



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS

**LORAWAN TEKNOLOJİSİ KULLANARAK ERKEN UYARI
SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail Hakkı ÖZDEMİR

Danışman: Doç. Dr. Levent GÖKREM

TOKAT- 2022

JÜRİ KABUL VE ONAY

İsmail Hakkı ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “**LoRaWAN Teknolojisi Kullanarak Erken Uyarı Sistemi Tasarımı ve Uygulaması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14.10.2022 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI’NDA YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzası

Danışman: Doç. Dr. Levent GÖKREM

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut DURGUN

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Çetin Cem BÜKÜCÜ

.....

ONAY

...../...../.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Levent GÖKREM danışmanlığında hazırlamış olduğum “LoRWAN Teknolojisi Kullanarak Erken Uyarı Sistemi Tasarımı ve Uygulaması” adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

14/10/2022

İsmail Hakkı ÖZDEMİR



Bu tez;

Soylu ve heybetli memleketim TÜRKİYE’min istikbali için emek verenlere ithaf edilmiştir.



ÖZET

LORAWAN TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK ERKEN UYARI SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI

İsmail Hakkı ÖZDEMİR

Yüksek Lisans, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Levent GÖKREM

Ekim 2022, xix + 184 sayfa

Nesnelerin interneti (IoT) üzerine yapılan çalışmalar dünya genelinde çok ilgi görmekte ve artmaktadır. Lojistik ve araç takibi, sağlık, akıllı tarım ve sürü takibi, endüstriyel kontrol, akıllı bina ve evler, akıllı şehirler, çevresel takip ve akıllı şebekeler gibi birçok alanda kullanılmakta olan LoRaWAN teknolojisi IoT kullanımına özel üretilmiştir. LoRaWAN düşük pil tüketimi, uzun menzilli iletişim özelliği ve tek bir ağ geçidi ile birçok uç düğüm bağlantıları kurulabilmesi gibi çok büyük avantajlar sunmaktadır. Ülkemizdeki doğal afetlerden önde gelenleri orman yangınları ve sel felaketleridir. Bu tez çalışmasında gerçek zamanlı verilere dayalı, Dragino LoRaWAN LDD575 mesafe algılama sensörü, LHT65 sıcaklık ve nem sensörü ile DLOS8 ağ geçidi kullanılarak erken uyarı sistemi tasarımı yapılmıştır. Sistemde birden fazla uygulama alanından alınan veriler değerlendirilmiştir. Bilinçsiz yakılan ve söndürülemeyen ateşler yangınlara sebep olmaktadır. Bu tip yerlerde ulaşımında güç olduğu göz önüne alınırsa acil müdahale yapmak bir hayli gecikmektedir. Köprülere yerleştirilmiş LDD575 ve ormanlık alanlara yerleştirilen LHT65 sensörleri sayesinde oluşabilecek felaket durumları önceden tespit edilebilecektir. Bu felaketleri önceden tahmin etmek ve hazırlıklı olmak hem doğal çevreyi koruma hem de can kayıplarını en aza indirmek açısından önemlidir. Yapılan ölçümler doğrultusunda sensörlerin iletişim mesafeleri ve gönderdikleri doğru veriler, bu tarz projeler için çok doğru bir seçim olduklarını göstermiştir. Ağ geçidi ile sensörlerin verimli sinyal iletişimi sağlayabilmesi için ağ geçidinin doğru konuşturılması çok önemlidir. Bu sebepten verimli sinyal iletişimi sağlanabilmesi için bir ağ geçidi kulesi tasarımı yapılmıştır ve kule üzerinde çeşitli analizler yapılmıştır. LoRaWAN teknolojinin birçok başka alanlarda kullanılması da teknolojik olarak yeni kullanıcılara öncülük edecektir.

Anahtar Kelimeler: LoRaWAN, Nesnelerin İnterneti (IoT), LoRa, Sensörler, Haberleşme Protokolleri

ABSTRACT
EARLY WARNING SYSTEM DESIGN AND IMPLEMENTATION USING
LORAWAN TECHNOLOGY

İsmail Hakkı ÖZDEMİR

Master's Thesis, Department of Mechatronics Engineering

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Levent GÖKREM

October 2022, xix + 184 pages

Research on the Internet of Things (IoT) is gaining a lot of attention and increasing worldwide. LoRaWAN technology, which is used in many areas such as logistics and vehicle tracking, health, smart agriculture and herd tracking, industrial control, smart buildings and homes, smart cities, environmental tracking and smart networks, is specially produced for IoT use. LoRaWAN offers great advantages such as low battery consumption, long-range communication and the ability to establish many end-node connections with a single gateway. The leading natural disasters in our country are forest fires and floods. In this thesis, an early warning system was designed using Dragino LoRaWAN LDD575 distance detection sensor, LHT65 temperature and humidity sensor and DLOS8 gateway based on real-time data. Data from multiple application areas were evaluated in the system. Fires that are burned unconscious and cannot be extinguished cause fires. Given that there is power in transportation in such places, it is very late to make an emergency response. Thanks to LDD575 sensors placed on bridges and LHT65 sensors placed in wooded areas, disaster situations that may occur will be detected in advance. Anticipating and preparing for these disasters is important both in terms of protecting the natural environment and in terms of minimizing casualties. According to the measurements, the communication distances of the sensors and the correct data they sent showed that they were a very accurate choice for such projects. Correct deployment of the gateway is essential for efficient signal communication between the gateway and the sensors. For this reason, a gateway tower was designed to provide efficient signal communication and various analyzes were made on the tower. The use of LoRaWAN technology in many other areas will also lead to new users technologically.

Keywords: LoRaWAN, Internet Of Things (IoT), LoRa, Sensors, Communication Protocols

ÖNSÖZ

Nesnelerin interneti üzerine yapılan çalışmalar oldukça rağbet görmektedir. Ülkemizin gerek jeopolitik konumu, coğrafi yapısı, bitki ve toprak yapısı, gerekse kasti insan faktörleri gibi nedenlerden dolayı doğal afetler bakımından muzdarip olduğu bilinmektedir. Bu sebepten; bu tez kapsamında LoRaWAN teknolojisi kullanarak erken uyarı sistemi tasarlanmıştır. Yapılan uygulamalar yangın ve sel felaketleri üzerinedir. Nesnelerin interneti ile uyumlu Dragino şirketinin ürünleri olan DLOS8 ağ geçidi, LHT65 sıcaklık ve nem sensörü ayrıca LDD575 mesafe sensörü kullanılarak uygulamalar yapılmıştır ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde ağ geçidinin konumunun önemi belirlenmiş olup bu kapsamda sensörlerden gelen sinyalin daha verimli okunabilmesi için bir ağ geçidi kulesi tasarlanmış ve analizleri yapılmıştır. Bu tez çalışması oluşabilecek doğal afetleri önlemek ve erkenden önlem almak için etkili bir çalışma olmuştur.

Yüksek lisans serüvenim boyunca, bir usta çırak ilişkisi gibi bu yolda yürüyebilmeme yardım eden ve bu tez çalışmasındaki emeklerinden dolayı danışman hocam Doç. Dr. Levent GÖKREM' e teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Üzerimden desteklerini hiç esirgemeyen annem Bahar ÖZDEMİR, babam Alaattin Poyraz ÖZDEMİR, kardeşim İbrahim Hakkı ÖZDEMİR ve elbette ki bende emeği olan ve beni maddi ve manevi olarak destekleyen herkese teşekkür eder saygılarımı sunarım.

İsmail Hakkı ÖZDEMİR

14.10.2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. LoRaWAN ve Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırma Tablosu.	14
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	45
3.1. MATERYAL	45
3.1.1. DLOS8 ağ geçidi.....	45
3.1.2. Özellikler.....	46
3.1.3. Donanım sistemi.....	46
3.1.4. Uygulamalar.....	47
3.1.5. Donanım sistem yapısı.....	47
3.1.6. LED göstergeler.....	47
3.1.7. Wifi yönü	48
3.1.8. LHT65 sıcaklık ve nem sensörü.	48
3.1.9. Özellikler.....	49
3.1.10. Güç tüketimi.....	49
3.1.11. Depolama ve çalışma sıcaklığı.	49
3.1.12. Uygulamalar	49
3.1.13. Çalışma modları.....	50
3.1.14. LDD575 mesafe algılama sensörü	51
3.1.15. Özellikler.....	52
3.1.16. Uygulamalar	52
3.1.17. Boyutlar ve ağırlık.	52

3.1.18. LDDS75 pin haritası ve çalışması.....	53
3.1.19. SOLİDWORKS.....	53
3.1.20. MATLAB.....	54
3.1.21. ANSYS	54
3.1.22. MASTERCAM.....	54
3.1.23. Cayenne myDevices	55
3.1.24. Virtual Box.....	55
3.1.25. Wireshark.....	55
3.2. YÖNTEM	55
3.2.1. DLOS8 kurulumu	56
3.2.2. LHT65 sensörü ve LDDS75 sensörü kurulumu	57
3.2.3. DLOS8'in The Things Network (TTN) sunucusuna bağlanması.....	58
3.2.4. Sensörlerin The Things Network (TTN) sunucusuna bağlanması...	59
3.2.5. Cayenne myDevices kullanıcı arayüzü	60
3.2.6. DLOS8 ağ geçidi kule tasarımı	61
3.2.7. LDDS75 sensörü sabitleyici tasarımı	63
3.2.8. LDDS75 sensörü sabitleyicisi talashı imalatı.....	64
3.2.9. MATLAB güneş paneli tasarımı	68
3.2.10. ANSYS DLOS8 kule analizi.....	70
3.2.11. LoRaWAN özel sunucu kurulumu	74
3.2.12. DLOS8 ağ geçidi ile sunucu bağlantı ayarları.....	98
3.2.13. Ağ geçidi ile sensörlerin sunucuya bağlanması.....	99
3.2.14. Sunucu ve sensörler ile Cayenne myDevices bağlantısı	102
3.2.15. Cayenne myDevices ile uyarı mesajı gönderme.....	103
3.2.16. Sunucu siber güvenlik uygulaması.....	104
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	107
4.1. Ölçüm-1.....	107
4.2. Ölçüm-2.....	110
4.3. Ölçüm-3.....	114
4.4. Ölçüm-4.....	119
4.5. Ölçüm-5.....	123
4.6. Ölçüm-6.....	126

4.7. Güneş Paneli Analizi.....	138
4.8. Ansys DLOS8 Kule Analizi.....	140
4.9. Cayanne myDevices Geri Bildirim Testi	147
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	150
5.1. İç Mekan ve Dış Mekan Test Sonuçları.....	150
5.2. Öneriler.....	151
6. KAYNAKLAR	152
7. EKLER	158
8. ÖZGEÇMİŞ	184



SİMGELER VE KISALTMALAR

ABP: Activation by Personalization

ADR: Adaptive Data Rate

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

AES: Advanced Encryption Standard

APP: Application

AT: Attention

AQ: Air Quality

BLE: Bluetooth Low Energy

bps: Bits per seconds

CAD: Computer Aided Design

CAM: Computer Aided Manufacturing

cm: Cantimetre

CNC: Computer numerical control

CSV: Comma Separated Variables

dB: Decibel

dbm: Decibel Milliwatt

DC: Direct Current

DDR: Dynamic Data Rate

dk: Dakika

dsn: Domain Name System

EH: Energy Harvesting

EUI: Extended Unique Identifier

FOTA: Firmware Update Over the Air

FSK: Frequency Shift Keying

g: Gram

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Positioning System

GSM: Global System for Mobile Communications

GHz: Gigahertz

GUI: Graphical User Interface

GW: Gateway

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IoT: Internet of Things

ISM: Industrial Scientific Medical

ITS: Akıllı Ulaşım Sistemleri

İHA: İnsansız Hava Araçları

Kbps: Kilo bit per second

km: Kilometre

LAN: Local Area Network

LED: Light Emitting Diode

LoRa: Long Range

LoRaWAN: Long Range Wide Area Network

LPWAN: Low Power Wide Area Network

LWS: LoRaWAN WUSN Similatör

m: metre

mA: Miliamper

ms: Milisaniye

MAC: Media Access Control

*mA*H: Miliamper per hour

MB: Megabayt

Mbps: Mega Bits Per Second

MHz: Megahertz

mm: Milimetre

MPa: Megapascal

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport

N: Newton

NB-IoT: Narrowband-Iot

ns-3: Network simülatör-3

OTAA: Over The Air

PA: Precision Agriculture

PCB: Printed Circuit Board

PDR: Packet Delivery Ratio

PHY: Physical

PL: Yol Kaybı

prox: Proximity

RFID: Radio Frequency Identification

RSSI: Received Signal Strength Indicato

Rx: Receive

s: Saniye

sa: Saat

SF: Spreading Factor

SNR: Signal to Noise Ratio

SSH: Secure Shell

TCP: Transmission Control Protokol

TTN: The Things Network

Tx: Transmit

UDP: User Datagram Protocol

UHF: Ultra High Frequency

USB: Universal Serial Bus

V: Volt

VLC: Visible Light Communication

Wifi: Wireless Fidelity

WPA2: Wi-Fi Protected Access 2

WSN: Wireless sensor networks

WUSN: Kablosuz Yeraltı Sensör Ağları

°C: Celsius

3G: 3rd Generation

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Aladağ Orman Yangını Haberi.....	11
Şekil 1.2: Aladağ Orman Yangını TRT Haber.....	12
Şekil 1.3: Aladağ Orman Yangını AA Haber.....	12
Şekil 1.4: Aladağ Orman Yangını Haber Türk.....	13
Şekil 3.1: Dragino DLOS8 LoRaWAN Ağ Geçidi.....	45
Şekil 3.2: DLOS8 Ağ Geçidi Donanım Sistem Yapısı.....	47
Şekil 3.3: DLOS8 Ağ Geçidi Led Göstergesi.....	47
Şekil 3.4: DLOS8 Ağ Geçidi Doğru Wifi Açısı.....	48
Şekil 3.5: Dragino LHT65 LoRaWAN Sıcaklık ve Nem Sensörü.....	48
Şekil 3.6: Dragino LDDS75 LoRaWAN Mesafe Sensörü.....	51
Şekil 3.7: LDDS75 Sensörü Pin Haritası.....	53
Şekil 3.8: Ağ Geçidi ile Sensörler Arasındaki Haberleşme Haritası.....	55
Şekil 3.9: DLOS8 Sistem Görünümü.....	56
Şekil 3.10: Ağ Geçidi Wifi Bağlantısı.....	57
Şekil 3.11: Ağ Geçidi Cihaz Ekleme Sayfası.....	57
Şekil 3.12: Ağ Geçidi Kimlik Sayfası.....	58
Şekil 3.13: TTN Profili.....	58
Şekil 3.14: TTN V3 Aktif DLOS8 Ağ Geçidi	59
Şekil 3.15: Sensör Paketlerinin TTN V3 Görünümü	60

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.16: Cayenne Kullanıcı Arayüzü.....	60
Şekil 3.17: Cayenne Veri Kayıtları.....	61
Şekil 3.18: Cayenne'den İndirilen Veriler.....	61
Şekil 3.19: SOLIDWORKS DLOS8 Ağ Geçidi Kule Tasarımı.....	62
Şekil 3.20: Kule Ölçüleri Ön Görünüş.....	62
Şekil 3.21: Kule Ölçüleri Yan Görünüş.....	63
Şekil 3.22: LDDS75 Sabitleyici Tasarımı.....	63
Şekil 3.23: LDDS75 Sabitleyici Tasarımı Ölçüleri.....	64
Şekil 3.24: LDDS75 Sabitleyici Kalınlığı.....	64
Şekil 3.25: LDDS75 Sabitleyici Yüzey Frezeleme.....	65
Şekil 3.26: LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-1.....	65
Şekil 3.27: LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-2.....	65
Şekil 3.28: LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-3.....	66
Şekil 3.29: LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-4.....	66
Şekil 3.30: LDDS75 Sabitleyici Delme İşlemi-1.....	67
Şekil 3.31: LDDS75 Sabitleyici Delme İşlemi-2.....	67
Şekil 3.32: LDDS75 Sabitleyici Delme İşlemi-3.....	67
Şekil 3.33: LDDS75 Sabitleyici Üzerinde Yapılan Tüm İşlemlerin Yol Çizgileri.....	68
Şekil 3.34: LDDS75 Sabitleyicisi G Kodlarının Bir Kısım.....	68
Şekil 3.35: Solar Hücreler Yakın Görünüş.....	69
Şekil 3.36: Solar Hücreler Genel Görünüş.....	69

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.37: Güneş Panelinin Genel Devre Şeması.....	70
Şekil 3.38: Kulenin ANSYS Programında Görseli.....	72
Şekil 3.39: Kulenin Meshlenmiş Görseli	73
Şekil 3.40: Mesh Sonucu Oluşan Düğüm ve Elementler.....	73
Şekil 3.41: Kule Üzerine Uygulanan Kuvvetler ve Sabitlemeler.....	74
Şekil 3.42: Sanal Makine Görseli.....	74
Şekil 3.43: Postgresql Veri Tabanının Çalışmadığı Görsel.....	75
Şekil 3.44: Postgresql Veri Tabanının Çalıştığı Görsel.....	75
Şekil 3.45: Tcp Port Hatası.....	76
Şekil 3.46: Veri Tabanı İçerisindeki Kullanıcılar.....	76
Şekil 3.47: Tcp Portu Bilgilerinin Olduğu Dosyanın Çalıştırılması.....	77
Şekil 3.48: 5433 Olan Potun 5432 Olarak Ayarlanması	77
Şekil 3.49: Veri Tabanı Port Kontrolü.....	77
Şekil 3.50: Tüm Sistemin Bir Arada Çalıştığı Görsel.....	78
Şekil 3.51: Kullanıcı Yetki Şifresi Hatası.....	78
Şekil 3.52: DLOS8 Ağ Geçidi SSH Bağlantısı	79
Şekil 3.53: Ubuntu İşletim Sistemi Kurulumu.....	89
Şekil 3.54: Mosquitto ve Redis-Server Kurulumu.....	89
Şekil 3.55: Postgresql Kullanıcı Oluşturma.....	90
Şekil 3.56: Dirmngr Programının Yüklenmesi.....	90
Şekil 3.57: Keyserver Programının Yüklenmesi.....	91

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.58: Sistem Güncellemesi.....	91
Şekil 3.59: Ağ Geçidi Köprüsü Yükleme.....	92
Şekil 3.60: Ağ Sunucusu Yükleme.....	92
Şekil 3.61: Ağ Sunucusu Ayarlarına Giriş.....	93
Şekil 3.62: Ağ Sunucusu dsn Ayarı.....	93
Şekil 3.63: Ağ Sunucusu Kontrolü.....	94
Şekil 3.64: Ağ Sunucusu Bağlantı Onay Görseli.....	94
Şekil 3.65: Uygulama Sunucusu Kurulumu.....	95
Şekil 3.66: Uygulama Sunucusu Şifre Oluşturma.....	95
Şekil 3.67: Uygulama Sunucusu jwt_secret Şifresi Yazma.....	95
Şekil 3.68: Uygulama Sunucusu dsn Ayarı.....	96
Şekil 3.69: Uygulama Sunucusu Bağlantı Kontrolü.....	96
Şekil 3.70: Tüm Sunucu Servisleri ve Veri Tabanı Kontrolü.....	97
Şekil 3.71: Uygulama Sunucusu Arayüzü.....	97
Şekil 3.72: Uygulama Sunucusu Arayüzüne Giriş.....	98
Şekil 3.73: DLOS8 Ağ Geçidi Özel Sunucu Ayarı.....	98
Şekil 3.74: DLOS8 Ağ Geçidi MQTT Ayarı.....	99
Şekil 3.75: DLOS8 Ağ Geçidi MQTT Ayarı Kontrolü.....	99
Şekil 3.76: Uygulama Sunucusu ile Ağ Sunucusu Ayarı.....	100
Şekil 3.77: Uygulama Sunucusu ile Ağ Geçidi Bağlantısı.....	100
Şekil 3.78: Uygulama Sunucusu ile LHT65 Sensörü Bağlantısı.....	100

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.79: Uygulama Sunucusu ile Ağ Geçidi Bağlantı Hatası.....	101
Şekil 3.80: Sunucu ile Sensör ve Ağ Geçidi Bağlantı Kontrolü.....	101
Şekil 3.81: LHT65 Sensör Verileri.....	101
Şekil 3.82: DLOS8 Ağ Geçidi Verileri.....	102
Şekil 3.83: Cayanne Sensör Seçimi.....	102
Şekil 3.84: Cayanne LHT65 Gösterge Paneli.....	103
Şekil 3.85: Cayanne LHT65 Sensör Verileri.....	103
Şekil 3.86: Uygulama Sunucusunda LHT65 Sensör Verileri.....	103
Şekil 3.87: LHT65 Sensörü Geri Bildirim Tetikleyici Ayarı.....	104
Şekil 3.88: LHT65 Sensörü Geri Bildirim Ayarı.....	104
Şekil 3.89: Kali Linux İşletim Sistemi.....	105
Şekil 3.90: Yerel Ağda Bulunan Cihazlar.....	105
Şekil 3.91: Wireshark Arayüzü.....	106
Şekil 3.92: Ağ Analizi.....	106
Şekil 4.1: LDDS75 SNR Analizi.....	110
Şekil 4.2: LDDS75 Mesafe Analizi.....	111
Şekil 4.3: LDDS75 RSSI Analizi.....	111
Şekil 4.4: LDDS75 Pil Analizi.....	111
Şekil 4.5: LHT65 Nem Analizi.....	112
Şekil 4.6: LHT65 SNR Analizi.....	112
Şekil 4.7: LHT65 Pil Analizi.....	112

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.8: LHT65 RSSI Analizi.....	113
Şekil 4.9: LHT65 Sıcaklık Analizi.....	113
Şekil 4.10: Hava Durumu Tahmini-1.....	114
Şekil 4.11: Hava Durumu Tahmini-2.....	114
Şekil 4.12: LDDS75 İç Görünümü.....	115
Şekil 4.13: LDDS75 Mesafe Analizi.....	116
Şekil 4.14: LDDS75 SNR Analizi.....	116
Şekil 4.15: LDDS75 RSSI Analizi.....	116
Şekil 4.16: LDDS75 Pil Analizi.....	117
Şekil 4.17: LHT65 Nem Analizi.....	117
Şekil 4.18: LHT65 SNR Analizi.....	117
Şekil 4.19: LHT65 Pil Analizi.....	118
Şekil 4.20: LHT65 RSSI Analizi.....	118
Şekil 4.21: LHT65 Sıcaklık Analizi.....	118
Şekil 4.22: Hasan Dede Gediği'nin Mesafesi.....	121
Şekil 4.23: Aladağ Devlet Hastanesi Civarı.....	121
Şekil 4.24: Aladağ İlçe Merkezi.....	122
Şekil 4.25: Aladağ İlçe Çıkışı.....	123
Şekil 4.26: Test Bölgesi Harita Görseli.....	124
Şekil 4.27: Yetimli Köyü Köprüsü Harita Görseli.....	124
Şekil 4.28: DLOS8 Ağ Geçidi Konumu.....	127

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.29: DLOS8 Ağ Geçidi Ölçüm Açısı.....	127
Şekil 4.30: LDDS75 ve LHT65 Sensörleri.....	128
Şekil 4.31: Sensörlerin Ölçüm Konumları.....	128
Şekil 4.32: LHT65 Sensörü Paket Gönderimi	129
Şekil 4.33: Hasan Dede Gediği'nden Bir Görsel.....	129
Şekil 4.34: Ormanlık Alan Test Bölgesi-1.....	130
Şekil 4.35: Ormanlık Alan Ölçüm Bölgesi-2.....	130
Şekil 4.36: Ormanlık Alan Paket Gönderim Görseli.....	131
Şekil 4.37: Ormanlık Alan Ölçüm Bölgesi Haritası.....	131
Şekil 4.38: LHT65 Sensörü Test Bölgesi Görseli.....	132
Şekil 4.39: LHT65 Sensörü Ölçüm Bölgesi.....	132
Şekil 4.40: LHT65 Paket Gönderimi.....	133
Şekil 4.41: LDDS75 Test Alanı.....	133
Şekil 4.42: Yetimli Köyü Köprüsü.....	134
Şekil 4.43: LDDS75 Paket Gönderimi.....	134
Şekil 4.44: Köprü Görseli.....	135
Şekil 4.45: Display-1 ve Display-2 de Elde Edilen Değerler.....	139
Şekil 4.46: Display-1 Voltaj Grafiği	139
Şekil 4.47: Display-2'den Elde Edilen Akım Grafiği.....	140
Şekil 4.48: Kule Üzerine Uygulanan Yükler.....	141
Şekil 4.49: Kulenin Total Deformasyon Analizi.....	141

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.50: En Az Total Deformasyonun Olduğu Kısım	142
Şekil 4.51: Kule Üzerindeki Total Deformasyon Genel Görünümü.....	142
Şekil 4.52: Maksimum Gerilmenin Olduğu Kısım.....	143
Şekil 4.53: Minimum Elastik Gerilmelerin Olduğu Kısım.....	143
Şekil 4.54: Kulenin Üzerinde Oluşan Elastik Gerilme Genel Görünüm.....	144
Şekil 4.55: Maksimum Stres.....	144
Şekil 4.56: Minimum Stres.....	145
Şekil 4.57: Kulenin Üzerinde Oluşan Stres Genel Görünümü.....	145
Şekil 4.58: Minimum Güvenlik Noktası.....	146
Şekil 4.59: Maksimum Güvenlik Noktası.....	146
Şekil 4.60: Kule Üzerindeki Güvenlik Noktaları Genel Görünümü.....	146
Şekil 4.61: Geri Bildirim Mesajları.....	147
Şekil 4.60: Farklı Değerlerdeki Geri Bildirim Mesajları.....	148

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1: Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırması-1.....	14
Tablo 1.2: Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırması-2.....	15
Tablo 1.3: Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırması-3.....	15
Tablo 3.1: LHT65 Çalışma Modları	51
Tablo 3.2: Kule ile İlgili Ayrıntılı Özellikler	71
Tablo 4.1: Ölçüm-1 LDDS75 Sensörü Verileri.....	108
Tablo 4.2: Ölçüm-1 LHT5 Sensörü Verileri	109
Tablo 4.3: Ölçüm-4 LDDS75 Sensörü Verileri.....	119
Tablo 4.4: Ölçüm-4 LHT65 Sensörü Verileri	120
Tablo 4.5: Ölçüm-5 LDDS75 Sensörü Verileri	125
Tablo 4.6: Ölçüm-5 LHT65 Sensörü Verileri	126
Tablo 4.7: Ölçüm-6 LDDS75 Sensörü Verileri.....	135
Tablo 4.8: Ölçüm-6 LHT65 Sensörü Verileri.....	136

1. GİRİŞ

Nesnelerin İnterneti (IoT), etrafımızdaki fiziksel durumları kontrol ve analiz etmemizi sağlayan donanımsal ve yazılımsal bir iletişim ağıdır (Gökrem ve Bozuklu, 2016). LoRa; IoT'nin altyapısal çözümü olarak tanıtılan uzun menzilli, düşük güçlü, düşük bit hızında çalışan, kablosuz bir modülasyon tekniğidir (Tankut ve ark.,2019). (Khutsoane ve ark., 2017). LoRaWAN 863-870 MHz frekans bandında çalışmaktadır. Veri iletim hızı 50 Kbps ve kapsama alanı birkaç kilometredir. Düşük güç tüketimine sahiptir. Düşük Güçlü Geniş Alan Ağı örneği olan LoRaWAN teknolojisi, IoT'den türetilmiş olası bir çözüm olarak kabul edilir (Sisinni ve ark., 2019). Yıldız ağ topolojisini kullanmaktadır. Yıldız topolojisi veya yıldız ağı her düğümün anahtar veya bilgisayar gibi merkezi bir bağlantı noktasına bağlı olduğu yerel alan ağı (LAN) için bir yapılandırmadır. Bu topoloji, en yaygın ağ yapılandırmalarından biridir. LoRaWAN genellikle düşük güçlü geniş alan ağlarında kullanılmaktadır. Simetrik Anahtar Şifreleme AES 128'i kullanmaktadır. LoRaWAN protokolü bir kablosuz iletişim protokolüdür. LoRa Alliance tarafından karşılaşılan zorluklara hizmet etmek için geliştirilmiştir (Khutsoane ve ark., 2017). Yönetim birimi LoRa Alliance şirkettir. Literatür analizindeki verilerde de görüldüğü gibi haberleşme menzili, düşük enerji kullanımı ve veri iletim hızı gibi iletişimsel özellikleri başarılı bir şekilde karşılayan LoRaWAN haberleşme protokolü günümüzde önemli bir yere sahiptir. Uzun iletişim aralığı sağlaması ve mevcut enerjiyi önemli ölçüde azaltarak düşük enerji tüketimi veri hızı gibi özellikleri teknolojiyi ön plana çıkarmıştır (Citoni ve ark., 2019). Yeni bir teknoloji olmasına rağmen birçok alanda kullanılmaya devam etmektedir.

Nesnelerin interneti üzerine geliştirilen LoRaWAN protokolü LoRa modülasyonu ile birlikte çalışmaktadır (Yapar, 2019). LoRaWAN teknolojisinin fiziksel katmanında, cıvıltı yayılma spektrumu (chirp-spread spectrum, CSS) denilen patentli bir Lora'ya özgü modülasyon tekniği kullanılmıştır (Doğan, 2019). LoRaWAN 2015'in Haziran'ın da LoRa Alliance şirketi tarafından yayınlanmıştır. LoRaWAN teknolojisi iletişim menzili, bant genişliği ve harcadığı enerji gibi özellikleri ile nesnelerin interneti dediğimiz IoT alanını hedeflemektedir. LoRaWAN bu özellikleri ile kablosuz haberleşme teknolojileri içerisinde önemli bir yere sahip olmuştur (Büyükakkaşlar, 2018).

Nesneleri internete bağlamak için geliştirilmiş bir uygulama olan LoRaWAN'nın en önemli çıkış sebebi pil ile uzun süreli çalışabilmeyi sağlamaktır. Birçok IoT uygulaması, düşük güçlü uzun menzilli bağlantıdan büyük ölçüde yararlanır. LoRa Alliance tarafından sürdürülen ve Semtech'in patentli LoRa radyo modülasyon teknolojisini kullanan bir Medya Erişim Kontrolü (MAC) protokolü olan LoRaWAN'da, düşük güç ve uzun menzilli gereksinimleri karşılayacak ümit verici bir teknoloji görülmektedir (San Cheong ve ark., 2017). Hali hazırda Bluetooth Low Energy (BLE), Zigbee ve Z-Wave gibi pille uzun ömürlü çalışabilen teknolojiler bulunmaktadır. Fakat menzillerinin kısa mesafeli olmaları, duvar gibi engellerden sinyallerinin geçememesi ve buna benzer problemlerden dolayı LoRaWAN teknolojisi geliştirilmiş ve uygulamaya geçirilmiştir. Uzun mesafelerde sinyal iletişimi sağlanmak isteniyorsa 3G,4G gibi sistemlerden yararlanmak gerekmektedir. Bu durumda ortaya çıkan problemde bu tarz üretilmiş teknolojilerinde çok fazla pil tüketim ihtiyacının olmasıdır. Uzun yıllar IoT, pil ömrü, kısa menzilli iletişim, yüksek maliyet ve tek tip standartların olmaması gibi nedenlerden dolayı geri tutulmuştur. LoRaWAN teknolojisi tüm bu engellerin üstesinden gelmeyi mümkün kılmıştır. Sensörleri geniş çapta bağlama yeteneği optimum özerklik süresi ile sensörlerin çalışması ve minimum gereksinimler LoRaWAN teknolojisi ile karşılanmıştır (Marisov ve ark., 2019). Global System for Mobile Communications'a (GSM) dayalı yapılan ve sahaya kurulan herhangi bir uygulamanın çok sık pil yenilemesi gerekmektedir. Kablosuz teknoloji sınıfında çalışan LoRaWAN bir mimari yapı içerisinde çalışmaktadır. Örneğin bir ısı sensörünüz varsa bu sensör ürettiği veriyi LoRaWAN teknolojisi ile ağ geçidine yollamaktadır. Gönderilen veriyi LoRaWAN ağ geçidi okumakta ve merkezi sisteme iletmektedir. Merkezi sistemden kasıt verilerin depo edildiği bir sunucudur. Merkezi sistemden de son kullanıcılar için istenilen bir uygulama sunucusuna aktarılmaktadır. Uygulama sunucusu aktarılan veriyi raporlamakta ve belirtilen şekilde grafiğini oluşturmaktadır. LoRaWAN da cihazlar doğrudan şeffaf bir şekilde bir veya daha fazla ağ geçidine mesajları bir internet ağı üzerinden bir ağ sunucusuna aktarır. Veriler birden fazla ağ geçidi kullanılarak alınabilir ve iletilebilir. Mesajlar kullanılan ağ sunucusuna gönderilir. Son kullanıcı sadece cihazları ve uygulama sunucusunu sağlar. Ağ geçitleri ve ağ sunucusu bir şebeke sağlayıcısıdır (Bor ve Roedig, 2017).

LoRaWAN 2 km ile 10 km arasında paket alışverişi yapabilmektedirler. Şehir merkezleri gibi çok yoğun bir alanda binaların yoğun olduğu yerlerde uygulama yapıldığında bir LoRaWAN baz istasyonunun kapsama alanı 2-3 km'ye kadar düşebilmektedir. İç mekanda yapılan simülasyon analizine göre 106 metre uzaklıkta en yüksek iletim gücü ve en düşük ortam katsayısı ile elde edilmiştir. Dış ortamda yapılan en başarılı ölçüm 3.27 km uzaklıktan yapılmıştır. Tünel ortamında yapılan ölçümlerde elde edilen verilere göre bu tür zorlu ortamlarda LoRaWAN kullanımının etkili olacağı görülmüştür (Doğan, 2019). Açık alanlarda yapılan uygulamalarda 10 km ve ötesine kadar çekim gücü sağlamaktadır. LoRaWAN teknolojisi kağıt üzerinde 10 km'ye kadar iletişim kurabilmektedir fakat uygulamada 4 km ile 5 km arasında bu iletişim menzili değişebilmektedir. Menzildeki bu farklılıklar coğrafyanın özellikleri ile şehirlerin yapısı ile alakalıdır (Tankut ve ark.,2019). Hatta görüş alanındaki mesafelerde araya herhangi bir engel girmediği zaman LoRaWAN çekim gücü 600 km'ye kadar çıkabilmektedir. Dünyanın elips şeklinden dolayı 600 km'de görüş sağlanamaz bu sebepten 600 km mesafelere konan ağ geçitleri alçak irtifada uçan uydularda kullanılmaktadır. Dünya üzerindeki sensörlerden gelen veri paketlerini uyduların üzerine yerleştirilen LoRa ağ geçitleri 600 km'den okuyabilmektedir. Bu mesafeden ticari amaçlı iletişim yapan bir şirket yoktur. Fakat bu yönde çalışmalar yapılmaktadır.

LoRaWAN sinyalleri iki ve üç kat gibi duvarları geçip sinyal alışverişini sağlayabilmektedir. LoRaWAN kurulumu bir binaya yapılırken iki kat aşağı ve yukarı paket iletimi yapabildiği için bu katların arasına bir iç mekan ağ geçidi yerleştirmek gerekmektedir. Bina içi analizleri sonucunda bina tiplerinin veri iletim oranına etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Katlar arasındaki beton duvarların sinyali engellediği görülmüştür (Büyükakkaşlar, 2018). LoRaWAN 'nın pil tüketimi çok azdır. Günde yalnızca birkaç paket iletimi yapan ve alan sensörlerden bahsederseniz bu sensörlerin 10 seneyi aşkın zamanda LoRaWAN'ı kullanarak iletişimde kalabildikleri belirlenmiştir. LoRaWAN yüksek güvenliğe sahip şifreleme yöntemi olan AES128 algoritmalarını ve anahtarlamasını kullanmaktadır. Cep telefonlarında kullanılan güvenlik seviyeleri ile aynı seviyededir. Bu şifreleme tekniği ile yapılan iletişim dinlenememekte ve başka kişiler tarafından paketler gönderilip alınamamaktadır.

LoRaWAN lisanssız frekans bantlarını kullanmaktadır. Türk Telekom, Vodafone ve Türkcell tarafından alınmış Türkiye’de 3 tane lisanslı bant vardır. Kişisel, belediye veya üniversite olarak GSM baz istasyonu kurulmak amaçlandığında lisanslı bir bant ihtiyacı doğmaktadır. Bu durumda lisansa sahip bir operatörden abonelik alınması gerekmektedir. LoRaWAN kurulumu lisans ihtiyacı gerektirmemektedir. Herhangi bir kampüse veya ev ortamına Wifi kurulduğunda herhangi bir frekans lisansı alınmasına gerek olmadığı gibi LoRaWAN kurulumu için de gerek yoktur. Türkiye’de lisanssız bant olarak 868 MHz frekans ücretsiz olarak kullanıma açıktır. Sıfırdan IoT için yapılandırılan LoRaWAN teknolojisi GSM bazlı altyapılara göre maliyet olarak çok düşüktür. Veri iletim hızları 300 bps – 50 kbps arasındadır. İletişim sırasında paket alışverişinin daha sağlıklı olabilmesi için sensör ile ağ geçidi arasına herhangi bir engel girmesi durumunda LoRaWAN kullanan cihazlar hızını otomatik olarak düşürmektedir. Yollanan paketlerin boyutları 51-242 byte arasındadır. LoRaWAN’nın kullandığı modülasyon tekniği LoRa’nın kullandığı spread spectrum tekniğidir. Spread spectrum tekniği radarlarda kullanılan modülasyon tekniğidir. Bu tekniğin özelliği kendi sinyalinin daha güçlü gürültü varken dahi karşı tarafa sinyalini iletebiliyor olmasıdır. Semtech tarafından geliştirilen LoRa fiziksel katmanı, uzun menzilli, düşük güç ve düşük verimli iletişimidir. 433-, 868- veya 915-MHz ISM bantlarında çalışmaktadır. Her bir iletimin yükü 2–255 sekizli arasında değişebilir ve veri hızı, kanal birleştirme kullanıldığında 50 Kbps’ye kadar ulaşabilir. Modülasyon teknik, Semtech’in tescilli bir teknolojisidir. LoRaWAN, orta düzeyde bir erişim kontrol mekanizması sunarak birçok uç cihazın LoRa modülasyonunu kullanarak bir ağ geçidi ile iletişim kurulmuştur (Augustin ve ark., 2016).

Basit bir yapıya sahip olan LoRaWAN iletişim katmanı, üç katmandan oluşmaktadır. Kullanılmak istenen LoRaWAN teknolojisinde iletişim katman katman gerçekleştirilir. En alt kısımda fiziksel katman olarak LoRa katmanı bulunmaktadır. Ortada bulunan katman bağlantı kurma katmanı olarak LoRaWAN’ dır. En yukarıda ise uygulamaların bulunduğu katman vardır. LoRaWAN, LPWAN için bir kablosuz teknolojidir. Bugün, en önemlilerinden biri olarak kabul edilir. Düşük maliyetli, düşük güç tüketimli ekipmanları ve açık iş modeli sayesinde IoT için ciddi alternatifler sunmaktadır. LoRaWAN teknik özellikleri, en iyi iletişimi sağlamak için Orta Erişim Kontrolü (MAC) katman işlemleriyle ilgili ilginç çözümler önermektedir (El Fehri ve ark., 2018). LoRaWAN üç tür cihaz tanımlar. Bunlar A sınıfı, B sınıfı ve C sınıfıdır (Bor ve Roedig, 2017).

Ölçümlerden ve güç gereksinimi hesaplamalarından elde edilen sonuçlar, A sınıfı bir cihaz için, uygun yük boyutu, iletim aralığı ve bir yayılma faktörü kullanmaya özen gösterilmesi halinde 10 yıllık operasyonel hedefi elde etmenin mümkün olduğunu göstermektedir (San Cheong ve ark., 2017).

Cihazların içerisinde gizlilik anahtarları donanımsal olarak korunmaktadır. Bu özellik güvenlik açısından önemli bir faktördür. Örneğin bize ait aboneliği belirten kullanıcı adı ve şifre bilgilerinin GSM şirketlerine ait sim kartlar ile telefonların içerisine konulmasıdır. Sim kartlar güvenlik açısından çok yüksek donanımsal güvenliğe sahiptirler. Sim kartların içerisinden donanımsal veya yazılımsal olarak bilgileri çıkarmak oldukça güçtür. Nesnelerin internetinde sim kart kullanılmamaktadır. Bunun nedeni maliyet bakımından gereksiz görülmesidir. Secure Elements denilen donanımsal bir çip eklentisi sim kartlardan elde edilen güvenlik özelliğini karşılamaktadır. Elde edilen bu güvenlik özelliği ana şifreyi yani her bir cihazın kimliğini belirtirken kullandığı şifreyi koruma görevini üstlenmektedir. Sensörlerin hacklenmeleri küçük bir maliyetle engellenmiş olmaktadır. Başarılı bir ağın doğru şekilde çalışan cihazlara sahip olması esastır. Bu hatanın veya olayın zaman ve paraya mal olacağı düşük maliyetli bir ağda düzeltmek için daha da önemlidir. Bunu sağlamak için cihazların LoRaWAN Sertifikalı olması çok önemlidir. Bir LoRaWAN ağında ağ geçitleri ve ağ birlikte çalışırlar (Hunt, 2021).

LoRaWAN teknolojisinin sahip olduğu Macro Diversity (Çoklu Alım) özelliği çoklu mesaj alımının gerçekleşmesini sağlamaktadır. Sahada bulunan herhangi bir sensörün gönderdiği tek bir paketi, birçok LoRaWAN ağ geçidi tarafından okunabilmektedir. Uygulamada kullanılan sensörler kırsal alanlar, bodrum katları gibi uzak mesafelerde çok zorlu ortamlarda çalışabilmektedirler. Ağ geçitlerinden hangisi olursa olsun uç düğümlerden gelen verileri okuyup veriyi merkeze göndermesi istenmektedir. Ağ geçitleri aynı paketi birden birçok kez merkeze gönderseler bile merkezde toplanan veriler düzeltilip tek bir veri olarak uygulama sunucusuna iletilmektedir. Sinyal alımları zamana ve ortama göre radyo teknolojisinde değişebilmektedir. LoRa ağının konuşlandırılma ortamı sinyal kalitesini etkilemektedir, özellikle iletim yolu arasındaki yüksek yoğunluklu engel seviyesi, sinyal kalitesinin bozulması üzerinde en büyük etkiye sahiptir (Morande ve ark., 2021). Örneğin sahadaki sensörlerinizden birinin önüne tır

parkettiğinde daha öncesinde zayıf olan sinyal kopabilmektedir. Bu sırada diğer ağ geçitleri tarafından okunan paketler sorunsuz bir şekilde sunucuya iletilmektedir. Tek bir sensörün gönderdiği paketleri diğer ağ geçitleri tarafından da duyulabilmesi özelliği LoRaWAN'a özgüdür aynısı rakip teknolojilerden birisi olan Dar Bant-IoT (NB-IoT) teknolojisinde yoktur. Bunun sebebi NB-IoT teknolojisi ve bütün GSM tabanlı teknolojilerde olduğu gibi sensörler verileri iletebilmek için baz istasyonlarını tararlar ve ulaşabildikleri tek bir baz istasyonunu seçerler, seçtikleri baz istasyonuna kilitlenirler. Sensörün gönderdiği tüm paketleri artık kilitlenilen baz istasyonu alır. Diğer baz istasyonları fiziksel olarak duyabilecek konumda olsalar bile gönderilen paketi duymazlar. NB-IoT gibi teknolojiler tek baz istasyonuna kilitlendikleri için radyo performansı bakımından zayıf kalmaktadırlar. Radyo sinyallerinin durumları değişince kendilerini adapte edemiyorlar. LoRaWAN' ın tek bir paketini birden çok ağ geçidi tarafından okunabilmesi çok daha iyi bir iletişim hizmeti sunmasını sağlamaktadır (Michalski ve Watral, 2021).

LoRaWAN teknolojisinde birden fazla ağ geçidi sensörlerin gönderdikleri paketleri aynı anda alabildikleri için üçgenselleme metodu ile konum belirleyebilmektedir. Örneğin koordinatları bilinen üç tane ağ geçidi bir uç cihaz tarafından gönderilen paketleri okuyabilecek şekilde konumlandırıldığında, sensörden gelen paketi üç ağ geçidi de okumaktadır. Sensörün gönderdiği paket farklı zamanlarda ağ geçitlerine gelmektedir. Bunun nedeni yakın ağ geçidine daha erken gelmekte ve uzak ağ geçidine geç gelmesidir. Elde edilen veriler analiz edilerek sensörün hangi ağ geçidine ne kadar yakın hangisi ağ geçidine ne kadar uzak olduğu tespit edilerek sensör konumu belirlenebilmektedir. Bu özellik ile uç cihazın üstünde GPS cihazı bulunmadan da sensörün 20 m ile 100 m arasındaki mesafelerde doğruluk oranı ile yeri tespit edilebilmektedir. Açık alanda iş makinalarının, büyük baş hayvanların ve buna benzer takibi yapılmak istenen uygulamalarda konum belirlemek için kullanılabilir. Ortalama bir LPWAN IoT ağ geçidine 2500 ile 3000 arasında sensör bağlanabilmektedir. Bu özellik geniş kapsamda, çok noktadan ekonomik olarak veri alınabilmesini sağlamaktadır (Michalski ve Watral, 2021)

LoRaWAN ile iki çeşit şebeke kurulabilmektedir. Bunlardan birisi Kapalı devre adı verilen Özel Kullanım (Private Network) şebeke diğeri ise Halka Açık (Public Network) üzerinden abonelik sunulan şebekedir. Wifi şebekesi kurulumuna benzer şekilde kurulan kapalı devre şebekeler kurmak isteyenler bir binaya, kampüse, ilçeye, bir şehre veya bir üretim yerine kimseyle şebekeyi paylaşmadan kurulabilmektedir. IoT deki gelişmelere eşlik eden uzaktan kumanda kavramı IoT cihazlarını kullanarak izleme ve kontrol etme işlemlerinde popüler hale getirmektedir. Dijital akıllı sayaçlar birçok geleneksel analog sayaçlara göre akıllı ölçümün avantajlarını taşımaktadır (Marahatta ve ark., 2021). Örneğin bir belediyenin su sayaçlarını ya da gaz sayaçlarını abonelik satmadan okumak istediğinde, bulunduğu sahaya bu şebeke sistemini kurulabilir. LoRaWAN teknolojisinin kullanıldığı bu sistemin en büyük avantajları lisansız frekansta çalışması ve çok düşük maliyetlerde şebekelerin kurulabilmesidir. Kurulan şebeke üzerinden hizmet sunulmak isteniyorsa örneğin hat satılmak isteniyorsa şehir bazında ya da ülke bazında kapsama alanına sahip şebekeler kurulabilmektedir. LoRaWAN, hızla gelişen en kapsamlı ve benimsenen LPWAN teknolojilerinden biridir. IoT uygulamalarında, özellikle akıllı sayaçlarda, petrol ve gaz operasyonlarında verimli bir kullanım sağlamaktadır (Butun ve ark., 2019).

Dünyada 140' a yakın operatör bulundukları ülkeleri bütünüyle kapsama alanına almaktadır. Örneğin Fransa' da iki tane operatör vardır. Orada yaşayanların iki seçeneği var, birisi kendi şebekesini ihtiyaçları doğrultusunda kendilerinin kurması, ikincisi de şebeke kurmak yerine operatörden abonelik almaktır. Kullanım alanınız çok genişse operatörden abonelik almak mantıklıdır. Kamyon şirketi sahibi olan biri bütün ülkeyi kapsayacak bir şebeke kurması mantıksız olacaktır. Kamyonların takibi için abonelik almak daha mantıklıdır. Fakat 5 fabrikası olan biri fabrikalardaki makinaları takip etmek istiyorsa kendi şebekesini kurması daha mantıklıdır. LoRaWAN ağ geçitleriyle sensörlerden veriler operatöre abonelik ücreti vermeden yapılabilir. Kapalı mekanlarda konumlandırılan araçları bir LoRaWAN kanalının davranışının tahmini ile bir aracın lokalizasyonu 20-30 m aralığında elde edilebilir (Manzoni ve ark., 2019).

LoRaWAN gecikmeye duyarlı olmayan uygulamalar ve büyük ölçekli dağıtımların olduğu uygulamalar için kullanılmaktadır (Haxhibeqiri ve ark., 2018). LoRaWAN teknolojisi kullanılarak çok yüksek veri hızları, ses ve görüntü taşıma işlemleri

yapılamamaktadır. LoRaWAN ile uygulama yapabilmek için öncelikle bir mimari tasarlamak gerekmektedir. Uzaktan iletişimle hangi problemin çözüleceği belirlenmelidir. Uygulamada kullanılacak sensörler tespit edilmeli ve problemi çözerken neleri dikkate almak gerekli ve nasıl bir yapı kullanılacağı belirlenmelidir. Örneğin sayaç uygulaması yapılacaksa LoRaWAN'a bağlanabilen LoRaWAN teknolojisiyle uyumlu çalışabilen sayaçlar ile çalışılmalıdır. Aynı zamanda LoRaWAN ağ geçitlerini tespit etmek gerekmektedir. İç mekanda ve dış mekanda kullanılan ağ geçitleri yapılan uygulamaya göre seçilmelidir. Seçilen ağ geçitleri ile seçilen ağ platformları yani merkezi şebeke birbiriyle uyumlu olmalıdır. Daha sonra bu uygulama platformunu uygulama sunucusu ile entegre edilmesi gerekmektedir. Gelen verileri anlamlandıracak bir uygulamanın olması gereklidir. Özellikle sahada yapılan deneme çalışmalarıyla ağ geçitlerinin konumlarının planlaması yapılmalıdır. Günümüzde IoT teknolojisinin olmadığı veya olamayacağı bir yaşam alanı bulmak zordur. LPWAN protokolünün en mühim getirisi batarya ve düşük enerji tüketimi ile çalışabilmesidir. Özellikle kırsal alanlar ya da IoT sensör teknik bakımlarının çok sık yapılabilmesinin pek mümkün olmadığı uygulamalar için oldukça uygundur. LPWAN protokolü ISM bandı kapsamında olduğu için lisans ücreti istememektedir. Bu sayede işletmeler herhangi bir operatöre bağlı olmadan, çok daha düşük maliyetlere kendi özel IoT ağlarına sahip olmaktadırlar (Michalski ve Watral, 2021).

Uç düğümlerden elde edilen verileri LoRaWAN ağ geçiti üzerinden internet tabanına aktarmak için birden fazla yöntem kullanılmaktadır. Aktarım yapacak olan ağ geçidi 3G modeme sahip ise 3G üzerinden verileri internete aktarabilir. Ağ geçidinin kullanıldığı bölgede 3G baz istasyonu bulunmuyorsa uydu üzerinden veriler internete aktarılabilir. Ağ geçidinin bulunduğu ortamda mevcutta telefon hattı varsa bir ADSL modem yardımı ile LoRaWAN ağ geçidini ADSL modeme bağlayıp oradan da ADSL üzerinden elde edilmiş veriler internete aktarılabilir.

Bir IoT sisteminde yüzlerce cihaz, uzak veya erişilemeyen alanlarda bulunur. Bu cihazlara manuel müdahale genellikle maliyetlidir ve bazen cihazın bulunduğu konumdan dolayı gerçekten zordur. Bu cihazlarda uzun kullanım ömrü gereksinimleri varsa, yükseltmeleri çok muhtemeldir veya yeniden programlanmıştır. Bu bağlamda, uzaktan güncelleme tekniklerinin sağlanması gerekmektedir (Acquaviva ve ark., 2018).

LoRaWAN teknolojisinde yazılım güncellemeleri Firmware Update Over the Air (FOTA) olarak adlandırılan, planlanan bir aktivite ile gerçekleşmektedir. FOTA olarak bilinen yazılım gncelleyebilme özelliğine sahiptir. Böylece uygulamalarda kullanılan bütün sensörleri birer birer güncellemeye gerek duyulmamaktadır. Bu zellik zaman tasarrufu ve sensörlerin bulundukları konumlara ulaşım maliyetlerini azaltmaktadır.

Örneğin büyük telefon şirketleri bir kerede tüm telefonları yeni versiyona geçirmezler. Bunun sebebi olası bir problemin ortaya çıkması ile tüm sistemin tehlikeye girmesini engellemektir. LoRaWAN da istenilen cihazlar istenilen zamanda güncellenebilmektedir. Kullanıcı güncel yazılımı ne zaman indireceğini kendisi planlamaktadır. İndirilen yazılımın hangi zamanda hangi cihazlara yükleneceği yine kullanıcı tarafından ayarlanabilmektedir. Yani cihaz kullanıcının komutunu alana kadar güncellemesini indirse bile güncellemeye geçmemektedir. Bu zellik LoRaWAN teknolojisinin çok önemli özelliklerinden birisidir. Çünkü network kapasitesi planlaması açısından aynı zamanda da uygulamanın sekteye uğramaması açısından oldukça önemlidir.

LoRaWAN’ın desteklediği üç farklı iletişim modeli bulunmaktadır. Bu iletişim modelleri A, B ve C sınıfı olarak adlandırılmaktadır. LoRaWAN teknolojisi en azından A sınıfını desteklemek zorundadır. Bu sınıfı destekleyen cihazlar çift yönlü iletişim yapabilmektedirler ve verimli enerji kullanım açısından en iyi protokoldür (Büyükakkaşlar, 2018). A sınıfı iletişim modelini kullanan bir sensör elinde bulunan mesajı ileteceği zaman bu mesajı iletmektedir ve bir iki saniye dinleme yapmaktadır daha sonra da kendisini uykuya almaktadır. Bu özelliğinden dolayı A sınıfı sensörlerle düğmeye basarak garaj kapısı aılamamaktadır. LoRaWAN gecikmeye duyarlı olmayan uygulamalar ve büyük ölçekli dağıtımların olduğu uygulamalar için kullanılır (Haxhibeqiri ve ark, 2018). Komut yollayabilmek için B sınıfı iletişim modeli kullanılmaktadır. Pil mr A sınıfı kadar uzun değildir. Çünkü belli periyotlarla kulağını açarak dinleme moduna girmektedir. C sınıfı iletişim modelinde ise sürekli bir güç kaynağı ihtiyaı gerekmektedir. Bunun sebebi ise C sınıfı sensörler sürekli dinleme yapabilmektedirler.

Yapılacak tez çalışmasında gerçek zamanlı verilere dayalı, LoRaWAN teknolojisi kullanılarak erken uyarı sistemi tasarımı amaçlanmaktadır. Sistemde birden fazla uygulama alanından alınan veriler değerlendirilecektir. Bunlardan birisi konumu gereği ormanlık ve dağlık bir arazi içerisinde bulunan, birçok piknik alanına sahip bir mesire yerinde söndürülmeyen ateşlerin tespiti. Bilinçsiz yakılan ateşler ve de piknik sonrası doğru bir şekilde söndürülmeyen ateşler yangınlara sebep olmaktadır. Bu tip yerlerde ulaşımında güç olduğu göz önüne alınırsa acil müdahale yapmak bir hayli gecikmektedir. Erken teşhis ve müdahalelerde gecikmeler sebebiyle büyük orman kayıpları oluşmaktadır. Birçok mesire yerinde yüksek tepelerde gözetleme kuleleri olsa da gerekli yeterlilikte değildir.

İkinci uygulama alanı dere ve akarsu yataklarıdır. Uygulama alanımızda çok sayıda dere ve akarsu yatakları mevcuttur. Derelerin üzerinde çok sayıda köprü bulunmakta ve yol geçmektedir. Bölgede bulunan madenlerin ve ormanların zenginliklerinden dolayı maden ve odun ticareti kamyon ve tırlar aracılığıyla yoğun bir şekilde icra edilmektedir. İlçe merkezine uzak olan köprü ve yollar kış aylarında yağışın artmasıyla sel felaketlerine yol açmaktadır. Derelere yerleştirilecek sistem sayesinde taşkın durumları önceden tespit edilecek yol durumundaki risk belirlenebilecektir.

Yukarıda bahsedilen uygulama alanlarındaki problemleri giderebilmek için LoRaWAN teknolojisinden faydalanarak erken uyarı sistemi tasarımı gerçekleştirilecektir. LHT65 sıcaklık ve nem sensörü ile LDD575 mesafe algılama sensörü kullanılarak uç düğümler oluşturulması, bu düğümlerden alınan sensör bilgilerini LoRaWAN alıcı vericiler sayesinde LoRaWAN ağ geçitlerine iletilmesi ve sunucularda işlenilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda seçilen LoRaWAN; uzun menzili ve düşük güç tüketimi özellikleri ile amaca en uygun iletişim protokolüdür. Bir tane ağ geçidiyle birden fazla sensör bilgisinin gönderilebilmesi maliyeti ve iş yükünü düşürmektedir.

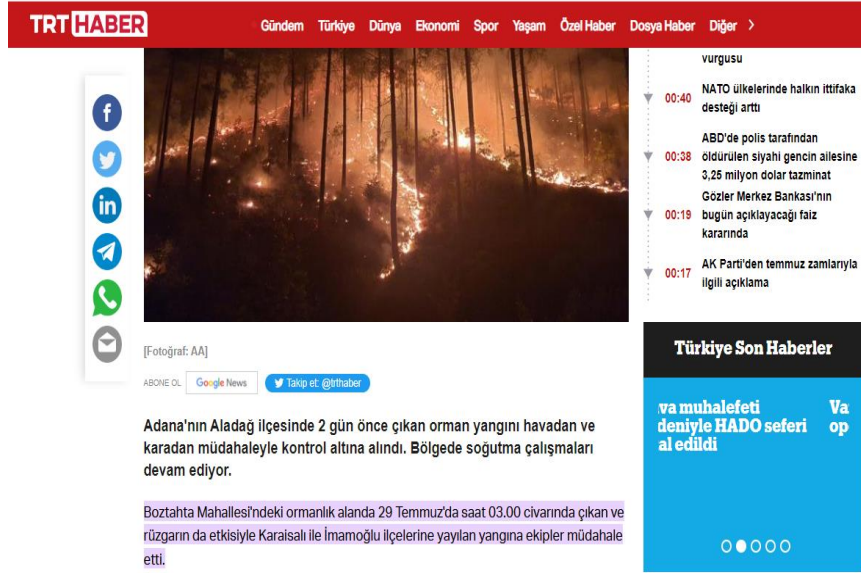
Ayrıca literatür taramalarında incelenen çalışmalarda genellikle tek bir uç düğümden iletişim kurulmuştur. Yapılan bir çalışmada (Ali, 2020) kullanılan lora iletişimi noktadan noktaya iletişimi desteklemektedir ve bir tek cihazla iletişim kurulabilmiştir. Yapılacak tez çalışmasında birden fazla uç düğümden tek bir ağ geçidine bilgi aktarmak amaçlanmıştır. Birden fazla uç cihazı LoRaWAN sistemi kullanan bir ağ geçidine entegre ederek birçok noktadan tek bir noktaya iletişimi destekleyen LoRaWAN iletişim

protokolünü kullanarak tezde yapılacak olan uygulamanın geliştirilebileceğini öngörmüş ve tavsiye etmiştir. Erken uyarı sisteminin daha verimli yapılabilmesi için çeşitli sensörlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Ülkemizde son yıllarda sıkça doğal afetler yaşanmaktadır. Ölçümlerin yapılacağı Aladağ ilçesinde ölçüm çalışmaları yapılırken ölçüm alanına 20 dk araç mesafesinde çıkan yangının dumanı Şekil 4.29'a yansımaktadır. Çıkan yangınla ilgili haber görselleri Şekil 1.1, Şekil 1.2, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te verilmektedir (Anonim, 2021) (Özgüven, 2021). Bu doğal afetlerden önde gelenleri orman yangınları ve sel felaketleridir. Bu felaketleri önceden tahmin etmek ve hazırlıklı olmak hem doğal çevreyi koruma hem de can kayıplarını en aza indirmek için ilgili birim yetkilileri çalışmaktadır. Örneğin ilgililer tarafından üç yüze yakın bölgedeki akarsu yataklarına taşkın önleme sistemleri kurulması amaçlanmaktadır ve orman bölgelerine gözetleme kuleleri kurulmaktadır.



Şekil 1.1. Aladağ Orman Yangını Haberi



Şekil 1.2. Aladağ Orman Yangını TRT Haber



Şekil 1.3. Aladağ Orman Yangını AA Haber



Şekil 1.4. Aladağ Orman Yangını Haber Türk

Ağ geçidi ve sensörler arasındaki sinyal iletişiminin verimli olması için bir ağ geçidi kulesi tasarlanacaktır. Tasarlanan ağ geçidi kulesinin gerekli analizleri MATLAB, SOLIDWORKS, MASTERCAM, ANSYS programlarında yapılacaktır. MATLAB programında Dragino DLOS8 ağ geçidi için gerekli olan elektriği sağlayacak güneş paneli analizi yapılacaktır. Ağ geçidi kulesi ve LDDS75 mesafe algılama sensörü için bir sabitleyici tasarımı SOLIDWORKS programında çizilecektir. MASTERCAM programında LDDS75 mesafe algılama sensörü için bir sabitleyici tasarımının G kodları çıkartılacaktır. ANSYS programında ise tasarımı yapılmış kulenin ağırlığı, emniyet katsayısı ve üzerine uygulanacak yükler karşısındaki minimum ve maksimum dayanıklılık analizleri yapılacaktır. Yapılacak tezle doğal güzelliklerin korunmasıyla ilçe ekonomisinin kalkınmasına katkı sağlanacaktır. Yine sel taşkınlarının önceden tahmin edilebilmesi sonucu gerekli tedbirlerin alınmasıyla yol güvenliği sağlanacaktır.

Tezde kullanılacak LoRaWAN teknolojisi ülkemizde yeni kullanılmaya başlayan bir teknolojidir. Bu teknolojinin birçok başka alanlarda kullanılması da teknolojik olarak yeni kullanıcılara öncülük edecektir.

1.1. LoRaWAN ve Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırma Tablosu

Tablo 1.1. Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırması-1

Protokoller	Frekans Bandı	Veri İletim Hızı	Kapsama Alanı
ZigBee	868/915 MHz; 2.4 GHz	20-250 Kbps	10-100 m
Bluetooth	2.4 GHz	1 Mbps	10 m
UWB	3.1-10.6 Ghz	110 Mbps	10-102 m
Wi-Fi	2.4-5 Ghz	54 Mbps	10-100 m
WiMax	2.3-5.8 GHz	75 Mbps	0.3-49 km
GSM/GPRS	850/900; 1800/1900 MHz	168 Kbps	2-35 km
Z-Wave	900 MHz; 2.4 GHz	9.6 Kbps	30-50 m
ANT+	2.4 GHz	60 Kbps	30 m
BLE	2.402-2.48 GHz	2 Mbps	10-15m
6LoWPAN	868/921 MHz; 2.4-5 GHz	100-250 Kbps	10-100 m
EnOcean	868 MHz	120 Kbps	300 m
HomeRF	2402-2480 MHz	10 Mbps	50 m
LoRaWAN	863-870 MHz	50 Kbps	Birkaç km
SigFox	868 MHz	600 bps	800 m
NFC	13.56 Mhz	106-424 Kbps	10 cm
RFID	865-868 MHz	100 Mbps	100 m
HiperLAN	5 GHz	54 Mbps	Açık 100 m Kapalı 30 m
KATM	5,20,30,60 GHz	155 Mbps	300-3000 m
LMDS	5,20,30,60 GHz	1.5 Gbps	3-10 km
WLAN	2450 MHz	14000-54000 Kbps	100 m
nanoNET	2.4 GHz	2 Mbps	Nanometre ölçeğinde lifli ağ
EIB/KNXRF	868 MHz	16.4Kbps	-----
X10	433 MHz	20 bps	-----
EDGE	380-1900 MHz	355.5 Kbps	Birkaç kilometre
wirelessHART	2.4 GHz	250 Kbps	90 m
ISA100.11a	2.4 GHz	250 Kbps	500 m
Thread	2.4 GHz	250 Kbps	30 m
3G-HSDPA	700 MHz – 3 GHz	14.4 Mbps	Birkaç kilometre
LTE-CatM1	600 MHz – 6 GHz	1 Mbps	Birkaç kilometre
NB-IoT	600 MHz – 6 GHz	250 Kbps	Birkaç kilometre
5G	600 MHz – 6 GHz	20 Gbps	Birkaç kilometre

Tablo 1.2. Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırması-2

Protokoller	Güç Tüketimi	Modülasyon	Ağ topolojisi
ZigBee	Düşük	BPSK, QPSK, O-QPSK	Yıldız, örgü, küme-ağacı
Bluetooth	Yüksek	GFSK, CPFSK, 8-DPSK, $\pi/4$	Yıldız
UWB	Düşük	BPSK, PPM, PAM, OOK,	Yıldız, eşler arası
Wi-Fi	Çok Yüksek	BPSK, QPSK, OFDM,	Yıldız, ağaç, örgü, P2P
WiMax	Çok Yüksek	QAM16/64, QPSK, BPSK,	Yıldız, ağaç, P2P
GSM/GPRS	Yüksek	GMSK, 8PSK	Yıldız
Z-Wave	Düşük	FSK	Örgü
ANT+	Düşük	GFSK	Yıldız, ağaç, P2P, örgü
BLE	Çok Düşük	GFSK (modülasyon endeksi	Yıldız
6LoWPAN	Düşük	BPSK, O-QPSK	Yıldız, örgü, P2P
EnOcean	Düşük	FSK	Örgü
HomeRF	Düşük	FHSS	-----
LoRaWAN	Düşük	Kendine has patentli bir	Yıldız
SigFox	Düşük	GFSK, DBPSK	Yıldız
NFC	Düşük	ASK	P2P
RFID	Düşük	ASK, FSK, PSK	Yıldız, ağaç
HiperLAN	Düşük	OFDM	Eşler arası
KATM	Düşük	OFDM	-----
LMDS	Düşük	OFDM	-----
WLAN	Çok Yüksek	Dağınık modülasyon, FHSS,	-----
EDGE	Yüksek	8-PSK	Yıldız
wirelessHART	Normal	FSK	Örgü
ISA100.11a	Normal	-----	Örgü, yıldız ve küme
Thread	Düşük	-----	Örgü
3G-HSDPA	Yüksek	-----	Yıldız
LTE-CatM1	Düşük	-----	Yıldız
NB-IoT	Düşük	-----	Yıldız
5G	-----	-----	Yıldız

Tablo 1.3. Kablosuz İletişim Protokolleri Karşılaştırması-3

Protokoller	Kullanım Alanları	Şifreleme	Yönetim Birimi
ZigBee	Sensörlü kontrol	AES blok şifresi (TO,	ZigBee Alliance
Bluetooth	Kısa mesafeli RF	Eo akış şifresi	Bluetooth SIG
UWB	Teknolojik aletlerle	AES blok şifresi (TO,	UWB Alliance, DecaWave şirketi
Wi-Fi	Bilgisayar tabanlı veri	RC4 akış şifresi (WEP),	IEEE
WiMax	Mobil internet	AES-CCM şifresi	WiMax Forum
GSM/GPRS	Cep telefonu ve internet	GEA, MS-SGSN, MS ana	-----
Z-Wave	Kablosuz sensör	DES-56, AES 128	Silicon Labs
ANT+	Kablosuz sensör	AES 128	ANT Alliance
BLE	Akıllı telefon, tablet ve	AES-CCM	BT SIG
6LoWPAN	Endüstriyel otomasyon	AES 128	-----
EnOcean	Bina otomasyonu	AES 128	EnOcean GmbH
HomeRF	Ev cihazlarında	AES 128, 32-bit IV	Proxim Wireless , Intel , Siemens
LoRaWAN	Düşük güçlü geniş alan	Simetrik anahtar	LoRa Alliance
SigFox	Makineler arası	Simetrik şifreleme, AES	SigFox
NFC	Kısa mesafe temassız	AES 128	NFC Forum
RFID	Tedarik zincirleri başta	Entegre OPC UA	Proximity Devices şirketi, Wal-
HiperLAN	Yüksek hızlı ağ erişimi	DES ya da üçlü DES	WECA endüstri grubu
KATM	Yüksek hızlı ağ erişimi ve		
LMDS	Binalar arası ağ	AES 128 bit ve 256 bit	ABD menşeli
WLAN	Web, email ve video	-----	IEEE

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Daha yüksek güvenilirlik ve düşük güç tüketimi sağlayan LoRaWAN kentsel bölgelerde kullanılmak için uygundur. Yapılan bir araştırmada kentsel bölgelerde sinyallerin yeterli şekilde gelmemesinden dolayı mesajların daha kaliteli gözlemlenebilmesi için LoRaWAN kanalı kullanılmıştır (Novák ve ark., 2021).

LoRa teknolojisi uzun menzilli iletişimde yüksek sinyal alabilme yeteneği ile lojistik, tarım, ölçüm, endüstri ve akıllı şehir uygulamalarında çok kullanışlıdır. Herhangi bir parazit olmadan aktif olarak çalışabilmektedir. LoRa ağının konuşlandırılma ortamı sinyal kalitesini etkilemektedir. Morande ve arkadaşlarının yaptığı deneysel çalışmada özellikle iletim yolu arasındaki yüksek yoğunluklu engel seviyesi, sinyal kalitesinin bozulması üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Morande ve ark., 2021).

LoRaWAN üzerine inşa edilen bir iyileştirme, bütünlük ve gizlilik getirmektedir, protokol ve uygulama açıkları ağda hala mevcut ve bu da tüm sistem için güvenlik risklerine neden olmaktadır. Yapılan araştırmada, bu güvenlik açıklarına yönelik çözümler önerilmiş ve cihazlar, ağ geçitleri ve sunucuları içeren bir LoRaWAN test ortamında uygulanmıştır. Çalışmada AES Round Reduction, Join Scheduling ve Metadata Gizleme kullanılarak veri iletimini içeren yapılandırmalar önerilmektedir. Uygulanan konfigürasyonlarda bir güç tüketimi analizi yapılmakta ve siber güvenlik ile pil ömrünü dengeleyen bir LoRaWAN sistemi ortaya çıkarmaktadır. Bir LoRaWAN test yatağı tasarlanırken çevre ile ilgili birkaç varsayım dikkate alınmalıdır. İlk varsayım, protokolleri test etmek için kullanılan cihazların enerji açısından en verimli cihazlar olmayabileceğidir. Buradaki değiş tokuş, donanımın, belleğin ve yazılımın özelleştirilmesinin ve yapılandırılmasının kolaylığıdır. Daha sonra, daha uzun süreler boyunca pil hesaplamalarında doğruluk kaybı olabilir. Denklemler, pilin dayanmaktansa ne kadar dayanması gerektiğine dair bir kılavuzdur. Çevresel faktörler olarak gerçek dünya veri noktalarında bir hata payı olabilir ve uç düğümlerin gerçek dünya güvenilirliği, kullanılabilirliği ve sürdürülebilirliği gibi kalite faktörlerinin tahmin edilmesi zor olmaktadır (Stranahan Jr, 2021).

Enerjinin yalnızca harici kaynaklardan elde edildiği pilsiz cihazlar veya güneş panelleri gibi çevresel kaynaklar vardır. Yapılan çalışmada bir süper kapasitörün ns-3 modeli önerilmiştir. Hasat edilen enerjinin pilsiz olarak depolanması için kullanılmıştır. IoT cihazı ve aralıklı davranış için destek veren cihazlar, enerji seviyelerine göre kapanmakta ve açılmaktadır. Örneklem modelinin kullanımı, bir LoRaWAN düğümüne uygulanmış ve simülasyon sonuçlarını elde edilen literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Kondansatör modelini doğrulamak için LoRaWAN ns-3 modülü kullanılmıştır. Özellikle, Lora Radio Energ sınıfı genişletilmiş ve cihazla çalışmak için Device Energy Model'in bir alt sınıfı olan Model kapasitörün uygulanması bazı durumlar ve değişkenler gerçek cihazların uyumluluğunu geliştirmek için eklenmiştir. Ayrıca, modülün MAC'i temsil eden sınıflar ve Cihazların fiziksel (PHY) katmanları güncellenecek şekilde değiştirilmiştir. Uykuda kalan A Sınıfı cihazlara odaklanmıştır. Süper kapasitör uygulaması önerilmiştir. Güç için genel bir hasat kaynağının varlığını dikkate alan pilsiz cihazlar, tek bir cihazla basit LoRaWAN ağı doğruluk uygulanmasının bazılarının karşılaştırılmasıyla kanıtlanmıştır. Önerilen modeli simülasyona dahil etme imkanı ekosistemi ve hasatın nasıl yapıldığını daha fazla incelemeyi mümkün kılmaktadır. Yaklaşım, iletişim performansını etkilemektedir aynı zamanda eksiksiz bir performans değerlendirmesine izin vermektedir (Capuzzo ve ark., 2021).

Yapılan başka bir çalışmada araştırmacılar bazı dağıtılmış sensör düğümlerini kullanarak hava kalitesini partikül madde, sıcaklık, bağıl nem ve basınç sensörü üzerinde ölçmeyi amaçlamışlardır. Sensör düğümü verilerini bir Wifi üzerinden iletmektedir. Yüksek verime sahip bağlantı gerçek zamanlı veri izlemeyi desteklemektedir, ancak nispeten kısa menzilli iletişimden muzdariptir ve çok fazla enerji tüketmektedir. Alternatif bir kablosuz iletimi genişleterek Wifi' yi verimli bir şekilde değiştirebilen teknoloji menzil ve yeterli bir verime, gecikmeye sahip olabilir ve daha düşük güç tüketir. Projelerinde LoRaWAN teknolojisini kullanmışlardır. LoRaWAN, sistemlerindeki kritik parametreleri karşılamaktadır. Parametreler; ulaşılabilir maksimum iletişim aralığı 0.6 km'dir. Sensör verileri için maksimum güncelleme süresi 5 dakikadır. Teknolojinin gecikmesi, iletimi güncelleme süresini ihlal etmeye zorlamamalıdır. LoRaWAN'ın diğer rakiplere göre avantajı, ücretsiz ISM bandıdır. Kullanılan donanım, Pycom-FiPy kartıdır. İi SFX172 LoRa çipi ile birleştirilmiş ESP32 µController A sınıfı bir LoRaWAN'dır. The Thinga Network (TTN) basitliği ve ücretsiz olması nedeniyle web sunucusu şeklinde

kullanılmıştır. Düğüm kırmızı olarak kullanılmış verileri bir CSV dosyasında depolamak için uygulama sunucusu kullanılmıştır. Torino şehrinde bir saha testi yapılmıştır. İki farklı paket uzunluğu, 20 bayt ve kullanılabilecek maksimum yük olan 51 bayt Yüksek hızlı iletimde TTN ağı Yayılma Faktörü (SF) 7'dir. Çalışmalarında 3 kullanılmıştır. Menzil ölçümü kullanılarak nicelleştirilmiştir. TTN web sitesinde politico isimli Gateway (GW) kullanılmıştır. Genel olarak LoRa'nın aralarında veri göndermek için kullanılan bir modülasyon olduğunu belirtmişlerdir. LoRaWAN protokolü bir LoRaWAN cihazına izin verirken bir verici ve bir alıcı verileri bir LoRaWAN sunucusuna iletmeyi sağlamaktadır (Rebaudengo ve Elghonaimy, 2021).

Yeraltı madeninden gerçek zamanlı verilere erişmek için bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu, yeraltı madeninin olumsuz çevresel etkisini iyileştirebilir. Görünür ışık iletişimi (VLC) madencilerin madendeki yerini tahmin etmek için dahil edilmiştir. Sinyal-gürültü oranının dağılımı (SNR) VLC sistemi için de incelenmiştir. LoRa teknolojisi tanıtılmaktadır. Yeraltı bilgilerini yüzey kontrol odasının üstüne iletmek amaçlamıştır ayrıca LoRa'nın ayrıntıları hakkında bilgi verilmiştir. Teknoloji mevcut yüzey üstü teknolojiler ile karşılaştırılmıştır. LoRa teknolojisi ile yeraltı tüneline neredeyse yeraltı madenine benzer sonuçlar deneysel olarak iletişim aralığının olduğu gösterilmiştir. WPAN ve WLAN'lı bir kömür madeninin içinde sırasıyla 13 m ve 17 m iletim sağlamaktadır. Ancak 50 dB ağ geçidine sahip LoRa teknolojisi anteni, 28.82 m gelişmiş bir sinyal iletim aralığı sunmaktadır (RayChowdhury ve ark., 2021).

LoRaWAN'a dayalı geniş bir alan IoT kablosuz platformundan toplanan ağ verileri işlemek için sistematik bir yaklaşım sunulmuştur. Kullanılabilir IoT cihazlarının profilini çıkarmak, özelliklerine göre gruplandırmak ve ağ anormalliklerini tespit etmek için spesifik olarak, LoRaWAN paketlerini radyo ve ağ davranışlarına göre gruplamak için k-ortalama algoritması kullanılmıştır. Yaklaşımlarında, yakalanan tüm trafiğin özel bir veri tabanında depolandığı gerçek bir LoRaWAN ağında test edilmiştir. LoRaWAN'ın kablosuz arayüz aracılığıyla birden fazla operatörün paketlerini yakalaması çok önemlidir. Analizleri 2169 cihazın dahil olduğu 997183 paket üzerinde gerçekleştirilmiş. Bir operatör sistemin tüm davranışını kontrol edemez, aksine onu gözlemlemek zorundadır. Kümelerin içerikleri analiz edilmiştir. Hem mevcut ağ davranışına hem de ilgili uyarılara göre sonuçları ortaya çıkartılmıştır. Davranışsal davranış üzerine bir

çalışma sunulmuştur. Çalışmalarında sistemlerinin temel davranışları yakalayabilmiştir. Nitekim bir tarafta iyi bir şekilde davranış gösteren paketleri toplayan kümeler var ve diğer taraftaki bazı paketler sistemde oldukça kötü bir performansa sahip kümeler var. Bu, tüm paketlerinin aynı davranışa sahip olmadığı anlamına gelmektedir (Garlisi ve ark., 2021).

Başarılı bir ağın doğru şekilde çalışan cihazlara sahip olması esastır. Bu hatanın veya olayın zaman ve paraya mal olacağı düşük maliyetli bir ağda düzeltmek için daha da önemlidir. Bunu sağlamak için cihazların LoRaWAN Sertifikalı olması çok önemlidir. Bir LoRaWAN ağında ağ geçitleri ve ağ birlikte çalışırlar. Sunucular ve tüm LoRaWAN uç cihazlarının altında çalışabileceğini garanti eder. 2020 sonu itibariyle 350 bölge de sertifika testi başarıyla sonuçlanmıştır. Avrupa, Kuzey Amerika, Hindistan, Kore ve Asya ağ Sunucuları için resmi bir LoRa Alliance Sertifikasyon testi yoktur. Şu anda bunun yerine satıcılar dolaşım ve etkinleştirme için birlikte çalışabilirlik testleri gerçekleştirmektedirler (Hunt, 2021).

En umut verici kablosuz LPWAN teknolojisi olan LoRaWAN'ın derin bir araştırmasını ve karakterizasyonunu yapmak amaçlanmaktadır. İlk olarak, zaman performansını ölçmek için, özel ve genel LoRaWAN ağlarında iletim gecikmelerini hesaplamak için çoklu araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca, fizibiliteyi değerlendirmek için iyi bilinen yerleştirme hizmetleri örneğin, GPS ve RTLS akıllı şehir için LoRaWAN uygulamalarına entegre edilmiştir. LoRaWAN, Endüstri 4.0 için bir yedekleme ağı olarak karakterize edilmektedir. LoRaWAN teknolojisindeki derin bir araştırma ve geliştirmelerden sonra, IoT senaryosunda belirli saha testleri için sağlık uygulamalarıyla entegre LoRaWAN mimarisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Daha iyi bir yaşam için doğuştan gelen istek herhangi bir kişiye ait olduğundan, Sağlık için Teknoloji her zaman gelişmektedir. Yeni teknolojiler, sağlığı iyileştirmek için sıklıkla kullanılan fırsatlar sunar. IoT için durum budur. IoT, sensör ağları dahil olmak üzere birbirine bağlı büyük sistemleri tanımlayan bir şemsiye terimdir. Uygulamalarının çoğu, esneklik ve ölçeklenebilirlik sağlayan kablosuz iletişime dayanmaktadır. Aslında, her yerde bulunan IoT cihazlarını uzak hizmetlerine bağlamak, yönetilmesi karmaşık bir iştir ve kablosuz bağlantının karmaşıklığı yardımcı olmamaktadır. Böyle bir senaryoda, tıbbi cihazlar, sağlık bağlamında doktorlara ve diğer tıp uzmanlarına yardımcı olmak için daha güvenilir ağ altyapılarına ihtiyaç duymaktadır (Carvalho, 2021).

IoT teknolojilerinin günlük hayatımız üzerinde artan bir etkisi vardır. IoT'nin genişlemesi, artan sayıda IoT cihazı ile ilişkilidir. İnternete bağlı cihazların sayısı arttıkça, hız ve veri hacmi de artmaktadır. Çoğu IoT ağ teknolojisi bulut bilişimi kullanırken, bu çözüm bazı kullanım durumları için verimsiz hale gelmektedir. Örneğin, bir IoT ağı kullanan bir şirketin bir üretim salonunda veri toplamak için birkaç sensörle şirket paylaşım gerektirebilir. Yalnızca seçili verileri genel buluta gönderir ve belirli olaylara daha hızlı yanıt verir. Veri miktarı büyük olması durumunda, daha yüksek verime ulaşmak için boşaltma teknikleri kullanılabilir. Sis hesaplama paradigma, uç cihazlara daha yakın veri işleme sağlayarak bu durumları ele alır. Jalowiczor ve arkadaşları çalışmalarında LoRaWAN için sis hesaplamayı benimseyen üç olası ağ mimarisi önermişlerdir. Çünkü LoRaWAN zaten birçok yerde konuşlandırılmıştır ve uzun mesafeli iletişim sunar. Mimari teklifler, seçim yapmak için simülasyonlarda daha fazla karşılaştırılır. Toplam hizmet süresi açısından en uygun formdur. Ortaya çıkan optimal iletişim mimarisi ağ operatörünün minimum maliyet ve çabasıyla mevcut LoRaWAN'a konuşlandırılabilir. Bulut bilgi işlem paradigması, koruma gereksinimlerini karşılayamamaktadır. Buna karşılık, sis hesaplama paradigması farklı bir strateji kullanmaktadır. Tüm hesaplama ve veri depolamaya odaklanmak yerine bulut katmanına, sis katmanını uç cihazlar ile bulut arasına yerleştirir. İçinde sisi benimseyen üç IoT ağ mimarisi şeması önerilmiştir. LoRaWAN bulut mimarisine bilgi işlem paradigması. En uygun olanı seçmek için önerilen üç, kuyruk teorisini uygulamak ve karşılaştırmak için bir yazılım simülasyon aracı kullanılmıştır (Jalowiczor ve ark., 2021).

LoRaWAN birçok avantaj sunarken, sınırlamalarından biriside önemsiz veri hızıdır. Çoğu IoT uygulaması yüksek bir verim gerektirmez, ancak bazıları daha yüksek bir veri hızından yararlanır. Bu yazıda, birleştiren bir sistem olan TurboLoRa'yı sunulmuştur. Daha yüksek bir veri hızı sağlarken LoRaWAN'ın güçlü yönleri birden fazla LoRaWAN cihazının iletimini senkronize ederek, ucuz cihazları birleştirerek tutumlu hale getirmeyi sağlamaktadır. TurboLoRa, eş zamanlı iletme dayanmaktadır. Standart olarak LoRaWAN, veriler bir veya daha fazla Ağ Geçidi tarafından alınır. Bunları bir Ağ Sunucusuna iletir; buradan verilere bir İnternet bağlantısı kullanılarak herhangi bir uygulama ile erişilir. Ağ Geçidi, Ağ ve Uygulama sunucuları tek bir kutuda birleştirilerek tamamen otonom çözüm elde edilmiştir. Veriler paralel olarak gönderildiğinden, farklı çarpışmaları önlemek için kanalların kullanılması gerekmektedir. Bu gerçek tam

teşekküllü bir LoRa Gateway'den beri herhangi bir sorun yaratmaz sekiz frekansı aynı anda dinleyebilmelidir. TurboLoRa daha yüksek bir veri sağlarken LoRaWAN'ın güçlü yönleri birden fazla LoRaWAN iletimini senkronize eder. Prototipleri sadece dört verici kullanmakta olsa da, tek bir komuta tarafından komuta edilen sekiz vericiye uzatma senkronizasyon sinyali basittir ve iş hacminde sekiz kat iyileştirme, mevcut ile karşılanamayan yeni uygulamalar zenginliği LoRaWAN çözümleri ile tarımda, sanayide ve sağlık alanlarında sunulmuştur (Altayeb ve ark., 2021).

IoT'deki gelişmelere eşlik eden uzaktan kumanda kavramı IoT cihazlarını kullanarak izleme ve kontrol etme işlemlerinde popüler hale getirmektedir. Dijital akıllı sayaçlar birçok geleneksel analog sayaçlara göre akıllı ölçümün avantajlarını taşımaktadır. Birçok uygulamada, geleneksel analog sayaçlar hala dijital akıllı sayaçlara göre tercih edilmektedir. Yüksek kurulum ve işletme maliyetleri ve akıllı sayaçların güvenilirliği gibi problemler vardır. Bu sorunların arkasındaki nedenler, güvenilir ve uygun fiyatlı bir iletişim sisteminin olmamasıdır. Düşük Güç Genişliği ile oluşturulmuş özel bir ağın konuşlandırılmasıyla ele alınabilir. Özellikle akıllı ölçümle ilgili sorunları çözmek için kırsal enerji sistemi göz önüne alındığında LoRa'yı analiz etmek için simülasyon tabanlı bir çalışma yapılmıştır. Burada, bir NS2 ağ simülatörü kullanılarak LoRa cihazlarının bir ağı simüle edilmiş ve kullanılan LoRa frekansı, 125 kHz bant genişliği ile 912 MHz aralığı belirlenmiştir. Yayılma Faktörleri (SF'ler) için analiz edilmiştir. 146 bps'den farklı hızlar için bir ağ simüle edilmiştir. Periyodik olarak ekstraksiyon yapılmıştır. Her bir düğümün menzili ve hızı buna göre tanımlanmıştır. LoRa cihazlarının akıllı ölçüm için nasıl kullanılabileceğini tartışılmıştır. Çalışma LoRa cihazlarının bir ağ konfigürasyonunun akıllı bir ölçüm sisteminde uygulanmasını önermiştir (Marahatta ve ark., 2021).

Bilgisayar ortamında çalışan kablosuz sensör ağlarına güç sağlama sorunları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. IoT teknolojisindeki Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) etiketlerini içeren düğüm temel yöntemleri, bu tür ağlarda sinyal iletimini ve temel gereksinimler üzerindeki etkileri tartışılmaktadır. Menzil, iletim hızı, düşük enerji tüketimi ve maksimum ağda aynı anda çalışabilen cihazlardır. Düşük güç tüketimi sorunu IoT çözümlerinde kullanılan cihazlar ana araştırma nesnelerinden biridir. Olası iletişimin analizi protokoller, bu alanda etkili bir optimizasyon olasılığının olduğunu göstermiştir.

Geniş Kablosuz sensör ağlarının düğümlerinde kullanılan piyasada bulunan güç kaynakları yelpazesi, karşılaştırılmıştır. Ağ düğümlerine Energy Harvesting'den (EH) güç sağlamanın alternatif olasılıkları jeneratörler sunulmaktadır. Yapılarında faaliyet gösteren kablosuz algılayıcı ağlara güç sağlama kavramı, Nesnelerin İnterneti için hala önemli ve güncel bir konudur. Modern elektroniğin olanakları, parametre aralığını önemli ölçüde genişletmiştir. Örneğin RFID tarafından kaydedilir ve bu da sırayla aktif etiketleri kullanma ihtiyacını zorlar. Pil veya elektromanyetik güç kaynakları çoğu durumda uygulanması imkansızdır, bu nedenle otonom güç kaynağı arama ihtiyacı doğmuştur. Çoğu durumda, EH bu sorunun tek olası çözümüdür. IoT teknolojisinin son yıllardaki dinamik gelişimini analiz ederek, bu teknolojinin hayatın diğer alanlarının gelişimini gerektirdiği açıkça belirtilmelidir. Günümüzde IoT teknolojisinin olmadığı veya olamayacağı bir yaşam alanı bulmak zordur. Ölçüm cihazlarının sürekli minyatürleştirilmesi ve bunların sağlanması bakım gerektirmeyen çalışma alternatif güç kaynaklarının geliştirilmesine neden olmuştur. EH teknolojisinin ortaya çıkışı ve daha da geliştirilmesi tipik bir pazar taleplerine bilimsel bir yanıttır. Sunulan elektrik depolama kaynaklarının analizi, mevcut çözümlerin tam olarak yeterli olmadığını göstermiştir. Yapılan çalışmada literatürdeki Low Power Wide Area Network (LPWAN) teknolojisinin özellikleri, kullanılan IoT ağlarından farkları ve LoRa sensörlerin güç optimizasyonu teknikleri incelenmiş ve örnek uygulama ile analizi yapılmıştır. LPWAN protokolü ile 8-10 km mesafelere kadar veri iletimi yapılabilmektedir. LPWAN protokolünün en mühim getirisi batarya ve düşük enerji tüketimi ile çalışabilmesidir. Özellikle kırsal alanlar ya da IoT sensör teknik bakımlarının çok sık yapılabilmesinin pek mümkün olmadığı uygulamalar için oldukça uygundur. LPWAN protokolü ISM bandı kapsamında olduğu için lisans ücreti istememektedir. Bu sayede işletmeler herhangi bir operatöre bağlı olmadan, çok daha düşük maliyetlere kendi özel IoT ağlarına sahip olmaktadır. Ortalama bir LPWAN IoT ağ geçidine 2500 ile 3000 arasında sensor bağlanabilmektedir. Bu özellik geniş kapsamda, çok noktadan ekonomik olarak veri alınabilmesini sağlamaktadır. IoT uygulamaların giderek her alana yayılması ve kontrol edilecek her noktada bir sensörün olması mesafe ve güç tüketimi konusunun önemini giderek daha da önemli hale getirmektedir (Michalski ve Watral, 2021).

Tarımda IoT uygulanması herhangi bir uzak konumdan ekin alanlarının gerçek zamanlı izlenmesini sağlamaktadır. Ancak birçok tarımsal uygulamanın düşük güç kullanımı ve uzun menzilli iletimi ile ilgili zorluklar çıkmaktadır. Bu zorluklar, LoRa iletişim modemi ile entegre edilerek aşılmıştır. Tarımsal alan verilerini bir bulut sunucusuna iletmek için özelleştirilmiş, düşük güçlü donanım kurulmuştur. Gerçek zamanlı özel tabanlı bir sensör düğümü, ağ geçidi ve el cihazı uygulanmış tarımsal verilerin bir bulut sunucusuna iletilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, belirli LoRa alanını kalibre etmek için bağlantı bütçesi, yayılma faktörü ve alıcı duyarlılığı gibi parametreler MATLAB'da özel olarak oluşturulmuş bu parametrelerin bir enerji hasat mekanizması sensör düğümünün ömrünü analiz etmek için test edilmiştir. Yapılan makalede yerleştirme algoritmalarının önemini ve farklı türlerini ele alır. MATLAB simülasyonuna dayalı olarak tarım alanında dağıtım için hibrit menzil tabanlı yerleştirme algoritmalarının daha güvenilir ve ölçeklenebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Elde tutulan cihaz, sıcaklık dahil olmak üzere duyuşal verileri, nem, toprak nemi ve yangın algılamayı göstermektedir. Ağ geçidi düğümü, sunucudaki verileri İnternet üzerinden günlüğe kaydeder. Burada duyuşal verileri kaydetmek için Blynk bulut sunucusu kullanılmıştır. Sıcaklık ve nem ile ilgili veriler Blynk panosunda görülebilir ve sunulur. Bu el tipi cihaz, çiftçilere alanı uzak bir yerden kontrol etmeyi sağlamaktadır. LoRa iletişimi ve bir ESP 8266 Wi-Fi modülü kullanılarak sensör düğümünden ve ağ geçidinden ilgili mahsul verilerinin alınmasını sağlamışlardır. Avuç içi cihaz, kırpm alanının verilerini renkli bir LCD'de görselleştirmek için kullanılır. Elde tutulan cihaz sıcaklık, nem, toprak nemi ve yangın dahil olmak üzere duyuşal verileri gösterir tespit eder. Ağ geçidi düğümü, bulut sunucusundaki verileri İnternet üzerinden günlüğe kaydeder. Önerilen çalışma hem LoRa hem de Wi-Fi kullanan bir iletişim protokolünün avantajlarına sahiptir. Bu şu anlama gelir veriler yerel bir platformda ve bulut platformunda toplanabilir. Korelasyonu değerlendirmek için bir MATLAB simülasyonu yapılmıştır. Bağlantı bütçesi, yayılma faktörü ve alıcı duyarlılığı gibi farklı parametrelerin, özel olarak oluşturulmuştur. MATLAB simülasyonu belirtilen hibrit menzil tabanlı yerleştirme algoritmalarının daha güvenilir ve ölçeklenebilir olduğu tarım alanlarında gösterilmiştir (Swain ve ark., 2021).

LoRa düşük güçlü bir kablosuz iletişimdir. Yaygın olarak kullanılan uzun menzilli bağlantı teknolojisi IoT'de literatürde yer alan birçok eser LoRa ağlarının performansını özellikle ölçeklenebilirlik ve güvenilirliğe odaklanarak analitik olarak karakterize

etmiştir. Ancak, çoğu ilgili modellerin sayısı sınırlı olduğu için açıklanamaz. LoRa'da teslim oranını tanımlayan analitik bir model cihaz düzeyinde ayrıntı düzeyine sahip ağ, özellikle gerçek dağıtımları etkileyen birkaç temel faktörün etkisi, çoklu ağ geçitleri ve kanal varyasyonunu ele almaktadır. Bu nedenle, önerilen model, teslimat oranını etkin bir şekilde değerlendirebilir. Cihazda herhangi bir kısıtlama olmaksızın gerçekçi ağ topolojileri dağıtım veya yapılandırma doğru bir şekilde karakterize edilmiştir. Önerilen model bir ayrıntı düzeyi sağlar. Yazılan makale doğru bir şekilde analitik bir model sunmaktadır (Betancur ve ark., 2021).

IoT için iletişim protokolleri, bu hızlı büyüyen alanın özel gereksinimleridir. Esas olarak şu şekilde uyarlanmıştır; güç tüketimi optimize edilir, kapsama alanı en üst düzeye çıkarılır böylece bunların uygulamaları kolaylaştırılır. Bu protokollerden biri, Adaptive Data Rate (ADR) algoritmasını ve veri hızını ve iletimini azaltarak güç tüketimini azaltmayı hedefler. ADR algoritması, statik sistemler için özel olarak optimize edilmiştir, yani cihazların hareket etmediği veya sınırlı hareket kabiliyetine sahip olduğu sistemlerdir. Mobilite Adaptasyonu için İletişim Optimizasyon Mekanizması (COMMA), cihazların ve kişilerin günlük hareketliliği için optimize edilmiş uyarlanabilir veri hızı mekanizmasıdır. Tıbbi uzaktan izleme geliştirmek için teletıpta COMMA kullanmak kronik hastalıklardan muzdarip mobil hastalar için bir platform yapılmıştır (Picard ve ark., 2021).

Hem kısa menzil hem de uzun menzil için birden fazla kullanımdan yararlanarak yetenekli bir ev otomasyonu mimarisi önerilmiştir. İletişim teknolojileri, LoRaWAN, sunucu tabanlı LoRa ağ geçidi ve Bluetooth bağlantısından oluşmaktadır. Bu entegre sistem, farklı türdeki ev aletlerini etkili bir şekilde kontrol eder ve akıllı kalmasını sağlar. Tüm elektronik bileşenler arasında yönetim sağlanmaktadır. Düzenli bir kullanıcı bir Android uygulaması kullanarak bu birleşik sistemleri kolayca yönetebilir. Yazar çalışmasında aynı zamanda deneysel veri analizi sunmaktadır (Islam ve ark., 2021).

LoRa ve ZigBee iletişim protokolleri birbirlerine entegre edilerek kullanılmıştır. LoRa daha düşük veri iletimi, ZigBee de daha yüksek veri iletimi için kullanılır. LoRa hakkında genel bilgiler verilmiştir. Sensörden gelen bilgi mikrodenetleyicide işlenerek LoRa'lar

arası iletişim sağlar ve tekrar Xbee'de işlendikten sonra ZigBee de veriler okunur. Yapılan uygulama ile ilgili detaylı baskı devre kartları, kullanılan malzemeler ve programlar verilmiştir (Ali, 2020).

Kablosuz sensör ağındaki (WSN) teknoloji geliştirme, seralarda hassas tarıma (PA) yönelik sürdürülebilir bir çözümdür. Tarımın verimli kullanılmasına yardımcı olmaktadır. WSN minimum güç tüketimi ile uzun mesafelerde veri iletmek için, kablosuz bir teknoloji olan LPWAN'lar kullanır. Seralar, farklı müdahale ve çeşitlendirme türlerine karşı hassastır. PA için ve etkili WSN dağıtımı için gerekli olan ardışık adımlar önerilmiştir. Belçika'daki 'Proefcentrum Hoogstraten' araştırma merkezinin bir serasında LoRaWAN tabanlı bir sensör ağının gerçek zamanlı, uçtan uca dağıtımı gerçekleştirilmiştir. Verilerin daha iyi görselleştirilmesi ve analizi için gösterge panosu yapılmıştır, güç tüketimi analiz edilmiştir. LoRaWAN iletişimi ve üç farklı muhafaza tipi denenmiştir bunlar ticari, basit kutu ve sırasıyla hava akımı kutusudur. Doğru sensör okumaları için dağıtım ve hava sirkülasyonu gibi düzenlemeler yapılmıştır. İhtiyaç duyulan sıcaklık bulunmuş ve nemin sera içindeki sensör okumaları üzerinde ilk başta düşünülenenden daha büyük bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada serada hassas tarım için temel olarak enerji verimli IoT stratejileri incelenmiştir. Hassas tarım için beklentileri ve zorlukları özetlenmiştir. Sera ve sensör okumaları üzerinde sensör kutusu tasarım şemasının etkisi tartışılmıştır. Bu hassas veriler ve daha uzun kullanım ömrü için sensörleri hava sirkülasyonlu kutuya yerleştirmek çok önemlidir. Sensörler, WSN dağıtımı ve ortamın izlenmesi için serada kullanılan farklı kontrol sistemlerini vurgulamaktadır. Uçtan uca eksiksiz bir WSN mimarisi ve LoRaWAN tabanlı ağ dağıtımı serada domates mahsulünün izlenmesi WSN dağıtımı, seraların zorluklarını anlamada ve her bir sonraki adımda azaltma şemasını uygulamada farklı aşamalarda yardımcı olmuştur. Sistem mahsul mevsimi boyunca ışık, sıcaklık, CO2 ve nem gibi farklı değerleri izlemektedir. Bu nedenle, çevreyi izlemeye devam etmek önemlidir (Singh ve ark., 2020).

Su tüketiminin akıllı ölçümü ve akıllı bir duruma yol açan kriz tespiti için yeni bir çözüm üzerine çalışılmıştır. Uygulanan sistem, modüler bir IoT platformundan oluşur. M2.COM standardını kullanan bir Baskılı Devre Kartı (PCB) tasarımı, bir LoraWAN modem ve Raspberry Pi platformuna dayalı bir LoraWAN ağ geçidi kullanılmıştır. Prototip modüler, düşük maliyetli, düşük güç, düşük karmaşıklık ve stratejik teknolojik kavramların

gereksinimlerini tam olarak yansıtır. İçme suyu dağıtıcıları sürekli bu akıllı çözümlere yeni talepler getirmektedir. Bu gereksinimler, her şeyden önce, veri iletimi, modülerlik ve düşük maliyettir. Ancak akıllı su yönetimi dünya çapında önemli bir konudur. Sistemin işlevselliği ilk olarak laboratuvar koşullarında doğrulanmıştır sonrada gerçek operasyonda doğrulanmıştır. Çalışma aynı zamanda belediye alanında sinyal yayılımının kontrol edilmesini de içermektedir. Önerilen ölçüm sisteminin yarıçapının test edildiği yer Zdarna köyüdür. Bir laboratuvar su sızıntısı simülasyonu ile test de bu çalışmanın bir parçasıdır. MNF yöntemi (minimum gece akışı) kullanılarak su kaçağı tespiti yoluyla bir konut biriminin testi yapılmış ve tespit başarı oranı %95 bulunmuştur. Çalışmaları, akıllı ölçüm için IoT platformunun geliştirilmesi ve devreye alınmasıyla ilgilidir. Su tüketimi ve arızaların su kaçakları kullanılarak tespiti yapılmıştır. Modüler olarak, istenilen alanın mevcut ihtiyaçlarına göre çözümlerin bulunabileceği ve LoraWAN teknolojisi de dahil olmak üzere veri iletimi için LoraWAN teknolojisi kullanılmıştır. Çalışma ayrıca kırsal ve kentsel alanlarda sinyal yayılımının bir ısı haritasını da içermektedir. Daha sonra el ile okuma yöntemiyle apartman biriminde ölçüm yapılmıştır (Slaný ve ark., 2020).

LoRaWAN, düşük maliyetli, düşük güçlü ve uzun menzilli bir IoT teknolojisidir. Veri taşıma ana taşıyıcısı olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Verimliliği nedeniyle gerçek zamanlı bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem ile Wifi RSSI toplayarak ağ izleme sistemi ve gerçek zamanlı depolama ve işleme yapılmıştır. LoRaWAN aracılığıyla bildirimler gönderilmiştir. (Ode ve ark., 2020).

Sanayileşme çağında, yüksek araç hareketliliği ve üretici emisyonları gibi faktörler nedeniyle hava kirliliği sürekli artmaktadır. Bir sağlıklı doğal çevre tüm eko sistemler için hayati önem taşımaktadır. Günümüzde tüm dünyada şehirler akıllı şehirlere dönüşmektedir. Akıllı şehir gereksinimlerinden biri, tesislerinde temiz hava sağlamaktır. Bu nedenle, ölçeklenebilir ve uygun maliyetli bir hava izleme sistemi Akıllı şehir dağıtımı için hava kirliliğini izlemek ve kontrol etmek için gereklidir. LoRa, yeni çağ düşük güçlü geniş alan ağ teknolojisidir. Hava kirliliği izleme için çok verimlidir. Yazılan makale, LoRaWAN Teknolojisini ve onun hava kalitesi (AQ) izleme sistemlerinde uygulanması ile ilgilidir. LoRa iletişimini kullanan sistemler, farklı türleri tespit etmek için gerçek zamanlı atmosferik kirletici konsantrasyonlarını izlemiştir. LoRa modülü hem güç tüketimini hem de cihazın maliyetini verimli bir şekilde azaltmıştır. Ayrıca, sensörlerin

kombinasyonu ve düşük güç tüketimi ile birlikte işlemciler sağlamaktadır. Ampirik Testler sistemin sağlamlığını kanıtlamıştır. Sonuç olarak, hava kalitesi LoRa'ya dayalı izleme sistemleri için havadaki kirletici seviyelerinin ölçümü uygun bir araçtır (Anzum, 2020).

LoRaWAN, internet için tasarlanmış bir LPWAN teknolojisidir. Yapılan bir çalışmada şehir ölçeğinde bir LoRaWAN'ın konuşlandırılmasından elde edilen deneyimler sunulmaktadır. LoRaWAN'ın yeteneklerini izlemek ve keşfetmek için İngiltere genelinde hava kalitesi kurulumunu desteklemek adına bir ağ kurulmuştur. Ağ geçidi konumları ağa göre seçilmiştir. Seçilen yerler, erişilebilirlik ve teorik olarak en iyi yerler değildir. Analiz edilen yirmi cihaz tarafından 135.000 mesaj iletilmiştir. Tüm dağıtım boyunca, mesajların %72,4'ü veri sunucusu tarafından başarıyla alınmıştır. Arasında alınan mesajların %99'u iletimin ardından 10 s içinde alınmıştır. Şu sonuca varılmıştır ki LoRaWAN, şehir ölçeğinde hava kalitesi izleme ve diğer uygulamalar için uygulanabilir bir iletişim teknolojisi. B sınıfı LoRaWAN cihazlarının çalışması için gerekli donanımı sağlayan ağ geçitleri, test amaçları için uygundur. Ulusal bir altyapıyı kullanmanın ön maliyeti yoktur veya çok düşüktür, ancak abonelik veya mesaj başına ücret alınabilmektedir. Ayrıca mesajların %99'unun iletimden sonraki 10 saniye içinde alındığı ortaya konulmuştur. Yüksek frekanslı örnekleme gerektiren senaryolar için etkileri vardır. Gecikmelerin ve paket kaybının nedenlerine ilişkin daha fazla araştırma, örneğin potansiyel sıkışma, gereklidir. Bu dağıtım şimdi performansı değerlendirmek için analiz edilebilecek veri kümeleri oluşturmaktadır. LoRaWAN sadece havada kullanımla sınırlı değildir, kalite izleme kullanım durumu ve çöp kutusu kullanımı, park etme dahil ağ için diğer potansiyel kullanımlar alan doluluk, araba sayımı ve varlık takibi araştırılmaktadır (Basford ve ark., 2020).

IoT teknolojisindeki en son gelişmelerin uygulanması binaların otomasyonuna daha fazla verimlilik elde etmek için umut verici bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Enerji tüketiminde ve sürdürülebilir modellerin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. IoT'nin uygulaması birçok alanda etkili olduğu kanıtlanmıştır. Örneğin, modern üretim zincirlerinde devrim yaratan Endüstri 4.0 kavramlarıdır. Yapılan çalışmada, dağıtılmış enerjinin izlenmesi ve denetlenmesi konusu araştırılmıştır. Akıllı kampüs ortamlarında kaynaklar. Özellikle, ele alınan kullanım durumunun ayrıntılı bir açıklaması sağlanan tüm

ana işlevleri açıklayan kapsamlı bir veri modeli önerilerek sunulmuştur. Bir referans kontrol mimarisi ile iletişim altyapısının heterojen gereksinimleri örneğin, geniş alanların iç/dış mekan kapsamı LPWAN çözümlerinden yararlanılarak çözülmektedir. Özellikle, LoRaWAN'ın kullanımı, diğer teknolojilere göre üstünlüğü nedeniyle burada önerilmektedir. Kapsam ve gecikme açısından deneysel doğrulama ile gösterildiği gibi sonuç olarak 250 m minimum tek LoRaWAN hücre kapsama alanı ve yaklaşık iletişim gecikmesi 400 ms'dir. Elde edilen analiz, önerilen veri modelinin LoRaWAN'a uyarlandığını göstermektedir. Karışık bir set olduğunda 10.000'den fazla akıllı düğümü ele alma ve yönetme izinleri basit sensörler ve karmaşık cihazlar 15 dk bir izleme zaman aralığı ve bir denetleme 3 sa kontrol aralığı ile dikkate alınmaktadır. Önerilen çözümün denetim için avantajları ve akıllı bir kampüste dağıtık fotovoltaiik ve elektrik enerjisi depolama sistemlerinin yönetimi gerçek dünya senaryosunda vurgulanmaktadır (Pasetti ve ark., 2020).

LoRaWAN için akıllı yayılma faktörü ataması çalışması yapılmıştır. Ağ geçidine yakın düğümler arasında çarpışmalar olmaktadır. Bu çarpışma sorunu kapanmanın bir kısmını zorlayarak çözülmektedir. Yayılma faktörünün düğümler arasında dağılımı önemli bir sorun haline gelmektedir. Bir düğümün yayılma faktörünün artırılması, daha yüksek yayılma olduğundan dikkatlice yapılmalıdır. Daha uzun yayın süresi, diğer yüksek yayma faktörlü aktarımlarla çarpışma olasılığını artırmak anlamına gelmektedir. Birden çok ağ geçidinin olduğu çalışmalarda diğer ağ geçitlerindeki düğümlerle çarpışmaları artırabilir. Her ağ farklı olduğundan ve düğümlerini optimize ettiğinden LoRaWAN topolojisi faktörleri yaymak farklı kurallar gerektirir. Bu nedenle makine öğrenimine dayalı çarpışmaları azaltmak için yayılma faktörü atama yaklaşımı önerilmiştir. Bu teknik, bir ağdaki düğümlerin davranışını öğrenerek başlamaktadır. Ağ geçidinin hassasiyeti, ağ sunucusunda elde edilen bilgileri kullanarak belirli bir düğüm ve belirli bir yayılma faktörü için gelecekteki iletim sonucunu tahmin etmek için bir sınıflandırıcıyı eğitebilir. Bu tahmin modelini kullanarak ağ sunucusu düğümlere yayılma faktörü atayabilir. Karar ağacı sınıflandırıcısı ve destek vektör makinesi şemaları olarak adlandırılan makine öğrenimi tabanlı çözümler önerilmiştir. Yayılma faktörü arttıkça veri hızı azalır ve güç tüketimi artar, ancak iletişim aralığı da artmaktadır (Yatağan, 2019).

LoRaWAN IoT sistemi'nin performansını iyileştirme çalışması yapılmıştır. LoRaWAN'nın ölçeklenebilirliğini geliştirmek için bir zamanlama yöntemi sunulmuştur. A2S2-LoRaWAN ve LoRaWAN simülasyonu ve özel deney senaryoları yapılmıştır. Bu senaryolarla ağ ölçeklenebilirliğini, uplink ve downlink trafiğinin etkilerini analiz etmek için simülatörler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. A2S2-LoRaWAN daha ölçeklenebilirdir. Ayrıca Naif toplama, Boolean ifade toplamasından daha iyi olduğu belirtilmiştir (Yapar, 2019).

Yapılan bir başka tez çalışmasında, LoRaWAN kablosuz iletişim protokolünün incelenmesi ve bir IoT uygulaması üzerinde durulmuştur. Opnet Modular simülasyon programı kullanılarak LoRaWAN ağının PDR, RSSI ve SNR gibi performans analizleri yapılmıştır. Uygulamada ise iletim gücü, yayılma faktörü ve coğrafi konum kullanılarak, paket teslim oranı, alınan sinyal gücü ve sinyalin gürültü oranı gibi kriterler üzerinde performans analizi yapılmıştır. Sistem Rak831 ve Raspberry pi ile bir ağ geçidi kurularak ve de iki LoRa uç cihazı olarak da Rak811 cihazları kullanılarak yapılmıştır (Doğan, 2019).

Akıllı su sayaçlarının çift yönlü LoRaWAN protokolü ve IoT uygulaması üzerinde durulmuştur. Uzaktan sayacı okuma Activation by Personalization (ABP) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sayaçlarda kullanılan LoRa teknolojisi sayesinde okunan değerlerin uzak mesafelere gönderilmesi sağlanmıştır. Burada kazanılan temel kazanç daha önceden sayacın yanına gidilerek yapılan her türlü işin uzaktan yapılabilmesidir. Bu sayede çeşitli maliyetlerden kazanç elde edilmektedir. Sayaçlar pil ile çalıştıkları için pil kullanımının azlığı sayaçların ömrünün artması anlamına gelmektedir. Haberleşme frekanslarının meşguliyetinin azaltıldığı takdirde, aynı ağ geçidine bağlanacak sayaç sayısında da artış olacağı görülmüştür (Tankut ve ark., 2019).

Pille çalışan cihazların kısa ömrü, kısa mesafeli iletişim, yüksek maliyet ve üniforma eksikliği gibi sebeplerden dolayı uzun yıllar boyunca, IoT'nin muazzam potansiyeli, teknik kısıtlamalarla sınırlandırılmıştır. LoRaWAN adı verilen ve tüm bu engelleri aşmak ve LPWAN için yeni spesifikasyona ve yeni protokole dayanarak, LoRaWAN teknolojisine izin verilmiştir. LoRaWAN teknolojisi, petrol üretim tesislerinde kullanım için önemli bir potansiyele sahiptir. Verimsiz zaman ve teknolojik süreçleri hızlandırır. Uzun yıllar IoT, pil ömrü, kısa menzilli iletişim, yüksek maliyet ve tek tip standartların

olmaması gibi nedenlerden dolayı geri tutulmuştur. LoRaWAN teknolojisi tüm bu engellerin üstesinden gelmeyi mümkün kılmıştır. Sensörleri geniş çapta bağlama yeteneği optimum özerklik süresi ile sensörlerin çalışması ve minimum gereksinimler LoRaWAN teknolojisi ile karşılanmıştır (Marisov ve ark., 2019).

İletişim teknolojileri IoT için en büyük ilgi, LPWAN'dır. Günümüzde LPWAN teknolojileri Sigfox, LoRaWAN ve NB-IoT enerji verimli iletişim sağlama yeteneğinin yanı sıra genişletilmiş iletişim kapsamlarıdır. LoRaWAN teknolojisi 150 dB Maksimum Kuplaj Kaybı (MCL), maksimum ile birlikte iletim gücü (Tx) 14 dBm ve yayılma faktörü 7 km cinsinden teorik iletişim mesafesi gibi özellikleri sağlamaktadır. Çek Cumhuriyeti'nin Brno kentindeki saha konuşlandırmasından elde edilen sonuçlar doğrulanmıştır. Güvenilir iletişim kurmak mümkün olduğu için ilk beklentiler alt uç LoRaWAN cihazı ile LoRaWAN ağ geçidi arasında mesafe 6 km'ye kadardır. Yapılan çalışmada, bir LoRaWAN uç cihazının tasarımı önerilmiştir. Akıllı Şehir senaryosunda veri aktarımlarını desteklemek için LoRaWAN ağ geçidi kullanılmış. LoRaWAN iletişim teknolojisi durumunda, radyo ekipmanı düşük maliyetlidir, oluşturulan çözümün LoRaWAN uç cihazına bir örnek olması hedeflenmiştir. Uç cihaz ve özel LoRaWAN ağ geçidi arasında güvenilir iletişim Brno Teknoloji Üniversitesi, Çek Cumhuriyeti'ndeki altyapı içinde tasarlanmıştır. Teknolojinin kendisi 2014 yılında tanıtılmıştır. LoRaWAN radiomodule lisanstan muaf frekans bantları kullandığından, Çek Cumhuriyeti'ndeki ISM bantları için spektrum kullanımını ortaya çıkarır. Özel LoRaWAN ağ altyapısının kullanımı gösterilmiştir. Yapılan ölçümlere dayanarak, RSSI'nin sinyal seviyesi -64dBm'den -111 dBm'ye kadar değişiklik göstermiştir. LoRaWAN'ın teorik duyarlılığı olarak SF 7 ile yapılandırılan modül -123 dBm civarındadır. Farklı iletişim parametrelerini kapsayan ölçümleri daha ayrıntılı LoRaWAN teknolojisi, yani bant genişliği, yayılma faktörü, kod hızı, modülasyonlar ve kullanım ortamı kırsal ve kentsel alanlardır. Ayrıca LoRaWAN teknolojisi, piyasada mevcut olan tek LPWAN teknolojisi değildir (Poluektov ve ark., 2019).

Yüksek performans elde etmeye yardımcı olan araştırma alanı cihazlar arasında kablosuz iletişime düşük güç denir. Geniş alan ağı LPWAN teknolojisinde, iki kategori vardır. Bunlar LoRa ve NB-IoT teknolojisidir. LoRa sadece uzun menzilli bir ağ değildir; o da düşük aktarım hızıyla bilgi aktarımını sağlar ve düşük güç tüketimine sahiptir. Çalışmanın

amacı LoRaWAN devrimine odaklanarak IoT gereksinimlerini dikkate alan ağ teknolojisidir. Ayrıca, bu devrimin nasıl güçlü bir aday olduğu gösterilmiştir. Son olarak, LoRaWAN'ın bu sorunları nasıl çözebileceği sunulmuştur. Son yıllarda bu konuda pek çok araştırma yapılmıştır. IoT'nin geliştirilmesi ile IoT cihazlarının ve akıllı gibi uygulamaların hızla artması elektrik şebekesi, e-Öğrenim, Akıllı şehirler, Sağlık ve çevre koruma gibi alanlarda LoRaWAN devrimi, sorunu çözmeye yardımcı olmak için güçlü bir çözümdür. LoRaWAN ağ teknolojisinin güçlü bir etkisi vardır. Yakın gelecekteki IoT cihazlarını ve ağlarını geliştirmek, dolayısıyla Yüksek QoS gibi bazı mükemmel özelliklere sahiptir, esneklik, dağıtım, ölçeklenebilirlik, verim ve güvenlidir. LoRaWAN'ı IoT dünyası için oluşturulmuş bir devrim olarak kabul edilebilir (İbrahim, 2019).

LoRa üst katman tanımıyla birlikte LoRaWAN en umut verici IoT tabanlı uygulamalara yönelik LPWAN teknolojisi uygulamasıdır. Popüler bir teknoloji olmasına rağmen literatürde yer alan birçok çalışma LoRaWAN v1.0'ın güvenliğine ilişkin güvenlik açıkları ve riskleri ortaya koymuştur. LoRa Alliance, bu bulgular ve LoRa mimarisi üzerine çeşitli iyileştirmeler yapmıştır. Bu çabaların sonucu LoRaWAN v1.1 ile sonuçlanmıştır. Yapılan çalışma, LoRaWAN v1.1'in güvenlik yönlerini incelemeyi ve netleştirmeyi amaçlamaktadır. ETSI yönergelerini izleyerek, protokolün kapsamlı bir Güvenlik Riski Analizi sağlanmış ve açıklanan güvenlik risklerine yönelik çeşitli çözümler tartışılmıştır. En iyisi olmak için, ayrıntılı bir güvenlik sağlayarak türünün ilk örneklerinden biridir. LoRaWAN'ın son sürümüyle ilgili risk analizi sonucunda önemli bulgular yakalanmıştır. Hileli ağ geçidi ve kendi kendine yeniden oynatma gibi belirli tehditler LoRa ağlarını uygulayan geliştiriciler ve kuruluşlar tarafından dikkate alınmıştır. LoRaWAN, hızla gelişen en kapsamlı ve benimsenen LPWAN teknolojilerinden biridir. IoT uygulamalarında, özellikle akıllı sayaçlarda, petrol ve gaz operasyonlarında verimli bir kullanım sağlamaktadır. LoRaWAN v1.0 yakın zamanda LoRaWAN v1.1'in piyasaya sürülmesiyle ele alınan güvenlik ihlalleri ve sakıncaları bulunmaktadır. Önceki sürüme göre geliştirilmiş güvenlik özelliklerine sahip olmasına rağmen, LoRaWAN v1.1 hala bazı güvenlik riskleri vardır. Bu güvenlik riski analizinin sonucuna göre LoRaWAN v1.1'in birkaç ilgili güvenlik tehditleri, özellikle son cihaz fiziksel yakalamaya karşı güvenlik açıkları, sahte ağ geçidi ve tekrar saldırıları gözden geçirilmektedir. Yazılan

metinde bahsedilen güvenlik kusurları dışında, LoRaWAN v1.1'in önceki sürümüne kıyasla daha güvenli ve güvenilir olacaktır. Bu nedenle bunların eklenmesiyle dolaşım ve mobilite desteğinin yeni özellikleri bunlardan mevcut olanlar; uzun menzilli, geniş düşük maliyetli cihazlar, yüksek topluluk desteği, kolayca uygulanabilir cihazlar, LoRaWAN'ı IoT uygulamaları için giderek daha çekici hale getirmektedir (Butun ve ark., 2019).

Düşük Güçlü Geniş Alan Ağı örneği olan LoRaWAN teknolojisi, IoT'den türetilmiş olası bir çözüm olarak kabul edilir. LoRaWAN'ın uzun menzil vaat etmesine rağmen endüstriyel alanlar gibi birçok engeli olan yoğun ortamlarda, kapsama sorunu yaşayabilmektedir. Ayrıca ters ilişki veri hızları ve aralık arasındaki değerler, birçok endüstriyel uygulama için kabul edilemez olabilir. Yapılan çalışmada, gelişmiş bir LoRaWAN düğümüne dayalı olarak yenilikçi bir LoRaWAN serisi genişletici açıklanmıştır ve IoT etkin endüstriyel kablosuz ağ altyapısına entegrasyonlu ağlar sunulmaktadır. Özel olarak tasarlanmış bir test tezgahı ile elde edilen deneysel sonuçlar, testin etkinliğini göstermektedir. Önerilen yaklaşım özellikle, menzil genişletici, doğru geçiş ile onaylandığı gibi eski LoRaWAN ağları için şeffaftır. Endüstriyel uygulamalar için iletişim, kablosuz iletişim için ek sorunlar oluşturan iç ve dış kapsama alanı gerektirir. Yol kaybı özellikle, doğrusal olmayan davranış sergiler ve tüm düğümler için iyi bağlantı kalitesinin sağlanması zahmetli olabilir. LoRaWAN düşünüldüğünde, ağ geçidi sayısını artırma gibi basit bir yaklaşım maliyet nedeniyle mümkün olmayabilir. LoRaWAN için yenilikçi bir aktarıcı yani e-Düğüm fikri sunulmaktadır. E-Düğüm, mevcut altyapıya göre şeffaftır ve bağlantı kalitesini iyileştirmek için dağıtılabilir. Endüstriyel bir ortamda gerçekleştirilen deneylerde gösterildiği gibi, zayıf bağlantılı düğümlerdir. İki çeşit e-Node donanımı iki hafta süren kapsamlı bir deneysel kampanya ile derinlemesine test edilmiştir. Raporlanan sonuçlar göstermiştir ki, IoT uygulamalarına özgü daha yüksek LoRaWAN veri hızları için bile e-Node'un kullanılabilirliği görülmüştür. Hem katılma prosedürü hem de düzenli veri alışverişi doğru yönetilir. Ayrıca, deneyler, e-Node'da verimli bir işlem birimine olan ihtiyacın altını çizmiştir. Yayılma faktörü SF9 olduğunda işlenebilecek mesajların uzunluğunu en üst düzeye çıkarmak için e-Node her şeyden önce bir menzil genişletici olsa bile, donanım mimarisinin esnekliği bu bölümde daha fazla araştırılacaktır (Sisinni ve ark., 2019).

Küresel Navigasyon Uydu Sistemlerinin (GNSS) ana dezavantajlarından biri, kapalı alanda zayıf çalışmasıdır. İçerideyken, genellikle uydu sinyallerinden cihaza kullanılan ultra yüksek frekans (UHF), tuğla, metal, taş veya ahşap gibi kalın, katı malzemeler tarafından engellenir. Bu sorun LoRaWAN teknolojisine dayalı bir çözüm ile açıklanmıştır. Kapalı mekanlarda konumlandırılan araçları bir LoRaWAN kanalının davranışının tahmini ve trilaterasyonu ile bir aracın lokalizasyonu 20-30 m aralığında elde edilebilir. İç mekan coğrafi konum Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS) için yeraltında her türden aracı bulmak için kullanılabilir. Park etme, bir kamyon müfrezesini düzende tutma veya coğrafi çitler oluşturma, yani bir nesne varsa bir uyarı gönderme gibi uygulamalar yapılabilir. Bir endüstriyel alanda ağır araçların rotalanması ayarlamak başka bir olasılıktır. Yapılan çalışmada, basit istemci cihazlara ve dağıtıma dayalı çözüm tanımlanmıştır. Araç uygulamaları için iç mekan lokalizasyonu sağlamak için çeşitli LoRaWAN ağ geçitleri kullanılmıştır. Bu çözümün ana avantajı, düşük maliyeti ve açıkça kapalı çalışma imkanıdır. Çeşitli çevre ağ geçitleri tarafından algılanan sinyalin RSSI'sinin kullanımına dayandırılmıştır. Bu amaç için Varış Zaman Farkı (TDoA) kullanmanın sorunu, tüm cihazların veya tüm ağ geçitlerinin olmamasıdır. Herhangi bir türden aracın yerini tespit etmek için kullanılabileceği düşünülmüştür. Bunlar yeraltı otoparkları, bir kamyon takımını düzende tutmak veya coğrafi çitler oluşturmak, yani bir uyarı göndermek gibi uygulamalardır (Manzoni ve ark., 2019).

LoRaWAN yeteneği sayesinde IoT için düşük güç ve uzun menzilli iletişimi desteklemektedir. Ancak, gerçek dünya dağıtımı ve ağ optimizasyonu doğru ağ kapsamını tahmin etmek için yol kaybı (PL) modellemesi, performans ve karlılık analizleri yapılmalıdır. Bu nedenle, bu yazıda, LoRaWAN radyo kanalı 868 MHz bandında incelenmiştir. Lübnan'da Beyrut Saint Joseph Üniversitesi kampüsü, Beyrut şehir ve Bekaa vadisi Kentsel ve kırsal yerlerde iç ve dış ortamlarda kapsamlı ölçüm kampanyaları gerçekleştirilmiştir. Ampirik sonuçlara dayalı olarak, PL modelleri LoRaWAN iletişimi için geliştirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Yaygın olarak kullanılan ampirik modellerle performans ve LoRaWAN dağıtımının kapsamı, temel alınarak değerlendirilir. Gerçek ölçümlerde sonuçlar, önerilen PL'nin modeller Lübnan'da uygulanması doğru ve basittir. 8 ve 45 km'ye kadar kapsama menzilleri sırasıyla kentsel ve kırsal alanlarda elde edilmiştir. LoRaWAN son zamanlarda düşük güç ve uzun menzilli IoT iletişimleri için çekici bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Radyo yayılım özelliklerinin derinlemesine bir

çalışması altında birkaç gerçekçi ortamda LoRaWAN'ı kullanmak için çeşitli uç düğüm anten yükseklikleri sunulmuştur. Radyo kanal karakterizasyonu tasarımı ve iletişim sistemlerinin dağıtımında önemli bir konudur. Bu nedenle, kapsamlı olarak Lübnan'da ölçüm kampanyaları yapılmıştır. LoRaWAN'ın performansı PDR ve SNR açısından değerlendirilmiştir. Yoğun bir kentsel alanda, 9 km'ye kadar kapsama alanı elde edilirken, kırsalda 47 km'ye kadar kapsama alanına tek bir bağlantı kullanılarak ulaşılmıştır. Yüksek gölgelemede iletim kalitesi ve engelleme ortamları binalar ve yükseklik profili ek ağ geçitlerinin kurulmasıyla geliştirilebilir (El Chall ve ark., 2019).

Önümüzdeki on yıllar boyunca nüfus artışı tarımsal alanların ve gıda üretiminin yetersiz kalacağını gösterecektir. Akıllı sulama gibi uygulamalar sistemleri elektriği optimize ederek suyu daha verimli kullanabilir hale getirmektedir. Bitkiler ve toprak üzerindeki sensörler besinlerin dağıtımını optimize edebilir ve verimi artırabilir. Düşük maliyetli ve çiftçi dostu olması için tüm bu akıllı tarım teknolojilerini uygulanabilir kılmak önemlidir. Düşük maliyetli, uzun menzilli iletişim teknolojilerinin çok sayıda bağlı algılama cihazıyla kolayca aşırı güç tüketmeden verimli üretimler yapılabilir. LoRaWAN standart iletişim protokolü olmaya uygunluğu ile IoT dağıtımları için son yıllarda ilgi odağı olmuştur. Uzun iletişim aralığı sağlaması ve mevcut enerjiyi önemli ölçüde azaltarak düşük enerji tüketimi veri hızı gibi özellikleri teknolojiyi ön plana çıkarmıştır (Citoni ve ark., 2019).

Simülasyona dayalı analiz, çeşitli ödünleşimleri ortaya çıkarmakta ve LoRaWAN'ın tasarımındaki bazı verimsizlikleri vurgulamaktadır. Ayrıca, performansın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Sistem parametrelerini akıllıca ayarlayarak kazançlar elde edilebilir. Çalışmada sistematik bir analiz sunulmuştur. LoRaWAN ayarlanabilir parametrelerinin iki performans üzerindeki etkisini ölçen indeksler, yani Uplink Packet Delivery Ratio (UL-PDR) ve Confirmed Packet Success Rate (CPSR) uzaktan veri toplamada teknolojinin etkinliği, cihazlar ve cihazlar arasında onaylanmış trafiği desteklemek ve sırasıyla bir merkezi kontrolör oluşturulmuştur. İlk olarak, standart bir ayar yapılandırması, onaylanmış varlığı trafik kaynakları performansını önemli ölçüde düşürebilir. Çift yönlü akışlar sistemin darboğazı haline gelir. Daha da ilginç olanı, onay prosedürünü biraz değiştirerek yani, alt bant takası ve Onay Veri Hızı mekanizmaları ve ağ geçidinde veya hatta daha iyi, bazı downlink aktarımlarının seçici olarak

önceliklendirilmesini sağlayarak, sistemi önemli ölçüde iyileştirmek mümkündür. Bunlar paket teslim oranı, sistem kapasitesi açısından performans, enerji verimliliği ve adaleti, özellikle karışık trafik kaynakları gibi durumlardır (Magrin ve ark., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada, LoRa/LoRaWAN teknolojisi test uygulamalarının uygulanması için bir platformun tasarımı ve geliştirilmesi sunulmaktadır. Temel amaç, radyo ağı kapsamının deneysel olarak geliştirilmesi ve analizidir. Gabrovo kasabası topraklarında LoRa/LoRaWAN ve bir ağ geçidinin geliştirilmesi ve yapılandırılması için, uç cihazlar ve iletişim ve uygulama testi için ağ sunucusu gerekli düzenlemeler yapılarak konuşlandırılmıştır. Araştırma nedenleri; platform düşük maliyetli çözümler kullanır, ucuz çok kanallı modüller, sensörler, uç düğümler ve açık kaynaklı yazılımlara dayanmaktadır. Açık LoRa sunucusunu kullanmak ki bu açık kaynaktır içinde bulunan ağ sunucusunu gerçekleştirmeyi sağlar. Dönüş, bağımlı olmadan veri kontrolüne izin verir. Sistem öncelikle modülerdir. Çeşitli sensörler, çok çeşitli modüller ve uygulamalar servisler kullanılabilir. Platformun ayrıca bazı dezavantajları da vardır. Açık kaynaklı uygulamalarla çalışmak, çok sayıda farklı kütüphanenin kullanılmasını gerektirir. Yapılandırmada ve uzlaşma sürecinde bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. Farklı donanım türleri uygulama yazılımı ile tutarlı olmalıdır. Oluşturulan bir ağ sunucusunun herkese açık olması için kullanılabilir, genel bir IP adresi gereklidir. Barındırma genel sunucu aylık abonelik gerektirir (Angelov ve ark., 2019).

Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi, insansız hava araçları için uzaktan kimlik sistemleri düşünmektedir. Bu sistemler otomobillerde kullanılan plakalar gibi davranır, ancak bilgileri radyo dalgalarını kullanarak iletirler. Kullanışlı olmak, bu tür sistemlerdeki iletimlerin, bunları yakalamak için yer istasyonu sayısını en aza indirmek için uzun mesafelere ulaşması gerekir. LoRaWAN, internet için uzun menzilli iletişim için kullanılacak ucuz bir uzun menzilli teknoloji olarak tasarlanmıştır. Birçok üretici, piyasada kolayca bulunabilen bu tür sorunları çözebilmek için ideal olan LoRaWAN modülleri üretmektedir. İHA sistemlerini belirleme ve bulma deneyleri, bu tür sistemlerde LoRaWAN kullanmanın çeşitli sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Birkaç yer istasyonu kullanarak, bir İHA ile donatılmış bir İHA'nın yeri belirlenebilmiştir. İnsansız hava araçları Remote ID'yi ileten LoRaWAN modülü, kasıtsız veya kasıtlı olarak -y olan İHA'ların belirlenmesine yardımcı olabilmektedir. İHA'lar sadece GPS ile belirlenen

konumlarını yayınlamaktalar, bu durum tüm ortamlarda yeterli olmayabilir. Bazı durumlarda, yer istasyonlarındaki resepsiyonu kullanarak konumun belirlenmesi uygundur. LoRaWAN uzaktan kumanda için kullanılabilecek olası bir kablosuz teknoloji olarak kimlik aktarımı ve yer istasyonlarının nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. İHA'ların üç boyutlu konumunu belirlemek için ortalama RSSI değerleri ticari olarak temin edilebilen düşük maliyetli bir prototip geliştirilmiştir (Ghubaish ve ark., 2019).

Kablosuz Yeraltı Sensör Ağları (WUSN) IoT uygulamalarının gelişmekte olan bir alanıdır. Ancak mevcut kablosuz Algılayıcı ağlar, uygulanabilir veya ölçeklenebilir olmayan sonuçlar vermektedir. Gelişen teknoloji büyük vaatler sunan LPWAN uzun menzilli ve düşük enerji tüketimindeki cihaz sayısı WUSN uygulamaları için potansiyel bir çözüm sunmaktadır. Arasında Mevcut LPWAN teknolojileri, LoRa/LoRaWAN uzun menzilde makul veri hızı sağlayan en popüler seçim ve düşük güç tüketimidir. Yazılan makalede tarım uygulamalarında özellikle WUSN'ler için potansiyel bir çözüm olarak LoRa/LoRaWAN teknolojisini sunmaktadır. Yeni bir LoRaWAN WUSN simülatörü (LWS), bir toprak yolu kaybını içerecek şekilde tasarlanmıştır. LoRaWAN tabanlı WUSN için gizli bir olay simülatörü olan LWS sunulmuştur. LWS'yi kullanarak, dağıtımın gerçek dünya yönleri WUSN yani toprak zayıflaması ve yol kaybı alınabilir. Mevcut araştırmalar görev döngüsü kısıtlamaları nedeniyle ölçeklenebilirlik bakımından LoRaWAN'da sınırlamalar olduğunu göstermiştir. Bir tarım için uygulama, büyük dağıtım yoğunluğu gerektirmediğinden, LoRaWAN tabanlı bir WUSN uygulanabilir olabilir. Simülasyon sonuçları LoRaWAN'ın çok kilometrelik menzile ulaşabileceğini göstermektedir. Üst toprak içinde bir gömme derinliği ile ağ kapsama alanı 70 cm'den azdır. Ek olarak, hacimsel su içeriği büyük ölçüde etkileyecek olan sinyalin zayıflama seviyesini etkilemektedir. Ayrıca, ACK oranı ağ, bölgesel görevle ağ tıkanıklığına neden olabilir. LWS, LoRaWAN tabanlı WUSN için çok yönlü bir araçtır. Ancak, LoRaWAN kullandığından beri Fiziksel katmanı olarak LoRa, yol kaybı modelinin iyi olması gerekebilir. Elde etmek için LoRa'nın CSS modülasyon şemasına göre ayarlama daha doğru sonuç verecektir (Kevin ve ark., 2019).

Tüketici sınıfı hava istasyonları tipik olarak iletimi içerir. Sensör bilgilerinin okumalarını sağlayan dijital bir konsola veriler toplanır. Böyle bir sistemin kablosuz menzili yaklaşık 100 m'ye kadar, kullanımlarını kentsel ortamlarla sınırlı hale getirir. Hava durumu

istasyonu tarafından gönderilen verilerin kodunu çözen bir cihaz sunmak ve onları geliştirmek için LoRaWAN teknolojisini kullanarak iletim sağlanmıştır. Cihaz özel koşulları göz önünde bulundurarak tasarlanmıştır. Yakalayabilen düşük güçlü ve açık kaynaklı transponderler düşük maliyetli ticari hava istasyonlarından gelen meteorolojik verileri ve açık LoRaWAN'ı kullanarak onları uzun mesafelere göndermektedir. Mevcut bulut kaynaklı LoRaWAN TTN ağ geçitlerinden yararlanılmıştır. Toplanan verileri bir hedef uygulama sunucusuna iletmek için bulutta herhangi bir yerde ücretsiz olarak kullanılabilir. Alternatif olarak, ucuz LoRaWAN Ağ Geçitleri, ilgilenen herhangi bir tarafça bile kurulabilir. Transponderin iki versiyonu test edilmiştir. BSF32 mikrodenetleyici, iki tür ihtiyacı karşılamak için ticari WS'ler ve daha yetenekli olana dayalı üçüncü bir sürümdür (Pietrosemoli ve ark., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada, LoRa ve LoRaWAN teknolojilerinde performans analizi üzerine çalışma yapılmıştır. Farklı senaryo ve ortamlarda analizler gerçekleştirilmiş. LoRaWAN protokolü hakkında genel bilgiler verilmiştir. Deneyler için bir ana LoRaWAN ağ geçidi ve sensörlerden oluşan uç birimler geliştirilmiştir. Bina içi, şehir içi ve şehir dışı gibi üç farklı ortamda testler yapılmıştır. Testler sonucunda olası menziller kapsamında ölçümler yapılmış ve RSSI, SNR, varış zamanı ve erişim oranı gibi özellikler analiz edilmiştir. İc880a bordu ile Raspberry Pi 3 kullanılarak bir ağ geçidi oluşturulmuştur. TTN'nin yayınladığı GitHub resposunda bulunan İc880A ağ geçidi gömülü sistem yazılımı kullanılmıştır. Uç cihazlarda da Raspberry Pi 3 kullanılmıştır. Bina içi analizleri sonucunda bina tiplerinin veri iletim oranına etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Katlar arasındaki beton duvarların sinyali engellediği görülmüştür. Engellerin RSSI değerine etkisi görülmemiştir. Sadece RMS oranlarının mesafe ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür. SNR değeri stabil durumdadır. Şehir içi testlerde dengesiz veri iletimi gözlemlenmiştir. Bu sinyallerde çok ciddi düşüşler olmuştur. Bina dışı testlerde gürültü faktörünün veri iletimini etkilediği görülmüştür (Büyükakkaşlar, 2018).

Paket kaybı ve etkinlik tanıma doğruluğu için LoRaWAN sensör verileri arasındaki ilişki araştırılmak istenmiştir. Gerçekçi sensörlerden paketin kayıp miktarı tahmin edilmek istenmiştir. LoRaWAN'da teknoloji ile bağlantılı sensör düğümlerinin miktarı tek bir ağ geçidinin performansı üzerinde bir etkisi vardır. Tek bir ağ geçidi keşfedilerek LoRaWAN sensörler verilerini bulut platformuna başarıyla aktarılmıştır. İnsan aktivitesi

tanıma için sensör verileri LoRaWAN ivmeölçeri ile değerlendirilmiştir. Veri kümesindeki paket kaybı, ortam paket kaybı ve doğruluk arasındaki ilişki simüle edilerek keşfedilmiştir. Yapılan çalışma ölçeklenebilirlik analizi için araştırılmıştır. Gerçek algılama ortamı için LPWAN teknolojisi veri kaybı sağlık bakımı izleme için hayati bir konudur. LoRaWAN sensörleri kullanarak aktivite tanıma keşfedilmiştir. Veri kaybı ortamında doğruluk, iç mekanda deney, bir günlük veri kaybı paterni değerlendirilmiştir. 1dk aralıklı algılama süresi boyunca, Tek sensörlü sensörlerde ~%5 veri kaybı olmuştur. Aktivite tanımayı iyileştirmek için, daha fazla sınıf için daha akıllı özellikler eklenmelidir. Gelecekte, ikinci ağ geçidini ekleyerek artırmaya çalışacaklarını belirtmişlerdir (Hossain, ve ark., 2018).

IoT kablosuz cihazların sürekli hareketi nedeniyle, mevcut kablosuz ağlar, geçici ağlara kıyasla değişen topoloları kullanarak her durumda bağlantı sağlayamamaktadır. LoRa Alliance tarafından önerilen LoRaWAN, düşük güç ve uzun mesafeli iletişim IoT ortamları ve izleme, sağlık tarımı gibi farklı konseptlere yönelik uygulamalar için yaklaşan bir adaydır. Bu IoT konsepti, IoT pazarında hızlı bir büyüme kazanmaktadır ve aynı zamanda yaşam ortamımızı iyileştirmektedir. Çalışmada öncelikle IoT cihazlarında fiziksel katman entegrasyonunun verimli bir çözümü olarak LoRa kısaca tanıtılmıştır. Ardından, farklı bant genişliği değerleri için SNR ve SF'lerin modifikasyonlarına dayalı olarak bit hata oranı, hava iletim süresi gibi değerleri göz önünde bulundurarak bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. LoRaWAN, IoT uygulamalarında protokol entegrasyonu olarak ideal bir adaydır. Araştırma yaklaşımı, LoRaWAN QoS metrik ölçümünün uygulanabilir olduğunu ve uzun menzilli ağlarda düşük güç için kullanılabilirliğini göstermektedir. IoT cihazına ve yeteneklerine bağlı olarak, cihazın pili ile ilgili en iyi SF ve bant genişliğini seçebilir, iletim süresini kısaltabilir, veri hızını artırabilir ve bit hata oranını önemli ölçüde azaltılabilir. IoT cihazlarının güç ve pil ömrü sınırlamalarını dikkate alarak ölçeklenebilir ağlarda veri iletebilen IoT simülatörleri ve cihazları oluşturmaya yardımcı olacak modellerin geliştirilmesine yardımcı olunmuştur. Bu yaklaşımda gelecekteki çalışma olarak, IoT uygulama konumlandırma dünyasında veri iletimi için yukarıdaki teknolojiyi entegre eden bir sistemin incelenmesi ve uygulanması hedeflenmiştir (Bouras ve ark., 2018).

LPWAN'lar son zamanlarda, iletişim bağlamında çekici iletişim sistemleri olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle çevresel izleme ve akıllı telefon gibi tipik IoT uygulamalarında etkili oldukları kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, bu tür ağlar, endüstriyel senaryoda ve dolayısıyla endüstriyel bağlamda da büyük bir potansiyele sahiptir. Yapılan çalışmada belirli bir LPWAN'a odaklanılmıştır, yani, LoRaWAN ve iç mekan tarafından temsil edilenler gibi tipik IoT istihdamları için performansının bir değerlendirmesi yapılmıştır. Dikkate alınan endüstriyel senaryoda en iyi performansı elde etmek için daha sonra bir performansın sonuçları sunulmuştur. LoRaWAN'ın endüstriyel izleme uygulamaları için davranışını değerlendirmeyi amaçlayan gerçekçi simülasyonlara dayalı değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca, makale genellikle benzer uygulamalarda benimsenen IEEE 802.15.4 ağ protokolü ile bir karşılaştırma önermektedir. Elde edilen sonuçlar, LoRaWAN'ın güçlü bir şekilde uygulanabilir bir fırsat olarak kabul edilebileceğini doğrulamaktadır. Çok düşük enerji tüketimi sağlarken yüksek güvenilirlik ve zamanlılık da sağlamaktadır. İç mekan için LoRaWAN'ın benimsenilmesi ele alınmıştır. Doğru bir teorik bilgidan sonra analizi, gerçekçi bir LoRaWAN simülasyon modeli olmuştur. Genellikle ağın davranışını araştırmaya izin veren endüstriyel izleme için dağıtılan yapılandırmalar geliştirilmiştir (Luisotto ve ark., 2018).

Yapılan başka bir çalışma LoRaWAN teknolojisinin temel yönlerine genel bakış ve Kapsamlı Sınıf değerlendirmesi yoluyla son teknoloji ağ simülatörü NS-3 kullanarak elde edilen sonuçları sunar. İlk başta, cihaz ve hareketliliğine odaklanılmıştır. Özellikle paket teslimatı değerlendirilmiştir. A Sınıfı cihazların kapsamlı bir değerlendirmesi LoRaWAN'da onaylanmamış ve onaylanmış uplink iletimleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar bize değeri farklı parametre değerlerinin seçimi hakkında yeni bilgiler vermektedir. LoRaWAN'da genel ağ, performansını etkiler. Örneğin, tek bir cihaza sahip bir ağda adaptif olarak değişen oran, ağın verimini önemli ölçüde artırabilir. Daha az yüklü bir ağda birden fazla cihazla, sınırlı sayıda kanalla, artan onaylanmamış çerçeveler için maksimum iletim sayısı sonucu azaltarak ağ performansını düşürür. Ayrıca, bu gibi durumlarda, onaylanmış kullanmanın iletimi daha iyidir. Benzer şekilde, ağ yüksek düzeyde olduğunda yüklendiğinde, onaylanmamış iletimlerin sonuçlandığı görülmüştür. Elde edilen önemli bulgular LoRaWAN ağ performansını optimize etmek için kullanılabilir. Farklı ağ parametrelerini uygun şekilde seçerek ve ağ durumuna göre cihaz iletim modu ayarlanabilir (Khan ve Portmann, 2018).

LoRaWAN, LPWAN için bir kablosuz teknolojidir. Bugün, en önemlilerinden biri olarak kabul edilir. Düşük maliyetli, düşük güç tüketimli ekipmanları ve açık iş modeli sayesinde IoT için ciddi alternatifler sunmaktadır. LoRaWAN teknik özellikleri, en iyi iletişimi sağlamak için Orta Erişim Kontrolü (MAC) katman işlemleriyle ilgili ilginç çözümler önermektedir. Genel performanslar üzerindeki çok önemli etkisine rağmen, LoRaWAN MAC katmanı hakkında az sayıda araştırma mevcuttur. Yazılan makalede, LoRaWAN İttifakına dayalı LoRaWAN MAC katmanı operasyonlarını ve hizmetlerini sunmaktadır. Ayrıca LoRaWAN performanslarıyla ilgili son çalışmalara genel bir bakış sunar. Veri alışverişinin performansını artırmak için ele alınması gereken başlıca zorluklar üzerinde durulmuştur. LoRa teknolojisinin kapsamlı bir açıklamasına odaklanırken bir yandan da Lora teknolojisine genel bir bakış önerilmiştir (El Fehri ve ark., 2018).

Yangın algılama ve alarm sistemleri, çıkan yangınları öncelikli olarak algılamak ve gerekli kurumları yangın hakkında uyarmaktır. Bu maksatla tasarlanan donanımsal ve yazılımsal sistemlerdir. Günümüzde fabrikalar, alışveriş merkezleri, metrolar gibi insanların fazla olduğu yerlerde güvenlik ve kontrol sistemlerinin üst düzey olması oldukça önem arz etmektedir. Hali hazırdaki yangın alarm sistemleri büyük alanlarda verimli bir çözüm sağlamamaktadır. Yapılan çalışmada, nesnelerin interneti tabanlı düşük maliyetli endüstriyel yangın alarm sisteminin tasarımı ve uygulaması anlatılmaktadır. Geliştirilen sistem gaz sensörü, hareket sensörü, sıcaklık nem sensörü, duman sensörü ve haberleşme modülüne sahip cihazlardan oluşmaktadır. Veriler Wi-Fi aracılığı ile bulut servere depolanmaktadır. Yapılan sistem, kullanıcının her bölgeden istediği zaman sıcaklık, nem, hareket ve yangın verilerini grafiksel olarak görüntülenmesini sağlamaktadır (Çeltek ve ark., 2017).

Yazılan başka bir makalede, LoRa teknolojisinin genel özellikleri ve ölçeklenebilirliği üzerinde durulmuştur. LoRa'nın çeşitli performans ölçütlerinin deneysel doğrulamasını raporlamaktadır. LoRa teknolojisi 150 dB'nin üzerinde bağlantı bütçesi sağlayarak iyi bir kapsama alanı sağlar. Bu nedenle, LoRa birçok farklı IoT uygulamasında iletişim seçeneği olarak oldukça kullanışlıdır. Sonuçlar gösteriyor ki, 14 dBm ve en yüksek iletim gücü yayılma faktörü 12 ise, paketlerin %60'ından fazlası su üzerinde 30 km mesafeden

alınabilmektedir. Mobil senaryolarda sunulan sonuçlar LoRa ile modüle edilmiş sürenin yaklaşık 40 km / s'de iletişim performansının kötüleştiğini ortaya çıkarır. Sembol tutarlılık süresini aşmaktadır. Bununla birlikte, daha düşük yayılma durumunda iletişim bağlantısının daha güvenilir olması beklenmektedir (Petajajarvi ve ark., 2017).

Yapılan bir derleme makalede, LoRa ve LoRaWAN hakkında genel bilgiler verilmiş ve LoRa için kullanılan çeşitli cihazlar tanıtılmıştır. Hangi uygulamalarda kullanıldıkları hakkında bilgiler verilmiştir. LoRa uygun bir iletişim teknolojisi olarak uzun menzilli bağlantılara ihtiyaç duyar ve dağıtılmış bir şekilde konuşlandırılır. LoRaWAN protokolü bir kablolu iletişim protokolüdür. LoRa Alliance tarafından karşılaşılan zorluklara hizmet etmek için geliştirilmiştir. IoT uygulamalarında uzun menzilli iletişim için kullanılmaktadır. Uzun menzil, düşük güç tüketimi ve düşük bit hızına sahiptir (Khutsoane ve ark., 2017).

LoRa iletim parametre seçimi hakkında bilgi verilmiştir. LoRaWAN spesifikasyonu kar amacı gütmeyen LoRa Alliance tarafından korunur. LoRaWAN da cihazlar doğrudan şeffaf bir şekilde bir veya daha fazla ağ geçidine mesajları bir internet ağı üzerinden bir ağ sunucusuna aktarır. Veriler birden fazla ağ geçidi kullanılarak alınabilir ve iletilir. Mesajlar kullanılan ağ sunucusuna gönderilir. Son kullanıcı sadece cihazları ve uygulama sunucusunu sağlar. Ağ geçitleri ve ağ sunucusu bir şebeke sağlayıcısıdır. LoRaWAN üç tür cihaz tanımlar. Bunlar A sınıfı, B sınıfı ve C sınıfıdır. Bir LoRa cihazı, farklı iletim kullanacak şekilde yapılandırılabilir. Performans ve enerji tüketimi için kullanılan parametreler güç taşıyıcı frekansı, yayılma faktörü, bant genişliği ve kodlama oranıdır. Makalenin devamında bu parametreler ayrıntılı şekilde verilmiştir (Bor ve Roedig, 2017).

Birçok IoT uygulaması, düşük güçlü uzun menzilli bağlantıdan büyük ölçüde yararlanmaktadır. LoRa Alliance tarafından sürdürülen ve Semtech'in patentli LoRa radyo modülasyon teknolojisini kullanan bir MAC protokolü olan LoRaWAN'da, düşük güç ve uzun menzilli gereksinimleri karşılayacak ümit verici bir teknoloji görülmektedir. LoRaWAN, performans ve enerji tüketimi arasında bir denge sağlayan üç farklı cihaz sınıfı A, B ve C sağlamaktadır. Bu sınıfların teorik ve deneysel bir karşılaştırması sunulmaktadır. Kantitatif deneyin iki amacı vardır. Bir LoRa çipinin veri sayfasında yayınlanan farklı çalışma modlarının mevcut seviyelerini doğrulamak ve LoRa sınıfı A ve C çalışma modları için pil ömrünü karşılaştırmaktır. Artan yük boyutları ve yayılma

faktörleri ile voltaj seviyelerini ve zamansal değişimi toplamak için yüksek kaliteli bir akım algılama devresi kullanılmıştır. Ohmik Yasayı kullanarak, enerji tahliyesi hesaplanabilir ve farklı SF'ler ve sınıfları arasında karşılaştırılabilir. Yapılan deneyler sonucunda rakamlar, A sınıfı için daha yüksek yayılma faktörü kullanmanın önemli ölçüde daha yüksek enerji tüketimi anlamına geldiğini göstermektedir. Ölçümlerden ve güç gereksinimi hesaplamalarından elde edilen sonuçlar, A sınıfı bir cihaz için, uygun yük boyutu, iletim aralığı ve bir yayılma faktörü kullanmaya özen gösterilmesi halinde 10 yıllık operasyonel hedefi elde etmenin mümkün olduğunu göstermektedir (San Cheong ve ark., 2017).

Her ikisi de IoT senaryoları için tasarlanmış olmasına rağmen, LoRa ve LoRaWAN endüstriyel ortamların gereksinimlerini karşılıyor gibi görünmektedir. Özellikle, uygulama senaryosu bir dakika mertebesinde ve çok sayıda düğümde döngü süresine ihtiyaç duyduğunda, çalışmada önerilmiş olan mekanizmada LoRa / LoRaWAN uyarlaması, proses kontrol gereklilikleriyle uyumludur ve WirelessHART ve ISA100.11a gibi iyi kurulmuş çözümlere benzerdir (Rizzi ve ark., 2017).

LoRa Fransa'nın kuzeyinde Lille Üniversitesi Bilimsel Kampüsü'nde yerel bir ağ oluşturmak için kullanılmıştır. Akıllı şehir yönetim platformuna sensörler ve sunucu arasında veri alışverişi kurulmuştur. Bu kurulumdan önce ağı, LoRaWAN'ın kampüsteki performanslarını araştırmak için bir saha çalışması yapılmıştır. Bu saha çalışmasının sonuçları, akıllı kampüs projeleri için teknolojinin iyi olduğunu göstermektedir. Yaklaşık 145 bina ve 100 km kentsel ağda hem açık havada hem de kapalı alanda testler yapılmıştır. Kampüsün önemli bir bölümü binalarla dolu olmasından dolayı kötü sinyaller yerel olarak veri kalitesini bozmuştur. Bu zorluğun üstesinden gelinebilecek ek ağ geçitlerinin kurulumu ve optimizasyonu kampüste ağ geçitleri konumları belirlenmiştir. Büyük inşaat kompleksinde iç mekan testleri sadece bir ağ geçidi kullanarak iyi performanslar alındığını göstermiştir. Sonraki testler, tesisin konumunun optimizasyonuna odaklanacaktır. Ağ geçidi ve yerel performansların analizinde de havanın etkisi ve kampüsün faaliyeti gibi ağ performansları hakkında çalışmalar yapılacaktır (Loriot ve ark., 2017).

Yapılan başka bir çalışmada, kitle kaynaklı trafik sakinleştirme için minimalist bir ağ olarak LoRaWAN'ın kullanılabilirliğini analiz edilmiştir. Uygulamanın açık ve özelleştirilebilir olduğu görülmüştür. Kullanıcı tanımlı zaman aralıklarında toplanan sensör verilerini iletmek için kullanılabilecek uyarlanabilir bir algoritma tanımlanmıştır. Daha iyi enerji verimliliği ve veri kaybını önlemek için, paket toplama ve paket yeniden iletimi için destek eklenmiştir. Deneysel sonuçlar, düşük veri hızları, sensör cihazları için daha yüksek enerji harcamasına yol açtığını göstermiştir. Ancak, bir veri hızıyla bile, mütevazı bir 1000 mAh ile 6 dk'lık zaman aralıkları için beş yıldan fazla tahmini bir kullanım ömrü bir pil elde edilmiştir. Değişken yük paketlerinin iletimi için yararlı bit başına enerjiyi analiz ederek, birden çok zaman aralığından bilgi toplamada daha iyi enerji verimliliği tahmini yapılmıştır. Bu sonuçlarla LoRaWAN'ın gerçekten de kitle kaynaklı trafik sakinleştirici bir ağ kurmak için rasyonel bir seçim olduğu sonucuna varılabilir. Böyle bir ağ, şehirlere pasif bilgilere güvenmek yerine trafiği neredeyse gerçek zamanlı olarak izleme yetkisi verecektir. Bugün yaptıkları gibi aktüatörlerle şehirler için daha akıllı trafik yönetimi çözümlerinin önünü açabilir. Örneğin sinyalizasyon da ağa bağlı parametrelerin özelleştirilmesi olasılığı ile alıcı hassasiyeti, veri hızları ve iletim gücü gibi, LoRaWAN daha büyük diğer uygulamaları da bulabilir. Ağ kapasitesi için yapılan temel analiz, ağın aynı anda birden fazla uygulamayı destekleyebilir. Yapılan çalışma, enerji maliyetlerini tahmin etmek için oluşturulabilir (Mathur ve ark., 2017).

Yapılan başka bir makalede, uzun menzilli ve düşük güçlü nesnelerin interneti için ağlar üzerinde çalışılmıştır. LoRa'ya genel bir bakış ve işlevsel bileşenlerinin derinlemesine bir analizi sunulmuştur. Fiziksel ve veri bağlantı katmanı performansı, saha testleri ve simülasyonları ile değerlendirilmektedir. Dayalı analize ve değerlendirmelere yönelik performans iyileştirmeleri için bazı olası çözümler önerilmiştir. Semtech tarafından geliştirilen LoRa fiziksel katmanı, uzun menzilli, düşük güç ve düşük verimli iletişimdir. 433-, 868- veya 915-MHz ISM bantlarında çalışmaktadır. Her bir iletimin yükü 2–255 sekizli arasında değişebilir ve veri hızı, kanal birleştirme kullanıldığında 50 Kbps'ye kadar ulaşabilir. Modülasyon teknik, Semtech'in tescilli bir teknolojisidir. LoRaWAN, orta düzeyde bir erişim kontrol mekanizması sunarak birçok uç cihazın LoRa modülasyonunu kullanarak bir ağ geçidi ile iletişim kurulmuştur. LoRa modülasyonu tescillidir, ancak LoRaWAN, LoRa Alliance tarafından geliştirilen açık bir standarttır.

Yapılan çalışma ayrıca LoRaWAN'ın ALOHA protokolüne çok benzeyen bir LPWAN protokolü olduğunu da göstermiştir. Dolayısıyla, bağlantı üzerindeki yük arttığında performansı hızla düşmektedir (Augustin ve ark., 2016).

IoT'nin yükselen dalgası, yüzeye çok sayıda düşük güçlü, uzun menzilli ve düşük bit hızlı kablosuz ağ teknolojileri sunan LoRaWAN'dır. Yoğun bir şekilde popüler hale gelmektedir. Yazılan makalede, anketlere ve performansa odaklanarak LoRaWAN çalışması analiz edilmiştir. En önemlisi kanal erişiminin değerlendirilmesi büyük makine tipi iletişim için bileşen sağlamaktadır. LoRaWAN'ın zayıf yönlerini ortaya çıkarmak ve LoRaWAN'ı geliştirmek için spesifikasyon ve çözüm önerileri verilmiştir (Bankov ve ark., 2016).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan materyal ve yöntemler anlatılmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. DLOS8 ağ geçidi



Şekil 3.1. Dragino DLOS8 LoRaWAN Ağ Geçidi

DLOS8 açık kaynaklı dış mekan LoRaWAN ağ geçididir. DLOS8 ağ geçidi LoRa kablosuz ağını Wifi, Ethernet, 3G veya 4G hücresel üzerinden bir IP ağına bağlantı kurmanızı sağlar. LoRa kablosuz iletişimi, kullanıcıların düşük hızda veri göndermesine ve son derece uzun mesafelere ulaşmasına olanak tanır. DLOS8, Semtech paket ileticisini kullanır ve LoRaWAN protokolü ile tamamen uyumludur. On programlanabilir paralel demodülasyon yolu sağlayan bir SX1301 LoRaWAN yoğunlaştırıcı içerir. DLOS8, farklı ülkeler için kullanılacak önceden yapılandırılmış standart LoRaWAN frekans bantlarına sahiptir. Kullanıcı ayrıca kendi LoRaWAN ağında kullanmak için frekans bantlarını özelleştirebilir. DLOS8, LoRaWAN sunucusu olmadan ABP LoRaWAN uç düğümü ile iletişim kurabilir. Sistem entegratörü, kendi LoRaWAN sunucusunu kurmadan mevcut IoT servisiyle entegre etmek için kullanabilir. Şekil 3.1’de ağ geçidi görseli verilmiştir (Anonim, 2022).

3.1.2. Özellikler

Açık Kaynaklı OpenWrt sistemi, LAN veya Wifi üzerinden Web Graphical User Interface (GUI), 49x LoRa demodülatörü, Açık LoRaWAN Ağ Geçidi, On programlanabilir paralel demodülasyon yolu, LoRaWAN paket filtreleme, Uzağı gören LED göstergesi, Konum ve zamanlama için yerleşik GPS modülü, Harici fiber cam anten, 802.3af Giriş Noktası, IP65, Aydınlatma Koruması, Güç Tüketimi:12v 300 ~500mA,

3.1.3. Donanım sistemi

Linux Bölümü: 400Mhz ar9331 işlemci, 64MB RAM,16MB Flaş.

Arayüz: 10M/100M RJ45 Bağlantı Noktası x 2, Wifi : 802.11 b/g/n, LoRa WAN Kablosuz, Güç Girişi: 12 ~ 24 V DC, 1 A, IEEE 802.3 af uyumlu PoE bağlantı noktası (DC 37 ~ 57 v), USB 2.0 ana bilgisayar konektörü x 1, Mini PCI E konektörü x 1, SX1301 + 2 x SX1257

Wifi Özelliği: IEEE 802.11 b/g/n, Frekans Bandı: 2.4 ~ 2.462GHz, 11n tx gücü: mcs7/15: 11db mcs0: 17db, 11b tx gücü: 18db, 11g 54M Tx gücü: 12db, 11g 6M Tx gücü: 18db, Wifi Hassasiyeti, 11g 54M: -71dbm, 11n 20M: -67dbm

LoRa Özelliği: SX1257 Tx/Rx ön uç ile -140 dBm'ye kadar hassasiyet, 1 MHz ofsetinde 70 dB CW girişim reddi, Negatif SNR, 9dB'ye kadar CCR ile çalışabilme, 49 x LoRa demodülatörü ve 1 x (G)FSK demodülatörü, Çift dijital Tx ve Rx radyo ön uç arayüzleri, 10 programlanabilir paralel demodülasyon yolu, Dinamik veri hızı uyarlaması, Gerçek anten çeşitliliği veya eş zamanlı çift bantlı çalışma

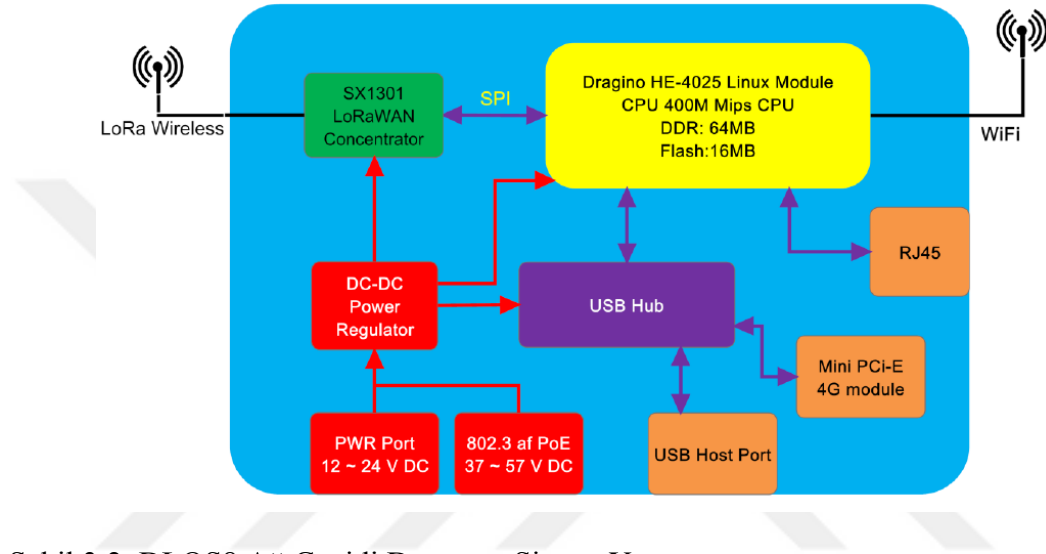
Hücresele 4G LTE (isteğe bağlı): Quectel: EC25 LTE modülü, Standart Boyutlu SIM Yuvası, 2 x 4G Etiket Anteni, 150Mbps'ye kadar downlink ve 50Mbps uplink veri hızları, Dünya çapında LTE, UMTS/HSPA+ ve GSM/GPRS/EDGE kapsamı, MIMO teknolojisi, modem kablosuz iletişim sistemlerinde veri hızı ve bağlantı güvenilirliği taleplerini karşılar.

Ethernet üzerindeki güç: IEEE 802.3af uyumlu, 37Vdc ila 57Vdc arası geniş giriş voltajı aralığını destekler, Termal kesme, Kısa devre koruması, Aşırı akım koruması, İzolasyon seviyesi 4 KVrms, Gelişmiş aşırı gerilim koruması

3.1.4. Uygulamalar

Akıllı binalar ve ev otomasyonu, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi, akıllı ölçüm, akıllı tarım, akıllı şehirler, akıllı fabrika vb.

3.1.5. Donanım sistem yapısı



Şekil 3.2. DLOS8 Ağ Geçidi Donanım Sistem Yapısı

3.1.6. LED göstergeler



Şekil 3.3. DLOS8 Ağ Geçidi Led Göstergesi

DLOS8 muhafazasında su geçirmez üç renkli bir LED vardır, LED'in anlamı şudur; Katı yeşil DLOS8, LoRaWAN sunucu bağlantısı vardır. Yanıp sönen yeşil cihazın internet bağlantısı vardır ancak LoRaWAN bağlantısı yoktur ya da cihaz önyükleme aşamasındadır, bu aşamada birkaç saniye yeşil yanıp söner ve sonra kırmızı ve sarı birlikte yanıp sönecektir. Katı kırmızı ise cihazın internet bağlantısı yoktur.

3.1.7. Wifi yönü

DLOS8'in en iyi Wifi yönü aşağıdaki görseldeki gibidir.



Şekil 3.4. DLOS8 Ağ Geçidi Doğru Wifi Açısı

3.1.8. LHT65 sıcaklık ve nem sensörü



Şekil 3.5. Dragino LHT65 LoRaWAN Sıcaklık ve Nem Sensörü

Dragino LHT65 sıcaklık ve nem sensörü uzun menzilli LoRaWAN sensörüdür. Bu sensör SHT20 sıcaklık ve nem sensörü ile harici bir sıcaklık ve nem sensörüne sahiptir. Ayrıca sıcaklık sensörü, toprak nem sensörü, devirme sensörü vb. gibi harici sensörleri bağlamak için bir sensör konektörüne sahiptir. LHT65, kullanıcıların veri göndermesini ve son derece uzun aralıklara ulaşmasını sağlamaktadır. Mevcut tüketimi en aza indirirken ultra uzun menzilli yayılmış spektrum iletişimi ve yüksek parazit bağışıklığı sağlamaktadır. Sulama sistemleri, akıllı ölçüm, akıllı şehirler, bina otomasyonu ve benzeri gibi profesyonel kablosuz sensör ağ uygulamalarını hedefler. LHT65, on yıldan daha fazla

şarj için kullanılabilen yerleşik 2400mAh şarjsız pile sahiptir. LHT65, LoRaWAN v1.0.2 protokolü ile tam uyumludur. Standart LoRaWAN ağ geçidi ile çalışabilir. LHT65, daha fazla bilgi için tarih saat ile alınabilen tarih saatli 3200 veri kaydına sahiptir. Aslında pil ömrü, verilerin ne sıklıkta gönderileceğine bağlıdır. Şekil 3.5’de sensör görseli verilmiştir (Anonim, 2022).

3.1.9. Özellikler

LoRaWAN A sınıfı protokolüne sahiptir. Frekans bantları: CN470, EU433, KR920, US915, EU868, AS923 ve AU915, parametreleri değiştirmek için Attention (AT) komutları, LoRaWAN Downlink üzerinden uzaktan yapılandırma parametreleri, program portu üzerinden yükseltilebilir Firmware, on yıldan fazla kullanım için dahili 2400mAh pil, dahili sıcaklık ve nem sensörü, isteğe bağlı harici sensörler, üç renkli durumu belirtmek için LED, zaman damgası ile 3200 set sensör kaydı.

Dahili Sıcaklık Sensörü: Çözünürlük: 0.01 °C, doğruluk Toleransı: Tip ± 0.3 °C, uzun süreli sürüklenme: < 0.02 °C/yıl, çalışma aralığı: -40 ~ 125 °C

Dahili Nem Sensörü: Çözünürlük: 0.04 %RH, doğruluk toleransı: Tip ± 3 %PH, uzun süreli sürüklenme: < 0.02 °C/yıl, çalışma aralığı: 0 ~ 100 °C

Dış Sıcaklık Sensörü – E1: Çözünürlük: 0.0625 °C, -10°C ile +85°C arasında ± 0.5 °C doğruluk, -55 °C ila +125°C arası ± 2 °C doğruluk, çalışma aralığı: -55 °C ~ 125 °C

3.1.10. Güç tüketimi

LHT65 (harici sensör olmadan): Boşta: 3uA. İletim: maksimum 130mA, LHT65 + E1 Sensör: Boşta: 4uA, İletim: maks 130mA

3.1.11. Depolama ve çalışma sıcaklığı

-40°C ile +85°C

3.1.12. Uygulamalar

Kablosuz alarm ve güvenlik sistemleri, ev ve bina otomasyonu, otomatik sayaç okuma, endüstriyel izleme ve kontrol, uzun menzilli sulama sistemleri, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi vb.

Boyutları ve ağırlığı:

Ağırlık: 40g

Boyut: 20x27.5x2.5mm

3.1.13. Çalışma modları

LHT65'in iki çalışma modu vardır:

- Derin Uyku Modu: LHT 65'in herhangi bir LoRaWAN etkinleştirmesi yoktur. Bu mod

pil ömründen tasarruf etmek için depolama ve nakliye için kullanılır.

- Çalışma Modu: Bu modda, LHT65, LoRaWAN'a katılmak için LoRaWAN sensör modu olarak çalışacaktır. Ağ ve sensör verilerini sunucuya gönderir. Her bir örnekleme Tx ve Rx arasında periyodik olarak, LHT65 STOP modunda (BOŞ modda) olacaktır, STOP modunda cihaz aynı güce sahiptir.

LHT65, varsayılan olarak LoRaWAN Over The Air (OTAA) sınıf A modu olarak yapılandırılmıştır. Her LHT65 dünya çapında benzersiz bir OTAA ve ABP anahtarı seti ile birlikte gönderilir. LHT65'i bir LoRaWAN ağında kullanmak için kullanıcının gereksinimleri OTAA veya ABP anahtarlarını ağ sunucusuna girmesi yeterlidir. Böylece LHT65, LoRaWAN ağına katılabilir ve sensör verilerini iletmeye başlar. Her yukarı bağlantı için varsayılan süre 20 dk'dır. Kullanıcının OTAA anahtarlarını ağ sunucusunda ayarlayamaması durumunda kullanıcı, LHT65'te anahtarları ayarlamak için AT Komutunu kullanabilir.

LHT65, varsayılan olarak derin uyku moduna ayarlanmıştır; Cihazın altındaki ACT düğmesi farklı modlara geçmek için kullanılmaktadır.

Tablo 3.1. LHT65 Çalışma Modları

ACT Buton Davranışı	Fonksiyon	Eylem
ACT butonuna 1 s ile 3 s arasında basılması durumunda	Bağlantıyı test etmek için bir paket gönderir.	LHT65 zaten LoRaWAN ağına katıldıysa, LHT65'in harici sensörü varsa, bir yukarı bağlantı paketi gönderir ve mavi led bir kez yanıp sönecektir. LHT65 bağlantısı yoksa kırmızı led bir kez yanıp sönecektir.
ACT butonuna 3 s'den fazla basılması durumunda	Cihaz aktif edilir.	Yeşil led beş kez hızlı yanıp sönecek, cihaz çalışmaya başlayacaktır. LoRaWAN ağına katıldıktan sonra 5 s boyunca sürekli yanacaktır.
ACT butonuna seri bir şekilde beş defa basılması durumunda	Cihaz devre dışı bırakılır. Cihaz	Kırmızı led 5 s boyunca yanacaktır. LHT65'in derin uyku modunda olduğu anlamına gelmektedir.

3.1.14. LDDS75 mesafe algılama sensörü



Şekil 3.6. Dragino LDDS75 LoRaWAN Mesafe Sensörü

Dragino LDD575, Nesnelerin İnterneti çözümü için bir LoRaWAN Mesafe Algılama Sensörüdür. Sensör ile düz bir nesne arasındaki mesafeyi ölçmek için kullanılır. Mesafe algılama sensörü, mesafe ölçümü için ultrasonik algılama teknolojisini kullanan bir modüldür ve verilerin güvenilirliğini artırmak için dahili olarak sıcaklık telafisi yapmaktadır. LDD575, yatay mesafe ölçümü, sıvı seviye ölçümü, park yönetim sistemi, nesne yakınlık ve varlık algılama, akıllı çöp tenekesi yönetim sistemi, robot engel kaçınma, otomatik kontrol gibi senaryolara uygulanabilir. Ölçülen nesne ile sensör arasındaki mesafeyi algılar ve değeri kablosuz olarak LoRaWAN IoT sunucusuna yükler. LDD575'te kullanılan LoRa kablosuz teknolojisi, cihazın düşük veri hızlarında veri göndermesini ve son derece uzun mesafelere ulaşmasını sağlamaktadır. Mevcut tüketimi en aza indirirken ultra uzun menzilli yayılmış spektrum iletişimi ve yüksek parazit bağışıklığı sağlamaktadır. LDD575, 4000mA veya 8500mAh Li-SOCI2 pil ile çalışır; on yıla kadar uzun süreli kullanım için tasarlanmıştır. Her LDD575, LoRaWAN kayıtları için bir dizi benzersiz anahtarla önceden yüklenir, bu anahtarlar yerel LoRaWAN sunucusuna kaydedilir ve güç açıldıktan sonra ağ kapsama alanı varsa LDD575 sensörü otomatik olarak bağlanır. Aslında kullanım ömrü, ağ kapsamına, yukarı bağlantı aralığına ve diğer faktörlere bağlıdır. Şekil 3.6'da sensör görseli verilmiştir (Anonim, 2022).

3.1.15. Özellikler

LoRaWAN 1.0.3 sınıf A, ultro düşük güç tüketimi, ultrasonik teknoloji ile mesafe algılama, düz nesne aralığı 280 mm – 7500 mm, kablo uzunluğu: 25cm, sıcaklık telafisi, bantlar: CN470, EU433, KR920, US915, EU868, AS923 ve AU915, parametreleri değiştirmek için AT komutları, periyodik olarak yukarı doğru, yapılandırmayı değiştirmek için Downlink, IP66 su geçirmez muhafaza, uzun süreli kullanım için 4000mAh pil.

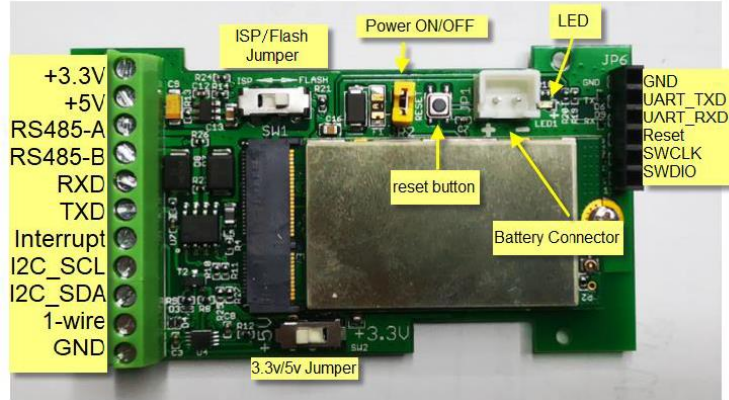
3.1.16. Uygulamalar

Yatay mesafe ölçümü, sıvı seviye ölçümü, park yönetim sistemi, nesne yakınlık ve varlık algılama, akıllı çöp tenekesi yönetim sistemi, robot engel kaçınma, otomatik kontrol, kanalizasyon, alt su seviyesi izleme.

3.1.17. Boyutlar ve ağırlık

- Paket boyutu: 150*120*55mm ve Ağırlık: 220g

3.1.18. LDD575 pin haritası ve çalışması



Şekil 3.7. LDD575 Sensörü Pin Haritası

LDD575, varsayılan olarak LoRaWAN OTAA Sınıf A modu olarak yapılandırılmıştır. LoRaWAN ağına katılmak için OTAA anahtarlarına sahiptir. Bir LoRaWAN ağına bağlanmak için, OTAA anahtarlarını LoRaWAN IoT sunucusuna girilmesi ve LDD575'in açılması gerekir. LoRaWAN ağının kapsama alanı varsa, sensör OTAA aracılığıyla otomatik olarak ağına katılır ve elde ettiği verileri göndermeye başlar. LoRaWAN OTAA sunucusunda OTAA anahtarlarını ayarlayamıyorsa ve sunucudan gelen anahtarların kullanılması gerekiyorsa, LDD575'te anahtarları ayarlamak için AT Komutları kullanılmaktadır.

3.1.19. SOLİDWORKS

Bilgisayar destekli tasarım için kullanılan, iki ve üç boyutlu çizimlerin yapılabilirdiği bir CAD programıdır. SOLİDWORKS yenilikçi, kullanımı kolay, Windows ile kullanılabilen üç boyutlu bir tasarım programıdır. SOLİDWORKS kullanılarak ölçülü ve vektör tabanlı üç boyutlu çizimler yapılabilir. Esnek yapısı sayesinde yapılan çalışmalar birçok program üzerinde uygun formatlara dönüştürülerek kullanılabilir. SOLİDWORKS de yapılan çalışmalar üzerinden teknik veriler elde edilebilir. Montaj modülü sayesinde farklı farklı yapılan tasarımlar birbirlerine montajlanıp birlikte çalıştırılabilir. Animasyon özelliği sayesinde çizilen tasarımlar hareketlendirilebilir. Optimizasyon testleri yapılabilir. Basit mekanizma bağlantıları tanımlanabilir. Parçaların imalatı için gerekli olan kalıplama yapılabilir.

3.1.20. MATLAB

MATLAB çok paradigmalı, sayısal hesaplama yazılımı ve dördüncü nesil programlama dilidir. Dördüncü nesil programlama dili kullanımı çok daha kolay daha az kod yazarak yönergeler, hazır şablonlar ve sihirbazlar sayesinde belirli ihtiyaçlarda uzmanlaşmış pratik çözümler geliştirmeye yönelik dillerdir. Yapay zeka, sinyal işleme, görüntü işleme, veriler üzerinde algoritma çalıştırma ve süreç işleyişi gibi birçok işlemi tek başına yapabilmektedir. Bulut dosya paylaşma yeteneği de mevcuttur. Büyük miktarda depolama alanı sunmaktadır. MATLAB sistemlerin analizinde ve matematiksel hesaplamaların yapılıp görselleştirilmesinde sıkça kullanılmaktadır.

3.1.21. ANSYS

ANSYS bilgisayar destekli olarak mühendislik çalışmalarında analiz ve simülasyonların yapıldığı bir bilgisayar destekli mühendislik programıdır. Bu program mekanik, yapısal analiz, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı transferi gibi değişik disiplinlerde çeşitli çalışmaların yapılmasını sağlamaktadır. ANSYS sonlu elamanlar yöntemi metodunu kullanmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile tek parça halinde analizi çok zor olan karmaşık geometriye sahip tasarımların küçük ve çok sayıda parçalara bölünerek ayrı ayrı analizlerini yapabilmektedir. Sonlu sayıdaki elemanın analizi neticesinde elde edilen sonuçlar birleştirilerek tek ve tutarlı bir analiz sonucu elde edilir. Tasarımların zayıf noktalarının tespiti ANSYS programında yapılan analizler sayesinde tespit edilebilmektedir.

3.1.22. MASTERCAM

MASTERCAM günümüz imalat sektöründe kullanılan Computer Numerical Control (CNC) tezgâhları için Post processing (NC kodu) üretmek için yazılmış bir CAD/CAM programıdır. MASTERCAM, Design (Tasarım), Wireframe Modeling (Tel Çerçeve Modelleme), Solid Modeling (Katı modelleme), Surface Modeling (Yüzey Modelleme), Mill (Frezeleme), Lathe (Torna), Wire (Tel Erozyon) gibi modüllerden meydana gelmektedir. Çizimi yapılmış bir parçayı fiziksel olarak CNC tezgahlarda üretiminin yapılabilmesi için gerekli kodları çıkarmaktadır. Simülasyon özelliği sayesinde parça üzerinde yapılan işlemlerin, parça üretilmeden önce analizi yapılabilir.

3.1.23. Cayenne myDevices

Cayenne, geliştiricilere, tasarımcılara ve mühendislere bağlı cihaz projelerini hızla prototipleme ve paylaşma yetkisi veren dünyanın ilk sürükle ve bırak IoT proje oluşturucusudur. Cayenne, kullanıcıların IoT prototiplerini oluşturmalarına ve ardından bunları üretime getirmelerine yardımcı olmak için tasarlanmıştır.

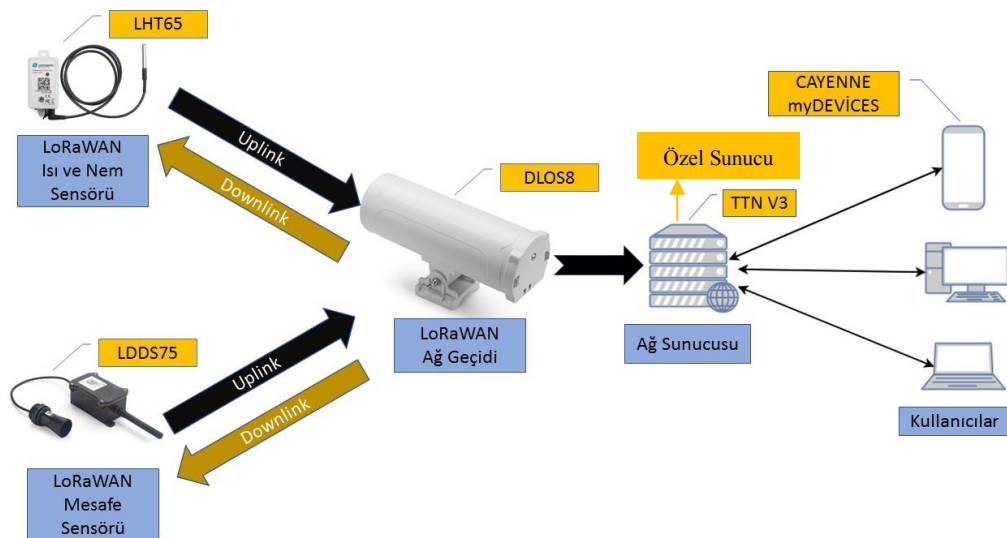
3.1.24. Virtual Box

Sanal makine olarak kullanılan bu program sayesinde Windows, Linux vb. işletim sistemlerini bir bilgisayar üzerine gerekli boyutta yer ayırarak ikinci bir işletim sistemi olarak ayarlanıp kullanılma imkanı sağlamaktadır.

3.1.25. Wireshark

İnternet ağını incelemek için kullanılmaktadır. Bilgisayarlar arasındaki paket trafiğini görsel olarak analiz etme imkanı sunmaktadır. Programın yakaladığı veriler kaydedilebilmektedir.

3.2. YÖNTEM



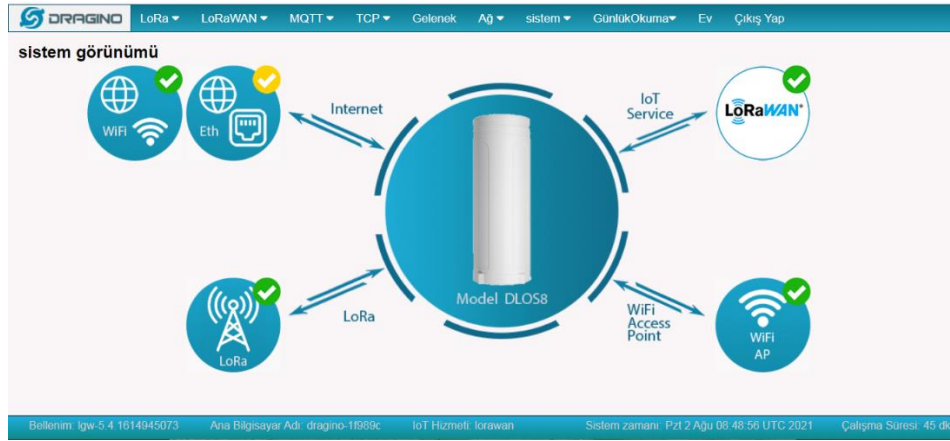
Şekil 3.8. Ağ Geçidi ile Sensörler Arasındaki Haberleşme Haritası

3.2.1. DLOS8 kurulumu

Öncelikle DLOS8 ağ geçidine erişim yapıp yapılandırma işlemi yapılmalıdır. DLOS8, varsayılan olarak bir Wifi erişim noktası olarak yapılandırılmıştır. Kullanıcılar erişebilir ve yapılandırabilir. DLOS8, Wifi veya ethernet portu bağlantısı aracılığıyla ağa bağlandıktan sonra DLOS8'in IP adresi bulunmalıdır. Ağ geçidi çalıştırılmıştır ve bilgisayarın ağına bağlanmıştır. Varsayılan bağlantı şifresi dragino+dragino olarak girilmektedir.

DLOS8'i Wifi ağına bağlamak için tarayıcıdan 10.130.1.1 adresine giriş yapılır. Verilen 10.130.1.1 adres DLOS8'in varsayılan IP'sidir. Çıkan pencerede, kullanıcı adı yerine root, şifre yerine de dragino yazılır.

DLOS8 web ara yüzüne giriş yapıldıktan sonra Şekil 3.9'da görüldüğü gibi bir sayfa açılmaktadır. Wifi sembolünün üstündeki yeşil tik işareti  Wifi bağlantısı kurulana kadar kırmızı çarpı şeklinde görülecektir.  Sarı tik işareti gözüküyorsa  IP bağlantısının olduğu fakat internet bağlantısının olmadığı anlamına gelmektedir.



Şekil 3.9. DLOS8 Sistem Görünümü

Ağ sekmesi altında bulunan Kablosuz internet kısmına giriş yapılır. Şekil 3.10 görselindeki gibi açılan pencerede Wifi bilgileri girildikten sonra ağ geçidi Wifi ağına bağlanmaktadır.

Şekil 3.10. Ağ Geçidi Wifi Bağlantısı

3.2.2. LHT65 sensörü ve LDD575 sensörü kurulumu

Ağ geçidinin kurulumu tamamlandıktan sonra ağ geçidi ara yüzünde LoRa sekmesinin altında ABP Şifre Çözme adlı sayfaya giriş yapılır. ABP şifre çözme etkinleştirilir ve sensörlerin anahtarları ilgili alanlara girilerek kaydedilir. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi eklenen sensörlerden gelen paketler DLOS8 ağ geçidi tarafından algılanıp şifreleri çözülmemektedir.

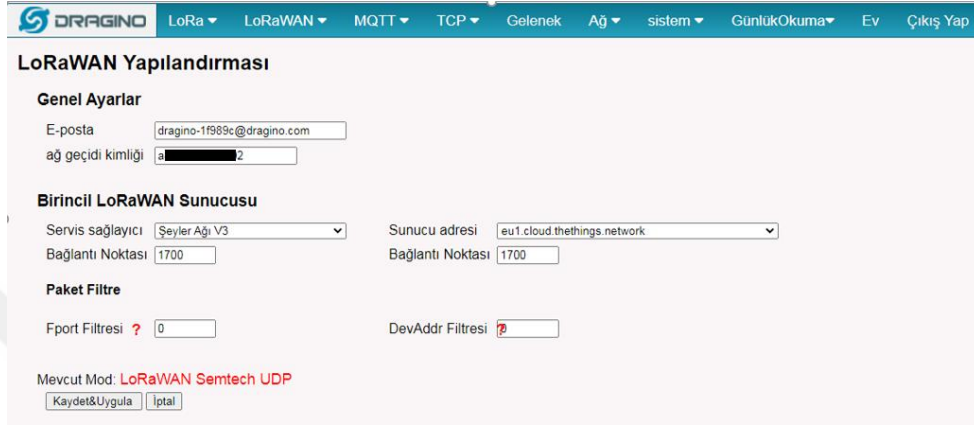
Geliştirici ADDR	APP Oturum Anahtarı	Ağ Oturum Anahtarı	kod çözücü	Geliştirici Adı
01 98 85 85	8FF 85 85 85	8D1 85 85 85	254 85 85 85	Dragino_LHT65
01 98 85 85	8FF 85 85 85	8D1 85 85 85	254 85 85 85	Dragino_LHT65
01 98 85 85	8FF 85 85 85	8D1 85 85 85	254 85 85 85	Dragino_LDD575

Şekil 3.11. Ağ Geçidi Cihaz Ekleme Sayfası

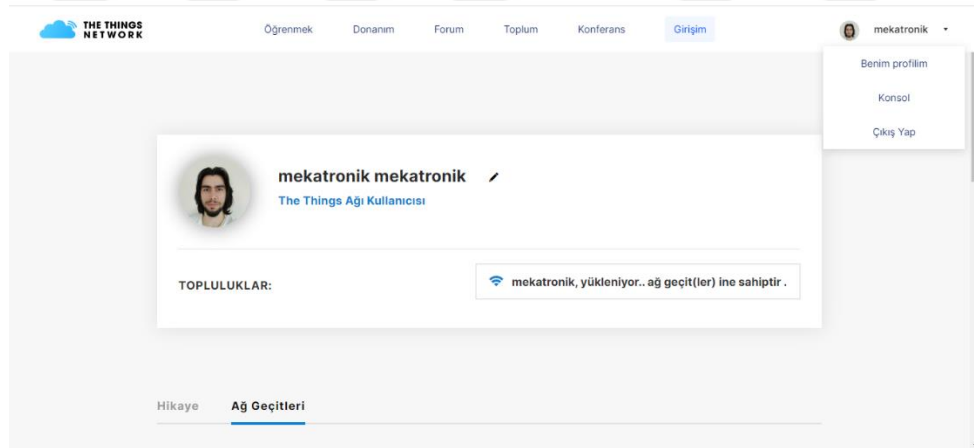
Sensörlere ait anahtar şifrelerin her biri sensörler ile birlikte gönderilmektedir. LHT65 ve LDD575 sensörleri aktif hale geldikleri andan itibaren varsayılan olarak her 20 dk'ya bir paket gönderimi yapacaklardır. Kurulan ağ geçidinin kapsama alanı içindeki sensörlerden gelen paketler okunmaya başlanacaktır.

3.2.3. DLOS8'in The Things Network (TTN) sunucusuna bağlanması

TTN sunucusunda ağ geçidi oluşturabilmek için Şekil 3.12'de görüldüğü gibi DLOS8 ağ geçidinin ara yüzü içerisinde bulunan IP adresi kaydedilmiştir. TTN sunucusunda Şekil 3.13'de görüldüğü gibi mekatronik isimli bir kullanıcı hesabı oluşturulmuştur.

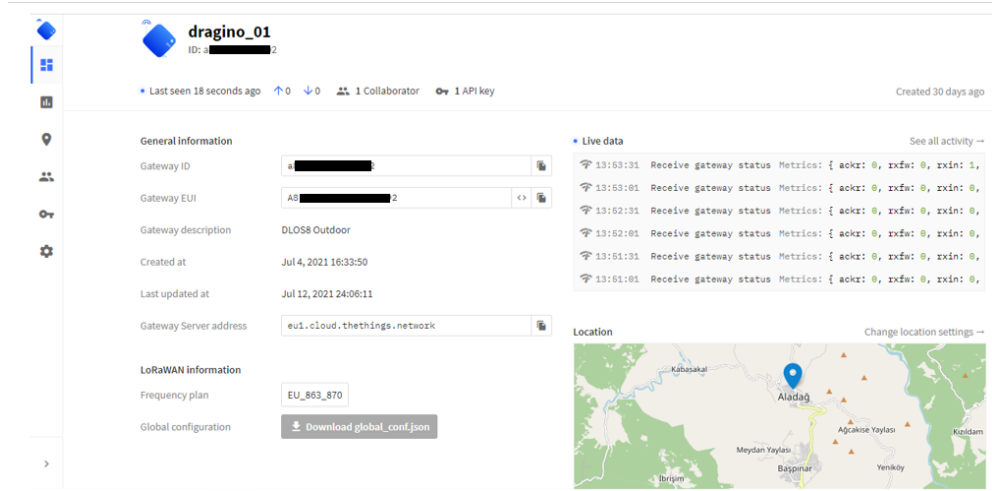


Şekil 3.12. Ağ Geçidi Kimlik Sayfası



Şekil 3.13. TTN Profili

Avrupa 1 adlı sunucu seçilmiştir. Çıkan sayfada ağ geçidi oluşturma kısmından gerekli anahtar şifreleri girilmiştir ve dragino_01 adlı ağ geçidi LoRaWAN sunucusuna katılmıştır. Ağ geçidi aktif olmuştur ve sunucuya her bir dakikada bir Şekil 3.14 deki gibi sinyal gönderimi yapmaktadır.



Şekil 3.14. TTN V3 Aktif DLOS8 Ağ Geçidi

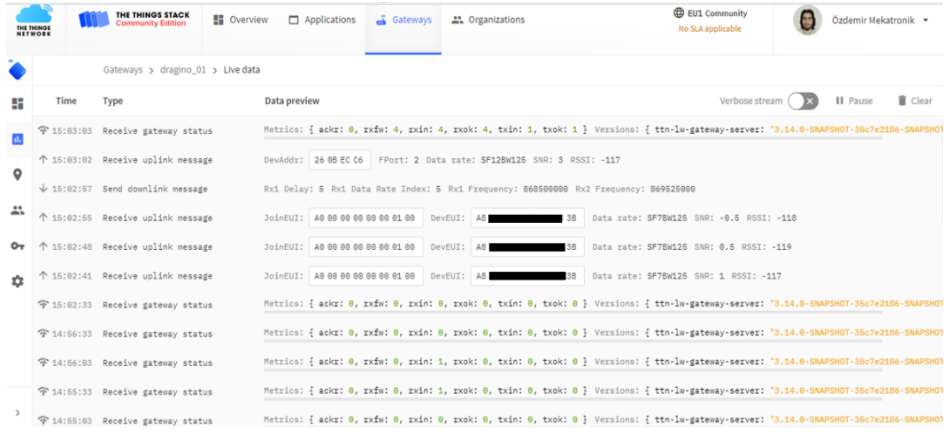
3.2.4. Sensörlerin The Things Network (TTN) sunucusuna bağlanması

Sensörlerin sisteme tanıtılmaları için sahip oldukları anahtar kodlar vardır. Cihazları TTN'de tanımlamak için üç kod gereklidir. Bunlar:

- ✓ DEV EUI: Belirli bir cihaz için benzersiz kimlik kodu.
- ✓ APP EUI: TTN'de tanımlanan bir uygulamanın kodu.
- ✓ APP KEY: Belirli bir cihazla iletişimi güvence altına almak için benzersiz anahtardır.

Bu kodlar, üretici tarafından her cihazda varsayılan kodlar olarak saklanır. Her cihaz, gösterildiği gibi varsayılan Cihaz EUI' sine sahip bir etiketle gönderilir. Bu kodlar her cihazda isteğe bağlı olarak değiştirilebilmektedir.

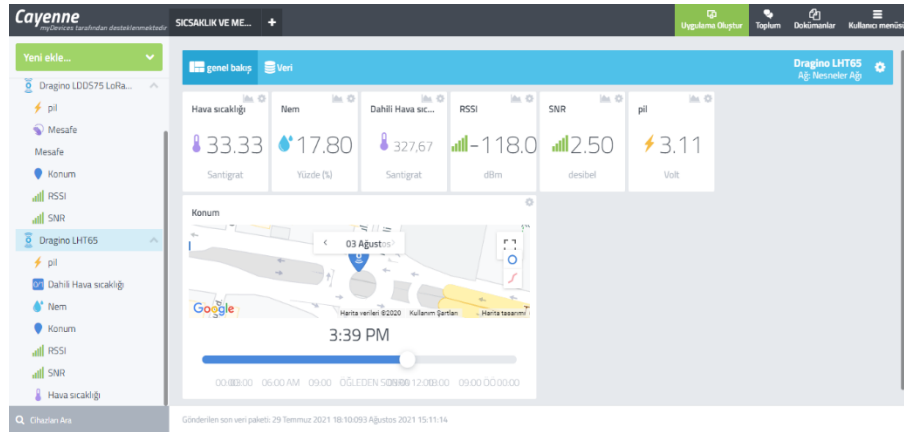
LHT65 ve LDDS75 sensörleri yukarıda bahsedilen DLOS8 LoRaWAN ağ geçidinin kayıt edildiği gibi gerekli anahtar kodları vasıtasıyla sisteme uygulamalar sekmesine girilerek kaydedilmiştir. Sensörler aktif hale getirildikleri andan itibaren gönderdikleri paketler ağ geçidi tarafından okunup TTN V3 sunucusuna Şekil 3.15'de görüldüğü gibi yüklenmektedir.



Şekil 3.15. Sensör Paketlerinin TTN V3 Görünümü

3.2.5. Cayenne myDevices kullanıcı arayüzü

Cayenne kullanıcılara TTN V3'te bulunan verilerin okunmasını kolaylaştırmak için insan dostu bir arayüz sunmaktadır. Uygulamaları Cayenne'ye veri iletmek üzere yapılandırmak için TTN de bulunan LHT65 VE LDD575 sensörlerinin entegrasyonu yapılmıştır. Şekil 3.16'da uygulamaların entegrasyonu tamamlanmış ve uygulama arayüzü çalıştırılmıştır.



Şekil 3.16. Cayenne Kullanıcı Arayüzü

Veriler Cayenne de Şekil 3.17'de verildiği gibi kayıt altında tutulmaktadır. Kullanıcılar istedikleri anda hangi tarih aralığındaki verileri okumak isterlerse veriler burada görülmektedir. Aynı zamanda istenilen tarih aralığındaki veriler .csv dosyası olarak Şekil 3.18'de verildiği gibi indirilmektedir.

zaman damgası	Canlı olarak	m	H	NS	w	1 ay	Gelenek	Sorgu	İndirmek
2021-08-03 3:11:14	Dragino LH...	3	Hava sıcaklığı	6e3dcd0-d78-11eb-a2e...	sıcaklık	C	33.330001831055		
2021-08-03 3:11:14	Dragino LH...	135	Gerilim	6e20f600-d78-11eb-88...	Gerilim	v	3.1129999160767		
2021-08-03 3:11:14	Dragino LH...	101	SNR	6df467c0-d78-11eb-a2e...	snr	db	2.5		
2021-08-03 3:11:14	Dragino LH...	7	Dahili Hava sıcaklığı	6e635630-d78-11eb-88...	sıcaklık	C	327.67001342773		
2021-08-03 3:11:14	Dragino LH...	4	Nem	6dc09a0-d78-11eb-88...	rel_hum	P	17.799999237061		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	100	RSSI	6dc0ad90-d78-11eb-88...	rssi	dbm	-118		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	7	Dahili Hava sıcaklığı	6e635630-d78-11eb-88...	sıcaklık	C	327.67001342773		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	100	RSSI	6dc0ad90-d78-11eb-88...	rssi	dbm	-119		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	135	Gerilim	6e20f600-d78-11eb-88...	Gerilim	v	3.1129999160767		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	3	Hava sıcaklığı	6e3dcd0-d78-11eb-a2e...	sıcaklık	C	33.119998931885		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	4	Nem	6dc09a0-d78-11eb-88...	rel_hum	P	33.599998474121		
2021-08-03 3:10:46	Dragino LH...	101	SNR	6df467c0-d78-11eb-a2e...	snr	db	0.2000000298023		
2021-08-03 3:10:33	Dragino LH...	3	Hava sıcaklığı	6e3dcd0-d78-11eb-a2e...	sıcaklık	C	32.990001678467		
2021-08-03 3:10:33	Dragino LH...	100	RSSI	6dc0ad90-d78-11eb-88...	rssi	dbm	-118		
2021-08-03 3:10:33	Dragino LH...	7	Dahili Hava sıcaklığı	6e635630-d78-11eb-88...	sıcaklık	C	327.67001342773		
2021-08-03 3:10:33	Dragino LH...	4	Nem	6dc09a0-d78-11eb-88...	rel_hum	P	42.900001525879		

Şekil 3.17. Cayenne Veri Kayıtları

Timestamp	Device ID	Channel	Sensor Name	Sensor ID	Data Type	Unit	Value
2021-07-05T10:23:05.559Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	101	SNR	6df467c0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	snr	db	5
2021-07-05T10:23:05.559Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	3	Temperature	6e3dcd0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	temp	c	27.020000457763672
2021-07-05T10:23:05.559Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	4	Humidity	6dc09a0-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	rel_hum	p	45.099998474121094
2021-07-05T10:23:05.559Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	7	Ext. Temperature	6e635630-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	temp	c	327.6700134277344
2021-07-05T10:23:05.559Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	100	RSSI	6dc0ad90-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	rssi	dbm	-109
2021-07-05T10:23:05.559Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	135	Battery	6e20f600-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	voltage	v	3.132999897003174
2021-07-05T10:54:15.851Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	101	SNR	6df467c0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	snr	db	6.5
2021-07-05T10:54:15.851Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	135	Battery	6e20f600-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	voltage	v	3.13100004196167
2021-07-05T10:54:15.851Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	4	Humidity	6dc09a0-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	rel_hum	p	52.099998474121094
2021-07-05T10:54:15.851Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	7	Ext. Temperature	6e635630-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	temp	c	327.6700134277344
2021-07-05T10:54:15.851Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	100	RSSI	6dc0ad90-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	rssi	dbm	-108
2021-07-05T10:54:15.851Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	3	Temperature	6e3dcd0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	temp	c	26.920000076293945
2021-07-05T10:57:21.128Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	100	RSSI	6dc0ad90-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	rssi	dbm	-119
2021-07-05T10:57:21.128Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	4	Humidity	6dc09a0-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	rel_hum	p	54.400001525878906
2021-07-05T10:57:21.128Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	135	Battery	6e20f600-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	voltage	v	3.1410000324249268
2021-07-05T10:57:21.128Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	7	Ext. Temperature	6e635630-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	temp	c	327.6700134277344
2021-07-05T10:57:21.128Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	3	Temperature	6e3dcd0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	temp	c	27.639999389648438
2021-07-05T10:57:21.128Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	101	SNR	6df467c0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	snr	db	5
2021-07-05T11:17:19.665Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	101	SNR	6df467c0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	snr	db	6.800000190734863
2021-07-05T11:17:19.665Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	135	Battery	6e20f600-d78-11eb-883c-638d8ce4c23d	voltage	v	3.13299897003174
2021-07-05T11:17:19.665Z	3a367b20-d660-11eb-8779-7d56e82df461	3	Temperature	6e3dcd0-d78-11eb-a2e4-b32ea624e442	temp	c	27.010000228881836

Şekil 3.18. Cayenne’den İndirilen Veriler

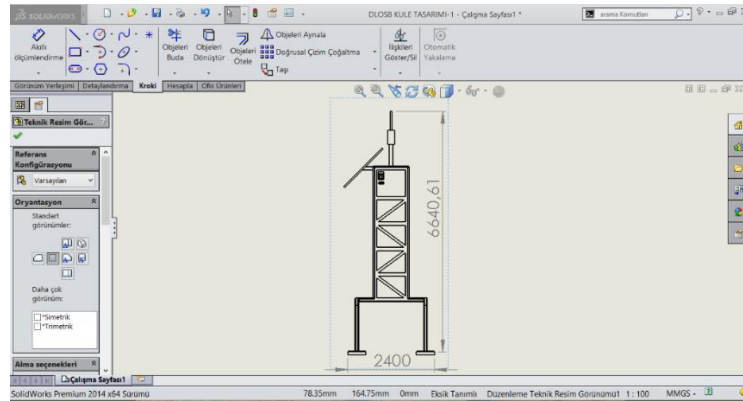
3.2.6. DLOS8 ağ geçidi kule tasarımı

Bu tez çalışması kapsamında sensörler ve ağ geçidi arasındaki iletişimin verimliliğini arttırabilmek için DLOS8 ağ geçidinin konuşlandırılması önem arz etmektedir. Bu sebepten bir sinyal kulesi tasarlanmıştır. DLOS8 ağ geçidinin sensörlerden gelen sinyalleri daha verimli alması için yüksek bir noktaya konuşlandırılmalıdır. Tez kapsamında yapılan uygulama bölgeleri şehir merkezlerinden uzakta elektrik olmayan bölgelerde olabilmektedir. Elektriği güneş enerjisinden karşılamak yani uygun güneş paneli tasarlanarak bu sorunun üstesinden gelmek amaçlanmıştır. Tasarlanan kule Şekil 3.19’ da verilmiştir.

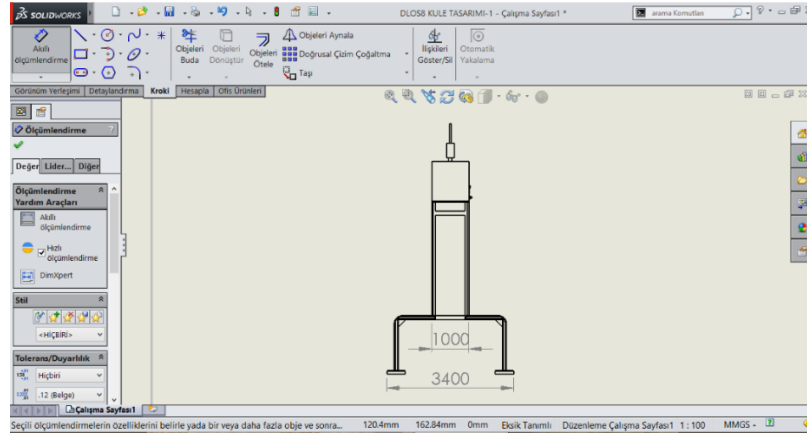


Şekil 3.19. SOLİDWORKS DLOS8 Ağ Geçidi Kule Tasarımı

Tasarlanan kulenin en üst noktasında mavi renkli parça DLOS8 ağ geçididir. Yanına güneş paneli montajlanmıştır ve alt kısımdaki bölmede ise güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisinin depolandığı güç kaynakları şifreli şeffaf bir kasa içerisinde yerleştirilmiştir. Kule ölçüleri milimetre cinsinden Şekil 3.20 ve Şekil 3.21 de verilmektedir.



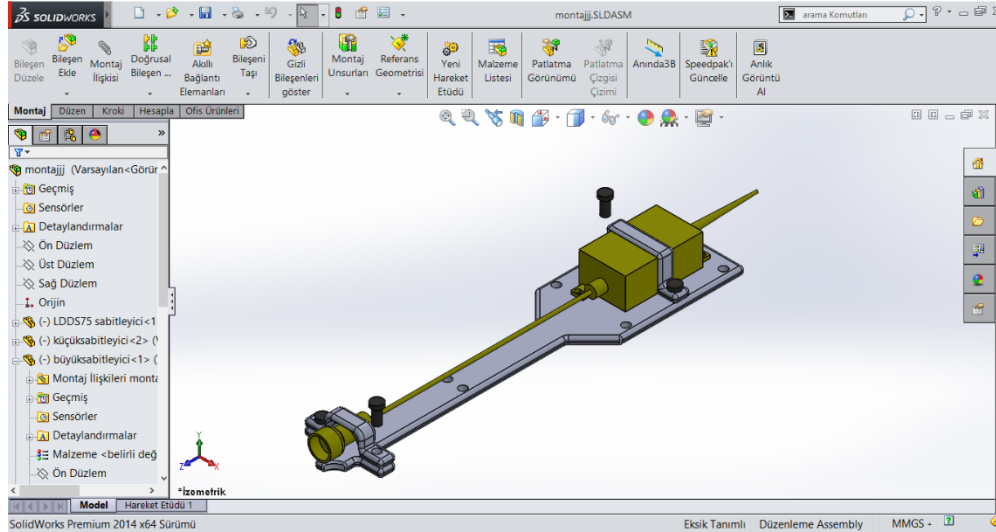
Şekil 3.20. Kule Ölçüleri Ön Görünüş



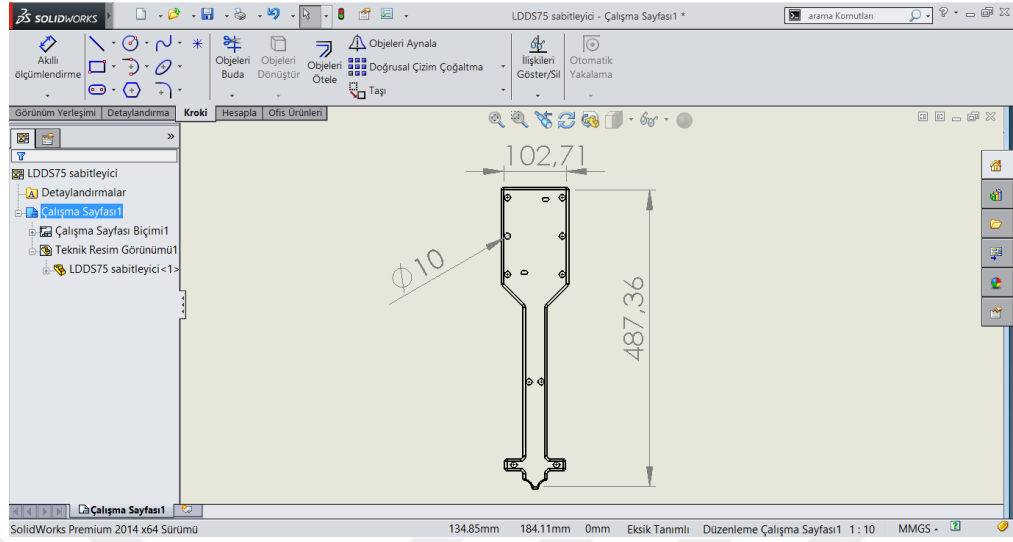
Şekil 3.21. Kule Ölçüleri Yan Görünüş

3.2.7. LDDS75 sensörü sabitleyici tasarımı

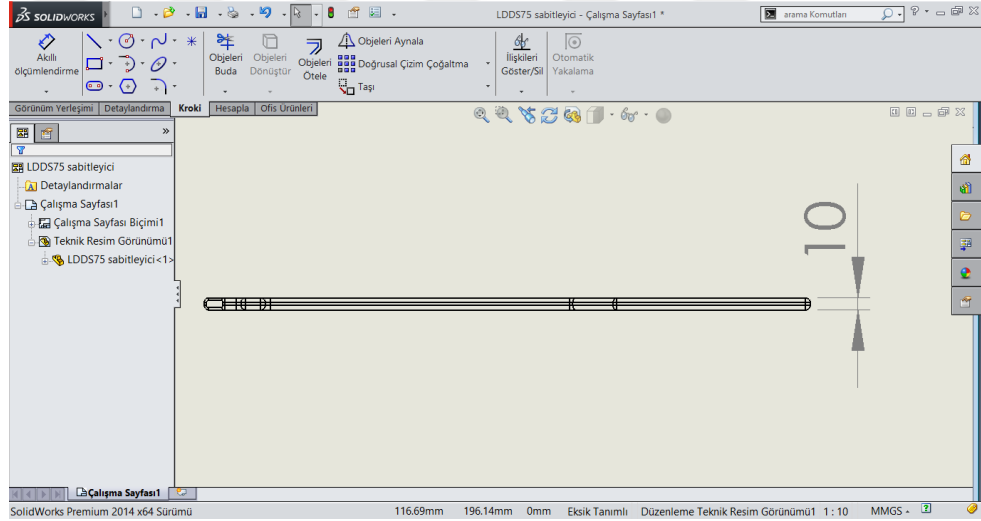
LDDS75 mesafe sensörünün ölçüm sonuçlarında oluşabilecek hata payını en aza indirmek amacıyla tasarlanmıştır. Sensörün köprü, ağaç ve bu tür cisimlere sabitlenmesi veya monte edilmesi için pratik bir tasarım dizayn edilmiştir. SOLIDWORKS kullanılarak çizilen LDDS75 sensörü sabitleyicisi Şekil 3.22 de verilmiştir. Tasarımın ölçüleri Şekil 3.23 ve Şekil 3.24 de verilmektedir.



Şekil 3.22. LDDS75 Sabitleyici Tasarımı



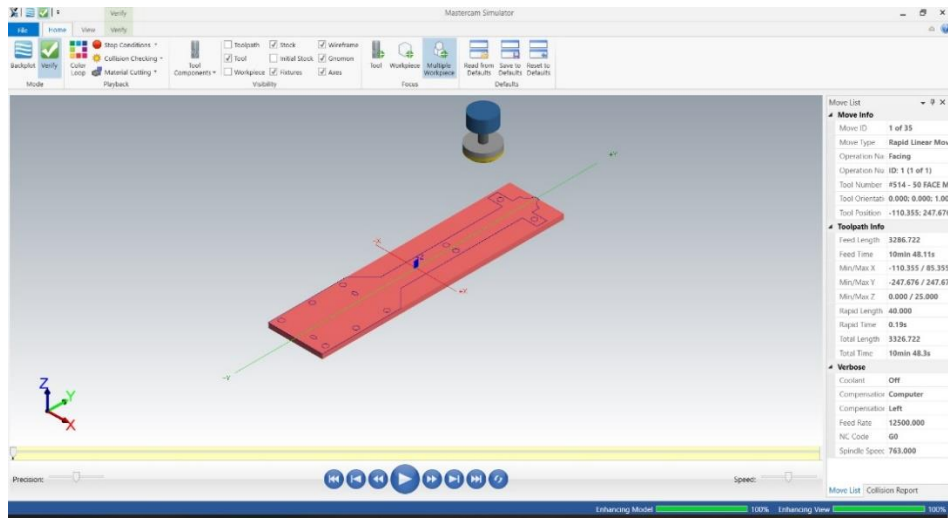
Şekil 3.23. LDDS75 Sabitleyici Tasarımı Ölçüleri



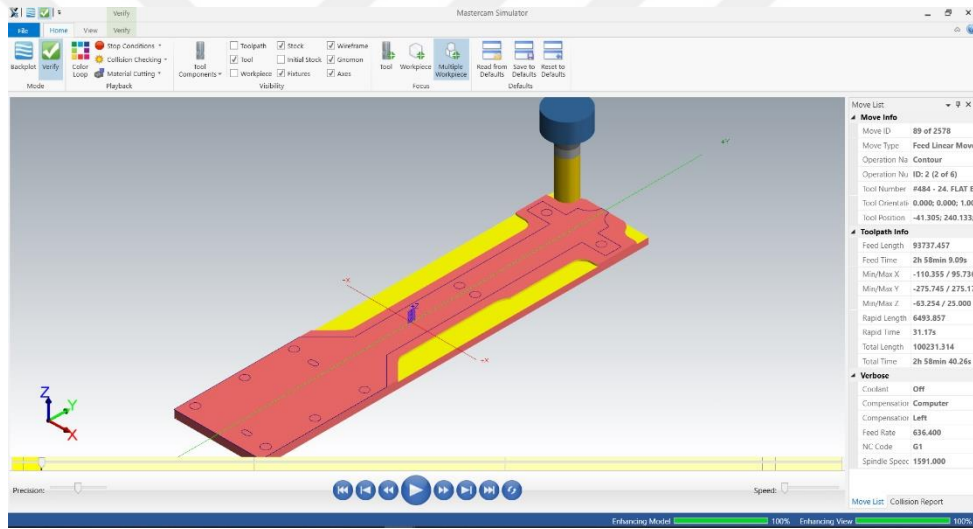
Şekil 3.24. LDDS75 Sabitleyici Kalınlığı

3.2.8. LDDS75 sensörü sabitleyicisi talaşlı imalatı

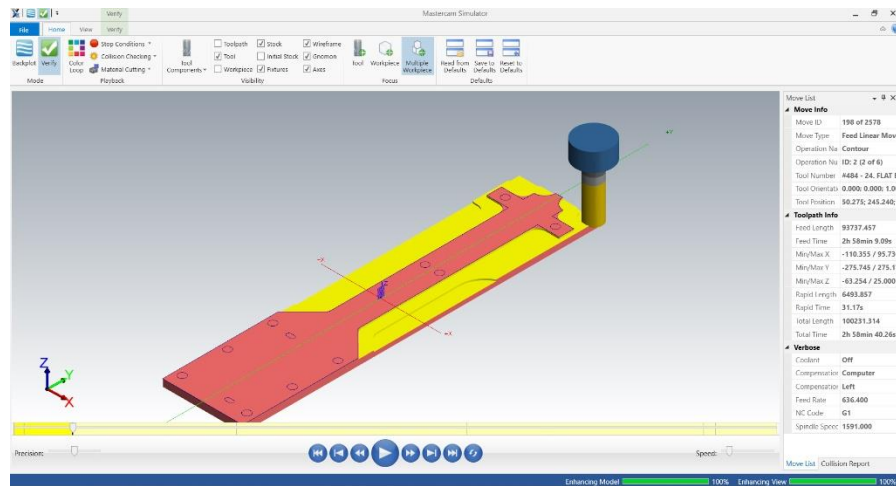
LDDS75 sensör sabitleyicisi CAD programlarından biri olan SOLİDWORKS’ te çizilmiştir. Çizilen dosya .IGES formatında kaydedilmiştir. Bir CAM programı olan MASTERCAM programında .IGES formatında kaydedilen dosya açılmış ve talaşlı imalat için gerekli G kodları üretimi yapılmıştır. Yüklenen sabitleyici parçasına ait eksenler MASTERCAM’ın çalışma eksenlerine göre ayarlanmıştır. Gerekli takım tezgahı ve uçları seçilmiştir. Önce yüzey frezeleme yapılmıştır ve Şekil 3.25 de gösterilmektedir. Daha sonra Şekil 3.26, Şekil 3.27, Şekil 3.28 ve Şekil 3.29 da gösterildiği gibi parçanın ana hatlarını çıkarmak için contour işlemi yapılmıştır.



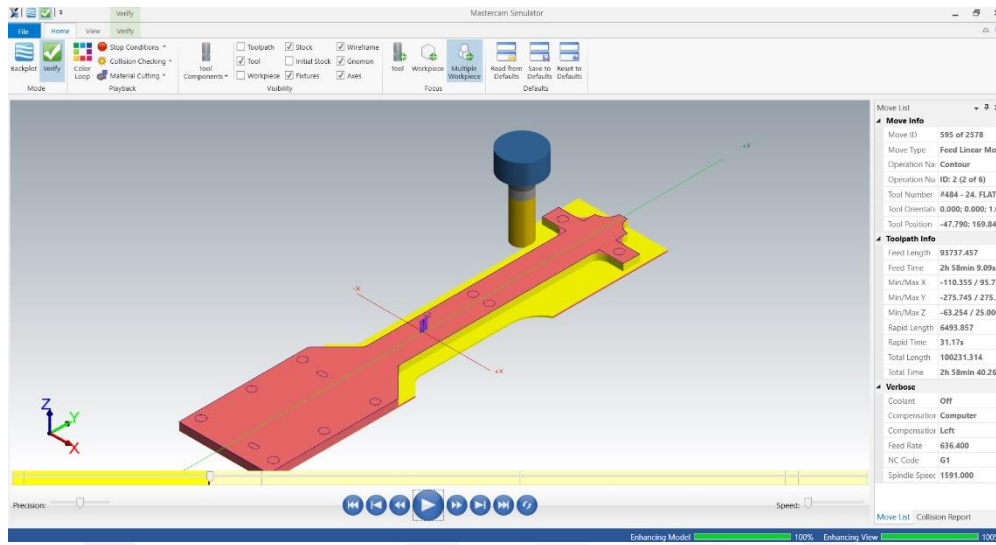
Şekil 3.25. LDDS75 Sabitleyici Yüzey Frezeleme



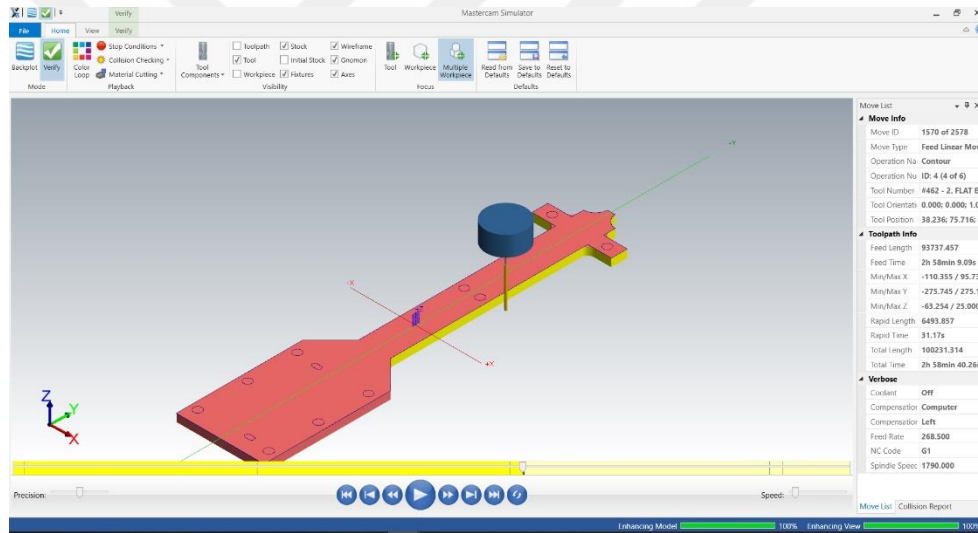
Şekil 3.26. LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-1



Şekil 3.27. LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-2

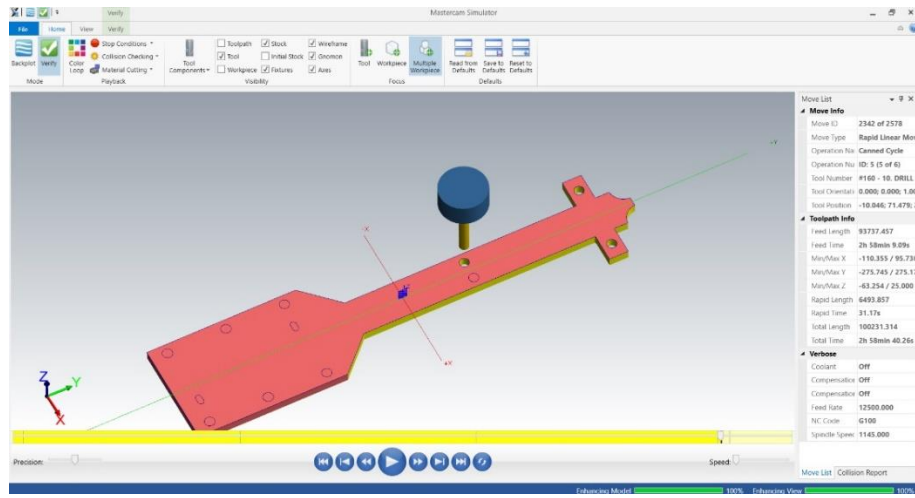


Şekil 3.28. LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-3

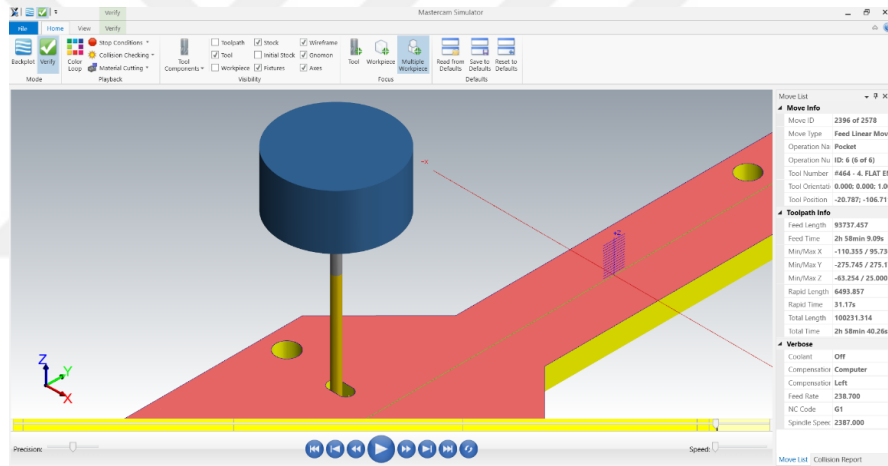


Şekil 3.29. LDDS75 Sabitleyici Contour İşlemi-4

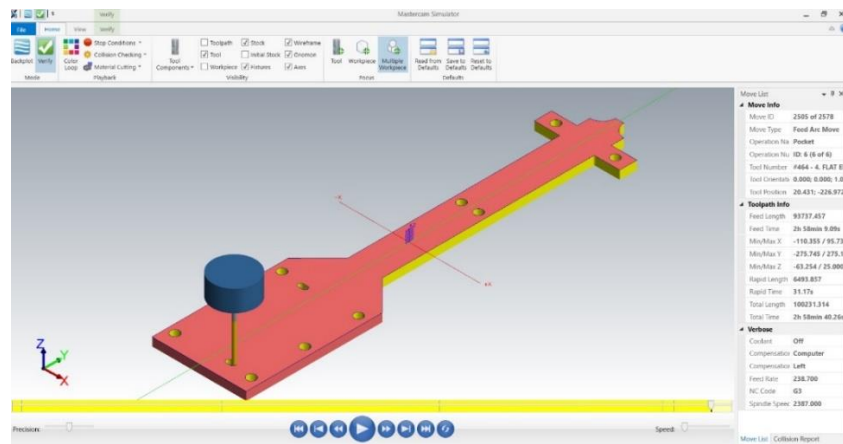
Son olarak delme işlemi için gerekli elmas uçlar seçilerek delme işlemi gerçekleştirilmiştir. Delme işlemine ait görseller Şekil 3.30, Şekil 3.31, ve Şekil 3.32 de verilmiştir. Bütün talaş kaldırma işlemleri bittiğinde Şekil 3.33 deki görselde verildiği gibi yapılan tüm işlemlerin yol çizgileri görülmektedir. Parçanın G kodları elde edilmiştir ve bir kısmı Şekil 3.34 de verilmiştir. Çıkarılan bütün G kodları ekler bölümünde verilmiştir.



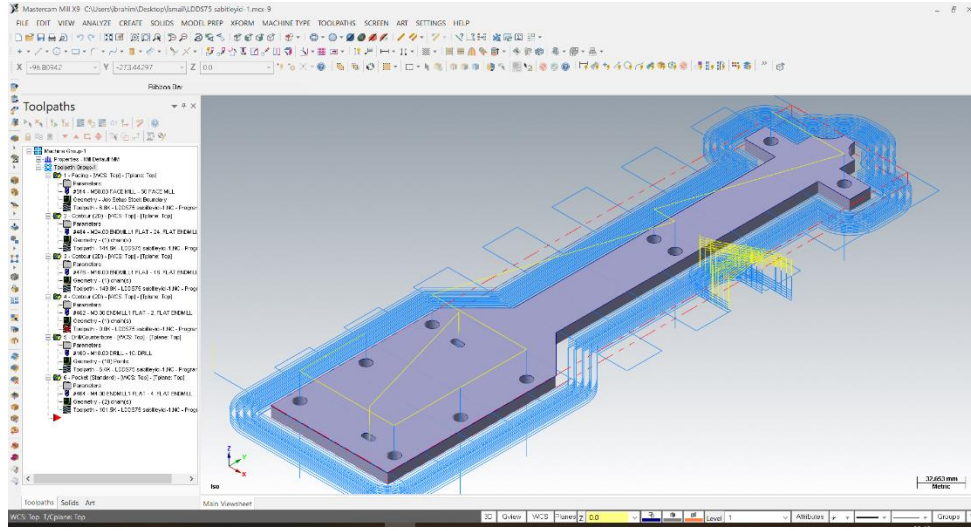
Şekil 3.30. LDDS75 Sabitleyici Delme İşlemi-1



Şekil 3.31. LDDS75 Sabitleyici Delme İşlemi-2



Şekil 3.32. LDDS75 Sabitleyici Delme İşlemi-3



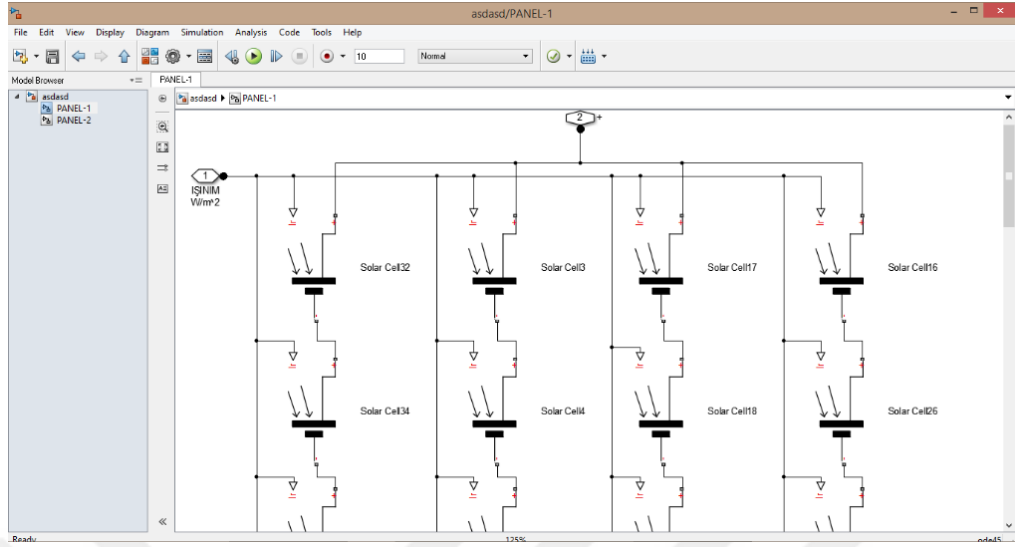
Şekil 3.33. LDD575 Sabitleyici Üzerinde Yapılan Tüm İşlemlerin Yol Çizgileri

N100 G21
 N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90
 N120 T514 M6
 N130 G0 G90 G54 X-110.355 Y247.676 A0. S763 M3
 N140 G43 H514 Z25.
 N150 Z10.
 N160 G1 Z0. F152.6
 N170 X85.355 F305.2
 N180 Y214.652
 N190 X-85.355
 N200 Y181.629
 N210 X85.355
 N220 Y148.605
 N230 X-85.355

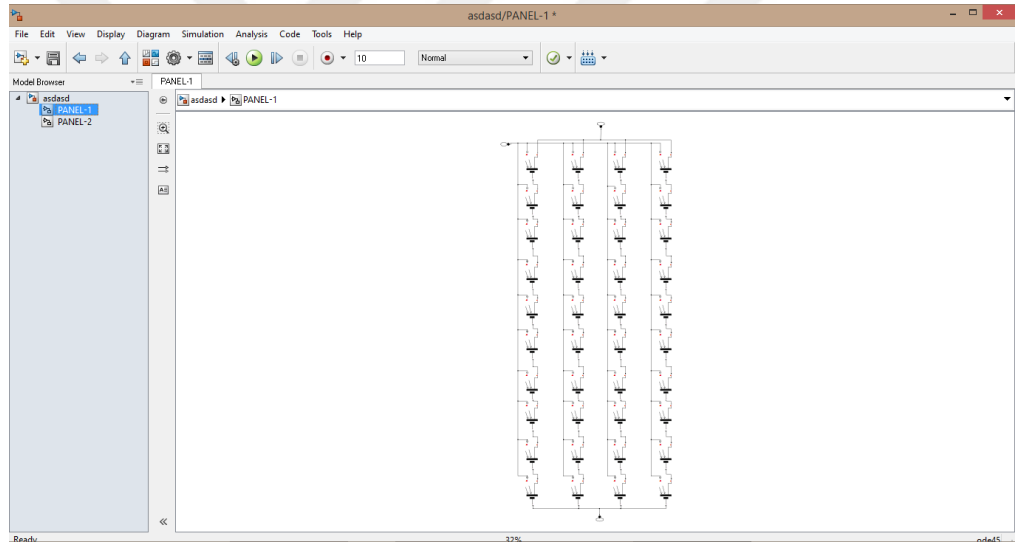
Şekil 3.34. LDD575 Sabitleyicisi G Kodlarının Bir Kısımı

3.2.9. MATLAB güneş paneli tasarımı

DLOS8 ağ geçidinin güç tüketimi özelliği incelenmiştir. 12v ve 300mA ile 500mA arasında güç tükettiği görülmüştür. Bu güç ihtiyacını karşılamak için MATLAB da güneş paneli simüle edilmiştir. Solar hücreler kullanılarak iki adet güneş paneli tasarlanmıştır. Her bir panel on satır ve dört sütun olmak üzere solar hücrelerin birbirlerine seri ve paralel bağlanması ile oluşturulmuştur. Şekil 3.35 de solar hücreler ve Şekil 3.36 da güneş panelinin iç yapısı verilmiştir.

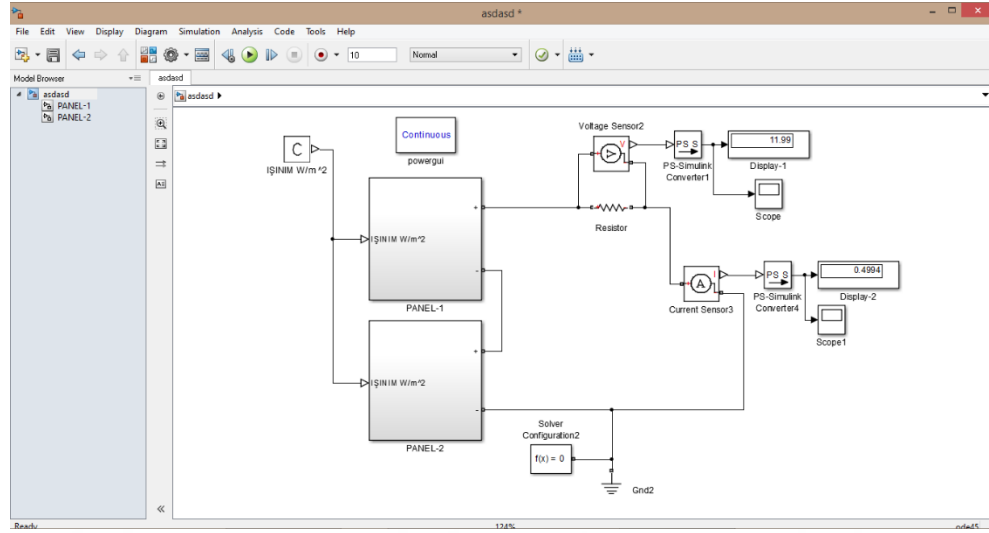


Şekil 3.35. Solar Hücreler Yakın Görünüş



Şekil 3.36. Solar Hücreler Genel Görünüş

İki güneş paneli birbirine seri bağlanmıştır. Devreye paneller için güneş ışıını, akımı ölçmek için akım sensörü, voltajı ölçmek için voltaj sensörü ve direnç eklenmiştir. Devrenin genel şeması Şekil 3.37 de görülmektedir. Elde edilen veriler bulgular ve tartışma kısmında incelenmiştir.



Şekil 3.37. Güneş Panelinin Genel Devre Şeması

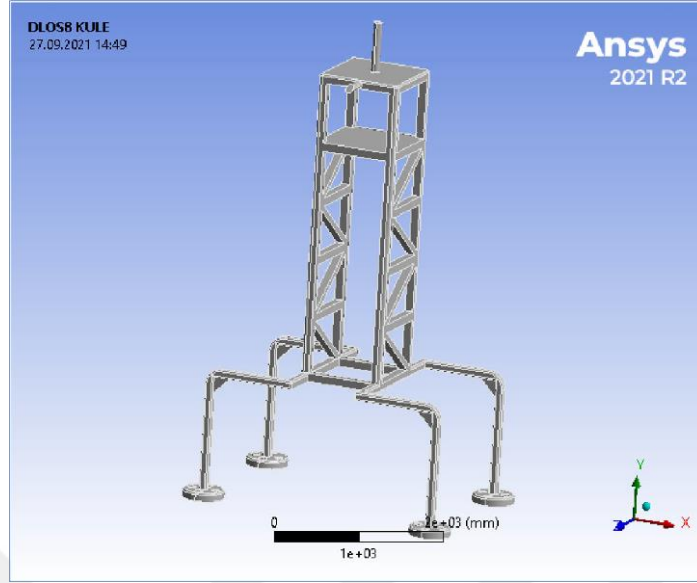
3.2.10. ANSYS DLOS8 kule analizi

SOLIDWORKS de çizilen DLOS8 kulesi .IGES dosyası olarak kaydedilmiştir ve ANSYS programında .IGES formatında açılmıştır. Tasarımın yapısı Yapısal Çelik olarak atanmıştır. Kulenin ağırlığı bu atama sonucunda 885.82 kg olarak belirlenmiştir. Kulenin boyu 5800.6 mm olarak belirlenmiştir. Kule ile ilgili ayrıntılı özellikler Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kule ile İlgili Ayrıntılı Özellikler

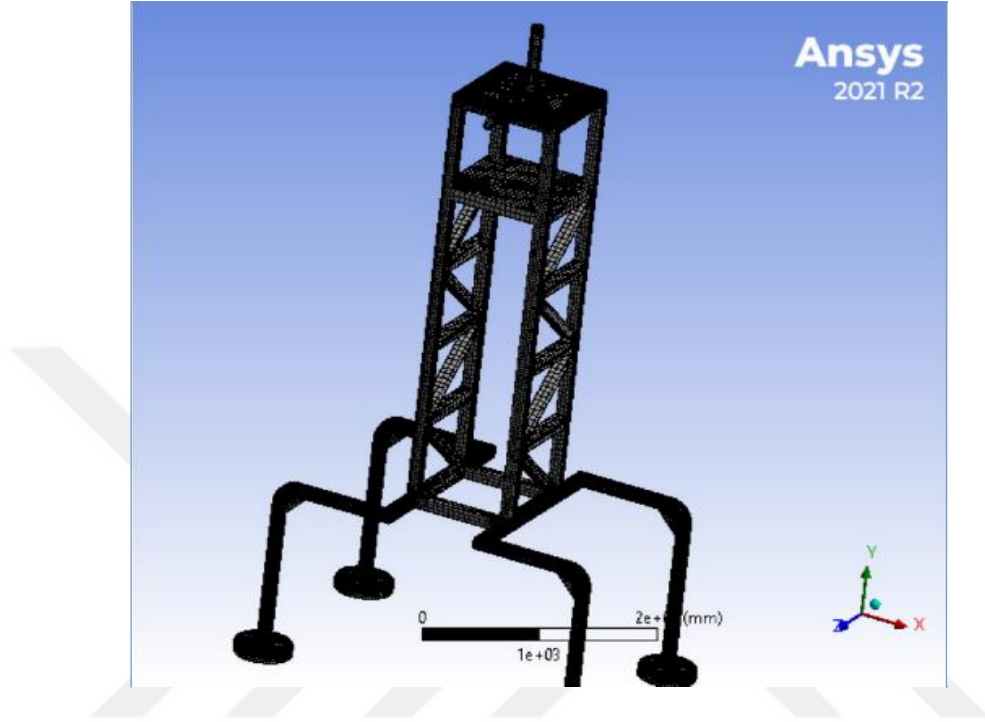
Object Name	SYS\Surface1
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Dimension	3D
Model Type	Shell
Stiffness Behavior	Flexible
Stiffness Option	Membrane and Bending
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Thickness	5, mm
Thickness Mode	Manual
Offset Type	Middle
Treatment	None
Material	
Assignment	Structural Steel
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	3400, mm
Length Y	5800,6 mm
Length Z	2400, mm
Properties	
Volume	1,1284e+008 mm ³
Mass	885,82 kg
Centroid X	-501,38 mm
Centroid Y	-2385,2 mm
Centroid Z	501,24 mm
Moment of Inertia Ip1	2,7527e+009 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip2	8,3234e+008 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip3	2,9822e+009 kg·mm ²
Surface Area(approx.)	2,2569e+007 mm ²
Statistics	
Nodes	54654
Elements	55083
Mesh Metric	None
CAD Attributes	
PartTolerance:	0,00000001
Color:143.149.175	

ANSYS programında kulenin statik yapısı hakkında, güvenlik faktörü hakkında ve kulenin maruz kalabileceği yükler karşısındaki verdiği tepkiler analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları Bulgular ve Tartışma bölümünde ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Kulenin ANSYS programındaki görseli Şekil 3.48 de verilmiştir.

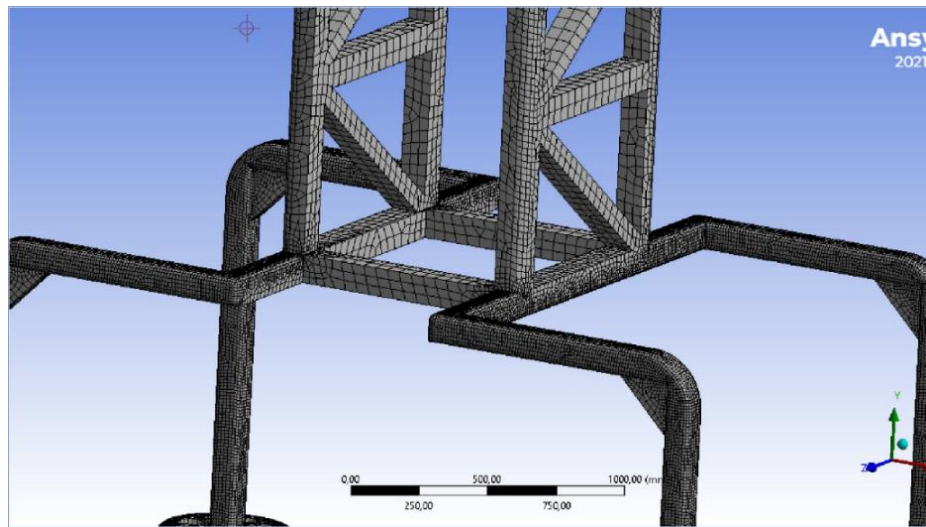


Şekil 3.38. Kulenin ANSYS Programında Görseli

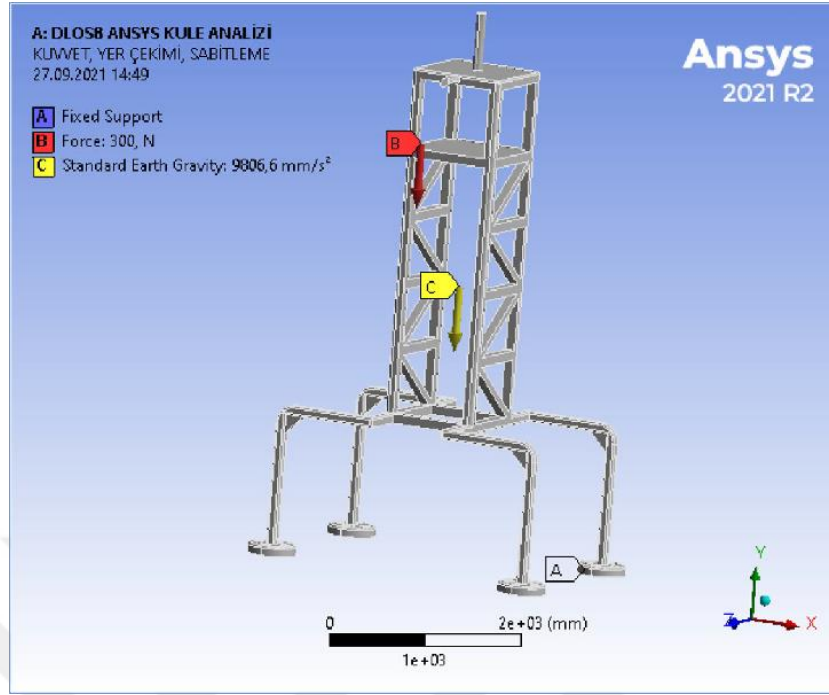
İstenilen analizlerin yapılabilmesi ve çözümlerin daha kolay elde edilmesi için kule tasarımı üzerinde mesh işlemi yapılmıştır. Kule küçük küçük parçalara ayrılmıştır. Şekil 3.39 da verilmiştir. Mesh işlemi sonucunda 54654 düğüm ve 55083 element oluşturulmuştur ve Şekil 3.40 da görülmektedir. Kule Şekil 3.41 de A noktasında görüldüğü gibi ayaklarından sabitlenmiştir. B noktasının işaret ettiği kasa haznesinin tam ortasından 300 N'luk bir kuvvet uygulanmıştır. Kule üzerine yerçekimi ivmesi yönünde uygulanan bu 300 N'luk kuvvet yaklaşık olarak güç kaynaklarının, güneş panelinin ve ağ geçidinin ağırlıklarının kuleye etki edeceği kuvvettir. C noktasının işaret ettiği yönde yer çekimi ivmesi 9806.6 mm/s^2 uygulanmıştır.



Şekil 3.39. Kulenin Meshlenmiş Görseli



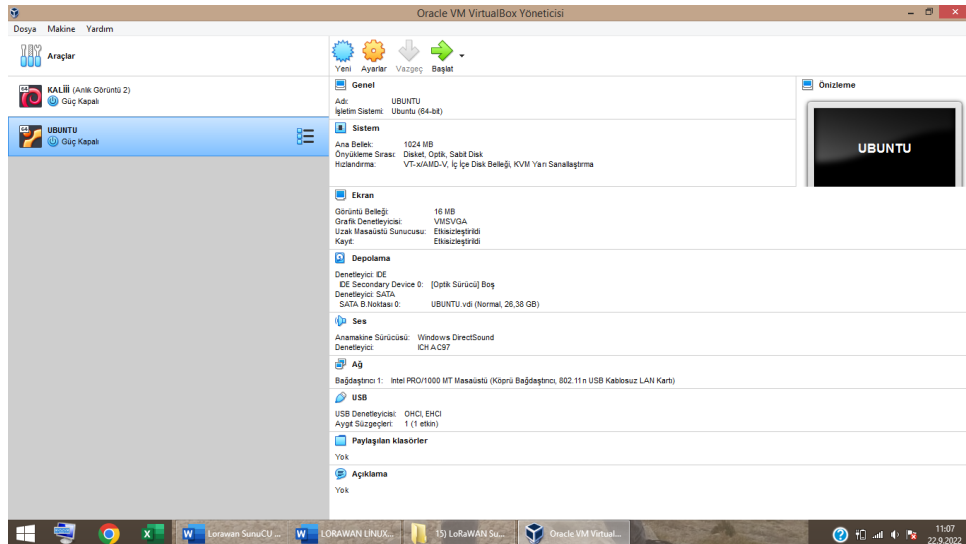
Şekil 3.40. Mesh Sonucu Oluşan Düğüm ve Elementler



Şekil 3.41. Kule Üzerine Uygulanan Kuvvetler ve Sabitlemeler

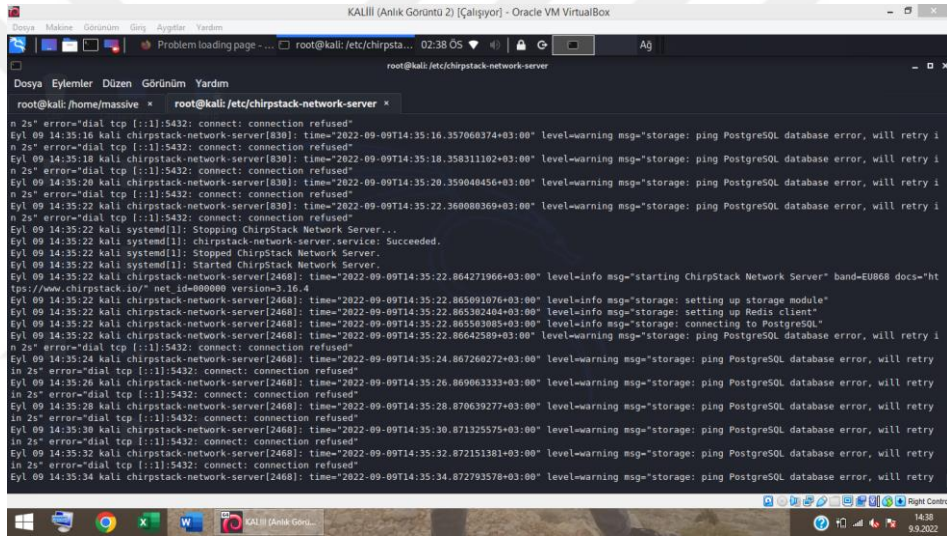
3.2.11. LoRaWAN özel sunucu kurulumu

İlk olarak Virtual Box adındaki sanal makine Windows 8 işletim sistemi kurulu olan bilgisayara kurulmuş ve ayarları yapılmıştır, Şekil 3.42 de verilmiştir. LoRaWAN sunucusunun siber güvenliğini daha kolay sağlayabilmek için Kali Linux işletim sistemi kurulmuş ve sunucu bu işletim sistemine yüklenmiştir (Anonim, 2022).

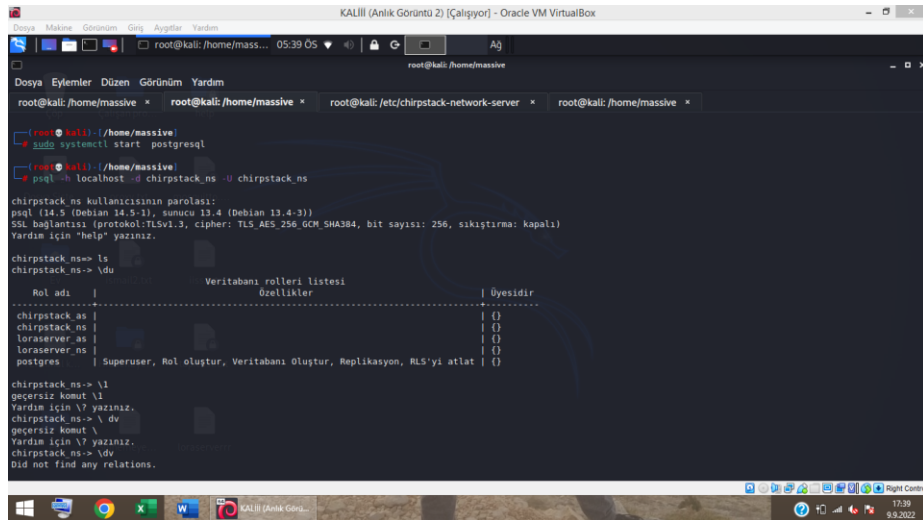


Şekil 3.42. Sanal Makine Görşeli

Bu hata Şekil 3.45’de görüldüğü gibi Transmission Control Protokol (TCP) portundan kaynaklanmaktadır. Postgresql veri tabanı tekrar yüklenmiş ve veri tabanı içindeki kullanıcılar kontrol edilmiştir. Ayarlar tekrar yapıldıktan sonra veri tabanı dosyasından tcp portunun 5433 olan değeri 5432 olarak ayarlanmış ve sorun çözülmüştür. İlgili görseller Şekil 3.46’dan Şekil 3.51’e kadar verilmiştir. Tüm servisler çalışmasına rağmen yeni problemler ortaya çıkmaktadır. Hatanın çözümü için SSH bağlantısı ile DLOS8 ağ geçidine Şekil 3.52’de görüldüğü gibi girilmiştir ve LHT65 sensörü ile paket gönderimi yapılarak sunucuda çıkan sorunların sebebi çözülmeye çalışılmıştır. seksen sayfalık DLOS8 ağ geçidi verisi incelenmiştir fakat sorun çözülememiştir.



Şekil 3.45. Tcp Port Hatası



Şekil 3.46. Veri Tabanı İçerisindeki Kullanıcılar


```
(root@kali) - [/etc/postgresql/14/main]
# leafpad postgresql.conf

(root@kali) - [/etc/postgresql/14/main]
# cd ..

(root@kali) - [/etc/postgresql/14]
# cd ..

(root@kali) - [/etc/postgresql]
# ls
13 14

(root@kali) - [/etc/postgresql]
# cd 13

(root@kali) - [/etc/postgresql/13]
# cd main

(root@kali) - [/etc/postgresql/13/main]
# leafpad postgresql.conf

(root@kali) - [/etc/postgresql/13/main]
#
```

Şekil 3.47. TCP Portu Bilgilerinin Olduğu Dosyanın Çalıştırılması

```
postgresql.conf

# - CONNECTIONS AND AUTHENTICATION -
# - Connection Settings -

#listen_addresses = 'localhost'          # what IP address(es) to listen on;
#                                           # comma-separated list of addresses;
#                                           # defaults to 'localhost'; use '*' for all
#                                           # (change requires restart)
port = 5432                               # (change requires restart)
max_connections = 100                     # (change requires restart)
#superuser_reserved_connections = 3       # (change requires restart)
unix_socket_directories = '/var/run/postgresql' # comma-separated list of directories
#                                           # (change requires restart)
#unix_socket_group = ''                   # (change requires restart)
#unix_socket_permissions = 0777          # begin with 0 to use octal notation
#                                           # (change requires restart)
#bonjour = off                           # advertise server via Bonjour
#                                           # (change requires restart)
#bonjour_name = ''                       # defaults to the computer name
#                                           # (change requires restart)

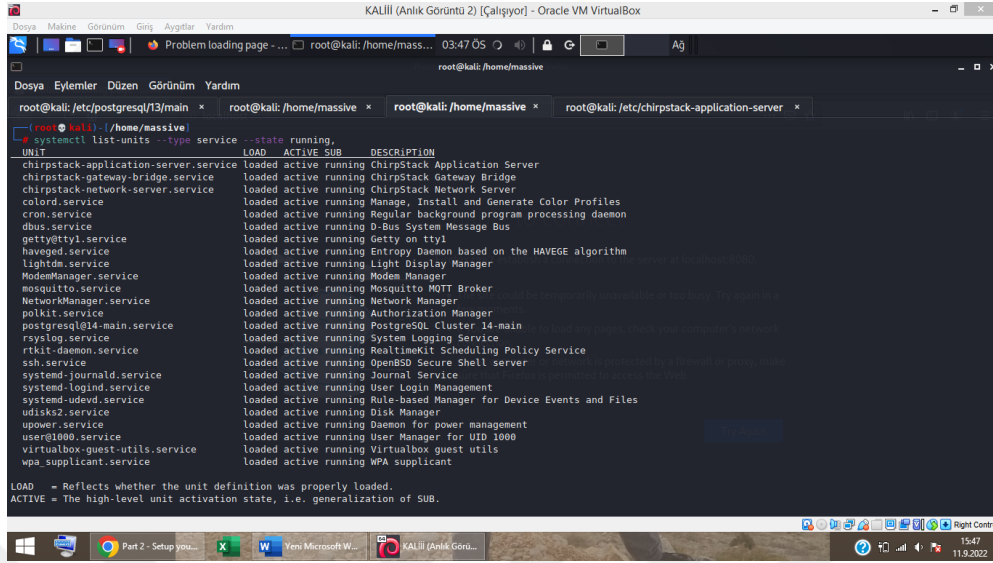
# - TCP settings -
# see "man tcp" for details

#tcp_keepalives_idle = 0                  # TCP_KEEPIRLD, in seconds;
```

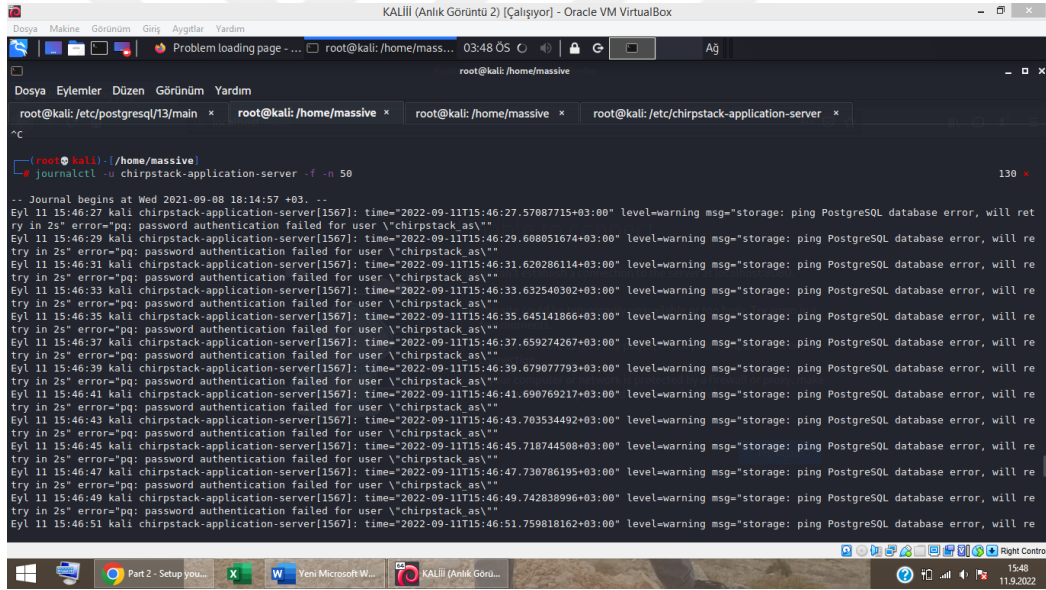
Şekil 3.48. 5433 Olan Portun 5432 Olarak Ayarlanması

root@kali...e/massive		
sysrqd	4094/tcp	# sysrq daemon
sieve	4190/tcp	# ManageSieve Protocol
epmd	4369/tcp	# Erlang Port Mapper Daemon
remctl	4373/tcp	# Remote Authenticated Command Service
f5-iquery	4353/tcp	# F5 iQuery
ntske	4460/tcp	# Network Time Security Key Establishment
ipsec-nat-t	4500/udp	# IPsec NAT-Traversal [RFC3947]
iax	4569/udp	# Inter-Asterisk eXchange
mtm	4691/tcp	# monotone Netsync Protocol
radmin-port	4899/tcp	# RAdmin Port
sip	5060/tcp	# Session Initiation Protocol
sip	5060/udp	
sip-tls	5061/tcp	
sip-tls	5061/udp	
xmpp-client	5222/tcp	# Jabber Client Connection
xmpp-server	5269/tcp	# Jabber Server Connection
cfengine	5308/tcp	
mdns	5353/udp	# Multicast DNS
postgresql	5432/tcp	# PostgreSQL Database
freeciv	5556/tcp	# Freeciv gameplay
amqp	5671/tcp	# AMQP protocol over TLS/SSL
amqp	5672/tcp	
amqp	5672/sctp	
x11	6000/tcp	# X Window System
x11	6001/tcp	

Şekil 3.49. Veri Tabanı Port Kontrolü



Şekil 3.50. Tüm Sistemin Bir Arada Çalıştığı Görsel



Şekil 3.51. Kullanıcı Yetki Şifresi Hatası

Aşağıda bir kısmı verilen bilgiler DLOS8 ağ geçidi çalıştırıldıktan sonra cihazın kaydettiği verilerdir. Ayrıntılı bir şekilde incelendikten sonra ağ geçidi ve sensörler ile ilgili herhangi bir problemin olmadığı anlaşılmıştır.

```

      _____
     /  _  /  _  /
    /  /  /  /  /
   /  /  /  /  /
  /  /  /  /  /
 /  /  /  /  /
/  /  /  /  /

W i F i , L i n u x , M C U , E m b e d d e d

OpenWRT 18.06
Version: Dragino-v2 lgw-5.4.1614945073
Build Fri Mar  5 19:51:13 CST 2021

www.dragino.com
-----

root@dragino-1f989c:~# cd / var / iot / channels/
root@dragino-1f989c:~# ls
bin      etc      mnt      proc      root      sys      usr      www
dev      lib      overlay  rom     /sbin     tmp      var
root@dragino-1f989c:~# /tmp / iot / chsnels# hexdump 0182F185
-ash: /tmp: Permission denied
root@dragino-1f989c:~# /tmp / iot / chsnels
-ash: /tmp: Permission denied
root@dragino-1f989c:~# cd tmp
root@dragino-1f989c:~# ls
TZ          lgwdb.sqlite      run
cell_detect.txt  lib               sat-data.txt
certs.txt       lock              scripts.txt
changeFunct.flag log                shm
db.sqlite       net_wifi_status.txt spool
dhcp.leases     pkg-lists         state
dnsmasq.d       pkglist-installed.html sysinfo
etc             pkglist.html      tmp
extroot         overlay           triggerhappy.socket
hosts           popup-data.txt    usr
install-info.html resolv.conf        wpa_ctrl_2304-1
iot            resolv.conf.auto
root@dragino-1f989c:~# cd iot
root@dragino-1f989c:~# ls
board      channels  chip      modal.txt  pic.txt   push      receive   status

```

Şekil 3.52. DLOS8 Ağ Geçidi SSH Bağlantısı

```

root@dragino-1f989c:~# logread -f
Thu Sep  1 11:37:34 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
Thu Sep  1 11:37:34 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
Thu Sep  1 11:37:49 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
Thu Sep  1 11:37:49 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at:
2022-09-01 11:37:49 UTC #####
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by
concentrator: 0
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL:
0.00%, NO_CRC: 0.00%
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0
bytes)
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent:
0 (0 bytes)
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged:
0.00%
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00%
acknowledged)
Thu Sep  1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams
received: 0 (0 bytes)

```

Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 242851475
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662032269 sec)
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:37:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:37:49 UTC","rxnb":0,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:38:04 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:38:04 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:38:19 UTC #####
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 0
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL: 0.00%, NO_CRC: 0.00%
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 302850006

Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662032299 sec)
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:38:19 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:38:19 UTC","rxnb":0,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:38:34 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:38:35 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:38:49 UTC #####
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 0
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL: 0.00%, NO_CRC: 0.00%
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 302850006
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662032329 sec)
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet
 Thu Sep 1 11:38:49 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:50:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:50:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:50:21 UTC","rxnb":0,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:50:32 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2

Thu Sep 1 11:50:32 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now

Thu Sep 1 11:50:38 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ DATA_UNCONF_UP-> {"DevAddr": "69E95CAB", "FCtrl": [{"ADR": 0, "ADRACKReq": 0, "ACK": 1, "RFU": "RFU", "FOptsLen": 12}, {"FCnt": 12593, "FPort": 154, "MIC": "4A5E4684"}]}

Thu Sep 1 11:50:38 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find SessionKeys for Dev 69E95CAB

Thu Sep 1 11:50:40 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_REQ+ {"AppEUI": "00010000000000A0", "DevEUI": "3B1883711A4140A8"}

Thu Sep 1 11:50:40 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find SessionKeys for Dev 00000100

Thu Sep 1 11:50:40 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"rxpk":[{"tmst":1044451291,"time":"2022-09-01T11:50:40.767317Z","chan":1,"rfch":1,"freq":868.300000,"stat":1,"modu":"LORA","datr":"SF7BW125","codr":"4/5","lsnr":2.0,"rssi":-116,"size":23,"data":"AAABAAAAACgOxiDcRpBQKj+rLzgKDc="}]}

Thu Sep 1 11:50:47 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_REQ+ {"AppEUI": "00010000000000A0", "DevEUI": "3B1883711A4140A8"}

Thu Sep 1 11:50:47 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find SessionKeys for Dev 00000100

Thu Sep 1 11:50:47 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"rxpk":[{"tmst":1051488251,"time":"2022-09-01T11:50:47.812687Z","chan":1,"rfch":1,"freq":868.300000,"stat":1,"modu":"LORA","datr":"SF7BW125","codr":"4/5","lsnr":3.5,"rssi":-115,"size":23,"data":"AAABAAAAACgOxiDcRpBQKittKSMXTo="}]}

Thu Sep 1 11:50:47 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2

Thu Sep 1 11:50:47 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:50:51 UTC #####

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 3

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 66.67%, CRC_FAIL: 33.33%, NO_CRC: 0.00%

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 2 (46 bytes)

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 2 (488 bytes)

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0

Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS):
 1022846874
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age:
 1662033051 sec)
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available
 yet
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01
 11:50:51 UTC","rxnb":3,"rxok":2,"rxfw":2,"ackr":0.0,"downb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ [up] PUSH_ACK mismatch,
 reconnect server
 Thu Sep 1 11:50:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ sockfd=4
 Thu Sep 1 11:50:54 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_REQ+ {"AppEUI",
 "00010000000000A0", "DevEUI", "3B1883711A4140A8"}
 Thu Sep 1 11:50:54 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find
 SessionKeys for Dev 00000100
 Thu Sep 1 11:50:54 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~
 {"rxpk":[{"tmst":1058526187,"time":"2022-09-
 01T11:50:54.842934Z","chan":0,"rfch":1,"freq":868.100000,"stat":1,"modu":"LORA","datr":"SF7BW12
 5","codr":"4/5","lsnr":5.0,"rssi":-
 112,"size":23,"data":"AAABAAAAACgOxiDcRpBQKh+56zbUr0="}}}
 Thu Sep 1 11:51:01 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_REQ+ {"AppEUI",
 "00010000000000A0", "DevEUI", "3B1883711A4140A8"}
 Thu Sep 1 11:51:01 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find
 SessionKeys for Dev 00000100
 Thu Sep 1 11:51:01 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~
 {"rxpk":[{"tmst":1065615580,"time":"2022-09-
 01T11:51:01.931820Z","chan":1,"rfch":1,"freq":868.300000,"stat":1,"modu":"LORA","datr":"SF8BW12
 5","codr":"4/5","lsnr":7.8,"rssi":-
 111,"size":23,"data":"AAABAAAAACgOxiDcRpBQKh71604Y7w="}}}
 Thu Sep 1 11:51:03 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:51:03 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:51:13 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_REQ+ {"AppEUI",
 "00010000000000A0", "DevEUI", "3B1883711A4140A8"}
 Thu Sep 1 11:51:13 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find
 SessionKeys for Dev 00000100
 Thu Sep 1 11:51:13 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~
 {"rxpk":[{"tmst":1077052836,"time":"2022-09-
 01T11:51:13.369085Z","chan":0,"rfch":1,"freq":868.100000,"stat":1,"modu":"LORA","datr":"SF8BW12
 5","codr":"4/5","lsnr":4.2,"rssi":-
 117,"size":23,"data":"AAABAAAAACgOxiDcRpBQKjj7WPVnjY="}}}
 Thu Sep 1 11:51:18 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:51:18 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at:
 2022-09-01 11:51:21 UTC #####

Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 3
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 100.00%, CRC_FAIL: 0.00%, NO_CRC: 0.00%
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 3 (69 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 3 (732 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 1082847198
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662033081 sec)
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:51:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:51:21 UTC","rxnb":3,"rxok":3,"rxfw":3,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:51:33 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:51:33 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:51:48 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:51:48 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:51:51 UTC #####
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 0
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL: 0.00%, NO_CRC: 0.00%
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 0 (0 bytes)

Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 1082847198
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662033111 sec)
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:51:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:51:51 UTC","rxnb":0,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:52:01 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_ACCEPT+ {"NetID":"E167B4", "DevAddr": "1D295367"}
 Thu Sep 1 11:52:01 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find SessionKeys for Dev E197585E
 Thu Sep 1 11:52:04 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:52:04 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:52:19 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:52:19 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:52:21 UTC #####
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 1
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL: 100.00%, NO_CRC: 0.00%
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)

Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 1142847149
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662033141 sec)
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####
 Thu Sep 1 11:52:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:52:21 UTC","rxnb":1,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}
 Thu Sep 1 11:52:34 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:52:34 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:52:49 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
 Thu Sep 1 11:52:49 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:52:51 UTC #####
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 0
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL: 0.00%, NO_CRC: 0.00%
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged: 0.00%
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00% acknowledged)
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams received: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to concentrator: 0 (0 bytes)
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
 Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS): 1142847149

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662033171 sec)

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:52:51 UTC","rxnb":0,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ [up] PUSH_ACK mismatch, reconnect server

Thu Sep 1 11:52:51 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ sockfd=4

Thu Sep 1 11:53:05 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2

Thu Sep 1 11:53:05 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now

Thu Sep 1 11:53:05 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###

Thu Sep 1 11:42:50 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age: 1662032570 sec)

Thu Sep 1 11:42:50 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available yet

Thu Sep 1 11:42:50 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####

Thu Sep 1 11:42:50 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"stat":{"time":"2022-09-01 11:42:50 UTC","rxnb":0,"rxok":0,"rxfw":0,"ackr":0.0,"dwnb":0,"txnb":0}}

Thu Sep 1 11:42:50 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ [up] PUSH_ACK mismatch, reconnect server

Thu Sep 1 11:42:50 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ sockfd=4

Thu Sep 1 11:42:54 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2

Thu Sep 1 11:42:54 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now

Thu Sep 1 11:43:09 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2

Thu Sep 1 11:43:09 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now

Thu Sep 1 11:43:18 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: PKT_FWD~ JOIN_REQ+ {"AppEUI";, "00010000000000A0", "DevEUI";, "3B1883711A4140A8"}

Thu Sep 1 11:43:18 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: DECRYPT~ [Ignore] Can't find SessionKeys for Dev 00000100

Thu Sep 1 11:43:18 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: RXTX~ {"rxpk":[{"tmst":602280491,"time":"2022-09-01T11:43:18.599599Z","chan":1,"rfch":1,"freq":868.300000,"stat":1,"modu":"LORA","datr":"SF7BW125","codr":"4/5","lsnr":4.8,"rssi":-114,"size":23,"data":"AAABAAAAACgOxiDcRpBQKjhPICnFII="}]}

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at: 2022-09-01 11:43:20 UTC #####

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by concentrator: 1

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 100.00%, CRC_FAIL: 0.00%, NO_CRC: 0.00%

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 1 (23 bytes)

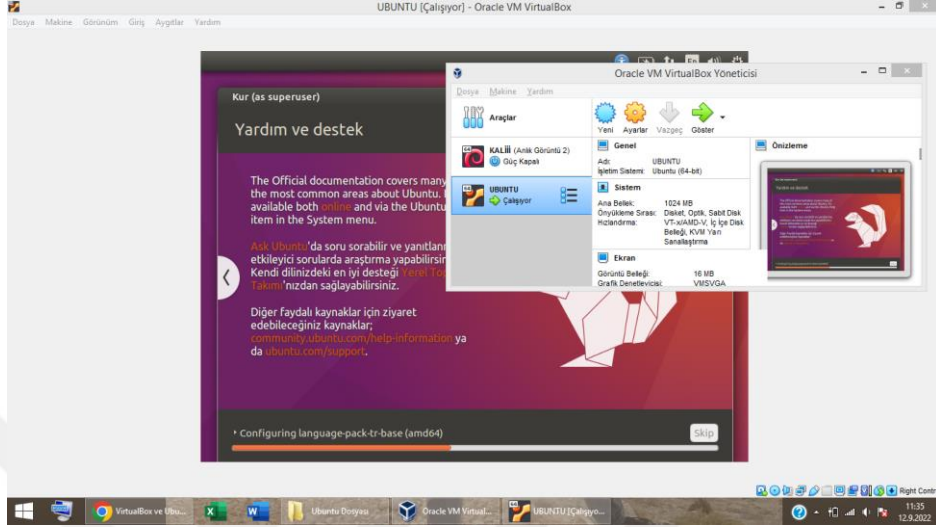
```

Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent:
1 (243 bytes)
Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged:
0.00%
Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00%
acknowledged)
Thu Sep 1 11:43:20 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) dat
Thu Sep 1 11:53:20 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
Thu Sep 1 11:53:20 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]:
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ##### Report at:
2022-09-01 11:53:21 UTC #####
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [UPSTREAM] ###
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets received by
concentrator: 0
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # CRC_OK: 0.00%, CRC_FAIL:
0.00%, NO_CRC: 0.00%
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets forwarded: 0 (0
bytes)
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA datagrams sent:
0 (0 bytes)
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PUSH_DATA acknowledged:
0.00%
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [DOWNSTREAM] ###
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_DATA sent: 1 (0.00%
acknowledged)
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # PULL_RESP(onse) datagrams
received: 0 (0 bytes)
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # RF packets sent to
concentrator: 0 (0 bytes)
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # TX errors: 0
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON queued: 0
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON sent so far: 0
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # BEACON rejected: 0
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ ### [PPS] ###
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: REPORT~ # SX1301 time (PPS):
1202847280
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO: [jit] queue is empty
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ### [GPS] ###
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # Invalid time reference (age:
1662033201 sec)
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ # no valid GPS coordinates available
yet
Thu Sep 1 11:53:21 2022 daemon.info lora_pkt_fwd[4009]: INFO~ ##### END #####

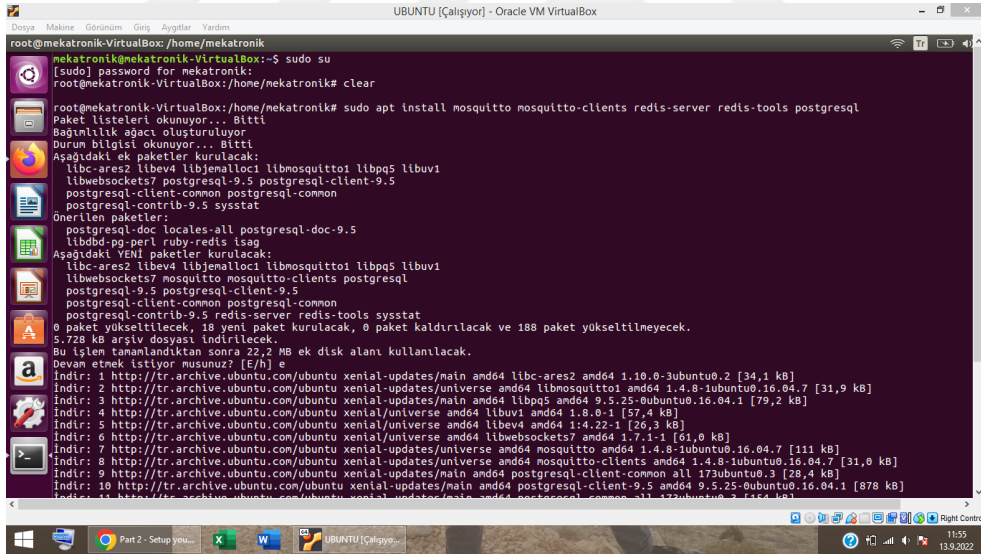
```

Çıkan problemlerin çözümü için sanal makineye Ubuntu işletim sistemi kurulmuş ve ayarları yapıldıktan sonra bütün LoRaWAN sunucu servisleri yüklenmiştir. Ubuntu üzerine yüklenen tüm servisler aşağıda verilen Şekil 3.53'den Şekil 3.72'ye kadar

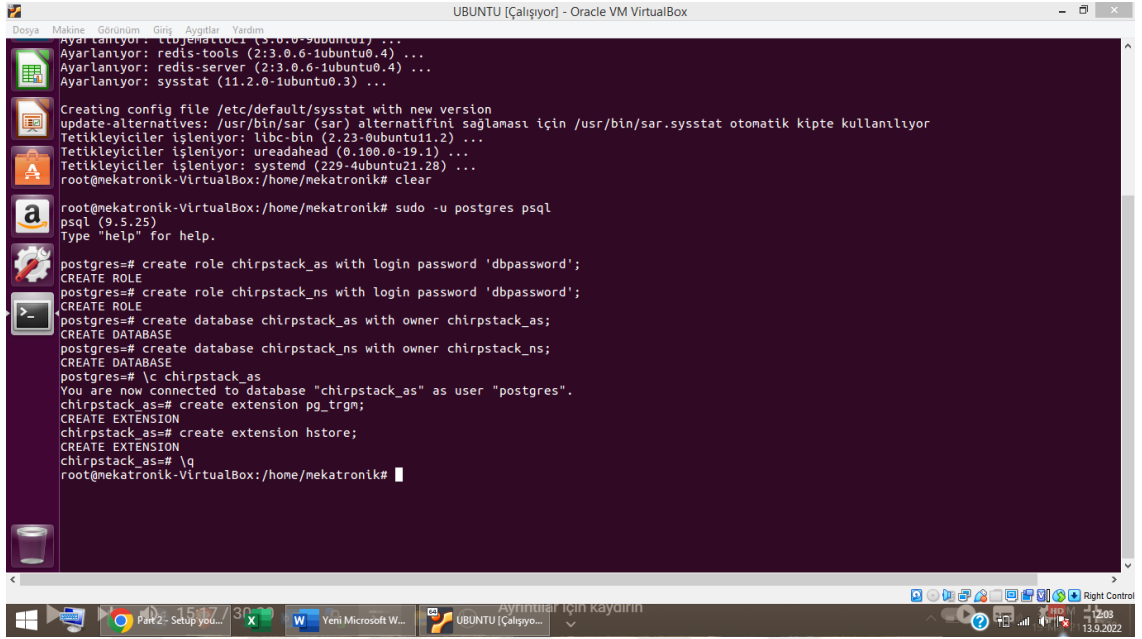
ayrıntılı olarak yükleme kodları ile verilmiştir. Son olarak uygulama arayüzü için internet tarayıcısına localhost(sunucunun yüklü olduğu sanal makinenin ip adresi):8080/ girilerek giriş yapılmıştır (Anonim, 2022).



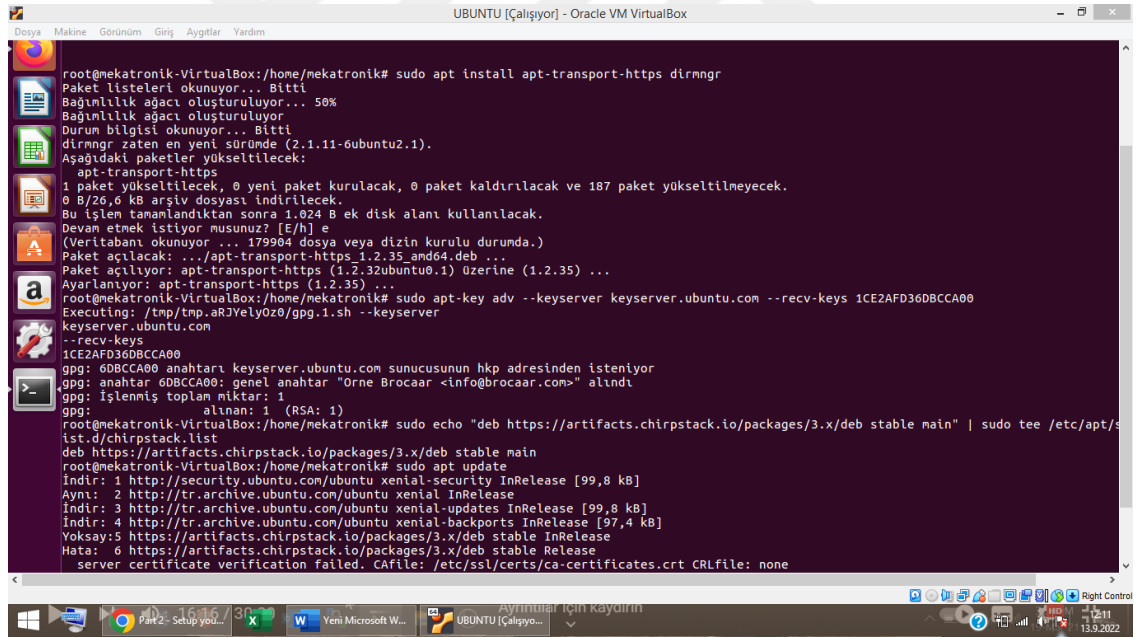
Şekil 3.53. Ubuntu İşletim Sistemi Kurulumu



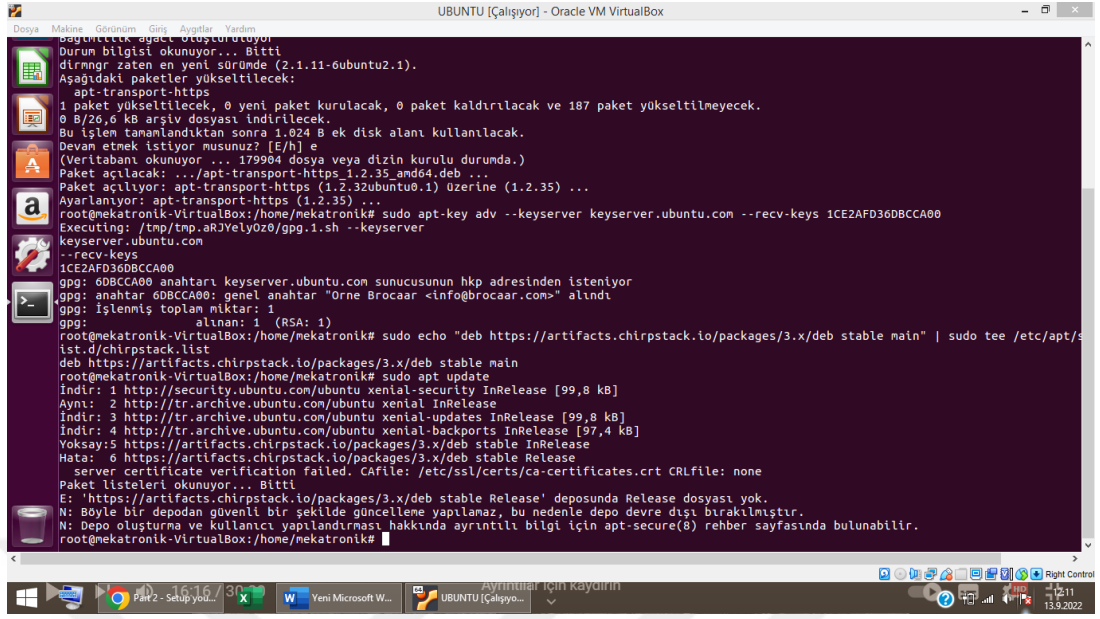
Şekil 3.54. Mosquitto ve Redis-Server Kurulumu



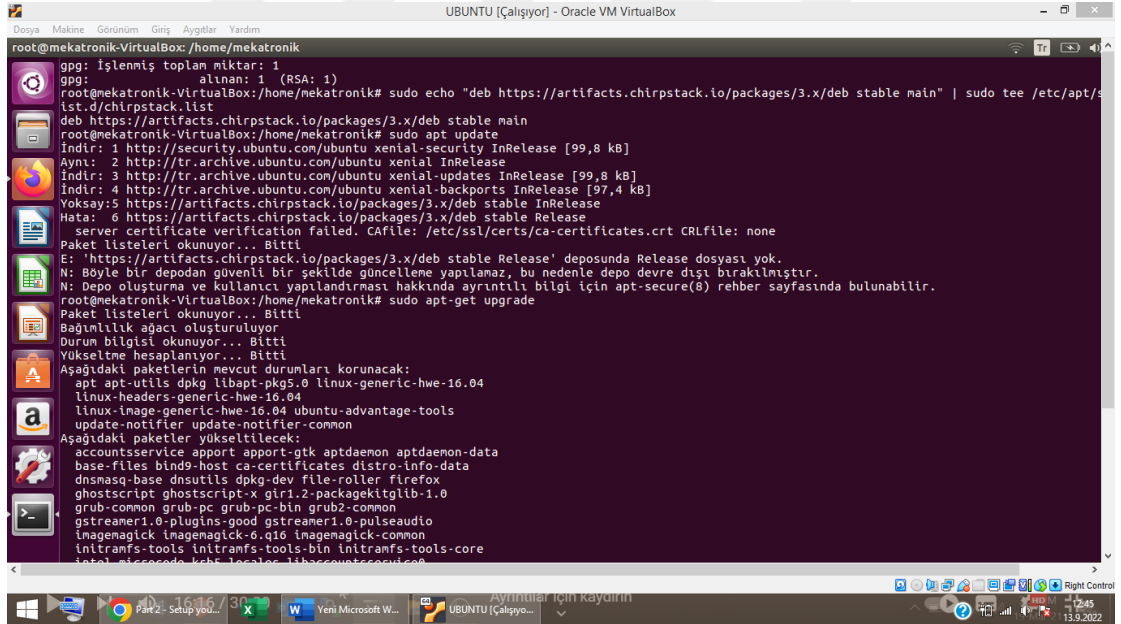
Şekil 3.55. Postgresql Kullanıcı Oluşturma



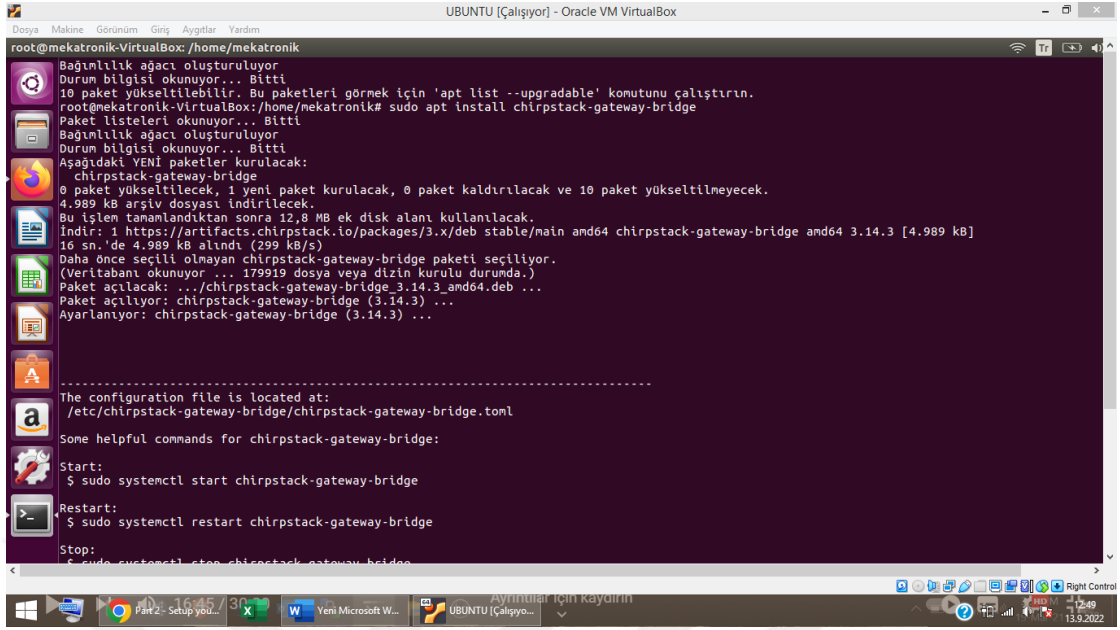
Şekil 3.56. Dirmngr Programının Yüklenmesi



Şekil 3.57. Keyserver Programının Yüklenmesi



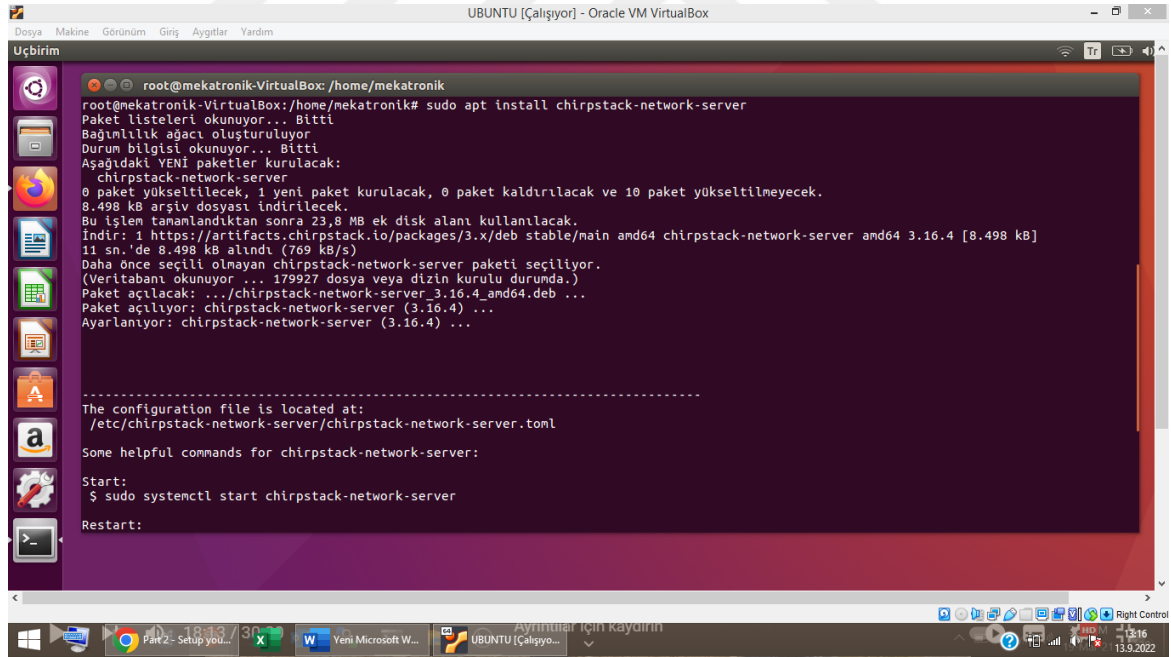
Şekil 3.58. Sistem Güncellemesi



```
root@mekatronik-VirtualBox: /home/mekatronik
Bağımlılık ağacı oluşturuluyor
Durum bilgisi okunuyor... Bitti
10 paket yükseltilebilir. Bu paketleri görmek için 'apt list --upgradable' komutunu çalıştırın.
root@mekatronik-VirtualBox: /home/mekatronik# sudo apt install chirpstack-gateway-bridge
Paket listeleri okunuyor... Bitti
Bağımlılık ağacı oluşturuluyor
Durum bilgisi okunuyor... Bitti
Aşağıdaki YENİ paketler kurulacak:
  chirpstack-gateway-bridge
0 paket yükseltilecek, 1 yeni paket kurulacak, 0 paket kaldırılacak ve 10 paket yükseltilmeyecek.
Bu işlem tamamlandıktan sonra 12,8 MB ek disk alanı kullanılacak.
İndir: 1 https://artifacts.chirpstack.io/packages/3.x/deb stable/main amd64 chirpstack-gateway-bridge amd64 3.14.3 [4.989 kB]
16 sn.'de 4.989 kB alındı (299 kB/s)
Daha önce seçili olmayan chirpstack-gateway-bridge paketi seçiliyor.
(Veritabanı okunuyor ... 179919 dosya veya dizin kurulu durumda.)
Paket açılacak: .../chirpstack-gateway-bridge_3.14.3_amd64.deb ...
Paket açılıyor: chirpstack-gateway-bridge (3.14.3) ...
Ayarlanıyor: chirpstack-gateway-bridge (3.14.3) ...

-----
The configuration file is located at:
/etc/chirpstack-gateway-bridge/chirpstack-gateway-bridge.toml
Some helpful commands for chirpstack-gateway-bridge:
Start:
$ sudo systemctl start chirpstack-gateway-bridge
Restart:
$ sudo systemctl restart chirpstack-gateway-bridge
Stop:
$ sudo systemctl stop chirpstack-gateway-bridge
```

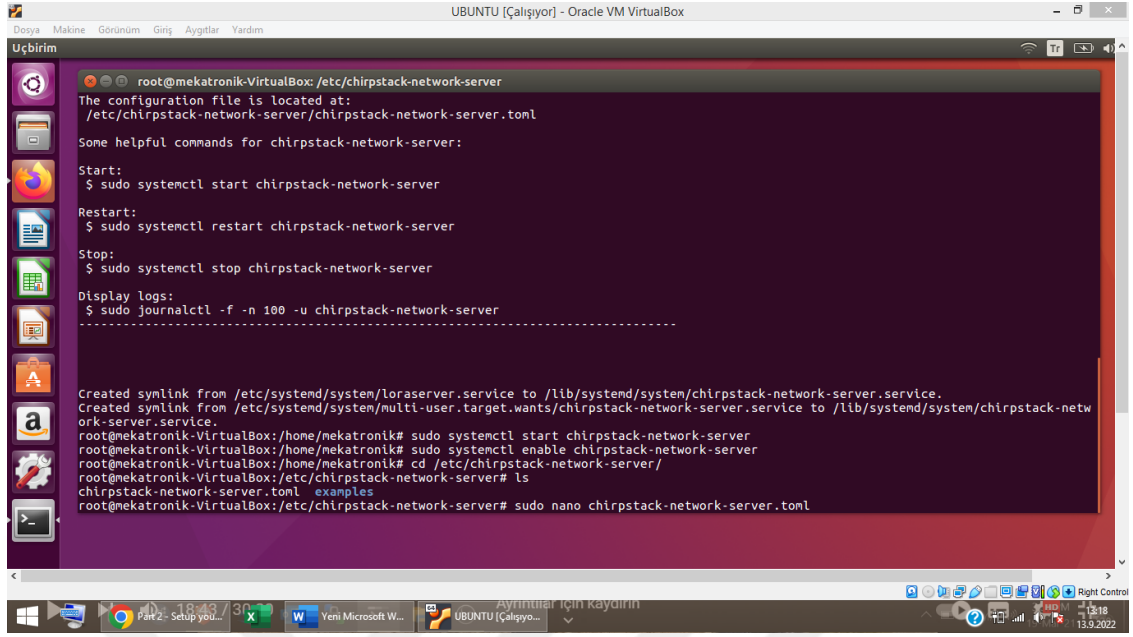
Şekil 3.59. Ağ Geçidi Köprüsü Yüklenmesi



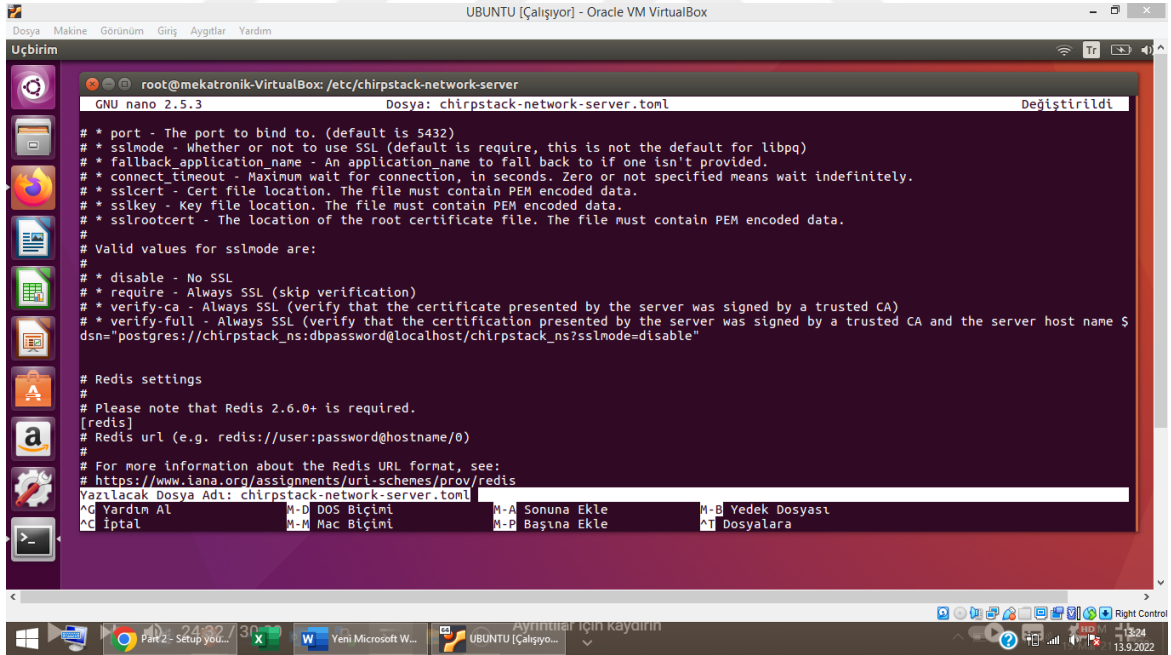
```
root@mekatronik-VirtualBox: /home/mekatronik
root@mekatronik-VirtualBox: /home/mekatronik# sudo apt install chirpstack-network-server
Paket listeleri okunuyor... Bitti
Bağımlılık ağacı oluşturuluyor
Durum bilgisi okunuyor... Bitti
Aşağıdaki YENİ paketler kurulacak:
  chirpstack-network-server
0 paket yükseltilecek, 1 yeni paket kurulacak, 0 paket kaldırılacak ve 10 paket yükseltilmeyecek.
8.498 kB arşiv dosyası indirilecek.
Bu işlem tamamlandıktan sonra 23,8 MB ek disk alanı kullanılacak.
İndir: 1 https://artifacts.chirpstack.io/packages/3.x/deb stable/main amd64 chirpstack-network-server amd64 3.16.4 [8.498 kB]
11 sn.'de 8.498 kB alındı (769 kB/s)
Daha önce seçili olmayan chirpstack-network-server paketi seçiliyor.
(Veritabanı okunuyor ... 179927 dosya veya dizin kurulu durumda.)
Paket açılacak: .../chirpstack-network-server_3.16.4_amd64.deb ...
Paket açılıyor: chirpstack-network-server (3.16.4) ...
Ayarlanıyor: chirpstack-network-server (3.16.4) ...

-----
The configuration file is located at:
/etc/chirpstack-network-server/chirpstack-network-server.toml
Some helpful commands for chirpstack-network-server:
Start:
$ sudo systemctl start chirpstack-network-server
Restart:
$ sudo systemctl restart chirpstack-network-server
```

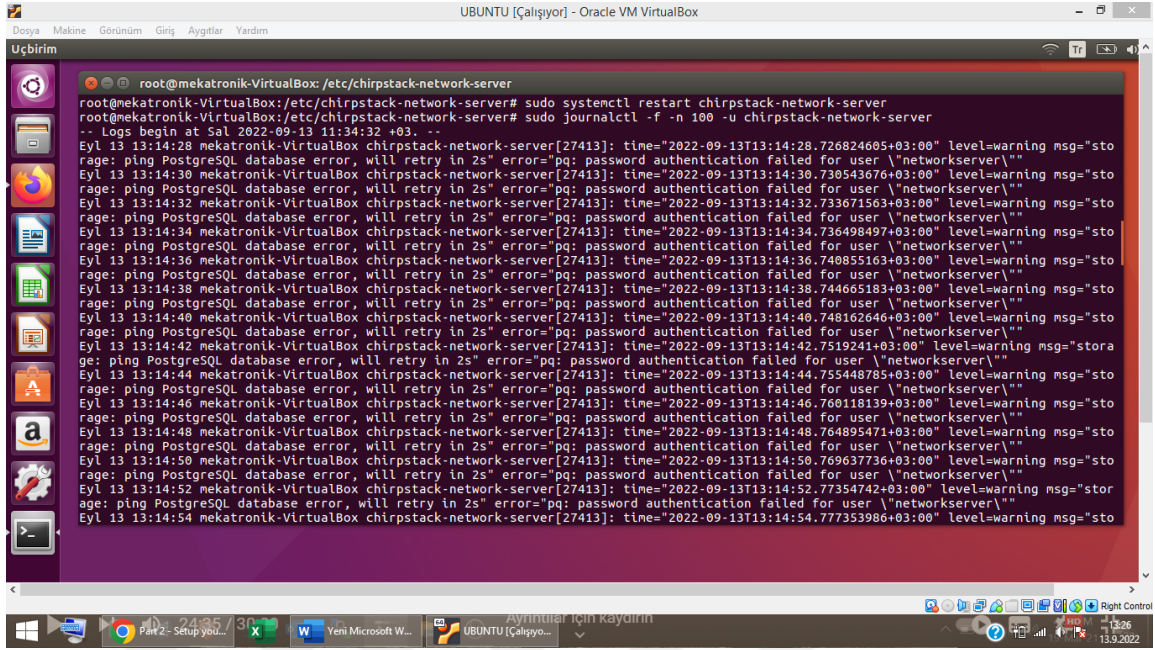
Şekil 3.60. Ağ Sunucusu Yükleme



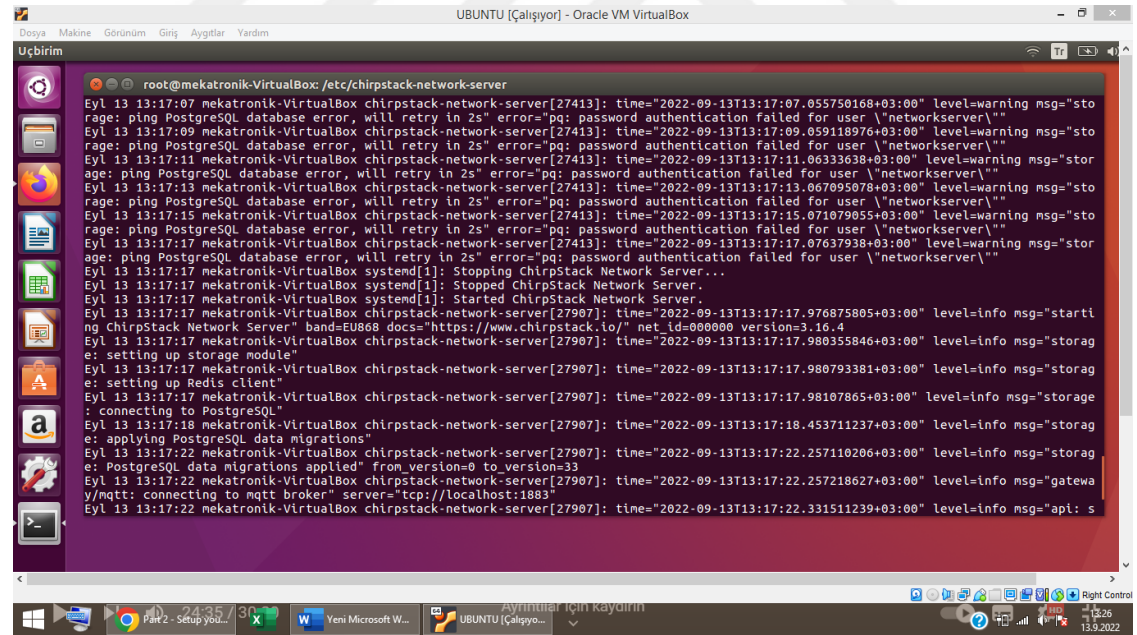
Şekil 3.61. Ağ Sunucusu Ayarlarına Giriş



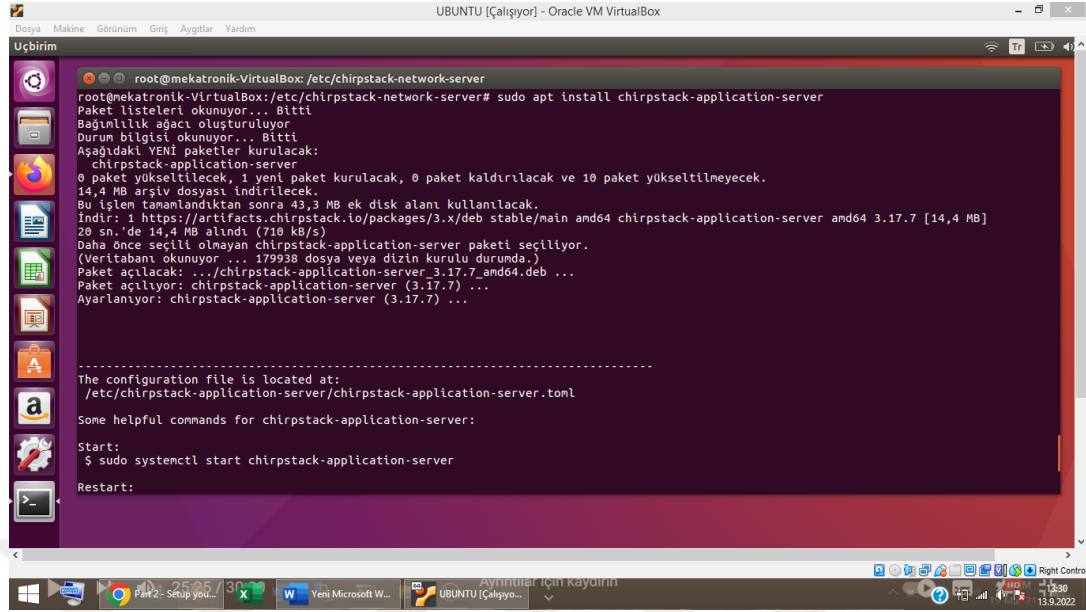
Şekil 3.62. Ağ Sunucusu Domain Name System (dsn) Ayarı



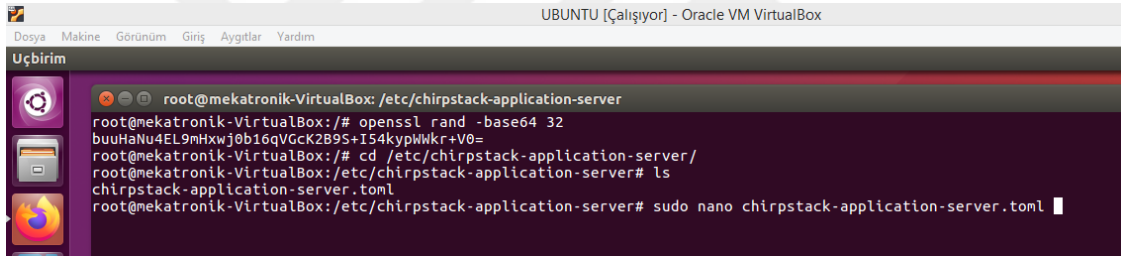
Şekil 3.63. Ağ Sunucusu Kontrolü



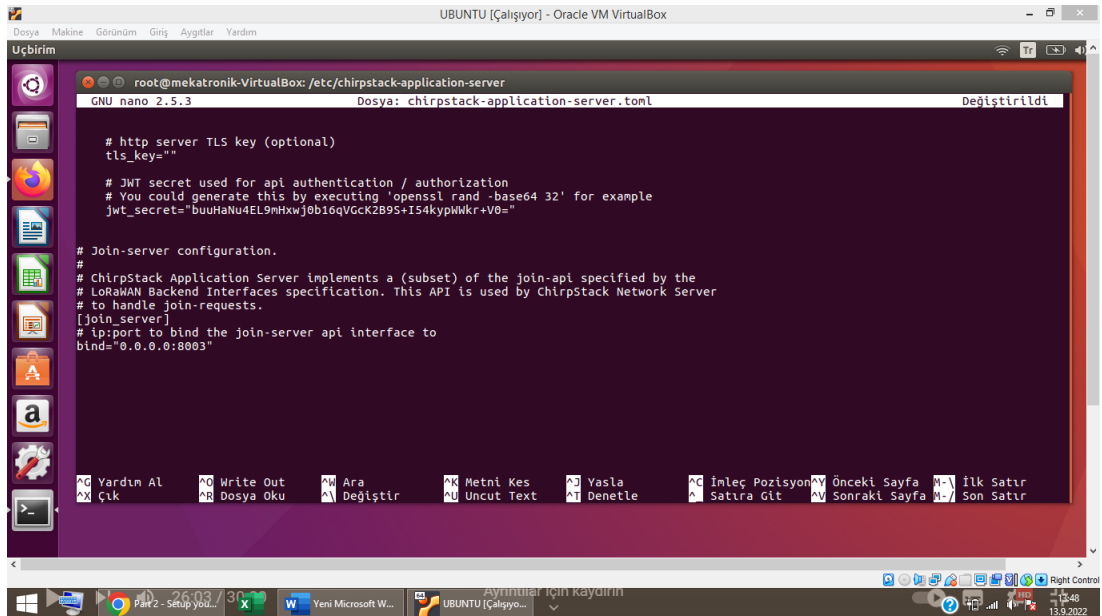
Şekil 3.64. Ağ Sunucusu Bağlantı Onay Görseli



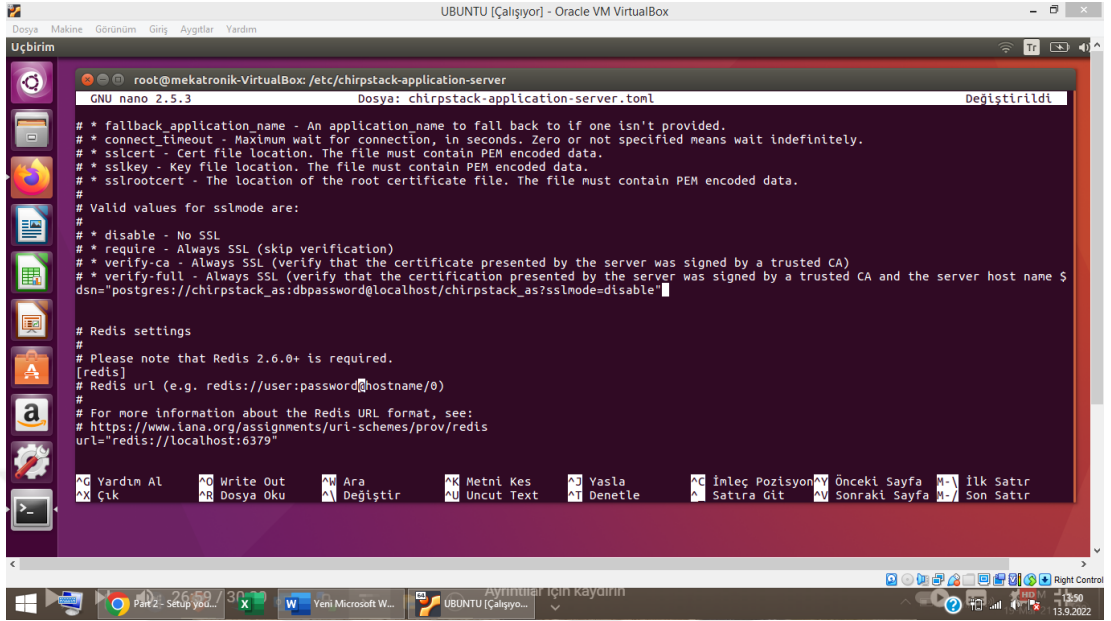
Şekil 3.65. Uygulama Sunucusu Kurulumu



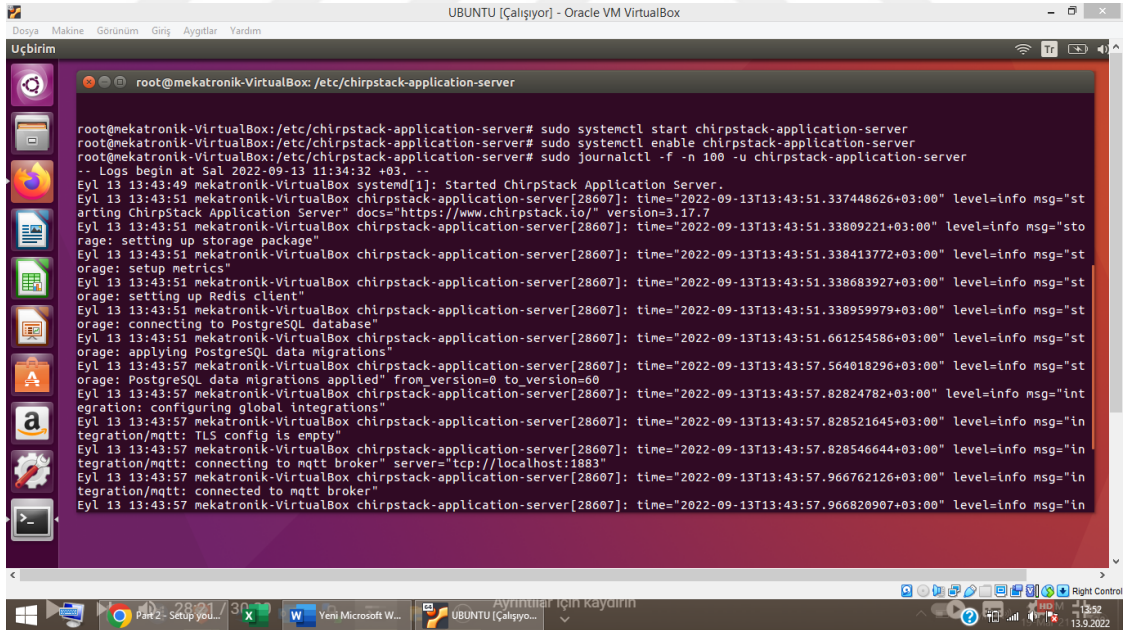
Şekil 3.66. Uygulama Sunucusu Şifre Oluşturma



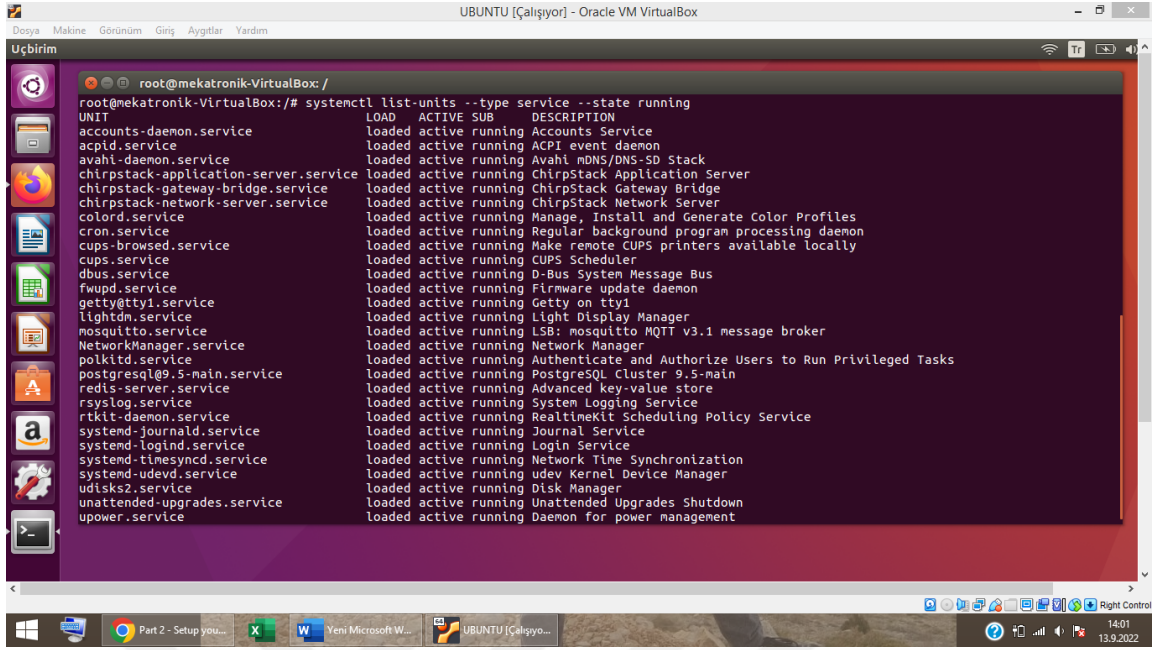
Şekil 3.67. Uygulama Sunucusu jwt_secret Şifresi Yazma



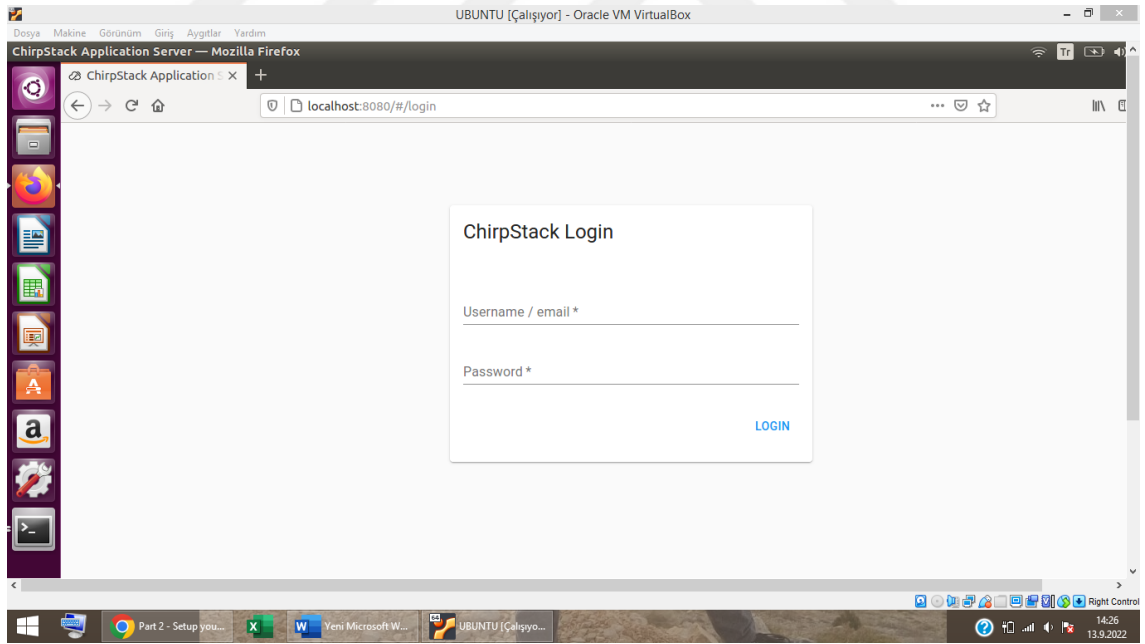
Şekil 3.68. Uygulama Sunucusu dsn Ayarı



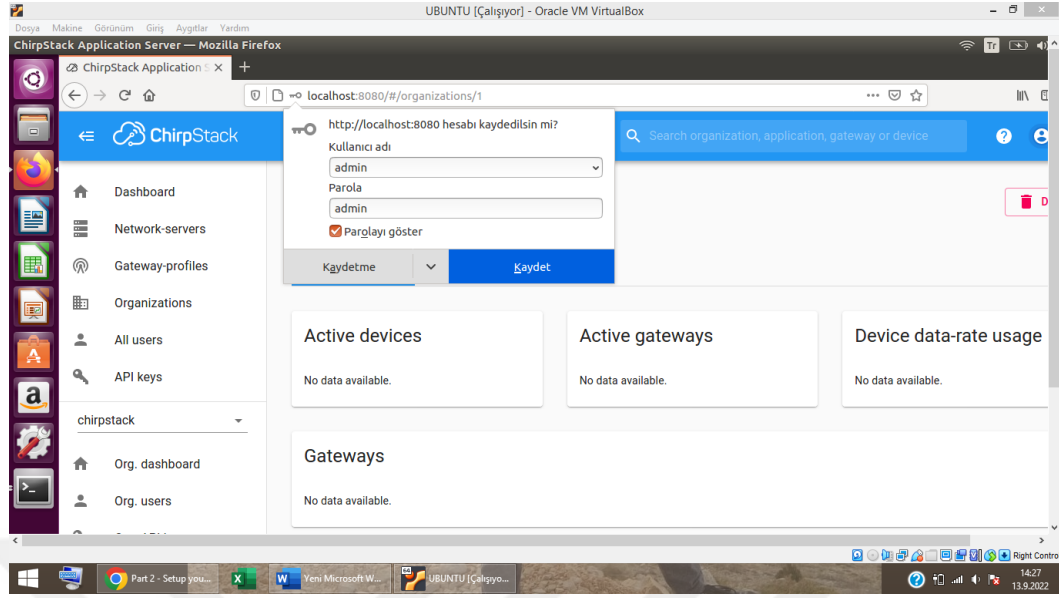
Şekil 3.69. Uygulama Sunucusu Bağlantı Kontrolü



Şekil 3.70. Tüm Sunucu Servisleri ve Veri Tabanı Kontrolü



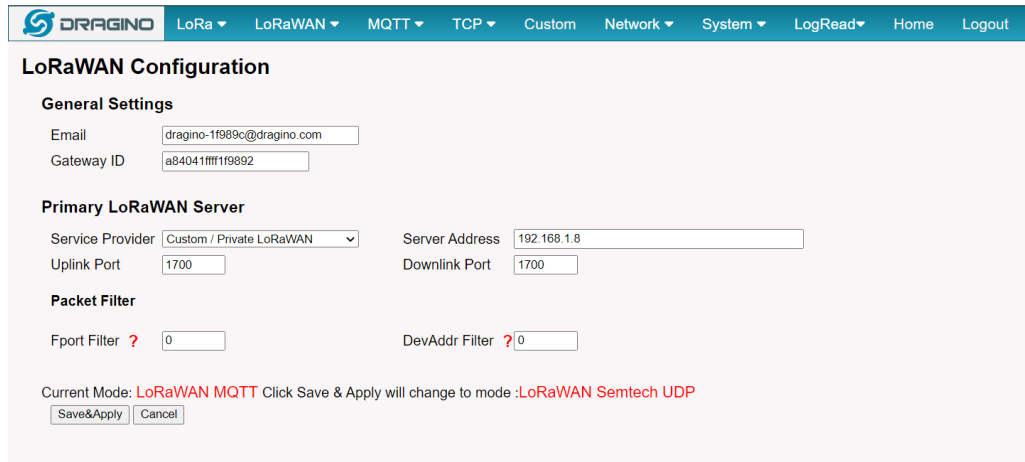
Şekil 3.71. Uygulama Sunucusu Arayüzü



Şekil 3.72. Uygulama Sunucusu Arayüzüne Giriş

3.2.12. DLOS8 ağ geçidi ile sunucu bağlantı ayarları

Şekil 3.9’da görüldüğü gibi ağ geçidi arayüzünde IoT bağlantısının LoRaWAN olarak gerçekleştirildiği görülmektedir. DLOS8 LoRaWAN ağ geçidi User Datagram Protocol (UDP) protokolü ile iletişim sağlamaktadır. Sanal makine üzerine kurulan özel sunucu ile iletişim MQTT protokolü üzerinden yapılmaktadır. Servis sağlayıcının daha önce TTN v3 sunucusu ile olan bağlantısı kendi sunucumuzun bulunduğu makinenin IP adresi ile değiştirilmiştir. MQTT ayarları yapılmış ve bağlantı sağlanmıştır. Şekil 3.73, Şekil 3.74 ve Şekil 3.75’te gösterilmektedir.



Şekil 3.73. DLOS8 Ağ Geçidi Özel Sunucu Ayarı

MQTT Client Configuration

MQTT Server Profile: General

Broker Address [-h]: 192.168.1.8

Broker Port [-p]: 1883

User ID [-u]: dragino

Password [-P]: Password

Certificate [--cert]:

CA File [--cafile]:

Client ID [-i]: dragino-1f989c

Publish

Enable Publish ☒ Quality of Service [-q]: QoS 0

Topic Format [-t]: CLIENTID/CHANNEL/data

Data Format [-m]: DATA

Subscribe

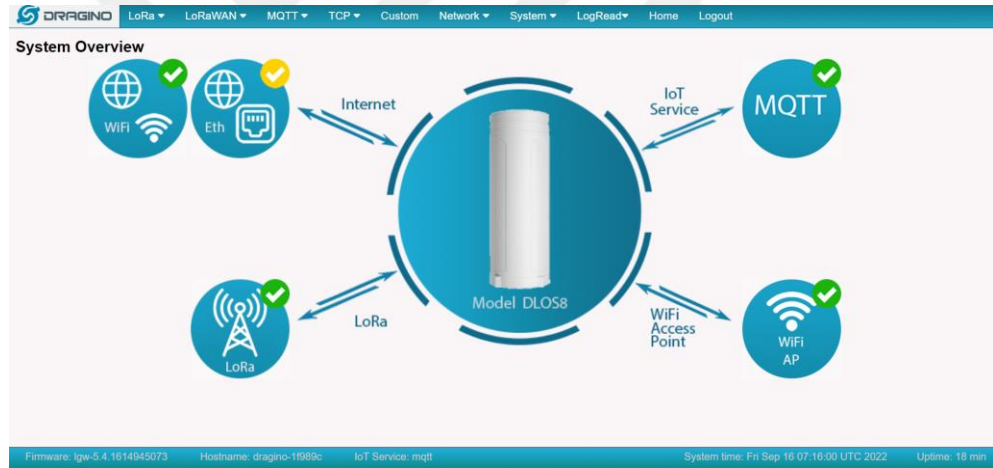
Enable Subscribe ☐ Quality of Service [-q]: QoS 0

Topic Format [-t]: CLIENTID/#

Current Mode: LoRaWAN MQTT

Save&Apply Cancel

Şekil 3.74. DLOS8 Ağ Geçidi MQTT Ayarı



Şekil 3.75. DLOS8 Ağ Geçidi MQTT Ayarı Kontrolü

3.2.13. Ağ geçidi ile sensörlerin sunucuya bağlanması

Uygulama sunucusu ile ağ sunucusu arasındaki bağlantı yapıldıktan sonra ağ geçidi profili Şekil 3.76 ve Şekil 3.77’de oluşturulmuştur. Sıcaklık ve Nem isimli bir uygulama başlığı açılmıştır ve LHT65 sensörü bu bölüme gerekli ayarlar yapılarak Şekil 3.78’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir. LHT65 ve DLOS8 ağ geçidi ile ilgili değerlerin doğru girilmesine rağmen sunucu ile iletişim problemi oluşmuştur ve çıkan hata ekranı Şekil 3.79’da verilmiştir. Oluşan bağlantı hatasını düzeltmek için sunucumuzda yüklü olan redis-server servisinin versiyonu yükseltilmiş ve hata çözülmüştür. DLOS8 ağ geçidi ve LHT65 sensörü aktif edilmiştir ve bağlantıları sağlanmıştır. İlgili görseller Şekil 3.80, Şekil 3.81 ve Şekil 3.82’de verilmektedir (Anonim, 2022).

ChirpStack

Search organization, application, gateway or device

admin

Dashboard

Network-servers

Gateway-profiles

Organizations

All users

API keys

chirpstack

Org. dashboard

Org. users

Org. API keys

Service-profiles

Device-profiles

Gateways

Service-profile name *

MEKATRONİK-SERVICE

A name to identify the service-profile.

Network-server *

mekatronik

The network-server on which this service-profile will be provisioned. After creating the service-profile, this value can't be changed.

☒ Add gateway meta-data

GW metadata (RSSI, SNR, GW geoloc., etc.) are added to the packet sent to the application-server.

☒ Enable network geolocation

When enabled, the network-server will try to resolve the location of the devices under this service-profile. Please note that you need to have gateways supporting the fine-timestamp feature and that the network-server needs to be configured in order to provide geolocation support.

Device-status request frequency

48

Frequency to initiate an End-Device status request (request/day). Set to 0 to disable.

☒ Report device battery level to application-server

☒ Report device link margin to application-server

Minimum allowed data-rate *

Şekil 3.76. Uygulama Sunucusu ile Ağ Sunucusu Ayarı

ChirpStack

Search organization, application, gateway or device

admin

Gateway-profiles / DLOS8-MEKATRONİK

DELETE

Name *

DLOS8-MEKATRONİK

A short name identifying the gateway-profile.

Stats interval (seconds) *

30

The stats interval in which the gateway reports its statistics. The recommended value is 30 seconds.

Enabled channels *

1, 2, 3

The channels active in this gateway-profile as specified in the LoRaWAN Regional Parameters specification. Separate channels by comma, e.g. 0, 1, 2. Extra channels must not be included in this list.

Extra channel 1 (delete)

Modulation *

LoRa

bandwidth (kHz) *

125 kHz

Frequency (Hz) *

868000000

Spreading factors *

7, 8, 9, 10, 11, 12

When defining multiple spreading-factors, the channel will be configured as a multi-SF channel on the gateway.

Şekil 3.77. Uygulama Sunucusu ile Ağ Geçidi Bağlantısı

ChirpStack

Search organization, application, gateway or device

admin

Applications / SICAKLIK-NEM / Devices / LHT65-ALADAG

DELETE

DETAILS CONFIGURATION KEYS (OTAA) ACTIVATION DEVICE DATA LORAWAN FRAMES

Details

Name

LHT65-ALADAG

Description

LHT65-ALADAG

Device-profile

LHT65

Multicast groups

Status

Last seen at

never

State

enabled

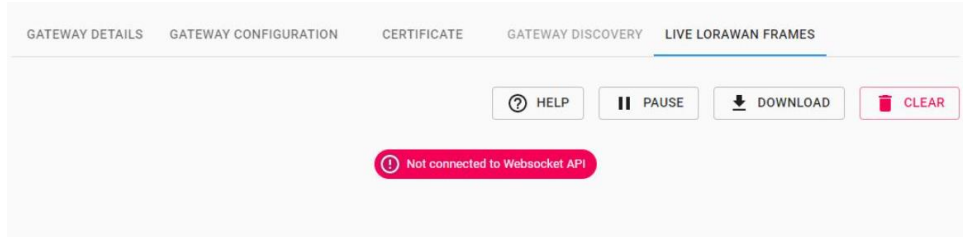
Received

Errors

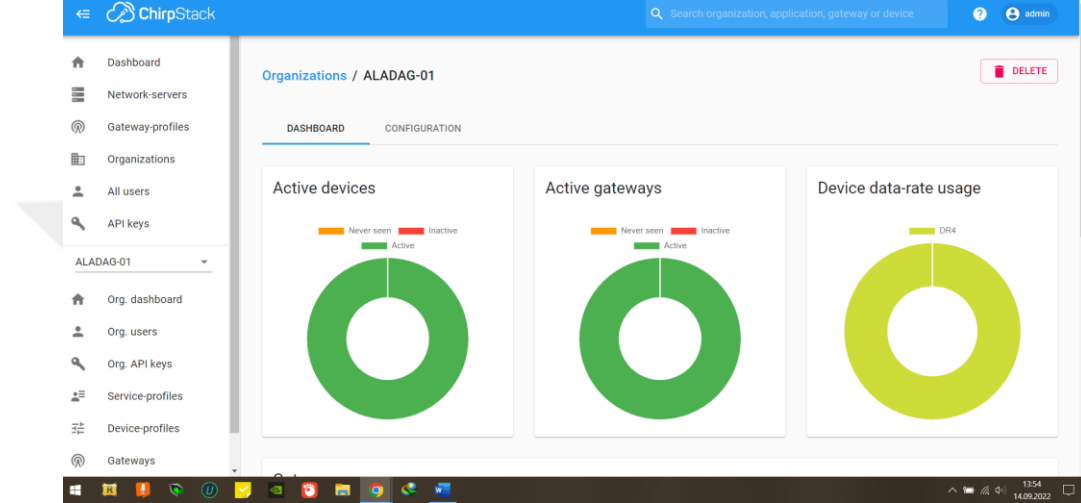
1.0

0.0

Şekil 3.78. Uygulama Sunucusu ile LHT65 Sensörü Bağlantısı



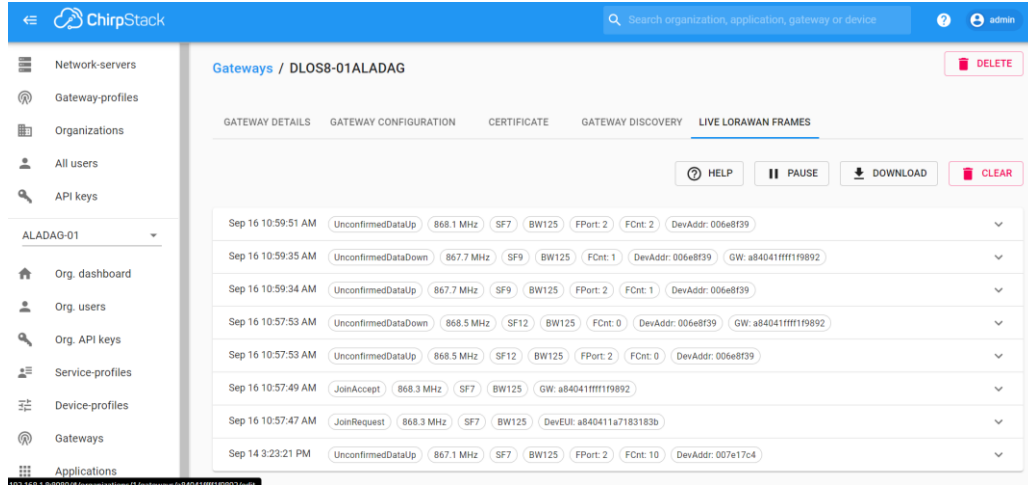
Şekil 3.79. Uygulama Sunucusu ile Ağ Geçidi Bağlantı Hatası



Şekil 3.80. Sunucu ile Sensör ve Ağ Geçidi Bağlantı Kontrolü

Time	Status	Freq	BW	Power	DevAddr	GW
Sep 16 10:59:51 AM	UnconfirmedDataUp	868.1 MHz	SF7	BW125	FPort: 2	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:59:35 AM	UnconfirmedDataDown	867.7 MHz	SF9	BW125	FCnt: 1	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:59:34 AM	UnconfirmedDataUp	867.7 MHz	SF9	BW125	FPort: 2	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:57:53 AM	UnconfirmedDataDown	868.5 MHz	SF12	BW125	FCnt: 0	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:57:53 AM	UnconfirmedDataUp	868.5 MHz	SF12	BW125	FPort: 2	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:57:49 AM	JoinAccept	868.3 MHz	SF7	BW125	GW: a84041ffff1f9892	
Sep 16 10:57:47 AM	JoinRequest	868.3 MHz	SF7	BW125	DevEUI: a840411a7183183b	
Sep 14 3:23:21 PM	UnconfirmedDataUp	867.1 MHz	SF7	BW125	FPort: 2	DevAddr: 007e17c4

Şekil 3.81. LHT65 Sensör Verileri



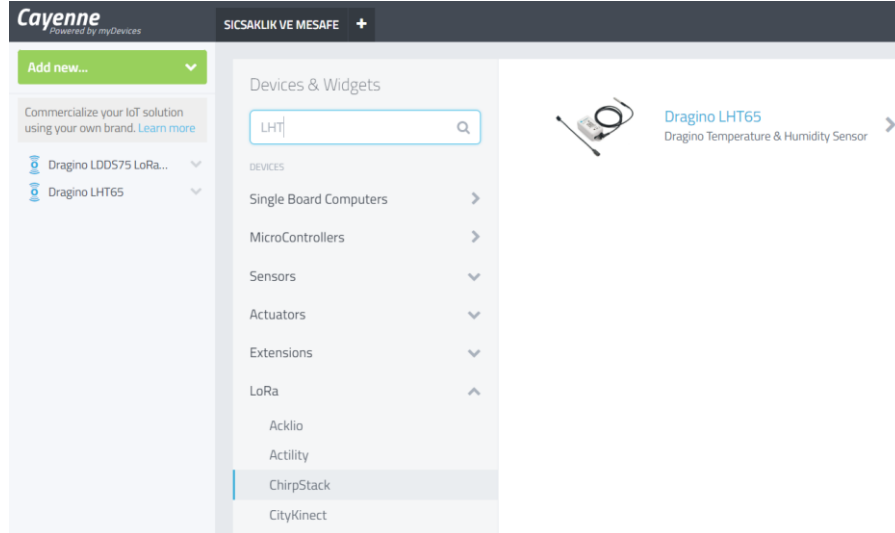
The screenshot shows the ChirpStack web interface for a gateway named 'DLOS8-01ALADAG'. The left sidebar contains navigation links for Network-servers, Gateway-profiles, Organizations, All users, and API keys. The main panel displays 'Gateway Details' with tabs for Gateway Details, Gateway Configuration, Certificate, Gateway Discovery, and Live LoRaWAN Frames. The 'Live LoRaWAN Frames' tab is active, showing a list of frames with columns for Time, Type, Frequency, Bandwidth, Power, Frequency Control, and DevAddr. The frames are filtered by 'UnconfirmedDataUp' and 'UnconfirmedDataDown'.

Time	Type	Freq	Bandwidth	Power	Frequency Control	DevAddr
Sep 16 10:59:51 AM	UnconfirmedDataUp	868.1 MHz	SF7	BW125	FPort: 2	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:59:35 AM	UnconfirmedDataDown	867.7 MHz	SF9	BW125	FCnt: 1	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:59:34 AM	UnconfirmedDataUp	867.7 MHz	SF9	BW125	FPort: 2	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:57:53 AM	UnconfirmedDataDown	868.5 MHz	SF12	BW125	FCnt: 0	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:57:53 AM	UnconfirmedDataUp	868.5 MHz	SF12	BW125	FPort: 2	DevAddr: 006e8f39
Sep 16 10:57:49 AM	JoinAccept	868.3 MHz	SF7	BW125	GW: a84041ffff1f9892	
Sep 16 10:57:47 AM	JoinRequest	868.3 MHz	SF7	BW125	DevEUI: a84041a7183183b	
Sep 14 3:23:21 PM	UnconfirmedDataUp	867.1 MHz	SF7	BW125	FPort: 2	DevAddr: 007e17c4

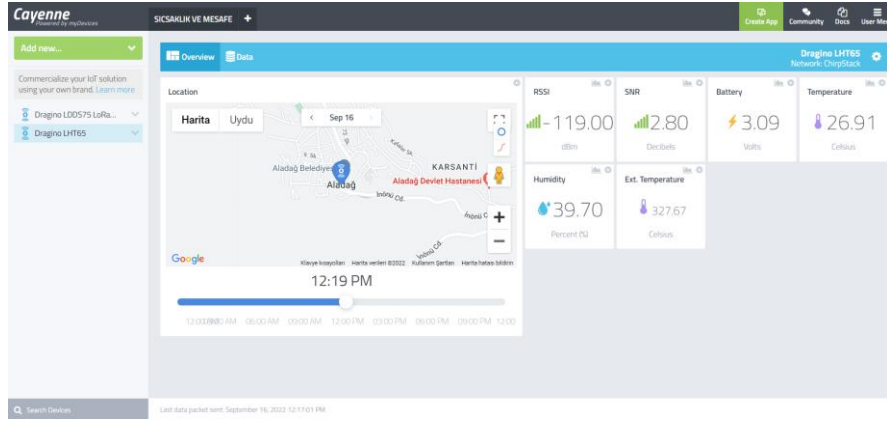
Şekil 3.82. DLOS8 Ağ Geçidi Verileri

3.2.14. Sunucu ve sensörler ile Cayenne myDevices bağlantısı

Şekil 3.83'te görüldüğü gibi Cayenne myDevices içerisinde LHT65 sensörü seçilmiştir. Bağlantının kurulan sunucu üzerinden olması için Chirpstack sekmesi seçilmiştir. Sensörün konum ayarı Aladağ olarak seçildikten sonra sıcaklık ve nem gibi gerekli değerlerin gösterildiği gösterge paneli ayarlanmıştır. LHT65 sensörü ile paket gönderimi yapılmış ve sistemin sorunsuz çalıştığı analiz edilmiştir. Şekil 3.84, Şekil 3.85 ve Şekil 3.86'da sunucunun uygulama arayüzü ile kullanıcı arayüzündeki sensör verileri görülmektedir.



Şekil 3.83. Cayenne Sensör Seçimi



Şekil 3.84. Cayenne LHT65 Gösterge Paneli

The screenshot shows the 'Data' tab of the Cayenne LHT65 dashboard. It displays a table of sensor data with columns: Timestamp, Device N., Y, Channel, Y, Sensor Name, Y, Sensor ID, Y, Data Type, Y, Unit, and Values. The data is sorted by timestamp, showing readings for Humidity, Temperature, SNR, RSSI, Ext. Temperature, and Battery.

Timestamp	Device N.	Y	Channel	Y	Sensor Name	Y	Sensor ID	Y	Data Type	Y	Unit	Values
2022-09-16 12:17:01	Dragino LHT65	4			Humidity		34c1a9a0-35a0-11ed-baf6-3...		rel_hum		%	39.700000762939
2022-09-16 12:17:01	Dragino LHT65	3			Temperature		34b75f0d-35a0-11ed-baf6-3...		temp		°C	26.909999847412
2022-09-16 12:17:01	Dragino LHT65	101			SNR		3438f560-35a0-11ed-baf6-3...		snr		dB	2.7999999523163
2022-09-16 12:17:01	Dragino LHT65	100			RSSI		342edf80-35a0-11ed-baf6-3...		rsi		dBm	-119
2022-09-16 12:17:01	Dragino LHT65	7			Ext. Temperature		34e55e40-35a0-11ed-baf6-3...		temp		°C	327.67001342773
2022-09-16 12:17:01	Dragino LHT65	135			Battery		346c0950-35a0-11ed-baf6-3...		voltage		V	3.0880000591278

Şekil 3.85. Cayenne LHT65 Sensör Verileri

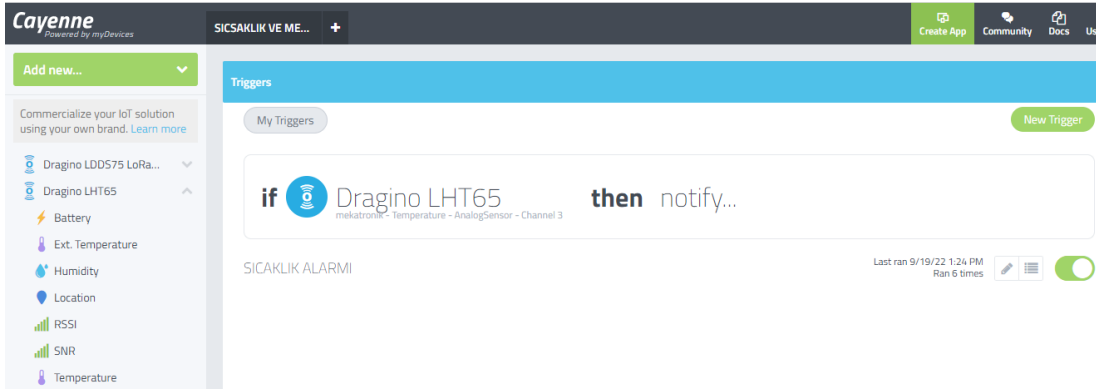
The screenshot shows the ChirpStack interface, specifically the 'LORAWAN FRAMES' tab. It displays a list of frames with columns: Time, Status, Frequency, SF, BW, FPort, FCtrl, DevAddr, and GW. The frames are sorted by time, showing various 'UnconfirmedDataDown' and 'JoinRequest' frames.

Time	Status	Frequency	SF	BW	FPort	FCtrl	DevAddr	GW
Sep 16 12:36:58 PM	UnconfirmedDataDown	867.5 MHz	SF8	BW125	FCtrl: 1	DevAddr: 008c2b81	GW: a84041ffff1f9892	
Sep 16 12:36:58 PM	UnconfirmedDataUp	867.5 MHz	SF8	BW125	FPort: 2	FCtrl: 1	DevAddr: 008c2b81	
Sep 16 12:16:59 PM	UnconfirmedDataDown	867.9 MHz	SF12	BW125	FCtrl: 0	DevAddr: 008c2b81	GW: a84041ffff1f9892	
Sep 16 12:16:59 PM	UnconfirmedDataUp	867.9 MHz	SF12	BW125	FPort: 2	FCtrl: 0	DevAddr: 008c2b81	
Sep 16 12:16:52 PM	JoinAccept	868.5 MHz	SF7	BW125		GW: a84041ffff1f9892		
Sep 16 12:16:52 PM	JoinRequest	868.5 MHz	SF7	BW125		DevEUI: a840417a183183b0		
Sep 16 12:12:25 PM	UnconfirmedDataDown	867.1 MHz	SF7	BW125	FCtrl: 2	DevAddr: 01c827db	GW: a84041ffff1f9892	
Sep 16 12:12:25 PM	UnconfirmedDataUp	867.1 MHz	SF7	BW125	FPort: 2	FCtrl: 2	DevAddr: 01c827db	
Sep 16 11:52:25 AM	UnconfirmedDataDown	867.7 MHz	SF8	BW125	FCtrl: 1	DevAddr: 01c827db	GW: a84041ffff1f9892	
Sep 16 11:52:25 AM	UnconfirmedDataUp	867.7 MHz	SF8	BW125	FPort: 2	FCtrl: 1	DevAddr: 01c827db	

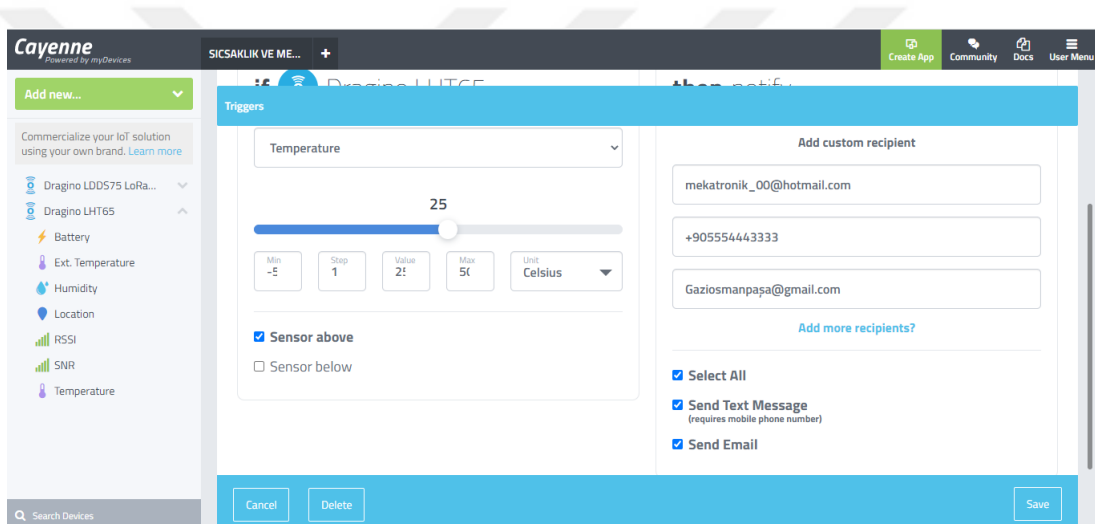
Şekil 3.86. Uygulama Sunucusunda LHT65 Sensör Verileri

3.2.15. Cayenne myDevices ile uyarı mesajı gönderme

Cayenne arayüzünde bulunan tetikleyiciler bölümünden geri bildirim alınması istenilen LHT65 sensörü seçilmiştir. Sensörün sıcaklık, nem, pil ömrü vb. özellikleri arasından sıcaklık değeri seçilmiştir. Hotmail, gmail ve telefon numarası değerleri girilerek çeşitli denemeler Şekil 3.87 ve Şekil 3.88’de görüldüğü gibi yapılmıştır. Belirlenen sıcaklık değerlerinin üstünde ya da altında bir değer sensör tarafından sisteme gönderildiğinde geri bildirim olarak uyarı sistemi aktif olmaktadır.



Şekil 3.87. LHT65 Sensörü Geri Bildirim Tetikleyici Ayarı

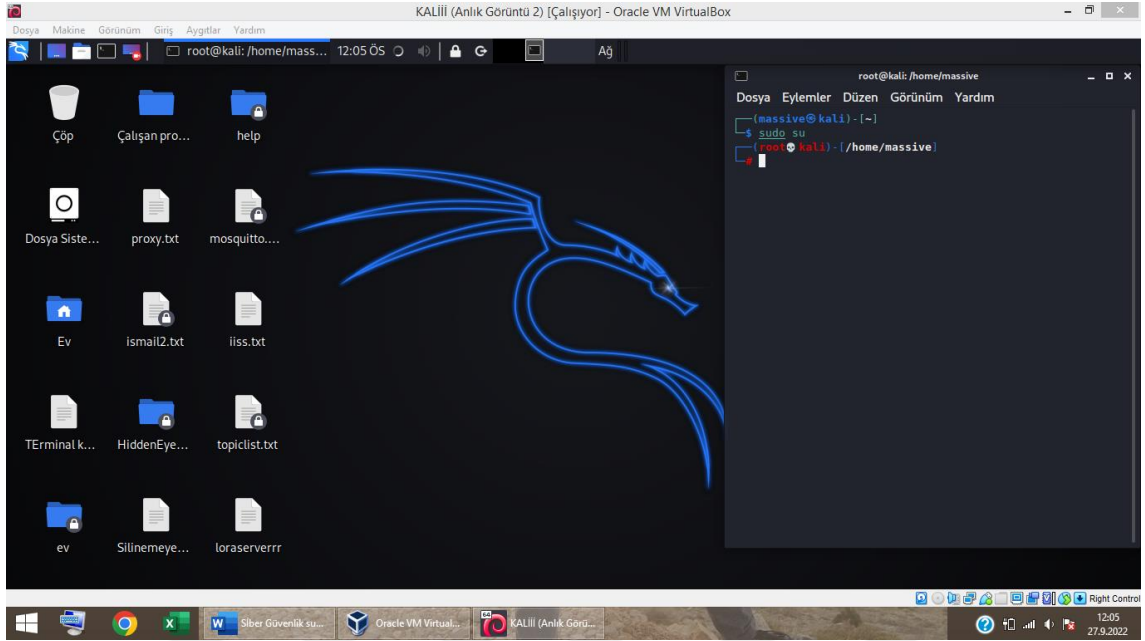


Şekil 3.88. LHT65 Sensörü Geri Bildirim Ayarı

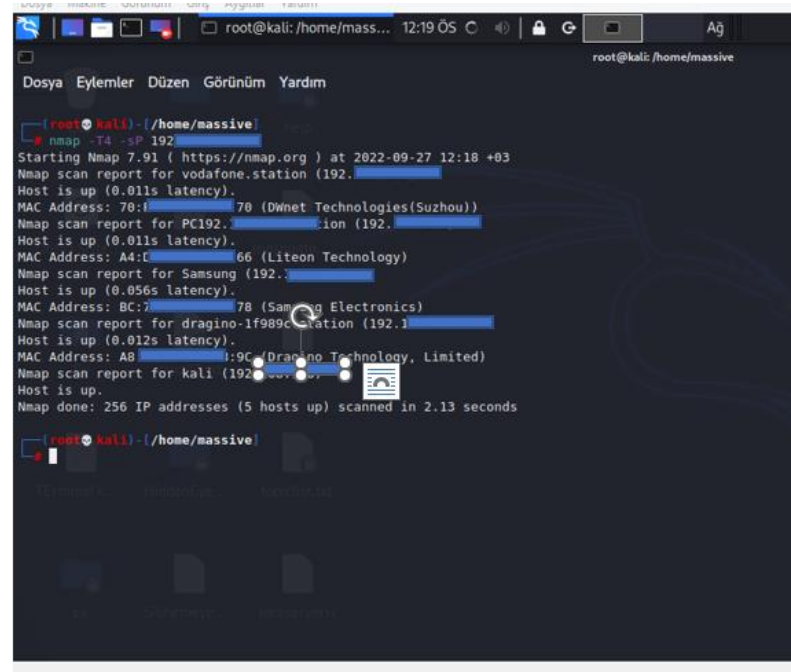
3.2.16. Sunucu siber güvenlik uygulaması

Sensör, ağ geçidi ve sunucu arasındaki paket alışverişi AES128 şifreleme yöntemi ile korunmaktadır. Ağ geçidinin bağlı olduğu modem Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2) şifreleme sistemi ile korunmaktadır. Kullanıcı tarafından oluşturan bütün şifreler küçük-büyük harf, sayı ve sembollerin karışımı yapılarak kırılması zor şifreler seçilmiştir. Sensör, sunucu ve ağ geçidinin bağlı olduğu modem vb. bütün cihazların filtreleri açılmıştır ve bağlanacak cihazların MAC adresleri dışında bağlantı kabul etmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Sanal makine üzerine Kali Linux işletim sistemi kurulmuştur ve LoRaWAN sunucusunun bağlı olduğu modeme bağlantısı Şekil 3.89’de yapılmıştır. Şekil 3.90’da gösterildiği gibi sürekli yerel ağ içerisinde bulunan cihazlar taranmaktadır ve

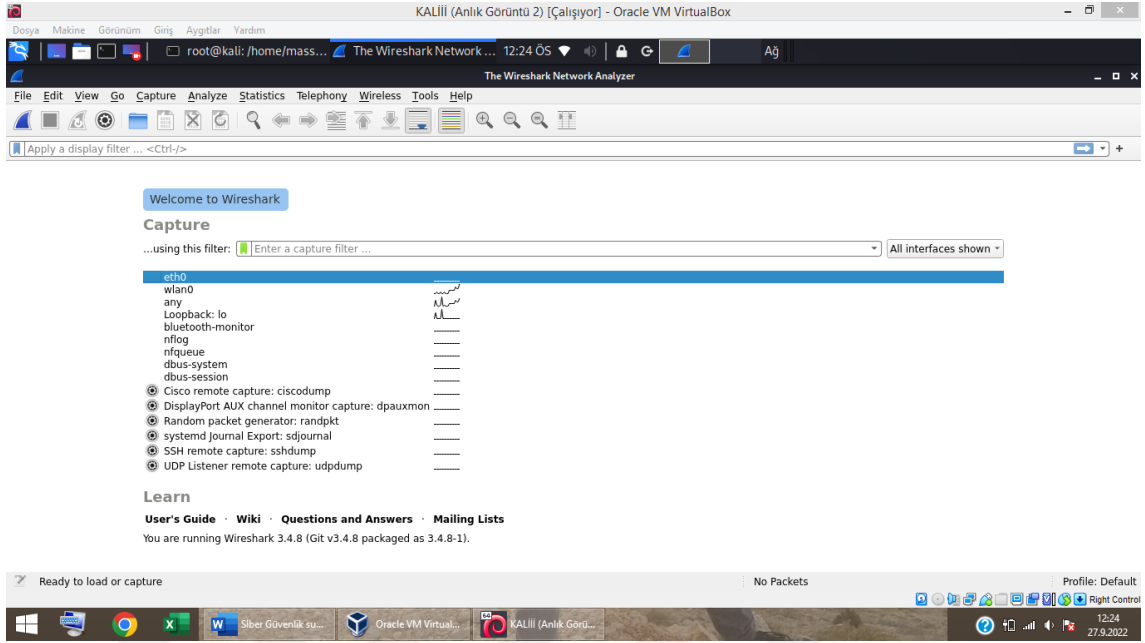
yabancı bir cihaz tespitinde cihaz ağdan atılmaktadır. Wireshark programı çalıştırılarak ağ içerisindeki paket alışverişi ve çeşitli sızma ya da ağ saldırıları kontrol edilmektedir. Şekil 3.91 ve Şekil 3.92’de verilmektedir.



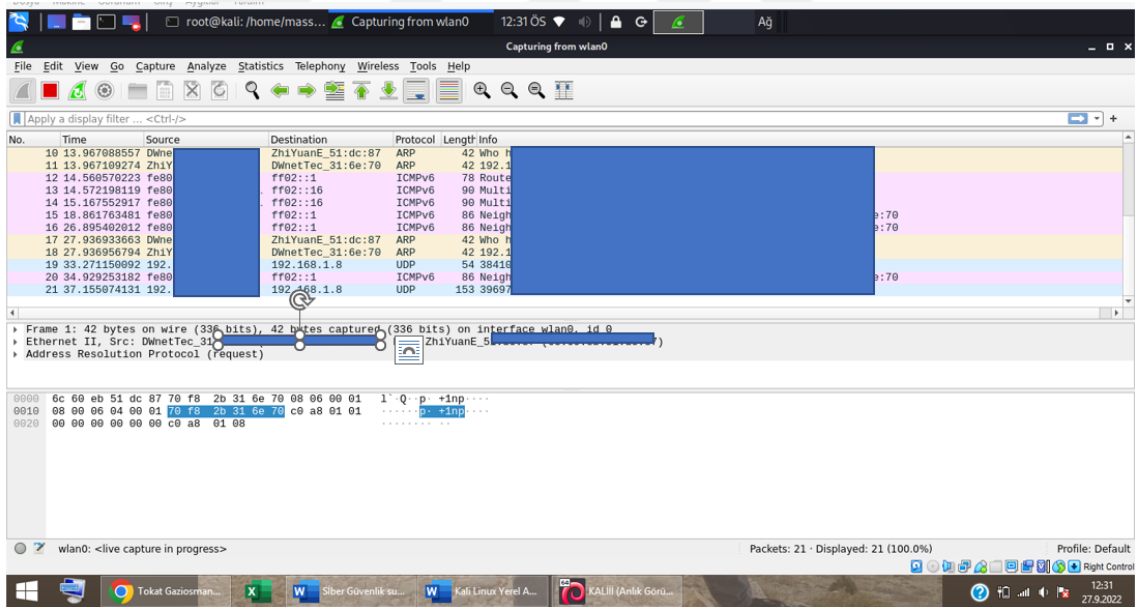
Şekil 3.89. Kali Linux İşletim Sistemi



Şekil 3.90. Yerel Ağda Bulunan Cihazlar



Şekil 3.91. Wireshark Arayüzü



Şekil 3.92. Ağ Analizi

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Ölçüm-1

Sensörler aktif hale getirildikten sonra TTN V3 ile bağlantıları yapılmıştır. TTN V3 ile bağlantı yapıldığında sensörlerin ilk paket alışverişleri başlamıştır. LDDS75 sensörü 04.07.2021 tarihinde sensörle ilgili kurulumlar yapıldıktan sonra sensörün ilk paket gönderimi alınmıştır. Ağ geçidi üzerinden takip edilen paket akışı varsayılan olarak her 20 dk'da bir gerçekleşmektedir. Tablo 4.1'de verildiği üzere 05.07.2021 tarihinde saat 15:03:17'de LDDS75 sensörü ağ geçidine bağlıyken gönderilen ilk paketten sonra 20 dk geçmesine rağmen ikinci paketini göndermemiştir. Sensörün paket gönderim ışığı çalışmasına rağmen ağ geçidi paketi duyamamıştır. Oluşan sorunu çözmek için birçok işlem yapılmıştır fakat sonuç alınamamıştır. Sensörün TTN V3 ve ağ geçidi üzerindeki tüm kayıtları bilgileri ve verileri silinmiş ve geri yüklenmiştir. Buna rağmen sorun devam etmektedir. Cihaz reset atıldıktan sonra ağ geçidine bağlanıp bir paket göndermektedir. Her resetten sonra gönderilen ilk paket ağ geçidi tarafından alınmaktadır. Fakat her 20 dk'da sensör paket göndermesine rağmen ağ geçidinde okuma yapılamamıştır. Tablo 4.3'te görüldüğü gibi 06.07.2021 sabah saat 01:04:58'de LDDS75 sensörünün anteni takıldıktan sonra reset atılmış ve paket gönderimi her 20 dk'ya bir stabil hale gelmiştir. Bir önceki günde LHT65 sensörü ağ geçidine bağlı değilken, LDDS75 sensörü antensiz çalıştırılmıştır ve bir problem çıkmamıştır. Fakat LHT65 sensöründe DLOS8 ağ geçidine bağlandıktan sonra LDDS75 sensörün stabil olan veri alışverişi bozulmuş sadece reset atıldığı anda ilk paket gönderimini yapıp diğer verileri göndermemiştir. Yakın mesafe olduğundan ve daha önceden antensiz bir şekilde aynı mesafeden veri iletimi gerçekleştirildiğinden dolayı LDDS75 sensörünün harici anteninin takılmasına gerek duyulmamıştır. Bu seri paket iletimi problemi LDDS75 sensörüne harici anteni takılarak çözülmüştür.

Tablo 4.1. Ölçüm-1 LDDS75 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
5.7.2021	18:26:55	101	SNR	snr	db	-12.19999980926513
5.7.2021	18:26:55	135	Pil	Voltaj	v	3.388000011444092
5.7.2021	18:26:55	100	RSSI	rssi	dbm	-135
5.7.2021	18:26:55	23	Mesafe	prox	cm	266.1000061035156
5.7.2021	18:18:58	23	Mesafe	prox	cm	265.29998779296875
5.7.2021	18:18:58	100	RSSI	rssi	dbm	-132
5.7.2021	18:18:58	101	SNR	snr	db	-11.5
5.7.2021	18:18:58	135	Pil	voltage	v	3.384999990463257
5.7.2021	18:09:32	100	RSSI	rssi	dbm	-133
5.7.2021	18:09:32	101	SNR	snr	db	-12
5.7.2021	18:09:32	135	Pil	voltage	v	3.388000011444092
5.7.2021	18:09:32	23	Mesafe	prox	cm	250.5
5.7.2021	17:15:54	135	Pil	voltage	v	3.388000011444092
5.7.2021	17:15:54	23	Mesafe	prox	cm	266.1000061035156
5.7.2021	17:15:54	100	RSSI	rssi	dbm	-131
5.7.2021	17:15:54	101	SNR	snr	db	-9.800000190734863
5.7.2021	16:44:49	100	RSSI	rssi	dbm	-131
5.7.2021	16:44:49	101	SNR	snr	db	-10.800000190734863
5.7.2021	16:44:49	135	Pil	voltage	v	3.3429999351501465
5.7.2021	16:44:49	23	Mesafe	prox	cm	265.70001220703125
5.7.2021	16:18:08	135	Pil	voltage	v	3.388000011444092
5.7.2021	16:18:08	100	RSSI	rssi	dbm	-132
5.7.2021	16:18:08	101	SNR	snr	db	-10.5
5.7.2021	16:18:08	23	Mesafe	prox	cm	265.6000061035156
5.7.2021	15:03:17	135	Pil	voltage	v	3.3919999599456787
5.7.2021	15:03:17	100	RSSI	rssi	dbm	-132
5.7.2021	15:03:17	101	SNR	snr	db	-11.199999809265137
5.7.2021	15:03:17	23	Mesafe	prox	cm	106.4000015258789

LHT65 sensörü ilk paket gönderimini Tablo 4.2’de görüldüğü gibi 05.07.2021 tarihinde saat 13:23:05’te gerçekleştirmiştir. İkinci paket gönderimini 05.07.2021 tarihinde saat 13:54:15’te gerçekleştirmiştir. Daha sonra LHT65 sensörünün çalışma modları arasındaki farkların daha iyi anlaşılabilmesi için denemeler yapıp paket alışverişleri izlenmiştir. Sensör aktif modda bırakılarak hiç kapatılmamıştır. Gece ve gündüz varsayılan olarak her 20 dk’da bir paket gönderimi yapmaya devam etmektedir. Ağ geçidi kapalı olsa dahi paket gönderimlerine devam etmektedir fakat ağ geçidi kapalı olduğu için kullanıcı ara yüzünde sensör değerleri görülmemektedir.

Tablo 4.2. Ölçüm-1 LHT5 Sensörü Verileri

TARİH	ZAMAN	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
5.7.2021	13:23:05	101	SNR	snr	db	5
5.7.2021	13:23:05	3	Sıcaklık	temp	c	27.02000046
5.7.2021	13:23:05	4	Nem	rel_hum	p	45.09999847
5.7.2021	13:23:05	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134
5.7.2021	13:23:05	100	RSSI	rss	dbm	-109
5.7.2021	13:23:05	135	Pil	voltage	v	3.132999897
5.7.2021	13:54:15	101	SNR	snr	db	6.5
5.7.2021	13:54:15	135	Pil	voltage	v	3.131000042
5.7.2021	13:54:15	4	Nem	rel_hum	p	52.09999847
5.7.2021	13:54:15	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134
5.7.2021	13:54:15	100	RSSI	rss	dbm	-108
5.7.2021	13:54:15	3	Sıcaklık	temp	c	26.92000008
5.7.2021	13:57:21	100	RSSI	rss	dbm	-119
5.7.2021	13:57:21	4	Nem	rel_hum	p	54.40000153
5.7.2021	13:57:21	135	Pil	voltage	v	3.141000032
5.7.2021	13:57:21	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134
5.7.2021	13:57:21	3	Sıcaklık	temp	c	27.63999939
5.7.2021	13:57:21	101	SNR	snr	db	5
5.7.2021	14:17:19	101	SNR	snr	db	6.800000191
5.7.2021	14:17:19	135	Pil	voltage	v	3.132999897
5.7.2021	14:17:19	3	Sıcaklık	temp	c	27.01000023
5.7.2021	14:17:19	4	Nem	rel_hum	p	48
5.7.2021	14:17:19	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134
5.7.2021	14:17:19	100	RSSI	rss	dbm	-113
5.7.2021	14:30:47	135	Pil	voltage	v	3.131000042
5.7.2021	14:30:47	100	RSSI	rss	dbm	-115
5.7.2021	14:30:47	3	Sıcaklık	temp	c	27.04999924
5.7.2021	14:30:47	101	SNR	snr	db	3.799999952
5.7.2021	14:30:47	4	Nem	rel_hum	p	50.79999924
5.7.2021	14:30:47	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134
5.7.2021	18:29:47	101	SNR	snr	db	1
5.7.2021	18:29:47	3	Sıcaklık	temp	c	26.69000053
5.7.2021	18:29:47	100	RSSI	rss	dbm	-121
5.7.2021	18:29:47	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134
5.7.2021	18:29:47	135	Pil	voltage	v	3.144999981
5.7.2021	18:29:47	4	Nem	rel_hum	p	56.29999924

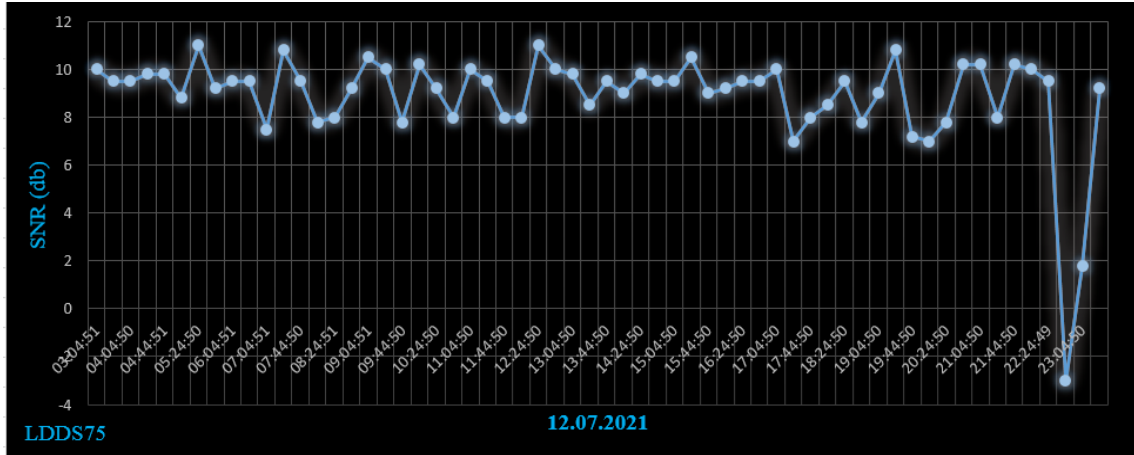
Sensörler ile iç mekan testleri yapılmış ve hiçbir sorun çıkmamıştır. Verilerin doğruluğu analiz edilmiştir. Farklı odalarda sensörler ile ağ geçidinin arasında 10 m kadar mesafe olmasına ve arasına çift kat duvar girmesine rağmen paket alışverişlerinde ve paket doğruluklarında hiçbir sorun çıkmamıştır. Ağ geçidi kapatılmıştır ve sensörler açık bırakılmıştır.

Sensörler her 20 dk 'ya bir paket iletimlerine devam etmişler ve bu süreç üç gün geçmesine rağmen problemsiz devam etmiştir. Ağ geçidi açıldığı andan itibaren gelen her paketi almış ve verileri ağ kancası sayesinde internete Cayenne myDevices kullanıcı ara yüzüne işlemiştir. Tekrar ağ geçidi kapatılmıştır ve sensörlerin paket gönderimleri hiçbir değişiklik olmadan her 20 dk'da bir sorunsuz bir şekilde devam etmektedir.

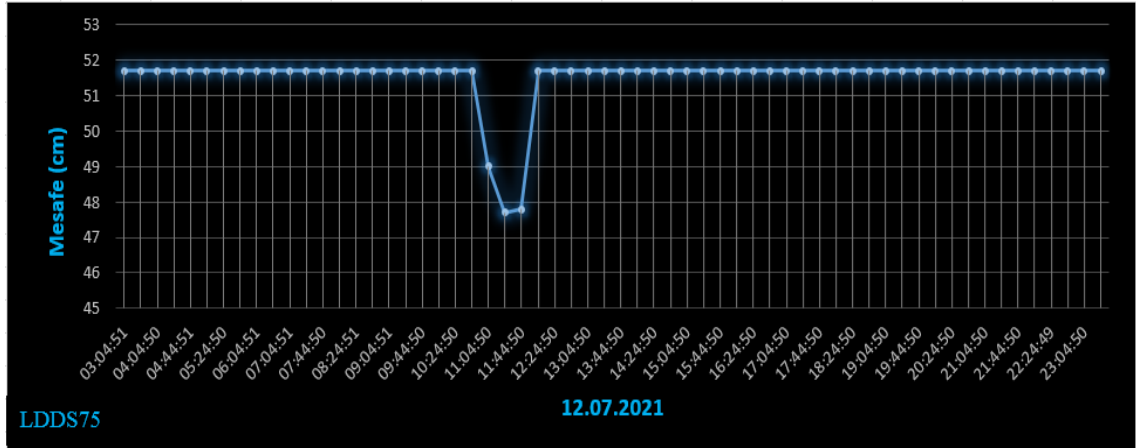
Ölçüm-1 bölümünde LHT65 sıcaklık ve nem sensörü ile LDD575 mesafe algılama sensörü ilk kez çalıştırılmıştır. DLOS8 ağ geçidi ile bağlantıları yapılmış ve sensörlerin ilk ölçümleri test edilmiştir. İç mekanda yapılan kısa zamanlı testlerde ölçümlerin doğruluğu görülmüştür. İleride yapılacak ölçümlerde uzun süreli testler yapılacaktır. Kurulum aşamasında bazı sorunlarla karşılaşmış ve bu problemler çözülmüştür.

4.2. Ölçüm-2

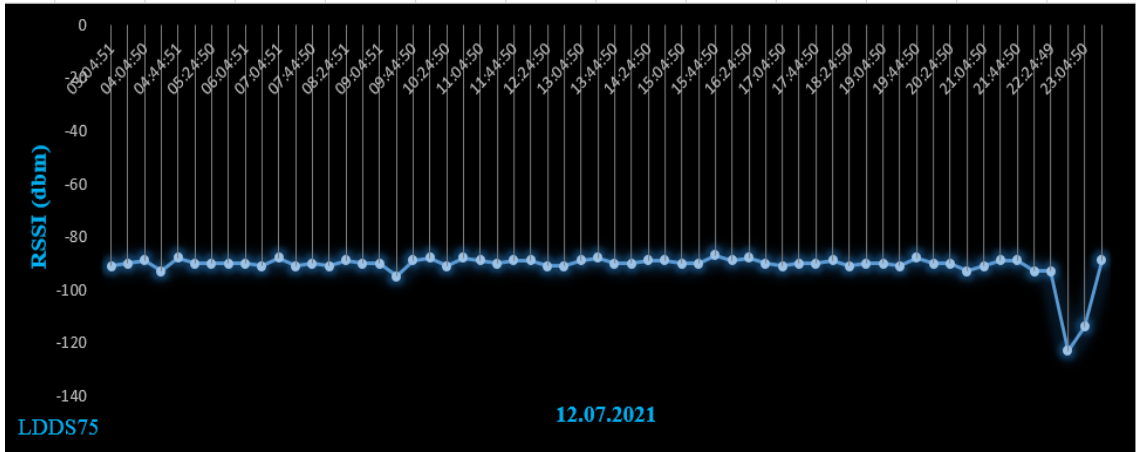
Ölçüm-2 de yapılan testlerde dolap rafına yerleştirilen LHT65 ve LDD575 sensörleri ile bir gün boyunca ölçüm alınmıştır. 11.07.2021 akşamı saat 22:24'te testler başlamıştır ve 24 sa dolana kadar devam etmiştir. Sonuçlar EK-1 Tablo 7.1'de ve EK-2 Tablo 7.2'de ayrıca ayrıntılı olarak Şekil 4.1. Şekil 4.2. Şekil 4.3. Şekil 4.4. Şekil 4.5. Şekil 4.6. Şekil 4.7. Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 da verilmiştir.



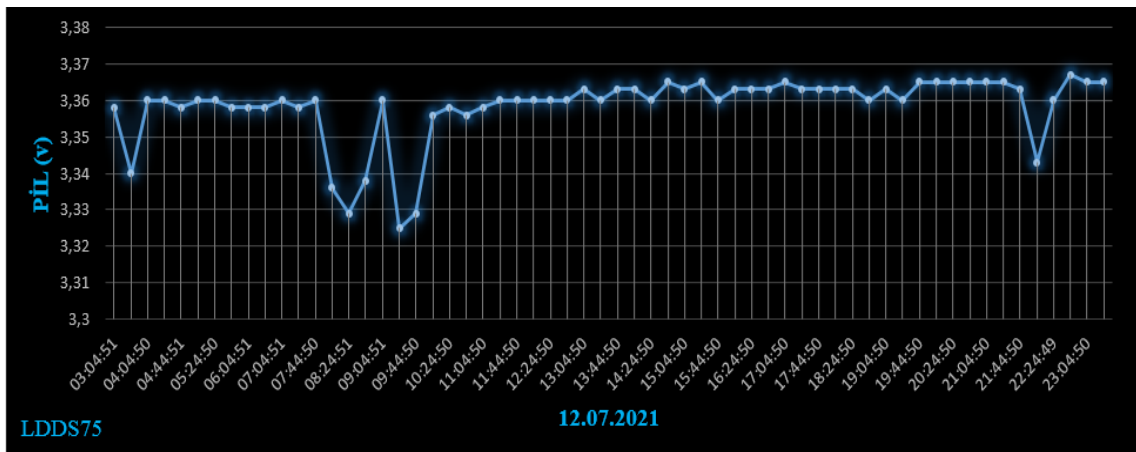
Şekil 4.1. LDD575 SNR Analizi



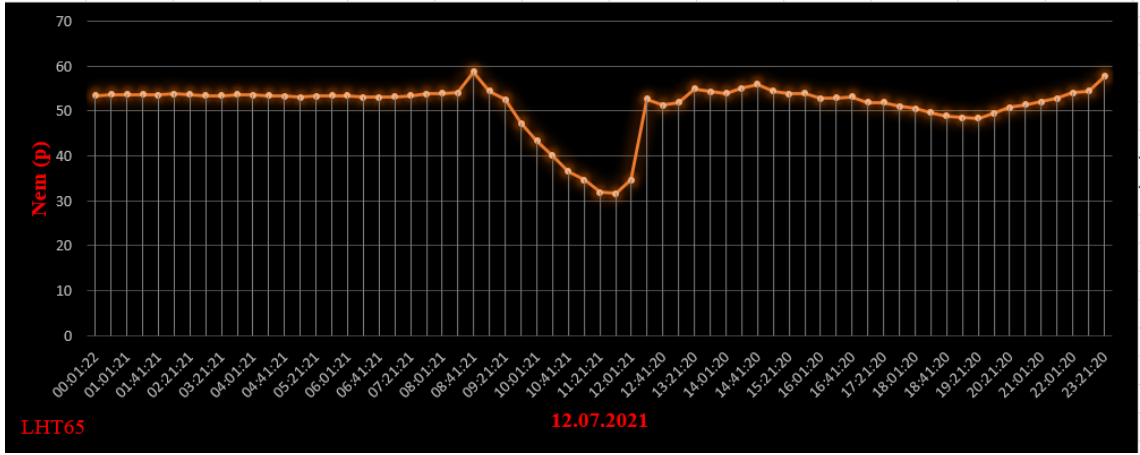
Şekil 4.2. LDDS75 Mesafe Analizi



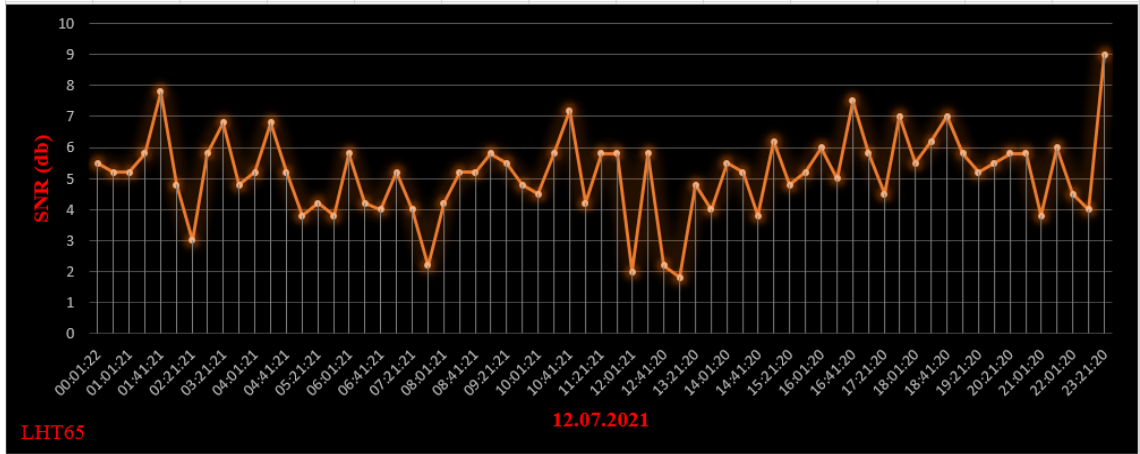
Şekil 4.3. LDDS75 RSSI Analizi



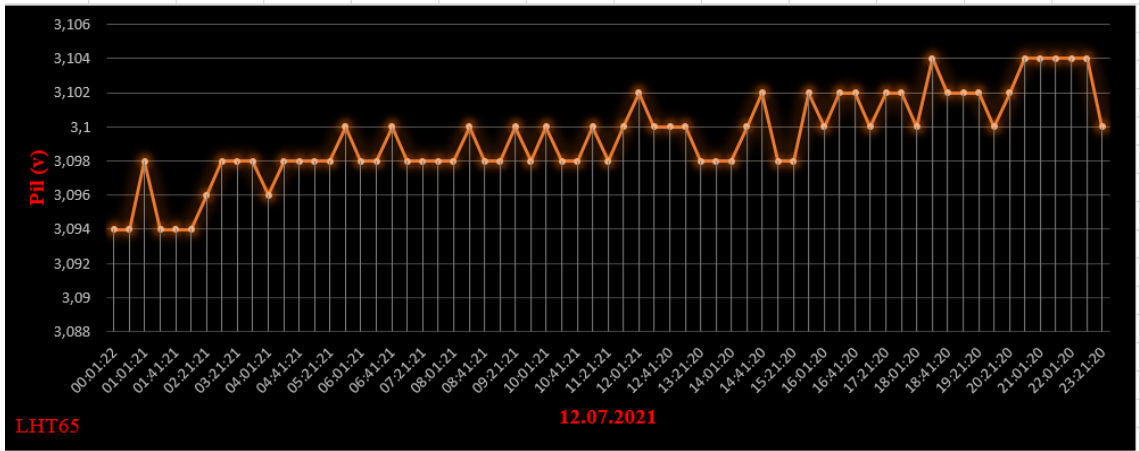
Şekil 4.4. LDDS75 Pil Analizi



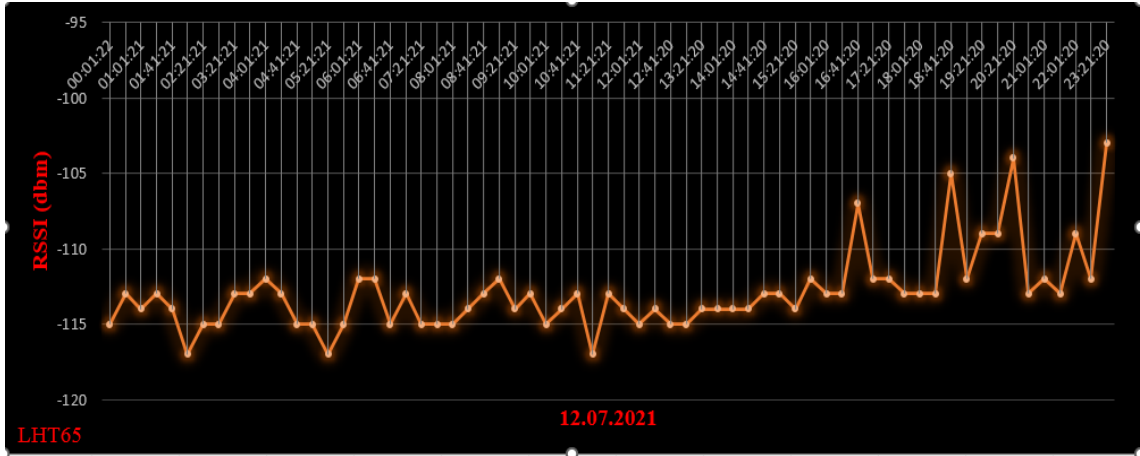
Şekil 4.5. LHT65 Nem Analizi



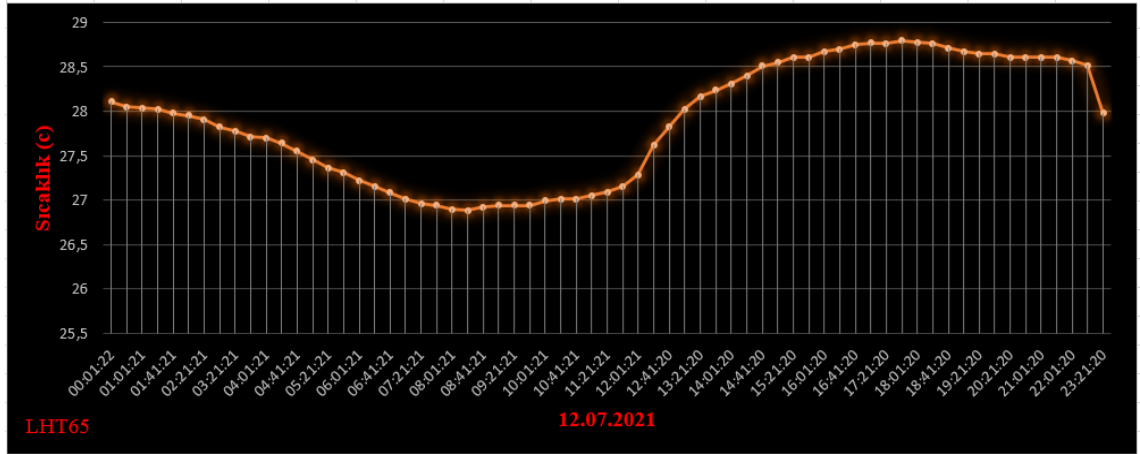
Şekil 4.6. LHT65 SNR Analizi



Şekil 4.7. LHT65 Pil Analizi

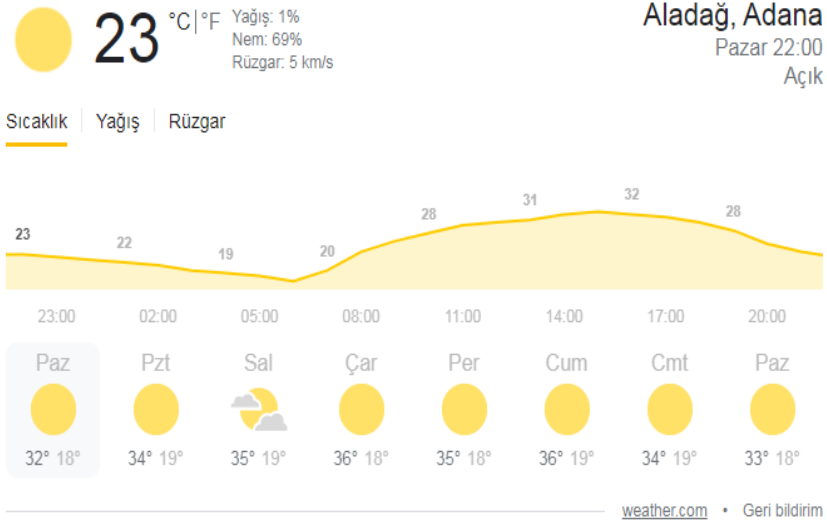


Şekil 4.8. LHT65 RSSI Analizi

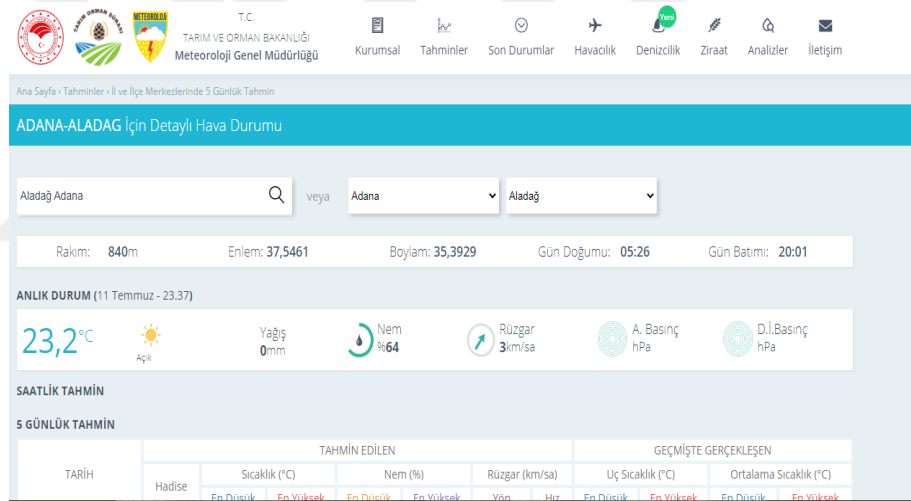


Şekil 4.9. LHT65 Sıcaklık Analizi

DLOS8 ağ geçidi de sensörler ile aynı oda içerisine yerleştirilmiş ve dahili anteni takılmadan testler yapılmıştır. Ölçüm bölgesi ile ilgili hava durumu tahminleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de verilmiştir. Paket alışverişlerinde hiçbir problem çıkmamıştır. Sensörlerden alınan değerlerin doğruluğu test edilmiştir.



Şekil 4.10. Hava Durumu Tahmini-1



Şekil 4.11. Hava Durumu Tahmini-2

4.3. Ölçüm-3

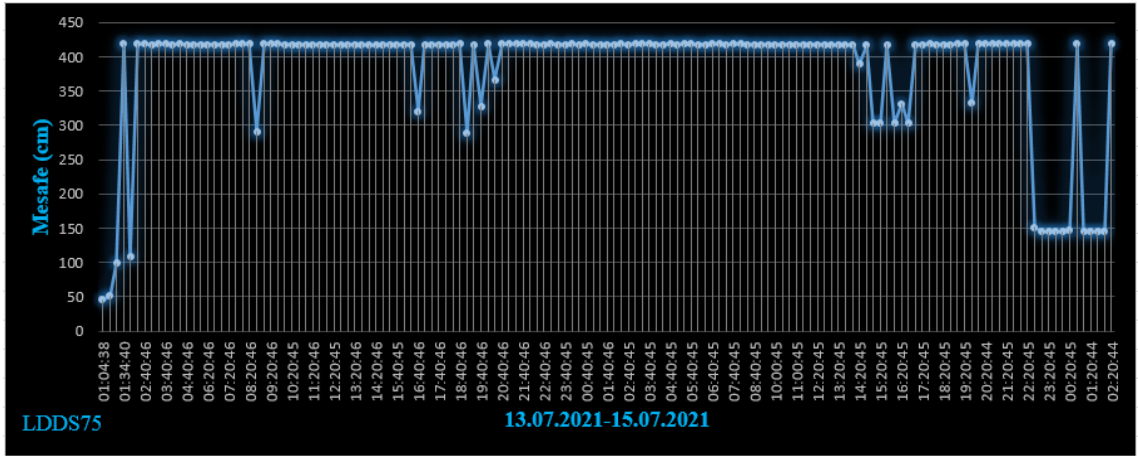
12.07.2021 günü akşam üçüncü ölçüm hazırlıkları yapılırken LDDS75 sensörünün mesafe ölçümü yapan kablosu çok çevirildiği için ölçüm yapmamaya başlamıştır. Kablonun aşırı çevrilmesinden dolayı fazla sıkışan kablolardan enerji kablosu kopmuştur. Sensör sökölüp kabloları tekrar bağlanmış ve çalıştırılmıştır. Enerji kablosu kopuk haldeyken sensör rssi ve snr verilerini ağ geçidine göndermeye devam etmiştir EK-3 Tablo 7.3'de 13.07.2021 saat 01:04:38' e kadar olan ölçümlerde görülmektedir. Fakat mesafe ölçülemediği için Cayanne de mesafe okunmuyor diğer veriler geliyordu. Ağ

geçidine gelen paket okunduğunda LDD575 sensörü 65834 mm gibi ve buna benzer doğru olmayan rastgele mesafe verileri göndermektedir. Şekil 4.12’de pembe olan enerji kablosunun 5V pinine takılması sonucu ölçümler düzelmiştir.

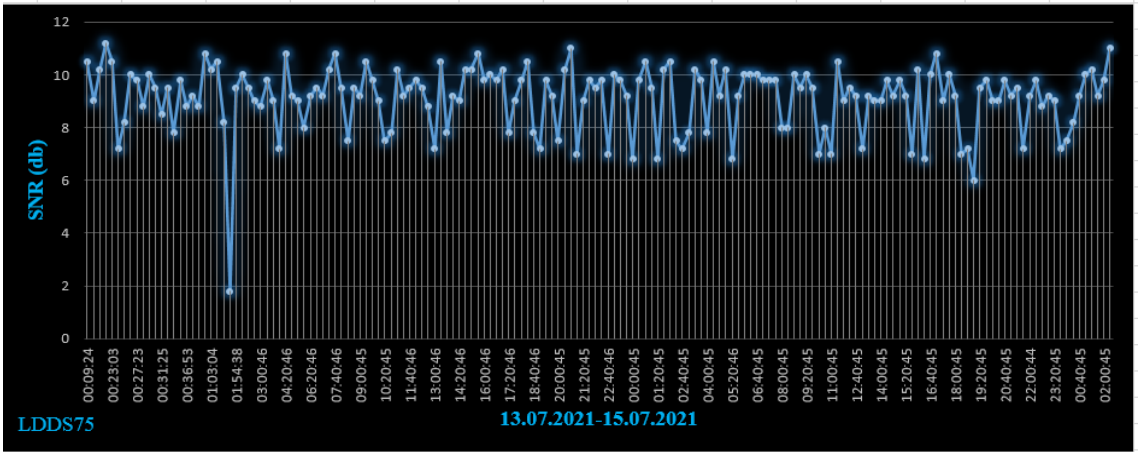


Şekil 4.12. LDD575 İç Görünümü

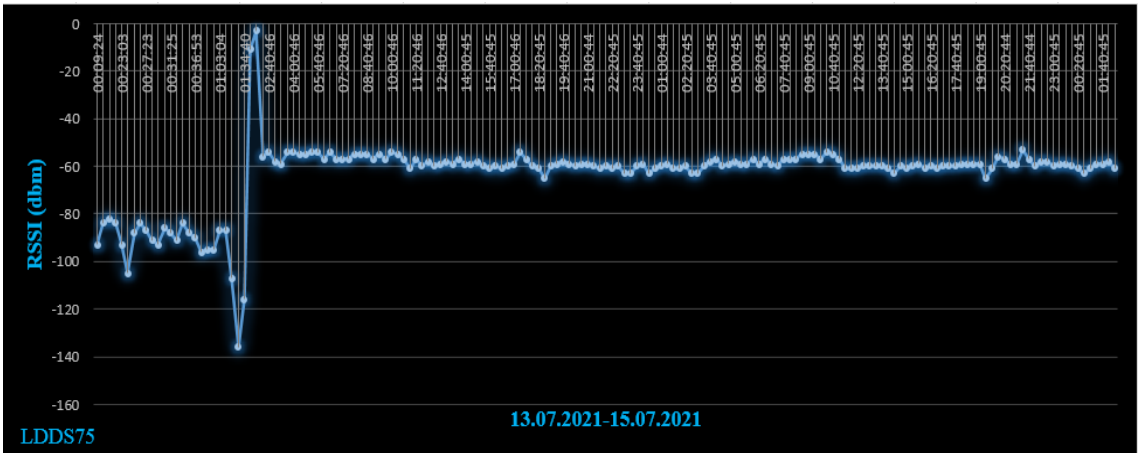
Sensörler farklı bir odaya yerleştirilmiştir. LDD575 sensörünün harici bir anteni olduğu için verileri harici anteni takılmamış ağ geçidine iletebilmektedir. LDD575 sensörünün verileri EK-3 Tablo 7.3’te verilmiştir. LHT65 sensörü harici bir antene sahip olmadığı için sensörün gönderdiği paketler ağ geçidi tarafından alınamamıştır. Bu sorun ağ geçidinin harici anteni takılarak çözülmüştür. LHT65 sensörünün verileri EK-4 Tablo 7.4’de verilmiştir. Veri alışverişlerinde ağ geçidi ile sensörlerin konumlarının ne kadar önemli olduğu görülmüştür. Bu durum ilerleyen ölçümlerde de çok önemli bir role sahip olmuştur. Ölçüm-3 test sonuçları ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir ve grafikleri Şekil 4.13. Şekil 4.14. Şekil 4.15. Şekil 4.16. Şekil 4.17. Şekil 4.18. Şekil 4.19. Şekil 4.20 ve Şekil 4.21 de verilmiştir.



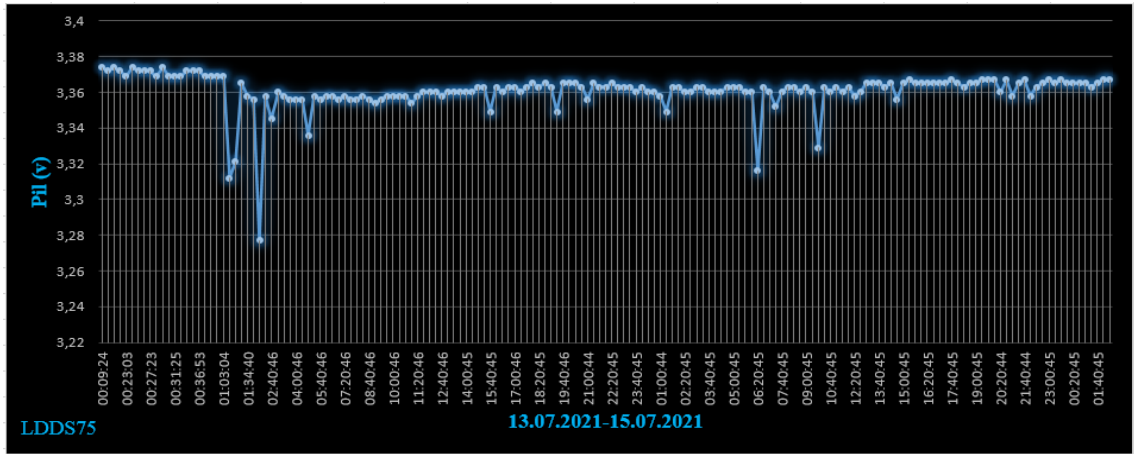
Şekil 4.13. LDDS75 Mesafe Analizi



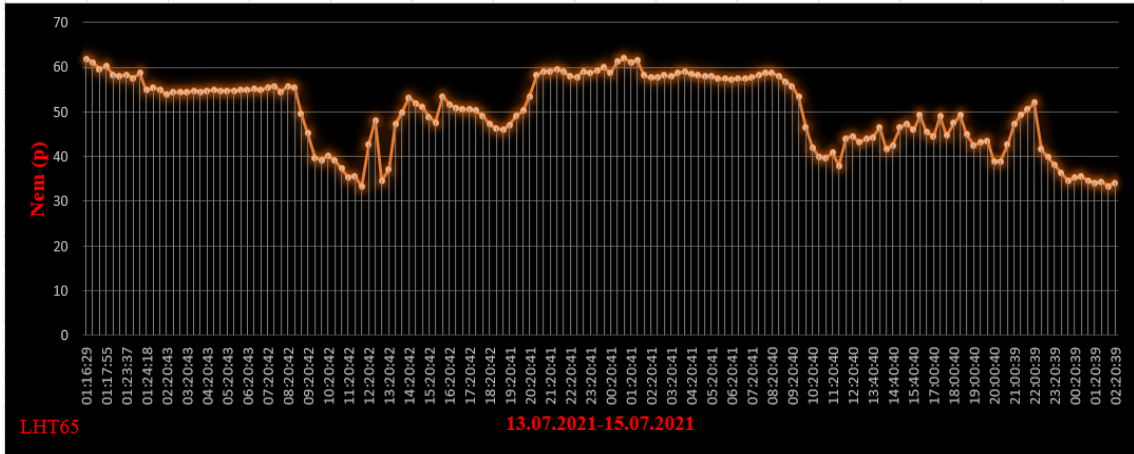
Şekil 4.14. LDDS75 SNR Analizi



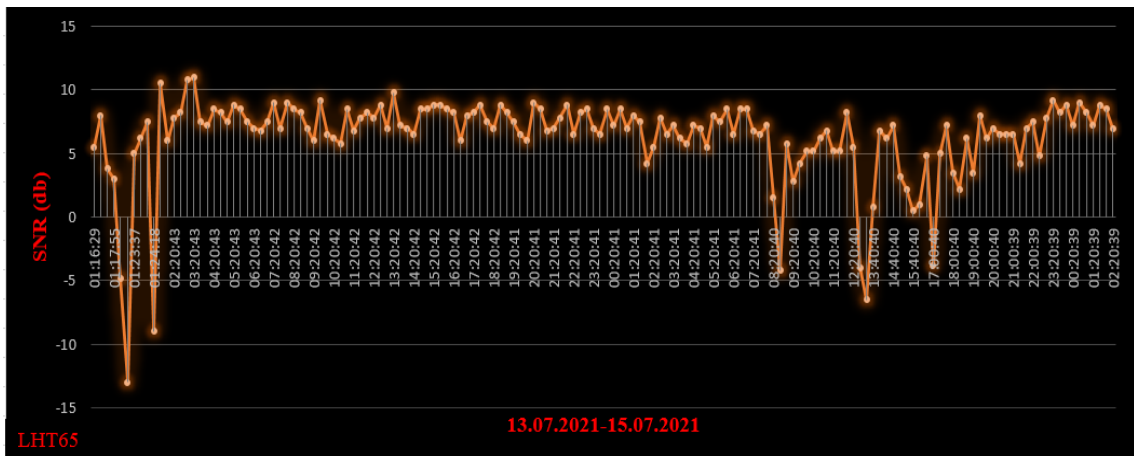
Şekil 4.15. LDDS75 RSSI Analizi



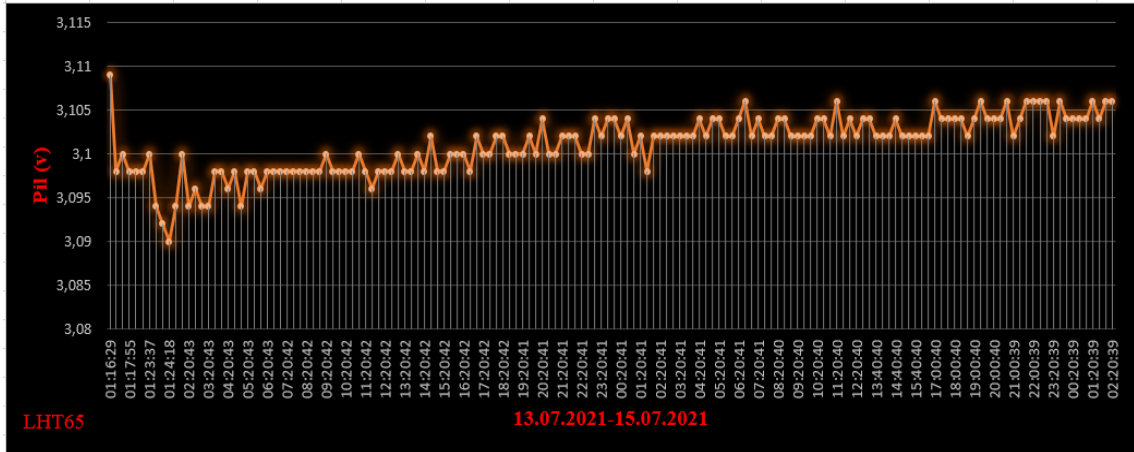
Şekil 4.16. LDDS75 Pil Analizi



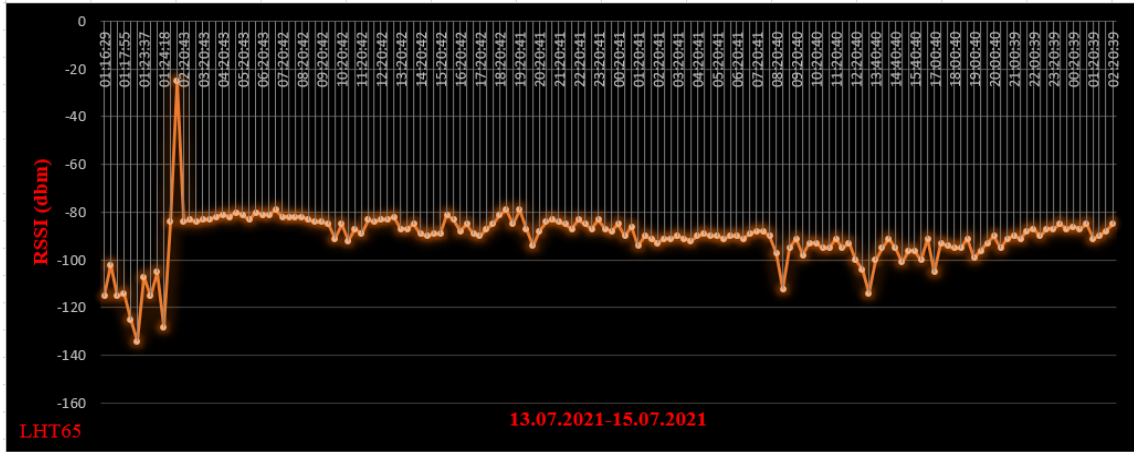
Şekil 4.17. LHT65 Nem Analizi



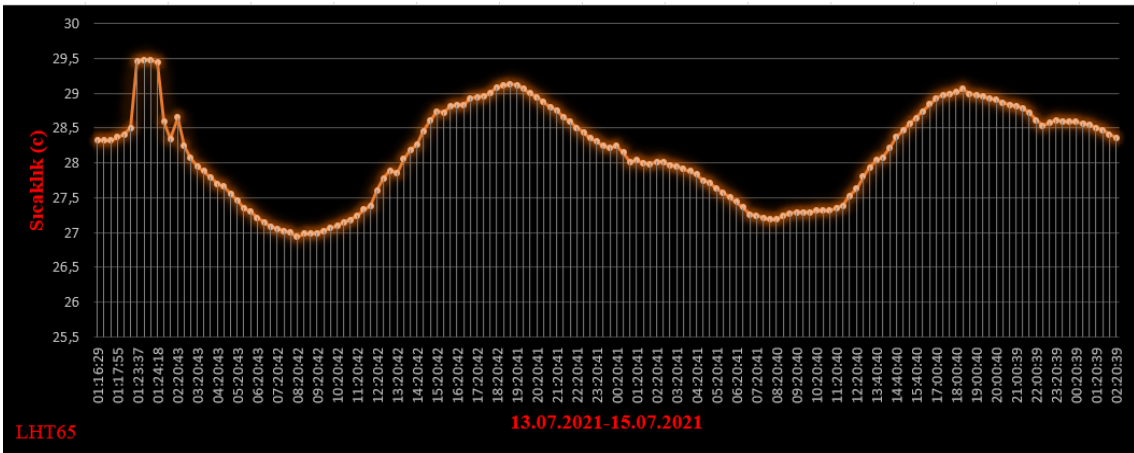
Şekil 4.18. LHT65 SNR Analizi



Şekil 4.19. LHT65 Pil Analizi



Şekil 4.20. LHT65 RSSI Analizi



Şekil 4.21. LHT65 Sıcaklık Analizi

Ölçüm-3 bölümünde LDDS75 ve LHT65 sensörleri ile iç mekan testi yapılmıştır. Ölçümler her iki sensör içinde aralıksız iki gün boyunca sürmüştür. LDDS75 sensörü 655 adet paket ve LHT65 sensörü de 851 adet paket göndermiştir. Elde edilen verilerin analizleri sonucunda verilerin doğruluğu tespit edilmiştir. Hiçbir aksilik oluşturmada sensörler nizami bir şekilde çalışmıştır. Sensörlerin ve ağ geçidinin iç mekan testleri Ölçüm-3 ile sona ermiştir. Gelecek ölçümlerde dış mekan testleri yapılmıştır.

4.4. Ölçüm-4

Ölçüm-4 testinde LDDS75 ve LHT65 sensörlerinin DLOS8 ağ geçidi ile birbirlerini algılama mesafeleri analiz edilmek istenmektedir. Yapılan Ölçüm-4 testi doğrultusunda bu tez çalışmasında LoRaWAN teknolojisi ile yapılmak istenen uygulamalarda sensör ve ağ geçidi konumlarının yerleri belirlenmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları Tablo 4.3 ile Tablo 4.4’de verilmiştir.

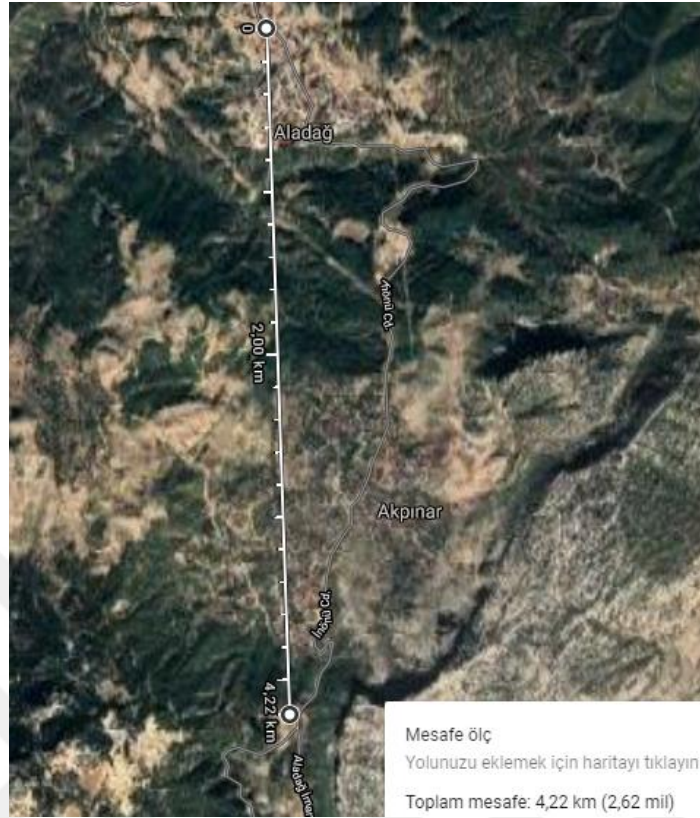
Tablo 4.3. Ölçüm-4 LDDS75 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
28.7.2021	21:20:33	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
28.7.2021	21:20:33	100	RSSI	rss	dbm	-49
28.7.2021	21:20:33	101	SNR	snr	db	8.5
28.7.2021	21:20:33	23	Mesafe	prox	cm	223.6999969482422
28.7.2021	21:40:33	135	Pil	voltage	v	3.3580000400543213
28.7.2021	21:40:33	23	Mesafe	prox	cm	35.20000076293945
28.7.2021	21:40:33	100	RSSI	rss	dbm	-125
28.7.2021	21:40:33	101	SNR	snr	db	-12.80000019073486
28.7.2021	22:00:33	101	SNR	snr	db	-3.799999952316284
28.7.2021	22:00:33	100	RSSI	rss	dbm	-118
28.7.2021	22:00:33	135	Pil	voltage	v	3.3269999027252197
28.7.2021	22:00:33	23	Mesafe	prox	cm	50.5
28.7.2021	23:00:31	101	SNR	snr	db	10.800000190734863
28.7.2021	23:00:31	135	Pil	voltage	v	3.3540000915527344
28.7.2021	23:00:31	23	Mesafe	prox	cm	29
28.7.2021	23:00:31	100	RSSI	rss	dbm	-32

Tablo 4.4. Ölçüm-4 LHT65 Sensörü Verileri

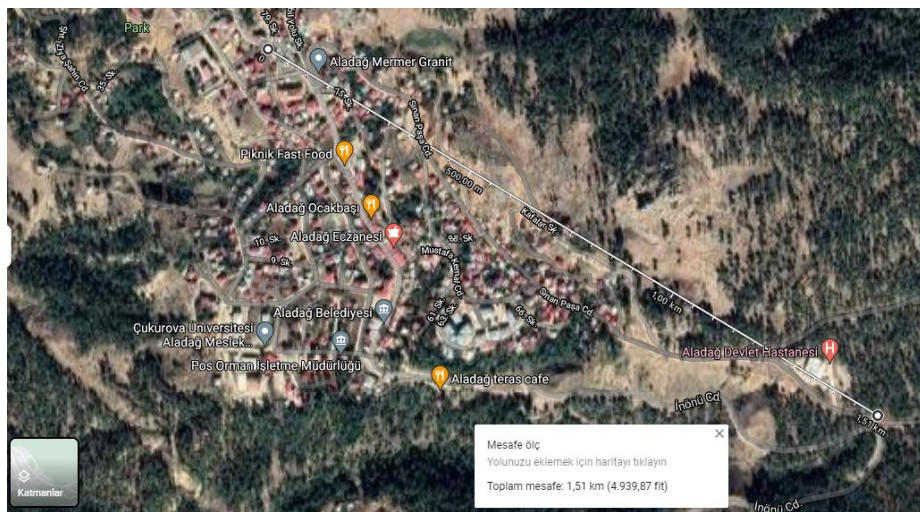
TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
28.7.2021	21:06:17	101	SNR	snr	db	7
28.7.2021	21:06:17	4	Nem	rel_hum	p	28.200000762939453
28.7.2021	21:06:17	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
28.7.2021	21:06:17	100	RSSI	rss	dbm	-61
28.7.2021	21:06:17	135	Pil	voltage	v	3.13700008392334
28.7.2021	21:06:17	3	Sıcaklık	temp	c	28.649999618530273
28.7.2021	21:26:16	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
28.7.2021	21:26:16	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.8700008392334
28.7.2021	21:26:16	100	RSSI	rss	dbm	-111
28.7.2021	21:26:16	135	Pil	voltage	v	3.128999948501587
28.7.2021	21:26:16	3	Sıcaklık	temp	c	28.6200008392334
28.7.2021	21:26:16	4	Nem	rel_hum	p	25.399999618530273
28.7.2021	21:29:21	100	RSSI	rss	dbm	-108
28.7.2021	21:29:21	101	SNR	snr	db	6.5
28.7.2021	21:29:21	135	Pil	voltage	v	3.128999948501587
28.7.2021	21:29:21	4	Nem	rel_hum	p	27.100000381469727
28.7.2021	21:29:21	3	Sıcaklık	temp	c	28.40999984741211
28.7.2021	21:29:21	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.1200008392334
28.7.2021	22:46:52	100	RSSI	rss	dbm	-101
28.7.2021	22:46:52	135	Pil	voltage	v	3.122999906539917
28.7.2021	22:46:52	101	SNR	snr	db	8
28.7.2021	22:46:52	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	26.75
28.7.2021	22:46:52	3	Sıcaklık	temp	c	24.600000381469727
28.7.2021	22:46:52	4	Nem	rel_hum	p	31.700000762939453

28.07.2021 tarihinde ağ geçidi balkona kurulmuştur ve dış mekan testleri yapılmıştır. O günkü hava aşırı rüzgarlıdır. 21:29'da LHT65 sensörü bina önünde araç içerisinden paket gönderimini yapmıştır. Ağ geçidine araç mesafesi 6.4 km olan Hasan Dede gediğinde ölçümler yapılmıştır. Şekil 4.22'de verilen haritada ağ geçidi ile sensörlerin konuşlandırıldığı yer arasının kuş bakışı 4.22 km olduğu görülmektedir. Hasan Dede gediğinde yapılan ölçümlerde LDDS75 sensörü 21:40 ile 22:00 da paket gönderimini gerçekleştirmiş ve ağ geçidi paketi almıştır. LHT65 sensöründen gönderilen paketler DLOS8 ağ geçidi tarafından duyulamamıştır.



Şekil 4.22. Hasan Dede Gediği'nin Mesafesi

Sıradaki ölçümler kuş bakışı 1.51 km mesafede olan Aladağ Devlet Hastanesi civarında yapılmıştır. Saat 22:22 de Şekil 4.23'de verilen noktalar arası mesafeden yapılan ölçümlerde. LHT65 ve LDDS75 sensörleri ile paket gönderimi yapılmıştır fakat ağ geçidi gönderilen paketleri okuyamamıştır.



Şekil 4.23. Aladağ Devlet Hastanesi Civarı

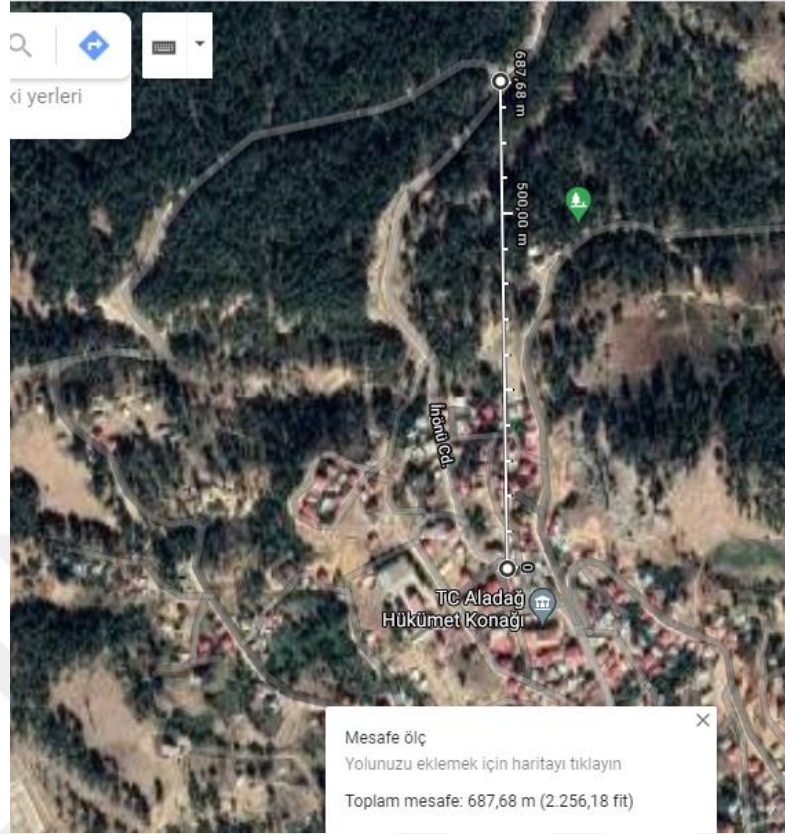
Ağ geçidine biraz daha yaklaşılmış ve 355.17 metreden gözle görülebilir bir konuma gelinmiştir. Şekil 4.24’de ki görselde görülen konumdan yapılan ölçümde saat 22:46 de LHT65 sensöründen gönderilen paket alınmıştır.



Şekil 4.24. Aladağ İlçe Merkezi

Diğer ölçüm LHT65 sensörü ile Şekil 4.25’deki mesafeden ağ geçidinin bulunduğu cephenin tam tersi istikamette olan bölgeden yapılmıştır. Fakat ağ geçidi sensörden gelen verileri algılayamamıştır.

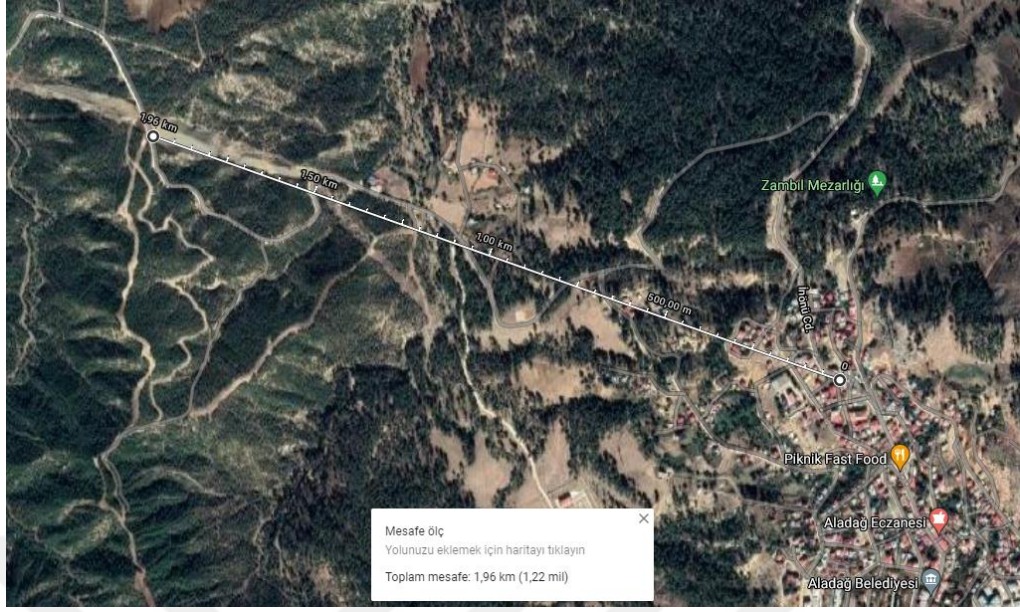
Ölçüm-4 testi sonuçları göz önüne alındığında ağ geçidi konumu ile sensör konumlarının gönderilen paketlerin algılanmasında çok önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Ağ geçidi ve sensör konumları kötü yerleştirildiğinde yakın mesafelerde bile ölçümler yapılamamaktadır. Bu sonuçlar doğrultusunda DLOS8 ağ geçidinin konumu yüksek verim alınabilecek bir pozisyona getirilip yeni testler yapılmıştır.



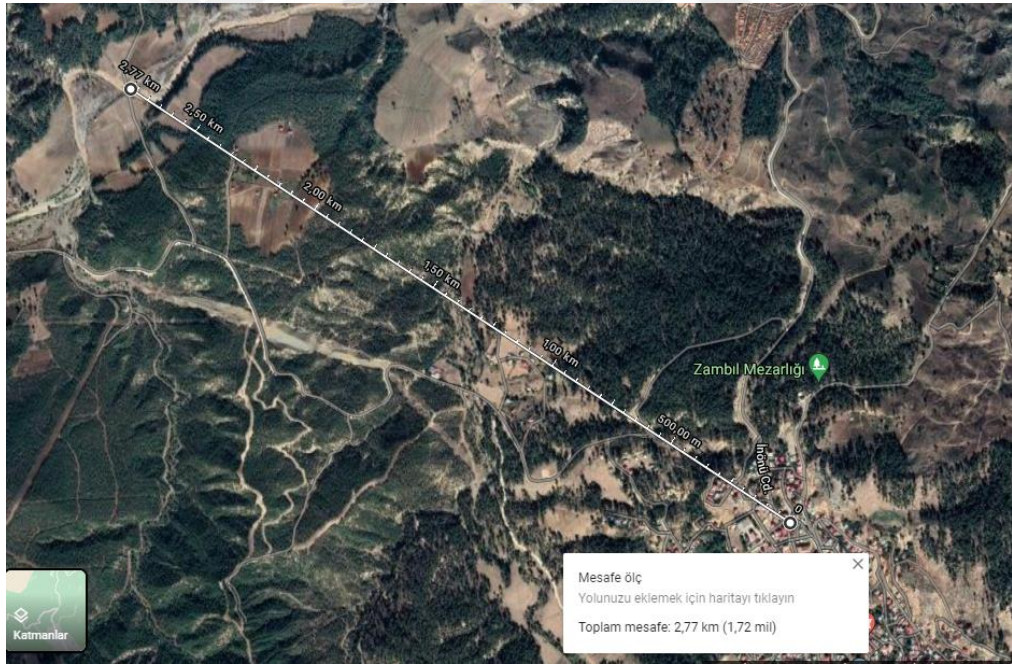
Şekil 4.25. Aladağ İlçe Çıkışı

4.5. Ölçüm-5

DLOS8 ağ geçidinin konumu yeni ölçümlerin yapılacağı bölgeye doğru konuşlandırılmıştır. Her iki sensör de 29.07.2021 tarihinde saat 09.30 ile 09.40 arasında Şekil 4.26’da verilen görseldeki arazide paket göndermiştir. Ölçüm-5’den elde edilen veriler Tablo 4.5 ve Tablo 4.16’da verilmiştir. Ağ geçidinin bu araziye olan kuş bakışı uzaklığı 1.96 km’dir. Saat 09.50’de Yetimli köyü köprüsünde mesafe sensörünün gönderdiği paket alınmıştır fakat sıcaklık sensörünün gönderdiği paket alınamamıştır. Yetimli köyü köprüsünün konumu Şekil 4.27’de verilmiştir. Ağ geçidinin köprüye olan mesafesi kuş bakışı 2.77 km’dir.



Şekil 4.26. Test Bölgesi Harita Görself



Şekil 4.27. Yetimli Köyü Köprüsü Harita Görself

Tablo 4.5. Ölçüm-5 LDDS75 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	09:00:32	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
29.7.2021	09:00:32	100	RSSI	rss	dbm	-45
29.7.2021	09:00:32	101	SNR	snr	db	11.800000190734863
29.7.2021	09:00:32	23	Mesafe	prox	cm	345.79998779296875
29.7.2021	09:33:54	100	RSSI	rss	dbm	-91
29.7.2021	09:33:54	101	SNR	snr	db	8
29.7.2021	09:33:54	23	Mesafe	prox	cm	109.5
29.7.2021	09:33:54	135	Pil	voltage	v	3.322999954223633
29.7.2021	09:50:29	101	SNR	snr	db	-5.800000190734863
29.7.2021	09:50:29	135	Pil	voltage	v	3.3540000915527344
29.7.2021	09:50:29	23	Mesafe	prox	cm	149.3000030517578
29.7.2021	09:50:29	100	RSSI	rss	dbm	-119
29.7.2021	10:10:29	100	RSSI	rss	dbm	-77
29.7.2021	10:10:29	23	Mesafe	prox	cm	51.79999923706055
29.7.2021	10:10:29	101	SNR	snr	db	9.5
29.7.2021	10:10:29	135	Pil	voltage	v	3.375999927520752

LDDS75 sensörü harici antene sahip olduğu için zorlu arazi şartlarında LHT65 sensöründen daha iyi paket iletimi yapmaktadır. Yetimli Köprüsü ile ağ geçidi arasındaki yüksek tepeliklerden dolayı verimli sinyal iletişimi kurmak bir hayli zordur. Çeşitli konumlardan LHT65 sensörü ile paket gönderimi denenmiş olmasına rağmen köprü üzerinden iletişim kurulamamıştır.

Tablo 4.6. Ölçüm-5 LHT65 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	08:55:14	4	Nem	rel_hum	p	36.79999923706055
29.7.2021	08:55:14	100	RSSI	rssi	dbm	-51
29.7.2021	08:55:14	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	26.43000030517578
29.7.2021	08:55:14	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
29.7.2021	08:55:14	135	Pil	voltage	v	3.121000051498413
29.7.2021	08:55:14	3	Sıcaklık	temp	c	26.25
29.7.2021	09:15:13	3	Sıcaklık	temp	c	28.3799991607666
29.7.2021	09:15:13	4	Nem	rel_hum	p	32.900001525878906
29.7.2021	09:15:13	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
29.7.2021	09:15:13	100	RSSI	rssi	dbm	-109
29.7.2021	09:15:13	135	Pil	voltage	v	3.122999906539917
29.7.2021	09:15:13	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30
29.7.2021	09:15:42	101	SNR	snr	db	10
29.7.2021	09:15:42	4	Nem	rel_hum	p	38.70000076293945
29.7.2021	09:15:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.8700008392334
29.7.2021	09:15:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.450000762939453
29.7.2021	09:15:42	135	Pil	voltage	v	3.121000051498413
29.7.2021	09:15:42	100	RSSI	rssi	dbm	-102
29.7.2021	09:35:14	100	RSSI	rssi	dbm	-116
29.7.2021	09:35:14	3	Sıcaklık	temp	c	28.670000076293945
29.7.2021	09:35:14	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.68000030517578
29.7.2021	09:35:14	101	SNR	snr	db	-1.5
29.7.2021	09:35:14	135	Pil	voltage	v	3.121000051498413
29.7.2021	09:35:14	4	Nem	rel_hum	p	33.20000076293945
29.7.2021	09:37:11	4	Nem	rel_hum	p	32.5
29.7.2021	09:37:11	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.309999465942383
29.7.2021	09:37:11	100	RSSI	rssi	dbm	-117
29.7.2021	09:37:11	101	SNR	snr	db	-1.200000047683715
29.7.2021	09:37:11	3	Sıcaklık	temp	c	29.15999984741211
29.7.2021	09:37:11	135	Pil	voltage	v	3.117000102996826
29.7.2021	09:43:07	135	Pil	voltage	v	3.117000102996826
29.7.2021	09:43:07	3	Sıcaklık	temp	c	29.25
29.7.2021	09:43:07	100	RSSI	rssi	dbm	-122
29.7.2021	09:43:07	101	SNR	snr	db	-2.799999952316284
29.7.2021	09:43:07	4	Nem	rel_hum	p	67.0999984741211
29.7.2021	09:43:07	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.809999465942383
29.7.2021	10:13:15	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
29.7.2021	10:13:15	135	Pil	voltage	v	3.11899995803833
29.7.2021	10:13:15	100	RSSI	rssi	dbm	-66
29.7.2021	10:13:15	3	Sıcaklık	temp	c	34.2599983215332
29.7.2021	10:13:15	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
29.7.2021	10:13:15	4	Nem	rel_hum	p	35.29999923706055

4.6. Ölçüm-6

DLOS8 LoRaWAN ağ geçidi imkanlar doğrultusunda yerleştirilebilecek en iyi noktaya Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Ölçümler 29.07.2021 tarihinde yapılan Ölçüm-5 testinin devamında yapılmıştır. Ölçüm-6’dan elde edilen veriler Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.28. DLOS8 Ağ Geçidi Konumu



Tez Çalışması Sırasında
Yükselen Orman Yangını
Dumanı

Şekil 4.29. DLOS8 Ağ Geçidi Ölçüm Açısı

DLOS8 LoRaWAN ağ geçidinin konumu ayarlandıktan sonra Hasan Dede geçidine gidilmiştir. Saat 16:20’de LHT65 sensörü ile saat 16:23’te ise LDDS75 sensörü ile ilk ölçümler yapılarak elde edilen veriler gönderilmiştir. Saat 16:31’e kadar sensörler ile manuel olarak paket gönderimleri yapılmış ve ağ geçidi tüm gönderilen verileri almıştır. Bu ölçümler yapılırken ilçemiz sınırları içerisinde bulunan Boztahta Köyü ve civarında büyük çaplı bir yangın çıkmıştır ve günlerce söndürülememiştir. Çıkan yangının dumanları Şekil 4.29’da Hasan Dede geiğinin arkasından yükselmeye başlamış ve görüş mesafesine girmiştir. Çıkan yangın çok fazla zayıat vermiştir. Gedikte yapılan ölçümler ile ilgili görseller Şekil 4.30. Şekil 4.31. Şekil 4.32 ve Şekil 4. 33’te verilmiştir.



Şekil 4.30. LDDS75 ve LHT65 Sensörleri



Şekil 4.31. Sensörlerin Ölçüm Konumları



Şekil 4.32. LHT65 Sensörü Paket Gönderimi



Şekil 4.33. Hasan Dede Gediği'nden Bir Görsel

Gedikte yapılan ölçümlerden sonra Aladağ Devlet Hastanesi civarında ormanlık alana gidilmiştir. Ağ geçidi ile sensörler arasında 2.82 km mesafe bulunmaktadır. Saat 17:01'de yapılan ölçümlerde LDDS75 sensörünün gönderdiği paketler ağ geçidine ulaşmaktadır lakin LHT65 sensöründen gönderilen paketler defalarca farklı açılarda denenmesine rağmen ulaşmamaktadır. LDDS75 sensörünün harici bir anteni olduğu için LHT65'in paket gönderemediği yerlerde paket gönderimi yapabilmektedir. Şekil 4.34. Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da görüldüğü gibi yoğun ormanlık alan sinyallerin ağ geçidine ulaşmasını engelleyebilmektedir. Ölçülen yerin haritadaki konumu Şekil 4.37'de verilmiştir.



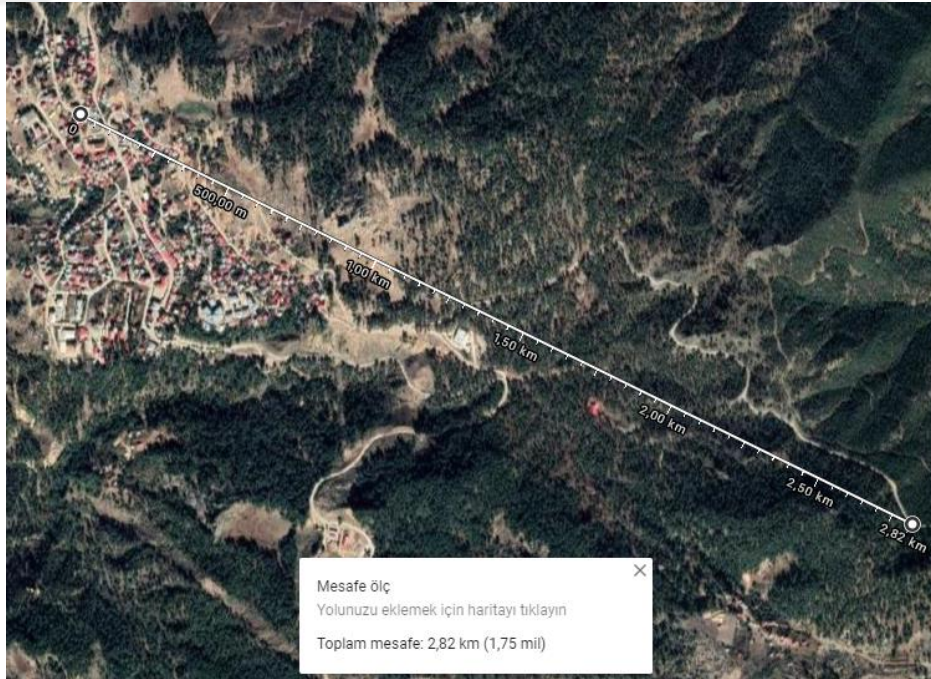
Şekil 4.34. Ormanlık Alan Test Bölgesi-1



Şekil 4.35. Ormanlık Alan Ölçüm Bölgesi-2



Şekil 4.36. Ormanlık Alan Paket Gönderim Görseli



Şekil 4.37. Ormanlık Alan Ölçüm Bölgesi Haritası

Hastane civarındaki ormanlık alanda yapılan ölçümlerden sonra Şekil 4.26’da verilen konuma tekrar gidilmiş ve saat 17:20’den 17:23’e kadar her bir dakikada bir paket gönderilmiştir. Bu konumla ilgili görseller Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40’da verilmiştir.



Şekil 4.38. LHT65 Sensörü Test Bölgesi Görşeli



Şekil 4.39. LHT65 Sensörü Ölçüm Bölgesi

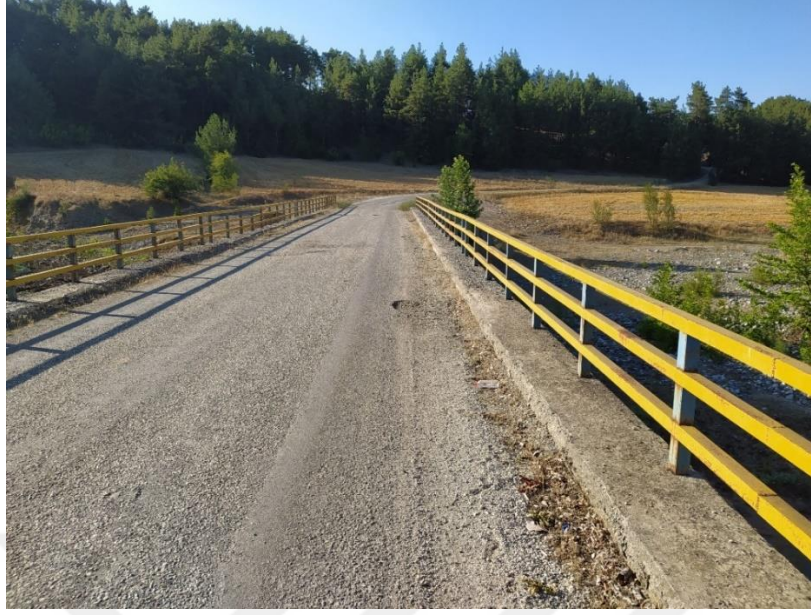


Şekil 4.40. LHT65 Paket Gönderimi

Son olarak Şekil 4.27’de verilen Yetimli Köyü köprüsüne gidilmiştir. Burada yapılan ölçümlerde LHT65 sensörü veri alışverişinde bulunamamıştır. LDDS75 sensörü paket gönderimini sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmiştir. Bu konumla ilgili görseller Şekil 4.41. Şekil 4.42. Şekil 4.43 ve Şekil 4.44 ‘de verilmiştir. Saat 17:47’den itibaren farklı pozisyonlardan yapılan ölçümlerin doğruluğu analiz edilmiş ve Ölçüm-6 Testi sonlandırılmıştır.



Şekil 4.41. LDDS75 Test Alanı



Şekil 4.42. Yetimli Köyü Köprüsü



Şekil 4.43. LDDS75 Paket Gönderimi



Şekil 4.44. Köprü Görseli

Tablo 4.7. Ölçüm-6 LDDS75 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	16:00:50	100	RSSI	rss	dbm	-53
29.7.2021	16:00:50	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
29.7.2021	16:00:50	135	Pil	voltage	v	3.309999942779541
29.7.2021	16:00:50	23	Mesafe	prox	cm	184.5
29.7.2021	16:20:48	101	SNR	snr	db	7
29.7.2021	16:20:48	23	Mesafe	prox	cm	101.4000015258789
29.7.2021	16:20:48	100	RSSI	rss	dbm	-108
29.7.2021	16:20:48	135	Pil	voltage	v	3.3559999465942383
29.7.2021	16:23:47	23	Mesafe	prox	cm	50
29.7.2021	16:23:47	101	SNR	snr	db	5
29.7.2021	16:23:47	135	Pil	voltage	v	3.3269999027252197
29.7.2021	16:23:47	100	RSSI	rss	dbm	-105
29.7.2021	16:25:57	100	RSSI	rss	dbm	-104
29.7.2021	16:25:57	101	SNR	snr	db	5.5
29.7.2021	16:25:57	23	Mesafe	prox	cm	49.5
29.7.2021	16:25:57	135	Pil	voltage	v	3.312000036239624
29.7.2021	16:26:35	100	RSSI	rss	dbm	-103
29.7.2021	16:26:35	135	Pil	voltage	v	3.312000036239624
29.7.2021	16:26:35	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
29.7.2021	16:26:35	23	Mesafe	prox	cm	105.80000305175781
29.7.2021	16:27:21	101	SNR	snr	db	7.5
29.7.2021	16:27:21	135	Pil	voltage	v	3.2839999198913574
29.7.2021	16:27:21	100	RSSI	rss	dbm	-100
29.7.2021	16:31:49	100	RSSI	rss	dbm	-108
29.7.2021	16:31:49	135	Pil	voltage	v	3.302999973297119
29.7.2021	16:31:49	101	SNR	snr	db	4
29.7.2021	16:31:49	23	Mesafe	prox	cm	104.4000015258789
29.7.2021	17:01:30	100	RSSI	rss	dbm	-130
29.7.2021	17:01:30	135	Pil	voltage	v	3.384999990463257
29.7.2021	17:01:30	23	Mesafe	prox	cm	159.1999969482422
29.7.2021	17:01:30	101	SNR	snr	db	-16.79999923706054

Tablo 4.7. (Devam) Ölçüm-6 LDDS75 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	17:21:31	100	RSSI	rss	dbm	-105
29.7.2021	17:21:31	135	Pil	voltage	v	3.375999927520752
29.7.2021	17:21:31	23	Mesafe	prox	cm	39.099998474121094
29.7.2021	17:21:31	101	SNR	snr	db	4.5
29.7.2021	17:41:29	101	SNR	snr	db	-10.19999980926513
29.7.2021	17:41:29	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
29.7.2021	17:41:29	100	RSSI	rss	dbm	-127
29.7.2021	17:41:29	23	Mesafe	prox	cm	131.89999389648438
29.7.2021	17:47:31	101	SNR	snr	db	-4.199999809265137
29.7.2021	17:47:31	100	RSSI	rss	dbm	-119
29.7.2021	17:47:31	135	Pil	voltage	v	3.3289999961853027
29.7.2021	17:47:31	23	Mesafe	prox	cm	33.70000076293945
29.7.2021	17:49:49	135	Pil	voltage	v	3.3289999961853027
29.7.2021	17:49:49	101	SNR	snr	db	-6.800000190734863
29.7.2021	17:49:49	100	RSSI	rss	dbm	-122
29.7.2021	17:49:49	23	Mesafe	prox	cm	89
29.7.2021	18:05:49	100	RSSI	rss	dbm	-116
29.7.2021	18:05:49	23	Mesafe	prox	cm	92.4000015258789
29.7.2021	18:05:49	101	SNR	snr	db	-2.799999952316284
29.7.2021	18:05:49	135	Pil	voltage	v	3.318000078201294
29.7.2021	18:07:07	100	RSSI	rss	dbm	-130
29.7.2021	18:07:07	101	SNR	snr	db	-13.19999980926513
29.7.2021	18:07:07	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
29.7.2021	18:07:07	23	Mesafe	prox	cm	172

Tablo 4.8. Ölçüm-6 LHT65 Sensörü Verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	15:45:32	100	RSSI	rss	dbm	-66
29.7.2021	15:45:32	4	Nem	rel_hum	p	35.099998474121094
29.7.2021	15:45:32	135	Pil	voltage	v	3.125
29.7.2021	15:45:32	3	Sıcaklık	temp	c	28.90999984741211
29.7.2021	15:45:32	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.1200008392334
29.7.2021	15:45:32	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
29.7.2021	15:45:47	100	RSSI	rss	dbm	-72
29.7.2021	15:45:47	101	SNR	snr	db	9.199999809265137
29.7.2021	15:45:47	135	Pil	voltage	v	3.115000009536743
29.7.2021	15:45:47	3	Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
29.7.2021	15:45:47	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
29.7.2021	15:45:47	4	Nem	rel_hum	p	35.20000076293945
29.7.2021	16:05:47	135	Pil	voltage	v	3.115000009536743
29.7.2021	16:05:47	3	Sıcaklık	temp	c	30.979999542236328
29.7.2021	16:05:47	4	Nem	rel_hum	p	29.799999237060547
29.7.2021	16:05:47	100	RSSI	rss	dbm	-113
29.7.2021	16:05:47	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	37.060001373291016
29.7.2021	16:05:47	101	SNR	snr	db	0.800000011920929
29.7.2021	16:20:03	101	SNR	snr	db	-3
29.7.2021	16:20:03	100	RSSI	rss	dbm	-117
29.7.2021	16:20:03	135	Pil	voltage	v	3.11299991607666
29.7.2021	16:20:03	4	Nem	rel_hum	p	19.700000762939453
29.7.2021	16:20:03	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	31.25
29.7.2021	16:20:03	3	Sıcaklık	temp	c	35.29999923706055

Tablo 4.18. (Devam) Ölçüm-6 LHT65 Sensörü Verileri

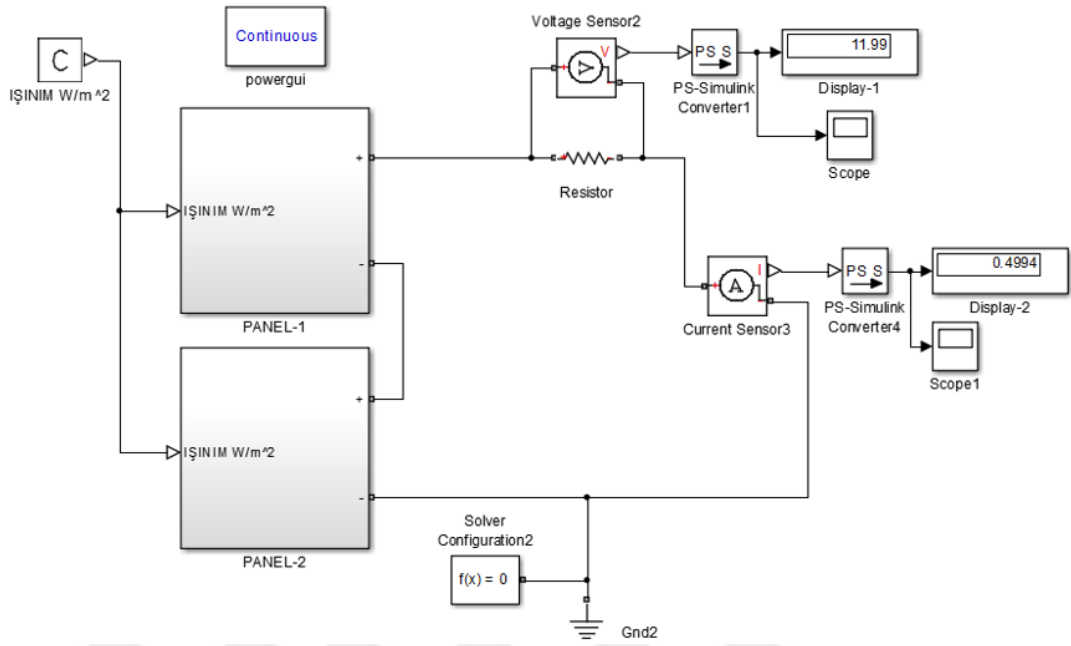
TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	16:21:51	101	SNR	snr	db	-3.5
29.7.2021	16:21:51	135	Pil	voltage	v	3.11299991607666
29.7.2021	16:21:51	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30
29.7.2021	16:21:51	100	RSSI	rssi	dbm	-120
29.7.2021	16:21:51	4	Nem	rel_hum	p	20.799999237060547
29.7.2021	16:21:51	3	Sıcaklık	temp	c	32.880001068115234
29.7.2021	16:21:58	101	SNR	snr	db	1
29.7.2021	16:21:58	135	Pil	voltage	v	3.11299991607666
29.7.2021	16:21:58	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30.25
29.7.2021	16:21:58	100	RSSI	rssi	dbm	-114
29.7.2021	16:21:58	4	Nem	rel_hum	p	21.100000381469727
29.7.2021	16:21:58	3	Sıcaklık	temp	c	32.790000915527344
29.7.2021	16:22:08	100	RSSI	rssi	dbm	-115
29.7.2021	16:22:08	101	SNR	snr	db	2.200000047683716
29.7.2021	16:22:08	135	Pil	voltage	v	3.1110000610351562
29.7.2021	16:22:08	4	Nem	rel_hum	p	21.600000381469727
29.7.2021	16:22:08	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30.559999465942383
29.7.2021	16:22:08	3	Sıcaklık	temp	c	32.68000030517578
29.7.2021	16:22:19	100	RSSI	rssi	dbm	-114
29.7.2021	16:22:19	4	Nem	rel_hum	p	21.899999618530273
29.7.2021	16:22:19	101	SNR	snr	db	3.799999952316284
29.7.2021	16:22:19	135	Pil	voltage	v	3.1110000610351562
29.7.2021	16:22:19	3	Sıcaklık	temp	c	32.59000015258789
29.7.2021	16:22:19	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30.68000030517578
29.7.2021	16:30:42	100	RSSI	rssi	dbm	-109
29.7.2021	16:30:42	3	Sıcaklık	temp	c	30.43000030517578
29.7.2021	16:30:42	101	SNR	snr	db	5.5
29.7.2021	16:30:42	135	Pil	voltage	v	3.1110000610351562
29.7.2021	16:30:42	4	Nem	rel_hum	p	23.200000762939453
29.7.2021	16:30:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30.43000030517578
29.7.2021	16:45:52	135	Pil	voltage	v	3.1089999675750732
29.7.2021	16:45:52	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	35.119998931884766
29.7.2021	16:45:52	101	SNR	snr	db	-9
29.7.2021	16:45:52	100	RSSI	rssi	dbm	-124
29.7.2021	16:45:52	3	Sıcaklık	temp	c	36.40999984741211
29.7.2021	16:45:52	4	Nem	rel_hum	p	18
29.7.2021	16:46:01	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	34.75
29.7.2021	16:46:01	100	RSSI	rssi	dbm	-123
29.7.2021	16:46:01	3	Sıcaklık	temp	c	36.43000030517578
29.7.2021	16:46:01	101	SNR	snr	db	-7.800000190734863
29.7.2021	16:46:01	135	Pil	voltage	v	3.1089999675750732
29.7.2021	16:46:01	4	Nem	rel_hum	p	18.200000762939453
29.7.2021	17:20:47	101	SNR	snr	db	-6.800000190734863
29.7.2021	17:20:47	4	Nem	rel_hum	p	20.200000762939453
29.7.2021	17:20:47	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	35.25
29.7.2021	17:20:47	3	Sıcaklık	temp	c	36.689998626708984
29.7.2021	17:20:47	100	RSSI	rssi	dbm	-120
29.7.2021	17:20:47	135	Pil	voltage	v	3.1089999675750732
29.7.2021	17:20:57	100	RSSI	rssi	dbm	-118
29.7.2021	17:20:57	101	SNR	snr	db	-5.5
29.7.2021	17:20:57	3	Sıcaklık	temp	c	36.560001373291016
29.7.2021	17:20:57	135	Pil	voltage	v	3.1070001125335693
29.7.2021	17:20:57	4	Nem	rel_hum	p	19.700000762939453
29.7.2021	17:20:57	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	34.68000030517578
29.7.2021	17:21:04	135	Pil	voltage	v	3.1089999675750732

Tablo 4.8. (Devam) Ölçüm-6 LHT65 Sensörü Verileri

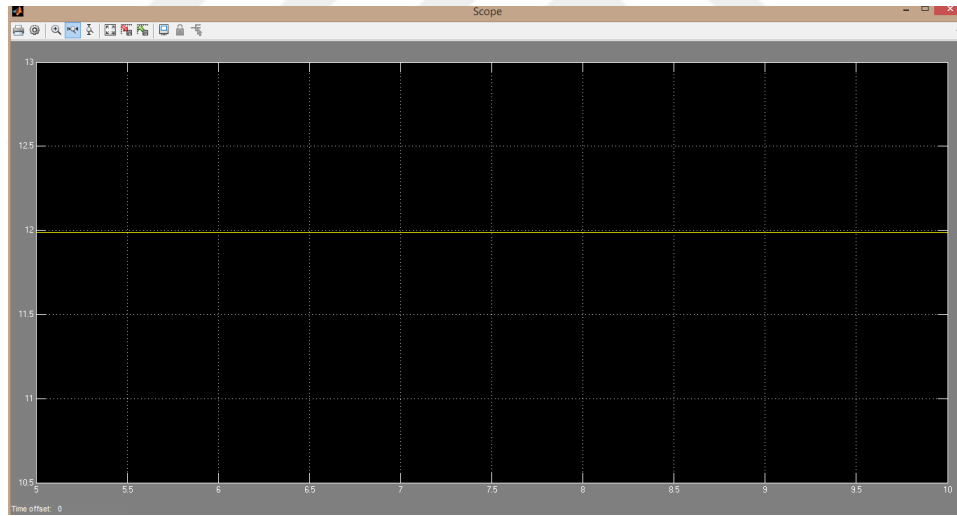
TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
29.7.2021	17:21:04	4	Nem	rel_hum	p	19.700000762939453
29.7.2021	17:21:04	101	SNR	snr	db	-8.5
29.7.2021	17:21:04	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	34.369998931884766
29.7.2021	17:21:04	100	RSSI	rss	dbm	-124
29.7.2021	17:21:04	3	Sıcaklık	temp	c	36.459999084472656
29.7.2021	17:21:28	101	SNR	snr	db	-3.200000047683716
29.7.2021	17:21:28	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
29.7.2021	17:21:28	4	Nem	rel_hum	p	20.799999237060547
29.7.2021	17:21:28	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	34.18000030517578
29.7.2021	17:21:28	100	RSSI	rss	dbm	-117
29.7.2021	17:21:28	3	Sıcaklık	temp	c	36.150001525878906
29.7.2021	17:22:52	3	Sıcaklık	temp	c	35.369998931884766
29.7.2021	17:22:52	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	33.68000030517578
29.7.2021	17:22:52	100	RSSI	rss	dbm	-124
29.7.2021	17:22:52	135	Pil	voltage	v	3.1089999675750732
29.7.2021	17:22:52	101	SNR	snr	db	-9.5
29.7.2021	17:22:52	4	Nem	rel_hum	p	21.299999237060547
29.7.2021	17:23:17	3	Sıcaklık	temp	c	35.16999816894531
29.7.2021	17:23:17	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
29.7.2021	17:23:17	4	Nem	rel_hum	p	21.899999618530273
29.7.2021	17:23:17	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	33.5
29.7.2021	17:23:17	100	RSSI	rss	dbm	-115
29.7.2021	17:23:17	101	SNR	snr	db	-1
29.7.2021	17:23:31	3	Sıcaklık	temp	c	35.04999923706055
29.7.2021	17:23:31	100	RSSI	rss	dbm	-116
29.7.2021	17:23:31	101	SNR	snr	db	-1.799999952316284
29.7.2021	17:23:31	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	33.369998931884766
29.7.2021	17:23:31	4	Nem	rel_hum	p	21.600000381469727

4.7. Güneş Paneli Analizi

MATLAB programında tasarlanmış güneş panelinden, DLOS8 ağ geçidinin çalışmasını sağlayacak olan 12 V ve 0.5 A'lık çıkışlar elde edilmiştir. Şekil 4.45 de Display-1 de 11.99 V ve Display-2 de 0.4994 A çıkış elde edilmiştir. Şekil 4.46 da Display-1'den elde edilen voltaj grafiğinde 12 V DC gerilim görülmektedir.

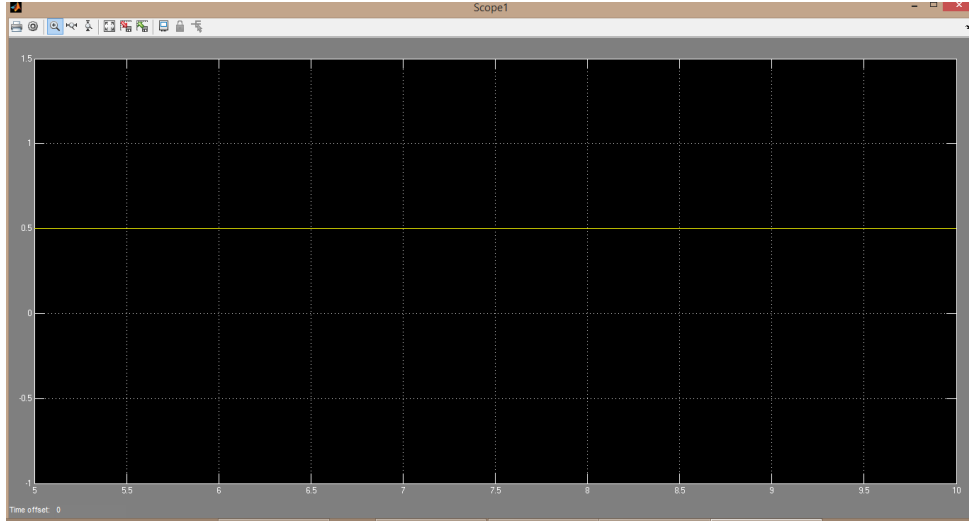


Şekil 4.45. Display-1 ve Display-2 de Elde Edilen Değerler



Şekil 4.46. Display-1 Voltaj Grafiği

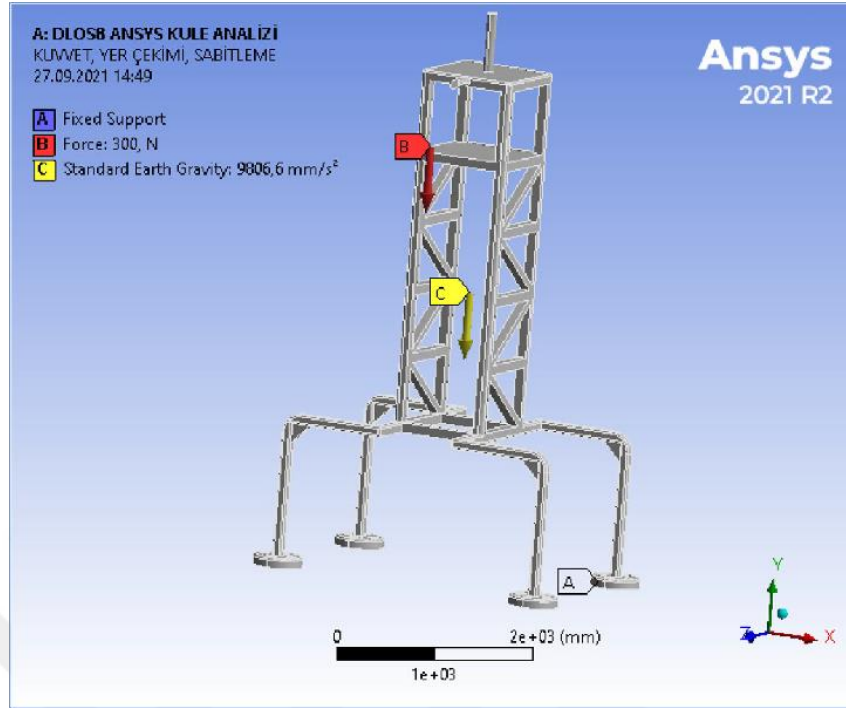
Şekil 4.47 de Display-2'den elde edilen akım grafiğinde 0.5 A DC akım görülmektedir. Elde edilen sonuçlar neticesinde sistemin çalışması için gerekli olan güç sağlanmıştır.



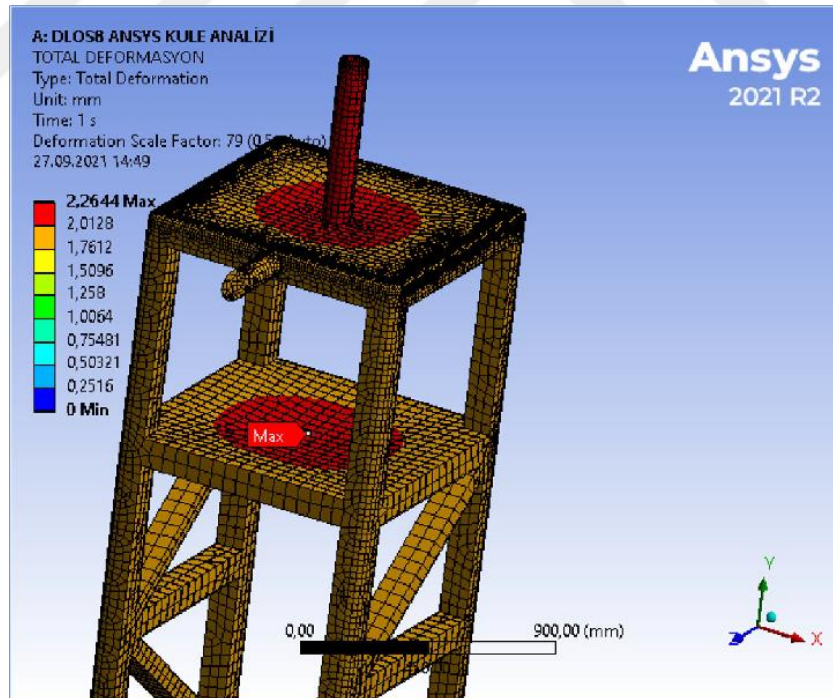
Şekil 4.47. Display-2'den Elde Edilen Akım Grafiği

4.8. ANSYS DLOS8 Kule Analizi

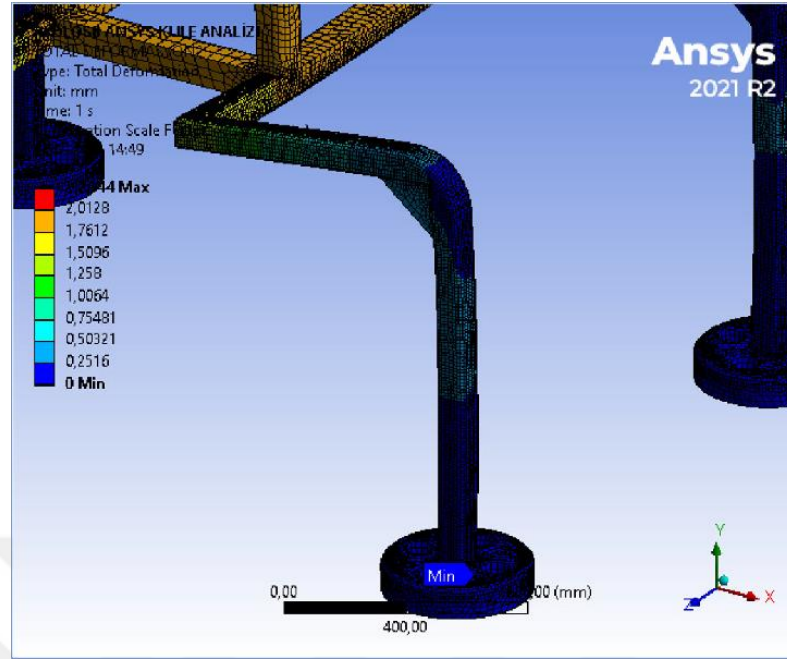
Şekil 4.48 de verildiği gibi A noktasından sabitlenen. B noktasından ok yönünde 300 N kuvvet uygulanan ve yer çekimi ivmesine maruz bırakılmış kulenin total deformasyon analizi Şekil 4.49 da verilmektedir. Kule uygulanan yüklerden dolayı maksimum 2.2644 mm lik bir deformasyona uğramıştır. En az total deformasyonun olduğu kısım kulenin ayaklarıdır ve Şekil 4.50 de verilmiştir. Kulenin üzerinde oluşan total deformasyon Şekil 4.51 de daha net görülmektedir.



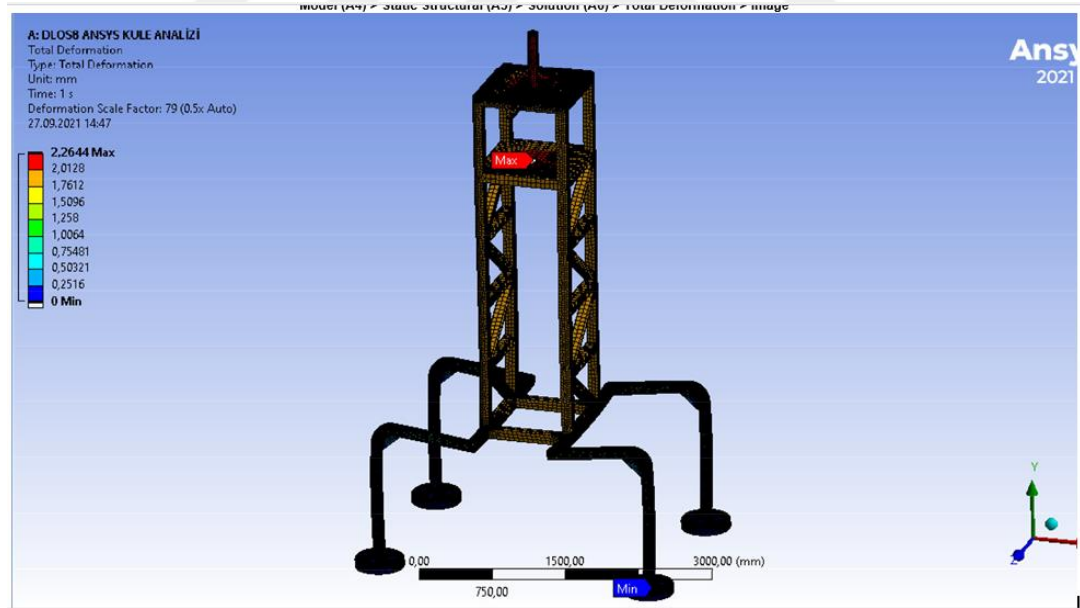
Şekil 4.48. Kule Üzerine Uygulanan Yükler



Şekil 4.49. Kulenin Total Deformasyon Analizi

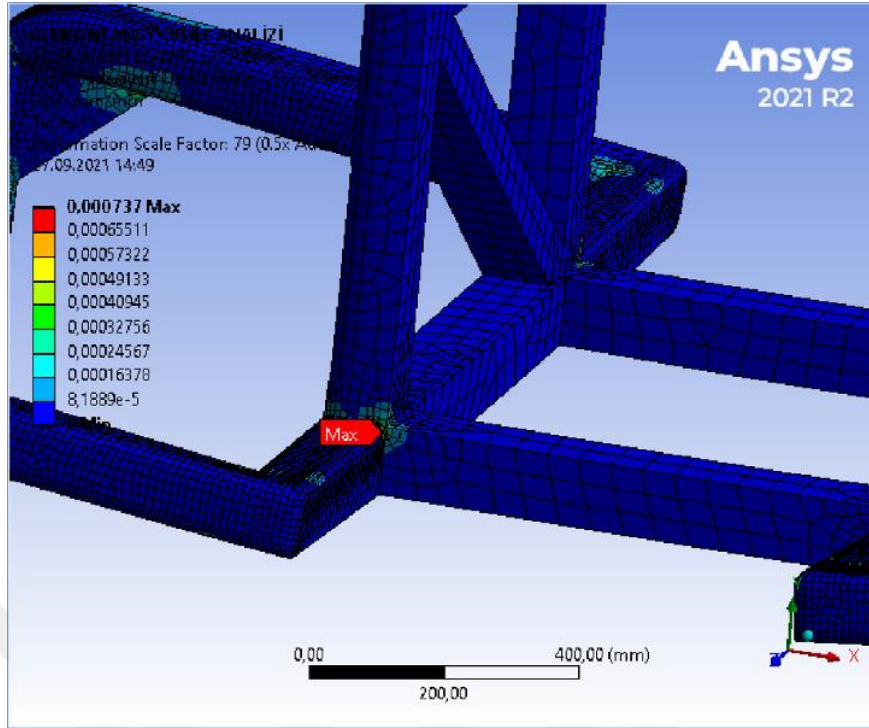


Şekil 4.50. En Az Total Deformasyonun Olduğu Kısım

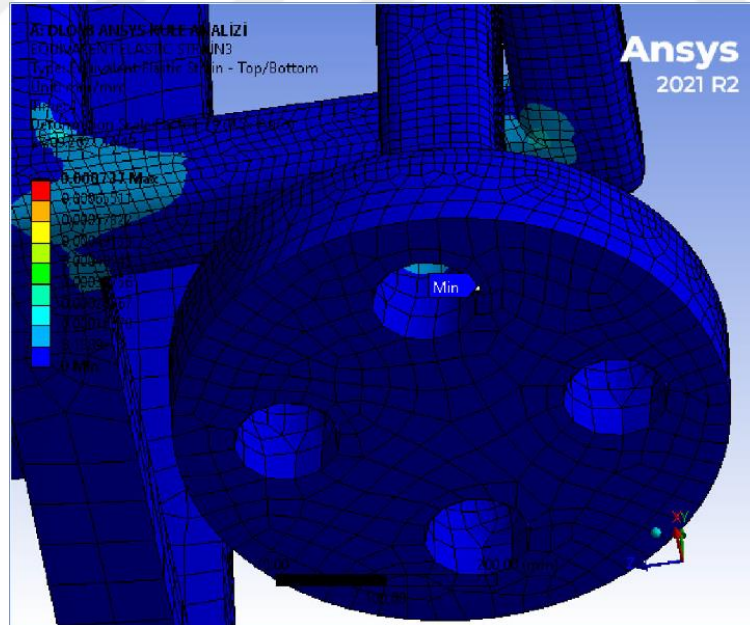


Şekil 4.51. Kule Üzerindeki Total Deformasyon Genel Görünümü

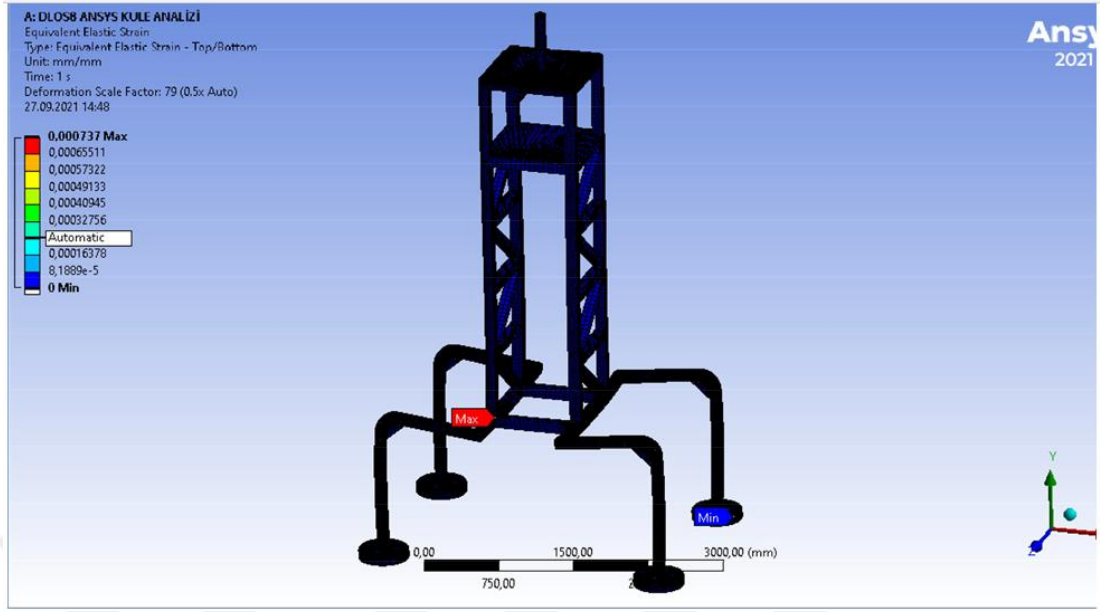
Equivalent Elastic Strain sonuçları incelendiğinde maksimum elastik gerilmenin $7.37e-004$ mm olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.52 de maksimum gerilmenin ve Şekil 4.53 de ise minimum elastik gerilmelerin olduğu kısımlar görülmektedir. Kulenin üzerinde oluşan Elastik Gerilme Şekil 4.54 de daha net görülmektedir.



Şekil 4.52. Maksimum Gerilmenin Olduğu Kısım

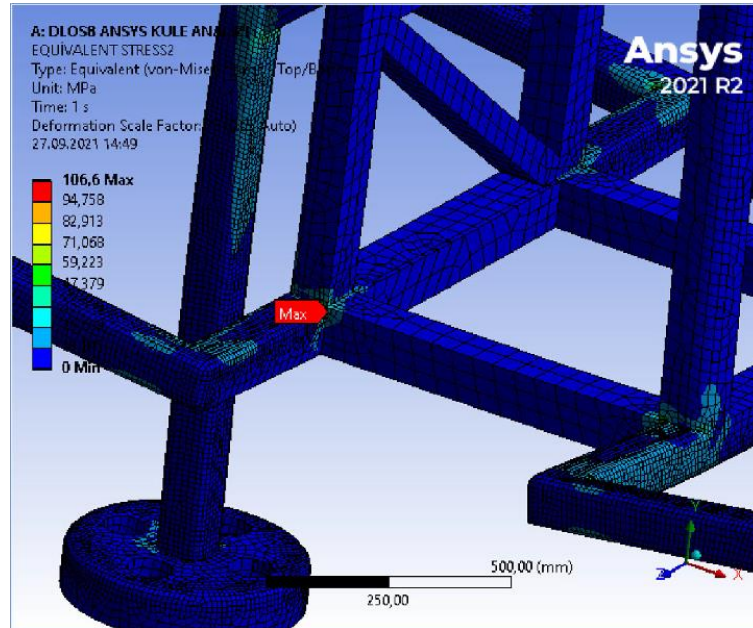


Şekil 4.53. Minimum Elastik Gerilmelerin Olduğu Kısım

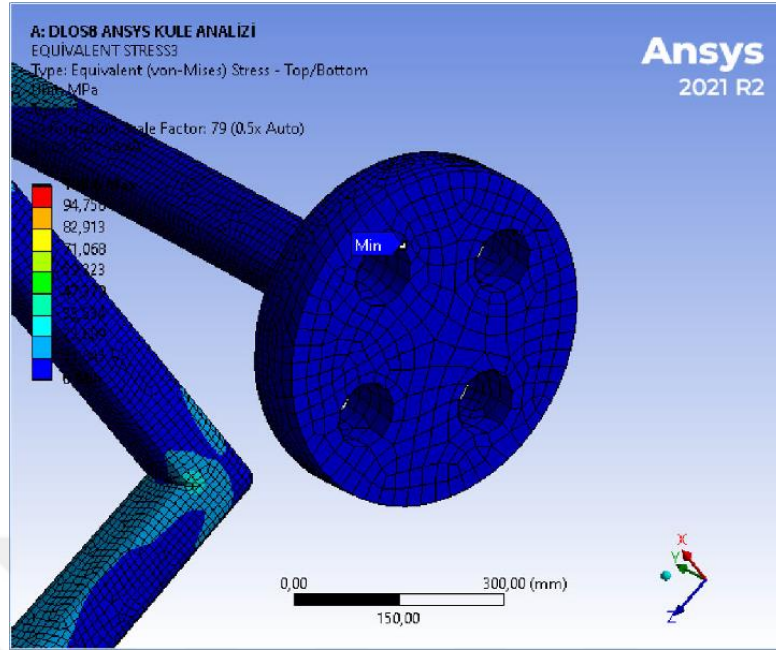


Şekil 4.54. Kulenin Üzerinde Oluşan Elastik Gerilme Genel Görünüm

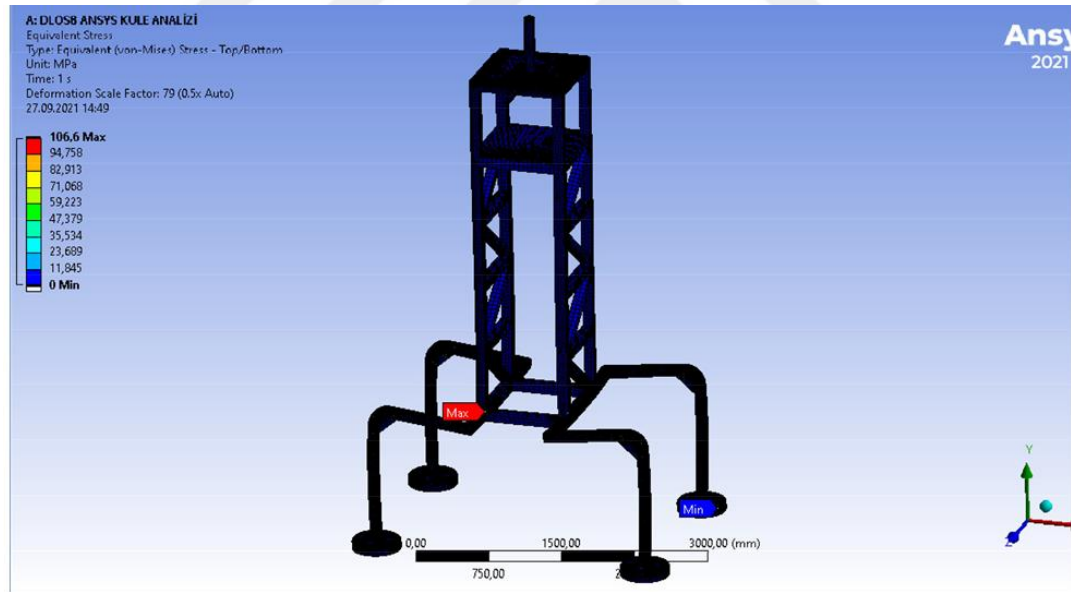
Equivalent (von-Mises) Stress sonuçları incelendiğinde maksimum stres 106.6 MPa olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.55 de maksimum stres ve Şekil 4.56 da ise minimum stresin olduğu kısımlar görülmektedir. Kulenin üzerinde oluşan stres Şekil 4.57 de daha net görülmektedir.



Şekil 4.55. Maksimum Stres

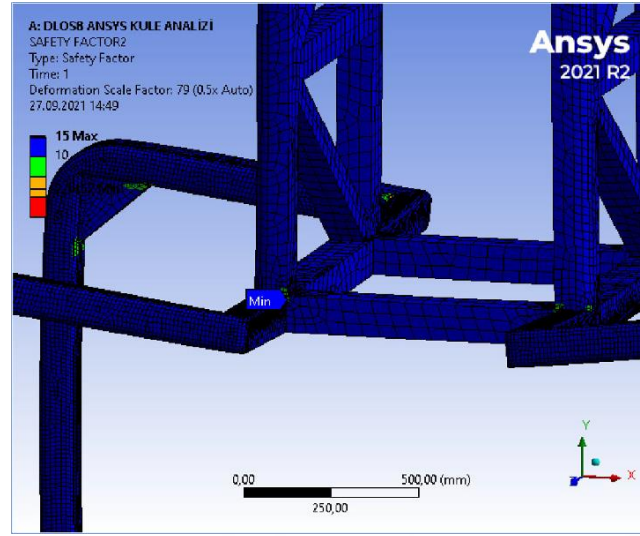


Şekil 4.56. Minimum Stres

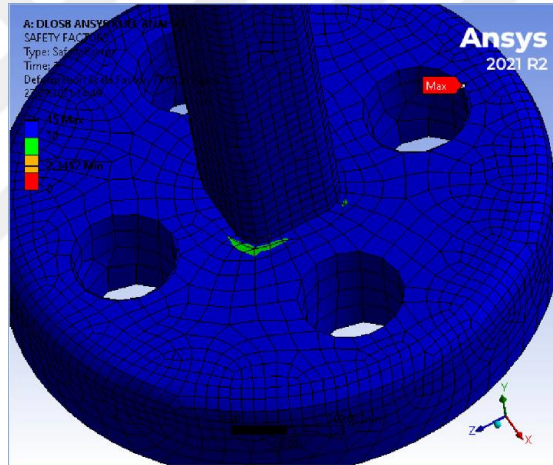


Şekil 4.57. Kulenin Üzerinde Oluşan Stres Genel Görünümü

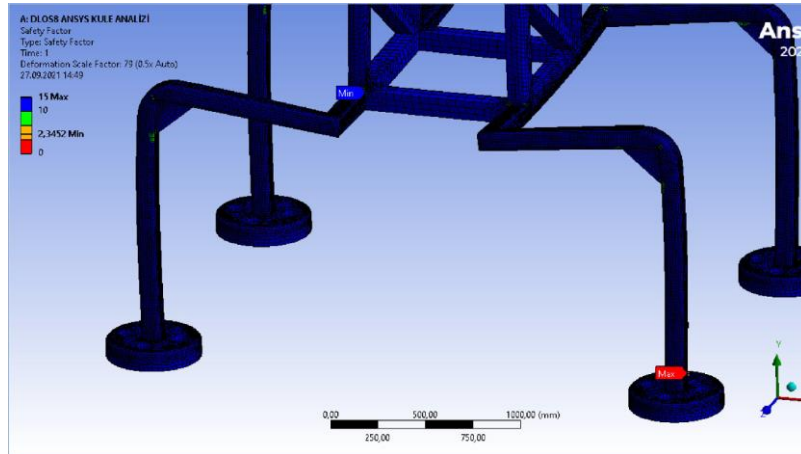
Safety Factor analizi incelendiğinde minimum güvenlik faktörünün 2.3452 kat güvenli olduğu maksimum güvenlik faktörünün ise on beş kat güvenli olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.58 de minimum güvenlik noktası. Şekil 4.59 da maksimum güvenlik noktası ve Şekil 4.60 da her ikisinin de olduğu görseller verilmiştir. Kuleye uygulanan kuvvetler neticesinde tasarlanan kulenin en az 2.3452 kat güvenli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.58. Minimum Güvenlik Noktası



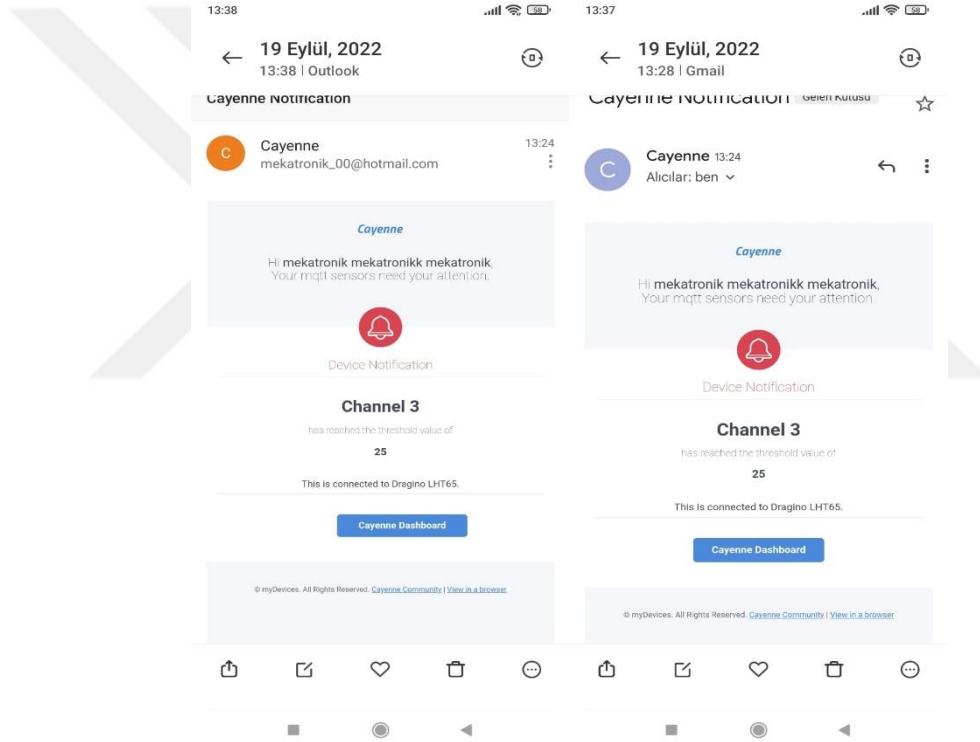
Şekil 4.59. Maksimum Güvenlik Noktası



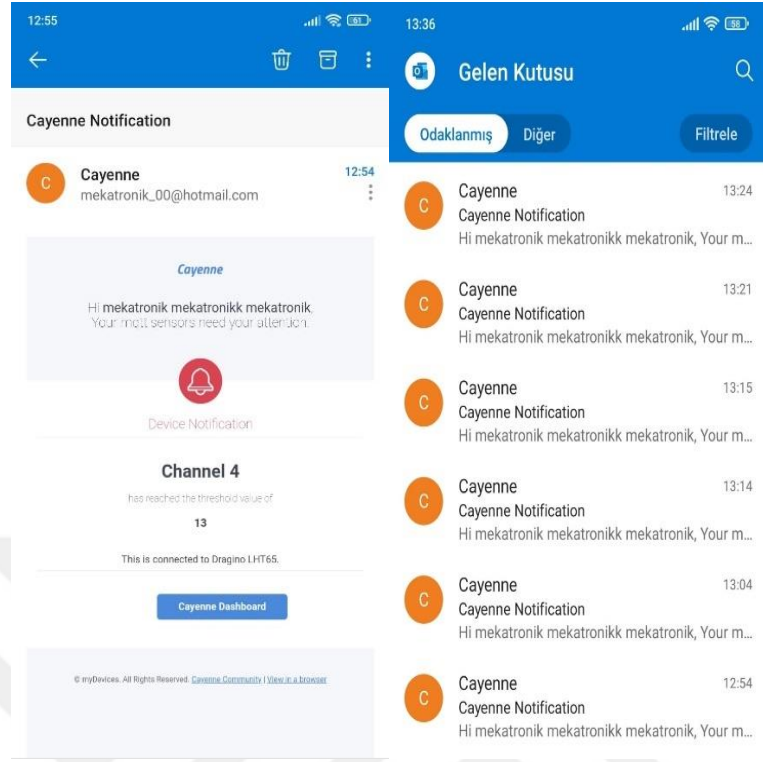
Şekil 4.60. Kule Üzerindeki Güvenlik Noktaları Genel Görünümü

4.9. Cayenne myDevices Geri Bildirim Testi

Şekil 4.61 ve Şekil 4.62’de görüldüğü gibi ayarlanan sıcaklık değerlerinin aşılması halinde belirlenen Hotmail ve Gmail hesaplarına gelen maillerin görselleri verilmiştir. Ülkemizde bulunan çeşitli telefon operatörlerine kayıtlı numaralar denenmesine rağmen herhangi bir geri bildirim mesajı telefonlara gelmemiştir. Sensörlerden gelen paketlerin cayenne myDevices arayüzüne aktarıldığı andan itibaren iki veya üç saniye içerisinde sistem geri bildirim mesajı göndermektedir.



Şekil 4.61. Geri bildirim mesajları



Şekil 4.62. Farklı değerdeki geri bildirim mesajları

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. İç ve Dış Mekan Test Sonuçları

İç mekan testi sonuçları: İç mekan testlerinin amacı sensörler ile ağ geçidi arasındaki paket alışverişinin kararlılığını ölçmektir. Ölçüm-1 testinde sensörler ile ağ geçidi bağlantısı ilk kez denenmiştir. Bu test kapsamında iç mekan testleri yapılmıştır. Manuel olarak denen LDDS75 sensörü metre yardımıyla belirlenen 265 cm'lik mesafeyi 265.6 cm ile 266.1 cm aralığında ölçmüştür. Sensörün pil değeri alınan paketlerde 3.38 v ile 3.39 v arasında değişmektedir. SNR değeri -9.8 db ile -12 db arasında değişim göstermiştir. RSSI değeri ise -131 dbm ile -135 dbm arasında değişim göstermiştir. LHT65 sensörü 26 °C ile 27 °C arasında oda sıcaklığını ölçmüştür. Nem değerleri ise 45 p ile 56 p arasında ölçülmüştür. Ölçüm-2 testinde LHT65 ile LDDS75 sensörleri mutfak dolabının içerisine yerleştirilerek kararlılık testi yapılmıştır. Bu test bir gün boyunca sürmüştür. LDDS75 sensörü gönderdiği bütün paketlerde 51.7 cm'lik ölçüm yapmıştır. Sensörün pil ömrü 3.35 v ile 3.36 v arasında her gönderdiği pakette değişmektedir. SNR değeri 7 db ile 10 db arasında değişim göstermiştir. RSSI değeri ise -88 dbm ile -123 dbm arasında değişmiştir. LHT65 sensörü 26.8 °C ile 28.7 °C arasında dolap içindeki sıcaklığı ölçmüştür. Öğle saatlerinde 13.00 ile 17:00 arasında 28.7 °C sıcaklığa kadar çıktığı görülmektedir. Nem değerleri ise 31 p ile 55 p arasında farklı saat dilimlerinde farklı değerlerde paketler ile ölçülmüştür. Ölçüm-3 testinde LHT65 ile LDDS75 sensörleri ile iki günlük iç mekan analizi yapılmıştır. İki gün süresince her 20 dk da paket gönderen sensörlerden LDDS75 sensörü 655 paket, LHT65 sensörü de 851 adet paket göndermiştir. Mesafe sensörü 417 cm ile 418 cm arasında oda genişliğinin ölçüsünü başarılı bir şekilde ölçmüştür. Sıcaklık sensöründe gün içerisinde değişen hava sıcaklığını başarılı bir şekilde ölçmüştür. Bu test ile beraber sensörlerin iç mekan testleri sona ermiştir.

Dış mekan testi sonuçları: Ölçüm-4 dış mekan testleri yapılmıştır ve ağ geçidi ile sensörler arasındaki algılama mesafesi ölçülmüştür. Bütün ölçümlerdeki en uzun sensör ve ağ geçidi mesafesi olan 4.22 km mesafeden LDDS75 sensörü ile paket iletimi gerçekleşmiştir. Bu mesafeden LHT65 sensörü ile iletişim kurulamamıştır. Ölçüm-5 de ağ geçidinin konumu değiştirilerek ve yüksekliği artırılarak ölçüm yapılmıştır. Yetimli Köyü Köprüsünden LDDS75 sensörü ile 2.77 km den sinyal alınmıştır. Köprü ile dere suyu arasındaki yükseklik 3.5 m olarak ölçülmüştür. Ölçüm-6 testinde ağ geçidinin

konumu olabilecek en iyi konuma yerleştirilmiş ve ölçümler alınmıştır. Dış mekan testlerinde diğer ölçümlerde LDDS75 ve LHT65 sensörlerinden alınamayan veriler alınmıştır. Dış mekan testleri imkanlar doğrultusunda test yapacak şahısların ulaşabildikleri mesafeler doğrultusunda elde edilerek analizi yapılmıştır.

Uygulama bölgesi kırsal ve çevre şartları bakımından zorlu bir bölgedir. Yapılan testler analiz edildiğinde ağ geçidi ve sensörlerin verimli bir iletişim sağlayabilmeleri için doğru konuşlandırılmaları gerektiği sonucuna varılmıştır. Örneğin; cihazların kullanım kılavuzlarında 10 km'den ölçüm yapabilecekleri yazılmaktadır. Eğer cihazlar doğru açılarda yerleştirilmezlerse 1 km'den bile iletişim kuramamaktadırlar. Yani bu tezde elde edilen en önemli sonuçlardan biri cihazların doğru noktalara yerleştirilmesidir. Yapılan testlerde ağ geçidi ile sensörler arasındaki en kısa mesafe 1 m en uzun mesafe ise 4.22 km olarak kayda geçmiştir. Test bölgesi dağlık ve tepelik bir bölge olduğu için 4.22 km'ye kadar mesafe test edilebilmiştir. Uygun şartlarda cihazların iletişim mesafeleri daha uzun olacaktır. Bu mesafeler oluşabilecek yangın ve sel felaketlerinde hızlı önlemler alınmasını gerektiren mesafelerdir. Aksi halde sonuçları çok ağır olmaktadır. LDDS75 mesafe sensörü ve LHT65 sıcaklık ve nem sensörü ile yapılan ölçümlerde doğru sonuçlar alınmıştır. Elde edilen veriler Cayenne myDevices ara yüzü yardımıyla son kullanıcılara ulaştırılmıştır.

Sahada yapılan ölçümler neticesinde ağ geçidi ile sensörlerin konuşlandırılmalarının önemi anlaşılmıştır. Bu yüzden bir ağ geçidi kule tasarımı yapılmıştır. Kule SOLIDWORKS programında çizilmiş ve boyutlandırılmıştır. MATLAB programında ağ geçidi için gerekli elektrik enerjisini üretecek güneş paneli tasarımı yapılmıştır. ANSYS programında kulenin gerçek koşullardaki kuvvetler etkisindeki dayanıklılık ve esneme gibi analizleri yapılmıştır. MASTERCAM programında sensörlerin doğru ölçümler almasını sağlamak amacıyla tasarlanan sensör sabitleyicinin talaşlı imalatı için gerekli G kodları çıkartılmıştır. Tasarımı ve analizleri tamamlanmış kulenin prototipi şu an için maddi imkanlardan dolayı gerçekleştirilememiştir. Gelecekteki çalışmalarda kule tasarımının ilk prototipi gerçekleştirilecektir.

5.2. Öneriler

IoT ile ilgili projelerde LoRaWAN teknolojisi gibi IoT için geliştirilmiş teknolojiler kullanılmak istenildiğinde projelere uygun teknolojiler kullanılmalıdır. İyi bir araştırma yapılmalıdır ve kullanılacak cihazlar bu doğrultuda temin edilmelidir. Örneğin; şehir merkezi, kırsal bölgeler veya organize sanayi bölgeleri gibi bölgelerin özellikleri göz önüne alınmalıdır. Çok fazla gürültü ya da yoğun ormanlık bölgeler sinyal kalitesi gibi önemli faktörleri etkilediği için uygulamada dikkate alınmalıdır. Siber güvenlik açıkları dikkate alınmalı ve açıklar tespit edilip sistem daha güvenli hale getirilmelidir. Kullanılan Dragino marka ürünlerden memnun kalınmıştır ve bu gibi uygulamalar yapacaklara da önerilmektedir. Özellikle harici anten kullanan cihazlar tercih edilmelidir. Bu çalışmanın daha ilerisi olarak DLOS8 ağ geçidinin enerjisini küçük güneş panelleri ile sağlamak ve çekim mesafesini artırmak amacıyla hali hazırdaki mevcut paralı operatörlerden bir abonelik alınarak uygulama mesafesini arttırmak amaçlanmaktadır. Bu sayede ağ geçidi çok daha yüksek bir konuma yerleştirilip uygulamalarda kullanılacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Ali, A.I.. 2020. Enerji Verimli Akıllı Binalar İçin Zigbee ve LoRa Tabanlı Haberleşme. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi. Elektrik Mühendisliği Bölümü. İstanbul.
- Acquaviva, A., Grella, M. ve Mirisola, D.. 2018. Firmware update for 6LoWPAN networks of OMA-LwM2M IoT devices.
- Altayeb, M., Zennaro, M., Pietrosemoli, E. ve Manzoni, P.. 2021. TurboLoRa: enhancing LoRaWAN data rate via device synchronization. In 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (pp. 1-4). IEEE.
- Angelov, K., Manchev, N., Kogias, P. ve Sadinov, S.. 2019. Design and development of a platform for test applications in LoRa/LoRaWAN. In Proc. Of Papers of International Conference in Telecommunications. Informatics. Energy and Management. 27-31.
- Anonim, 2022. LoRaWAN Server. Chirpstack. <https://www.chirpstack.io/docs/> - (16.10.2022).
- Anonim, 2022. DLOS8 Ağ Geçidi. Dragino Şirketi, https://www.dragino.com/downloads/downloads/LoRa_Gateway/DLOS8/DLOS8_LoRaWAN_Gateway_User_Manual_v1.3.pdf -(28.09.2022).
- Anonim, 2022. LHT65 Sensörü. Dragino Şirketi, https://www.dragino.com/downloads/downloads/LHT65/UserManual/LHT65_Temperature_Humidity_Sensor_UserManual_v1.3.pdf -(28.09.2022).
- Anonim, 2022. LDDS75 Sensörü. Dragino Şirketi, <http://wiki.dragino.com/xwiki/bin/view/Main/User%20Manual%20for%20LoRaWAN%20End%20Nodes/LDDS75%20%20LoRaWAN%20Distance%20Detection%20Sensor%20User%20Manual/> - (28.09.2022).
- Anonim, 2021. Yangın Haberleri. TRT Haber, <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/adana-aladagda-2-gun-once-cikan-yangin-sonduruldu-598895.html>- (16.08.2022).
- Anzum, R.. 2020. LoRaWAN Technology on Air Quality Monitoring for Public Health Protection. World Journal of Environmental Biosciences. 9(1). 1-6.
- Augustin, A., Yi, J., Clausen, T., ve Townsley, W. M. 2016. A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. Sensors. 16(9). 1466.
- Bankov, D., Khorov, E. ve Lyakhov, A.. 2016. On the limits of LoRaWAN channel access. In 2016 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT).10-14.

- Basford, P. J., Bulot, F. M., Apetroaie-Cristea, M., Cox, S. J. ve Ossont, S. J., 2020. LoRaWAN for smart city IoT deployments: A long term evaluation. *Sensors*. 20(3). 648.
- Betancur, V. T., PremSankar, G., Slabicki, M. ve Di Francesco, M., 2021. Modeling Communication Reliability in LoRa Networks with Device-level Accuracy. In *INFOCOM 2021-IEEE Conference on Computer Communications*. IEEE.
- Bor.M., ve Roedig.U., 2017. LoRa transmission parameter selection. *International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems*. 27-34.
- Bouras, C., Kokkinos, V. ve Papachristos, N., 2018. Performance evaluation of LoraWan physical layer integration on IoT devices. In *2018 Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS)*. 1-4.
- Butun, I., Pereira, N. ve Gidlund, M., 2019. Security risk analysis of LoRaWAN and future directions. *Future Internet*. 11(1). 3.
- Büyükakkaşlar.M.T., 2018. LoRa ve LoRaWAN Teknolojilerinde Performans Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği. İstanbul.
- Capuzzo, M., Delgado, C., Famaey, J. ve Zanella, A., 2021. An ns-3 implementation of a battery-less node for energy-harvesting Internet of Things. *arXiv preprint arXiv:2103.14596*.
- Carvalho, D. F., 2021. New LoRaWAN solutions and cloud-based systems for eHealth applications. (PhD Thesis). University of Brescia. Brescia.
- Citoni, B., Fioranelli, F., Imran, M. A. ve Abbasi, Q., 2019. Internet of things and LoRaWAN enabled future smart farming. *IEEE Internet of Things Journal*. 2(4). 14-19.
- ÇELTEK, S. A., DURGUN, M., GÖKREM, L., & DURGUN, Y. (2017). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Yangın Alarm Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 6(3). 66-72.
- Doğan.G., 2019. LoRaWAN Kablosuz İletişim Protokolünün İncelenmesi ve Bir IoT Uygulaması. (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği. Elazığ.
- El Chall, R., Lahoud, S. ve El Helou, M., 2019. LoRaWAN network: Radio propagation models and performance evaluation in various environments in Lebanon. *IEEE Internet of Things Journal*. 6(2). 2366-2378.
- El Fehri, C., Kassab, M., Abdellatif, S., Berthou, P. ve Belghith, A., 2018. LoRa technology MAC layer operations and Research issues. *Procedia computer science*. 130. 1096-1101.

- Garlisi, D., Martino, A., Zouwayhed, J., Pourrahim, R. ve Cuomo, F., 2021. Exploratory approach for network behavior clustering in LoRaWAN. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 1-15.
- Ghubaish, A., Salman, T. ve Jain, R., 2019. Experiments with a LoRaWAN-based remote ID system for locating unmanned aerial vehicles (UAVs). *Wireless Communications and Mobile Computing*. 11.
- Gökrem, L. ve Bozuklu, M., (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. (13). 47-68.
- Haxhibeqiri, J., De Poorter, E., Moerman, I. & Hoebeke, J. (2018). A survey of LoRaWAN for IoT: From technology to application. *Sensors*. 18(11). 3995.
- Hossain, T., Doi, Y., Tazin, T., Ahad, M. A. R. ve Inoue, S., 2018. Study of lorawan technology for activity recognition. In *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*. 1449-1453.
- Hunt, D., 2021. LoRa Alliance Certification–Journal of ICT. *Journal of ICT Standardization*. 9(1). 13-20.
- Ibrahim, D. M., 2019. Internet of Things technology based on LoRaWAN revolution. In *2019 10th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*. 234-237.
- Islam, R., Rahman, M. W., Rubaiat, R., Hasan, M. M., Reza, M. M. ve Rahman, M. M., 2021. LoRa and server-based home automation using the internet of things (IoT). *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. 1319-1578.
- Jalowiczor, J., Rozhon, J. ve Voznak, M., 2021. Study of the Efficiency of Fog Computing in an Optimized LoRaWAN Cloud Architecture. *Sensors*. 21(9). 3159.
- Kevin, I., Wang, K., Wu, S., Ivoghlian, A., Salcic, Z., Austin, A. ve Zhou, X., 2019. LWS: A LoRaWAN wireless underground sensor network simulator for agriculture applications. In *2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI)*. 475-482.
- Khan, F. H. ve Portmann, M., 2018. Experimental evaluation of LoRaWAN in NS-3. In *2018 28th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)*. 1-8.

- Khutsoane, O., Isong, B., ve Abu-Mahfouz, A. M., 2017. IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN. In IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. 6107-6112.
- Loriot, M., Aljer, A. ve Shahrour, I., 2017. Analysis of the use of LoRaWan technology in a large-scale smart city demonstrator. In 2017 Sensors Networks Smart and Emerging Technologies (SENSET) (pp. 1-4). IEEE.
- Luvisotto, M., Tramarin, F., Vangelista, L. ve Vitturi, S., 2018. On the use of LoRaWAN for indoor industrial IoT applications. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 11.
- Magrin, D., Capuzzo, M. ve Zanella, A., 2019. A thorough study of LoRaWAN performance under different parameter settings. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(1), 116-127.
- Manzoni, P., Calafate, C. T., Cano, J. C. ve Hernández-Orallo, E., 2019. Indoor vehicles geolocalization using LoRaWAN. *Future Internet*, 11(6), 124.
- Marahatta, A., Rajbhandari, Y., Shrestha, A., Singh, A., Thapa, A., Gonzalez-Longatt, F. Ve Shin, S., 2021. Evaluation of a LoRa mesh network for smart metering in rural locations. *Electronics*, 10(6), 751.
- Marisov, D. A., Zatsepin, A. Y., Marin, E. A., Terleev, A. V. ve Larionov, M. Y., 2019. Internet of Things in the oil and gas industry: LoRaWAN technology analysis & use cases. *PROneft'Professional'no o nefti*, 2019. (02), 76-80.
- Mathur, S., Sankar, A., Prasan, P. ve Iannucci, B., 2017. Energy analysis of LoRaWAN technology for traffic sensing applications. In *Intelligent Transportation Systems (ITS) World Congress*.
- Michalski, A. ve Watral, Z., 2021. Problems of Powering End Devices in Wireless Networks of the Internet of Things. *Energies*, 14(9), 2417.
- Morande, A., Bansod, M., ve Nagne, K., 2021. Review Analysis Internet Of Things (IoT) Using LoRa Tecnology. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 3(3), 2582 – 5208.
- Novák, V., Stočes, M., Čížková, T., Jarolímek, J., ve Kánská, E., 2021. Experimental Evaluation of the Availability of LoRaWAN Frequency Channels in the Czech Republic. *Sensors*, 21(3), 940.
- Ode, S., Degila, J. ve Zennaro, M., 2020. September. On the Use of LoRaWAN Technology for Independent Monitoring of Unreliable Campus WIFI Networks. In *Proceedings of the 6th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*, 244-247.
- Özgüven İ., 2021. Yangın Haberleri. AA Haber. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/adana-aladagdaki-orman-yangini-iki-ilceye-sicradi/2319619#-> (16.08.2022).

- Pasetti, M., Ferrari, P., Silva, D. R. C., Silva, I. ve Sisinni, E., 2020. On the use of LoRaWAN for the monitoring and control of distributed energy resources in a smart campus. *Applied Sciences*. 10(1). 320.
- Petajajarvi, J., Mikhaylov, K., Pettissalo, M., Janhunen, J. ve Linatti, J., 2017. Performance of a low-power wide-area network based on LoRa technology: Doppler robustness, scalability, and Coverage. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 13(3). 1550147717699412.
- Picard, A., Lapayre, J. C., Hanna, F. ve Muthada Pottayya, R., 2021. COMMA: A new LoRaWAN communication optimisation mechanism for mobility adaptation of IoT. *IET Wireless Sensor Systems*. 11(3). 120-130.
- Pietrosemoli, E., Rainone, M. ve Zennaro, M., 2019. On extending the wireless communications range of weather stations using LoRaWAN. In *Proceedings of the 5th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*. 78-83.
- Poluektov, D., Polovov, M., Kharin, P., Stusek, M., Zeman, K., Masek, P. ve Samouylov, K., 2019. On the performance of lorawan in smart city: End-device design and communication coverage. In *International Conference on Distributed Computer and Communication Networks*. 15-29.
- RayChowdhury, A., Pramanik, A. ve Roy, G. C., 2021. New approach for localization and smart data transmission inside underground mine environment. *SN Applied Sciences*. 3(6). 1-12.
- Rebaudengo, M. ve Elghonamy, A. N., 2021. LoRaWAN for Air Quality Monitoring System. (Master's Degree Thesis). Politecnico Di Torino. Torino.
- Rizzi, M., Ferrari, P., Flammini, A., Sisinni, E. ve Gidlund, M., 2017. Using LoRa for industrial wireless networks. In *2017 IEEE 13th international workshop on factory communication systems*. 1-4. Sundsvall.
- San Cheong, P., Bergs, J., Hawinkel, C. ve Famaey, J., 2017. Comparison of LoRaWAN classes and their power consumption. In *2017 IEEE symposium on communications and vehicular technology*. 1-6. Belgium.
- Singh, R. K., Aernouts, M., De Meyer, M., Weyn, M. ve Berkvens, R., 2020. Leveraging LoRaWAN technology for precision agriculture in greenhouses. *Sensors*. 20(7). 1827.
- Sisinni, E., Ferrari, P., Carvalho, D. F., Rinaldi, S., Marco, P., Flammini, A. ve Depari, A., 2019. LoRaWAN range extender for Industrial IoT. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 16(8). 5607-5616.
- Slaný, V., Lučanský, A., Koudelka, P., Mareček, J., Krčálová, E. ve Martínek, R., 2020. An integrated IoT architecture for smart metering using next generation sensor for water management based on LoRaWAN technology: a pilot study. *Sensors*. 20(17). 4712.

- Stranahan Jr. J. A.. 2021. LoRaWAN Device Security and Energy Optimization. (Master of Science). Rowan University. Computer Science. Glassboro.
- Swain. M.. Zimon. D.. Singh. R.. Hashmi. M. F.. Rashid. M. ve Hakak. S.. 2021. LoRa-LBO: An Experimental Analysis of LoRa Link Budget Optimization in Custom Build IoT Test Bed for Agriculture 4.0. Agronomy. 11(5). 820.
- Tankut.E.. Çelikkaya.B.. Yurdakoç.E.. Sisalan.V. ve Catak.M.. 2019. Akıllı Su Sayaçlarında Çift Yönlü LoRaWAN Protokolü ve IoT Uygulaması. Journal of Intelligent Systems Theory and Applications. 2(3). 32-36.
- Yapar.G.. 2019. LoRaWAN IoT Sistemi'nin Performansını İyileştirme. (Yüksek Lisans Tezi). Boğaziçi Üniversitesi. Bilgisayar Mühendisliği. İstanbul.
- Yatağan.T.. 2019. LoRaWAN'lar İçin Akıllı Yayılma Faktörü Ataması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. Bilgisayar Mühendisliği. İstanbul.

7. EKLER

EK-1 Tablo 7.1. LDDS75 sensörü verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
6.7.2021	00:24:57	101	SNR	snr	db	10.80000019
6.7.2021	00:24:57	23	Mesafe	prox	cm	161
6.7.2021	00:24:57	100	RSSI	rss	dbm	-94
6.7.2021	00:24:57	135	Pil	voltage	v	3.378999949
6.7.2021	00:44:57	101	SNR	snr	db	10.5
6.7.2021	00:44:57	135	Pil	voltage	v	3.368999958
6.7.2021	00:44:57	23	Mesafe	prox	cm	182.8999939
6.7.2021	00:44:57	100	RSSI	rss	dbm	-91
6.7.2021	01:04:58	135	Pil	voltage	v	3.339999914
6.7.2021	01:04:58	101	SNR	snr	db	8.199999809
6.7.2021	01:04:58	23	Mesafe	prox	cm	166
6.7.2021	01:04:58	100	RSSI	rss	dbm	-97
6.7.2021	01:24:57	135	Pil	voltage	v	3.374000072
6.7.2021	01:24:57	100	RSSI	rss	dbm	-102
6.7.2021	01:24:57	101	SNR	snr	db	7.800000191
6.7.2021	01:24:57	23	Mesafe	prox	cm	394.3999939
6.7.2021	01:44:56	100	RSSI	rss	dbm	-111
6.7.2021	01:44:56	23	Mesafe	prox	cm	96.19999695
6.7.2021	01:44:56	101	SNR	snr	db	5.800000191
6.7.2021	01:44:56	135	Pil	voltage	v	3.374000072
6.7.2021	02:04:56	101	SNR	snr	db	9.199999809
6.7.2021	02:04:56	100	RSSI	rss	dbm	-97
6.7.2021	02:04:56	135	Pil	voltage	v	3.288000107
6.7.2021	02:04:56	23	Mesafe	prox	cm	63.09999847
6.7.2021	10:44:56	100	RSSI	rss	dbm	-92
6.7.2021	10:44:56	101	SNR	snr	db	7.5
6.7.2021	10:44:56	135	Pil	voltage	v	3.345000029
6.7.2021	10:44:56	23	Mesafe	prox	cm	63
6.7.2021	11:04:56	101	SNR	snr	db	10
6.7.2021	11:04:56	100	RSSI	rss	dbm	-96
6.7.2021	11:04:56	135	Pil	voltage	v	3.348999977
6.7.2021	11:04:56	23	Mesafe	prox	cm	63
6.7.2021	11:24:55	23	Mesafe	prox	cm	62.40000153
6.7.2021	11:24:55	101	SNR	snr	db	8.5
6.7.2021	11:24:55	100	RSSI	rss	dbm	-93
6.7.2021	11:24:55	135	Pil	voltage	v	3.339999914
6.7.2021	11:44:56	101	SNR	snr	db	7.5
6.7.2021	11:44:56	23	Mesafe	prox	cm	62.40000153
6.7.2021	11:44:56	100	RSSI	rss	dbm	-96
6.7.2021	11:44:56	135	Pil	voltage	v	3.362999916
6.7.2021	12:04:56	100	RSSI	rss	dbm	-93
6.7.2021	12:04:56	101	SNR	snr	db	9
6.7.2021	12:04:56	135	Pil	voltage	v	3.367000103
6.7.2021	12:04:56	23	Mesafe	prox	cm	62.40000153
6.7.2021	12:24:56	101	SNR	snr	db	7.800000191
6.7.2021	12:24:56	23	Mesafe	prox	cm	62.40000153
6.7.2021	12:24:56	100	RSSI	rss	dbm	-96
6.7.2021	12:24:56	135	Pil	voltage	v	3.365000001
6.7.2021	12:44:56	135	Pil	voltage	v	3.368999958
6.7.2021	12:44:56	100	RSSI	rss	dbm	-109
6.7.2021	12:44:56	23	Mesafe	prox	cm	225.1000061
6.7.2021	12:44:56	101	SNR	snr	db	7.5
6.7.2021	13:04:56	135	Pil	voltage	v	3.339999914

6.7.2021	13:04:56	23	Mesafe	prox	cm	64.09999847
6.7.2021	13:04:56	100	RSSI	rss	dbm	-102
6.7.2021	13:04:56	101	SNR	snr	db	9.800000191
11.7.2021	23:24:51	101	SNR	snr	db	10.5
11.7.2021	23:24:51	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
11.7.2021	23:24:51	100	RSSI	rss	dbm	-89
11.7.2021	23:24:51	135	Pil	voltage	v	3.35800004
11.7.2021	23:44:51	101	SNR	snr	db	10.19999981
11.7.2021	23:44:51	100	RSSI	rss	dbm	-88
11.7.2021	23:44:51	135	Pil	voltage	v	3.35800004
11.7.2021	23:44:51	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	00:04:51	135	Pil	voltage	v	3.35800004
12.7.2021	00:04:51	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	00:04:51	100	RSSI	rss	dbm	-88
12.7.2021	00:04:51	101	SNR	snr	db	9.199999809
12.7.2021	00:24:51	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	00:24:51	135	Pil	voltage	v	3.359999895
12.7.2021	00:24:51	101	SNR	snr	db	9.5
12.7.2021	00:24:51	100	RSSI	rss	dbm	-88
12.7.2021	00:44:51	23	Mesafe	prox	cm	30.29999924
12.7.2021	00:44:51	100	RSSI	rss	dbm	-91
12.7.2021	00:44:51	101	SNR	snr	db	10
12.7.2021	00:44:51	135	Pil	voltage	v	3.359999895
12.7.2021	07:44:50	135	Pil	voltage	v	3.359999895
12.7.2021	07:44:50	101	SNR	snr	db	9.5
12.7.2021	07:44:50	100	RSSI	rss	dbm	-90
12.7.2021	07:44:50	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	22:24:49	135	Pil	voltage	v	3.359999895
12.7.2021	22:24:49	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	22:24:49	101	SNR	snr	db	9.5
12.7.2021	22:24:49	100	RSSI	rss	dbm	-93
12.7.2021	22:44:50	135	Pil	voltage	v	3.367000103
12.7.2021	22:44:50	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	22:44:50	100	RSSI	rss	dbm	-123
12.7.2021	22:44:50	101	SNR	snr	db	-3
12.7.2021	23:04:50	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	23:04:50	101	SNR	snr	db	1.799999952
12.7.2021	23:04:50	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	23:04:50	135	Pil	voltage	v	3.36500001
12.7.2021	23:24:50	100	RSSI	rss	dbm	-89
12.7.2021	23:24:50	135	Pil	voltage	v	3.36500001
12.7.2021	23:24:50	23	Mesafe	prox	cm	51.70000076
12.7.2021	23:24:50	101	SNR	snr	db	9.199999809

EK-2 Tablo 7.2. LHT65 sensörü verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
6.7.2021	12:38:32	101	SNR	snr	db	2.200000047683716
6.7.2021	12:38:32	3	Sıcaklık	temp	c	26.049999237060547
6.7.2021	12:38:32	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134277344
6.7.2021	12:38:32	100	RSSI	rss	dbm	-121
6.7.2021	12:38:32	135	Pil	voltage	v	3.1480000019073486
6.7.2021	12:38:32	4	Nem	rel_hum	p	61.20000076293945
6.7.2021	12:41:32	101	SNR	snr	db	1
6.7.2021	12:41:32	3	Sıcaklık	temp	c	26.780000686645508
6.7.2021	12:41:32	4	Nem	rel_hum	p	55.79999923706055
6.7.2021	12:41:32	100	RSSI	rss	dbm	-121

6.7.2021	12:41:32	135	Pil	voltage	v	3.1449999809265137
6.7.2021	12:41:32	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134277344
6.7.2021	13:01:32	100	RSSI	rss	dbm	-122
6.7.2021	13:01:32	4	Nem	rel_hum	p	55
6.7.2021	13:01:32	101	SNR	snr	db	-1.5
6.7.2021	13:01:32	135	Pil	voltage	v	3.1410000324249268
6.7.2021	13:01:32	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	327.6700134277344
6.7.2021	13:01:32	3	Sıcaklık	temp	c	26.399999618530273
11.7.2021	22:41:23	100	RSSI	rss	dbm	-121
11.7.2021	22:41:23	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
11.7.2021	22:41:23	4	Nem	rel_hum	p	53.29999923706055
11.7.2021	22:41:23	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.18000030517578
11.7.2021	22:41:23	101	SNR	snr	db	5
11.7.2021	22:41:23	135	Pil	voltage	v	3.0959999561309814
11.7.2021	23:21:22	3	Sıcaklık	temp	c	28.239999771118164
11.7.2021	23:21:22	4	Nem	rel_hum	p	53.400001525878906
11.7.2021	23:21:22	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
11.7.2021	23:21:22	101	SNR	snr	db	4.5
11.7.2021	23:21:22	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.059999465942383
11.7.2021	23:21:22	100	RSSI	rss	dbm	-115
11.7.2021	23:41:22	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
11.7.2021	23:41:22	100	RSSI	rss	dbm	-113
11.7.2021	23:41:22	101	SNR	snr	db	4.199999809265137
11.7.2021	23:41:22	3	Sıcaklık	temp	c	28.170000076293945
11.7.2021	23:41:22	4	Nem	rel_hum	p	53.400001525878906
11.7.2021	23:41:22	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.8700008392334
12.7.2021	00:01:22	101	SNR	snr	db	5.5
12.7.2021	00:01:22	4	Nem	rel_hum	p	53.5
12.7.2021	00:01:22	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
12.7.2021	00:01:22	3	Sıcaklık	temp	c	28.110000610351562
12.7.2021	00:01:22	100	RSSI	rss	dbm	-115
12.7.2021	00:01:22	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.8700008392334
12.7.2021	00:41:22	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	00:41:22	101	SNR	snr	db	5.199999809265137
12.7.2021	00:41:22	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
12.7.2021	00:41:22	3	Sıcaklık	temp	c	28.049999237060547
12.7.2021	00:41:22	4	Nem	rel_hum	p	53.70000076293945
12.7.2021	00:41:22	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.8700008392334
12.7.2021	01:01:21	3	Sıcaklık	temp	c	28.040000915527344
12.7.2021	01:01:21	4	Nem	rel_hum	p	53.70000076293945
12.7.2021	01:01:21	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	01:01:21	101	SNR	snr	db	5.199999809265137
12.7.2021	01:01:21	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
12.7.2021	01:01:21	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.93000030517578
12.7.2021	01:21:21	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.809999465942383
12.7.2021	01:21:21	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	01:21:21	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	01:21:21	3	Sıcaklık	temp	c	28.020000457763672
12.7.2021	01:21:21	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
12.7.2021	01:21:21	4	Nem	rel_hum	p	53.70000076293945
12.7.2021	11:41:21	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	11:41:21	3	Sıcaklık	temp	c	27.149999618530273
12.7.2021	11:41:21	4	Nem	rel_hum	p	31.600000381469727
12.7.2021	11:41:21	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.75
12.7.2021	11:41:21	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	11:41:21	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	12:01:21	100	RSSI	rss	dbm	-115
12.7.2021	12:01:21	101	SNR	snr	db	2

12.7.2021	12:01:21	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	12:01:21	3	Sıcaklık	temp	c	27.280000686645508
12.7.2021	12:01:21	4	Nem	rel_hum	p	34.70000076293945
12.7.2021	12:01:21	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.8700008392334
12.7.2021	12:21:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	12:21:20	4	Nem	rel_hum	p	52.70000076293945
12.7.2021	12:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.809999465942383
12.7.2021	12:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	12:21:20	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	12:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	27.6200008392334
12.7.2021	12:41:20	4	Nem	rel_hum	p	51.29999923706055
12.7.2021	12:41:20	101	SNR	snr	db	2.200000047683716
12.7.2021	12:41:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	12:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-115
12.7.2021	12:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	27.829999923706055
12.7.2021	12:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.1200008392334
12.7.2021	13:01:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	13:01:20	101	SNR	snr	db	1.7999999523162842
12.7.2021	13:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.020000457763672
12.7.2021	13:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
12.7.2021	13:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-115
12.7.2021	13:01:20	4	Nem	rel_hum	p	51.900001525878906
12.7.2021	13:21:20	101	SNR	snr	db	4.800000190734863
12.7.2021	13:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.170000076293945
12.7.2021	13:21:20	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
12.7.2021	13:21:20	4	Nem	rel_hum	p	55
12.7.2021	13:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
12.7.2021	13:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	13:41:20	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
12.7.2021	13:41:20	4	Nem	rel_hum	p	54.29999923706055
12.7.2021	13:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	13:41:20	101	SNR	snr	db	4
12.7.2021	13:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.239999771118164
12.7.2021	13:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.3700008392334
12.7.2021	14:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	14:01:20	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
12.7.2021	14:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
12.7.2021	14:01:20	4	Nem	rel_hum	p	54
12.7.2021	14:01:20	101	SNR	snr	db	5.5
12.7.2021	14:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.43000030517578
12.7.2021	14:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	14:21:20	101	SNR	snr	db	5.199999809265137
12.7.2021	14:21:20	4	Nem	rel_hum	p	55.099998474121094
12.7.2021	14:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.559999465942383
12.7.2021	14:21:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	14:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.399999618530273
12.7.2021	14:41:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	14:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	14:41:20	101	SNR	snr	db	3.799999952316284
12.7.2021	14:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.510000228881836
12.7.2021	14:41:20	4	Nem	rel_hum	p	56
12.7.2021	14:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.68000030517578
12.7.2021	15:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	15:01:20	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
12.7.2021	15:01:20	4	Nem	rel_hum	p	54.5
12.7.2021	15:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.75
12.7.2021	15:01:20	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
12.7.2021	15:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.549999237060547

12.7.2021	15:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-114
12.7.2021	15:21:20	4	Nem	rel_hum	p	53.79999923706055
12.7.2021	15:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.75
12.7.2021	15:21:20	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
12.7.2021	15:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
12.7.2021	15:21:20	101	SNR	snr	db	4.800000190734863
12.7.2021	15:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-112
12.7.2021	15:41:20	101	SNR	snr	db	5.199999809265137
12.7.2021	15:41:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	15:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.809999465942383
12.7.2021	15:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
12.7.2021	15:41:20	4	Nem	rel_hum	p	53.900001525878906
12.7.2021	16:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	16:01:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	16:01:20	101	SNR	snr	db	6
12.7.2021	16:01:20	4	Nem	rel_hum	p	52.79999923706055
12.7.2021	16:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.670000076293945
12.7.2021	16:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29
12.7.2021	16:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	16:21:20	101	SNR	snr	db	5
12.7.2021	16:21:20	4	Nem	rel_hum	p	52.900001525878906
12.7.2021	16:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	16:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.8700008392334
12.7.2021	16:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.700000762939453
12.7.2021	16:41:20	101	SNR	snr	db	7.5
12.7.2021	16:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-107
12.7.2021	16:41:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	16:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.75
12.7.2021	16:41:20	4	Nem	rel_hum	p	53.20000076293945
12.7.2021	16:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.059999465942383
12.7.2021	17:01:20	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	17:01:20	4	Nem	rel_hum	p	51.900001525878906
12.7.2021	17:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29
12.7.2021	17:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-112
12.7.2021	17:01:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	17:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.770000457763672
12.7.2021	17:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	17:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.760000228881836
12.7.2021	17:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.059999465942383
12.7.2021	17:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-112
12.7.2021	17:21:20	101	SNR	snr	db	4.5
12.7.2021	17:21:20	4	Nem	rel_hum	p	51.900001525878906
12.7.2021	17:41:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	17:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	17:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.799999237060547
12.7.2021	17:41:20	4	Nem	rel_hum	p	51.099998474121094
12.7.2021	17:41:20	101	SNR	snr	db	7
12.7.2021	17:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29
12.7.2021	18:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	18:01:20	101	SNR	snr	db	5.5
12.7.2021	18:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.780000686645508
12.7.2021	18:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.059999465942383
12.7.2021	18:01:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	18:01:20	4	Nem	rel_hum	p	50.599998474121094
12.7.2021	18:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29
12.7.2021	18:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
12.7.2021	18:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	18:21:20	101	SNR	snr	db	6.199999809265137

12.7.2021	18:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.760000228881836
12.7.2021	18:21:20	4	Nem	rel_hum	p	49.70000076293945
12.7.2021	18:41:20	101	SNR	snr	db	7
12.7.2021	18:41:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	18:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.709999084472656
12.7.2021	18:41:20	4	Nem	rel_hum	p	48.900001525878906
12.7.2021	18:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
12.7.2021	18:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-105
12.7.2021	19:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-112
12.7.2021	19:01:20	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	19:01:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	19:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.670000076293945
12.7.2021	19:01:20	4	Nem	rel_hum	p	48.5
12.7.2021	19:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
12.7.2021	19:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-109
12.7.2021	19:21:20	101	SNR	snr	db	5.199999809265137
12.7.2021	19:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	19:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.649999618530273
12.7.2021	19:21:20	4	Nem	rel_hum	p	48.400001525878906
12.7.2021	19:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.8700008392334
12.7.2021	19:41:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	19:41:20	101	SNR	snr	db	5.5
12.7.2021	19:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.649999618530273
12.7.2021	19:41:20	4	Nem	rel_hum	p	49.5
12.7.2021	19:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.559999465942383
12.7.2021	19:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-109
12.7.2021	20:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-104
12.7.2021	20:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
12.7.2021	20:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
12.7.2021	20:21:20	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	20:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.75
12.7.2021	20:21:20	4	Nem	rel_hum	p	50.79999923706055
12.7.2021	20:41:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	20:41:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
12.7.2021	20:41:20	4	Nem	rel_hum	p	51.400001525878906
12.7.2021	20:41:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.68000030517578
12.7.2021	20:41:20	101	SNR	snr	db	5.800000190734863
12.7.2021	20:41:20	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
12.7.2021	21:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-112
12.7.2021	21:01:20	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
12.7.2021	21:01:20	101	SNR	snr	db	3.799999952316284
12.7.2021	21:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
12.7.2021	21:01:20	4	Nem	rel_hum	p	52.099998474121094
12.7.2021	21:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.559999465942383
12.7.2021	21:21:20	101	SNR	snr	db	6
12.7.2021	21:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
12.7.2021	21:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.6200008392334
12.7.2021	21:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-113
12.7.2021	21:21:20	4	Nem	rel_hum	p	52.79999923706055
12.7.2021	21:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
12.7.2021	22:01:20	100	RSSI	rss	dbm	-109
12.7.2021	22:01:20	101	SNR	snr	db	4.5
12.7.2021	22:01:20	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
12.7.2021	22:01:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.56999969482422
12.7.2021	22:01:20	4	Nem	rel_hum	p	54.099998474121094
12.7.2021	22:01:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.5
12.7.2021	22:21:20	100	RSSI	rss	dbm	-112
12.7.2021	22:21:20	101	SNR	snr	db	4

12.7.2021	22:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	28.520000457763672
12.7.2021	22:21:20	4	Nem	rel_hum	p	54.5
12.7.2021	22:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.43000030517578
12.7.2021	22:21:20	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
12.7.2021	23:21:20	100	RSSI	rssi	dbm	-103
12.7.2021	23:21:20	101	SNR	snr	db	9
12.7.2021	23:21:20	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
12.7.2021	23:21:20	4	Nem	rel_hum	p	57.70000076293945
12.7.2021	23:21:20	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	42.18000030517578
12.7.2021	23:21:20	3	Sıcaklık	temp	c	27.979999542236328

EK-3 Tablo 7.3. LDDS75 sensörü verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LDDS75	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
12.7.2021	23:40:21	101	SNR	snr	db	10.199999809265137
12.7.2021	23:40:21	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
12.7.2021	23:40:21	100	RSSI	rssi	dbm	-85
12.7.2021	23:41:51	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
12.7.2021	23:41:51	100	RSSI	rssi	dbm	-87
12.7.2021	23:41:51	101	SNR	snr	db	9.5
12.7.2021	23:43:43	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
12.7.2021	23:43:43	101	SNR	snr	db	10
12.7.2021	23:43:43	100	RSSI	rssi	dbm	-79
13.7.2021	00:09:24	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
13.7.2021	00:09:24	100	RSSI	rssi	dbm	-93
13.7.2021	00:09:24	101	SNR	snr	db	10.5
13.7.2021	00:11:56	100	RSSI	rssi	dbm	-84
13.7.2021	00:11:56	101	SNR	snr	db	9
13.7.2021	00:11:56	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:19:36	100	RSSI	rssi	dbm	-82
13.7.2021	00:19:36	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
13.7.2021	00:19:36	101	SNR	snr	db	10.199999809265137
13.7.2021	00:20:57	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:20:57	100	RSSI	rssi	dbm	-84
13.7.2021	00:20:57	101	SNR	snr	db	11.199999809265137
13.7.2021	00:23:03	100	RSSI	rssi	dbm	-93
13.7.2021	00:23:03	101	SNR	snr	db	10.5
13.7.2021	00:23:03	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	00:23:51	100	RSSI	rssi	dbm	-105
13.7.2021	00:23:51	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
13.7.2021	00:23:51	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
13.7.2021	00:24:50	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:24:50	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
13.7.2021	00:24:50	100	RSSI	rssi	dbm	-88
13.7.2021	00:25:52	100	RSSI	rssi	dbm	-84
13.7.2021	00:25:52	101	SNR	snr	db	10
13.7.2021	00:25:52	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:27:23	100	RSSI	rssi	dbm	-87
13.7.2021	00:27:23	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
13.7.2021	00:27:23	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:28:21	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	00:28:21	100	RSSI	rssi	dbm	-91
13.7.2021	00:28:21	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	00:29:32	135	Pil	voltage	v	3.374000072479248
13.7.2021	00:29:32	101	SNR	snr	db	10
13.7.2021	00:29:32	100	RSSI	rssi	dbm	-93
13.7.2021	00:30:33	100	RSSI	rssi	dbm	-86

13.7.2021	00:30:33	101	SNR	snr	db	9.5
13.7.2021	00:30:33	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	00:31:25	100	RSSI	rss	dbm	-88
13.7.2021	00:31:25	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	00:31:25	101	SNR	snr	db	8.5
13.7.2021	00:32:10	100	RSSI	rss	dbm	-91
13.7.2021	00:32:10	101	SNR	snr	db	9.5
13.7.2021	00:32:10	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	00:33:58	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:33:58	100	RSSI	rss	dbm	-84
13.7.2021	00:33:58	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
13.7.2021	00:36:07	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:36:07	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
13.7.2021	00:36:07	100	RSSI	rss	dbm	-88
13.7.2021	00:36:53	135	Pil	voltage	v	3.371999979019165
13.7.2021	00:36:53	100	RSSI	rss	dbm	-90
13.7.2021	00:36:53	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	00:49:58	100	RSSI	rss	dbm	-96
13.7.2021	00:49:58	101	SNR	snr	db	9.199999809265137
13.7.2021	00:49:58	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	00:58:12	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	00:58:12	100	RSSI	rss	dbm	-95
13.7.2021	00:58:12	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	01:01:00	101	SNR	snr	db	10.800000190734863
13.7.2021	01:01:00	100	RSSI	rss	dbm	-95
13.7.2021	01:01:00	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	01:03:04	100	RSSI	rss	dbm	-87
13.7.2021	01:03:04	101	SNR	snr	db	10.199999809265137
13.7.2021	01:03:04	135	Pil	voltage	v	3.36899995803833
13.7.2021	01:04:38	23	Mesafe	prox	cm	45.29999923706055
13.7.2021	01:04:38	135	Pil	voltage	v	3.312000036239624
13.7.2021	01:04:38	100	RSSI	rss	dbm	-87
13.7.2021	01:04:38	101	SNR	snr	db	10.5
13.7.2021	01:09:09	135	Pil	voltage	v	3.321000099182129
13.7.2021	01:09:09	23	Mesafe	prox	cm	51.20000076293945
13.7.2021	01:09:09	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
13.7.2021	01:09:09	100	RSSI	rss	dbm	-107
13.7.2021	01:14:39	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
13.7.2021	01:14:39	23	Mesafe	prox	cm	98.80000305175781
13.7.2021	01:14:39	100	RSSI	rss	dbm	-136
13.7.2021	01:34:40	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875
13.7.2021	01:34:40	135	Pil	voltage	v	3.3580000400543213
13.7.2021	01:34:40	100	RSSI	rss	dbm	-116
13.7.2021	01:34:40	101	SNR	snr	db	1.7999999523162842
13.7.2021	01:54:38	101	SNR	snr	db	9.5
13.7.2021	01:54:38	135	Pil	voltage	v	3.3559999465942383
13.7.2021	01:54:38	100	RSSI	rss	dbm	-11
13.7.2021	02:00:47	23	Mesafe	prox	cm	108.5
13.7.2021	02:00:47	100	RSSI	rss	dbm	-3
13.7.2021	02:00:47	101	SNR	snr	db	10
13.7.2021	02:00:47	135	Pil	voltage	v	3.2769999504089355
13.7.2021	02:20:46	135	Pil	voltage	v	3.3580000400543213
13.7.2021	02:20:46	23	Mesafe	prox	cm	418.8999938964844
13.7.2021	02:20:46	100	RSSI	rss	dbm	-56
13.7.2021	02:20:46	101	SNR	snr	db	9.5
13.7.2021	02:40:46	100	RSSI	rss	dbm	-54
13.7.2021	02:40:46	101	SNR	snr	db	9
13.7.2021	02:40:46	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875

13.7.2021	02:40:46	135	Pil	voltage	v	3.3450000286102295
13.7.2021	03:00:46	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	03:00:46	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
13.7.2021	03:00:46	100	RSSI	rss	dbm	-58
13.7.2021	03:00:46	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
13.7.2021	03:20:46	100	RSSI	rss	dbm	-59
13.7.2021	03:20:46	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
13.7.2021	03:20:46	135	Pil	voltage	v	3.3580000400543213
13.7.2021	03:20:46	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875
13.7.2021	03:40:46	23	Mesafe	prox	cm	418.5
13.7.2021	03:40:46	100	RSSI	rss	dbm	-54
13.7.2021	03:40:46	101	SNR	snr	db	9
13.7.2021	03:40:46	135	Pil	voltage	v	3.3559999465942383
13.7.2021	04:00:46	135	Pil	voltage	v	3.3559999465942383
13.7.2021	04:00:46	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
13.7.2021	04:00:46	100	RSSI	rss	dbm	-54
13.7.2021	04:00:46	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
13.7.2021	22:40:46	100	RSSI	rss	dbm	-60
13.7.2021	22:40:46	101	SNR	snr	db	7
13.7.2021	22:40:46	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
13.7.2021	22:40:46	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
13.7.2021	23:00:45	101	SNR	snr	db	10
13.7.2021	23:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.5
13.7.2021	23:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-63
13.7.2021	23:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
13.7.2021	23:20:46	100	RSSI	rss	dbm	-63
13.7.2021	23:20:46	23	Mesafe	prox	cm	417.8999938964844
13.7.2021	23:20:46	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
13.7.2021	23:20:46	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
13.7.2021	23:40:45	101	SNR	snr	db	9.199999809265137
13.7.2021	23:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
13.7.2021	23:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
13.7.2021	23:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	00:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	00:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.70001220703125
14.7.2021	00:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	00:00:45	101	SNR	snr	db	6.800000190734863
14.7.2021	00:20:46	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	00:20:46	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
14.7.2021	00:20:46	100	RSSI	rss	dbm	-63
14.7.2021	00:20:46	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	00:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	00:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.3999938964844
14.7.2021	00:40:45	101	SNR	snr	db	10.5
14.7.2021	00:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	01:00:44	101	SNR	snr	db	9.5
14.7.2021	01:00:44	135	Pil	voltage	v	3.3580000400543213
14.7.2021	01:00:44	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	01:00:44	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	01:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418
14.7.2021	01:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	01:20:45	101	SNR	snr	db	6.800000190734863
14.7.2021	01:20:45	135	Pil	voltage	v	3.3489999771118164
14.7.2021	01:40:46	101	SNR	snr	db	10.199999809265137
14.7.2021	01:40:46	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	01:40:46	23	Mesafe	prox	cm	417.8999938964844
14.7.2021	01:40:46	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	02:00:45	101	SNR	snr	db	10.5

14.7.2021	02:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
14.7.2021	02:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	02:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	02:20:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	02:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	02:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.3999938964844
14.7.2021	02:20:45	101	SNR	snr	db	7.5
14.7.2021	02:40:45	101	SNR	snr	db	7.19999809265137
14.7.2021	02:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-63
14.7.2021	02:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	02:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	03:00:45	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
14.7.2021	03:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	03:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.5
14.7.2021	03:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-63
14.7.2021	03:20:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	03:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	03:20:45	101	SNR	snr	db	10.19999809265137
14.7.2021	03:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.3999938964844
14.7.2021	03:40:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	03:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	03:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.3999938964844
14.7.2021	03:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-58
14.7.2021	04:00:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	04:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	04:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418
14.7.2021	04:00:45	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
14.7.2021	04:20:45	101	SNR	snr	db	10.5
14.7.2021	04:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	04:20:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	04:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	04:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	04:40:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	04:40:45	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	04:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875
14.7.2021	05:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-58
14.7.2021	05:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	05:00:45	101	SNR	snr	db	10.19999809265137
14.7.2021	05:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	05:20:46	101	SNR	snr	db	6.800000190734863
14.7.2021	05:20:46	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	05:20:46	23	Mesafe	prox	cm	418.6000061035156
14.7.2021	05:20:46	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	05:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.5
14.7.2021	05:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	05:40:45	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	05:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	06:00:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	06:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	06:00:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	06:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	06:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	06:20:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	06:20:45	135	Pil	voltage	v	3.31599984741211
14.7.2021	06:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
14.7.2021	06:40:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	06:40:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	06:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875

14.7.2021	06:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	07:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	07:00:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	07:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875
14.7.2021	07:00:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	07:20:44	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	07:20:44	23	Mesafe	prox	cm	418
14.7.2021	07:20:44	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	07:20:44	135	Pil	voltage	v	3.351999980926514
14.7.2021	07:40:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	07:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.79998779296875
14.7.2021	07:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	07:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	08:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	08:00:45	101	SNR	snr	db	8
14.7.2021	08:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	08:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.29998779296875
14.7.2021	08:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	08:20:45	23	Mesafe	prox	cm	417.79998779296875
14.7.2021	08:20:45	101	SNR	snr	db	8
14.7.2021	08:20:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	08:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418
14.7.2021	08:40:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	08:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	08:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-55
14.7.2021	09:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-55
14.7.2021	09:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	09:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	09:00:45	101	SNR	snr	db	9.5
14.7.2021	09:20:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	09:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-55
14.7.2021	09:20:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	09:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	10:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	10:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	10:00:45	101	SNR	snr	db	9.5
14.7.2021	10:00:45	135	Pil	voltage	v	3.3289999961853027
14.7.2021	10:20:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	10:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	10:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-54
14.7.2021	10:20:45	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	10:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	10:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-55
14.7.2021	10:40:45	101	SNR	snr	db	8
14.7.2021	10:40:45	23	Mesafe	prox	cm	417.8999938964844
14.7.2021	11:00:45	23	Mesafe	prox	cm	417.79998779296875
14.7.2021	11:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-57
14.7.2021	11:00:45	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	11:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	11:20:45	23	Mesafe	prox	cm	417.8999938964844
14.7.2021	11:20:45	101	SNR	snr	db	10.5
14.7.2021	11:20:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	11:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	11:40:45	23	Mesafe	prox	cm	417.79998779296875
14.7.2021	11:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	11:40:45	101	SNR	snr	db	9
14.7.2021	11:40:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	12:20:45	101	SNR	snr	db	9.5

14.7.2021	12:20:45	135	Pil	voltage	v	3.3580000400543213
14.7.2021	12:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	12:20:45	23	Mesafe	prox	cm	417.3999938964844
14.7.2021	12:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	12:40:45	23	Mesafe	prox	cm	417.3999938964844
14.7.2021	12:40:45	135	Pil	voltage	v	3.359999895095825
14.7.2021	12:40:45	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	13:00:45	101	SNR	snr	db	7.19999809265137
14.7.2021	13:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	13:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	13:00:45	23	Mesafe	prox	cm	417.29998779296875
14.7.2021	13:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	13:20:45	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	13:20:45	23	Mesafe	prox	cm	417.6000061035156
14.7.2021	13:20:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	13:40:45	101	SNR	snr	db	9
14.7.2021	13:40:45	23	Mesafe	prox	cm	417.29998779296875
14.7.2021	13:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	13:40:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	14:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	14:00:45	101	SNR	snr	db	9
14.7.2021	14:00:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	14:00:45	23	Mesafe	prox	cm	417.3999938964844
14.7.2021	14:20:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	14:20:45	23	Mesafe	prox	cm	389.29998779296875
14.7.2021	14:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-63
14.7.2021	14:20:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	14:40:44	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	14:40:44	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	14:40:44	23	Mesafe	prox	cm	417.1000061035156
14.7.2021	14:40:44	135	Pil	voltage	v	3.3559999465942383
14.7.2021	15:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	15:00:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	15:00:45	23	Mesafe	prox	cm	302.8999938964844
14.7.2021	15:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	15:20:45	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	15:20:45	23	Mesafe	prox	cm	303.20001220703125
14.7.2021	15:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	15:20:45	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826
14.7.2021	15:40:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	15:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	15:40:45	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	15:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	16:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	16:00:45	23	Mesafe	prox	cm	302.5
14.7.2021	16:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	16:00:45	101	SNR	snr	db	10.19999809265137
14.7.2021	16:20:45	101	SNR	snr	db	6.800000190734863
14.7.2021	16:20:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	16:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	16:20:45	23	Mesafe	prox	cm	331.5
14.7.2021	16:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	16:40:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	16:40:45	23	Mesafe	prox	cm	303
14.7.2021	16:40:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	17:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	17:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	17:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-60

14.7.2021	17:00:45	101	SNR	snr	db	10.800000190734863
14.7.2021	17:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	17:20:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	17:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.1000061035156
14.7.2021	17:20:45	101	SNR	snr	db	9
14.7.2021	17:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
14.7.2021	17:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.3999938964844
14.7.2021	17:40:45	101	SNR	snr	db	10
14.7.2021	17:40:45	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826
14.7.2021	18:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	18:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
14.7.2021	18:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	18:00:45	101	SNR	snr	db	9.199999809265137
14.7.2021	18:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	18:20:45	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	18:20:45	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
14.7.2021	18:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.20001220703125
14.7.2021	18:40:45	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
14.7.2021	18:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418
14.7.2021	18:40:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	18:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	19:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	19:00:45	23	Mesafe	prox	cm	418.5
14.7.2021	19:00:45	101	SNR	snr	db	6
14.7.2021	19:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	19:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-65
14.7.2021	19:20:45	23	Mesafe	prox	cm	418.5
14.7.2021	19:20:45	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826
14.7.2021	19:20:45	101	SNR	snr	db	9.5
14.7.2021	19:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
14.7.2021	19:40:45	23	Mesafe	prox	cm	332.6000061035156
14.7.2021	19:40:45	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826
14.7.2021	19:40:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
14.7.2021	23:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	23:20:45	101	SNR	snr	db	9
14.7.2021	23:20:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
14.7.2021	23:20:45	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562
14.7.2021	23:40:45	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562
14.7.2021	23:40:45	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
14.7.2021	23:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
14.7.2021	23:40:45	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826
15.7.2021	00:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-60
15.7.2021	00:00:45	101	SNR	snr	db	7.5
15.7.2021	00:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
15.7.2021	00:00:45	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562
15.7.2021	00:20:45	23	Mesafe	prox	cm	146.3000030517578
15.7.2021	00:20:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
15.7.2021	00:20:45	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
15.7.2021	00:20:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
15.7.2021	00:40:45	101	SNR	snr	db	9.199999809265137
15.7.2021	00:40:45	23	Mesafe	prox	cm	418.6000061035156
15.7.2021	00:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-63
15.7.2021	00:40:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
15.7.2021	01:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-61
15.7.2021	01:00:45	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562
15.7.2021	01:00:45	101	SNR	snr	db	10
15.7.2021	01:00:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
15.7.2021	01:20:44	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562

15.7.2021	01:20:44	101	SNR	snr	db	10.199999809265137
15.7.2021	01:20:44	100	RSSI	rss	dbm	-59
15.7.2021	01:20:44	135	Pil	voltage	v	3.36299991607666
15.7.2021	01:40:45	100	RSSI	rss	dbm	-59
15.7.2021	01:40:45	135	Pil	voltage	v	3.365000009536743
15.7.2021	01:40:45	101	SNR	snr	db	9.199999809265137
15.7.2021	01:40:45	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562
15.7.2021	02:00:45	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826
15.7.2021	02:00:45	100	RSSI	rss	dbm	-58
15.7.2021	02:00:45	101	SNR	snr	db	9.800000190734863
15.7.2021	02:00:45	23	Mesafe	prox	cm	144.60000610351562
15.7.2021	02:20:44	100	RSSI	rss	dbm	-61
15.7.2021	02:20:44	23	Mesafe	prox	cm	418.79998779296875
15.7.2021	02:20:44	101	SNR	snr	db	11
15.7.2021	02:20:44	135	Pil	voltage	v	3.367000102996826

EK-4 Tablo 7.4. LHT65 sensörü verileri

TARİH	SAAT	KANAL	LHT65	VERİ TİPİ	BİRİM	DEĞER
13.7.2021	01:16:29	101	SNR	snr	db	5.5
13.7.2021	01:16:29	3	Sıcaklık	temp	c	28.329999923706055
13.7.2021	01:16:29	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
13.7.2021	01:16:29	135	Pil	voltage	v	3.1089999675750732
13.7.2021	01:16:29	4	Nem	rel_hum	p	61.900001525878906
13.7.2021	01:16:29	100	RSSI	rss	dbm	-115
13.7.2021	01:16:48	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.8700008392334
13.7.2021	01:16:48	101	SNR	snr	db	8
13.7.2021	01:16:48	3	Sıcaklık	temp	c	28.31999969482422
13.7.2021	01:16:48	100	RSSI	rss	dbm	-102
13.7.2021	01:16:48	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
13.7.2021	01:16:48	4	Nem	rel_hum	p	61.099998474121094
13.7.2021	01:17:05	100	RSSI	rss	dbm	-115
13.7.2021	01:17:05	3	Sıcaklık	temp	c	28.31999969482422
13.7.2021	01:17:05	4	Nem	rel_hum	p	59.5
13.7.2021	01:17:05	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	01:17:05	101	SNR	snr	db	3.799999952316284
13.7.2021	01:17:05	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.8700008392334
13.7.2021	01:17:55	3	Sıcaklık	temp	c	28.3700008392334
13.7.2021	01:17:55	4	Nem	rel_hum	p	60.20000076293945
13.7.2021	01:17:55	101	SNR	snr	db	3
13.7.2021	01:17:55	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
13.7.2021	01:17:55	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.43000030517578
13.7.2021	01:17:55	100	RSSI	rss	dbm	-114
13.7.2021	01:18:15	100	RSSI	rss	dbm	-125
13.7.2021	01:18:15	3	Sıcaklık	temp	c	28.40999984741211
13.7.2021	01:18:15	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.809999465942383
13.7.2021	01:18:15	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
13.7.2021	01:18:15	101	SNR	snr	db	-4.800000190734863
13.7.2021	01:18:15	4	Nem	rel_hum	p	58.29999923706055
13.7.2021	01:18:38	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
13.7.2021	01:18:38	3	Sıcaklık	temp	c	28.5
13.7.2021	01:18:38	4	Nem	rel_hum	p	57.900001525878906
13.7.2021	01:18:38	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	30
13.7.2021	01:18:38	100	RSSI	rss	dbm	-134
13.7.2021	01:18:38	101	SNR	snr	db	-13
13.7.2021	01:23:37	3	Sıcaklık	temp	c	29.459999084472656
13.7.2021	01:23:37	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684

13.7.2021	01:23:37	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.8700008392334
13.7.2021	01:23:37	100	RSSI	rss	dbm	-107
13.7.2021	01:23:37	101	SNR	snr	db	5
13.7.2021	01:23:37	4	Nem	rel_hum	p	58.29999923706055
13.7.2021	01:23:50	100	RSSI	rss	dbm	-115
13.7.2021	01:23:50	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
13.7.2021	01:23:50	3	Sıcaklık	temp	c	29.479999542236328
13.7.2021	01:23:50	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.5
13.7.2021	01:23:50	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
13.7.2021	01:23:50	4	Nem	rel_hum	p	57.5
13.7.2021	01:23:57	101	SNR	snr	db	7.5
13.7.2021	01:23:57	4	Nem	rel_hum	p	58.70000076293945
13.7.2021	01:23:57	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.059999465942383
13.7.2021	01:23:57	135	Pil	voltage	v	3.0920000076293945
13.7.2021	01:23:57	100	RSSI	rss	dbm	-105
13.7.2021	01:23:57	3	Sıcaklık	temp	c	29.479999542236328
13.7.2021	01:24:18	100	RSSI	rss	dbm	-128
13.7.2021	01:24:18	101	SNR	snr	db	-9
13.7.2021	01:24:18	135	Pil	voltage	v	3.0899999141693115
13.7.2021	01:24:18	4	Nem	rel_hum	p	54.79999923706055
13.7.2021	01:24:18	3	Sıcaklık	temp	c	29.440000534057617
13.7.2021	01:24:18	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.059999465942383
13.7.2021	01:42:48	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.8700008392334
13.7.2021	01:42:48	100	RSSI	rss	dbm	-84
13.7.2021	01:42:48	101	SNR	snr	db	10.5
13.7.2021	01:42:48	4	Nem	rel_hum	p	55.400001525878906
13.7.2021	01:42:48	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
13.7.2021	01:42:48	3	Sıcaklık	temp	c	28.59000015258789
13.7.2021	02:00:44	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	02:00:44	3	Sıcaklık	temp	c	28.34000015258789
13.7.2021	02:00:44	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.5
13.7.2021	02:00:44	100	RSSI	rss	dbm	-25
13.7.2021	02:00:44	101	SNR	snr	db	6
13.7.2021	02:00:44	4	Nem	rel_hum	p	55
13.7.2021	02:20:43	135	Pil	voltage	v	3.0940001010894775
13.7.2021	02:20:43	100	RSSI	rss	dbm	-84
13.7.2021	02:20:43	4	Nem	rel_hum	p	53.79999923706055
13.7.2021	02:20:43	3	Sıcaklık	temp	c	28.649999618530273
13.7.2021	02:20:43	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28
13.7.2021	02:20:43	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
13.7.2021	15:20:42	100	RSSI	rss	dbm	-89
13.7.2021	15:20:42	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	15:20:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.739999771118164
13.7.2021	15:20:42	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
13.7.2021	15:20:42	4	Nem	rel_hum	p	48.900001525878906
13.7.2021	15:20:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.6200008392334
13.7.2021	15:40:42	4	Nem	rel_hum	p	47.599998474121094
13.7.2021	15:40:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	15:40:42	100	RSSI	rss	dbm	-81
13.7.2021	15:40:42	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	15:40:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.719999313354492
13.7.2021	15:40:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.559999465942383
13.7.2021	16:00:42	100	RSSI	rss	dbm	-83
13.7.2021	16:00:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578
13.7.2021	16:00:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.809999465942383
13.7.2021	16:00:42	4	Nem	rel_hum	p	53.5
13.7.2021	16:00:42	101	SNR	snr	db	8.5
13.7.2021	16:00:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684

13.7.2021	16:20:42	100	RSSI	rss	dbm	-88
13.7.2021	16:20:42	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
13.7.2021	16:20:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	16:20:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.829999923706055
13.7.2021	16:20:42	4	Nem	rel_hum	p	51.70000076293945
13.7.2021	16:20:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.559999465942383
13.7.2021	16:40:42	100	RSSI	rss	dbm	-85
13.7.2021	16:40:42	4	Nem	rel_hum	p	50.900001525878906
13.7.2021	16:40:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578
13.7.2021	16:40:42	101	SNR	snr	db	6
13.7.2021	16:40:42	135	Pil	voltage	v	3.0980000495910645
13.7.2021	16:40:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.829999923706055
13.7.2021	17:00:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578
13.7.2021	17:00:42	100	RSSI	rss	dbm	-89
13.7.2021	17:00:42	101	SNR	snr	db	8
13.7.2021	17:00:42	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	17:00:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
13.7.2021	17:00:42	4	Nem	rel_hum	p	50.5
13.7.2021	17:20:42	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
13.7.2021	17:20:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	17:20:42	100	RSSI	rss	dbm	-90
13.7.2021	17:20:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.940000534057617
13.7.2021	17:20:42	4	Nem	rel_hum	p	50.599998474121094
13.7.2021	17:20:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.809999465942383
13.7.2021	17:40:42	100	RSSI	rss	dbm	-87
13.7.2021	17:40:42	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	17:40:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	17:40:42	3	Sıcaklık	temp	c	28.959999084472656
13.7.2021	17:40:42	4	Nem	rel_hum	p	50.29999923706055
13.7.2021	17:40:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578
13.7.2021	18:00:42	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	18:00:42	3	Sıcaklık	temp	c	29
13.7.2021	18:00:42	4	Nem	rel_hum	p	49.20000076293945
13.7.2021	18:00:42	100	RSSI	rss	dbm	-85
13.7.2021	18:00:42	101	SNR	snr	db	7.5
13.7.2021	18:00:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578
13.7.2021	18:20:42	3	Sıcaklık	temp	c	29.079999923706055
13.7.2021	18:20:42	100	RSSI	rss	dbm	-81
13.7.2021	18:20:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.809999465942383
13.7.2021	18:20:42	101	SNR	snr	db	7
13.7.2021	18:20:42	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	18:20:42	4	Nem	rel_hum	p	47.20000076293945
13.7.2021	18:40:42	3	Sıcaklık	temp	c	29.110000610351562
13.7.2021	18:40:42	4	Nem	rel_hum	p	46.400001525878906
13.7.2021	18:40:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	18:40:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.8700008392334
13.7.2021	18:40:42	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	18:40:42	100	RSSI	rss	dbm	-79
13.7.2021	19:00:41	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
13.7.2021	19:00:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	19:00:41	3	Sıcaklık	temp	c	29.1299991607666
13.7.2021	19:00:41	4	Nem	rel_hum	p	45.900001525878906
13.7.2021	19:00:41	100	RSSI	rss	dbm	-85
13.7.2021	19:00:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.809999465942383
13.7.2021	19:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-79
13.7.2021	19:20:41	101	SNR	snr	db	7.5
13.7.2021	19:20:41	4	Nem	rel_hum	p	47.099998474121094
13.7.2021	19:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578

13.7.2021	19:20:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	19:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	29.1200008392334
13.7.2021	19:40:42	100	RSSI	rss	dbm	-87
13.7.2021	19:40:42	101	SNR	snr	db	6.5
13.7.2021	19:40:42	4	Nem	rel_hum	p	49.099998474121094
13.7.2021	19:40:42	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	19:40:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.309999465942383
13.7.2021	19:40:42	3	Sıcaklık	temp	c	29.06999969482422
13.7.2021	20:00:42	100	RSSI	rss	dbm	-94
13.7.2021	20:00:42	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	20:00:42	101	SNR	snr	db	6
13.7.2021	20:00:42	3	Sıcaklık	temp	c	29
13.7.2021	20:00:42	4	Nem	rel_hum	p	50.29999923706055
13.7.2021	20:00:42	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.18000030517578
13.7.2021	20:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-88
13.7.2021	20:20:41	101	SNR	snr	db	9
13.7.2021	20:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.1200008392334
13.7.2021	20:20:41	4	Nem	rel_hum	p	53.5
13.7.2021	20:20:41	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
13.7.2021	20:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.940000534057617
13.7.2021	20:40:41	101	SNR	snr	db	8.5
13.7.2021	20:40:41	100	RSSI	rss	dbm	-84
13.7.2021	20:40:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	20:40:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.8700008392334
13.7.2021	20:40:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
13.7.2021	20:40:41	4	Nem	rel_hum	p	58.099998474121094
13.7.2021	21:00:41	4	Nem	rel_hum	p	59.099998474121094
13.7.2021	21:00:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.75
13.7.2021	21:00:41	100	RSSI	rss	dbm	-83
13.7.2021	21:00:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	21:00:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.799999237060547
13.7.2021	21:00:41	101	SNR	snr	db	6.800000190734863
13.7.2021	21:20:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	21:20:41	4	Nem	rel_hum	p	59.099998474121094
13.7.2021	21:20:41	101	SNR	snr	db	7
13.7.2021	21:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.75
13.7.2021	21:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-84
13.7.2021	21:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.68000030517578
13.7.2021	21:40:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	21:40:41	4	Nem	rel_hum	p	59.599998474121094
13.7.2021	21:40:41	100	RSSI	rss	dbm	-85
13.7.2021	21:40:41	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
13.7.2021	21:40:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.6599984741211
13.7.2021	21:40:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
13.7.2021	22:00:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	22:00:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.59000015258789
13.7.2021	22:00:41	4	Nem	rel_hum	p	59.099998474121094
13.7.2021	22:00:41	100	RSSI	rss	dbm	-87
13.7.2021	22:00:41	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
13.7.2021	22:00:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
13.7.2021	22:20:41	101	SNR	snr	db	6.5
13.7.2021	22:20:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	22:20:41	4	Nem	rel_hum	p	57.900001525878906
13.7.2021	22:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-83
13.7.2021	22:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.5
13.7.2021	22:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.1200008392334
13.7.2021	22:40:41	100	RSSI	rss	dbm	-85
13.7.2021	22:40:41	101	SNR	snr	db	8.199999809265137

13.7.2021	22:40:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.440000534057617
13.7.2021	22:40:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.1200008392334
13.7.2021	22:40:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
13.7.2021	22:40:41	4	Nem	rel_hum	p	57.79999923706055
13.7.2021	23:00:41	4	Nem	rel_hum	p	59.099998474121094
13.7.2021	23:00:41	100	RSSI	rss	dbm	-87
13.7.2021	23:00:41	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
13.7.2021	23:00:41	101	SNR	snr	db	8.5
13.7.2021	23:00:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.350000381469727
13.7.2021	23:00:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.809999465942383
13.7.2021	23:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
13.7.2021	23:20:41	101	SNR	snr	db	7
13.7.2021	23:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.059999465942383
13.7.2021	23:20:41	4	Nem	rel_hum	p	58.70000076293945
13.7.2021	23:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-83
13.7.2021	23:20:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
13.7.2021	23:40:41	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
13.7.2021	23:40:41	4	Nem	rel_hum	p	59.29999923706055
13.7.2021	23:40:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.809999465942383
13.7.2021	23:40:41	101	SNR	snr	db	6.5
13.7.2021	23:40:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.239999771118164
13.7.2021	23:40:41	100	RSSI	rss	dbm	-87
14.7.2021	00:00:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.809999465942383
14.7.2021	00:00:41	100	RSSI	rss	dbm	-88
14.7.2021	00:00:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.219999313354492
14.7.2021	00:00:41	101	SNR	snr	db	8.5
14.7.2021	00:00:41	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	00:00:41	4	Nem	rel_hum	p	59.900001525878906
14.7.2021	00:20:41	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
14.7.2021	00:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.239999771118164
14.7.2021	00:20:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	00:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.059999465942383
14.7.2021	00:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-85
14.7.2021	00:20:41	4	Nem	rel_hum	p	58.70000076293945
14.7.2021	00:40:41	100	RSSI	rss	dbm	-90
14.7.2021	00:40:41	4	Nem	rel_hum	p	61.20000076293945
14.7.2021	00:40:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.559999465942383
14.7.2021	00:40:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.149999618530273
14.7.2021	00:40:41	101	SNR	snr	db	8.5
14.7.2021	00:40:41	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	01:00:41	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	01:00:41	135	Pil	voltage	v	3.0999999046325684
14.7.2021	01:00:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.25
14.7.2021	01:00:41	100	RSSI	rss	dbm	-86
14.7.2021	01:00:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.010000228881836
14.7.2021	01:00:41	4	Nem	rel_hum	p	62
14.7.2021	01:20:41	100	RSSI	rss	dbm	-94
14.7.2021	01:20:41	101	SNR	snr	db	8
14.7.2021	01:20:41	3	Sıcaklık	temp	c	28.040000915527344
14.7.2021	01:20:41	4	Nem	rel_hum	p	61.099998474121094
14.7.2021	01:20:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.68000030517578
14.7.2021	01:20:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	11:40:41	100	RSSI	rss	dbm	-95
14.7.2021	11:40:41	101	SNR	snr	db	5.199999809265137
14.7.2021	11:40:41	3	Sıcaklık	temp	c	27.3799991607666
14.7.2021	11:40:41	4	Nem	rel_hum	p	38
14.7.2021	11:40:41	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	11:40:41	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	27.6200008392334

14.7.2021	12:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-93
14.7.2021	12:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.059999465942383
14.7.2021	12:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	27.530000686645508
14.7.2021	12:00:40	4	Nem	rel_hum	p	44
14.7.2021	12:00:40	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
14.7.2021	12:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	12:20:40	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	12:20:40	4	Nem	rel_hum	p	44.599998474121094
14.7.2021	12:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-100
14.7.2021	12:20:40	101	SNR	snr	db	5.5
14.7.2021	12:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
14.7.2021	12:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	27.6299991607666
14.7.2021	13:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-104
14.7.2021	13:00:40	101	SNR	snr	db	-4
14.7.2021	13:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	27.799999237060547
14.7.2021	13:00:40	4	Nem	rel_hum	p	43.20000076293945
14.7.2021	13:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.5
14.7.2021	13:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	13:20:40	101	SNR	snr	db	-6.5
14.7.2021	13:20:40	4	Nem	rel_hum	p	44
14.7.2021	13:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-114
14.7.2021	13:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	27.93000030517578
14.7.2021	13:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.559999465942383
14.7.2021	13:20:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	13:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.809999465942383
14.7.2021	13:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.040000915527344
14.7.2021	13:40:40	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	13:40:40	4	Nem	rel_hum	p	44.29999923706055
14.7.2021	13:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-100
14.7.2021	13:40:40	101	SNR	snr	db	0.800000011920929
14.7.2021	14:00:40	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	14:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.079999923706055
14.7.2021	14:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-95
14.7.2021	14:00:40	101	SNR	snr	db	6.800000190734863
14.7.2021	14:00:40	4	Nem	rel_hum	p	46.5
14.7.2021	14:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.809999465942383
14.7.2021	14:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
14.7.2021	14:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-91
14.7.2021	14:20:40	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	14:20:40	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
14.7.2021	14:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.219999313354492
14.7.2021	14:20:40	4	Nem	rel_hum	p	41.599998474121094
14.7.2021	14:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	14:40:40	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
14.7.2021	14:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.309999465942383
14.7.2021	14:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-95
14.7.2021	14:40:40	4	Nem	rel_hum	p	42.5
14.7.2021	14:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.3799991607666
14.7.2021	15:00:40	101	SNR	snr	db	3.200000047683716
14.7.2021	15:00:40	4	Nem	rel_hum	p	46.5
14.7.2021	15:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.43000030517578
14.7.2021	15:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-101
14.7.2021	15:00:40	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	15:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.459999084472656
14.7.2021	15:20:40	101	SNR	snr	db	2.200000047683716
14.7.2021	15:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.559999465942383
14.7.2021	15:20:40	4	Nem	rel_hum	p	47.29999923706055
14.7.2021	15:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-96

14.7.2021	15:20:40	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
14.7.2021	15:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.43000030517578
14.7.2021	15:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
14.7.2021	15:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-96
14.7.2021	15:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.6200008392334
14.7.2021	15:40:40	4	Nem	rel_hum	p	46
14.7.2021	15:40:40	101	SNR	snr	db	0.5
14.7.2021	15:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.639999389648438
14.7.2021	16:00:40	101	SNR	snr	db	1
14.7.2021	16:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.739999771118164
14.7.2021	16:00:40	4	Nem	rel_hum	p	49.29999923706055
14.7.2021	16:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.5
14.7.2021	16:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-100
14.7.2021	16:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
14.7.2021	16:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.84000015258789
14.7.2021	16:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-91
14.7.2021	16:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.75
14.7.2021	16:20:40	101	SNR	snr	db	4.800000190734863
14.7.2021	16:20:40	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
14.7.2021	16:20:40	4	Nem	rel_hum	p	45.5
14.7.2021	17:00:40	101	SNR	snr	db	-3.799999952316284
14.7.2021	17:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	17:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.8700008392334
14.7.2021	17:00:40	4	Nem	rel_hum	p	44.599998474121094
14.7.2021	17:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
14.7.2021	17:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-105
14.7.2021	17:20:40	4	Nem	rel_hum	p	49
14.7.2021	17:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-93
14.7.2021	17:20:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	17:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.969999313354492
14.7.2021	17:20:40	101	SNR	snr	db	5
14.7.2021	17:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.809999465942383
14.7.2021	17:40:40	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
14.7.2021	17:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.989999771118164
14.7.2021	17:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.6200008392334
14.7.2021	17:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-94
14.7.2021	17:40:40	4	Nem	rel_hum	p	44.70000076293945
14.7.2021	17:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	18:00:40	101	SNR	snr	db	3.5
14.7.2021	18:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	18:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.809999465942383
14.7.2021	18:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-95
14.7.2021	18:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	29.010000228881836
14.7.2021	18:00:40	4	Nem	rel_hum	p	47.5
14.7.2021	18:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-95
14.7.2021	18:20:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	18:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	29.059999465942383
14.7.2021	18:20:40	101	SNR	snr	db	2.200000047683716
14.7.2021	18:20:40	4	Nem	rel_hum	p	49.29999923706055
14.7.2021	18:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.68000030517578
14.7.2021	18:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.43000030517578
14.7.2021	18:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-91
14.7.2021	18:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
14.7.2021	18:40:40	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
14.7.2021	18:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.989999771118164
14.7.2021	18:40:40	4	Nem	rel_hum	p	44.900001525878906
14.7.2021	19:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-99
14.7.2021	19:00:40	101	SNR	snr	db	3.5

14.7.2021	19:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.969999313354492
14.7.2021	19:00:40	4	Nem	rel_hum	p	42.5
14.7.2021	19:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.559999465942383
14.7.2021	19:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	19:20:40	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	19:20:40	4	Nem	rel_hum	p	43.20000076293945
14.7.2021	19:20:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.43000030517578
14.7.2021	19:20:40	100	RSSI	rss	dbm	-96
14.7.2021	19:20:40	101	SNR	snr	db	8
14.7.2021	19:20:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.950000762939453
14.7.2021	19:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	19:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.18000030517578
14.7.2021	19:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-93
14.7.2021	19:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
14.7.2021	19:40:40	101	SNR	snr	db	6.199999809265137
14.7.2021	19:40:40	4	Nem	rel_hum	p	43.5
14.7.2021	20:00:40	4	Nem	rel_hum	p	38.79999923706055
14.7.2021	20:00:40	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	20:00:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29.25
14.7.2021	20:00:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.899999618530273
14.7.2021	20:00:40	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	20:00:40	100	RSSI	rss	dbm	-90
14.7.2021	20:20:39	101	SNR	snr	db	6.5
14.7.2021	20:20:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	29
14.7.2021	20:20:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.860000610351562
14.7.2021	20:20:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	20:20:39	4	Nem	rel_hum	p	39
14.7.2021	20:20:39	100	RSSI	rss	dbm	-95
14.7.2021	20:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	20:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.829999923706055
14.7.2021	20:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-91
14.7.2021	20:40:40	101	SNR	snr	db	6.5
14.7.2021	20:40:40	4	Nem	rel_hum	p	42.599998474121094
14.7.2021	20:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.809999465942383
14.7.2021	21:00:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.81999969482422
14.7.2021	21:00:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.93000030517578
14.7.2021	21:00:39	100	RSSI	rss	dbm	-90
14.7.2021	21:00:39	101	SNR	snr	db	6.5
14.7.2021	21:00:39	135	Pil	voltage	v	3.1019999980926514
14.7.2021	21:00:39	4	Nem	rel_hum	p	47.20000076293945
14.7.2021	21:20:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.780000686645508
14.7.2021	21:20:39	101	SNR	snr	db	4.199999809265137
14.7.2021	21:20:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
14.7.2021	21:20:39	4	Nem	rel_hum	p	49.29999923706055
14.7.2021	21:20:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.6200008392334
14.7.2021	21:20:39	100	RSSI	rss	dbm	-91
14.7.2021	21:40:40	4	Nem	rel_hum	p	50.5
14.7.2021	21:40:40	100	RSSI	rss	dbm	-88
14.7.2021	21:40:40	101	SNR	snr	db	7
14.7.2021	21:40:40	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	21:40:40	3	Sıcaklık	temp	c	28.719999313354492
14.7.2021	21:40:40	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.5
14.7.2021	22:00:39	101	SNR	snr	db	7.5
14.7.2021	22:00:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	22:00:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
14.7.2021	22:00:39	4	Nem	rel_hum	p	52
14.7.2021	22:00:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
14.7.2021	22:00:39	100	RSSI	rss	dbm	-87

14.7.2021	22:40:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
14.7.2021	22:40:39	100	RSSI	rssi	dbm	-90
14.7.2021	22:40:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.530000686645508
14.7.2021	22:40:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	22:40:39	101	SNR	snr	db	4.800000190734863
14.7.2021	22:40:39	4	Nem	rel_hum	p	41.599998474121094
14.7.2021	23:00:39	100	RSSI	rssi	dbm	-87
14.7.2021	23:00:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.3700008392334
14.7.2021	23:00:39	101	SNR	snr	db	7.800000190734863
14.7.2021	23:00:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.56999969482422
14.7.2021	23:00:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	23:00:39	4	Nem	rel_hum	p	39.79999923706055
14.7.2021	23:20:39	100	RSSI	rssi	dbm	-87
14.7.2021	23:20:39	135	Pil	voltage	v	3.101999980926514
14.7.2021	23:20:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.610000610351562
14.7.2021	23:20:39	4	Nem	rel_hum	p	38.20000076293945
14.7.2021	23:20:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.3700008392334
14.7.2021	23:20:39	101	SNR	snr	db	9.19999809265137
14.7.2021	23:40:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.3700008392334
14.7.2021	23:40:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
14.7.2021	23:40:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.600000381469727
14.7.2021	23:40:39	4	Nem	rel_hum	p	36.29999923706055
14.7.2021	23:40:39	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
14.7.2021	23:40:39	100	RSSI	rssi	dbm	-85
15.7.2021	00:00:39	100	RSSI	rssi	dbm	-87
15.7.2021	00:00:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.59000015258789
15.7.2021	00:00:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
15.7.2021	00:00:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.5
15.7.2021	00:00:39	101	SNR	snr	db	8.800000190734863
15.7.2021	00:00:39	4	Nem	rel_hum	p	34.599998474121094
15.7.2021	00:20:39	4	Nem	rel_hum	p	35.29999923706055
15.7.2021	00:20:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.43000030517578
15.7.2021	00:20:39	100	RSSI	rssi	dbm	-86
15.7.2021	00:20:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.59000015258789
15.7.2021	00:20:39	101	SNR	snr	db	7.19999809265137
15.7.2021	00:20:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
15.7.2021	00:40:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.559999465942383
15.7.2021	00:40:39	101	SNR	snr	db	9
15.7.2021	00:40:39	4	Nem	rel_hum	p	35.5
15.7.2021	00:40:39	100	RSSI	rssi	dbm	-87
15.7.2021	00:40:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
15.7.2021	00:40:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.309999465942383
15.7.2021	01:00:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
15.7.2021	01:00:39	100	RSSI	rssi	dbm	-85
15.7.2021	01:00:39	101	SNR	snr	db	8.199999809265137
15.7.2021	01:00:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
15.7.2021	01:00:39	4	Nem	rel_hum	p	34.599998474121094
15.7.2021	01:00:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.549999237060547
15.7.2021	01:20:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.3700008392334
15.7.2021	01:20:39	100	RSSI	rssi	dbm	-91
15.7.2021	01:20:39	101	SNR	snr	db	7.199999809265137
15.7.2021	01:20:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
15.7.2021	01:20:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.5
15.7.2021	01:20:39	4	Nem	rel_hum	p	34.099998474121094
15.7.2021	01:40:39	100	RSSI	rssi	dbm	-90
15.7.2021	01:40:39	135	Pil	voltage	v	3.1040000915527344
15.7.2021	01:40:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.18000030517578
15.7.2021	01:40:39	101	SNR	snr	db	8.800000190734863

15.7.2021	01:40:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.469999313354492
15.7.2021	01:40:39	4	Nem	rel_hum	p	34.400001525878906
15.7.2021	02:00:39	100	RSSI	rss	dbm	-88
15.7.2021	02:00:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383
15.7.2021	02:00:39	4	Nem	rel_hum	p	33.400001525878906
15.7.2021	02:00:39	101	SNR	snr	db	8.5
15.7.2021	02:00:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.40999984741211
15.7.2021	02:00:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.25
15.7.2021	02:20:39	100	RSSI	rss	dbm	-85
15.7.2021	02:20:39	101	SNR	snr	db	7
15.7.2021	02:20:39	4	Nem	rel_hum	p	34.099998474121094
15.7.2021	02:20:39	7	Dahili Sıcaklık	temp	c	28.1200008392334
15.7.2021	02:20:39	3	Sıcaklık	temp	c	28.360000610351562
15.7.2021	02:20:39	135	Pil	voltage	v	3.1059999465942383

EK-5 ANSYS G kodları

%	MILL H514)	Y247.676 A0. S763 M3	N260 Y82.559	N390 X- 85.355	N530 T484 M6
O0000(LDD S75 SABITLEY ICI-1)	(T484 24. FLAT ENDMILL H484)	N140 G43 H514 Z25.	N270 X- 85.355	N400 Y- 148.605	N540 G0 G90 G54 X95.736 Y96.716 A0. S1591 M3
(DATE=DD -MM-YY - 06-01-22 TIME=HH: MM - 22:59)	(T476 16. FLAT ENDMILL H476)	N150 Z10. N160 G1 Z0. F152.6	N280 Y49.535 N290 X85.355	N410 X85.355 N420 Y- 181.629	N550 G43 H484 Z25.
(MCX FILE - C:\USERS\I SMAIL\DE SKTOP\LD DS75 SABITLEY ICI-1.MCX- 9)	(T462 2. FLAT ENDMILL H462)	N170 X85.355 F305.2 N180 Y214.652	N300 Y16.512 N310 X- 85.355	N430 X- 85.355 N440 Y- 214.652	N560 Z10. N570 G1 Z- 2. F318.2
(NC FILE - C:\USERS\I SMAIL\DE SKTOP\LD DS75 SABITLEY ICI-1.NC)	(T160 10. DRILL H160) (T464 4. FLAT ENDMILL H464)	N190 X- 85.355 N200 Y181.629 N210 X85.355	N320 Y- 16.512 N330 X85.355 N340 Y- 49.535	N450 X85.355 N460 Y- 247.676 N470 X- 110.355	N580 X71.736 F636.4 N590 G3 X47.736 Y72.716 I0. J-24.
(MATERIA L - ALUMINU M MM - 2024)	N100 G21 N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90 N120 T514 M6 N130 G0 G90 G54 X- 110.355	N220 Y148.605 N230 X- 85.355 N240 Y115.582 N250 X85.355	N350 X- 85.355 N360 Y- 82.559 N370 X85.355 N380 Y- 115.582	N480 G0 Z25. N490 M5 N500 G91 G28 Z0. N510 A0. N520 M01	N600 G1 Y- 40.67 N610 X75.199 Y- 68.12 N620 G2 X83.258 Y- 87.57 I- 19.441 J- 19.45

N630 G1 Y- 248.245	N800 G1 X50.275	N990 G1 Y- 78.331	N1160 G1 X42.736	N1350 G2 X-67.696 Y197.34 I0. J17.5	N1520 Z10.
N640 G2 X55.758 Y- 275.745 I- 27.5 J0.	N810 G2 X77.775 Y217.74 I0. J-27.5	N1000 X- 42.79 Y- 43.002	N1170 Y72.716	N1360 G1 Y217.633	N1530 G1 Z-2. F318.2
N650 G1 X- 55.469	N820 G1 Y197.498	N1010 Y174.84	N1180 G0 Z23.	N1370 G2 X-50.196 Y235.133 I17.5 J0.	N1540 X56.736 F636.4
N660 G2 X- 82.969 Y- 248.245 I0. J27.5	N830 G2 X50.275 Y169.998 I- 27.5 J0.	N1020 X- 50.196	N1190 X85.736 Y96.716	N1380 G1 X-37.407	N1550 G3 X32.736 Y72.716 I0. J-24.
N670 G1 Y- 76.266	N840 G1 X47.736	N1030 G2 X-72.696 Y197.34 I0. J22.5	N1200 Z10.	N1390 G2 X-22.344 Y250.013 I17.324 J- 2.473	N1560 G1 Y-46.885
N680 X- 47.79 Y- 40.937	N850 Y72.716	N1040 G1 Y217.633	N1220 X61.736 F636.4	N1400 X- 5.001 Y265.177 I17.343 J- 2.336	N1570 X64.595 Y- 78.729
N690 Y169.84	N860 G0 Z23.	N1050 G2 X-50.196 Y240.133 I22.5 J0.	N1230 G3 X37.736 Y72.716 I0. J-24.	N1410 G1 X4.974	N1580 G2 X68.258 Y- 87.57 I- 8.837 J- 8.841
N700 X- 50.196	N870 X90.736 Y96.716	N1060 G1 X-41.305	N1240 G1 Y-44.814	N1420 G2 X22.333 Y249.888 I0. J-17.5	N1590 G1 Y-248.245
N710 G2 X- 77.696 Y197.34 I0. J27.5	N880 Z10.	N1070 G2 X-26.529 Y254.217 I21.222 J- 7.473	N1250 X68.13 Y- 75.193	N1430 X37.434 Y235.24 I- 2.187 J- 17.363	N1600 G2 X55.758 Y- 260.745 I- 12.5 J0.
N720 G1 Y217.633	N900 X66.736 F636.4	N1080 X- 5.001 Y270.177 I21.528 J- 6.54	N1260 G2 X73.258 Y- 87.57 I- 12.372 J- 12.377	N1440 G1 X50.275	N1610 G1 X-55.469
N730 G2 X- 50.196 Y245.133 I27.5 J0.	N910 G3 X42.736 Y72.716 I0. J-24.	N1090 G1 X4.974	N1270 G1 Y-248.245	N1450 G2 X67.775 Y217.74 I0. J-17.5	N1620 G2 X-67.969 Y- 248.245 I0. J12.5
N740 G1 X- 44.591	N920 G1 Y- 42.742	N1100 G2 X26.538 Y254.098 I0. J-22.5	N1280 G2 X55.758 Y- 265.745 I- 17.5 J0.	N1460 G1 Y197.498	N1630 G1 Y-82.461
N750 G2 X- 30.433 Y258.138 I24.508 J- 12.473	N930 X71.664 Y- 71.656	N1110 X41.281 Y240.24 I- 6.392 J- 21.573	N1290 G1 X-55.469	N1470 G2 X50.275 Y179.998 I- 17.5 J0.	N1640 X- 32.79 Y- 47.132
N760 X- 5.001 Y275.177 I25.432 J- 10.461	N940 G2 X78.258 Y- 87.57 I- 15.906 J- 15.914	N1120 G1 X50.275	N1300 G2 X-72.969 Y- 248.245 I0. J17.5	N1480 G1 X37.736	N1650 Y184.84
N770 G1 X4.974	N950 G1 Y- 248.245	N1130 G2 X72.775 Y217.74 I0. J-22.5	N1310 G1 Y-80.396	N1490 Y72.716	N1660 X- 50.196
N780 G2 X30.455 Y258.019 I0. J-27.5	N960 G2 X55.758 Y- 270.745 I- 22.5 J0.	N1140 G1 Y197.498	N1320 X- 37.79 Y- 45.067	N1500 G0 Z23.	N1670 G2 X-62.696 Y197.34 I0. J12.5
N790 X44.529 Y245.24 I- 10.309 J- 25.494	N970 G1 X- 55.469	N1150 G2 X50.275 Y174.998 I- 22.5 J0.	N1330 Y179.84	N1510 X80.736 Y96.716	N1680 G1 Y217.633
	N980 G2 X- 77.969 Y- 248.245 I0. J22.5		N1340 X- 50.196		N1690 G2 X-50.196 Y230.133 I12.5 J0.
					N1700 G1 X-32.583

N1710 Y232.66	N1890 G1 Z-4. F318.2	N2070 G2 X-30.433 Y258.138 I24.508 J- 12.473	N2250 X71.664 Y- 71.656	N2420 G2 X26.538 Y254.098 I0. J-22.5	N5400 Z- 14. F119.3
N1720 G2 X-20.584 Y245.15 I12.5 J0.	N1900 X71.736 F636.4	N2080 X- 5.001 Y275.177 I25.432 J- 10.461	N2260 G2 X78.258 Y- 87.57 I- 15.906 J- 15.914	N2430 X41.281 Y240.24 I- 6.392 J- 21.573	N5410 X14.581 F238.7
N1730 G3 X-17.488 Y248.232 I- .129 J3.225	N1910 G3 X47.736 Y72.716 I0. J-24.	N2090 G1 X4.974	N2270 G1 Y-248.245	N2440 G1 X50.275	N5420 X14.493 Y- 226.644
N1740 G2 X-5.001 Y260.177 I12.487 J- .555	N1920 G1 Y-40.67	N2100 G2 X30.455 Y258.019 I0. J-27.5	N2280 G2 X55.758 Y- 270.745 I- 22.5 J0.	N2450 G2 X72.775 Y217.74 I0. J-22.5	N5430 G3 X13.628 Y- 227.678 I.186 J- 1.034
N1750 G1 X4.974	N1930 X75.199 Y- 68.12	N2110 X44.529 Y245.24 I- 10.309 J- 25.494	N2290 G1 X-55.469	N2460 G1 Y197.498	N5440 X14.301 Y- 228.658 I1.051 J0.
N1760 G2 X17.462 Y248.209 I0. J-12.5	N1940 G2 X83.258 Y- 87.57 I- 19.441 J- 19.45	N2120 G1 X50.275	N2300 G2 X-77.969 Y- 248.245 I0. J22.5	N2470 G2 X50.275 Y174.998 I- 22.5 J0.	N5450 G1 X14.475 Y- 228.725
N1770 G3 X20.661 Y245.014 I3.337 J.142	N1950 G1 Y-248.245	N2130 G2 X77.775 Y217.74 I0. J-27.5	N2310 G1 Y-78.331	N2480 G1 X42.736	N5460 X19.974
N1780 G2 X32.646 Y232.525 I- .515 J- 12.489	N1960 G2 X55.758 Y- 275.745 I- 27.5 J0.	N2140 G1 Y197.498	N2320 X- 42.79 Y- 43.002	N2490 Y72.716	N5470 X20.23 Y- 228.55
N1790 G1 Y230.24	N1970 G1 X-55.469	N2150 G2 X50.275 Y169.998 I- 27.5 J0.	N2330 Y174.84	N2500 G0 Z21.	N5480 G3 X20.693 Y- 227.671 I- .603 J.879
N1800 X50.275	N1980 G2 X-82.969 Y- 248.245 I0. J27.5	N2160 G1 X47.736	N2340 X- 50.196	N2510 X85.736 Y96.716	N5490 X20.431 Y- 226.972 I- 1.066 J0.
N1810 G2 X62.775 Y217.74 I0. J-12.5	N1990 G1 Y-76.266	N2170 Y72.716	N2350 G2 X-72.696 Y197.34 I0. J22.5	N2520 Z10.	N5500 X19.677 Y- 226.628 I- .754 J-.656
N1820 G1 Y197.498	N2000 X- 47.79 Y- 40.937	N2180 G0 Z21.	N2360 G1 Y217.633	N2530 G1 Z-4. F318.2	N5510 G1 X17.129
N1830 G2 X50.275 Y184.998 I- 12.5 J0.	N2010 Y169.84	N2190 X90.736 Y96.716	N2370 G2 X-50.196 Y240.133 I22.5 J0.	N2540 X61.736 F636.4	N5520 Z- 16. F119.3
N1840 G1 X32.736	N2020 X- 50.196	N2200 Z10.	N2380 G1 X-41.305	N2550 G3 X37.736 Y72.716 I0. J-24.	N5530 X14.581 F238.7
N1850 Y72.716	N2030 G2 X-77.696 Y197.34 I0. J27.5	N2210 G1 Z-4. F318.2	N2390 G2 X-26.529 Y254.217 I21.222 J- 7.473	N2560 G1 Y-44.814	N5540 X14.493 Y- 226.644
N1860 G0 Z23.	N2040 G1 Y217.633	N2220 X66.736 F636.4	N2400 X- 5.001 Y270.177 I21.528 J- 6.54	N5370 X20.431 Y- 226.972 I- 1.066 J0.	N5550 G3 X13.628 Y- 227.678 I.186 J- 1.034
N1870 X95.736 Y96.716	N2050 G2 X-50.196 Y245.133 I27.5 J0.	N2230 G3 X42.736 Y72.716 I0. J-24.	N2410 G1 X4.974	N5390 G1 X17.129	N5560 X14.301 Y-
N1880 Z10.	N2060 G1 X-44.591	N2240 G1 Y-42.742			

228.658 I1.051 J0.	N5620 X19.677 Y- 226.628 I- .754 J-.656	N5680 X14.301 Y- 228.658 I1.051 J0.	N5740 X19.677 Y- 226.628 I- .754 J-.656	N5800 X14.301 Y- 228.658 I1.051 J0.	N5860 X19.677 Y- 226.628 I- .754 J-.656
N5570 G1 X14.475 Y- 228.725	N5630 G1 X17.129	N5690 G1 X14.475 Y- 228.725	N5750 G1 X17.129	N5810 G1 X14.475 Y- 228.725	N5870 G1 X17.129
N5580 X19.974	N5640 Z- 18. F119.3	N5700 X19.974	N5760 Z- 20. F119.3	N5820 X19.974	N5880 G0 Z25.
N5590 X20.23 Y- 228.55	N5650 X14.581 F238.7	N5710 X20.23 Y- 228.55	N5770 X14.581 F238.7	N5830 X20.23 Y- 228.55	N5890 M5
N5600 G3 X20.693 Y- 227.671 I- .603 J.879	N5660 X14.493 Y- 226.644	N5720 G3 X20.693 Y- 227.671 I- .603 J.879	N5780 X14.493 Y- 226.644	N5840 G3 X20.693 Y- 227.671 I- .603 J.879	N5910 G28 X0. Y0. A0.
N5610 X20.431 Y- 226.972 I- 1.066 J0.	N5670 G3 X13.628 Y- 227.678 I.186 J- 1.034	N5730 X20.431 Y- 226.972 I- 1.066 J0.	N5790 G3 X13.628 Y- 227.678 I.186 J- 1.034	N5850 X20.431 Y- 226.972 I- 1.066 J0.	N5920 M30

8. ÖZGEÇMİŞ

