğu ifade edilmiştir [22].

Nesnelerin İnterneti için örnek bir mimari Şekil 4.4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4.3. Nesnelerin İnterneti örnek mimarisi [25].

Nesnelerin İnterneti dört katmandan oluşmaktadır [25]. Bunlar,

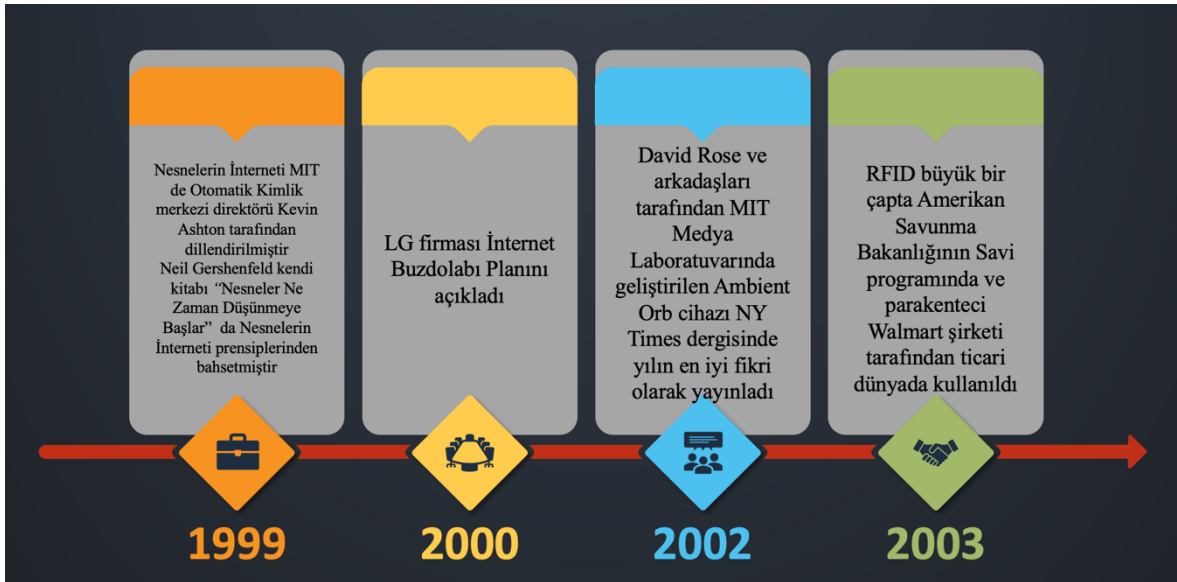
- Algılama Katmanı: Sensörler ile ilgili ortamdaki verilerin toplandığı uç nokta olarak anlaşılmalıdır
- Ağ Katmanı: Şebeke içinde yer alan elemanların birbiri ve ağ geçidi ile konuşması için tesis edilen katmandır

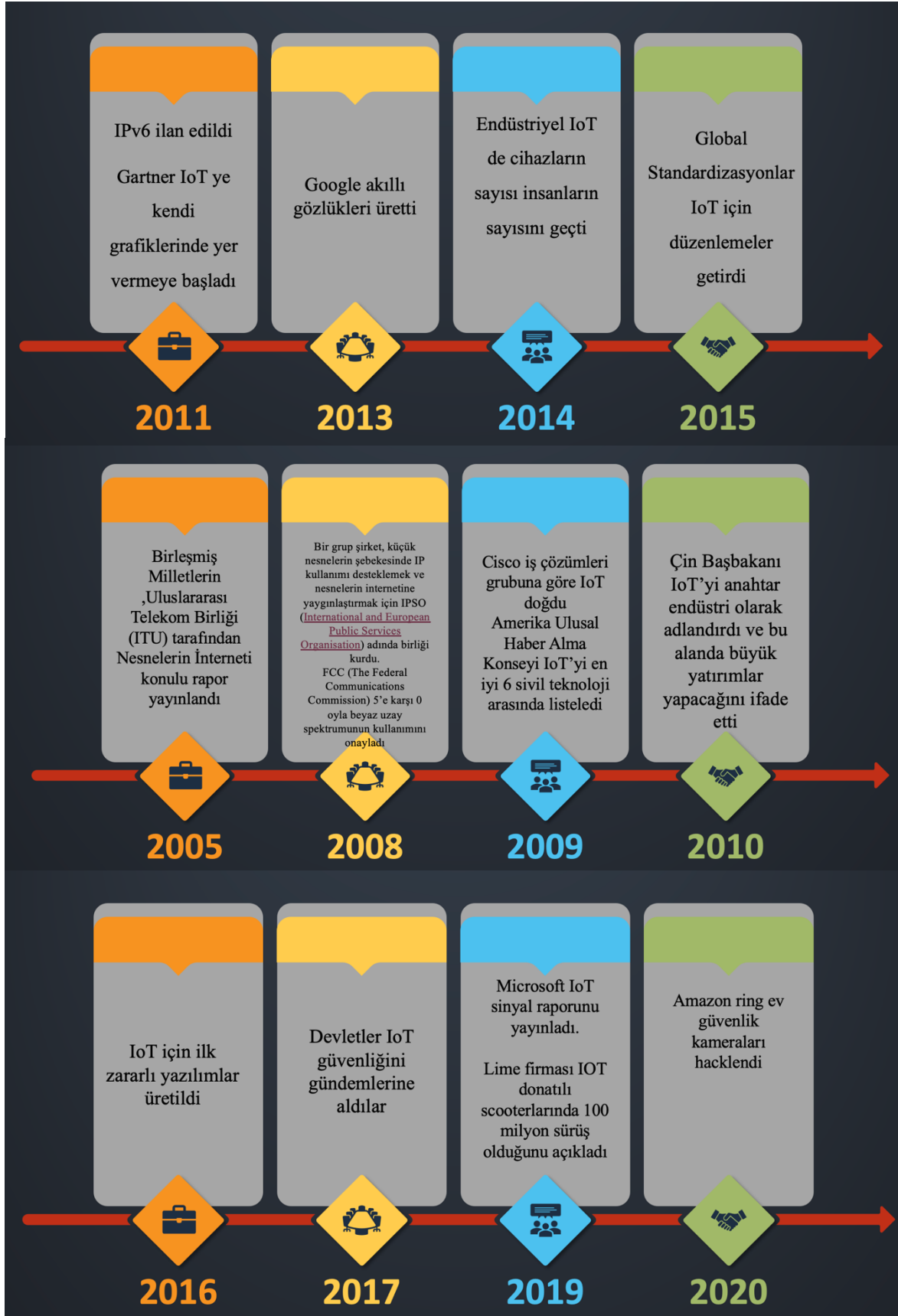
- Servis Katmanı: Verilerin sensörler marifetiyle toplanıp, ağ katmanı yardımıyla aktarıldığı ve toplandığı katman olarak tanımlanmaktadır.
- Arayüz Katmanı: Sahadan gelen verinin monitör edildiği ve gerekli ise konfigürasyon değişikliklerine destek sağlayan katmandır [19].

IoT çözümleri uygulamadan uygulama değişebileceği için doğrudan bir model uygulamak yerine terzi usulü olarak adlandırılan yaklaşımla uygulama sahasından, veri büyüklüğüne, şebeke gecikmelerinden, veri bütünlüğüne birçok bileşenin dikkate alınarak karar verilmesi ve uygulama kararı alınması olası karmaşayı engelleyecektir.

IoT desteği sağlanarak önerilecek modellerde kullanılması gereken cihazların ve ağ katmanının uyumu çok önemli olduğundan “best practice” olarak adlandırılan örnek uygulama yokluğu çoğu zaman gün sonunda gereksiz yatırım kararlarıyla sonuçlanabilmektedir [21].

Nesnelerin İnterneti kavramı için yıllara göre bazı önemli gelişmelere bakıldığında aşağıdaki Şekil 4.4.4 de ki gibi bir kronoloji ortaya çıkmaktadır [22].

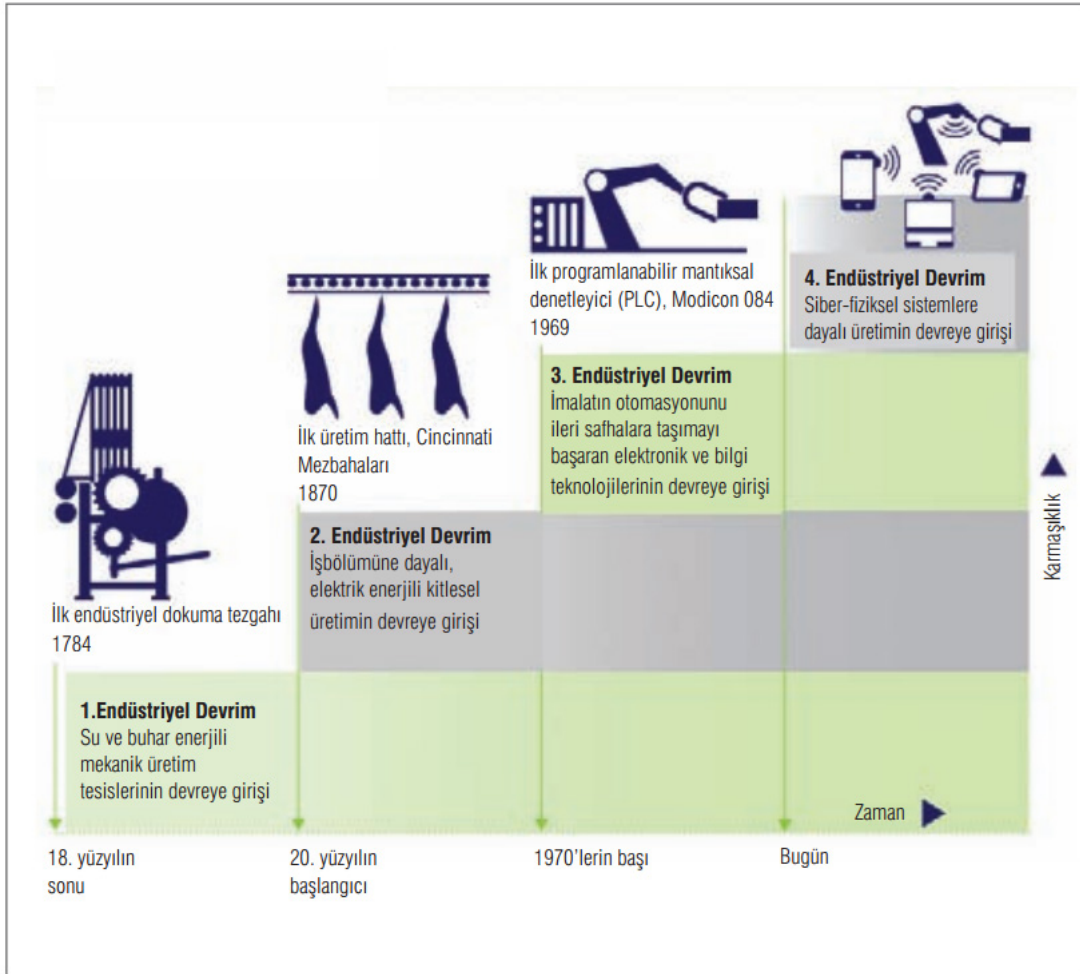




Şekil 4.4.4. Nesnelerin İnterneti kronolojisi

Teknolojinin hemen her gün ilerlemesi ve gelişmesi, önceleri bilgisayarların birbiri ile iletişim halinde olmasına vesile olmuş ve bunu mümkün kılmışsa da günümüzde artık tüm nesnelerin birbiriyle iletişim halinde olması ve bilgi paylaşımı yapmasına olanak sağlar olmuştur. Bu olanaklar; ulaşımdan, sağlığa, lojistikten, belediyeçiliğe birçok alanda imkânsız gibi görünen birçok projenin hayata geçirilmesine olanak sağlamıştır.

Nesnelerin İnterneti kavramı için ilgili literatürde farklı tanımlar ve yaklaşımlar mevcuttur. Bu kavram ilk kez 1999 yılında MİT'te Auto-ID merkezi kurucularından Kevin Ashton tarafından Procter & Gamble şirketi için hazırlanmış, bir sunumda kullanılmıştır [22]. Yaşanan bu iletişim devrimi bugün sıkça konuşulan ve aşağıdaki Şekil 4.1.5 de görüleceği üzere Endüstri 4.0 konuşulmasına ve buna bağlı uygulamaları sıkça görülür olmasını mümkün kılmıştır. Endüstri devriminin gelişimi Şekil 4.4.5 de özetlenmiştir.

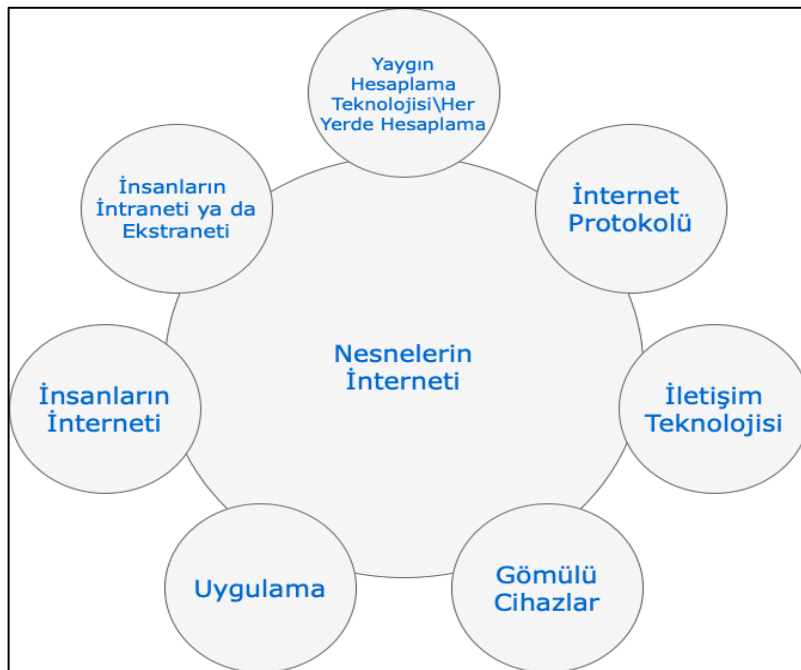


Şekil 4.4.5. Endüstri devrimi temsili gelişimi [81].

Nesnelerin İnterneti için diğerk bir tanım ve bakış açısı ise; Avrupa Araştırma Projeleri Grubu (Cluster of European Research Projects on the Internet of Things - CERP-IoT) tarafından yapılmıştır. Bu grup tarafından nesne kavramı ile aşağıdaki özelliklere sahip nesneler işaret edilmiştir;

- Diğerk nesneler ile iletişime geçerek veri alışverişinde bulunabilen
- Etrafta olan bitenden etkilenmeden yapması gerekenleri yapan
- İnsan müdahalesi olmadan bir görevi başlatıp bitirme inisiyatifi alabilen nesneler

Sánchez López çalışmasında, Nesnelerin İnterneti kavramından anlaşılması gerekeni şöyle ifade etmiştir [81] ; Nesnelerin İnterneti, yalnızca nesnelerin kullanımı ile sınırlı olmayan ve global bir internet altyapısı gerektirmeyen yaygın hesaplama (pervasive computing) ya da her yerde hesaplama (ubiquitous computing) teknolojisi değildir. Nesnelerin İnterneti İnternet Protokolü değildir. İnternette olduğu gibi Nesnelerin İnternetinde de iletişim teknolojisi söz konusu kavramın yalnızca kısmi bir parçası olduğundan, Nesnelerin İnterneti bir iletişim teknolojisi olarak da ifade edilemez [81]. Nesnelerin İnterneti kavramının kesişim kümesi Şekil 4.4.6'da gösterilmiştir [81].



Şekil 4.4.6. Nesnelerin İnterneti kavramının ilişkili kesişim kümeleri [81].

4.5. Nesnelerin İnterneti ve Güvenlik

IoT sistemleri hayatı kolaylaştırdıkça kullanım alanları genişlemekte ve sistemlerde buna bağlı olarak büyümektedir. Çekiciliği artan bu sistemlerin doğası itibariyle veri toplaması ve bünyesinde veri bulundurması güvenlik ihlallerinin yaşanmasına neden olmaktadır. IoT sistemler üzerindeki devasa veriler hacker gruplarının dikkatini çeker olmuştur. IoT bileşenlerinden cihazların sisteme dahil olmadan çok önce daha üretim aşamasında güvenlik testlerinin yapılması gerekmektedir [18].

Varsayılan parolalar her teknoloji ürünüde olduğu gibi IoT cihazlarda da oldukça sık rastlanılan güvenlik açıklarıdır. Cihaz temin edildikten sonraki ilk uygulamasında varsayılan şifrelerin hemen değiştirilmesi gerekir. Maalesef internet ortamında kullanılan protokoller bazında tarama yapan birçok site bu açıklara sahip cihazları listelemektedir. Bunlardan biri olan **shodan.io** sitesinde belirli anahtar kelimelerle arama yapıldığında varsayılan şifreyle (admin, user, 12345 gibi) internete açılmış birçok IoT cihazını listelemek mümkündür.

Diğer bazı alınabilecek güvenlik önlemlerini sıralamak gerekirse [18] ;

- Cihaz ile ağ arasında şifrelenmiş bir sanal özel ağ (VPN-Virtual Private Network) bağlantısı kurmak, cihazdan ağa verilen bilgilerin bütünlüğünü tehlikeye atacak üçüncü kişilerin erişim ihtimalini azaltacaktır.
- IoT sistemi, izinsiz giriş tespit sistemleri (IDS, Intrusion detection system) ile sürekli izlenmelidir.
- IoT cihazları kuruluşlara entegre edildiğinden, mevcut bilgi teknolojileri politika ve prosedürleri bu cihazları kapsayacak şekilde genişletilmelidir.
- Güvenlik kontrolleri uygulanmalı ve IoT cihazlarının, ağlarının ve altyapısının geçirgenliği değerlendirilmeli ve güncel olmalıdır.
- IoT ekosistemi kurumlara entegre edildiğinden, getirdikleri risk de yönetilebilir bir şekilde değerlendirilmelidir.
- Bunlarla birlikte, IoT ekosisteminde kullanılan kamera gibi farklı cihazlara özgü güvenlik önlemleri de alınmalı ve kullanıcı farkındalığı artırılmalıdır.

“Forbes insight” tarafından yapılan bir araştırmada bilişim firmalarının üst düzey yöneticilerine sorular yönetilmiş ve Nesnelerin İnterneti uygulamalarının etkin bir şekilde

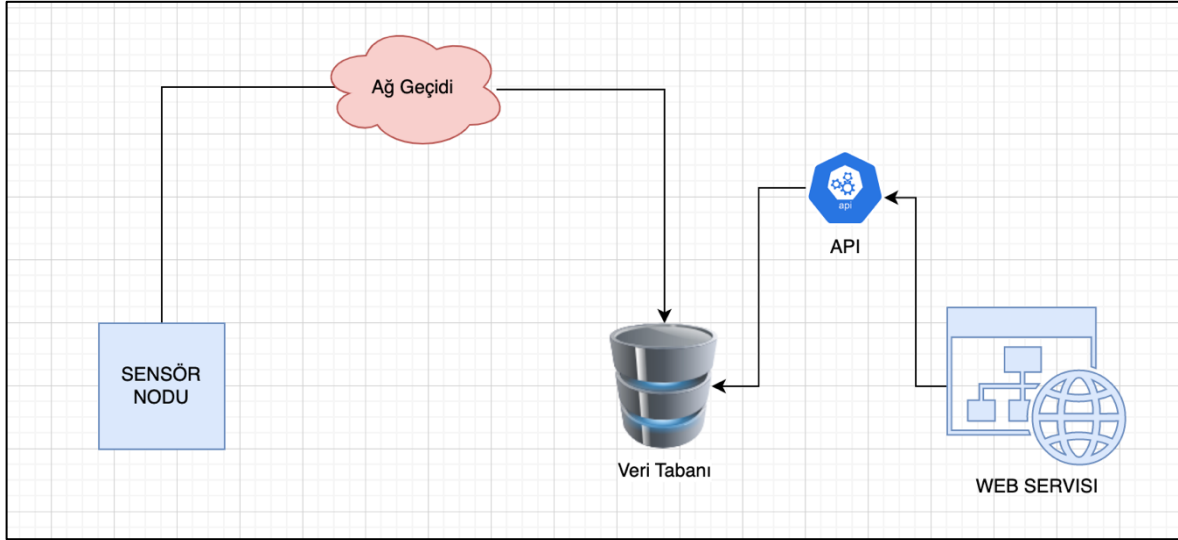
yapılamamasının nedenleri irdelenmiştir [20]. Gelen cevaplara bakıldığında %32 oranında halen bazı güvenlik sorunlarının olması gösterilmiş olup bu sorunu, %31 ile organizasyonlardaki birimlerin birbirleriyle yeterince iş birliği içinde olmadığı, %30'luk oran Nİ den gelen farklı verilerin entegrasyonundaki sorunlardan, %29'luk bölüm de ise yetkin personel eksikliğinden bahsetmiştir. Aslına bakılırsa, bu cevaplarda Nİ'nin sağlayacağı katkının doğru analiz edilememiş olması gerçeği yatmaktadır [20].

Teknolojini hemen her gün ilerlemesiyle gelişmesi, önceleri bilgisayarların birbiri ile iletişim halinde olmasına vesile olmuş ve bunu mümkün kılmışsa da günümüzde artık tüm nesnelerin birbiriyle iletişim halinde olması ve bilgi paylaşımı yapmasına olanak sağlar olmuştur. Bu olanakların kullanımında güvenlik tedbirlerinin politikalarla desteklenerek kurumsal süreçlerin parçası olması sağlanmalıdır. Böylece maksimum faydanın minimum risk ile ortaya çıkması temin edilmiş olacaktır.



5. AKILLI ŞEHİRLER İÇİN ATIK YÖNETİMİ UYGULAMASI

Günümüz şehirleşme oranındaki artışın çevre kirliliği, operasyon maliyeti, verimlilik ve enerjide dışa bağımlılık gibi alanlardaki olumsuz sonuçlarının telafisinde yapılan çalışmalarının desteklenmesi adına yola çıkılan bu çalışmanın uygulama fazında hipotezlerin test edilmesi maksadıyla atık ünitesinden son kullanıcı web servisine kadar olan tüm aşamaları içeren uçtan uca bir mimari kurulumu yapılarak sahada test edilmiştir.



Şekil 5.1 Uçtan uca altyapı

Sahadan veri toplama sistem çalışma metodolojisi ve yöntemi Şekil 5.1 de ifade edilmiştir. Görselden de anlaşılacağı üzere sahadaki en uç nokta sensör nodu olup atık ünitelerinde mesafe ölçümüne bağlı doluluk tespiti için öncelikle ultrasonic sensör ile mesafe ölçümü yapılmaktadır. Toplanan veri periyodu sensör nodundaki Arduinio uno üzerindeki kod ile belirlenmek üzere belli periyodlarla LoraWan ağ geçidine iletilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri ölçüm sıklığı ve alınan verinin yüksek frekansla merkeze iletilmesi enerji tasarrufunu negatif yönde etkileyecektir. Optimum faydanın sağlanması için sahadan alınan veriler üzerinden hangi sıklıkla okuma yapılması gerektiği sonucu hızlıca elde edilebilecektir.

Merkezi veri tabanına yazılan veri daha önce karar verilen bir mesafe kontrolü ile doluluğa ya da boş olmaya yönelik veri tabanında ilgili alanda bir yada sıfır gibi değerler atanmasına yardımcı olmaktadır. Bu vesile ile API'ler aracılığı ile son kullanıcı web servisi kullanarak

atık yönetim ekranına eriştiğinde statüsü bir olanları kırmızı renkte sıfır olanları mavi renkte göstererek atık yönetiminin etkin şekilde yönetilmesine destek olmaktadır.

Atık ünitelerinden veri toplama maksadı ile tasarlanan bu uygulama beraberinde bazı faydalarda sağlayacaktır. Örneğin hali hazırda bir devre ve iletişim alt yapısını ile enerji ihtiyacı giderilmiş bir sensör noduna ekstra bazı sensörlerin ilave edilmesi ve yol ile sıcaklıktan, neme, gürültüye kadar birçok farklı verinin de şehrin dört bir yanından toplanması olanağı da ortaya çıkmış olacaktır.

Veri artık günümüzde en kıymetli sermayedir. Şehir yönetimleri için şehrin tümüne yayılmış bir sensör ağı aracılığı ile merkeze veri taşımak ve bu verinin sağladığı avantajları şehir yönetiminde kullanmak oldukça etkin bir uygulama olacaktır. Bu yönetimlere oldukça fazla farklı hareket kabiliyetleri kazandıracaktır. Rota planlama birçok perakendeci işletmenin ürün dağıtım sürecinde önüne çıkan en temel sorunlardan biridir. Google bu konuda açık kaynak olarak ORTool adında bir hizmet vermektedir. C++, Python gibi birçok farklı dilde geliştirilebilen geniş bir kütüphanesi de mevcuttur.

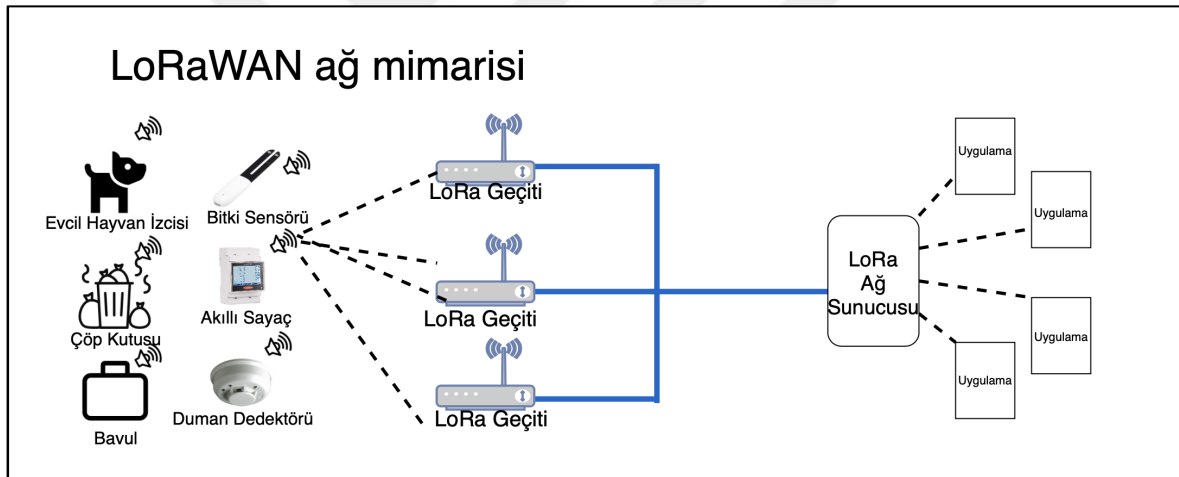
Atık ünitelerinde sensörlerin pozisyonları ve buna bağlı ölçümleme olumsuzlukları ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda çözümün, sensörlerin atık kapaklarına montajının yapıldığı ve bu kapakların otomatik kapanması ile sistemin işletildiği görülmüştür. Örnek bir uygulama bu link 'ten (<https://www.ecubelabs.com/ultrasonic-fill-level-sensor>) ziyaret edilebilir. Avrupa Birliğinin 2030 için evsel atıklarda en az %65, paketleme atıkları için ise %75 geri dönüşüm hedefi koymuştur.

Her ne kadar bu çalışmada farklı tasarım alternatifleri üzerine araştırmalar yapılmış olsa da Türkiye'den Türk Standartları Enstitüsünün' de üyesi olduğu uluslararası organizasyonun standartlarına uygun olarak bir atık ünitesi tasarımı daha uygun olacaktır.

Akıllı atık yönetiminde daha az yakıt kullanımı hedefinin yerindeliğinin anlaşılması açısından TÜİK tarafından açıklanan resmi rakamlara bakılabilir. Şöyle ki; Türkiye'deki enerji ihtiyacının büyük oranda yurtdışından sağlandığı bunun da dışa bağımlılığı artırdığı hem ekonomik hem siyasi hem de bir güvenlik sorunu olduğu ortadadır. Enerjide dışa bağımlılık sadece bir ekonomik sorunlar değil beraberinde politik birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. TÜİK rakamlarındaki en çarpıcı gösterge değer 2020 yılında

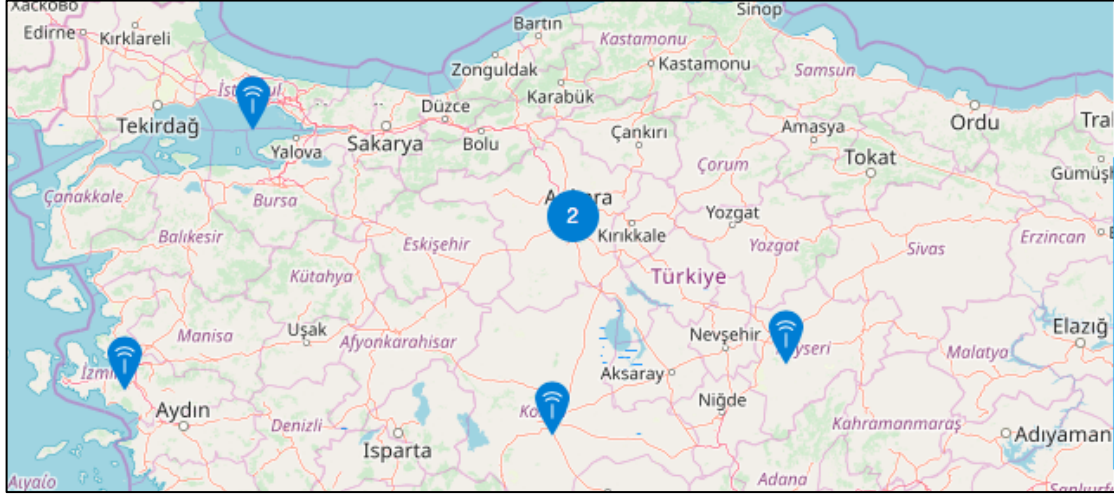
ithal edilen katı fosil yakıt miktarı sadece 11 yıl öncesinin 2,3 kat artmış olmasıdır. Sadece bu rakam fosil yakıta bağımlılığın azaltılması ve alternatif enerji kaynakları bulunması gerçeğinin en net ifadesidir [13].

Sensörler aracılığı ile uygulama nodlarından toplanan verinin merkezi bir sunucuda toplanması ve bilgiye dönüştürülmesi sürecinde kullanılan iletişim altyapısı bu zincirin en kritik halkalarından biridir. Wifi, GPRS/3G/LTE, ZigBee, LoraWan gibi birçok alternatif ile uygulamanın yapılacağı bölgeye göre farklı çözümler mevcuttur. Araştırma süreci içinde LoraWan ile ilgili araştırmalar yapılmış geniş alanlarda operasyonunun daha verimli olabileceği anlaşılmıştır. Örnek olarak, GSM her zaman daha geniş kapsama alanı sunsa da veri maliyetleri ve batarya kullanımının etkinliği düşünüldüğünde LoraWan çözümüne göre dezavantajları vardır. LoraWan örnek çalışma sistematığı Şekil 5.2 de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. LoraWan şebeke mimarisi

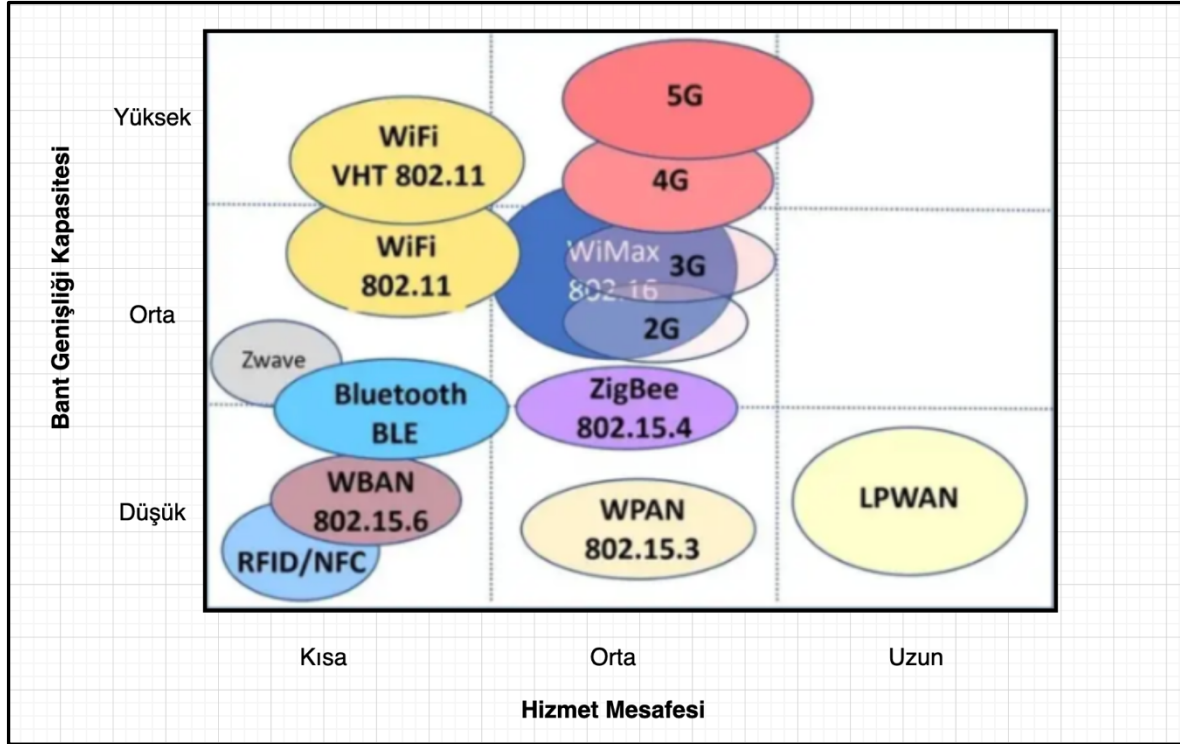
<https://www.thethingsnetwork.org> web sitesi LoraWan şebekesi oluşturulmasına ve buradan veri toplanılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca web sitesi üzerinden tüm dünyadaki diğer LoraWan erişim noktalarının görülmesine eğer coğrafi olarak mümkünse bu ağ geçitlerine bağlanılmasına olanak sağlanmaktadır. Bu web sitesi üzerinde Türkiye özelinde yapılan araştırmada çok az sayıda LoraWan ağ geçidi olduğu görülmüştür. Web sitesinden alınan örnek ekran görüntüsü aşağıdaki Harita 5.1'deki gibidir.



Harita 5.1. LoraWan Ağ Geçidi Haritası

Kablosuz sensör şebekesi sahadan veri okumak için en ideal ve sorunsuz yöntemdir. İtalya'nın Siena şehrinde atık toplamaya yönelik yapılan kablosuz sensör şebekesi uygulamasından edinilen en belirgin gerçeklik her bir atık ünitesine doğrudan kablolu elektrik çekmek yerine kablosuz iletişim ve daha az enerji ile bu uygulamanın yapılabileceğidir.

Buradan yola çıkarak kablosuz iletişimin ve enerji sağlanmasının gerekliliği ortaya konularak alternatifler aranmıştır. Burada en temel nokta verimlilik ve maliyet olmuştur. Sensörlerden okunacak verinin merkezi bir veri tabanına taşınması için kullanılacak alt yapı için, GSM/GPRS, ZigBee ve LoraWan teknolojileri üzerinde durulmuştur. GSM/GPRS için en büyük dezavantaj olarak veri maliyetleri ve enerjiye duyulan daha fazla ihtiyaç öne çıkmıştır. ZigBee için ise en büyük dezavantaj oluşturulabilecek şebeke içi iletişimde mesafenin nispi olarak daha az olmasıdır. LoraWan da yeni bir şebeke protokolü olmasına rağmen gerek mesafe gerek veri transfer ücretinin olmaması ve kapsama mesafesinin kilometrelerce olmasıyla en uygun çözüm olabileceği düşünülmüştür. LoraWan teknolojisi son yıllarda IoT uygulamaları için kullanılan ve giderek yaygınlaşan bir iletişim alt yapısıdır. Farklı teknolojilerin gerek bant genişliği gerekse de hizmet verebileceği mesafe gözetilerek yapılan örnek karşılaştırma Şekil 5.3 de ifade edilmiştir. Birçok projede tercih edilmesinin en temel nedenleri arasında düşük veri maliyeti ve sadece bir metal para büyüklüğünde batarya ile yıllarca enerji ihtiyacı duymaksızın çalışabilmesidir [80].



Şekil 5.3. Çeşitli IoT iletişim altyapıları karşılaştırması

Atık yönetiminde kablosuz sensör şebekesi kurulumunda sadece iletişim altyapısı değil doluluk oranının bakılması için kullanılacak sensör seçimi de yapılmıştır. Bu noktada en çok kabul gören koku toz vs. dış etkenlerden daha az etkilenen hc-sr04 tercih edilmiştir. Bunun bir diğer nedeni de bu sensörün çok yaygın kullanılmasına bağlı olarak fiyatının 1\$ altında bir rakam olmasıdır. Hc-sr04 sensörünün çalışma mantığı Eş. 5.1'deki gibidir.

$$\text{Mesafe} = (\text{Yayıma Hızı}(v) \times \text{Zaman}(t)) / 2 \quad (5.1)$$

Burada V Spread ile ifade edilen değer sensörün gönderdiği dalganın hızı, t ile ifade edilen değişken ise zamanı ifade etmektedir. Bu uygulamada görülen şudur ki ortam sıcaklık değeri örneğin 15 dereceden 20 dereceye çıktığında %4 lük bir hata payı oluşmaktadır. Her ne kadar bu uygulamada devreye entegre edilmemiş olsa da sıcaklık/nem sensörünün de devreye dahil edilmesi daha sağlıklı sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Hc-sr04 sensörünün atık ünitesinin tepesine yerleştirilmesi, uygulamadaki tecrübelerden dolayı daha verimli olacaktır. Bu tür bir montaj ile en sık karşılaşılan sensörün kirlenmesi ya da yanlış doluluk ikazı verilmesinin de önüne geçmektedir.

Şebeke iletişimi ve sensör seçiminden bahsettikten sonra temel eleman olarak hangi işlemcinin kullanılacağı tartışılmıştır. Bu aşamada yapılacak hesaplama işlemi ve iletişim

faaliyetinin karmaşık olmadığı varsayımından yola çıkarak, ayrıca belki de daha önemlisi enerji ihtiyacı en az olacak işlemci sorusuna cevap ararken bütüncül bir Arduino devresi yerine ATmega328/P mikro işlemcinin kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu işlemcinin sağlıklı çalışması ve bahsi geçen avantajlarından faydalanılabilmesi ve devreye entegre edilmesi için bazı basit, direnç, kapasitör ve bir de quartz crystal saate ihtiyaç duyulmaktadır.

Uygulamadaki devrede kullanılan diğer elemanlar ise enerji ihtiyacındaki farklılıkları giderebilecek bir anahtar regülatör ile lineer regülatördür.

Devre 4 adet 1.5 V AA kapasitesi 3500mAh olan batarya ile beslenmiştir. Çizelge 4.1.2 de devre elemanlarının çalışma saatleri ve buna bağlı en düşük enerji tüketimleri bulunmaktadır. Örnek sensör nodu için minimum enerji ihtiyacı Çizelge 4.1.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Sensor nodu minimum enerji ihtiyacı çizelgesi [80].

Cihaz Türü	Cihaz İsmi	Ortalama Tüketim	Çalışma Zamanı
Sayaç	HEF4060B	C1= 0.036mA	T1=3490 s
Anahtar regülatörü	Pololu D24V22F5	C2= 1mA	T2: 30 s
Micro Kontrolör	ATmega328	C3= 10mA	T2= 30 s
Seviye Sensörü	HC-SR04	C4= 15mA	T4= 5 s
Lineer regülatör	MC33269T	C5= 20mA	T4=10 s
LoRa Modülü	SX1272	C6= 28mA	T4= 10 s

Herhangi bir dış müdahaleye gerek kalmaksızın batarya ömrü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [80];

Eş. 5.2 Her döngü başına sensör düğümündeki enerji tüketimi;

$$C_t = c_1 * t_1 + [(c_2 + c_3) * t_2] + c_4 * t_3 + [(c_5 + c_6) t_4] \approx 0.28 \text{ mA} \quad (5.2)$$

T_m

Eş. 5.3 Saatlik sensör düğümü tüketimi;

$$C = \frac{3600ct}{T_m} \approx 0.299 \text{ mA} \quad (5.3)$$

Eş. 5.4 Dört adet 1.5 V AA lityum pilin kapasitesinin 3500 mAh olduğundan yola çıkarak L(kullanım ömrü hesaplama);

$$L = \frac{3500}{c} \approx 12,040 \text{ saat} \quad (5.4)$$

burada elde edilen 12,040 saat 502 güne denk gelmektedir. Aynı devrede Arduino UNO kullanılmış olsaydı, L değeri bu durumda 6206 saat olarak bulunmaktadır bu da yaklaşık 259 güne tekabül etmektedir ki yarı yarıya bir zaman farkı vardır [80].

5.1 Nesnelerin İnterneti İçin Kullanılan İletişim Alt Yapıları

Nesnelerin İnterneti ile kurulacak ve uzaktan veri toplama, gerekli durumlarda müdahale etme ve aksiyon alma gibi faaliyetlerin yapılabilmesi için uç nokta ile merkezi yönetim birimi arasında aktif bir iletişim kanalının kurulu olması gerekmektedir. İletişim katmanı olarak adlandırılan bu katman için günümüzde mevcut olan seçenekler arasında başta LoRaWan, SigFox, NB-IoT, 5G, Wi-Fi, ZigBee gibi teknolojiler gelmektedir [59]. Bu çalışmada Lora iletişim modülü üzerinde koşan LoraWan protokolü tercih edilmiştir. Nesnelerin İnterneti alt yapılarında yapılandırma ve bu çalışmaya uygunluk etütlerinde öne çıkan ve teknoloji seçimini doğrudan etkileyen unsurların başında sensör nodunu enerji tüketim miktarı gelmektedir. Bu gerçek bazı teknolojilerin seçilmesini zorunlu kılmaktadır. Bunların en önde gelenleri LoRa/LoraWan, SigFox, NB-IoT gibi, düşük bit oranlarındaki verinin uzun mesafelere düşük güç tüketimiyle aktarımını sağlayan kablosuz haberleşme teknolojileridir.

Lora (Long Range, uzun mesafe kelimelerinin kısaltılması) nesnelerin interneti iletişim katmanlarında çok sık kullanılan bir teknolojidir. Açık alanlarda 15 km kadar çıkan kapsama alanları ve bazı uygulamalarda birkaç lityum pil ile yıllarca bakım onarım ihtiyacı olmadan çalışabilen Lora sensör nodları taşınacak veri büyüklüğünün durumuna göre ilk tercih edilmektedir. Diğer önemli bir avantajı da lisans gerektirmeyen frekans bantlarında çalışıyor

olmasıdır. Türkiye’de bu frekans bandı 868Mhz olarak uygulanmaktadır. LoraWan, alternatifi olan iletişim teknolojilerine göre kurulum, kapsama alanı ve operasyon maliyetleri göz önünde tutulduğunda oldukça verimli bir tercih olacaktır. Günümüzde birçok kamusal alan wi-fi kablosuz ağlar ile donatılmış olsa da kapsama alanı metreler mesafesinde olduğundan her IoT uygulaması için doğru çözüm olamamaktadır [60].

LoRa haberleşme teknolojisinin kullanımı için en uygun alanlar, veri büyüklüğünün düşük veya orta seviyede olduğu, aktarımda yaşanabilecek kısa süreli gecikmelerin göz ardı edilebileceği, bir başka deyişle, “mission-critical” olarak da tabir edilen yaşamsal altyapı sistemlerinin dışında kalan uygulama alanlarıdır. Bu alanlara en iyi örnek akıllı tarım uygulamalarıdır. Uzun süre bakıma ihtiyaç duymadan geniş alanlara sinyal aktarımı yapabilen LoRa teknolojisi sayesinde akıllı tarım uygulamaları çok daha kolay takip edilebilir ve geliştirilebilir hale gelmiştir. Toprak kirliliği, nem, sıcaklık ve güneş ışığı gibi etkenleri ölçmek üzere konumlandırılan LoRa destekli sayaçlar ile uzak bir konumdan tarım alanının uygun şartlarda olup olmadığı kontrol edilebilir hale gelecektir. Akıllı tarımın yanı sıra küçük veri paketlerinin söz konusu olduğu su ve gaz sayacı uygulamaları, fabrika otomasyonu veya akıllı bina uygulamaları da LoRa’nın rahatlıkla kullanılabilceği alanlardır [61].

5.2 Neden Lora, LoRaWAN?

Birçok IoT projesinde, bağlantı türünden bağımsız olarak, güç gereksinimi her zaman ana konudur. Bir IoT ürününün güç tüketimi anahtar bir konumdur onun uygulama projesinde uygun ya da uygun olmayacağına da temel göstergesidir. Çizelge 5.2.1 de, LoraWan'ın uyku durumu için güç tüketimi açısından otuz kat daha verimli olduğuna işaret edilmektedir [51]. Bu çalışmanın uygulamasında Lora ve LoraWan teknolojisi seçilmesinin en temel nedeni sensör nodunun minimum enerji ihtiyacı duyacak olması ve iletişim alt yapısının herhangi bir ücretlendirmeye tabi bant’ da çalışıyor olmamasıdır.

Çizelge 5.2.1. LoraWan'ın uyku durumunda güç ihtiyacı [51].

	LoRaWAN	NB-IoT
TX Current	24-44 mA	74-220 mA
RX Current	12 mA	46 mA
Idle Current	1.4 mA	6 mA
Sleep Current	0.1 μ A	3 μ A

LoRa İttifakı, Mart 2015'teki kuruluşundan bu yana 500'den fazla üyeye ulaşan ve teknoloji sektöründeki en önemli ve en hızlı büyüyen ittifak haline gelen açık, kâr amacı gütmeyen bir dernektir. Üyeleri güvenli, taşıyıcı sınıfı IoT LPWAN bağlantısı için önde gelen açık küresel standart olarak LoRaWAN protokolünün başarısını teşvik etmek ve yönlendirmek için yakın iş birliği içinde çalışır ve deneyimlerini paylaşırlar [60].

LoRa ittifak tanımında, “LoRaWAN kablosuz olarak bölgesel, ulusal ve küresel ağlar kurmak maksadıyla batarya ile güçlendirilmiş nesnelerin interneti noktalarının birbirine bağlandığı geniş ağda LPWAN protokolünün kullanıldığı çok yönlü iletişimin sağlandığı bir şebeke” olarak ifade edilmektedir [60].

Uzun menzilli erişilebilirlik ve düşük güç gereksinimi, LPWAN'yı IoT altyapıları için daha çok istenen bir ağ iletişim yöntemi haline getirir. LPWAN, diğer alternatif ağ teknolojileriyle karşılaştığında bazı avantajlar sunar. LPWAN, hücreli sistemin düzgün çalışmadığı iç mekanlarda verimli sinyal yayılımı sağlar. LPWAN, Avrupa 867-869 MHz, Kuzey Amerika 902-928 MHz, Çin 470-510 MHz, Kore 920-925 MHz, Japonya 920-925 MHz, Hindistan 865-867 MHz için MHz frekans bandını kullanır. LPWAN, uzun mesafeli iletişim uygulamaları gereksinimini karşılar. Sensör nodları çöp kutusuna takılıysa, bir şehir LPWAN ihtiyaçları uyar. Bu tür atık yönetimi uygulamalarında veri hızı yüksek değildir ve gecikmeye tolerans kabul edilebilir olduğundan LPWAN bu IoT sistemi için ideal bir iletim yöntemidir. LPWAN'nın en önemli avantajı daha fazla enerji tasarrufu sağlamak ve uç nokta düğümü sensörünü doğrudan yıldız topolojisi aracılığıyla ağ geçidine bağlamaktır [56]. Lpwa'nın bazı yönleri düşük güç, uzun menzilli iletişim, düşük maliyet, hizmet kalitesidir.

Düşük Güç; LPWAN hem örgü topolojisi hem de yıldız topolojisi sağlar. Geniş alanlar için uzun menzilli bir iletişim planlanıyorsa, mesh topolojisi lpwa'nın kapsamını genişletmeye

yardımcı olur. Bu yöntemle 10 km'den fazla kapsama alanına ulaşılabilmektedir. Bir uç nokta aygıtı için on yıl gibi uzun bir süre aktif olması beklenir. Pil bitmeden, yıldız topolojisi sayesinde ağın içinde canlı tutulabilir. Her uç nokta düğümü doğrudan ağ geçidine bağlanır ve bu da güç ihtiyacı açısından daha fazla verimlilik sağlar.

Uzun Menzilli İletişim; Lpwa'nın daha iyi sinyal yayılımı, sinyallerin iç mekanlara ulaşmasını sağlar, böylece uçtan uca cihaz bağlantı hızı çevreye bağlı olarak birkaç km'den 10 kilometreye ulaşabilmektedir. (bina ve tesisler sinyalleri engeller ve mesafeyi azaltır).

Düşük Maliyetli; Çoğu senaryoda, LPWAN lisanssız frekans bandı kullanır. Türkiye'de LPWAN 868 MHz ISM Bandında çalışmaktadır. Endüstriyel, Bilimsel ve Tıbbi (ISM) frekans bantları, ITU Radyo Yönetmeliğinde tanımlandığı şekilde radyo frekans bantları olarak belirlenmiştir. ISM bandı, iletişimden ziyade bilimsel, tıbbi ve endüstriyel gereksinimlere ayrılmış bazı spektrumları ifade eder. Bir spektrum maliyeti yoktur ve bu lpwa'yı daha cazip hale getirir [56].

Lorawan Protokolü üzerinden nesnelerin iletişimi alt yapısının kurulmasının başlıca avantajları [83];

- World Dünya çapında mevcut olan 868 MHz / 915 MHz ISM bantlarını kullanır
- Şehirlerde yaklaşık 5 km ve kırsal alanlarında 15 km'lik çok geniş bir kapsama alanına sahiptir
- Daha az güç tüketir ve bu nedenle pil daha uzun süre dayanır
- Tek LoRa Ağ Geçidi cihazı, binlerce uç cihazının ürettiği veriyi işlemek üzere tasarlanmıştır
- Basit mimarisi nedeniyle dağıtım ve kurulumu kolaydır
- Uç cihazların çıkış veri hızını / Rf çıkışını değiştirmek için uyarlanabilir veri hızı tekniğini kullanır. Bu, LoRaWAN ağının toplam kapasitesinin yanı sıra pil ömrünü de en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur. 125 kHz bant genişliği için veri hızı 0,3 kbps ile 27 Kbps arasında değişebilir.
- M2M / IoT uygulamaları için yaygın olarak kullanılır.
- Fiziksel katman sağlam CSS modülasyonu kullanır. CSS, Chirp Yayılmış Spektrum anlamına gelir. SF 7'den 12'ye 6 SF (yayıma faktörü) kullanır. Bu, farklı veri

hızlarında iletimler sağlar. Ayrıca, işlem kazancı sağlar ve bu nedenle vericinin çıkış gücü aynı RF bağlantı bütçesiyle azaltılabilir ve bu nedenle pil ömrünü uzatır

- FSK modülasyon tipine benzer sabit zarf modülasyonuna sahip LoRa modülasyonunu kullanır ve bu nedenle düşük maliyetli ve yüksek verimlilikle düşük güce sahip mevcut PA (güç amplifikatörü) aşamaları kullanılabilir
- LoRaWAN, A sınıfı, B sınıfı ve C sınıfı olmak üzere üç farklı cihaz türünü destekler

5.3 ISM Bandı, Dünyada ve Türkiye’de ISM Bandı Frekansları

Endüstriyel, Bilimsel ve Tıbbi (ISM) frekans bantları, ITU Radyo Yönetmeliğinde tanımlandığı şekilde radyo frekans bantları olarak belirlenmiştir. Bu frekans bantları, telekomünikasyon dışındaki amaçlar için RF kullanımı için ayrılmıştır. ITU uluslararası bant tanımlarını belirlese de tek tek ülkelerin tam ISM bant frekansları farklılık gösterebilir.

ISM bantlarının en yaygın günlük kullanımları, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, kablosuz telefonlar, RFID ve NFC gibi düşük güçlü ve kısa menzilli telekomünikasyon iletişimi içindir. ABD'deki pek çok kişi 2.4 GHz ISM bandına aşınadır, çünkü çoğu Wi-Fi ve Bluetooth iletişimi bu bantlarda çalışır, ancak daha yakın zamanlarda 5 GHz Wi-Fi sistemleri daha erişilebilir hale gelmiştir. 13.553 MHz ile 13.567 MHz ISM bandında 13.56 MHz kullanan birçok yaygın RFID ve NFC sistemi de vardır ve birçok kredi kartı, güvenli erişim, personel tanımlama ve kablosuz ödeme sistemi bu teknolojileri kullanır.

Ayrıca, en yeni akıllı ev ve hobi elektroniklerinin çoğu, cihazlar arasında düşük güç ve kısa menzilli iletişim için 915 MHz ve 2.4 GHz ISM bantlarında Zigbee teknolojileri kullanılmaktadır. Önümüzdeki birkaç yıl içinde, 60 GHz ISM bandında çalışan 60 GHz Wifi'nin son derece yüksek verimli cihazdan cihaza iletişim için popülerlik kazanması muhtemeldir. Bu uygulamanın bazı örnekleri yüksek tanımlı, 4k, video akışı ve son derece hızlı cihazdan cihaza kablosuz veri aktarımı olabilir.

Son birkaç yılda ortaya çıkan ISM bantları için önceki yıllara göre çok daha fazla modülasyon şeması ve iletişim platformu hedeflenmiştir. Bunun nedenlerinden bazıları, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Endüstri 4.0 uygulamalarının artan potansiyeli olabilir. Bu, kullanıcıların doğrudan katılımı olmadan düşük güçlü ve kısa menzilli makine tipi

iletişimlere dayanacaktır. Bu yeni teknolojilere örnek olarak LoRa ve NB-IoT verilebilir. ISM bantlarının gelecekteki uygulamaları uydu iletişimini içerebilse de şu anda mevcut cubeSATS, nanoSATS veya diğer smallSATS için mevcut ISM bantları mevcut değildir [62].

Aşağıdaki Çizelge 5.3.1’de ITU tarafından anons edilen ISM bandı kullanım frekanslarına ilişkin bantlar listelenmiştir [63].

ITU belirlediği ISM Frekans bandları			
Frekans bandı	Merkez frekans	ITU RR	Saha Güç Aralığı (dB(μ V/m)) ⁽¹⁾
6.765-6.795 MHz	6.78 MHz	5.138	80-100
13.553-13.567 MHz	13.567 MHz	5.150	80-120
26.957-27.283 MHz	27.12 MHz	5.150	70-120
40.66-40.70 MHz	40.68 MHz	5.150	60-120
433.05-434.79 MHz	433.92 MHz	5.138 (Region 1), 5.280	60-120
902-928 MHz ⁽²⁾	915 MHz	5.150 (Region 2)	30-120
2 400-2 500 MHz	2 450 MHz	5.150	-
5.725-5.825 GHz	5.8 GHz	5.150	-
24.00-24.25 GHz	24.125 GHz	5.150	-
61.00-61.50 GHz	61.25 GHz	5.138	-
122-123 GHz	122.5 GHz	5.138	-
244-246 GHz	245 GHz	5.138	-

Çizelge 5.3.1. ITU ISM Frekans bandı listesi [63].

Telekomünikasyon uygulamaları hariç endüstriyel, bilimsel ve tıbbi (ISM) uygulamalar, endüstriyel, bilimsel, tıbbi, evsel veya benzeri nedenlerle yerel radyo frekansı enerjisi oluşturmak ve kullanmak üzere tasarlanmış ekipman veya cihazların çalışması olarak tanımlanır [64].

5.4 Lora ve Semtech Modülasyon Lisansı

Lorawan, Semtech'in kurucu üyesi ve yönetim kurulu sponsoru olduğu kâr amacı gütmeyen bir teknoloji ittifakı olan LoRa Alliance tarafından yönetilen birlikte çalışabilirlik

standardıdır. Büyük LoRaWAN ekosistemi çoğu IoT kullanım durumunu karşılayabilse de kullanıcılar LoRa'yı en üstte ısmarlama bir ağ uygulamasıyla keşfetmeyi seçebilirler. Akıllı ev ve topluluk uygulamaları için Amazon kaldırım ağı bunun bir örneğidir. Yüz milyonlarca uç düğümün kurulu olduğu hemen hemen her dikey sektör için LoRa'nın kullanım durumu vardır.

LoRa (uzun menzil için kısa), chirp spread spektrum (CSS) tabanlı bir spread spektrum modülasyon yöntemidir. Semtech'in Lora'sı, Nesnelerin İnternet'inin fiili kablosuz platformu (IoT) haline gelen uzun menzilli, düşük güçlü bir kablosuz ağıdır. LoRaWAN cihazları ve ağları, enerji yönetimi, doğal kaynakların korunması, kirlilik kontrolü, altyapı verimliliği ve felaketten kaçınma gibi dünyanın en acil sorunlarından bazılarını ele alan akıllı IoT uygulamalarına olanak tanır. Semtech'in LoRa cihazları Akıllı Şehirler, evler ve binalar, topluluklar, ölçüm, tedarik zinciri ve lojistik, tarım ve diğer uygulamalarda kullanılmaktadır. LoRa, yüz milyonlarca cihazı 100'den fazla ülkedeki ağlara bağlayarak ve genişleyerek tüm dünyayı daha akıllı bir yapıya dönüştürmektedir.

Uzun menzil, düşük güç tüketimi ve güvenli veri iletimi, LoRa cihazlarının ve IoT uygulamaları için LoRaWAN standardının çekici yönleridir. Genel, özel veya karma ağlar, hücresel ağlardan daha geniş bir yelpazeye sahip olan teknolojiyi kullanır. Dağıtımların mevcut altyapıya dahil edilmesi kolaydır ve düşük maliyetli pille çalışan IoT uygulamalarına izin verir. Semtech'in LoRa yonga setleri, geniş bir IoT çözüm sağlayıcıları ekosistemi tarafından üretilen cihazlarda kullanılır ve tüm dünyadaki ağlara bağlanırlar. Basitçe söylemek gerekirse, LoRa cihazları buluta bağlar ve onlara bir "ses" verir, böylece içinde yaşanan, çalışılan ve oyunlar oynanan dünyayı geliştirir [65].

LoRa, Endüstriyel, Bilimsel ve Tıbbi (ISM) bantlarında (ISM) lisanssız kablosuz hava dalgaları kullanır. LoRa, Avrupa'da 863-870 MHz frekans spektrumunu kullanıyor. Biri 868 Mhz'de diğeri 867 Mhz'de olmak üzere iki alt bandı vardır. 868 MHz alt bandında üç adet 125 kHz LoRa kanalı bulunurken, 867 MHz alt bandında beş adet 125 kHz kanalı mevcuttur. LoRaWan görev döngüsü yüzde 0,1,% 1 veya% 10 olarak ayarlanabilir. Avrupa'da yönetmelikler, her bir alt grubun % 1 görev döngüsüne sahip olmasını şart koşmaktadır. Görev döngüsü, aynı kanaldaki bir cihaz tarafından yayınlanan her kare arasındaki zaman aralığıdır.

LoRaWAN MAC katmanı, LoRa cihazlarının LoRaWAN alıcı ağ geçidi ile iletişim kurmasını sağlayan teknolojidir. Lorawan'daki son cihazlar bir yıldız topoloji mimarisine sahiptir, bu da yalnızca alıcı ağ geçidine bağlanabilecekleri anlamına gelir. Öte yandan, merkezi bir LoRaWan sunucusuna birden fazla ağ geçidi bağlanabilir. Bir uç aygıt, bir IoT ağındaki bir IoT düğümüne karşılık gelir.

Farklı uygulama taleplerini karşılamak için LoRaWAN üç farklı türde son aygıt belirtir şöyle ki [66].;

- Sınıf A: Çift yönlü iletişim son cihazlar tarafından desteklenir. Sunucu etkin değilken, A sınıfı aygıtın etkin / uyku aralığı vardır. Tanımlanan aralıklar dahilinde, son cihaz bir uplink paketi iletir ve olası veri alımını bekler. Son aygıt her zaman A Sınıfı iletişimi başlatan aygıttır.
- Sınıf B: Periyodik işaretçiler, son cihazları şebeke ile senkronize tutmak için kullanılır. B sınıfı cihaz, alıcı yuvalarını ayarlar ve iletim pencerelerini düzenli olarak düzenler. Sonuç olarak, sunucu veri aktarım hızını ve döngüsünü belirler.
- C Sınıfı: İletim sırasında hariç, son cihaz sürekli olarak alabilir. Uyumak için neredeyse hiç zaman harcamaz. C Sınıfı gecikmeyi azaltır ve sürekli güç gerektiren uygulamalar için uygundur [66].

5.5 Bazı LoRaWAN Uygulama Örnekleri

Örnek bir çalışmada [67], keşfedilen hedef bileşikleri telemetri etmek için düşük güçlü geniş alan ağı protokolüne (LoRa) dayalı bir iletişim ağının kullanılıp kullanılmayacağını görmektir. Araştırma prototip platformu, her ikisi de Semtech LoRa alıcı-verici SX1276 kullanan iki mikro denetleyici, LoPy4 ve MKRWAN 1310 içerir. Her iki kart da kullanılabilir, birincil fark düğümleri programlamak için kullanılan programlama dilidir; Bununla birlikte, MKRWAN kartı, LoPy4 kartının uyku modunda ihtiyaç duyduğu gücün dörtte birini kullandığı için test için seçilmiştir. Kontrollü bir ortamda, test sırasında MKR, 23 baytlık paketleri 905 Mhz'de 28 milisaniye yayın süresi ortalamasıyla iletmek için başarıyla kullanılmıştır. Düğümler Semtech LoRa alıcı-verici SX1272'ye ağ geçidi üzerinden bağlanmaktadır.

Bundan sonra, ağ geçidi TTN'ne veri göndermek üzere ayarlanmaktadır. Burada birleştirme ve kabul istekleri TTN panosunda görülebilmektedir. Sensör nodundan alınan sensör

verilerini izleme için veriler ttn'den sunucu tarafına aktarılır. Lora'nın düşük güç tüketimi nedeniyle, ağ düğümleri tek bir pil kaynağından daha uzun süre dağıtılabilir ve bu da doğrudan insan katılımı gereksinimini azaltır [67].

Lorawan'ın qos'unu artırmak için LoRa + olarak adlandırılan benzersiz bir teknik sunulmaktadır. LoRaWAN teknolojisini ve sınıflarını açıkladıktan sonra gw'den parametreleri almadan önce bir kanala gönderme konusu vurgulanmıştır. Bu kusur, LoRaWAN ağındaki reddedilen paketlerin oranını yükseltir ve gw'nin radyo erişimini azaltır. Önerilen LoRa + mekanizması, LoRaWAN standardının mimarisi sunulduktan sonra gösterilmiş ve tartışılmıştır. Daha sonra, farklı koşullar altında, lorawan'ı LoRa + (şehir ve kırsal) ile karşılaştırmak için sistem modeli oluşturulmaktadır. LoRaWAN ile karşılaştırıldığında, sonuçlar yeni LoRa + mekanizmasının daha verimli olduğunu göstermektedir. LoRa +, çarpışmaları ve parazitleri azaltırken ED ve GW arasındaki bağlantıyı geliştirir.

Aynı zamanda LoRa şebeke operatörlerinin yüksek ED yoğunluğuna sahip bir bölgede GWS sayısını % 80'e kadar azaltmasına ve önemli maliyet tasarrufu sağlamasına olanak tanır. Bu ampirik bulgular son derece cesaret vericidir [68].

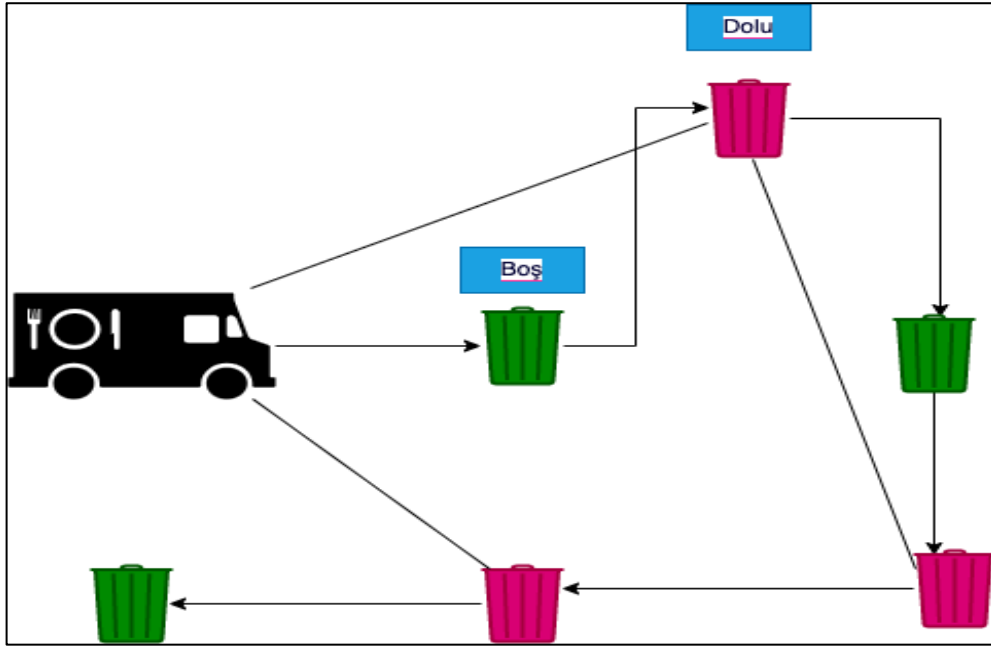
Örnek bir çalışmada [69], hava kalitesi verilerini gerçek zamanlı olarak toplayabilen ve güncelleyebilen akıllı bir uzun menzilli (LoRa) sensör düğümü önermektedir. LoRaWAN-IoT-AQMS olarak adlandırılan Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı uzun menzilli geniş alan ağı (LoRaWAN) hava kalitesi izleme sistemi (AQMS), stabilitesini ve etkinliğini sağlamak için dış mekân ortamında test edilmiştir. Çoklu sensörler (NO₂, SO₂, CO₂, CO, PM_{2.5}, sıcaklık ve nem), bir Arduino mikrodenetleyici, aLoRa kalkanı, bir LoRaWAN ağ geçidi ve Thing Network (TTN) IoT platformu sisteme dahil edilmiştir. LoRaWAN-IoT-AQMS, şarj edilebilir bir pille çalışan ve uzun süreli çalışma için bir solar şarj cihazı kalkanı aracılığıyla bir fotovoltaiik güneş paneli ile çalışan kendi kendine yeten bir sistemdir.

Akıllı sensör cihazını kullanarak sistem dikkate alınan hava kalitesi bilgilerini aynı anda toplar. Sistem daha sonra verileri ağ geçidi üzerinden ThingSpeak IoT sunucusuna bağlı TTN platformuna gönderir. Bu etkinlik edinilen verileri yeniler ve Web tabanlı bir gösterge tablosunda ve Virtuino mobil uygulaması kullanılarak oluşturulan bir Grafik Kullanıcı Arabiriminde (GUI) gösterir. Sonuç olarak, insanlar sağlanan bilgileri cep telefonlarından alabilirler. Oluşturulan LoRaWAN-IoT-AQMS sonuçları, yüksek teknoloji Aeroqual hava

kalitesi izleme ekipmanı kullanılarak elde edilen deneysel verilerle karşılaştırılarak doğrulanır. Sistem, çeşitli hava kalitesi göstergelerini sürekli olarak izleme ve verileri İnternet üzerinden gerçek zamanlı olarak iletme yeteneğine sahiptir [69].

5.6 Uygulama Hakkında Genel Bilgiler ve Varsayımlar

Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere şehir yönetimlerinde yapılan IoT entegrasyonlarının en somut örneklerinden biri akıllı atık yönetimidir. Bunun çevreye, bütçeye, havaya ve şehir yaşayanlarının yaşam kalitesine kattığı fayda tartışılmazdır.

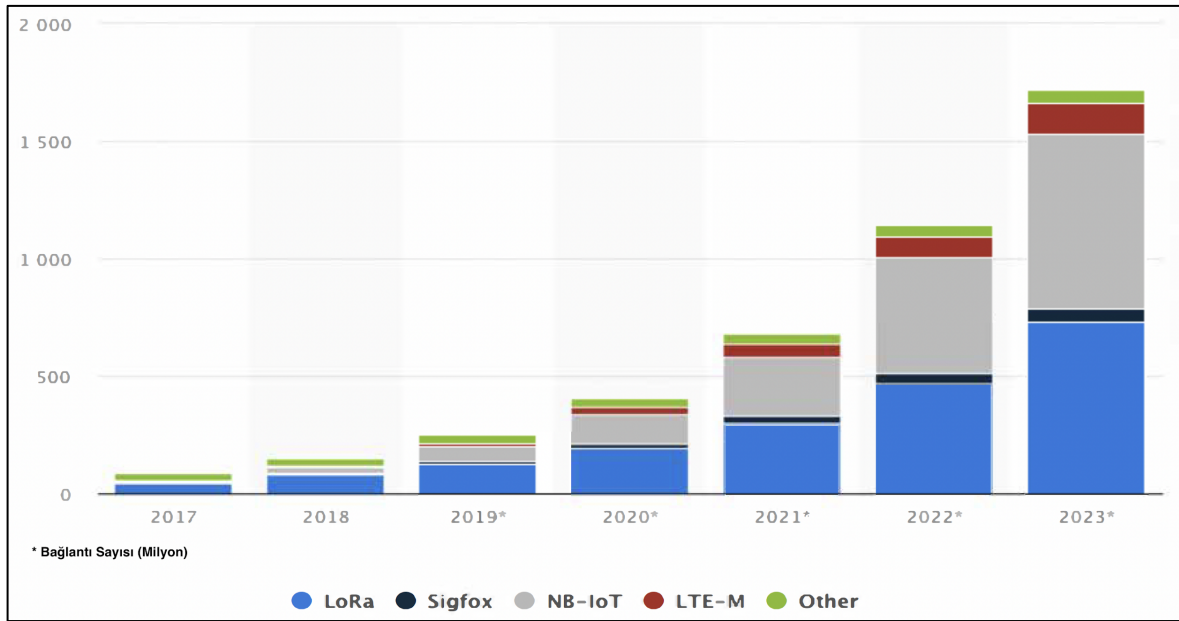


Resim 5.6.1. Geleneksel atık toplama rota örneği

Geleneksel yöntem ile bir atık toplama sürecinde atık aracı Resim 5.6.1'deki tüm istasyonlara uğrayarak doluluk oranına bakmaksızın atık toplama faaliyeti gerçekleştirecektir. Bu hem zaman hem işgücü hem de yakıt anlamında birçok kaynağın verimsiz kullanılmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda dolu bir çöp konteynirinin etrafa vereceği kirlilik ve boş yere dolaşan atık toplama aracının karbon salınımıyla oluşturduğu çevre kirliliği ise problemin bir diğer boyutudur.

Birçok nedenle verimsiz olan ve çevresel sorunlara yol açan atık toplama faaliyetinin, atık konteynirlerinin IoT ile donatılıp bu yolla toplanacak verinin merkezi veri tabanlarına aktarılması sağlanarak anlık takip edilebilmesi ile çok daha etkin, verimli bir faaliyete dönüştürülebilecektir.

Bu modelde emek ve yoğun faaliyet sıklığının azaltılması beklenmektedir. Sahadan toplanan verilere dayanarak yanıt veren dinamik bir sistem oluşturulmaktadır. Bu modelde, sistem bir LPWAN protokolü olan LoRaWAN ile sağlanır. LPWAN, dağıtım maliyeti ve lisans gibi GSM tabanlı çözümlerden birçok yönden daha verimlidir. Şekil 5.6.1'deki istatistik beklentisine dayanarak, 2017'den 2023'e kadar dünya çapında LPWAN bağlantılarının sayısı önemli ölçüde artırılabacaktır. Bu, LPWAN teknolojilerinin daha çekici olacağını bir başka göstergesidir [50].



Şekil 5.6.1 2023 yılına kadar LPWAN bağlı cihaz sayısı

Birçok IoT projesinde, bağlantı türüne bakılmaksızın, güç gereksinimi her zaman ana konudur. Bir IoT ürününün güç tüketimi bir anahtar tanımlayıcısıdır, daha doğrusu, uygun veya uygun değildir kararını doğrudan etkiler. LoRawan'ın uyku akımı için güç tüketimi açısından otuz kat daha verimli olduğu bilinmektedir [51].

Birleşmiş Milletlerin Dünya şehirleşme artışı beklentileri düzenli olarak yenilenmekte ve 2030 yılına gelindiğinde dünya toplam nüfusunun %70'inin şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Bu daha yıkıcı sorunlara neden olur ve şehirler bazı büyük zorluklarla karşı karşıya kalabilir. Artan nüfus ve etkin kaynak yönetimi Akıllı Şehir, şehirler için zorunlu nesnelere haline gelmiştir [53]. Bu senaryo ile başa çıkmak için gelişen bir çözüm, Akıllı Şehirler kavramını uygulayarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin yakınlaşmasıdır. Akıllı

Şehirler konsepti, daha yüksek yaşam standartları sağlamak için öncü çözümdür. Bu kadar yüksek yaşam standartlarını sağlamak için, Bilgi ve İletişim teknolojilerinin kapsamı bir şehrin her noktasından genişletilmelidir [52].

Tarihsel açıdan bakıldığında Akıllı Şehir kavramının ilk kullanıldığı dönemde bazı farklı göstergeler bulunmaktadır. 1990'ların sonlarında, Akıllı Şehir kavramının temel bileşenlerinden olan şehir ile bilgi ve iletişim teknolojileri, akademik literatürde tartışılmaya başladı. 1997'de 2000'den fazla şehirde web sayfaları (www) vardı ve bugün bu, Akıllı Şehir kavramının ilk örneği olarak kabul edilmektedir [54].

İnsan yaşam kalitesinin artırılması sürecinde, teknoloji kullanımı her zaman insanlığın uğraşması gereken birçok sorun için çözüm yolu olmuştur. Son beş yılda, Bilgi ve İletişim Teknolojileri, insan yaşamının bir çok alanlarını ekonomik ve sosyal yönleriyle değiştirmede öncü olmuştur. BIT'in gelişmesinden akıllı bir şehir kavramı ortaya çıkmıştır [55].

Diğer bazı en iyi uygulamalar Akıllı Şehir konsepti için kilometre taşlarını temsil eder.

Bunlardan bazıları ;

Kopenhag Üssü ve Craigmillar Topluluk Bilgi Servisi diğer örnektir. Kopenhag Üssü, yerel tesisler hakkında bilgi depolayan bir veri tabanıdır. Bu bilgi servisine internet ve TV-metinden erişilebilmektedir. Geniş bant yüksek hızlı internet bağlantısı, Seul şehrindeki haneler ve yerel işletmeler arasında bağlantı sağlamaktadır. New York'ta başka bir Akıllı Şehir yaklaşımı geliştirilmiştir. Kablosuz geniş bant ağları bu şehirlerin tamamını kapsamaktadır.

Global Data Tematik 'in yayınladığı bir araştırmada Akıllı Şehir konseptindeki önemli kilometre taşlarını listelenmiştir [56]. Araştırmaya göre Akıllı Şehir girişiminin ilk kanıtı, 1974'te Los Angeles şehri için gerçekleştirilen büyük veri projesidir.

Akıllı Şehir konseptinin geliştirilmesi, BİT, IoT ve sensör ağları gibi alanlarda başka gelişmeler gerektirmektedir. Bütün bu parçalar birbirine bağlandığında, ideal sistem insanlar için hizmette olacaktır. Tüm bu kapsamlı sistem, bazı donanım ve yazılımlardan oluşan bir küme olarak adlandırılabilir. Bu küme, insanların ihtiyaçlarını anlamak ve zamanında yanıt vermek için yoğun bir şekilde çalışmaktadır [57].

Yukarıda belirtilen tüm bilgi ve modeller teknolojik gelişmeye, en iyi uygulamalara ve bazı kullanım durumlarına dayanmaktadır. Hükümet, Endüstriler, Şirketler ve insanlar iş yapmanın daha etkili bir yolunu oluşturmak için fırsatlar ararlar. ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü), dünya çapında bir ulusal standartlar organları federasyonudur (ISO üye organları). ISO Uluslararası Standartlar hazırlar ve ISO teknik komiteleri bunu yapar. Bu olanakları desteklemek ve bir standart önermek için ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü) 2018'de yeni bir standart yayınlamıştır (ISO 37120: 2018 Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar - Şehir hizmetleri ve yaşam kalitesi göstergeleri).

Bu rehberlik standardı gelecekteki Akıllı Şehir projelerine referans olacak ve karar alma sürecini destekleyecektir. Kısaca standart, Şehirlerin performanslarını ölçmek için göstergelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Bu standart, bir şehirdeki şehir hizmetini ve yaşam kalitesini vurgular. Değer yargısı için herhangi bir değer veya sayı ele alınmaz. Göstergeler şehir performansına göre izlenmelidir. İzleme verileri uygulamalardan geldikten sonra, şehirlerde daha fazla planlama daha ayrıntılı ve başarılı olacaktır. Bu standartta belirtilen göstergeler ve test yöntemleri, şehir yönetimini desteklemek için;

- Şehir hizmetinin performansını ve yaşam kalitesini ölçülmesi.
- Ölçümleri karşılaştırın ve bu ölçümlere dayalı değerler oluşturulması.
- Politika yapıcılara karar verme sürecinde yardımcı olacak daha fazla veri sağlanması gerekmektedir.

ISO37120'DE yer alan göstergeler Ek 2'da listelenmiştir [58].

Giriş bölümünde yer alan Şekil 1.1 de araştırmanın yöntemi özetle ifade edilmiştir. Öncelikli olarak sonuçların daha etkin alınabilmesi için uygulama sahası seçimi yapılmıştır. Burada dikkat edilen temel unsurlar nüfus yoğunluğu olan ve buna bağlı olarak da atık ünitesi sayısının fazla olduğu bir bölgenin seçilmesi olmuştur. Sadece bununla kalmamış olup saha seçiminde atık toplama operasyonunun uygunluğu gözetilmiştir. Bu gerekçelerle Gayrettepe mahallesinde bir bölge tercih edilmiştir. Bölgede yapılan saha ziyareti ile sorunların daha somut gözlenmesi sağlanmıştır.

Atık toplama ünitelerinin hali hazırdaki yapısı düşünülerek sensör nodunun fiziki şartları öncelikli olarak planlanmıştır. Burada dikkat edilen unsur, montajın kolay olmasının yanı sıra toz, sıvı teması gibi olası olumsuzlukların sensörün çalışmasını engellememesinin önüne geçilmesi adına nodun sızdırmazlık için güçlendirilmesi olmuştur. Sensör nodunun dış çevresi için gerekli ön görülebilir önlemler alındıktan sonra sensörün iç donanımı olan Arduino UNO devre, sx1276 lora modül, anten ve bataryanın birbirleriyle uyumlu çalışacağı ortam hazırlanan sensör nodu tamamlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus antenin dış ortamdan izole olmadan sinyalleşmeyi sağlıklı yapacağı şekilde entegre edilmesidir.

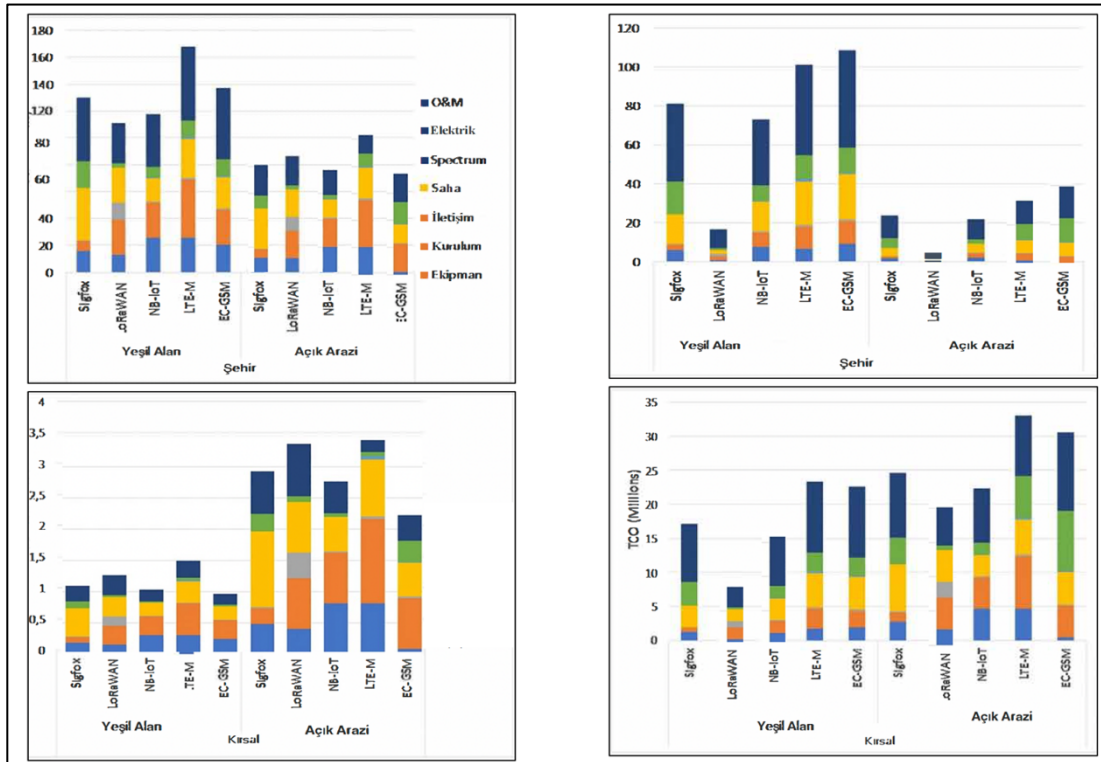
Uygulama aşamasında üçüncü aşama olarak adlandırdığımız fazda sensör nodu galvaniz atık ünitesine monte edilmiştir. Flap olarak adlandırılan kapak kısmına yapılan montajda en dikkat edilmesi gereken nokta kapak açılıp kapanmalarında nodun zarar görmemesidir. Bunun önlenmesine yönelik olarak kapak il ana gövde arasına bir pistonlu kol yerleştirilerek kapağın kapanma hızından kaynaklı enerji piston ile emilmiştir. Montajın tamamlanması ile atık ünitesinden veri alınmaya başlanmış ve oluşturulan merkezi veri yönetim birimine veri depolanmıştır. Son aşamada bu veri korele edip anlamlı hale getirilerek web servis üzerinden son kullanıcıya ulaştırılmıştır.

5.7 Uygulama Alt Yapı Elemanları

Bu çalışma sırasında gerek enerji verimliliği gerek işletme maliyetleri düşünülerek çalışmanın daha nitelikli desteklenmesi adına sahadan veri toplama süreçlerinde iletişim alt yapısı olarak birçok avantajı nedeniyle Lora ve LoRaWAN protokolü kullanılmıştır.

Bugünün şartlarında iletişim altyapısı olarak GSM kullanılması durumunda en düşük maliyetli M2M tarifesi aylık 30 tl ve üzeri olduğu ayrıca GSM iletişimi için kullanılan bant ve buna bağlı olarak enerji ihtiyacı göz önünde tutulduğunda, binlerce atık ünitesinde bu maliyet durumunun sürdürülebilirliği daha zordur fakat bunun yanı sıra sadece başlangıç yatırımında atık ünitelerinde bir kaç dolar yatırım maliyetiyle yüzlerce lora modüle servis veren ağ geçitlerinin 15 km alana hizmet edebilir şekilde ilk kurulumun yapılması ayrıca sadece iki kalem pil ile yıllarca batarya ihtiyacını duyulmadığı bir tasarım çok daha efektif bir çözüm olacağından bu çalışmada bu yönde ilerlemiştir.

Farklı iletişim teknolojilerinin kullanım amacı ve sahasına göre, operasyon, enerji ihtiyacı, spectrum, iletişim, kurulum, ekipman giderleri yönüyle çok yönlü olarak incelenmesi neticesinde Şekil 5.7.1 de yer alan görseldeki gibi bir sonuç ortaya çıkmıştır. Şekil 5.7.1’den de anlaşılacağı üzere uygulama ekseriyetle LoraWan’ın GSM iletişime göre oldukça maliyet avantajlı olduğu görülmektedir. Özellikle de kırsal uygulamalarda tartışmasız en uygun maliyetle uygulama yapılabilir [91].



Şekil 5.7.1 LPWAN bağlı cihaz sayısı

Çizelge 5.7.1. LoraWan, M2M GSM maliyet karşılaştırması

LoraWan, M2M GSM Maliyet Karşılaştırması			
	Modül Ücreti	İletişim, Şebeke Ücreti	Gateway Ücreti
GSM	345₺	30₺ (Aylık)	-
Lorawan	223₺	-	\$300

Çizelge 5.7.1’de bu çalışma kapsamında kullanılan iletişim teknoloji olan LoraWan ve GSM alt yapısında servis olarak verilen M2M karşılaştırılması yapılarak tercih edilen yöntemin ne kadar maliyet yönüyle avantajlı olduğu ortaya konulmuştur. Turkcell adına Türkiye’de hizmet veren bir mobil servis sağlayıcının web sitesinden [89] alınan M2M tarifesi aylık olarak her bir IoT sensör iletişimi için 30₺ şeklindedir. Diğer taraftan on bine [90] yakın IoT sensör uç noktasını destekleyen ilk kurulum maliyeti \$300 civarı olan LoraWan ağ geçidi aracılığıyla kurulan bir şebekede aylık bir ödeme söz konusu olmaması açık ara LoraWan teknolojisinin maliyet avantajının olduğunu ortaya koymaktadır. Özetle binlerce IoT sensör nodu için her ay binlerce ₺ ödemek uygulama maliyeti açısından makul olmayacaktır.

İletişim modülü ortalama fiyatları “<https://www.direnc.net/llcc68-ebyte-e220-900t22d-868mhz-915mhz-22dbm-kablosuz-lorawan-modul> ve <https://www.direnc.net/m66-gsm-gprs-modul>” sitelerinden temin edilmiştir.

Uygulama alt yapısında kullanılan enstrümanlara ilişkin bazı teknik detaylar aşağıda ifade edilmiştir.

Arduino Uno

Arduino micro denetleyici bir platform olup, tamamen açık kaynaklı bir donanım ve yazılım altyapısı sunmaktadır. Bugün birçok endüstriyel ürünün ana faaliyetini yerine getirmesinde temel enstrümandır. Öyle ki, Arduino aracılığıyla bir elektronik cihazı kontrol ettirilebilir, sensörlerden veri okuyabilir, bir, sıfır gibi aç kapa komutlarıyla birçok iş yaptırılabilir. Arduino üzerinde bulunan cip için bir programlama dili vardır ve bu sayede yaptırılacak işin kodu yüklenerek hazır hale getirilebilir. Arduino’un pin haritası ve çeşitliliği onun farklı boyutlarda farklı projeler içinde yer almasına da imkân sağlamaktadır [70].

Arduino Uno ATmega328P temelli mikro kontrol devredir ve birçok IoT projesinde kullanılmaktadır [71].

Teknik Özellikler [71];

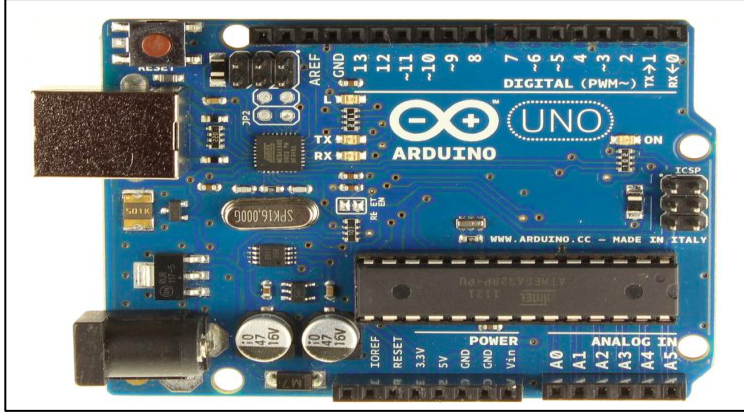
- Microcontroller ATmega328P
- Çalışma voltajı 5V

- Giriş voltajı (limit) 6-20V
- Digital I/O Pin sayısı 14
- PWM Digital I/O Pin sayısı 6
- Analog giriş Pin sayısı 6
- DC akım her I/O Pin için 20 mA
- DC akım 3.3V Pin için 50 mA
- Flash hafıza 32 KB (ATmega328P) 0.5 KB boot yükleme için
- SRAM 2 KB (ATmega328P)
- EEPROM 1 KB (ATmega328P)
- Saat hızı 16 MHz
- Gömülü LeD 13

Arduino'nun sağlamış olduğu en önemli fayda detaylı bir teknik bilgiye gereksinim duymadan birçok amatör ya da profesyonel projeler yapılabilmesidir. 2010 yılından itibaren markette olan Arduino Uno Arduino ailesi içinde en çok bilinen üyesidir.

Arduino bir koordinasyon merkezi gibi çalışıp birçok elektronik komponenti aynı anda koordine edebilmektedir. Bu çalışmadan örnek verecek olursak, sensör verisini ultrasonic mesafe ölçücüden alıp sonrasında Lora modülüne bu veriyi ağ geçidine göndermesi talimatı vermektedir. Üzerindeki pinler enerji den topraklamaya ve sensörlere kadar birçok bağlantı için imkân sağlamaktadır [70].

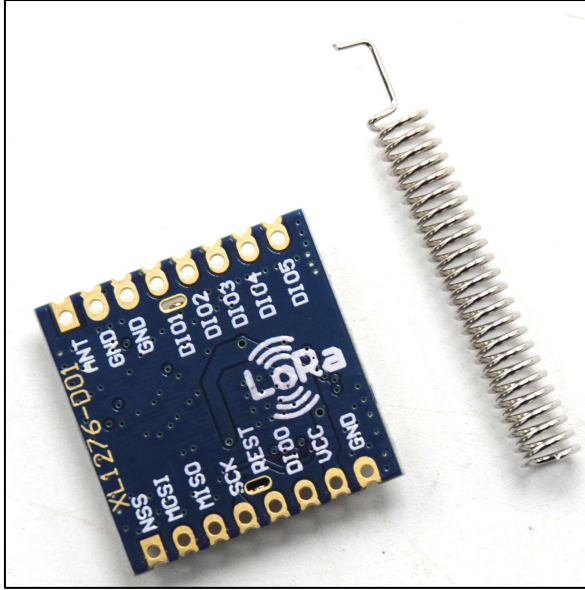
Şekil 5.7.2 de gösterilen Arduino Uno ile LED yakıp söndürmek gibi en temel uygulamalardan drone, robot, akıllı ev otomasyonu, hırsız alarm sistemi, park sensörü gibi daha gelişmiş projeler de yapılabilir. Kısacası Arduino Uno, standart boyutlarda bir kontrol kartı olup, basitten zora birçok uygulamada elektronik devrelerin kontrol edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 5.7.2. Arduino Uno

Smetec Sx1276 Lora Transmitter

(137 MHz to 1020 MHz Uzun mesafe düşük enerji transmitter)



Şekil 5.7.3. Sx1276 Lora Transmitter

Şekil 5.7.3 de gösterilen SX1276 modeli/77/78/79 alıcı-vericiler, akım tüketimini en aza indirirken ultra uzun menzilli yayılmış spektrum iletişimi ve yüksek parazit bağışıklığı sağlayan LoRa uzun menzilli modeme sahiptir. Yukarıda bahsi geçen uygulamalar ve avantajlar temel alınarak bu çalışmada Lora haberleşmesi tercih edilmiştir. Lora teknolojisi geliştirildikten sonra Semtech firmasınınca sahiplenilmiş ve Lora ürünleri bu firma tarafından lisanslanmaktadır. Bu çalışmadaki sensor nodunda kullanılan lora ürünü de semtech ürünü

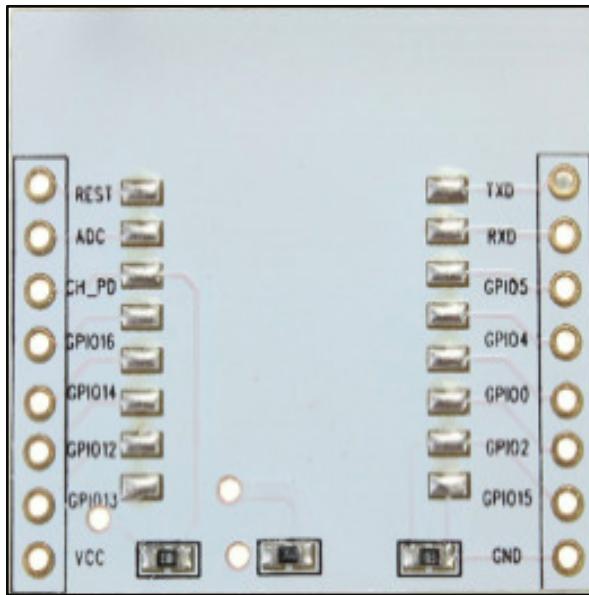
olan Sx-1276 lora modüldür. Buna ilişkin üretici firmanın sayfasından Sx-1276 lora modülüne ait teknik özellik bilgileri aşağıdaki gibidir[72].

Teknik Özellikler;

- LoRa Modem
- 168dB maximum link kapasitesi
- +20dBm - 100 mW sürekli RF çıkış
- +14dBm yüksek verimlilikte PA
- 300kbps kadar programlama bit hızı
- Yüksek hassasiyet: -148dBm e kadar
- Mükemmel bloklama bağışıklığı
- Düşük RX akımı 9.9mA
- Tamamen bütünleşmiş 61Hz de sentezleyici
- FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa and OOK modulation

ESP8266 Module Adaptörü

Semtech sx1276 lora modülünün tasarlanan devre uyumlu çalışması için gerekli olan Şekil 5.7.4'deki adaptör modülüdür. Pin haritalamak için kullanılmaktadır. Yardımcı ara bir modüldür.



Şekil 5.7.4. Adaptör modülü

Dragino LG01-P IoT Ağ Geçidi

Şekil 5.7.5’de gösterilen LG01-P, açık kaynaklı tek kanallı LoRa Ağ Geçididir. LoRa kablosuz ağını isteğe bağlı LTE modülü üzerinden WiFi, Ethernet veya 3G / 4G hücresel üzerinden bir IP ağına bağlanılmasını sağlar. LoRa wireless, kullanıcıların veri göndermesine ve düşük veri hızlarında son derece uzun aralıklara ulaşmasına olanak tanır. Ultra uzun menzilli yayılmış spektrum iletişimi ve yüksek parazit bağışıklığı sağlar [73].



Şekil 5.7.5. Dragino LG01-P IoT Ağ Geçidi

Saha uygulamalarının en önemli şebeke elemanlarından biri ağ geçidi olarak kullanılan, dragino marka LG01-P model ağ geçididir. Sensör modülünden gelen iletişim taleplerinin birçok farklı ara yüz aracılığıyla merkezi sunucuya aktarılmasına imkân sağlayan ağ geçididir. Ağ geçidinin Türkiye’de çalışma frekansı 868 Mhz olan bantta çalışmaktadır.

Gerek sx1276 modül gerekse de ağ geçidinin temin sırasında 868 model olmasına dikkat edilmiştir. Lora modülasyonu ve iletişimi ülkelerde farklılık göstermekle birlikte her ülke için tahsis edilen ISM bandını kullanmaktadır. ISM bandı (Industrial Scientific Medical band, Türkiye’de SBT - Sınai, bilimsel ve tıbbi cihaz bandı), birçok ülkede telsiz iletişimi için sertifika veya lisansa gerek olmadan belirli bir çıkış gücü sınırlamasına uyararak, üzerinden yayın yapılabilen banttır. Bluetooth’dan kablosu iletişime birçok iletişim lisanslamaya ihtiyaç olmadan bu bantlar aracılığıyla yürütülmektedir.

Dragino LG01-P IoT Ağ Geçidine ait teknik özellikleri şu şekildedir;

- Açık kaynak OpenWrt system
- Düşük güç tüketimi
- Ağdan yazılım yükleyebilme
- Auto-Onay
- Web GUI, SSH, LAN ya da WiFi ile yönetebilme
- WiFi AP, Client ya da Ad-Hoc(Mesh) mode desteği
- LAN, WiFi, ya da 3G/4G üzerinden İnternet bağlantısı
- Düşük sistem sorunları
- Arduino IDE uyumlu. Programlama kolaylığı
- 433/868/915/920 Mhz de LoRa band desteği
- LoRa da 5 ~ 10km mesafe

HC - SR04 Ultrasonic Mesafe Modülü

Şekil 5.7.6'daki Ultrasonic telemetre modülü HC - SR04 bazı IoT projelerinde yer almakta ve mesafe ölçüm işlevi görmektedir. 2 cm'den 400 cm'ye kadar olan mesafeyi iyi bir doğrulukla ölçebilir. Bu modülde hem ultrasonic alıcı, verici hem de kontrol devresi bulunur [74].



Şekil 5.7.6. Ultrasonic telemetre modülü

Teknik Özellikler [74];

- Çalışma Voltajı, DC 5 V
- Çalışma Akımı, 15mA
- Çalışma Frekansı, 40Hz
- Max mesafe, 4m
- Min mesafe, 2cm
- Ölçme açısı, 15 derece
- Giriş sinyali tetikleme, 10uS TTL
- Echo Çıkış Sinyali, Giriş TTL düşük sinyal and oranı
- Boyut, 45*20*15mm

Yazılım ve Programlama

Arduino Uno Arduino Yazılımı, Mac OSX sürüm 1.8.9, programlama için kullanılmıştır. Arduino'ya yüklenen Arduino taslağı Ek-1 de verilmiştir. Bu koda uygun bir düğüm oluşturmak için dikkat edilmesi gereken ayrıntılar ilerleyen bölümlerde ifade edilmiştir. Bu kodun donanım üzerinde çalışmasını sağlamak için birçok test yapılmıştır. Literatüre bakıldığında benzer bir tasarım olmadığı için Türkiye'de bütün devrelerin günlerce test edilmesi ile uçtan uca çalışması sağlanmıştır.

Uygulamaya özel güncellenen Arduino örnek kodu GitHub kütüphanesinden alınmıştır [75].

Sensör nodunun (düğümü) tasarımı için gerekli diğer yardımcı elamanlar

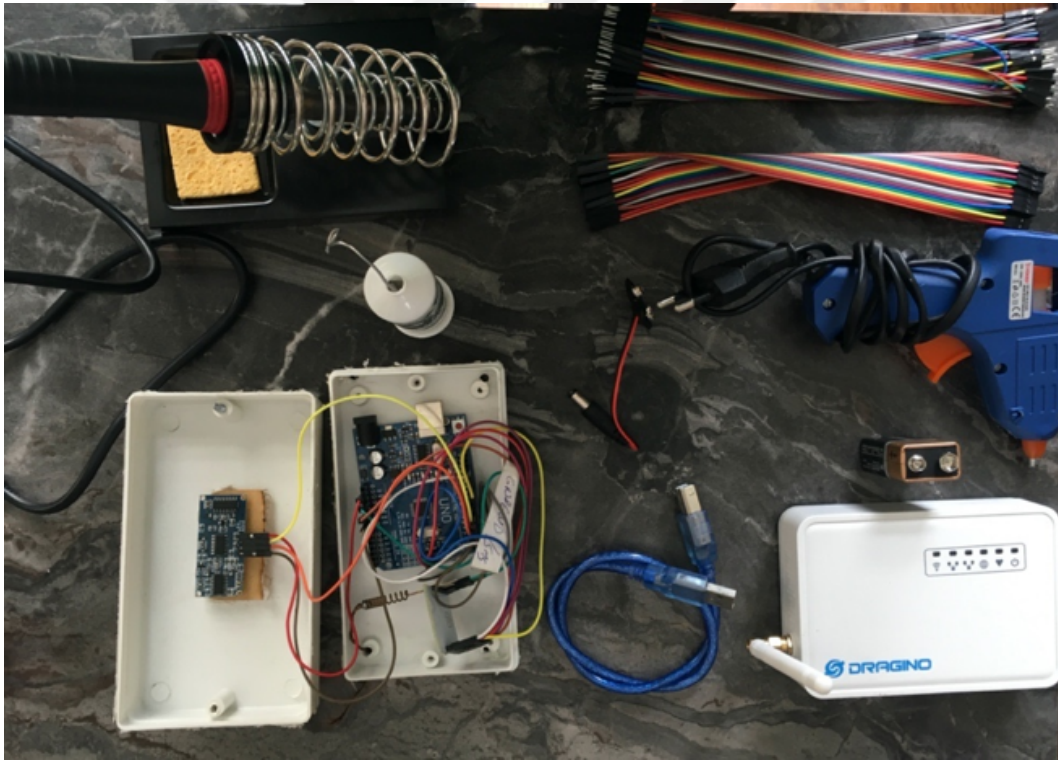
Bu devreyi ve düğümü kurmak için başka bazı cihazlar ve ürünler kullanılmıştır. Bunlar aşağıda listelenmiştir;

- Anten
- USB Kablosu
- 9 V Pil
- Pil Konektörü
- Katı Çekirdek bağlantı telleri
- Jumper Kabloları
- Plastik Proje Kutusu
- Lehim

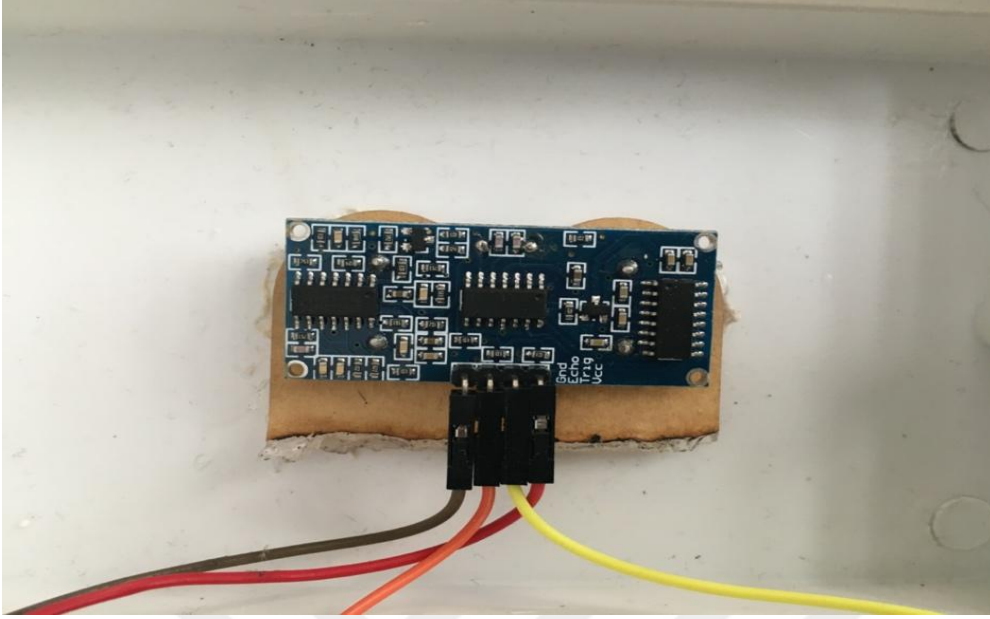
- Elektrikli havya
- Tornavida (Montaj İçin)
- Vida (Montaj İçin)
- Hidrolik Gaz Destek Amortisör Kolu
- Sıcak Silikon Tabanca ve Çubuk (Kutu Uygulaması için)

Devre Tasarımı PIN Haritası;

Aşağıdaki resimlerde, tüm parçaların düğümün son aşamasında ve ana montaj işleminde nasıl monte edildiği gösterilmiştir. Resim 5.7.1 de tüm geliştirme ortamı gösterilmiştir. Resim 5.7.2 de mesafe sensörünün düğüm kutusuna nasıl bağlanacağını göstermektedir.

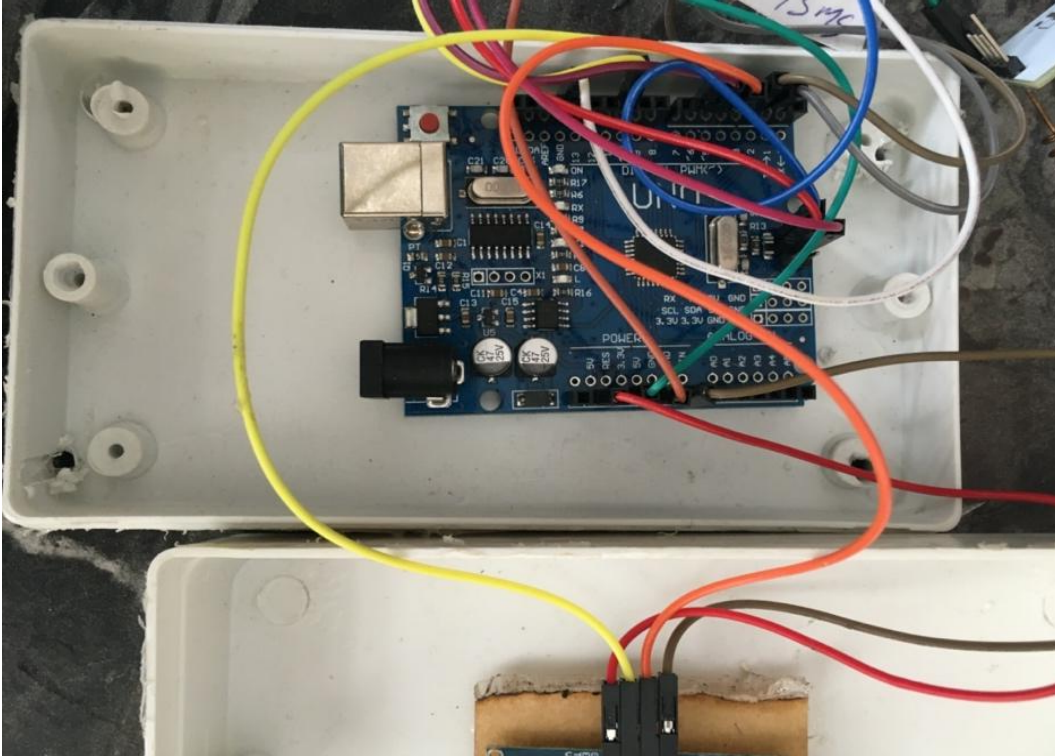


Resim 5.7.1. Test Ortam

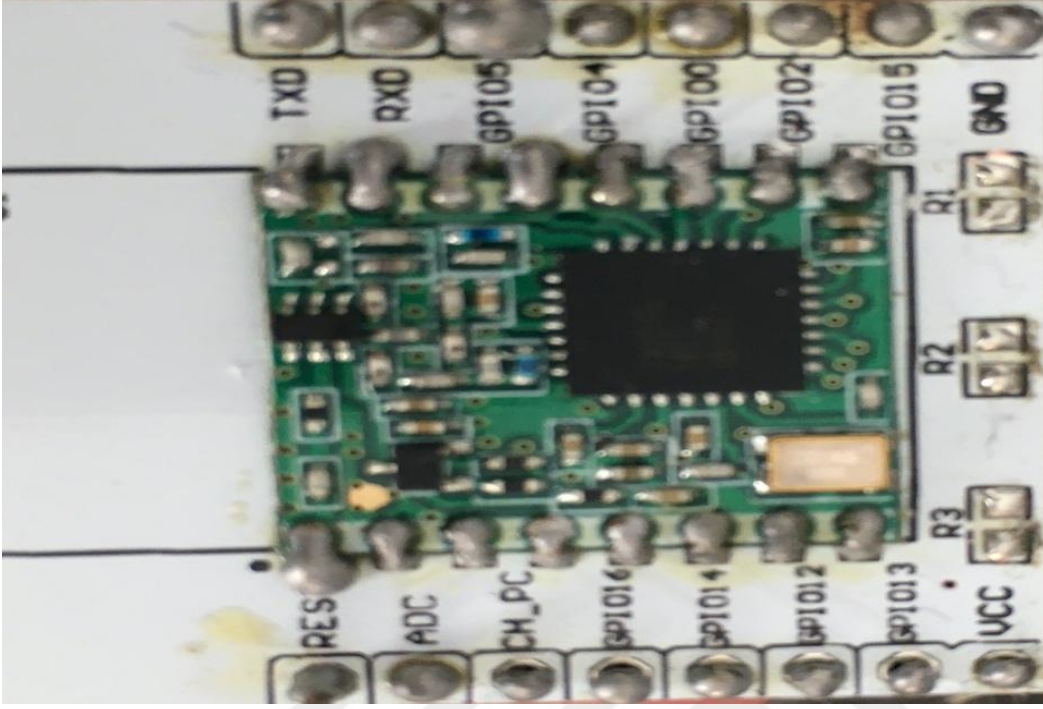


Resim 5.7.2. Ultrasonic Sensor Montajı

Ultrasonic sensör, Lora modülü ve Arduino kartı bağlantısı Resim 5.7.3 de gösterildiği gibi yapılmıştır. Lora modülünü bağlayan Arduino kartı, Resim 5.7.4 de gösterilen destekleyici kart ile yapılması tasarımı kolaylaştırmaktadır. Lora modülü bu yardım panosuna önceden lehimlenmelidir.



Resim 5.7.3. Arduino Kablolama



Resim 5.7.4. Sx1276 için PIN'leme



Resim 5.7.5. Sensor Nodu

Gerekli tüm montaj işlemleri tamamlandıktan sonra, düğümün tüm parçaları Resim 5.7.5 de gösterildiği gibi kutuya yerleştirilmiştir.

Montaj düğümünü tamamlandıktan sonra, test için katı atık ünitesine montajı yapılmıştır. Saha testlerinde Avrupa Standardizasyon Komitesi EN 840-2 standardını karşılayan geleneksel katı akıt konteynırı kullanılmıştır. Bu standart, çöp kutusu malzemesi, çöp kutusu boyutu, dayanıklılık, tıpa ve kolay temizlik gibi çöp kutusu için bazı özelliklerin standartlarını tanımlamaktadır. EN840-2 standardının yanında çöp kutusunun tasarımı için bir ek daha eklenmiştir. Resim 5.8.1'de bu ek gösterilmiştir. Bu uygulamanın temel amacı, flep açma ve kapama dönemlerinde IoT düğümünü sağlıklı tutmaktır.

5.8 Atık Ünitesi Tasarımı ve Standartları

Sensör nodunun montajı ve uygulama için 800 litre galvaniz metal çöp konteyneri kullanılmıştır. Gövde ve taban tek parça galvaniz sacdan kıvrılmıştır. Gövde ve yanlar preslenerek mukavemetlendirilmiş. Temel özellikleri şu şekildedir [84];

- Gövde sac kalınlığı 1,50 mm.
- Kapak sac kalınlığı 1,20 mm.
- Kapak menteşeleri kapağın tam açılır ve kapanır.
- Tekerlek bağlantı sacı 3 mm.
- Konteyner kaldırma kol sacı 3 mm.
- Konteyner kaldırma kolları 16 mm nevrülü demir.
- Konteyner kolları 8 adet çelik cıvata ile gövdeye monteli.
- Tekerlekler 150 X 45
- Tekerleklerin 4 adedi de 360 derece dönerli 1 adedi frenli
- Çöp kamyonlarının kaldırma sistemine göre üretim.
- Tamamı cürufuz gazaltı kaynağı ile kaynatılmış.
- Ölçüler : Yükseklik : 110 CM, Genişlik : 115 CM, Derinlik : 74 CM

Ticari bir üründen alınan bu özelliklerin Türk Standartları Enstitüsü standartlarına göre üretildiği bahse konu edilmiştir. Yapılan araştırmada ise referans verilen standardın iptal edilip yerine farklı standartların kabul edildiği TSE resmî web sitesinden teyit edilmiştir. Seyyar Çöp Kapları standartları olarak anılan standartların 1998 yılında itibaren yayınlandığı

toplamda 18 adet standart yayınlandığı fakat bunların 16 tanesinin iptal edildiği ve sadece iki tanesinin hali hazırda yürürlükte olduğu görülmüştür. Şekil 5.8.1 de TSE web sitesinden yapılan standart araması sonucuna ait görsel mevcuttur [85].

S.No	TS No	Kabul Tarihi	Belgeli Firma
1	TS EN 15132 Seyyar çöp kapları - 1 700 l kapasitesine kadar olanlar için konteyner gövdeleri - Performans gerekleri ve deney metodları 15,00 TL + %8 KDV	05.06.2012	→
2	TS EN 840-2 Seyyar çöp ve geri dönüşüm kapları - Bölüm 2: Muylulu ve/veya taraklı kaldırma araçları için 1300 L'ye kadar kapasiteli, düz kapaklı/kapaklı olan, 4 tekerlekli kaplar - Boyutlar ve tasarım 40,00 TL + %8 KDV	12.06.2013	→
3	TS EN 840-1 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları - Bölüm 1 : Taraklı kaldırma araçları için 400 litreye kadar kapasiteli iki tekerlekli kaplar -Boyutlar ve tasarım 40,00 TL + %8 KDV	26.01.2006	→
4	TS EN 840-2 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları - Bölüm 2: Muylu ve/veya taraklı kaldırma araçları için 1300 litreye kadar kapasiteli, düz kapaklı, dört tekerlekli kaplar - Boyutlar ve tasarım 40,00 TL + %8 KDV	26.01.2006	→
5	TS EN 840-3 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları - Bölüm 3 - Muylu ve/veya taraklı kaldırma araçları için 1300 litreye kadar kapasiteli, kubbe kapaklı, dört tekerlekli kaplar - Boyutlar ve tasarım 45,00 TL + %8 KDV	26.01.2006	→
6	TS EN 840-4 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları - Bölüm 4: Geniş muylu veya bg ve/veya geniş taraklı kaldırma araçları için 1700 litreye kadar kapasiteli düz kapaklı, dört tekerlekli kaplar - Boyutlar ve tasarım 45,00 TL + %8 KDV	26.01.2006	→
7	TS EN 840-5 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 5: Performans özellikleri ve deney metodları 45,00 TL + %8 KDV	26.01.2006	→
8	TS EN 840-2/T1 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları - Bölüm 2: Muylu ve/veya taraklı kaldırma araçları için 1300 litreye kadar kapasiteli, düz kapaklı, dört tekerlekli kaplar - Boyutlar ve tasarım Tadiller ücretsizdir	29.04.2008	→
9	TS EN 840-6+A1 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları - Bölüm 6: Sağlık ve güvenlik kuralları 30,00 TL + %8 KDV	24.06.2010	→
10	TS EN 840-6 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 6-Sağlık ve güvenlik kuralları 30,00 TL + %8 KDV	26.01.2006	→
11	TS prEN 840-1 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 1-Taraklı kaldırma araçları için 80-390 litre kapasiteli iki tekerlekli kaplar 40,00 TL + %8 KDV	04.05.1996	→
12	TS prEN 840-2 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 2-Taraklı ve/veya muylu kaldırma araçları için 500-1200 litre kapasiteye sahip dört tekerlekli kaplar Standard fiyatı sistemde bulunmamaktadır. 0312 416 62 67 numaralı telefon ile irtibata geçebilirsiniz.	05.04.1996	→
13	TS prEN 840-3 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 3-Muylu ve/veya kaldırma araçları için 770-1300 l kapasiteye sahip, kubbe kapaklı, dört tekerlekli kaplar Standard fiyatı sistemde bulunmamaktadır. 0312 416 62 67 numaralı telefon ile irtibata geçebilirsiniz.	05.04.1996	→
14	TS prEN 840-4 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 4- Geniş muylu ve taraklı veya bg kaldırma araçları için 750-1700 litre kapasiteli düz kapaklı(lar) dört tekerlekli kaplar Standard fiyatı sistemde bulunmamaktadır. 0312 416 62 67 numaralı telefon ile irtibata geçebilirsiniz.	05.04.1996	→
15	TS prEN 840-6 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 6- Çöp kapları için güvenlik ve sağlık kuralları Standard fiyatı sistemde bulunmamaktadır. 0312 416 62 67 numaralı telefon ile irtibata geçebilirsiniz.	05.04.1996	→
16	TS EN 840-1 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları bölüm 1-Taraklı kaldırma araçları için 80 litreden 390 litreye kadar kapasiteli iki tekerlekli kaplar-Boyutlar ve tasarım 40,00 TL + %8 KDV	21.04.1998	→
17	TS EN 840-4 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları bölüm 4-Geniş muylu veya bg ve/veya geniş taraklı kaldırma araçları için 770 litreden 1300 litreye kadar kapasiteye sahip, kubbe kapaklı, dört tekerlekli kaplar-Boyutlar ve tasarım 40,00 TL + %8 KDV	21.04.1998	→
18	TS EN 840-6 (İptal Standard) Seyyar çöp kapları-Bölüm 6-Güvenlik ve sağlık kuralları 30,00 TL + %8 KDV	21.04.1998	→

Şekil 5.8.1. TSE Atık ünite standartları listesi [85].

Türk Standartları Enstitüsü CEN (European Committee For Standardization) üyesidir. CEN tarafından yayınlanan EN 840-2 ile ifade edilen standardın bir örneğine ilgili otoritenin web sitesinden erişilebilmektedir. CEN üyesi ülkeler, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Makedonya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Litvanya, Letonya, Luxemburg, Malta, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsviçre, İsveç, Türkiye ve Birleşik Krallıktır.

IoT (sensör nodu) düğümü tamamlandığında, test için atık ünitesine monte edildi. EN840-2 standardının yanında çöp kutusunun tasarımı için bir ek daha eklenmiştir. Resim 5.8.1 de bu

ek gösterilmiştir. Bu uygulamanın temel amacı, flep açma ve kapama dönemlerinde IoT düğümünü sağlıklı tutmaktır.



Resim 5.8.1. Şok Önleme Kolu

Resimlerde, sensör nodunun AB standartları göz önünde bulundurularak üretilen bir atık ünitesine bağlanan Resim 5.8.2 de açıkça görülmektedir.



Resim 5.8.2. Node Eklentili Kapak

Ayrıca, Resim 5.8.1 de gösterilen üniteye ilave bir modül eklenmiştir. Bu ekipmanın ilave edilmesinin nedeni, haznenin kapağı kapandığında şokunu emmesi içindir. Kapak çok ağır olması ve bunun da kapanış hareketini hızlandırdığı görülmüş bunun düğüme zarar verebileceği düşünülmüştür. Çalışmanın sahada tanıtımı ve yerel yönetim personelinin farkındalığı için Resim 5.8.3'deki görüldüğü üzere bir bilgilendirme sticker'ı ünite üzerine ilave edilmiştir.



Resim 5.8.3. Araştırma Bilgi Etiketi

Aynı sticker üzerine Resim 5.8.4 de görüldüğü üzere bir Q&R kodu eklenmiş bu çalışma hakkında bilgi almak isteyenler için örnek Q&R kodu okutulduktan sonra web sitesine yönlendirerek temel bazı bilgiler verilmiştir.



Resim 5.8.4. Araştırma Detay Bilgi QR Kodu

Yapılan tüm montaj işlemi sonrası atık ünitesinin tüm görüntüsü Resim 5.8.5 de gösterilmektedir.



Resim 5.8.5. Tüm Ünitenin Görünüşü

Montaj sonrası sistemin uçtan uca test edilmesi aşamasına geçilmiş ve LoraWan aracılığı ile Resim 5.8.6'daki düzende sinyal toplanmaya başlanmıştır.



Resim 5.8.6. Sinyal Toplama

Tez çalışmasındaki IoT temelli uygulamanın görselleştirilmesi daha anlaşılır hale getirilmesini temin için 3D animasyon hazırlığı yapılmıştır. Söz konusu animasyon genel işleyiş hakkında bilgi vermiştir. Animasyonda farklı tasarımlara da yer verilmiştir. Tasarımlarda ön planda tutulan sensörlerin daha etkin olmasının teminidir.

Diğer önemli bir nokta, atık ünitelerinin malzeme kalitesine yöneliktir. Uygulamadaki tasarımda sac kullanılmasının daha yerinde olacağı görülmüştür. Bunun başlıca nedenleri arasında sağlamlık ve maliyet yer almaktadır. Uygulama sahası olarak tercih edilen bölgelerde yerel otoritenin tercihi bu yönde olmuştur. Belediye yetkililerinden edinilen bilgiye göre atık ünitelerindeki çeşitliliğin nedeninin çok yüksek yoğunlukta araç ve insan trafiğinin olduğu bölgelerde değişik tasarım ve ebatlarda atık üniteleri kullanılması zorunluluğu olduğu ifade edilmiştir.

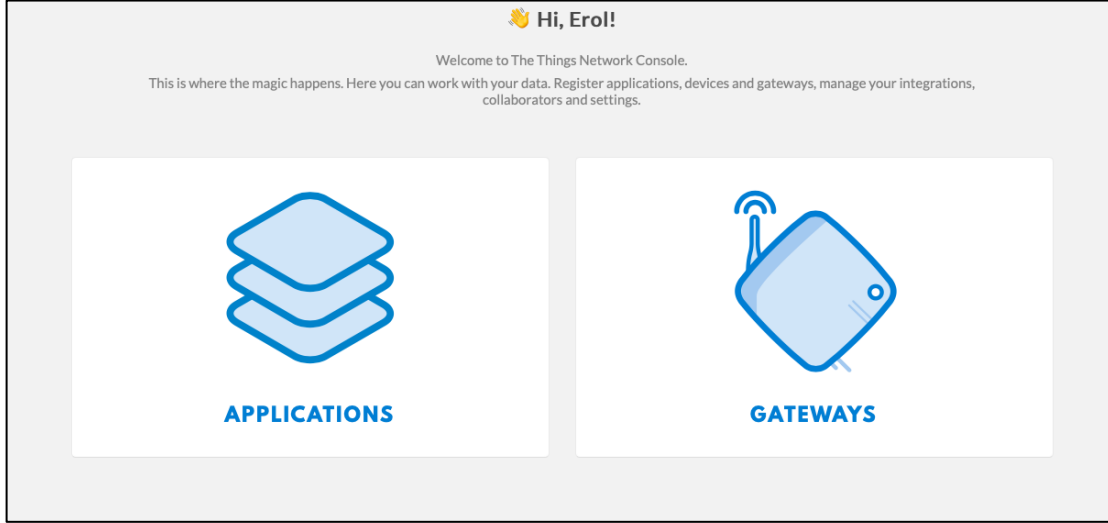
5.9 TTN Network Çalışma Prensipleri?

Things Network, Lorawan'ı kullanarak ağlar, cihazlar ve çözümler yaratan küresel işbirlikçi bir Nesnelerin interneti ekosistemidir. Things Network, kitle kaynaklı, açık ve merkezi olmayan bir LoRaWAN ağı olan Things Stack Community Edition'ı çalıştırır. Bu ağ, cihazları, uygulamaları ve entegrasyonları test etmeye başlamanın ve Lorawan'ı tanımanın en ideal yollarından biridir. Things Ağına başlamak ve Things Stack Konsolunu kullanmaya başlamak için bir hesap oluşturularak oturum açılır ve gerekli tanımlamaların yapılması aşamasına geçilir. Bu aşamada hesap oluşturma, IoT cihazı ekleme, ağ geçitlerini tanımlama ve entegrasyonu gibi talimatlar takip edilerek gerekli kurlumlar yapılır [40].

Sensör modülü ve ağ geçidi aracılığıyla ölçümlenen verinin monitör edilmesinin temini için merkezi bir sunucuya yazılması gerekmektedir. Merkezi sunucudan verinin get ya da post yoluyla alınarak monitör edilmesi sağlanmıştır. Kullanılan ağ geçidinde dört farklı veri yazma alternatifi bulunmaktadır. Bu çalışmada Lora IoT Sunucu olarak, The Things Network kullanılmıştır.

The Things Network Lora iletişimi kullanılarak nesnelerin interneti şebekeleri kurulmasını amaçlamış bir projedir. Kullanıcılarının katkısıyla proje genişlemekte ve kullanıcıları artmaktadır. Bu çalışmayla da bu katkıyı yapmış olmaktadır. Kullanılan ağ geçidini TTN üzerinden anons ederek olası kullanıcılara kendi IoT cihazlarını TTN bağlama imkânı sağlamış olunur.

TTN üzerinde veri toplamak için iki temel aşama vardır (Şekil 5.9.1). Bunlardan ilki ağ geçidinin TTN üzerinde kayıtlanması aşamasıdır.



Şekil 5.9.1. TTN Kayıt ekranı

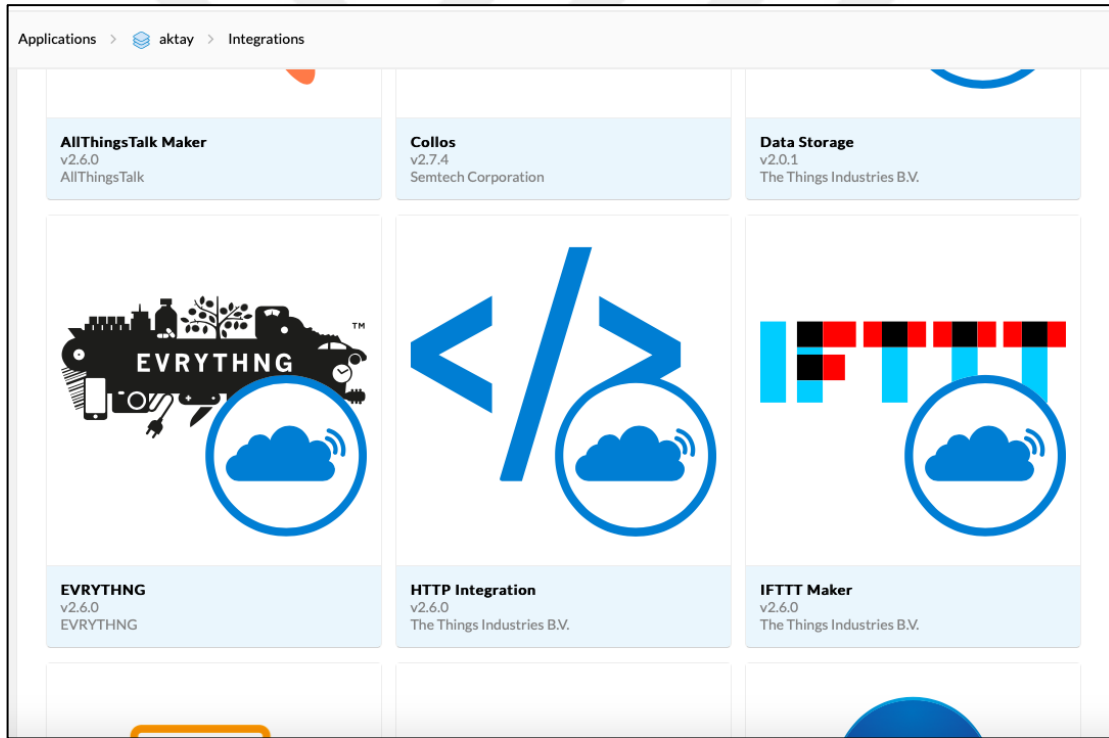
Bu ekranda ağ geçidi seçilerek kayıt süreci başlatılır. TTN den alınan bazı değerler, ağ geçidi ID gibi dragino ağ geçidi üzerindeki konfigürasyona işlenerek verinin TTN e gönderilmesi için gerekli ilk aşama tamamlanmış olur. Sonrasında Şekil 5.9.1 de görüleceği üzere bir uygulama ekleme aşaması vardır. Burada Şekil 5.9.2 de görülen birtakım değerler girilerek ya da TTN den otomatik sağlanarak hem TTN in hem de sensör modülünün birbirlerini tanımları sağlanmaktadır. Temel parametreler, Network Session Key, Application Key ve Device ID şeklindedir. Arduino üzerinde yapılacak sketch derlemesinde ve kütüphane değişikliklerinde bu değerlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Şekil 5.9.2. TTN uygulama kayıtlama sayfası

TTN den Veri Çekilmesi işlemi ise şu şekildedir;

TTN'e gelen veri platform üzerinden alınıp post yöntemiyle lokal veri tabanına yazılmıştır. TTN bunun yapılabilmesi için http client bağlantı desteği sağlamaktadır. Yapılan bu yönlendirme işleminde iş akışı şöyledir;

TTN uygulamalar altından, integration diye anılan alanda http integration seçilerek ve burada verinin gönderileceği URL belirtilir. Böylece TTN ağ geçidi üzerinden kendine gelen veriyi bu adrese yönlendirir. TTN üzerinde kullanılacak decoder formatı ile gelen verinin anlamlandırılarak iletilmesi temin edilir. Integration ekleme ekranı aşağıda Şekil 5.9.3 de paylaşılmıştır.



Şekil 5.9.3. TTN Integration sayfası

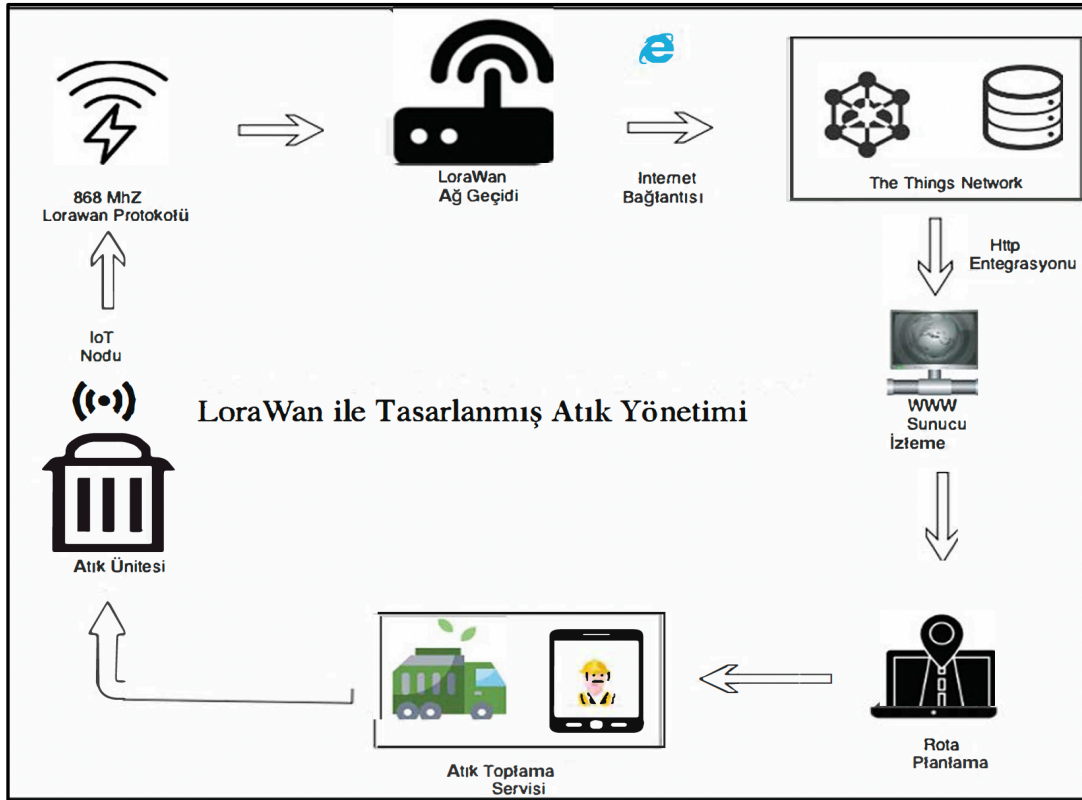
TTN den Gelen Verinin Monitör Edilmesinde geçilen süreç;

Http integration metodu ile gelen verinin bu çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan ve kurulumu yapılan akillisehirler.live sitesine yönlendirilmesi sağlanmıştır. Böylelikle gelen veride istenilen referans aralığına göre harita üzerinde atık ünitelerinin doluluk durumunu

Ünitelerde kullanılan ve ses dalgaları ile çalışan ultrasonic sensörlerin sıcaklığa bağlı hata payları her ne kadar her bir santigrat derece için %0,17 olsa da çalışmanın daha nitelikli olması ve DTH11 sıcaklık ve nem sensörünün ultrasonic sensör verisinin doğruluğunun denetlenmesi ve her bir atık ünitesinin temelde bir şehir için sensörler nodu olarak davranmasını teminen DTH11 sensörü test edilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sensörün hangi sıklıkla veri okuyacağı ve merkezi yönetime raporlayacağı üzerinde yer alan kod içinde belirlenebilmektedir. Ölçüm sıklığı enerji ihtiyacını beraberinde getireceğinden optimum sıklığın seçilmesi uygun olacaktır.

5.10 Veri Alma, Gönderme, Kaydetme ve Monitör Etme Süreçleri

Sistemin ana topolojisi Şekil 5.10.1 de ifade edilmiştir. Uygulama kodu Ek-1 de detaylı olarak paylaşılmıştır. Uygulama öncesi sensör nodu hazırlıkları gerek donanım gerekse de yazılımsal olarak tamamlanmış olup montaj ve sonrasında sahadan veri toplama aşamasına geçilmiştir. Donanım üzerindeki gerekli yazılım ihtiyaçları tamamladıktan sonra veri toplama için middleware olarak kullanılacak olan TTN network üzerinde gerekli ayarlar aşağıdaki gibi yapılarak verinin öncelikli merkezi bir noktaya akması sağlanmıştır.



Şekil 5.10.1. Akıllı atık yönetimi sistemi çalışma prensibi

Şekil 5.10.1’de gösterimden anlatılmak istenilen; Akıllı atık yönetim sistemi mimarisi temelde üç ana başlıkta incelenebilir. Öncelikle verinin üretildiği Endpoint diye adlandırılan sensor modülü, sonrasında endpoint’den alınan verinin taşınması olarak ifade edilebilecek ara katman iletişim katmanı bulunmaktadır. Ara katman aracılığı ile toplanan veri merkezi bir noktaya iletilmekte ve bu merkezde yer alan veri tabanlarında kaydedilmektedir. Kaydedilen veri tek başına anlamlı olmayacağından bu verinin bilgiye dönüştürülmesi süreci hemen başlamaktadır. Elde edilen bilgiden anlamlı olanları yönetim seviyesine sunularak uçtan uca kurgulanan bu sistemin verimliliği ve bu sistem aracılığıyla elde edilen bilginin yönetime destek olacak seviyeye taşınması sağlanmaktadır.

Akıllı atık yönetim sisteminde atık ünitesinin doluluğu temel göstergedir. Doluluk durumuna göre alınacak aksiyonlar operasyon, rota gibi süreçleri doğrudan etkilemektedir. Günümüzde halihazırda uygulanmakta olan geleneksel atık yönetimi operasyonlarında günün belli saatlerinde atık üniteleri tek tek dolaşarak dolu ya da boş olduğuna bakmaksızın ziyaretler yapılmaktadır. Bu geleneksel yaklaşımda temel iki sorun vardır. Birincisi henüz dolmamış ünitelerin ziyaret edilmesi nedeniyle oluşan maliyet, diğeri ise rutin operasyon öncesinde dolmuş olup çevreye zarar verme potansiyeli olan ünitelerin önceden görülmemesi nedeniyle çevresel etkilerin artması ve şehir yaşayanlarının yaşam kalitelerinin düşmesidir.

Anlık ya da belirli periyotlarda sahadan veri toplamak yönetimlere daha iyi hizmet vererek hizmet sundukları şehir yaşayanlarının yaşam kalitesini artırmaya fırsat sunacaktır. Burada yapılan ilk uygulamada her ne kadar atık ünitelerinin doluluğu ya da boşluğu üzerine bir sistem kurgulanıyor gibi görünse de esasında sahadan farklı amaçlar için nem, sıcaklık gürültü ve olası yangın önlemeye yönelik veri toplamak için bir alt yapı da kurulmuş olacaktır. Şöyle ki atık üniteleri birer sensör nodu olacak ve şehrin dört bir yanı nesnelerin interneti aracılığıyla anlık olarak izlenebilir olacaktır.

Önerilen mimaride sensör nodu Arduino UNO ve buna bağlı LoRa modeli ile şekillendirilmiştir. Devre üzerinde yapılan yazılım uygulaması ile ultrasonic sensörler aracılığıyla mesafe kontrolü yapılarak belirli değerler aşıldığında toplanan veri LoRa modülü aracılığıyla LoraWan protokolü kullanılarak bir ağ geçidine aktarılmakta, buradan da merkezi bir veri tabanına yazılmaktadır. Türkiye’de 868 Mhz frekansında çalışabilmektedir. Tüm altyapı enstrümanları buna uygun olarak ayarlanmıştır.

Sahadan toplanan veri iki kademeli olarak kaydedilmektedir. Birinci kademede veri ağ geçidi aracılığıyla TTN Network tarafına iletilmektedir bununla ilgili çalışma prensibi bir sonraki bölümde açıklanmıştır. TTN Networke iletilen veri entegrasyonlar aracılığıyla alınarak yerel veri tabanına kaydedilmektedir. Veri tabanı üzerinde yapılan bazı uygulamalar aracılığıyla gelen veri anlamlandırılmakta ve kullanıcı ara yüzüne iletilmektedir. Her ne kadar bu çalışmada yerleştirilmiş on prem sunucu, yazılım ve veri tabanı kullanılmış olsa da artık birçok bulut ortam sağlayıcısı doğrudan sahadan toplanan sensör verisini kendi üzerine alabilmektedir. En çok bilinenleri Azure IoT, AWS IoT şeklindedir.

Bu çalışmada TTN network harici veri post metodu daha test edilmiş ve daha verimli olduğu da görülmüştür. Ek-3 de verilen Arduino kod ağ geçidi üzerinde çalıştırılacak sensörden alınan verinin doğrudan http client kütüphanesi desteği ile akillisehirler.live sitesinin backendinde yer alan veri tabanına yazılması sağlanmıştır. Bu yaklaşımın en temel avantajı herhangi bir ara veri tabanı kullanmaksızın verinin doğrudan yerel veri tabanına yazılmasıdır. Böylece bilgi güvenliği dünyasında çokça rastlanılan 3.parti uygulama zafiyetlerinden kaynaklı bir veri ihlali sorununun yaşanma ihtimali minimize edilmiştir. Örnek bir post metodunu incelendiğinde;

```
("http://akillisehirler.live/api/device_data/collect/?token=K5ri6yNTNCy0CRMYf3AUydmx5y98UQToylp7pFK8tWeQ15wVwRsQnBZMAFxOpU0V5aXuumGss36fK8MtZ2RUFCSIpNEMxk2eliIZNIF&data="+String((char*)buf));
Console.print("client");
```

Atık ünitesinin ID si parametrik olarak verilmekte aynı zamanda oluşturulan API'ye istek yapabilmek için token gerekmektedir. Token bir yetkilendirme yöntemi olarak kullanılmış ve istenmeyen veri ekleme ve okumanın önüne geçilmiştir. API kullanımı ve token ile iletişim araştırmanın yenilikçi yönlerinden bazıları olmuştur.

5.11 Akıllı Şehirler Atık Yönetimi Bilgi Sistemi

Sahadan toplanan verilerin güvenli bir şekilde merkezi bir noktaya taşındığından emin olduktan sonra bu verinin anlamlandırılması ve yönetimin hizmetlerini geliştirme ve denetim kabiliyetlerinin artırması için ara yüz aracılığıyla servis edilmesi gerekmektedir. Bu maksat ile Azure cloud ortamında Ubuntu işletim sisteminde nginx web server aracılığıyla web sitesi

kurulumları yapılmıştır. Uzaktan erişim için ssh 443 ve 80 web portları için network bağlantı ayarlamaları sağlanmıştır. Erişim deneysel düzeyde olduğu için “akillisehirler.live” alan adı tahsis edilmiş ve kullanıcı adı şifre düzeyinde güvenlik sağlanmıştır. Dış ağ bağlantısı olan bu uygulamanın VPN arkasında olması faydalı olacaktır. Ayrıca IP Whitelist (sadece izin verilen IP’ler listesi) ve 2FA ile güçlendirilmesi yerinde olacaktır. Söz konusu alan adında sağlanan kullanıcı adı ve şifreler ile erişim sağlandığında kullanıcı Google Maps altyapısı kullanılan ara yüzde karşılanmaktadır.

Arayüz üzerinde daha önceden tanımlanmış atık üniteleri yeşil renkte yerleştirilen konuma göre görüntülenebilmektedir. Backend üzerinde yapılacak değişiklikler ile atık ünitelerinin sayısı artırılabilen sınırsız eklenebilmektedir. Sahadan gelen aşağıdaki örnekte olduğu gibi kısa kod yedirilmiş mesaj pars edilerek atık ünitesi tespit edilebilmektedir. Else condition içine UNIT ID print ettirilerek mesafe dönüşü 20 cm’den düşük ise bu mesaj alt yapı enstrümanlarınca merkeze raporlanır. UNITID veri tabanında map edildiği örnek koda parçacı aşağıdaki gibidir. Ayrıca UNIT ID örneği ise Çizelge 5.11.1 de gösterilmiştir.

```
{
  Serial.print(distance_UNIT_ID);
  Serial.println(" cm");
}
```

Çizelge 5.11.1. UNIT ID Tablo örneği

Id	UNIT ID	Konum		Tip
1	34 02 07 01	41.07210043838448	29.028168144392854	3
2	34 02 08 23	41.06395794047739	29.028645402890117	3
3	34 03 11 02	41.05841308850855	29.02494026117209	5

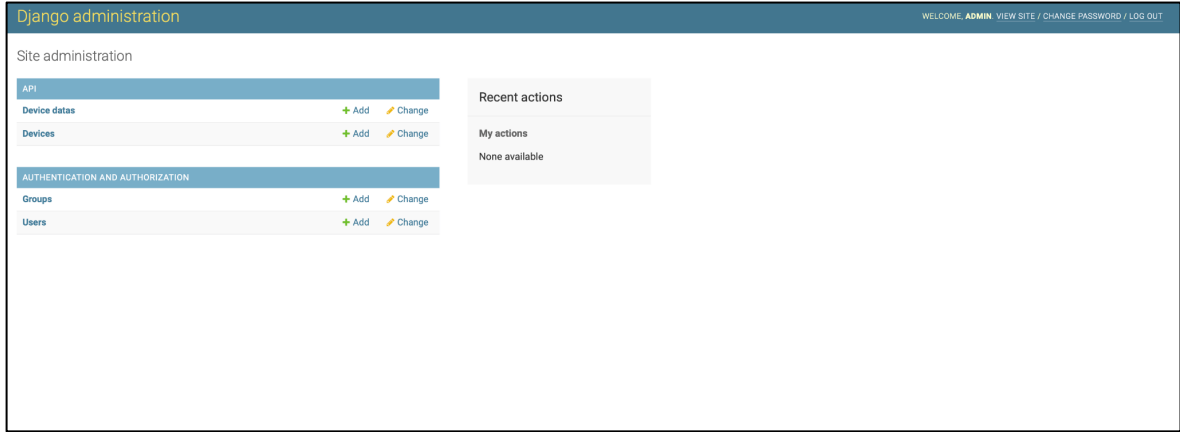




Şekil 5.11.1. Akıllı atık yönetimi web sitesi giriş ekran görüntüsü

Şekil 5.11.1 de yer alan görsel uygulama web sitesi ziyaret edildiğindeki karşılama sayfasıdır. “akillisehirler.live” ile login olduğumuzda bizi bir harita üzerinde yerleştirdiğimiz atık üniteleri listesi karşılamaktadır.

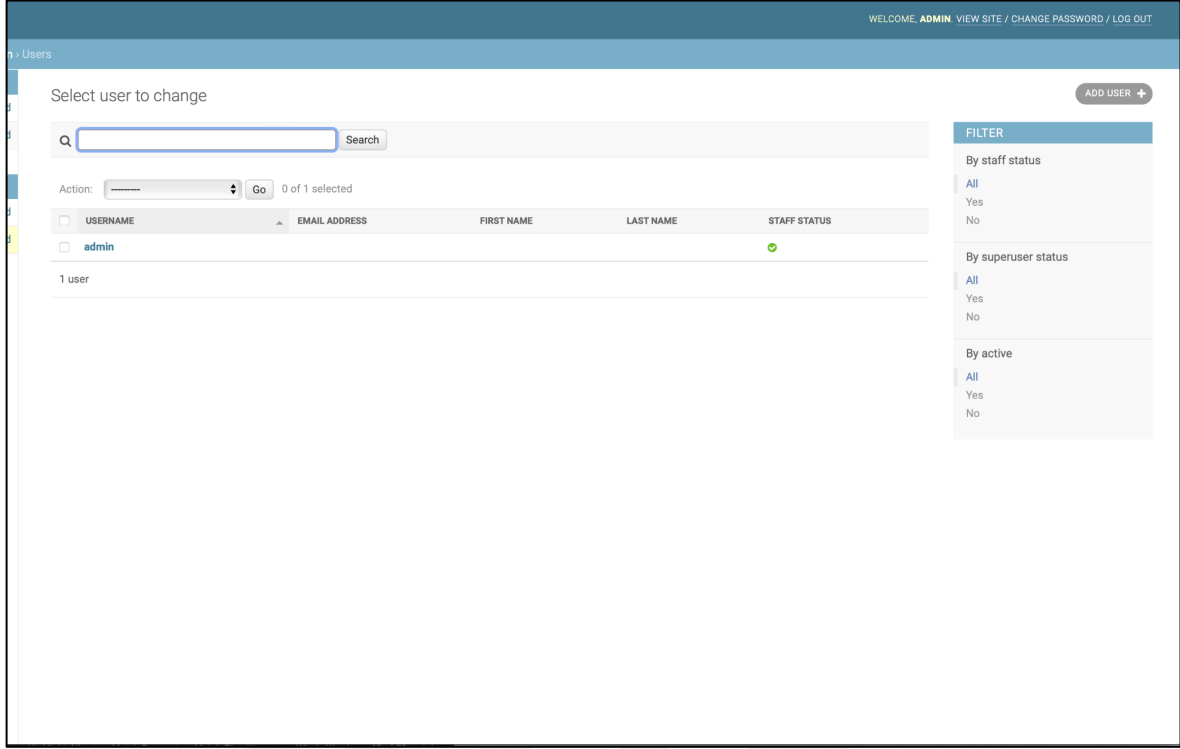
Bu ekran, atık ünitesine ait doluluk ve boşluğun takibinin yapıldığı ekran olup bu alan adında admin ile giriş yapılan atık ünitesinin maps üzerine yerleştirilmesi veri toplanması gibi ayarlar yapılabilmektedir. Varsayılan ayar olarak her 10 sn de doluluk verisi gelmiş mi diye DB den sorgu yapılmaktadır. Uygulama kodları hem frontend hem backend için /var/www/app klasörünün altındadır. Build ve servis çalıştırmak için **cd /var/www/app/ && ./build_project.sh && ./restart_services.sh** şeklindeki komut serisi kullanılmaktadır.



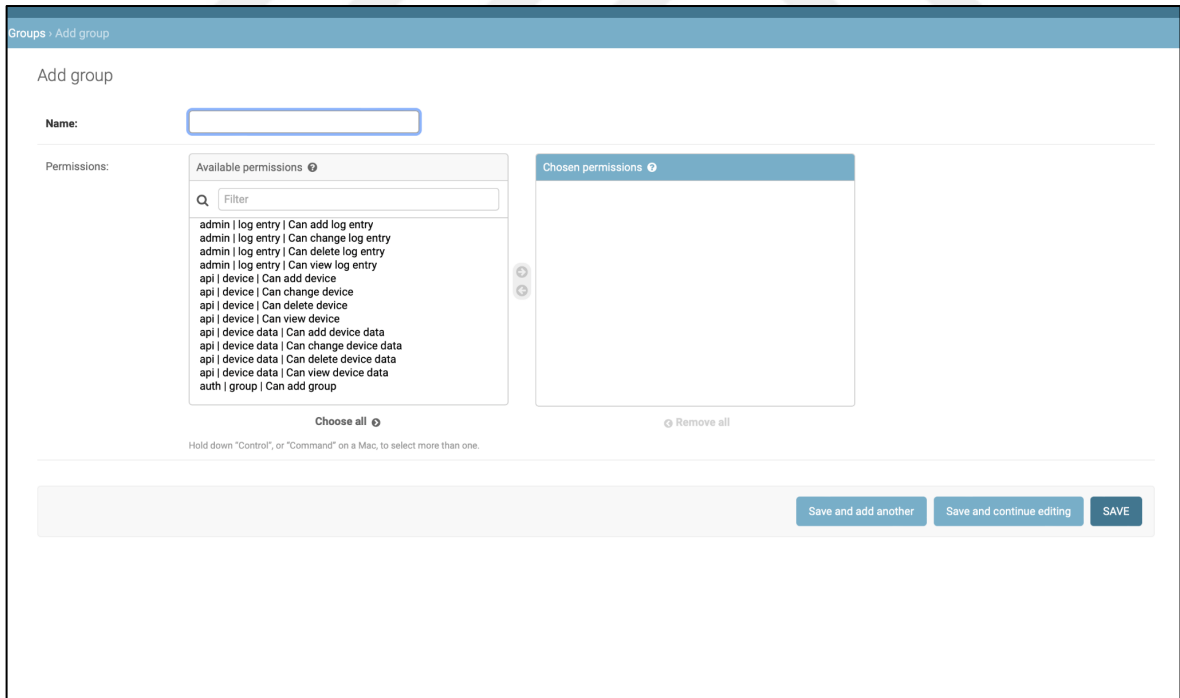
Şekil 5.11.2. Atık yönetimi web uygulama karşılama ekranı

Uygulamanın sensör nodu tanımlamaları, kullanıcı tanımlama ve yetkilendirmeleri gibi ayarları için <https://akillisehirler.live/admin/> adresinden admin yetkisi ile sisteme erişim sağlamak gerekmektedir. İlk login sonrası Şekil 5.11.2’deki landing page olarak adlandırılan sayfa karşılamaktadır.

Uygulamaya admin hakları ile ilk erişimden sonra sırasıyla yapılması gereken kullanıcı yetkilerinin tanımlanmasıdır. Bu işlemler Şekil 5.11.3 de yer alan arayüz vasıtasıyla yapılabilmektedir. Bunun önemi atık toplama operasyonları için aynı web uygulamasının kullanılacak olmasından dolayı erişimleri ve görüntülenebilecek verinin segmente edilmesidir.



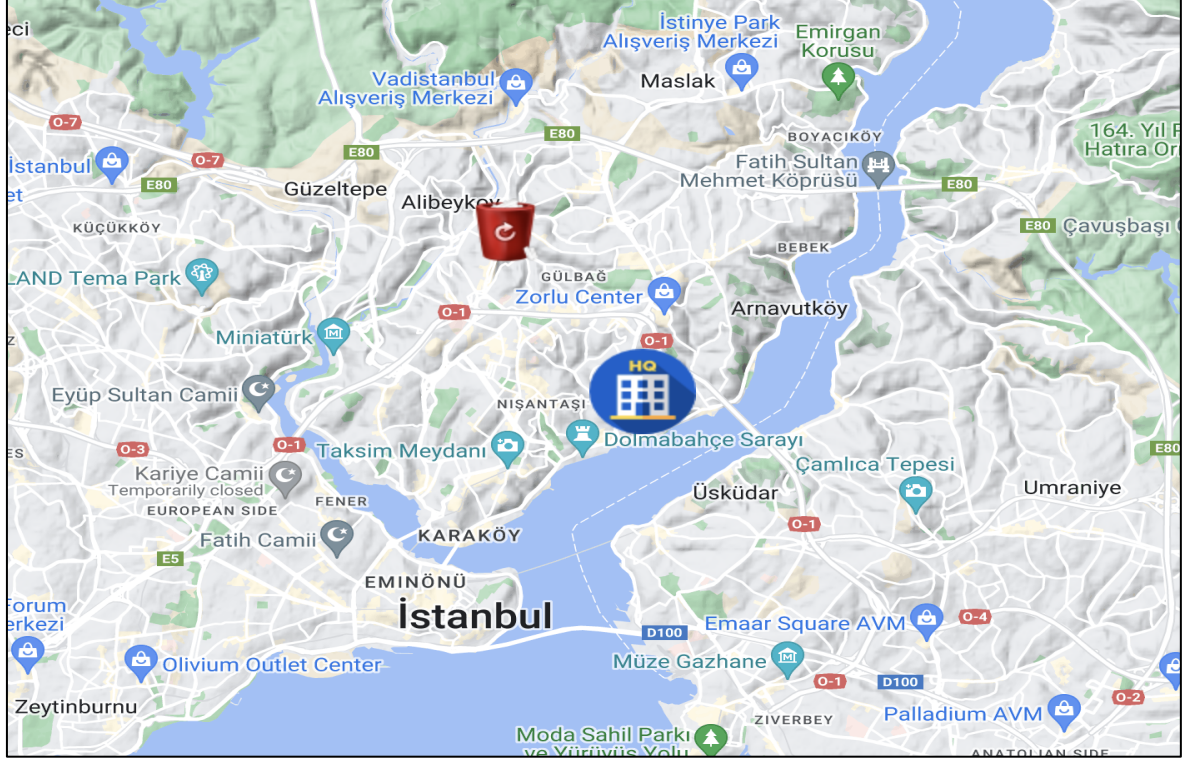
Şekil 5.11.3. Atık yönetimi kullanıcı tanımlama ekranı



Şekil 5.11.4. Atık yönetimi kullanıcı yetkilendirme ekranı

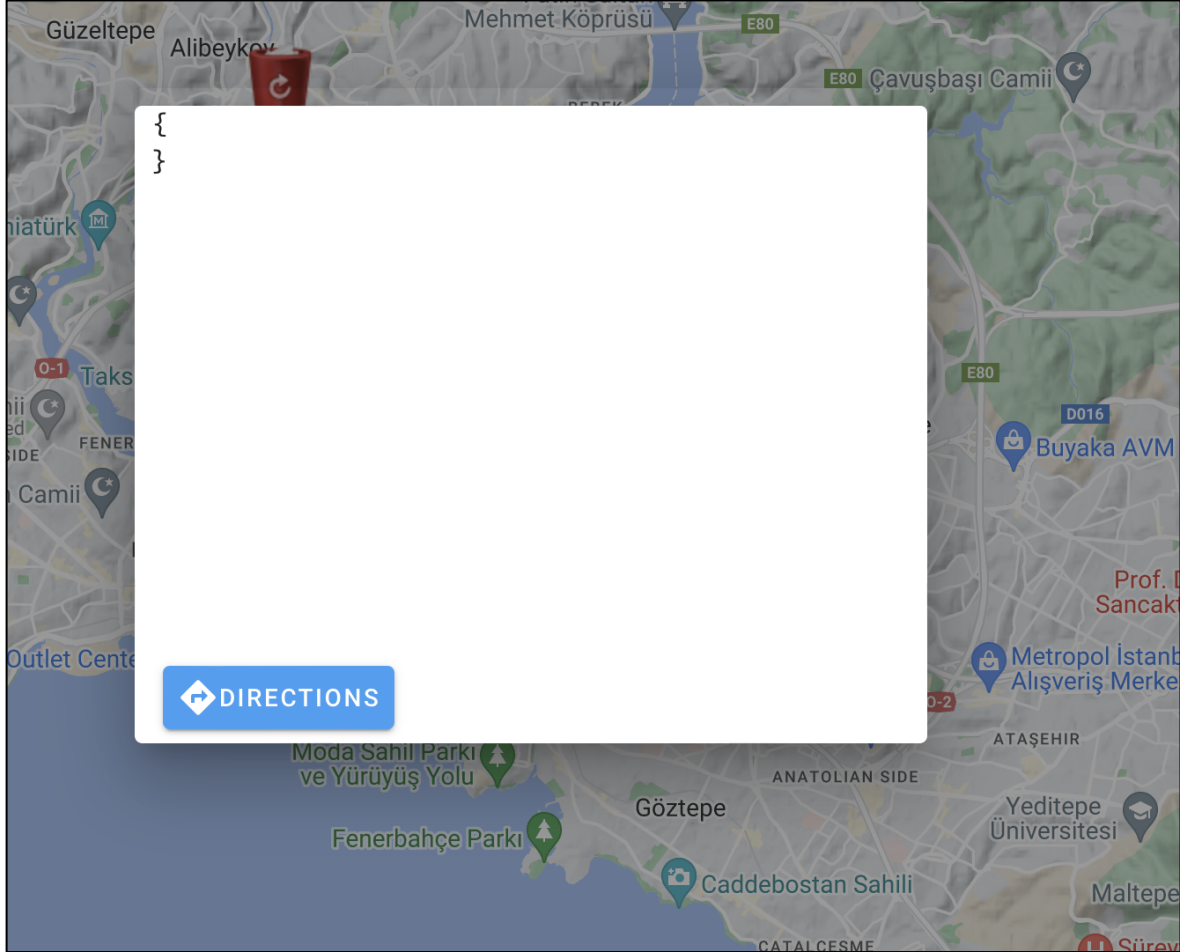
Gerekli kullanıcı tanımlama ve yetkilendirme aşamalarının hemen sonrasında atık ünitelerinin saha konumlandırılmalarının yapılmasıdır. Bu maksatla Şekil 5.11.5' deki

Harita 5.11.2 de tanımlanan atık ünitesine sahadan sensörler aracılığıyla gelen verinin referans değerler ile karşılaştırılması sonrasında istenilen doluluğa ulaşıldığının anlaşılması için atık ünitesi rengi maviden kırmızıya geçirilerek operasyonel ekibin doğru yönlendirilmesi amaçlanmıştır.



Harita 5.11.2. Atık ünitesi alarm durumu göstergesi

Harita 5.11.3’de dolu olan atık ünitesine doğru rota planlamasının sağlanması için Google API ile bütünleşmiş olarak çalışarak Google rota oluşturma kullanılmıştır. Yön/rota talebi sonrasında Google platformunun önerdiği rota planına uygun olarak saha ziyareti en etkin şekilde yapılabilecektir.



Harita 5.11.13. Rota çıkarma

5.12 Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi ve Beklentiler

14 Aralık 2017 tarihi saat 05:45 ile 08:00 arasında gerçekleştirilen ve örnek bir bölümü Harita 5.1’de gösterilen saha ziyaretinde İstanbul ili Beşiktaş ilçesi Gayrettepe mahallesinde Belediye atık toplama ekibinin hali hazırdaki planları çerçevesinde gözlem yapılarak sorunlar yerinde görülmüştür. Saha ziyaretinin yapıldığı tarihte ilgili mahallenin toplam nüfusu 14.530 kişidir. Geleneksel atık toplama operasyonlarında mevsimsel etkiye göre değişmek üzere ziyaret edilen atık ünitelerinin doluluk oranlarını %100 ulaşmamış olması nedeniyle örnek rota üzerinde yapılan yerinde izleme faaliyeti kapsamında ziyaret edilen 45 atık ünitesinin 22’sinde gözle yapılan kontrollerde doluluk oranının %50 altında olduğu

gözlemlenmiştir. Atık üniteleri galvaniz 400 lt kapasiteli olup ortalama toplanan atık miktarı 13600 lt civarındadır. Söz konusu ünitelerin rutin planlamanın dışında tutulması durumunda %40'a yakın bir operasyonel maliyetin önlenebileceği anlaşılmıştır.

Hesaplamalar yapılırken, kat edilen mesafeye bağlı araç giderleri, personel maliyeti gibi unsurlar dikkate alınmıştır. Her ne kadar şehir içi rotalarda mesafeler kısa olsa da bahsedilen maliyet kazanımının kırsal alanda daha fazla olabileceği tahmin edilmektedir. Şehirler merkezinin bir başla deyişle atık operasyon merkezlerinin uzağındaki yerleşim yerleri için maliyet efektif atık toplama operasyonları yürütülmesi planlamanın anlık ve dinamik yapılabilmesi de yine araştırma konusu uygulama ile mümkün olabilecektir. Kurgulanan sistem tam da buna hizmet etmektedir. Düşük enerji ihtiyacıyla yıllarca hizmet veren bir sensor nodu aracılığı ile hizmetlerin verimliliği büyük oranda artırılmaktadır.

Araştırma sonuçlarını sadece maliyet etkinlik çerçevesinden okumak yeterli olmayacaktır. Önceki bölümlerde detaylıca açıklanan Türkiye'nin fosil yakıt konusunda dışa bağımlılığının oluşturduğu ekonomik zorlukların benzer uygulamalarla hafifletilmesi ve her bir atık toplama aracının karbon salınımının çevreye verdiği etkinin de aynı şekilde azaltılması araştırmanın diğer önemli bulgularındandır. Bir diğer husus ise çevresel ve ekonomik katkının ötesinde bir şehrin dört bir yanının sensörler ile donatılmış olması şehir sakinlerinin yaşam kalitesine sağlayacağı önemli iyileştirmedir.

Kapasitesinin üzerinde atık nedeniyle oluşan çevre ve koku kirliliği gibi olumsuzlukların hızlıca ortadan kaldırılması başta hijyen olmak üzere birçok farklı alanda yaşam kalitesini artıracaktır. Çalışmanın yönetimlere destek olabileceği bir diğer konu ise planlama aşamasında test ortamında veri toplamak buna uygun bir alt yapı planlaması yapmak. Farklı ülkelerde karşılaşılan bir diğer yaklaşım ise konut başı atık litre/kg bazında standardın olmasıdır.

Bunu sağlayacağı en temel kazanım geri dönüşümün desteklenmesi olacaktır. Konut bazlı kota uygulaması hem atık miktarını azaltacak hem geri dönüşümü hızlandıracak hem de yönetimlere kota aşılması durumunda bir kaynak sağlayacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı nedenlerle kırsaldan şehirlere doğru olan göç beraberinde bazı sorunları da getirmektedir. Şehirlerin yönetimi, kaynak planlamaları, şehir yaşayanlarının yaşam kalitesi gibi birçok temel konuda hızlı göç ile eksiklikler baş gösterebilmektedir. Türkiye’de de de bu durum çok farklı değildir. TÜİK tarafında açıklanan verilerden yola çıkarak yıllara bağlı olarak kırsaldan şehirlere göçün ne boyutta olduğu görülmektedir. Bu tür bir göçün sonuçlarının planlanmadan olması yönetimi hiç kolay olmayan sorunlar yumağına dönmektedir. Şehirlere her bireysel katılım daha çok araç, daha çok kaynak tüketimi ve daha çok çevresel etkiler olarak sonuç doğurmaktadır.

Yerel yönetimler ulaşımdan, sağlığa ve çevre temizliğine kadar birçok sorun ile baş etmek için etkin yol ve yöntemler arama çabası içine girmektedirler. Hali hazırda ülke genelindeki şehirler ve büyük şehirlerde verilen hizmetlerin en önemli olanlarının başında çevre temizliği ve evsel atıkların yönetimi gelmektedir. Hızla nüfusu artan şehirlerde bu tür hizmetlerin geleneksel yöntemlerle sürdürülmesi birçok yönüyle etkin ve sağlıklı olmamaktadır. Geleneksel atık yönetiminde verimsiz bir atık toplama sistemi benimsenmiştir. Tamamen statik daha önceden planlanmış takvime ve rota planlamalarına göre yapılan evsel atık yönetimi tüm boyutları ile günümüz teknolojilerini sunduğu nimetlerden uzak kalmaktadır. Bu durum şu şekilde gözlemlenmiştir;

İstanbul ili Beşiktaş ilçesi Gayrettepe mahallesinde daha önceden planlanmış rutin bir atık toplama operasyonuna eşlik edilerek geleneksel uygulamadaki verimsizlik teşhis edilmiştir. Gereksiz uzatılan rota ve buna bağlı olarak personel, araç, akaryakıt giderleri ile kullanılan araçların fosil yakıt nedeniyle çevreye verilen emisyon zararı analize edilmiştir. Sadece geleneksel atık toplama operasyonlarının verimsizliği değil aynı zamanda anlık izleme mümkün olmadığı için dolup taşan ve çevre kirliliği ile sağlık sorunlarına yola açabilen bir uygulama söz konusudur.

Bu nedenle geleneksel atık toplama operasyonunun tüm boyutları ile efektif bir operasyon olmadığı ortadadır. Maliyet, personel giderleri, araç giderleri, fosil yakıt dışa bağımlılık, fosil yakıtların çevreye verdiği olumsuz etkiler düşünüldüğünde daha modern bir yaklaşımla evsel atık toplama sisteminin yenilenmesi ihtiyacı görülmüştür. Tespit edilen diğer bir husus lüzumsuz saha ziyaretleri ile heba edilen kaynaklar olduğu gibi zamanında müdahale

edilmeyen atık ünitelerinin dolup taşması suretiyle şehir sakinlerinin yaşam kalitesinin ciddi anlamda tehdit edilmesi dahası sağlık sorunlarına yol açıyor olmasıdır.

Tüm bu olumsuz durumlar ve tespitler sonrasında yerel yönetimler için bir yönetim bilişim sistemi, karar destek sistemi tasarlanmasının birçok sorunla boğuşan yönetimlere can suyu olacağı düşünülmüştür. Önerilen Akıllı atık yönetimi tamamen yenilikçi olup kullanılan iletişim, güvenlik ve yetkilendirme araçlarıyla farkındalık yaratacaktır. Tasarlanan Akıllı atık yönetim bilişim sisteminin omurgasını sensörler, iletişim protokolleri, ağ geçitleri ve merkezi veri tabanları ile ara yüzler oluşturmaktadır. Nesnelerin İnterneti tabanlı önerilen sistemin en büyük kazanımı çok düşük enerji ihtiyacı duyan Lora modülleri ile donatılıyor olmasıdır. Bunun anlamı bir sensör noduna yıllarca bakım onarım yapmadan çalışmasının devam etmesidir. Diğer önemli bir husus ise GSM ve NB-IoT lerden farklı olarak herhangi bir izne tabi olmadan tüm sistemin “tailor base” diye ifade edilen şekilde dizayn edilebiliyor olmasıdır. ISM bandında çalışan LoraWan protokolü ile gerçekleştirilen bu akıllı atık yönetimi uygulaması 868Mhz de çalışan Türkiye’de öncü uygulama olmuştur.

Sadece endüstride kullanılan bazı donanım ve yazılımların bir araya getirilmesinin çok ötesinde doğrudan sensör noktalarından http get post metotları yazılarak API aracılığıyla veriler merkeze çekilmiştir. API’lerin yetki ve izinlerinin token ile yapılıyor olması çalışmanın bir başka yenilikçi yönüdür. Bu sağlanmıştır. Bu iletişim için token kontrolüne bağlı kimlik kontrolleri durum her istekte veri tabanlarına veri yazılmasını önlemekte aynı zamanda sensör ünitesinin kimlik bilgilerinin kontrol edilmesine de fayda sağlamaktadır. Arduino kodda yapılan değişiklikler ile sensör nodundan post ile toplanan verinin uygulama katmanındaki PostgreSQL veri tabanına yazılması yapılmıştır. Akıllı Atık yönetim sistemi uygulamasının kısıtları nedeniyle her ne kadar PostgreSQL tercih edilmiş olsa da MongoDB daha yerinde bir veri tabanı çözüm olacaktır. Buradaki seçim “low insert rate” durumu yani uygulamada mevcut düşük bir kayıt sayısı olduğundan yola çıkılarak yapılmıştır.

Sahadaki operasyonun desteklenmesi için ön tanımlamaların ve monitör etmenin yapılacağı örnek bir web sitesi inşa edilmiştir ve SSL sertifikasıyla https olarak akillisehirler.live sitesinde yayın yapması sağlanmıştır. Tüm işlemler bu web uygulaması aracılığıyla merkezleştirilmiştir şöyle ki; bu web sitesin üzerinde önceki bölümlerde bahsedilen kullanıcı yetki ve tanımlarıyla, sensor konumları yapılmıştır. Google API servislerinden alınan hizmet ile sensor konumlarının harita üzerinde tanımlamalarının yapılması ve her bir

sensör noduna kimlik verilmesi sağlanmıştır. Bu da operasyon sırasında yetki ve kimlik kontrolleri için elzem bir durumdur. Tek bir web serviste hem saha operasyonları ve yetkilendirmelerin yapılması temin edilmiştir.

Geliştirilen bu akıllı atık yönetim sisteminin bilişim sisteminin kullanıldığı bölge ve mesafelere bağlı olarak %40-%60 arası verimlilik sağlayacağı düşünülmektedir. Sağlanacak bu tasarruf, araştırmanın hipotezlerden;

- Uygulanacak model ile akaryakıt tasarrufu sağlanması
- Çevre kirliliğinin gerek fosil yakıtın oluşturduğu hava kirliliğinin azaltılması, gerekse anlık atık ünitelerinden toplanan veri sayesinde azaltılması

doğruluğunun teyidi niteliğinde olmuştur.

Diğer taraftan başarılı bir şekilde Lora ve LoraWan teknolojilerinin atık üniteleri ile birleştirilmesi neticesinde ise araştırmanın diğer hipotezleri olan;

- Önerilecek model ile tesis edilecek nesnelerin interneti alt yapısında ihtiyaç duyulan enerjinin minimize edilmesi.
- Özellikle iletişim alt yapısında tercih edilecek olunan Lora ve LoraWan teknolojileri sayesinde lisanslı bant ihtiyacı olmaksızın alt yapı kurulabilmesi ve bunun maliyet yönüyle ne kadar efektif olduğunun ortaya konulması.

hipotezleri test edilmiş ve doğrulanmıştır.

GSM frekansında çalışan bir alt yapının ortalama maliyetleri her bir IoT sensör ünitesi için aylık bir maliyet getiriyor olması, LoraWan alt yapı maliyetliyle karşılaştırıldığında tartışmasız LoraWan avantajlı çıkmıştır. Burada göz ardı edilmemesi gereken husus GSM alt yapısının da bazı uygulamalarda maliyete katlanılarak avantajlı olabileceğidir.

Bu çalışmada geliştirilen ve de önerilen Akıllı Atık Yönetim Sisteminin dolaylı faydaları ise sensör kümeleri oluşturabilmektir. Bundan kasıt mevcut olan donanım, yazılım ve iletişim alt yapısıyla donatılmış atık ünitesine yapılacak ilave sensörler ile hava kirliliği, ses, ağırlık, yangın gibi birçok hassas konuda daha hızlı ve etkin aksiyon alınabilecek bir alt yapıya da sahip olunacaktır. Araştırmanın kısıtı gerek maliyet gerek donanım temini için güçlük çekilmesi nedeniyle örnek bir atık ünitesi üzerinde çalışılabilmiş olmaktadır.

Kullanılan iletişim alt yapısı, merkezileştirilen veri toplama sistemi ve monitör edilebilirliği ile bu çalışmada önerilen sistem her ne kadar bir atık yönetimi önerisi olarak ortaya

konulmuş olsa da sensör nodunda yapılacak küçük güncellemeler ile şehirlerin Akıllı Şehirlere dönüşümünde büyük bir adım olabilecektir. Sadece atık ünitelerindeki doluluk değil, şehrin genelinde sabit ve mobil nesnelerin takibinde, konumlandırılmasında bunun da ötesinde doğal afetlerde tespit, müdahale ve alternatif iletişim kanalı olma potansiyeli ile önerilen bu akıllı atık yönetim sistemi, birçok hayati öneme sahip alanda otoritelere üstün yetkinlikler sağlayabilecektir.



KAYNAKLAR

1. Gökçen, H. (2011). *Yönetim Bilgi/Bilişim Sistemleri: Analiz ve Tasarım*. (İkinci Baskı). Türkiye: AFŞAR Matbaacılık, 20.
2. Gökmen, K. (2019). *Bilgi Toplumunda E-Ticaret ve Türkiye Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Şahin, M. (2007). *Yönetim Bilgi Sistemleri*. (Birinci Baskı). Türkiye: Anadolu Üniversitesi, 7.
4. Satıcı, Ö. (1998). *Yönetim Nedir?*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
5. Çelikten, M., Gılıç, F., ve Yıldırım. A. Örgüt Yönetiminde Karar Verme Süreci: Bitmeyen Bir Tartışma (2019). *Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*,15(2), 581-592.
6. Cici Karaboğa, N. E. (2018). *Yönetim Bilişim Sistemleri Kullanımı Açısından Kurumsal Değişime Direnç Algılamalarının İç Müşteri Memnuniyeti Üzerine Etkisi: Üniversite Hastaneleri Üzerinde Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Selçuklu Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Konya.
7. Alan, H. Disiplinler Arası Bir Bilim Dalı Olma Yolunda Yönetim Bilişim Sistemleri ve İşletme Enformatiğinin Temelleri. (2019). *Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Dergisi*,17(2).
8. Chichernea, V. (2010). The Use Of Decision Support Systems (Dss) In Smart City Planning And Management, *Romanian-American University*.
9. Rauner, S. M., Niessner, H., Odd, S., Pope, A., Neville, K., O'Riordan, S., Sasse, L., and Tomic, K. (2018, March). An advanced decision support system for European disaster management: the feature of the skills taxonomy. 26:485-530
10. Öztürk, S. ve Çalışkan, H. Kentleşme Gelişiminin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği. (2019). *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17, 677-694.

11. Konak, A. (2019). Türkiye'nin doğal gaz bağımlılığı ve alternatif enerji kaynakları üretiminin gerekliliği. *IJAR*. 4(7),196-209.
12. Örnek, İ., ve Türkmen, S. (2019). Gelişmiş ve Yükselen Piyasa Ekonomilerinde Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Analizi. *Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimle Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 109-129.
13. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiyenin Yıllara Göre Ham Petrol İthalatı İstatistikleri. URL: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046 , Son Erişim Tarihi:13.12.2019
14. Gökdemir, L. ve Şahin, G. (2019). Kentleşmenin Çevre Kalitesi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Olgu Örneği. *Avrasya Uluslararası Araştırma Dergisi*, 7(18), 187-203
15. İnternet: Türkiye Sera Gazı Emisyon İstatistiklerine Yakın Bakış. URL: <https://www.iklimhaber.org/turkiye-sera-gazi-emisyon-istatistiklerine-yakin-bakis/>, Son Erişim Tarihi: 15.12.2019
16. Özdemir, E. (2018). Modernizm, Kentleşme ve Türkiye. *Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimle Enstitüsü Dergisi*, 2018(4), 79-96.
17. Topaloğlu, M., Tekkanat, E. ve Malakçı, G. (2019). Akıllı Cihaz ve İnsan Etkileşimi: Nesnelerin İnterneti. *Ege Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 3(1), 11-19.
18. Zeybek, M., Yılmaz, E, N. (2019). Nesnelerin İnterneti:Risk Temelli Yaklaşım. *Denetim Dergisi*, 9(19).
19. Gülşen, İ. (2019). Nesnelerin İnterneti: Vaatleri ve Faydaları. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(8), 106-118.
20. Yançinkaya, B., Cibaroğlu, M, O. (2019). Bilgi Yönetiminde Nesnelerin İnterneti: Literatür Bağlamında Bir İnceleme. *Arşiv Dünyası*, 6(1).
21. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L. and Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1).
22. Madakam, S., Ramaswamy, R. and Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173

23. İnternet: Nesnelerin İnterneti Her Şeyi Nasıl Değiştirmektedir. URL: <https://martechtoday.com/internet-things-changes-everything-202482>, Son Erişim Tarihi: 15.12.2019
24. İnternet: The History of IoT: a Comprehensive Timeline of Major Events, Infographic. <https://hqsoftwarelab.com/about-us/blog/the-history-of-iot-a-comprehensive-timeline-of-major-events-infographic>, Son Erişim Tarihi: 22.12.2019
25. Yaqoob, I., Ahmed, E., Hashem, I., Ahmed, A., Gani, A., Imran, M., and Guizani M. (2017.)İnternet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges. *IEEE Wireless Communications*, 2017.
26. Number of LPWAN connections by technology worldwide from 2017 to 2023. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/880822/lpwan-ic-market-share-by-technology/>. Last access (25.04.2020).
27. LoRaWAN vs NB-IoT: A Comparison Between IoT Trend-Setters. Retrieved from <https://ubidots.com/blog/lorawan-vs-nb-iot/>. Last access (27.05.2020).
28. C. Colldahl, S. Frey, J. E. Kelemen. (2013). Smart Cities: Strategic Sustainable Development for an Urban World. (Master's Thesis). Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden.
29. P. Marques, D. Manfroi, E. Deitos, J. Cegoni, R. Castilhos, J. Rochol, E. Pignaton, R. Kunst. An IoT-based smart cities infrastructure architecture applied to a waste management scenario. *Ad Hoc Networks*, 87, (2019), 200–208.
30. L.G. Anthopoulos, Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick Public Administration and Information Technology 22, DOI 10.1007/978-3-319-57015-0_2
31. T. Brandt, W. Ketter, B. Donnellan and R T. Watson. AIS Pre-ICIS Workshop on “IoT & Smart City Challenges and Applications”, ISCA, 2016.

32. L. G. Anthopoulos, P. Fitsilis. Evolution Roadmaps for Smart Cities: Determining Viable Paths. Conference: 13th European Conference on eGovernment, ECEG, June 2013.
33. Adel S. Elmaghraby , Michael M. Losavio. (2014-5) . Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research* 491–497
34. Lang F., He B. (2021) Smart city and cyber-security; technologies used, leading challenges and future recommendations. *Che Ma Research Center for Smart Policing and Big Data Technology, China People's Police University China, Energy Reports* 7 7999–8012.
35. Smagilova, E., Hughes, L., Rana, N.P. et al. Security, Privacy and Risks Within Smart Cities: Literature Review and Development of a Smart City Interaction Framework. *Inf Syst Front* (2020). <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10044-1>
36. Ying H., , Mehdi S., Helen T., and F. Richard Y. (2019). Security and Privacy of Smart Cities: A Survey, Research Issues and Challenges. *IEEE Communications Survey & Tutorials*, Vol. 21, No. 2.
37. Iqbal, A., & Olariu, S. (2021). A survey of enabling technologies for smart communities. *Smart Cities*, 4(1), 54-77. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010004>
38. Internet: IMD Smart City Index 2019. URL: <https://www.imd.org/research-knowledge/reports/imd-smart-city-index-2019/>, Son Erişim Tarihi: 10.06.202
39. Smart City in Practice: Learn from Taipei City, Muhammad Iqbal, Department of Political Science, National Cheng Kung University, Taiwan, Corresponding Author, u18097019@ncku.edu.tw, <http://dx.doi.org/10.18196/jgpp.811342>
40. Internet: The Things Network. URL: <https://www.thethingsindustries.com/docs/getting-started/ttn/>, Son Erişim Tarihi: 05.05.2022.
41. Insung Hong, Sunghoi Park, Beomseok Lee, Jaekeun Lee, Daebeom Jeong, Sehyun Park, "IoT-Based Smart Garbage System for Efficient Food Waste

Management", The Scientific World Journal, vol. 2014, Article ID 646953, 13 pages, 2014.<https://doi.org/10.1155/2014/646953>

42. Stan G., Joseph Ferre, Jr., Robert G., ve John S. (Editörler). (2015). Planning Support Systems and Smart Cities, London: Springer International Publishing.
43. Oliver G., Jonas B., ve Maximilian P. (2019). "SMART CITIES Introducing Digital Innovation to Cities, Switzerland: Emerald Publishing Limited.
44. Vinod K. (2015). E-Governance for Smart Cities, New Delhi: Springer Science+Business Media Singapore
45. Internet: International Case Studies of Smart Cities. URL: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/International-Case-Studies-of-Smart-Cities-Singapore-Republic-of-Singapore.pdf>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
46. Internet: The Smart Nation and Digital Government Office. URL: <https://www.smartnation.gov.sg>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
47. Internet: Digital Government Blueprint "A Singapore Government That Is Digital To The Core, And Serves With Heart". URL: https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/dgb-public-document_30dec20.pdf, on Erişim Tarihi: 15.06.2022.
48. Ahm S., Juha N., Sujana P., ve Kendall R. (2021). Smart city for sustainable environment: A comparison of participatory strategies from Helsinki, Singapore and London, Volume 114.
49. Abhishek B., Michael H., ve Ching M. C. (2017). Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households. *Energy Policy*, Volume 104, sayfa 230-239.
50. Number of LPWAN connections by technology worldwide from 2017 to 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/880822/lpwan-ic-market-share-by-technology/>. Son Erişim Tarihi: 25.04.2020.

51. Internet: LoRaWAN vs NB-IoT: A Comparison Between IoT Trend-Setters . URL: <https://ubidots.com/blog/lorawan-vs-nb-iot/>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2020.
52. T. Brandt, W. Ketter, B. Donnellan and R T. Watson. AIS Pre-ICIS Workshop on “IoT & Smart City Challenges and Applications”, ISCA, 2016.
53. L.G. Anthopoulos, Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick Public Administration and Information Technology 22, DOI 10.1007/978-3-319-57015-0_2
54. L. G. Anthopoulos, P. Fitsilis. Evolution Roadmaps for Smart Cities: Determining Viable Paths. Conference: 13th European Conference on eGovernment, ECEG, June 2013.
55. Internet: History of smart cities: Timeline. URL: <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-timeline/>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
56. F. Muteba, K. Djouani, T. Olwal. A comparative Survey Study on LPWA IoT Technologies: Design, considerations, challenges and solutions considerations, challenges and solutions. Procedia Computer Science, 155, (2019), 636–641.
57. İnternet: History Of Besiktas. URL: <http://en.besiktas.bel.tr/category/history-of-besiktas/>. Last Access (20.04.2020).
58. ISO 37120:2018 (en) Sustainable cities and communities, Indicators for city services and quality of life. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:37120:ed-2:v1:en>, Son Erişim Tarihi: 20.04.2020.
59. M. Eldefrawy, I. Butun, N. Pereira, M. Gidlund. Formal security analysis of LoRaWAN. Computer Networks, 148, (2019), 328–339.
60. Internet: About LoRa Alliance. URL: <https://lora-alliance.org/about-lora-alliance>. Son Erişim Tarihi: 20.04.2020.
61. Eriksen, R. (2019). Energy Consumption of Low Power Wide Area Network Node Devices in the Industrial, Scientific and Medical Band (Dissertation). URL:

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-259508>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.

- 62.** What are the ISM Bands, and What Are They Used For?. URL: <https://www.militaryaerospace.com/directory/blog/14059677/what-are-the-ism-bands-and-what-are-they-used-for>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- 63.** Limitation of radiation from industrial, scientific and medical (ISM) equipment. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1056-1-200704-I!!PDF-E.pdf, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- 64.** Dimitris S. (2015). Potential Abuses to the ITU Radio Regulations: The Licensing of Small Satellites. *Journal of Space Safety Engineering*, Volume 2, Issue 1, Sayfa 4-11.
- 65.** Internet: What Is LoRa?. URL: <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- 66.** Mohamed S., Otman A., Leandro D. M., ve Alfredo Rosado (2021). Experimental Analysis of IoT Networks Based on LoRa/LoRaWAN under Indoor and Outdoor Environments: Performance and Limitations. *IFAC-PapersOnLine*, Volume 54, Issue 4, Pages 159-164,
- 67.** Kendall N., Jason R., Kenneth N., Andrew M., ve Anton Netchaev (2021). Monitoring for Analytes through LoRa and LoRaWAN Technology. *Procedia Computer Science*, Volume 185, Pages 152-159,
- 68.** Hussein M., Benoît P., Sofiane H., Przemyslaw B., Abbass N., Eduardo M. C., ve Wilfried V. (2020). LoRa+: An extension of LoRaWAN protocol to reduce infrastructure costs by improving the Quality of Service. *Internet of Things*, Volume 9.
- 69.** Waheb A. Jabbar, Thanasrii Subramaniam, Andre Emelio Ong, Mohd Iqmal Shu'Ib, Wenyan Wu, Mario A. de Oliveirav (2022). LoRaWAN-Based IoT System Implementation for Long-Range Outdoor Air Quality Monitoring. *Internet of Things*, Volume 19.

70. Internet: Arduino Kartı Tanıyalım. URL: <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/arduino-karti-taniyalim-0>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
71. Internet: Arduino Uno datasheet. URL: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
72. Internet: Semtech Wireless RF Product. URL: <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1276>. Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
73. Internet: The Dragino LG01-P IoT Features. URL: <https://www.dragino.com/products/lora-lorawan-/item/117-lg01-p.html>. Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
74. Internet: HCSR04 sensor datasheet. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>. Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
75. Arduino Sample Code. Retrieved from https://github.com/dragino/Arduino-ProfileExamples/blob/master/libraries/Dragino/examples/LoRa/LoRaWAN/Arduino_LMIC/Arduino_LMIC.ino. Last access (20.04.2020).
76. Vangelis A, Elias T., Henrich C. P., Adam K., ve Alessandro B (2017). *Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities*, Switzerland: Springer Cham.
77. Manuel Pedro Rodríguez-Bolívar (ed.), 2015. "Transforming City Governments for Successful Smart Cities," Public Administration and Information Technology, Springer, edition 127, number 978-3-319-03167-5, March.
78. M. Bartolozzi, P. Bellini, P. Nesi, G. Pantaleo and L. Santi, "A Smart Decision Support System for Smart City," in *2015 IEEE International Conference on Smart City/SocialCom/SustainCom (SmartCity)*, Chengdu, China, 2015 pp. 117-122.
79. Chichernea, V. (2014). The Use Of Decision Support Systems (Dss) In Smart City Planning And Management. *Journal of Information Systems and Operations Management*, 8, 238-251.

- 80.** Cerchecci, Matteo & Luti, Francesco & Mecocci, Alessandro & Parrino, Stefano & Peruzzi, Giacomo & Pozzebon, Alessandro. (2018). A Low Power IoT Sensor Node Architecture for Waste Management Within Smart Cities Context. *Sensors*. 18. 1282. 10.3390/s18041282.
- 81.** Vahap T., Çiğdem T., ve Can A. (2016). Akıllı Teknoloji & Akıllı Yönetim (Smart Technology & Smart Management). Güler Matbaacılık: İzmir
- 82.** Bifulco, F., Tregua, M., Amitrano, C., and D'Auria, A. (2016). ICT and sustainability in smart cities management. *International Journal of Public Sector Management*. 29. 132-147. 10.1108/IJPSM-07-2015-0132.
- 83.** Internet: LoRa | Advantages of LoRaWAN | Disadvantages of LoRaWAN. URL: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Lora-or-LoRaWAN.html>. Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- 84.** Internet: 800 Litre Metal Çöp Konteyner URL: <https://www.teknikkonteyner.com.tr/urun/387/800-litre-metal-cop-konteyner>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2022
- 85.** Internet: TSE standart arama: <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2022
- 86.** Internet: Kentsel-Kırsal Nüfus Oranı: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kentsel--kirsal-nufus-orani-i-85670>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2022
- 87.** Internet: Akıllı Şehir Nedir? : <https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-sehir-nedir/>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2022
- 88.** Internet: Daha Akıllı Şehirler, Daha Tehlikeli Siber Tehditler: <https://www.emergingtechbrew.com/stories/2022/09/06/the-smarter-the-city-the-scarier-the-cyber-risk>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2022
- 89.** Internet: M2M Tarifeleri: <https://www.turkcell.com.tr/kurumsal/dijital-is-servisleri/iot-nesnelerin-interneti/m2m-standart-tarife-paketleri-kampanyasi>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2022

- 90.** Internet: Lora ve LoraWan: <https://loradevelopers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan>.
Son Erişim Tarihi: 10.12.2022
- 91.** Hossain, M.I., Markendahl, J.I. Comparison of LPWAN Technologies: Cost Structure and Scalability. *Wireless Pers Commun* 121, 887–903 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s11277-021-08664-0>





EKLER

EK-1 Arduino Kod TTN Network İletişimi

Arduino Sketch Kodu

```
#include <lmic.h>
#include <hal/hal.h>
#include <SPI.h>
#include <CayenneLPP.h> // installed using Sketch->Include Library->Manage Libraries
// Values you have to change:
// search this document (strg+F) for "change next line" and change them or it won't compile
* Pins for Pegelstand-PCB
int trigger=6;
int echo=4;
int done=12;CayenneLPP lpp(51);
// LoRaWAN NwkSKey, network session key (msb)
// This is the default Semtech key, which is used by the prototype TTN
// network initially.
// !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! change next line:
static const PROGMEM u1_t NWKSKEY[16] ={ 0x4F, 0x30, 0x9C, 0x1C, 0x32, 0xCB,
0x5B, 0xFC, 0xE7, 0x39, 0xDF, 0xD2, 0x57, 0x65, 0x27, 0xC0 };
// LoRaWAN AppSKey, application session key (msb)
// This is the default Semtech key, which is used by the prototype TTN
// network initially.
// !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! change next line:
static const u1_t PROGMEM APPSKEY[16] ={ 0x40, 0xA2, 0x80, 0x58, 0xC3, 0x25,
0x64, 0xE4, 0xB1, 0x38, 0xE1, 0x86, 0x68, 0x15, 0xEF, 0x26 };

// LoRaWAN end-device address (DevAddr)
// See http://thethingsnetwork.org/wiki/AddressSpace
// !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! change next line:
static const u4_t DEVADDR = 0x26011855 ; // <-- Change this address for every node!
// These callbacks are only used in over-the-air activation, so they are
// left empty here (we cannot leave them out completely unless
// DISABLE_JOIN is set in config.h, otherwise the linker will complain).
void os_getArtEui (u1_t* buf) { }
```

```

void os_getDevEui (u1_t* buf) { }
void os_getDevKey (u1_t* buf) { }
static osjob_t sendjob;
// Schedule TX every this many seconds (might become longer due to duty
// cycle limitations).
const unsigned TX_INTERVAL = 10;
// Pin mapping for Dragino Lora Shield v95
const lmic_pinmap lmic_pins = {
    .nss = 10,
    .rxtx = LMIC_UNUSED_PIN,
    .rst = 5,
    .dio = {2, 3, LMIC_UNUSED_PIN},
};
void onEvent (ev_t ev) {
    Serial.print(os_getTime());
    Serial.print(": ");
    switch(ev) {
        case EV_SCAN_TIMEOUT:
            Serial.println(F("EV_SCAN_TIMEOUT"));
            break;
        case EV_BEACON_FOUND:
            Serial.println(F("EV_BEACON_FOUND"));
            break;
        case EV_BEACON_MISSED:
            Serial.println(F("EV_BEACON_MISSED"));
            break;
        case EV_BEACON_TRACKED:
            Serial.println(F("EV_BEACON_TRACKED"));
            break;
        case EV_JOINING:
            Serial.println(F("EV_JOINING"));
            break;
        case EV_JOINED:
            Serial.println(F("EV_JOINED"));

```

```

    break;
case EV_RFU1:
    Serial.println(F("EV_RFU1"));
    break;
case EV_JOIN_FAILED:
    Serial.println(F("EV_JOIN_FAILED"));
    break;
case EV_REJOIN_FAILED:
    Serial.println(F("EV_REJOIN_FAILED"));
    break;
    break;
case EV_TXCOMPLETE:
    Serial.println(F("EV_TXCOMPLETE (includes waiting for RX windows)"));
    digitalWrite(done, HIGH);
    if (LMIC.txrxFlags & TXRX_ACK) {
        Serial.println(F("Received ack"));
    }
    if(LMIC.dataLen) {
        // data received in rx slot after tx
        Serial.print(F("Data Received: "));
        Serial.write(LMIC.frame+LMIC.dataBeg, LMIC.dataLen);
        Serial.println();
    }
    else
    {
        //Serial.print(F("No Data Received :("));
        // Serial.print(LMIC.dataLen);
    }
    // Schedule next transmission
    os_setTimedCallback(&sendjob,    os_getTime()+sec2osticks(TX_INTERVAL),
do_send);
    break;
case EV_LOST_TSYNC:
    Serial.println(F("EV_LOST_TSYNC"));

```

```

    break;
case EV_RESET:
    Serial.println(F("EV_RESET"));
    break;
case EV_RXCOMPLETE:
    // data received in ping slot
    Serial.println(F("EV_RXCOMPLETE"));
    break;
case EV_LINK_DEAD:
    Serial.println(F("EV_LINK_DEAD"));
    break;
case EV_LINK_ALIVE:
    Serial.println(F("EV_LINK_ALIVE"));
    break;
default:
    Serial.println(F("Unknown event"));
    break;
}
}
void do_send(osjob_t* j){
    // Check if there is not a current TX/RX job running
    if (LMIC.opmode & OP_TXRXPEND) {
        Serial.println(F("OP_TXRXPEND, not sending"));
    } else {
        lpp.reset();
        lpp.addAnalogInput(1, getdistance());
        // Prepare upstream data transmission at the next possible time.
        LMIC_setTxData2(1, lpp.getBuffer(), lpp.getSize(), 0);
        Serial.println(F("Packet queued"));
    }
    // Next TX is scheduled after TX_COMPLETE event.
}
void setup() {
    Serial.begin(115200);

```

```

Serial.println(F("Starting"));
pinMode(trigger, OUTPUT);
pinMode(done, OUTPUT);
pinMode(echo, INPUT);
#ifdef VCC_ENABLE
// For Pinoccio Scout boards
pinMode(VCC_ENABLE, OUTPUT);
digitalWrite(VCC_ENABLE, HIGH);
delay(1000);
#endif
// LMIC init
os_init();
// Reset the MAC state. Session and pending data transfers will be discarded.
LMIC_reset();
LMIC_setClockError(MAX_CLOCK_ERROR * 1 / 100);
// Set static session parameters. Instead of dynamically establishing a session
// by joining the network, precomputed session parameters are provided.
#ifdef PROGMEM
// On AVR, these values are stored in flash and only copied to RAM
// once. Copy them to a temporary buffer here, LMIC_setSession will
// copy them into a buffer of its own again.
uint8_t appskey[sizeof(APPSKEY)];
uint8_t nwkskey[sizeof(NWKSKEY)];
memcpy_P(appskey, APPSKEY, sizeof(APPSKEY));
memcpy_P(nwkskey, NWKSKEY, sizeof(NWKSKEY));
LMIC_setSession (0x1, DEVADDR, nwkskey, appskey);
#else
// If not running an AVR with PROGMEM, just use the arrays directly
LMIC_setSession (0x1, DEVADDR, NWKSKEY, APPSKEY);
#endif
// Set up the channels used by the Things Network, which corresponds
// to the defaults of most gateways. Without this, only three base
// channels from the LoRaWAN specification are used, which certainly
// works, so it is good for debugging, but can overload those

```

```

// frequencies, so be sure to configure the full frequency range of
// your network here (unless your network autoconfigures them).
// Setting up channels should happen after LMIC_setSession, as that
// configures the minimal channel set.
LMIC_setupChannel(0, 868100000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(1, 868300000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7B),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(2, 868500000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(3, 867100000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(4, 867300000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(5, 867500000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(6, 867700000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(7, 867900000, DR_RANGE_MAP(DR_SF12, DR_SF7),
BAND_CENTI); // g-band
// LMIC_setupChannel(8, 868800000, DR_RANGE_MAP(DR_FSK, DR_FSK),
BAND_MILLI); // g2-band

// TTN defines an additional channel at 869.525Mhz using SF9 for class B
// devices' ping slots. LMIC does not have an easy way to define set this
// frequency and support for class B is spotty and untested, so this
// frequency is not configured here.
// Disable link check validation
LMIC_setLinkCheckMode(0);

// TTN uses SF9 for its RX2 window.
LMIC.dn2Dr = DR_SF9;

//LMIC_disableChannel(1); //disable channel 1
//LMIC_disableChannel(2); // disable channel 2

```

```
// Set data rate and transmit power (note: txpow seems to be ignored by the library)
LMIC_setDrTxpow(DR_SF7,14);

// Start job
do_send(&sendjob);
}

void loop() {
  os_runloop_once();
}
uint8_t getdistance(){
  long duration=0;
  uint8_t distance=0;
  digitalWrite(trigger, LOW);
  delay(5);
  digitalWrite(trigger, HIGH);
  delay(10);
  digitalWrite(trigger, LOW);
  duration = pulseIn(echo, HIGH);
  distance = (duration/2) * 0.03432;
  if (distance >= 500 || distance <= 0)
  {
    Serial.println("Kein Messwert");
  }
  else
  {
    Serial.print(distance_UNITID);
    Serial.println(" cm");
  }
  return distance;
}
```

EK-2 Indicators that included in ISO37120

	City indicators
Economy	City's unemployment rate (core indicator)
	Assessed value of commercial and industrial properties as a percentage of total assessed value of all properties (supporting indicator)
	Percentage of persons in full-time employment (supporting indicator)
	Youth unemployment rate (supporting indicator)
	Number of businesses per 100.000 population (supporting indicator)
	Number of new patents per 100.000 population per year (supporting indicator)
	Annual number of visitor stays (overnight) per 100.000 population (supporting indicator)
	Commercial air connectivity (number of non-stop commercial air destinations) (supporting indicator)
	Economy profile indicators
Education	Percentage of female school-aged population enrolled in schools (core indicator)
	Percentage of students completing primary education: survival rate (core indicator)
	Percentage of students completing secondary education: survival rate (core indicator)
	Primary education student–teacher ratio (core indicator)
	Percentage of school-aged population enrolled in schools (supporting indicator)
	Number of higher education degrees per 100.000 population (supporting indicator)
Energy	Total end-use energy consumption per capita (GJ/year) (core indicator)
	Percentage of total end-use energy derived from renewable sources (core indicator)
	Percentage of city population with authorized electrical service (residential) (core indicator)
	Number of gas distribution service connections per 100.000 population (residential) (core indicator)
	Final energy consumption of public buildings per year (GJ/m ²) (core indicator)
	Electricity consumption of public street lighting per kilometer of lighted street (kWh/year) (supporting indicator)
	Average annual hours of electrical service interruptions per household (supporting indicator)
	Energy profile indicators
Environment and climate change	Fine particulate matter (PM _{2.5}) concentration (core indicator)
	Particulate matter (PM ₁₀) concentration (core indicator)
	Greenhouse gas emissions measured in tones per capita (core indicator)
	Percentage of areas designated for natural protection (supporting indicator)
	NO ₂ (nitrogen dioxide) concentration (supporting indicator)
	SO ₂ (sulfur dioxide) concentration (supporting indicator)

	O3 (ozone) concentration (supporting indicator)
	Noise pollution (supporting indicator)
	Percentage change in number of native species (supporting indicator)
Finance	
	Debt service ratio (debt service expenditure as a percentage of a city's own-source revenue) (core indicator)
	Capital spending as a percentage of total expenditures (core indicator)
	Own-source revenue as a percentage of total revenues (supporting indicator)
	Tax collected as a percentage of tax billed (supporting indicator)
	Finance profile indicators
Governance	
	Women as a percentage of total elected to city-level office (core indicator)
	Number of convictions for corruption and/or bribery by city officials per 100.000 population (supporting indicator)
	Number of registered voters as a percentage of the voting age population (supporting indicator)
	Voter participation in last municipal election (as a percentage of registered voters) (supporting indicator)
Health	
	Average life expectancy (core indicator)
	Number of in-patient hospital beds per 100.000 population (core indicator)
	Number of physicians per 100.000 population (core indicator)
	Under age five mortality per 1000 live births (core indicator)
	Number of nursing and midwifery personnel per 100.000 population (supporting indicator)
	Suicide rate per 100.000 population (supporting indicator)
Housing	
	Percentage of city population living in inadequate housing (core indicator)
	Percentage of population living in affordable housing (core indicator)
	Number of homeless per 100.000 population (supporting indicator)
	Percentage of households that exist without registered legal titles (supporting indicator)
	Housing profile indicators
Population and social conditions	
	Percentage of city population living below the international poverty line (core indicator)
	Percentage of city population living below the national poverty line (supporting indicator)
	Gini coefficient of inequality (supporting indicator)
	Population and social conditions profile indicators
Recreation	Recreation
	Square meters of public indoor recreation space per capita (supporting indicator)
	Square meters of public outdoor recreation space per capita (supporting indicator)
Safety	
	Number of firefighters per 100.000 population (core indicator)

	Number of fire-related deaths per 100.000 population (core indicator)
	Number of natural-hazard-related deaths per 100.000 population (core indicator)
	Number of police officers per 100.000 population (core indicator)
	Number of homicides per 100.000 population (core indicator)
	Number of volunteer and part-time firefighters per 100.000 population (supporting indicator)
	Response time for emergency response services from initial call (supporting indicator)
	Crimes against property per 100.000 population (supporting indicator)
	Number of deaths caused by industrial accidents per 100.000 population (supporting indicator)
	Number of violent crimes against women per 100.000 population (supporting indicator)
Solid Waste	
	Percentage of city population with regular solid waste collection (residential) (core indicator)
	Total collected municipal solid waste per capita (core indicator)
	Percentage of the city's solid waste that is recycled (core indicator)
	Percentage of the city's solid waste that is disposed of in a sanitary landfill (core indicator)
	Percentage of the city's solid waste that is treated in energy-from-waste plants (core indicator)
	Percentage of the city's solid waste that is biologically treated and used as compost or biogas (supporting indicator)
	Percentage of the city's solid waste that is disposed of in an open dump (supporting indicator)
	Percentage of the city's solid waste that is disposed of by other means (supporting indicator)
	Hazardous waste generation per capita (tones) (supporting indicator)
	0 Percentage of the city's hazardous waste that is recycled (supporting indicator)
Sport and Culture	
	Number of cultural institutions and sporting facilities per 100.000 population (core indicator)
	Percentage of municipal budget allocated to cultural and sporting facilities (supporting indicator)
	Annual number of cultural events per 100.000 population (e.g. exhibitions, festivals, concerts) (supporting indicator)
Telecommunication	
	Number of internet connections per 100.000 population (supporting indicator)
	Number of mobile phone connections per 100.000 population (supporting indicator)
Transportation	
	Kilometers of public transport system per 100.000 population (core indicator)
	Annual number of public transport trips per capita (core indicator)
	Percentage of commuters using a travel mode to work other than a personal vehicle (supporting indicator)
	Kilometers of bicycle paths and lanes per 100.000 population (supporting indicator)
	Transportation deaths per 100.000 population (supporting indicator)

	Percentage of population living within 0,5 km of public transit running at least every 20 min during peak periods (supporting indicator)
	Average commute time (supporting indicator)
	Transportation profile indicators
Urban/local agriculture and food security	Total urban agricultural area per 100.000 population (core indicator)
	Amount of food produced locally as a percentage of total food supplied to the city (supporting indicator)
	Percentage of city population undernourished (supporting indicator)
	Percentage of city population that is overweight or obese — Body Mass Index (BMI) (supporting indicator)
Urban Planning	Green area (hectares) per 100. 000 population (core indicator)
	Areal size of informal settlements as a percentage of city area (supporting indicator)
	Jobs–housing ratio (supporting indicator)
	Basic service proximity (supporting indicator)
	Urban planning profile indicators
Wastewater	Percentage of city population served by wastewater collection (core indicator)
	Percentage of city’s wastewater receiving centralized treatment (core indicator)
	Percentage of population with access to improved sanitation (core indicator)
	Compliance rate of wastewater treatment (supporting indicator)
Water	Percentage of city population with potable water supply service (core indicator)
	Percentage of city population with sustainable access to an improved water source (core indicator)
	Total domestic water consumption per capita (liters/day) (core indicator)
	Compliance rate of drinking water quality (core indicator)
	Total water consumption per capita (liters/day) (supporting indicator)
	Average annual hours of water service interruptions per household (supporting indicator)
	Percentage of water loss (unaccounted for water) (supporting indicator)

EK-3 Arduino Kod HTTP Post Methodu

//If you use Dragino IoT Mesh Firmware, uncomment below lines.

//For product: LG01.

#define BAUDRATE 115200

//If you use Dragino Yun Mesh Firmware , uncomment below lines.

//#define BAUDRATE 250000

#include <Console.h>

#include <SPI.h>

#include <RH_RF95.h>

#include <Bridge.h>

#include <HttpClient.h>

//#include SimplePgSQL.h

// Singleton instance of the radio driver

RH_RF95 rf95;

int led = A2;

float frequency = 868.0;

void setup()

{

pinMode(led, OUTPUT);

Bridge.begin(BAUDRATE);

Console.begin();

while (!Console) ; // Wait for console port to be available

Console.println("Start Sketch");

if (!rf95.init())

Console.println("init failed");

// Setup ISM frequency

rf95.setFrequency(frequency);

// Setup Power,dBm

```

rf95.setTxPower(13);

// Setup Spreading Factor (6 ~ 12)
rf95.setSpreadingFactor(7);

// Setup BandWidth, option:
7800,10400,15600,20800,31200,41700,62500,125000,250000,500000
rf95.setSignalBandwidth(125000);

// Setup Coding Rate:5(4/5),6(4/6),7(4/7),8(4/8)
rf95.setCodingRate4(5);

rf95.setSyncWord(0x34);

Console.print("Listening on frequency: ");
Console.println(frequency);
}

void loop()
{
  if (rf95.available())
  {
    // Should be a message for us now
    uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t len = sizeof(buf);
    if (rf95.recv(buf, &len))
    {
      digitalWrite(led, HIGH);
      RH_RF95::printBuffer("request: ", buf, len);
      Console.print("got request: ");
      Console.println("");
      Console.println((char*)buf);
      Console.print("RSSI: ");
      Console.println(rf95.lastRssi(), DEC);
    }
  }
}

```

```
//Console.print("UNIT 324242 : ");
```

```
HttpClient client;
```

```
// Make a HTTP request:
```

```
client.get("http://akillisehirler.live/api/device_data/collect/?token=K5ri6yNTNCy0CRMYf
3AUYdmx5y98UQToylp7pFK8tWeQ15wVwRsQnBZMAFxEpU0V5aXuumGss36fK8M
tZ2RUFCSIpNEMxk2eliZNI&data="+String((char*)buf));
```

```
Console.print("client");
```

```
// if there are incoming bytes available
```

```
// from the server, read them and print them:
```

```
while (client.available()) {
```

```
    char c = client.read();
```

```
    Console.print(c);
```

```
}
```

```
Console.println("sm");
```

```
delay(5000);
```

```
// Send a reply
```

```
uint8_t data[] = "And hello back to you";
```

```
rf95.send(data, sizeof(data));
```

```
rf95.waitPacketSent();
```

```
Console.println("Sent a reply");
```

```
digitalWrite(led, LOW);
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
    Console.println("recv failed");
```

```
}
```

```
}
```

```

}

    // Send a reply
    uint8_t data[] = "And hello back to you";
    rf95.send(data, sizeof(data));
    rf95.waitPacketSent();
    Console.println("Sent a reply");
    digitalWrite(led, LOW);
}
else
{
    Console.println("recv failed");
}
String deviceIdString = "@70B3D57ED0051F40";
String mystring;
byte leng;
int i;
mystring = String(distance);
leng = sizeof(deviceIdString)+sizeof(mystring) ;
byte leng2;
leng2 = sizeof(deviceIdString);

char data[leng];
int c = 0;
for(i = 0;i < leng; i++)
{
    if( i <leng2 ){
        data[i] = mystring[i];
    } else {
        data[i] = deviceIdString[c];
        c++;
    }
}
String deviceIdString = "@70B3D57ED0051F40";
String mystring;

```

```
byte leng;
int i;
mystring = String(distance);
leng = 25;
char data[25];
int c = 0;
for(i = 0;i < 25; i++)
{
  if( i <6 ){
    data[i] = mystring[i];
  } else {
    data[i] = deviceIdString[c];
    c++;
  }
}
rf95.send(data, leng);//Send LoRa Data
```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKTAY, Erol
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Bilişim Enstitüsü	Devam ediyor
Yüksek lisans	Boston Üniversitesi / Yönetim Bilimleri	2013
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü	2011
Lisans	İstanbul Üniversitesi / Elektronik Mühendisliği	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003-2006	Türk Telekom A.Ş	Uzman
2006-2015	Telekomünikasyon Kurumu	Uzman
2016-2019	Bahçeşehir Üniversitesi	Danışman
2019-Halen	Infinitum Bilgi S. Ltd. Şti.	Genel Müdür

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

Aktay, E. ve Yalçın, N. (2021). A smart city application: A waste collection system with long range wide area network for providing green environment and cost effective and low power consumption solutions. *IET Smart Cities*, 3(3), 142-157.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR.