

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI**



**ENDÜSTRİYEL TABANLI SİSTEM İÇİN BULUT BİLİŞİM  
TABANLI NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BATIN DEMİRCAN**

**BALIKESİR, NİSAN - 2019**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM**  
**DALI**



**ENDÜSTRİYEL TABANLI SİSTEM İÇİN BULUT BİLİŞİM**  
**TABANLI NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMASI**

**YÜKSEK LISANS TEZİ**

**BATIN DEMİRCAN**

**Jüri Üyeleri : Dr.Öğr.Üyesi Ersin AKYÜZ (Tez Danışmanı)**

**Dr.Öğr.Üyesi Halil Murat ÜNVER**

**Dr.Öğr.Üyesi Sabri BIÇAKCI**

**BALIKESİR, NİSAN - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Batın DEMİRCAN tarafından hazırlanan "ENDÜSTRİYEL TABANLI SİSTEM İÇİN BULUT BİLİŞİM TABANLI NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMASI" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05.04.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr.Öğr.Üyesi Ersin AKYÜZ



Üye  
Dr.Öğr.Üyesi Halil Murat ÜNVER



Üye  
Dr.Öğr.Üyesi Sabri BIÇAKCI



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**ENDÜSTRİYEL TABANLI SİSTEM İÇİN BULUT BİLİŞİM TABANLI  
NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BATIN DEMİRCAN  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DR.ÖĞR.ÜYESİ ERSİN AKYÜZ)  
BALIKESİR, NİSAN - 2019**

Nesnelerin internet kavramı, Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte önem kazanan ve ülkemizde bu alandaki çalışmaların çok yeni olduğu bir konudur. Yapılan araştırmalar da 2020 yılına kadar Dünya nüfusunun 2 katı kadar cihazın internete bağlanarak etkileşime gireceği öngörülmektedir. İnternet etkileşimli olarak çalışan bulut bilişim sistemleri ise sürekli olarak gelişim göstermektedir. Endüstri 4.0 uygulama katmanlarından olan bu iki sistemi içeren endüstriyel bir uygulamanın geliştirilmesi üretici firma açısından zaman-maliyet ve son kullanıcı açısından ise işlevsellik-performans açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada endüstriyel bir sistemin benzetimi olarak örnek alınan dizel jeneratör, projenin gerçekleştirileceği sistem olarak kullanılacaktır. Jeneratörün çalışması esnasında sisteme ait bilgilerin eş zamanlı biçimde hem yerel hem de bölgesel noktadan izlenmesi ve kontrolü yapılacaktır. Bununla birlikte aynı bilgilerin jeneratörün performans değerlendirilmesinde kullanılmak üzere bulut sisteminde kayıt altına alınması ve bulut sistemi üzerinden uzak bir noktada gerçek zamanlı görüntülenmesi de yapılacaktır.

Jeneratör sisteminde ölçümlenerek izlenmesi gereken kriterler hem güvenlik hem de kullanım açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda jeneratör için gerilim, akım, frekans, alternatör sıcaklığı vb. dizel motor için ise yağ/su basıncı, yağ/su sıcaklığı, yakıt seviyesi vb. büyüklüklerin ölçülmesi gerekmektedir. PLC aracılığıyla ihtiyaç duyulan ölçümler alınarak HMI ekranda görüntülenecektir.

PLC den alınan bilgiler, Windows platformunda Labview ve Node-RED yazılımları kullanılarak işlenecektir. Bilgiler aynı zamanda bulut sisteminde bulunan veritabanına kaydedilecektir. Bulut sistemine gelen bilgilerin herhangi bir yerde bulunan internet bağlantısı kullanarak, bilgisayar vb. donanımlar gözetmeden izlenebilmesi için Microsoft PowerBI platformu ve Labview yazılımında geliştirilen arayüz kullanılacaktır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Endüstri 4.0, nesnelerin interneti, bulut bilişim, endüstriyel sistem.

## **ABSTRACT**

### **CLOUD COMPUTING BASED INTERNET OF THINGS APPLICATION FOR INDUSTRIAL BASED SYSTEM**

**MSC THESIS**

**BATIN DEMİRCAN**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST.PROF.DR. ERSİN AKYÜZ )**

**BALIKESİR, APRIL 2019**

The concept of “Internet of things” together with the gained importance of the Industrial 4.0 revolution, this research area became a very new topic in our country. Regarding the researches it is predicted that a double of the world population will be connected to an internet device by 2020. The cloud it systems working in interaction with the web is continuously in evolution. Developing an industrial application which includes these two systems being part of industry 4.0 application is clearly important with regard to time-cost by the eye of producer companies. And also it is important with regard to functionality-performance by the eye of the end user.

In this study, the diesel generator which is taken as an example of an industrial system is used as a system to realize the project. Simultaneous information of the system from both local and regional points with monitoring and control during operation of the generator will be made to register the same information in the cloud system for use in performance evaluation of the generator and to be displayed in a remote location via the cloud system.

The required criteria of generator systems monitored by measurement has a great importance both in terms of safety and usage. In this context, voltage, current, frequency, alternator temperature etc... for the generator, and oil/water pressure, oil/water temperature, fuel level etc... in case of diesel engine, dimensions must be defined. By taking the necessary measurements through the PLC which will be displayed on the HMI screen.

Information taken from PLC will be processed using Labview and Node-RED software. At the same time information will also be stored in the database on the cloud system. The information coming to the cloud system by using internet connection from the remote point in any place will be used for monitoring without any hardware on the Microsoft PowerBI platform and Labview.

**KEYWORDS:** Industry 4.0, internet of things, cloud system, industrial system.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Nesnelerin İnterneti (Internet of Things).....	2
1.2 Bulut Bilişim (Cloud Computing).....	2
1.3 Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing).....	3
1.4 Siber Güvenlik (Cyber Security).....	4
1.5 Otonom Robotlar (Autonomous Robots) .....	4
1.6 Sistem Entegrasyonu (System Integration) .....	6
1.7 Simülasyon (Simulation).....	6
1.8 Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality).....	7
1.9 Tezin Özgün Değeri ve Amacı .....	8
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>10</b>
2.1 Nesnelerin İnterneti Alanında Yapılan Çalışmalar.....	10
2.1.1 Ev Otomasyonu Sistemleri Alanında Yapılan Çalışmalar.....	11
2.1.2 Akıllı Çevre ve Şehircilik İçin Yapılan Çalışmalar .....	11
2.1.3 Yazılım ve Donanım Geliştirme Üzerine Gerçekleştirilen IoT Çalışmaları .....	12
2.1.4 E-Sağlık Alanında Gerçekleştirilen Çalışmalar .....	15
2.1.5 Enerji Alanında Yapılan Çalışmalar .....	17
<b>3. MATERYAL YÖNTEM</b> .....	<b>19</b>
3.1 IoT Tabanlı Olarak Gerçekleştirilen Uygulama .....	19
3.2 IIoT Tabanlı Olarak Gerçekleştirilen Uygulama.....	20
3.3 Donanım Seçimleri.....	21
3.3.1 Jeneratör Sistemleri.....	21
3.3.1.1 Alternatör, Tahrik Motoru ve Şasi .....	22
3.3.1.2 Kontrol Paneli ve Voltaj Regülatörü.....	24
3.3.2 Programlanabilir Lojik Denetleyici ve Bileşenler .....	25
3.3.3 Sensörler .....	27
3.3.4 HMI Ekran .....	30
3.3.5 Raspberry Pi3.....	31
3.3.6 Ethernet Switch.....	32
3.4 Yazılım Seçimleri.....	32
3.4.1 Node-RED Yazılımının Kullanımı .....	32
3.4.1.1 Veri Yapısı .....	33
3.4.1.2 Yazılım Modülleri.....	34
3.4.1.3 Veri Görüntüleme ve Gönderme.....	35
3.4.2 Labview Yazılımının Kullanımı .....	39
3.4.2.1 Yazılım Modülleri.....	40
3.4.2.2 Veri Görüntüleme ve Gönderme.....	40
3.4.3 Microsoft Azure Bulut Bilişim Platformu Ve Hizmetler.....	47

3.4.4	Microsoft PowerBI Kullanımı .....	49
3.5	Donanım ve Yazılım Entegrasyonu .....	50
3.5.1	Ölçümlerin PLC ile Alınması ve Görüntülenmesi.....	50
3.5.2	Jeneratör Arızaları İçin PLC Alarm Durumları .....	52
<b>4.</b>	<b>NESNELERİN İNTERNETİ VE BULUT BİLİŞİM .....</b>	<b>56</b>
4.1	Uygulama Yapısı .....	57
4.2	Sektörel Uygulama Örnekleri.....	59
4.3	Bulut Sınıfları .....	64
4.3.1	Genel Bulut Sistemi .....	64
4.3.2	Özel Bulut Sistemi .....	64
4.3.3	Karma Bulut Sistemi.....	64
4.4	Bulut Mimarisi .....	65
4.4.1	Bulut Bilişim Depolama Hizmetleri .....	65
4.4.2	Bulut Hizmet Modelleri .....	67
4.4.2.1	Servis Olarak Altyapı ( Infrastructure as a Service, IaaS).....	67
4.4.2.2	Servis Olarak Yazılım (Software as a Service, SaaS) .....	68
4.4.2.3	Servis Olarak Platform (Platform as a Service, PaaS).....	68
4.4.3	Bulut Hizmetleri .....	68
4.4.3.1	Microsoft Azure Bulut Hizmetleri .....	69
4.4.3.2	Amazon Web Services .....	70
4.4.3.3	Ibm Bluemix .....	70
4.4.3.4	Google Cloud Platform .....	70
4.4.4	Bulut Hizmetleri Karşılaştırmaları.....	71
4.4.5	Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişim Uygulama Katmanında Kullanılan Haberleşme Protokolleri .....	72
4.4.5.1	MQTT Protokolü.....	72
4.4.5.2	AMQP Protokolü .....	73
4.4.5.3	CoAP Protokolü .....	74
4.5	Endüstriyel Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişim .....	75
4.5.1	Birinci Nesil SCADA Sistemleri .....	77
4.5.2	İkinci Nesil SCADA Sistemleri .....	77
4.5.3	Üçüncü Nesil SCADA Sistemleri.....	78
4.5.4	Dördüncü Nesil SCADA Sistemleri .....	79
4.5.5	OPC Standartı .....	79
4.5.6	OPC UA Standartı .....	80
<b>5.</b>	<b>BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>82</b>
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>99</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>102</b>
<b>8.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>117</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Endüstri 4.0 uygulama katmanları.....	1
Şekil 1.2: Ford Company firmasında imal edilen motor bloğu. ....	3
Şekil 1.3: ABB Collaborative robotu yumi. ....	5
Şekil 1.4: Cat 795F-AC Haul Track simülâtör ve simülasyon görüntüsü. ....	7
Şekil 1.5: Thingworx Studio yazılımı ile artırılmış gerçeklik uygulaması.....	8
Şekil 3.1: IoT tabanlı uygulama sisteminin genel şeması.....	19
Şekil 3.2: Labview yazılımı, OPC destekli IIoT uygulama şeması. ....	21
Şekil 3.3: İçten yanmalı motor ile tahriklenen AC jeneratör.....	22
Şekil 3.4: Örnek senkron alternatör. ....	23
Şekil 3.5: Senkron alternatör iç yapısı. ....	23
Şekil 3.6: Örnek içten yanmalı motor.....	23
Şekil 3.7: Farklı özelliklere sahip jeneratörler ve şasileri.....	24
Şekil 3.8: Jeneratör kontrol paneli örneği.....	24
Şekil 3.9: Otomatik voltaj regülatör kartı. ....	25
Şekil 3.10: Dizel Jeneratör sistemi. ....	25
Şekil 3.11: Programlanabilir lojik denetleyici. ....	26
Şekil 3.12: Analog veri ölçümleme modülü. ....	26
Şekil 3.13: Termokupl modül. ....	27
Şekil 3.14: Modbus haberleşme destekli multimetre.....	28
Şekil 3.15: Akım trafosu.....	28
Şekil 3.16: Termokupl sensör. ....	29
Şekil 3.17: Basınç ve hararet müşürleri.....	29
Şekil 3.18: HMI dokunmatik ekran. ....	30
Şekil 3.19: Güç kaynağı.....	31
Şekil 3.20: Raspberry Pi3. ....	31
Şekil 3.21: Ethernet switch. ....	32
Şekil 3.22: Node-RED yazılımı çalışma alanı. ....	33
Şekil 3.23: JSON veri yapısı.....	34
Şekil 3.24: Node-RED yazılım modülleri. ....	35
Şekil 3.25: Bulut bilişim platformuna veri gönderme düğümü. ....	35
Şekil 3.26: Delta 12SE PLC modbus adresleri. ....	36
Şekil 3.27: Node-RED yazılımı modbus düğümü kullanımı.....	36
Şekil 3.28: Node-RED yazılımı dashboard düğümü .....	37
Şekil 3.29: Node-RED yazılımında kullanılan azure düğümü. ....	37
Şekil 3.30: Veri gönderimi için oluşturulan JSON kodları. ....	38
Şekil 3.31: IoT tabanlı çalışma için oluşturulan Node-RED düğümleri.....	39
Şekil 3.32: Delta 12SE PLC için yapılan tanımlamalar.....	41
Şekil 3.33: Delta 12SE PLC üzerinden verilerin okunması.....	41
Şekil 3.34: Labview yazılımı ve OPC yapılandırması.....	42
Şekil 3.35: Labview yazılımı Azure queue oluşturma.....	42
Şekil 3.36: Labview yazılımı queue alanı için mesaj oluşturma. ....	43
Şekil 3.37: Labview, queue alanlarının listelenmesi. ....	43
Şekil 3.38: Labview, queue alanında bulunan mesajların listelenmesi. ....	43
Şekil 3.39: Labview, simülasyon verilerinin alımı ve gönderimi.....	45
Şekil 3.40: Labview, verilerin azure queue alanından karşıya yüklenmesi.....	46



Şekil 3.41: Bulut sistemi paylaşım anahtarı. ....	47
Şekil 3.42: IoT tabanında bulut hizmetleri için oluşturulan yapı. ....	48
Şekil 3.43: Azure bulut bilişim sistemi stream analytics yapısı. ....	49
Şekil 3.44: IIoT tabanında bulut hizmetlerinin kullanım yapısı. ....	49
Şekil 3.45: Multimetre ve akım trafosu. ....	50
Şekil 3.46: Analog modül için yazılan PLC programı. ....	51
Şekil 3.47: Sıcaklık modülü için yazılan PLC programı. ....	52
Şekil 3.48: Üretici firma modül arıza bilgileri.....	53
Şekil 3.49: Arızalar ve alarm durumları için yazılan program. ....	53
Şekil 3.50: HMI dokunmatik ekran arıza yapılandırılmaları. ....	54
Şekil 3.51: Elektrik panosu ve malzeme yerleşimi.....	55
Şekil 4.1: 2015- 2025 Yılları arası internete bağlantılı cihaz sayısı grafiği. ....	56
Şekil 4.2: IoT eko sisteminin sektörel kullanımı. ....	57
Şekil 4.3: IoT örnek uygulama yapısı.....	57
Şekil 4.4: IoT genel uygulama yapısı .....	58
Şekil 4.5: IoT uygulamalarında kullanılan haberleşme sistemleri.....	59
Şekil 4.6: IoT uygulamaları sektörel dağılımı. ....	60
Şekil 4.7: Örnek IoT sistemi uygulama şeması. ....	60
Şekil 4.8: ABB firması IoT uygulama örneği.....	61
Şekil 4.9: Hastane ve IoT uygulama örneği.....	62
Şekil 4.10: Yenilenebilir enerji ve IoT uygulama örneği. ....	62
Şekil 4.11: Bulut bilişim genel mimari şeması. ....	65
Şekil 4.12: Hizmet servisleri ve kullanım alanları.....	67
Şekil 4.13: Son kullanıcı örnekli hizmet servisleri. ....	67
Şekil 4.14: Sistem için oluşturulan MQTT haberleşme yapısı. ....	73
Şekil 4.15: CoAP ve MQTT protokolleri internet erişim yapısı. ....	75
Şekil 4.16: Üretim sektörü geleneksel SCADA yapısı.....	76
Şekil 4.17: Üretim sektörü IIoT tabanlı SCADA yapısı.....	76
Şekil 4.18: 1.Nesil lokal SCADA yapısı. ....	77
Şekil 4.19: 2.Nesil dağıtılmış SCADA yapısı. ....	78
Şekil 4.20: 3.Nesil ağ bağlantılı SCADA yapısı.....	78
Şekil 4.21: 4.Nesil bulut bilişim tabanlı SCADA yapısı. ....	79
Şekil 4.22: OPC'den önce donanım-uygulama yapısı. ....	80
Şekil 4.23: OPC'den sonra donanım-uygulama yapısı.....	80
Şekil 5.1: HMI dokunmatik ekran simülasyon program görüntüsü. ....	83
Şekil 5.2: Jeneratör sistemine entegre edilen HMI ekranın görüntüsü. ....	83
Şekil 5.3: Node-RED yazılımından erişilen görsel arayüzün görüntülenmesi. ....	84
Şekil 5.4: Azure stream analytics hizmeti ile sınıflandırılan veriler. ....	86
Şekil 5.5: PowerBI platformu web arayüzü.....	88
Şekil 5.6: PowerBI platformu akıllı telefonlar için oluşturulan arayüz.....	89
Şekil 5.7: IoT tabanlı gerçekleştirilen jeneratör kontrol ve izleme yapısı .....	90
Şekil 5.8: HMI ekran simülasyon görüntüsü. ....	91
Şekil 5.9: PLC'den ölçümlerin alınması ve görüntülenmesi yapısı. ....	91
Şekil 5.10: Labview yazılımı ile oluşturulan ölçüm ve görüntüleme ekranı. ....	92
Şekil 5.11: OPC destekli IIoT uygulaması. ....	93
Şekil 5.12: Labview yazılımında kullanıcı için oluşturulan arayüz. ....	94
Şekil 5.13: Azure platformundaki queue alanlarının ve mesaj bilgilerinin görüntülenmesi. ....	95
Şekil 5.14: Jeneratör için akım ve motor sıcaklığı grafiği.....	96
Şekil 5.15: Jeneratör için akım ve motor yağ basıncı grafiği .....	96

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Ülkelere göre IoT alanında yazılan makaleler.....	10
<b>Tablo 3.1:</b> Delta 12SE serisi PLC özellikleri.....	26
<b>Tablo 4.1:</b> IoT uygulama örnekleri.....	59
<b>Tablo 4.2:</b> İnternet bağlantısı ile depolama hizmeti sunan bazı firmalar.....	66
<b>Tablo 4.3:</b> Dünya genelinde sıkça kullanılan bulut platformları.....	69
<b>Tablo 4.4:</b> Bulut platformları ve sunulan hizmetler.....	71
<b>Tablo 4.5:</b> İnternet protokolleri ve internet katmanları.....	72
<b>Tablo 4.6:</b> AMQP ve MQTT protokolleri karşılaştırmaları.....	74
<b>Tablo 4.7:</b> CoAP ve MQTT protokolleri karşılaştırmaları.....	74
<b>Tablo 5.1:</b> Geleneksel kontrol sistemi ve IoT tabanlı kontrol sistemi.....	97

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>IOT</b>	: Nesnelerin İnterneti
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
<b>IEC</b>	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
<b>OPC</b>	: Proses Kontrol Standardı
<b>GATEWAY</b>	: Ağ Geçidi
<b>GPRS</b>	: Genel Paketli Radyo Servisi
<b>3G</b>	: 3.Nesil Mobil Şebeke Haberleşme Standardı
<b>WIFI</b>	: Kablosuz Bağlantı Alanı
<b>HTTP</b>	: Hiper Metin Transfer Protokolü
<b>COAP</b>	: Kısıtlı Uygulama Protokolü
<b>HTTPS</b>	: Güvenli Hiper Metin Transfer Protokolü
<b>M2M</b>	: Makineler Arası İletişim
<b>IIOT</b>	: Endüstriyel Nesnelerin İnterneti
<b>BIGDATA</b>	: Büyük Veri
<b>PLC</b>	: Programlanabilir Lojik Denetleyici
<b>HMI</b>	: İnsan Makine Arayüzü
<b>API</b>	: Uygulama Programlama Arayüzü
<b>GPS</b>	: Global Konumlandırma Sistemi
<b>GSM</b>	: Mobil Haberleşme İçin Bütünsel Sistem
<b>BROKER</b>	: Mesaj İleticisi
<b>AC</b>	: Alternatif Akım
<b>DC</b>	: Doğru Akım
<b>HZ</b>	: Frekans Birimi
<b>GHZ</b>	: Frekans Birimi
<b>CPU</b>	: Merkezi İşlem Birimi
<b>RAM</b>	: Rastgele Erişebilir Bellek
<b>HDMI</b>	: Multimedya Arabirimi
<b>DCS</b>	: Dağıtılmış Kontrol Sistemi
<b>APP</b>	: Uygulama
<b>DEVICE</b>	: Cihaz
<b>CONNECTION</b>	: Bağlantı
<b>SMART</b>	: Akıllı Cihaz
<b>FOUNDATION</b>	: Kuruluş
<b>SQL</b>	: Yapılandırılmış Sorgu Dili
<b>SDK</b>	: Yazılım Geliştirme Kiti
<b>SSL</b>	: Güvenli Giriş Katmanı Protokolü
<b>TLS</b>	: Güvenli Katman Protokolü
<b>LDAP</b>	: Hafifletilmiş Dizin Erişim Protokolü
<b>STOMP</b>	: Metin Odaklı Mesajlaşma Protokolü
<b>REST</b>	: İstemci- Sunucu Arası Veri Taşıma Yöntemi
<b>RFID</b>	: Radyo Frekanslı Tanımlama
<b>EKG</b>	: Elektrokardiyografi
<b>MBPS</b>	: 1 Saniyedeki Veri Aktarım Hızı
<b>CLOUD</b>	: Bulut
<b>LINUX</b>	: Serbestçe Dağıtılabilen İşletim Sistemi
<b>WINDOWS</b>	: Microsoft İşletim Sistemi
<b>MACHINE LEARNING</b>	: Makine Öğrenimi

<b>MQTT</b>	: Telemetri Tabanlı Mesajlaşma Protokolü
<b>TCP</b>	: Geçiş Kontrol Protokolü
<b>UDP</b>	: Kullanıcı Veri Bilimi Protokolü
<b>IP</b>	: Sunucu/İstemci Adresi
<b>AMQP</b>	: İleri Mesaj Dizisi Protokolü
<b>TLS</b>	: Taşıma Katmanı Güvenliği
<b>SASL</b>	: Kimlik Doğrulama Ve Güvenlik Katmanı
<b>IETF</b>	: İnternet Mühendisliği Görev Grubu
<b>BYTE</b>	: 8 Bitlik Veri Boyutu
<b>SENKRON</b>	: Eşzamanlı
<b>ASENKRON</b>	: Eşzamansız
<b>IPV4</b>	: 4.Versiyon İnternet Protokolü
<b>IPV6</b>	: 6.Versiyon İnternet Protokolü
<b>RTU</b>	: Uzak Terminal Ünitesi
<b>WAN</b>	: Geniş Alan Ağı
<b>LAN</b>	: Yerel Ağ Bağlantısı
<b>SCADA</b>	: Merkezi Kontrol- Veri Toplama Sistemi
<b>MTU</b>	: Ana Kontrol Merkezi
<b>RESTFUL</b>	: İstemci - Sunucu Arası Veri Taşıma Yöntemi
<b>PID</b>	: Oransal-İntegral-Türevsel Kontrol
<b>HİPERPREKSI</b>	: Vücut Isısının Aşırı Yükselmesi Durumu
<b>OPCUA</b>	: Geliştirilmiş Proses Kontrol Standardı
<b>CLOUD DRIVE</b>	: Kullanıcı İçin Bulut Depolama Hizmeti
<b>SERVER</b>	: Bilgisayar Veri Sunucusu
<b>WEBSOCKETS</b>	: Bilgisayar İletişim Protokolü
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>BACK END SOLUTION</b>	: Kullanıcı Erişimine Açık Olmayan Çözümler
<b>LP-WAN</b>	: Düşük Güçlü Geniş Alan Haberleşme Ağı
<b>ZIGBEE</b>	: Kablosuz İletişim Protokolü
<b>6LOWPAN</b>	: Kablosuz Haberleşme Teknolojisi
<b>BLUETOOTH</b>	: Kısa Mesafe Radyo Frekans Teknolojisi
<b>JAVA SCRIPT</b>	: Dinamik Bir Programlama Dili
<b>C</b>	: Yapısal Bir Programlama Dili
<b>C++</b>	: Nesne Yönelimli Programlama Dili
<b>C#</b>	: Programlama Dili
<b>JSON</b>	: Veri Değişimini Sağlayan Metin Biçimi
<b>PERL</b>	: Programlama Dili
<b>MODBUS</b>	: Seri Haberleşme Protokolü
<b>DASHBOARD</b>	: Gösterge Paneli
<b>ASCII</b>	: 7 Bitlik Karakter Kümesi
<b>BLOB STORAGE</b>	: Bulut Sunucusu Servis Hizmeti
<b>PHYTON</b>	: Nesne Yönelimli Programlama Dili
<b>PHP</b>	: Programlama Dili
<b>IOT HUB</b>	: Bulut Sunucusu Servis Hizmeti
<b>STREAM ANALYTICS</b>	: Bulut Sunucusu Servis Hizmeti
<b>NOTIFICATION HUBS</b>	: Bulut Sunucusu Servis Hizmeti
<b>NODE.JS</b>	: Ağ Bağlantılı Uygulama Ortamı
<b>.NET</b>	: Uygulama Geliştirme Platformu
<b>GO</b>	: Programlama Dili
<b>RUBY ON RAILS</b>	: Web Uygulaması Geliştirme Platformu

<b>RESTAPI</b>	: Temsili Durum Aktarım Paketi
<b>DOCKERAPI</b>	: Linux Tabanlı Durum Aktarım Paketi
<b>XMPP</b>	: İnternet Tabanlı Protokol Teknolojisi
<b>BLDC MOTOR</b>	: Fırçasız Doğru Akım Motoru
<b>BIT</b>	: En Küçük Veri Parçası
<b>ETHERNET SWITCH</b>	: Ağ Anahtarı Ve Bağlantı Dağıtıcısı

## ÖNSÖZ

Ön Lisans eğitimim sürecinden başlayarak, Yüksek Lisans eğitimimin sonuna kadar bilgi ve tecrübelerini bana aktaran, sürekli olarak beni motive eden ve bana yol gösteren, zaman ve konum gözetmeksizin her zaman beni destekleyen ve sürekli olarak benimle iletişim halinde olan çok kıymetli sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Ersin AKYÜZ'e,

Yüksek Lisans eğitimim esnasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve bana hayatımın her anında destek olan sevgili aileme; rahmetli anneannem Ayten GÜÇLÜ, babam Serdar DEMİRCAN, annem Rezzan DEMİRCAN, kardeşim Burak DEMİRCAN ve eşim Neriman DEMİRCAN'a,

Lisansüstü eğitimim ile birlikte profesyonel iş hayatımda gerekli çalışmaların yapılması konularında her zaman destek olan İŞBİR Elektrik Sanayii A.Ş. Genel Müdürü Burhan ÖZGÜR'e, Teknik Direktörü İzzet YIRGAL'a, Ar-Ge Müdürü Alper AKÇA ve İŞBİR Elektrik Sanayii A.Ş. çalışanlarına,

Yüksek Lisans Tez çalışmamda sürekli olarak zamanlarını aldığım ve isimlerini paylaşmadığım tüm arkadaşlarıma teşekkür etmeyi borç bilirim.

**Balıkesir, 2019**

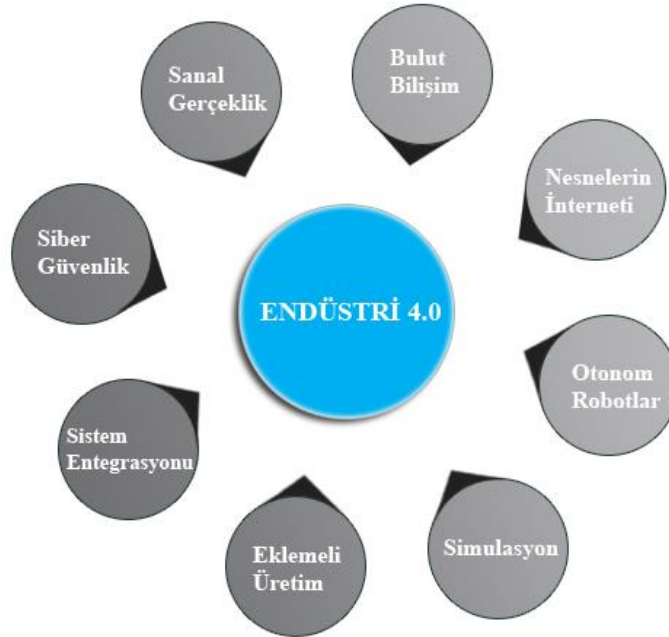
**Batın DEMİRCAN**

# 1. GİRİŞ

2011 yılından itibaren kullanılmaya başlanan ve günümüze kadarki süreçte hızla gelişerek yaygınlaşan Endüstri 4.0 dönüşümü; sanayide alışlagelmiş olan izole üretim tekniğini geride bırakarak, sınırların ortadan kaldırıldığı bir üretim tekniği sunmaktadır. Bu durum birçok ülke için üretim sektöründe düşük iş gücü ve lojistik açısından avantaj sağlamaktadır [1].

Mevcut üretim anlayışı, Endüstri 4.0 ile sanayide dijital dönüşüm mümkün kılınarak, bilgi teknolojilerinin kullanımıyla yeniden şekillenecektir. Bu üretim biçimiyle, tam otomasyona sahip akıllı sistemler birbiriyle iletişime geçecek, insan-makine ve makine-makine etkileşimi üzerinde büyük bir dönüşüm yaşanacaktır [2]. Birçok katmandan oluşan Endüstri 4.0 konseptinin yetkin olarak değerlendirilebilmesi için Şekil 1.1’de gösterilen katmanların tümünü kapsayan ve her birinde uygulama gerçekleştirilmiş sistem oluşturulması öngörülmektedir.

Bu katmanlardan biri olan “nesnelerin interneti” teknolojisinin diğer katmanlara göre en fazla yatırımı alması ve kısa bir sürede adaptasyon sağlayarak sanayide yoğun kullanılması öngörülmektedir [3].



Şekil 1.1: Endüstri 4.0 uygulama katmanları.

## 1.1 Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

Kevin Ashton tarafından kullanılan ve ilk kez 1999 yılında ortaya atılan IoT Endüstri 4.0 devriminin en önemli bileşeni olarak görülmektedir. En geniş tanımıyla, benzersiz bir şekilde adreslenebilen nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, dünya çapında yaygın bir ağ ve bu ağdaki nesnelerin belirli bir haberleşme protokolü ile birbirleriyle iletişim halinde olması olarak tanımlanmaktadır [4].

IoT paradigması, dinamik ve küresel bir ağ altyapısında; birbirine bağlı, akıllı ve kendi kendini yapılandırabilen düğümlere (nesnelere) dayanır. IoT, yapısı itibarı ile sınırlı depolama alanına ve işleme kapasitesine sahip, Dünya üzerinde yaygın olarak dağıtılmış olan mevcut nesnelere ile karakterize edilir. Günümüzde IoT, genel olarak güvenilirlik, performans, güvenlik ve mahremiyet gibi temel konuları içeren tartışmalarla hızla gelişmektedir. IoT'nin günlük yaşamda insanoğlunun hayatını kolaylaştırıp; gerek ev hayatında, gerek günlük aktivitelerinde birçok farklı uygulamaya yol açacağı gibi endüstriyel uygulamalar için de önemli etkileri olacaktır [5].

## 1.2 Bulut Bilişim (Cloud Computing)

Kısaca bulut bilişim; tabanında bilgisayar sistemlerini barındıran, nesnelerin internet bağlantısı üzerinden bilgi paylaşılması ve bu bilgiyi kullanmasını esas alan bir modeldir. Uzak bir noktadan sağlanan internet bağlantısı içerisinde bulunan hizmetlerin ve uygulamaların erişim sağlanarak kullanılması ya da çalıştırılması, bulut bilişimin temelini oluşturmaktadır.

Bulut bilişim; internet bağlantısı sağlanabilen herhangi bir yerden; konum ve donanım bilgisi, uygulama platformu farketmeksizin kullanılan sisteme kesintisiz erişimin sağlanması ve kullanılan hizmetler kadar ücretin ödenmesi ile erişebilirlik, esneklik, ölçeklenebilirlik ve bakım avantajı gibi özellikler sunmaktadır [6].

Bulut sistemlerinde güvenlik sağlanması amacı ile Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından 2014 yılında bulut gizliliği içerikli ve ilk uygulama kodlu ISO/IEC 27001'e ek olarak, ISO/IEC 27018:2014 kabul edilmiştir.



Günümüzde birçok ticari bulut hizmeti sunucusu, bulut sisteminde uygulanan güvenlik yapısında bu standartları kullanmaktadır [7].

### 1.3 Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing)

Eklemeli üretim, parça katmanını tek bir malzeme yerine, farklı malzemelerden katman katman üretmek için uygulanan bir süreçtir. Seramik, kompozit veya metal gibi malzemelerden oluşan parçalar bilgisayar üzerinden direkt olarak üretilebilmektedir [8]. Bu üretim tekniğinde ürün geliştirme, kalıp kullanılmadan yapılabildiği, tasarım konusunda kalıp gereksinimi olmadığı ve aynı zamanda düşük maliyetli olduğu için üretim ve tasarım açısından çok daha özgürdür. Tüm bu özelliklerinden dolayı, sanayi alanında üretime katkısı bulunduğu gibi kişisel üretime de katkısı bulunmaktadır [9].

İlk olarak uzay endüstrisine özel parça imalatındaki ihtiyaçları karşılamak için kullanılan bu sistem, Endüstri 4.0 ile önemli bir yere sahip olacaktır. Belirtilen üretim anlayışının benimsenmesiyle, prototip üretiminde daha az kalıp yapımı ile daha kısa üretim süresine sahip olunacaktır [10].

Güncel bir örnek olarak Ford Motor Company firmasının eklemeli üretim teknolojisini bünyesinde barındırdığı laboratuvarında, tek bir üründe farklı türden malzemelerin bir arada kullanıldığı bir üretim yaptığı bilinmektedir. Firma, bu teknolojiyi kullanarak karmaşık yapıya sahip olan bir motor parçasını 500.000\$ maliyet ile 4 ay gibi uzun bir süreden, 3000\$ maliyet ile 4 gün gibi kısa bir üretim süresine indirgemıştır [11]. Şekil 1.2'de örnek olarak üretilen motor bloğu verilmiştir.



Şekil 1.2: Ford Company firmasında imal edilen motor bloğu.

#### **1.4 Siber Güvenlik (Cyber Security)**

İmalat endüstrisinin bilgi dünyası etrafında yaygın olarak benimsenmesi, geliştirmeye yönelik yaklaşım yolunu açmaktadır. Endüstriyel üretimin dijitalleşmesi ve operasyonel risklerin artması ile birlikte siber saldırılara daha fazla maruz kalınabileceği tahmin edilmektedir [12]. Siber güvenlik, Endüstri 4.0 için çok önemli bir alandır ve bu alanda gerekli çalışmalar tam olarak sağlanamaz ise uygulama yeterliliği açısından sorun teşkil etmektedir [13].

Siber güvenlik alanı Endüstri 4.0 alanında gerçekleştirilen uygulamaların çok ötesindedir. Bu kapsamda kişilerin, kurumların ve bilgilerin güvenliği; gelecek dönemde mevcut durumdakine göre daha fazla önlem alınmasını gerektirecektir. Eylül 2017 tarihinde, Avrupa Komisyonu tarafından Endüstri 4.0 için yeni bir güvenlik paketi çalışması başlatılmıştır. Bu paket, imalat sanayi için potansiyel olarak bir odak noktası olmakta ve aynı zamanda bir AB siber güvenlik çerçevesinin kurulmasını önermektedir. Siber güvenlik tehdidinin kabul edilmesiyle birlikte güvenlik paketi için, taşımacılık, enerji, sağlık hizmetleri, bankacılık gibi temel alanlardan bahsedilmektedir [12]. TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) siber güvenlik alanında kullanıcı güvenliğinden başlayarak; bilgi güvenliği, veri tabanı güvenliği, mobil güvenlik vb. alanlarını içeren kurslar TÜBİTAK/Siber Güvenlik Enstitü'sünde verilmektedir [14].

#### **1.5 Otonom Robotlar (Autonomous Robots)**

Endüstriyel sanayide kullanılan robotlar dijital imalatın ana bileşenleridir. Otonom olarak çalışan robotlar, başta verimlilik olmak üzere rekabet gücünü de arttırmaktadır [15]. Ayrıca robotların üretimde çalışan personelin iş yükünü hafiflettiği ve iş tamamlayıcı olarak rol aldığı bilinmektedir.

Endüstriyel kapsamda kullanılan robotların, sabit üretim tezgâhları yerine müşteri talebine ve üretim ihtiyaçlarına göre fabrikanın herhangi bir noktasında konumlandırılarak çalıştırılması mümkündür. Ayrıca sabit çalışan sistemlerin dışında, birbirleriyle iletişime geçerek görev paylaşımı yapabilmektedirler [16].

Robotlar çoğunlukla otomotiv sektöründe kullanılmakta ve bu sektörde boyama, kaynak, kalite kontrol ve montaj gibi görevleri yerine getirmektedir.

Endüstri 4.0 ile birlikte otonom robot sistemlerinin kullanımının daha da yaygınlaşacağı tahmin edilmekte ve robotların kendi yazılımlarını güncelleyerek desteğe ihtiyacı olan ya da arızalanan robotların yerine sistemde çalışan diğer robotların destek sağlaması ile esnek sistemlerin kullanılacağı öngörülmektedir [17].

Makineler ve prosesler arasındaki işbirliği giderek önem kazanmaktadır ve bu noktada daha fazla insan müdahalesi ile değişken bir işleyiş söz konusudur. İşbirlikçi robotların (Collaborative Robots) kullanımı ile insan ve makine arasındaki uyumlu çalışma ön plana çıkmaktadır. İşbirlikçi sistem de insanlar bilgi, fikir ve prosesin değişimi için doğaçlama yöntemler sunarken; robotlar ise tekrarlanan görevler karşısında insan gücünden üstün olarak süreklilik ve dayanıklılık sunar. ABB firması tarafından üretilen “YuMi” isimli çift kollu yapıda olan robot, Dünya’nın ilk işbirlikçi otomasyon örneği olarak kabul edilmektedir [18]. Bu robot ilk olarak Almanya’nın Hannover şehrinde 13 Nisan 2015 tarihinde sergilenmiştir [19]. Ayrıca işbirlikçi robot teknolojisinde ABB firması ile birlikte Kawasaki Robotics firması bu alanda öncü firmalar olarak kabul edilmektedir [20].



Şekil 1.3: ABB Collaborative robotu yumi.

## **1.6 Sistem Entegrasyonu (System Integration)**

Yaygınlaşmaya başlayan 4. Endüstri devrimiyle birlikte şirketlerin büyümesinde etkisi olan rollerden birisi de sistemlerin entegrasyonu olmuştur. Aynı müşteri portföyünde birden fazla şirketin birleşmesiyle oluşan yatay entegrasyon, makine ve ekipmanların tam kapasitede kullanımı son noktaya taşıyabilmektedir [21].

Dikey entegrasyon ise aynı sektörde bulunan, fakat farklı alt sektörlerle ilişkisi olan firmaların birleşme şeklidir. Yatay ve dikey entegrasyonun bir arada gerçekleştiği Endüstri 4.0 kavramıyla beraber, müşteriye özel üretimin kolaylaştırılması, kaynak verimliliğinin artırılması ve üretim maliyetlerin düşürülmesi sağlanabileceği gibi işletmelerin daha esnek bir yapıya kavuşturulması hedeflenmektedir [21].

Örneğin; Ekol Lojistik firması kullanmaya başladığı yatay entegrasyon sistemi ile müşterilerin üretim planlamalarında yapılan değişiklikleri anlık olarak kendi firma platformlarına aktarmaktadırlar. Bu sayede üretim tesisinde ihtiyaç duyulan malzeme ve hammaddelerin belirlenerek tedarikçilerle paylaşılması ve lojistik anlamında tedarikçilerden hizmet alınması hızlı ve ekonomik bir şekilde sağlanmıştır [2].

## **1.7 Simülasyon (Simulation)**

Simülasyon tekniği, işlem süreçlerini takip edilebilir duruma getirdiği için maliyet, zaman ve risk yönetimi konularında avantaj sağlamaktadır [22]. Bu sistemin kullanılmasının temel amacı, hataları azaltmak, zaman kaybını önlemek ve maddi kazanım sağlamaktır [23].

Simülasyon teknolojisinin kullanımı ile başlatılması planlanan prosesler ya da hazır durumda işleyen proseslerin sanal ortamda bir modeli oluşturularak, bu model üzerinde çeşitli analizler yapılmasına imkân sağlanmaktadır [24]. Bu teknolojinin yoğun kullanımı daha çok artırılmış gerçeklik uygulamaları üzerinedir. Siemens ve Caterpillar gibi firmalar bu teknolojiyi kullanmakta ve akıllı fabrika konseptlerinde uygulamaya çalışmaktadırlar [22]. Caterpillar firmasının, ürettikleri kamyonlar için

kullandığı simülör ve simülasyon ekran görüntüsü Şekil 1.4’de verilmiştir [25]. Sürekli gelişen teknoloji ile birlikte finansal yatırımların risk taşıdığı günümüz piyasasında, sanal simülasyon teknolojilerinin üretimin her alanında kullanılabilmesi mümkündür.



Şekil 1.4: Cat 795F-AC Haul Track simülör ve simülasyon görüntüsü.

## 1.8 Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Artırılmış gerçeklik teknolojisi yakın bir zamana kadar oyun sektörü için çokça kullanılmasına karşın gelişen teknoloji ve 4. Endüstri devrimi ile birlikte sanayi ve üretim sektörleri için de kullanılmaya başlanmıştır. Yalnızca üretim sektöründe değil, üretim sektöründe çalışan personellerin eğitimleri dahi bu teknolojiden faydalanarak yapılmaya başlanmıştır [26]. Artırılmış gerçeklik kullanılan bir sistemde bulunan operatör, fiziksel olarak var olan bir makinenin yakınına gitmeden sanal olarak var olan bir ekran üzerinden makinenin kontrolüne ve makine parametrelerine müdahale edebilmektedir [27].

Bu teknolojinin kullanımı ile bir fabrika fiziksel olarak kurulmadan bilgisayar ortamında kurulup çalıştırılarak analiz işlemleri yapılabilmektedir. Yalnızca fabrikanın kendisi için değil, fabrikada bulunan her bir makine için detaylandırma çalışmaları yapılabilmektedir [28].

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin gerçek anlamda uygulaması, Dünya pazarında söz sahibi olan bazı firmalar tarafından örnek teşkil edilecek şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin; PTC firmasının Şekil 1.5’de gösterilen sistem için kullandığı Thingworx Studio yazılımı ile operatörün ürünü birleştirirken hangi

aşamaları uygulaması gerektiği yazılım tarafından algılanmakta; eğer operatör, birleştirme işlemi esnasında eksik adım uygular ise operatör uyarılmaktadır [29].



Şekil 1.5: Thingworx Studio yazılımı ile artırılmış gerçeklik uygulaması.

## 1.9 Tezin Özgün Değeri ve Amacı

1970'lerin başında ortaya çıkan Endüstri 3.0 kavramı günümüzde yerini Endüstri 4.0 kavramına bırakmıştır. Endüstri 4.0 ile anbean izlenebilen, birbiri ile bağlantı kurabilen akıllı bir yapıya geçilmiştir. Bu konsept, gerek sistemin işleyişi gerekse sistem içerisindeki ürünler ile alakalı bilgilerin depolanarak verilerin analizinin yapılmasına, aynı verilerin mekandan ve zamandan bağımsız olarak kullanılmasına imkan veren bir yapıdır.

Bu tezin amacı; Endüstri 4.0 devrimi ile öne çıkmakta olan IoT ve bulut bilişim tabanlı sistemlerin endüstriyel uygulamalarda kullanımının araştırılması ve jeneratör sistemleri ile ilgili bir uygulamasının gerçekleştirilmesidir. Bu noktada ülkemizde endüstriyel IoT ve bulut bilişim tabanlı sistemlerin yaygınlaşacağı açıktır.

Sanayide yaygın bir şekilde kullanılan dizel jeneratörlerin performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için anlık ve geriye dönük olarak bakım-arıza kayıtlarının incelenmesinde bulut bilişim tabanlı sistemler kullanılacaktır. Ayrıca, endüstriyel cihazlarla iletişim noktasında kullanılan OPC tabanlı bir yapı ve genel seviyedeki kullanıcıya hitap eden yapı üzerinden hem endüstriyel IoT hem de IoT çalışması gerçekleştirilecektir.

Birden fazla dizel jeneratörün sahada çalışırken izlenebilmesi ve performans değerlendirmesi mümkün olacaktır. Ayrıca IoT ile tüm veriler, bulut bilişim hizmeti olarak sunulan arayüzler yardımıyla farklı kullanıcı seviyelerinde izlenebilecektir.

Tüm verilerin geriye dönük olarak bulut üzerinde saklanacağı düşünüldüğünde, farklı seviyelerdeki bu veriler analiz edilebilecek, analiz edilen veriler doğrultusunda ürün geliştirmeciler için sistem optimizasyonu, bakım ve onarım açısından yapısal değişiklikler mümkün olacaktır.

Gerçekleştirilen bu çalışma ile “fabrika kabul testi” kavramı ilerleyen zamanlarda değişiklik gösterecektir. Asıl kullanıcının ürün imalatının yapıldığı bölgeye gitmesine gerek kalmaksızın tüm testleri online olarak yapabilmesi ile performans ve muayene kriterleri uzaktan değerlendirilebilecektir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Akademik çalışmalar incelendiğinde ise makale açısından yurt dışı yayınlarının hızlıca arttığı, fakat ülkemizde bu alanda çalışmaların oldukça yetersiz olduğu görülmüştür. Tablo 2.1’de yapılan akademik çalışma sayıları verilmiştir [3, 30]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde görülmüştür ki ülkemizde IoT kullanımını oldukça gelişmeye açık bir yapıda bulunmaktadır.

Ülkemizde yapılan çalışmalar genellikle ev ve bina otomasyon sistemleri üzerinedir. Bununla birlikte akıllı çevre ve şehircilik, yazılım ve donanım geliştirme, e-sağlık ve enerji alanlarında gerçekleştirilmiş uygulamalar bulunmaktadır.

**Tablo 2.1:** Ülkelere göre IoT alanında yazılan makaleler.

Ülke	Makale Sayısı
ÇİN	408
ABD	236
GÜNEY KORE	138
İNGİLTERE	109
İSPANYA	88
TÜRKİYE	45

### 2.1 Nesnelerin İnterneti Alanında Yapılan Çalışmalar

Literatür taraması yapıldığında IoT alanında yapılan çalışmalar uygulama özelinde başlıklar altında verilmiştir.



### **2.1.1 Ev Otomasyonu Sistemleri Alanında Yapılan Çalışmalar**

Wang ve arkadaşlarının uzaktan izleme ile sera kontrolü için gerçekleştirdikleri çalışmalarında seranın sahip olduğu nem ve karbondioksit miktarı oranı ölçümlenerek bu ölçümler için maksimum-minimum noktalarda kullanıcının uyarılması amaçlı limit noktaları oluşturulmuştur. Ölçümlerin internet tarayıcılar kullanarak izlenmesi sağlanmış ve ölçümlerin kullanıcılar tarafından mobil olarak izlenmesi için Android tabanlı mobil uygulama yazılmıştır. Bu çalışma için Google Web Toolkit kullanılarak veri alma, parametre yapılandırma, izleme işlemleri ve kullanıcı arayüzü denetimi yapılmıştır [31].

Iqbal ve arkadaşları tarafından yapılan akıllı ev konsepti temalı çalışma, bina içerisinde bulunan su deposu kontrolünün sağlanması, ev ortamının kullanıcı üzerinden izlenmesi ve ev içerisindeki su sıcaklığı, hava sıcaklığı, nem, ışık gibi bilgilerin alınması sağlanmıştır. Ev içerisindeki cihazlara benzersiz adresler tanımlanarak RESTFULL tabanlı bir yapı üzerinde Raspberry ile bulut sistemiyle etkileşime geçilmiştir. Raspberry ile su pompası arasındaki iletişim Zigbee haberleşme protokolü üzerinden gerçekleştirilmiş ve cihazlar arasında birlikte çalışabilirlik ile konutun uzaktan izlenmesi amaçlanmıştır [32].

Başka bir çalışmada ise binanın farklı noktalarına sensör düğümleri yerleştirilerek sıcaklık, gaz vb. büyüklüklerin ölçümlenmesi yapılmış ve ESP8266 modülü ile internete bağlantı sağlanmıştır. Veriler kullanıcı ara yüzünde görüntülenmiş ve veri tabanına aktarılmıştır [33].

### **2.1.2 Akıllı Çevre ve Şehircilik İçin Yapılan Çalışmalar**

Fioccola G.B. ve arkadaşları çalışmalarında hava kirliliği ölçüm ve izleme sisteminin prototipini uygulamışlardır. Mikro denetleyici üzerinde çevresel sensörler aracılığı ile elde edilen ölçüm değerleri WI-FI ile bulut üzerinde depolanmaktadır. Yapılan çalışmada REST API ve MQTT protokolleri kullanılarak karşılaştırmaları yapılmıştır [5].

Tarım sektöründe çalışanlar için yapılan bu çalışmada ise 2 adet elektronik modül tasarlanmıştır. İlk modülde toprak sıcaklığı, hava sıcaklığı, toprak nemi,

basınç vb. fiziksel büyüklük ölçümlenmeleri yapılmıştır. İkinci modülde ise giyilebilir bir yapıya sahip olup kullanan kişinin kan basıncı, vücut sıcaklığı vb. büyüklükleri ölçülmektedir [34].

Kapalı alanlarda kullanıcının bulunduğu konumun belirlenmesi için yapılan çalışmada IoT sistemini referans alan bir sistem 630 m<sup>2</sup>'lik bir üniversite kampüsünde oluşturulmuştur. IoT sisteminde WI-FI sinyallerini yayan erişim noktaları konumlandırılmış ve alanın sinyal haritası çıkarılmıştır. Farklı konumlandırma metotlarının yanında yazılımsal filtrelerin de kullanımıyla iç mekanda konum belirleme yapılmıştır [35].

Led teknolojisi içeren sokak aydınlatma lambası prototipinde, lambanın ışık şiddeti, lambadan çekilen elektrik akımı gibi bilgiler sürekli olarak sensörlerin kullanımı ile ölçülmüştür. Ölçüm bilgileri uzak noktadaki istasyona WI-FI bağlantısı üzerinden aktarılmıştır. Bu sayede lambanın güç tüketimi ve lambanın arızalanması durumunda acil müdahale yapılması hedeflenmiştir [36].

Hava ölçüm istasyonu verilerinin sanal olarak üretildiği bu çalışmada veriler bir broker üzerinden yayınlanmış ve bu veriler kayıt edilmiştir. Eş zamanlı olarak makine öğreniminin kullanılması için yazılım kütüphaneleri kullanılmış ve gerçek zamanlı olarak büyük verilerin tahmini yapılmıştır [37].

### **2.1.3 Yazılım ve Donanım Geliştirme Üzerine Gerçekleştirilen IoT Çalışmaları**

Gemicilik sektöründe haritalandırma ve ölçeklendirme vazgeçilmez bir unsurdur. Yang ve arkadaşlarının IoT'u dahil ederek gerçekleştirdiği bu araştırma çalışmasında hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve yönü, hava basıncı referans veriler olarak alınmış ve çeşitli filtreleme algoritmalarının kullanılmasının ardından gateway olarak kullanılacak bir alıcıya gönderilmiş ve bulut platformuna da iletilmiştir. Giderek yaygınlaşan IoT'nin denizcilik sektöründe kullanılması ile ilgili örnek bir çalışma yapılmıştır [38].

Kashyap ve arkadaşları tarafından MQTT haberleşme protokolü kullanarak gerçekleştirdiği uygulamada Arduino Uno ve ESP8266 arasında nesnelerin

internetini kurgulayacak şekilde mesajlaşma ve Arduino üzerinde bulunan çıkışlara bağlı aktüatörlerin kontrol edilmesi gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonucunda veri gönderimi ve veri alma hızının internet hızına bağlı olarak değiştiği, ancak karşı tarafa iletilen verilerde herhangi bir kaybın yaşanmadığı aktarılmıştır [39].

Tüm bileşenleriyle bir IoT sisteminin dizayn edilerek gerçekleştirildiği bu uygulamada, Morabito ve arkadaşları sistemdeki bilgileri yedekleme yeteneğine ve farklı bulut platformları ile etkileşimde bulunabilecek yüksek enerji verimliliğine sahip bir çalışma yapmıştır. Birbirinden farklı 4 geliştirme kartının kullanıldığı çalışmada, sensörlerden alınan çevresel büyüklüklere ait bilgilerin web sunucusuyla iletişimde DockerAPI kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kullanılan her geliştirme kartı için güç tüketimi başta olmak üzere farklı haberleşme protokollerinin bu kartlarda kullanımındaki kaynak yoğunluğu incelenmiştir [40].

IoT ve Bulut sistemlerinde kullanılan haberleşme protokollerinden MQTT, AMQP, COAP ve XMPP protokolleri farklı uygulama ortamlarında kullanılmıştır. Protokollerin karşılaştırıldığı bu çalışmada farklı yazılımların kullanımı ile protokollerin güç tüketimleri ve veri iletim hızları karşılaştırılmıştır [41].

Gülaçar tarafından yapılan makine öğrenmesi tabanlı IoT çalışmasında, regresyon işlemleri için makine öğrenmesi tabanlı oluşturulan yapıda hız ölçümü alınarak, tahmin istenilen tarih bilgisi girdi olarak kullanılıp en uygun regresyon yöntemi saptanmıştır [42].

Platform olarak Twitter'in kullanıldığı sıcaklık ve nem ölçen, kablosuz tasarımıyla mobil kullanım sağlayan, kullanımı basit, maliyeti düşük, küçük boyutlu ve çok yönlü bir sistem tasarlanmıştır. Ölçülen sıcaklık ve nem bilgileri, API kullanılarak buluta gönderilmektedir. Ağ bağlantısı üzerinden belirli bir sıklıkla ölçülen bu veriler, tweet gönderimi ile Twitter'a gönderilmektedir [43].

Bozuklu tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında, IoT konusunda kullanılacak, uzak noktadaki nesneden konum, hava sıcaklığı, nem oranı ve araç yakıt seviyesini simule edecek şekilde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışmada oluşturulan yapı kısmi olarak gerçekleştirilmiş olup, bulut sunucu ile nesne arasındaki iletişimde mesaj formatı olarak JSON kullanılmıştır. Ana işlemci olarak

Arduino Promini kartının kullanıldığı bu uygulamada konum belirlemek için GPS modülü, internet erişimi için ise GSM modülü kullanılmıştır [44].

M2M ve IoT örneği üzerine çalışılan başka bir çalışmada, sıcaklık ölçümü yapabilen prototip uygulama geliştirilmiştir. Sıcaklık ölçümü sensör üzerinden yapılmış ve sıcaklığın değerlendirilmesi için mikro denetleyici kullanılmıştır. Yaler platformu (web sitesi) üzerinden sıcaklık bilgisi izlenmiş, Grove Streams platformu üzerinden ise alınan verinin kayıtlanarak geriye dönük değerlendirme yapılması mümkün kılındığı anlatılmıştır [45].

Dini tarafından gerçekleştirilen çalışma ise soğuk hava lojistiği alanında IoT konsepti üzerinedir. Hareket halindeki araç üzerinde bulunan soğuk hava deposundan alınan bilgilerin GSM şebeke aracılığı ile bulut sunucuya gönderimi yapılmıştır. Bilgilerin bulut sunucu üzerinden bölgesel kullanıcılara dağıtımı ve aynı zamanda sabit konumda bulunan depolama birimi olarak kullanılan yer sunucusunda yine GSM şebeke üzerinden gönderimi modellenmiş ve kablosuz sensör ağları ile RFID teknolojilerinin kullanımından söz edilmiştir [46].

Bilgilerin bulut sunucu üzerinden bölgesel kullanıcılara dağıtımı ve aynı zamanda sabit konumda bulunan depolama birimi olarak kullanılan yer sunucusunda yine GSM şebeke üzerinden gönderimi modellenmiş ve kablosuz sensör ağları ile RFID teknolojilerinin kullanımından söz edilmiştir [47].

Tavşanlar için doğum kutusu adı verilen sistemde, tavşan yavrularının ısıtılması için kutu içerisinde bulunan ısıtıcı kullanılarak ihtiyaç duyulan ısı kayıtları alınmıştır. Kayıtlanan veriler ThinSpeak ortamına gönderilmiştir. Ortam sıcaklığının etkin bir biçimde ayarlanabilmesinde PID kontrol sistemi kullanılarak güç tüketiminin düşürülmesi hedeflenmiştir [48].

Toplu taşımada, otobüs ve otobüsler arasında etkileşim sağlanması için yapılan bir başka çalışmada RFID kartına sahip bulunan yolcunun kullanmak istediği otobüs seçilir. Seçilen otobüste bulunan Raspberry Pi ile haberleşen sistem kullanıcıya otobüsün o anki konumunu ve güzergâhını bulut üzerinden bildirmektedir [49].

BLDC Motor kontrolü ve parametrelerinin izlenmesi için gerçekleştirilen çalışmada, motor hızı ve motor gerilimi gibi büyüklükler ölçümlenmiş ve MQTT

hizmeti sunan web sitesine gönderilmiştir. Ölçümler, cep telefonuna kurulan uygulama ile MQTT sunucusu ile haberleştirilmiş ve anlık izleme yapılmıştır [50].

Bir derslik için geliştirilen prototip geliştirilmesi çalışmasında, öğrencilere sağlanan RFID kartlar ve kartların kaybolma ihtimaline karşı öğrencilerin parmak izlerinin sistemde kullanımı ile sınıf içi yoklama yapılması sağlanmıştır. Öğretmenlerin ders duyurularını da yapabildiği sistemde yoklama bilgileri veri tabanında kayıt altına alınmıştır [51].

Çelik ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, okul servisi kullanan öğrencilerin can güvenliğinin sağlanması amacıyla, servis için yoklama işlemi yapılmış ve öğrenci bilgileri internet ortamına gönderilmiştir. Bluetooth teknolojisinin kullanıldığı çalışmada, her öğrenci için bir cihaz atanmış ve cihaz servis aracının kapsama alanına girdiğinde şoför bilgilendirilmiştir [52].

#### **2.1.4 E-Sağlık Alanında Gerçekleştirilen Çalışmalar**

İnsanlar üzerine yerleştirilen giyilebilir sensörlerin kullanımı ile kişinin kalp sinyalini (EKG) sürekli olarak izleyen bir yapı üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, Lopez ve arkadaşları tarafından yüksek öneme ve güvenliğe sahip görevlerde çalışan insanların fiziksel olarak saldırıya uğramaları ve sistemlerinin başkaları tarafından kontrolünün sağlanmadığı bir yapı hedeflenmiştir. Sistem, her insanın sahip olduğu, parmak izi gibi eşsiz olan kişisel kalp sinyallerini referans almaktadır. Kurulan servisler sürekli olarak güvende olması gereken kişiyi izleyecek bir model oluşturmaktadır. Oluşturulan bu modelde bulunan kalp grafiği sinyallerine uymayan sinyallerin tespit edilebilmesini sağlayacak algoritmalar kurgulanmıştır [53].

Makine öğrenimi algoritmalarının kullanıldığı bu çalışmada, en uygun algoritmanın belirlenmesi için önceden var olan bel fitiği ve bel kayması verileri kullanılmıştır. Algoritma tayini ile IoT tabanında ve gerçek zamanlı çalışabilen bir uygulama gerçekleştirilmiştir [54].

Başka bir çalışmada nabız ölçüm sensörü ile mikrodenetleyiciye alınan veriler farklı yazılım algoritmaları kullanılarak program içerisinde işlenmiştir. Bu veriler

cep telefonuna aktarılmış, cep telefonuna alınan veriler ise Microsoft Azure'nin sağladığı diğer bir servis olan mobile app üzerinden buluta aktarılmıştır [55].

Dilek tarafından yapılan bir sağlık uygulamasında, hastanın vücut sıcaklığı, hiperpireksi durumu algılayıcı, vücut pozisyonu algılayıcı, kan basıncı ve nabız sensörleri kullanılmıştır. Arduino Mega geliştirme kartı tarafından işlenen veriler ESP8266 modülü aracılığı ile internet üzerinden ThinkSpeak platformuna gönderilmiştir, buradaki bilgiler MSVisual Studio yazılımı ile geliştirilen Windows ve Android işletim sistemlerindeki uygulamalarda görüntülenmiş ve ayrıca sunucu üzerinden internet ortamına yayınlanmıştır [56].

Mieronkoskia ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada, medikal alanında hastanelerde görev yapan hemşirelere bilgi verilmesi için, hastaların uyku süresi, uyku kalitesi, vücut salgıları, hijyen durumu ve psikolojik parametrelerin izlenmesi odaklı olup, hemşirelere yol gösterici olması, acil durumlarda alarm/uyarı vermesi ve hastaların uzaktan izlenmesi gibi senaryolar üzerine yapılmıştır. Bu ve benzeri tüm sistemlerin internet tabanı üzerine kurulmuş olmasından dolayı hastaların sağlık bilgilerinin önemli olduğu üzerinde özellikle durulmuştur [57].

Çakır ve arkadaşları tarafından yapılan araştırma çalışmasında giyilebilir teknolojiler ile birlikte IoT yapısı incelenmiştir. Akıllı saatler, akıllı implantlar ve akıllı giysilerin örnek alındığı çalışmada veri gizliliği ve verilerin sürekli depolanmasından kaynaklanan büyük veri ve bilgi güvenliğinin önemi aktarılmıştır [58].

Hossain ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen IoT tabanlı teorik bir yapının tasarlandığı çalışmada, kullanıcı olarak tanımlanan hastanın doktor tarafından önerilen tedavi şekline uygun bir biçimde çalışan bir sağlık asistanı hizmeti oluşturulmuştur. Çalışma en geniş hali ile hasta üzerinde konumlandırılan çeşitli sensörleri (Kan basıncı, kalp grafiği vb.), akıllı sağlık çantasını ve akıllı ilaç kutularını kapsayarak hastanın evinden alınan çeşitli bilgiler dahil edilerek (evin konumu, ev içi hava sıcaklığı, elektrikli aletlerin durumları gibi) uzak noktada bulunan bulut sunucuya gatewayler üzerinden gönderilmektedir. Doktorun bulut sunucudan aldığı bilgilerle hastayı takip etmesi, hasta hakkındaki geçmişe dönük bilgilerin izlenmesi ve acil durumlarda hastane birimleri başta olmak üzere doktorların anında bilgilendirilmesini içeren bir çalışma kurgulanmıştır. Ayrıca bu

çalışmada, hasta bilgilerinin 3. şahıslardan korunması için gateway ve sunucu arasında gerçekleştirilebilecek bir güvenlik yazılımı çalışması yapılmıştır [59].

### **2.1.5 Enerji Alanında Yapılan Çalışmalar**

Yenilenebilir enerji sistemleri için geliştirilen uygulamada, dağınık yapıya sahip fotovoltaik güç santrali verilerinin izlenmesi ve saklanması için bulut tabanlı olarak yapılması için bir sistem gerçekleştirilmiştir. Rems adı verilen sistemde analog ölçümlerin alınması için Pic 18f2550 mikrodenetleyici kartı kullanılmış ve bu kart ile ölçümler Raspberry Pi2 cihazına aktarılmıştır. Bulut platformunun kullanıldığı bu çalışmada, bulut hizmeti “sanusb.org” web sitesinden sağlanmıştır. [60].

Bulut bilişim platformu olarak AWS(Amazon Web Services) hizmetlerinin kullanıldığı bu çalışmada, Kostarika (ABD) ülkesindeki bir tesis için sıcaklık kontrolü uygulaması yapılmıştır. Analog ölçüm değerleri akım sensörü üzerinden analog çevirici kart üzerine aktarılmış, analog kart üzerinden ise Raspbeery Pi - ZeroW kontrol kartına iletilmiştir. Isıtıcının dizüstü (Windows) ve tablet (IOS) sistemleri için kontrolü sağlanmış, veriler veritabanına kayıt edilmiş ve ısıtma sistemi için enerji tüketim eğrileri oluşturulmuştur [61].

Kamlaesan B. ve arkadaşları tarafından yapılan bir transformatörün izlenmesi çalışmasında, trafo kullanımına bağlı olarak, trafo için sağlık analizi yapılmıştır. Transformatör üzerinden belirli noktalarda sıcaklık ve kıvılcım sensörleri aracılığıyla ölçümler, Arduinu Uno kartı ile alınmış ve çalışmada bulut platformu kullanılmamıştır [62].

IoT platformunda kullanılan cihazlar için güç tüketimi ve enerji hasadının incelendiği çalışmada, kablosuz sensör ağları ve yapı otomasyon sistemleri gibi yapılarda güç aktarımı ve hibrit enerji yönetim sistemleri için modeller oluşturulmuştur. Modeller üzerinde yapılan çalışmalarda verimlilik üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bulut platformunun kullanılmadığı çalışmada mevcut sistemlerde kullanılan ağ yapılarının gözden geçirilmesi gerektiği, pilsiz IoT ekipmanlarının geliştirilebileceği ve IoT sistemleri için enerji verim konusunun evrenselleştirilmesi gerektiği aktarılmıştır [63].

Bulut platformunun kullanılmadığı bu çalışmada ise, bataryaların dengeli ve güvenli bir biçimde şarj edilmesi için şarj esnasında gerilimlerin, akımların ve batarya sıcaklıklarının güvenli sınırlar içinde kalması ve bataryaların optimum şekilde şarj olabilmesi sağlanmıştır. Pil hücrelerindeki şarj parametrelerinin internet ortamına yayınlanması için ESP8266 modülü, sistemdeki ana kontrolün sağlanması için Powerful XMC4500 ARM mikroişlemci kartı kullanılarak mobil cihazlar ve bilgisayarlarda görüntülenmesi sağlanmıştır [64].

Hibrit enerji sistemi üzerine prototip geliştirilmesi çalışmasında ise, işlemsel yükselteçler üzerinden sensör ölçümleri alınarak, ESP8266 modülüne aktarılmış ve modül üzerinden internete ölçüm verileri aktarılmıştır. Prototip kart geliştirilen bu sistemde bulut platformu kullanılmamış olmasına karşın, verilerin seri port üzerinden görüntülenmesi sağlanmıştır. Güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin IoT tabanlı olarak izlenmesi ve kontrolü hedeflenmiştir [65].

Bulut platformunun kullanılmadığı bu çalışmada ise, biyolojik yakıt hücresi kullanımı ile ortamdaki nem, sıcaklık ve ışık şiddeti ölçümleri Bluetooth haberleşmesi ile alınmıştır. Çalışma sonucunda, kablosuz iletişim uygulamalarında karşılaşılan güç tüketiminin minimum seviyeye indirgenerek IoT bazlı ölçüm modülü tasarlanmıştır [66].

Tek fazlı bir transformatörden deneysel olarak alınan sıcaklık bilgisiyle birlikte transformatörden beslenen elektrik yükünün değerleri için sıcaklık-yük eğrisi oluşturulan çalışmada, kontrol kartı olarak Arduino Uno kullanılarak internet erişimi ESP8266 modülü ile sağlanmış ve ölçümler DHT11, LM35, TA12-200 sensör modülleri ile alınmıştır. IoT hiyerarşisi için önerilen prototip çalışmasında, bulut sunucu ve IoT hizmeti sunan “ubidots.com” web sitesi üzerinden sağlanmıştır [67].

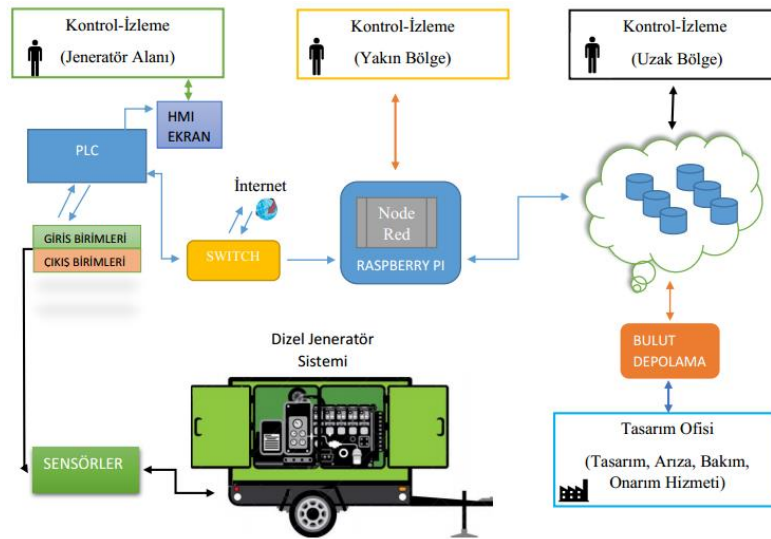


### 3. MATERYAL YÖNTEM

Gerçekleştirilen çalışmada, güç sistemlerinde özellikle kritik noktalarda kullanılan jeneratör sistemleri referans yapı olarak seçilmiştir. Kullanılan jeneratör sistemi 30 kVA elektrik gücü sağlamakta olup, ada tipi çalışmak üzere tasarlanmıştır. Çalışma metodolojik olarak iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, jeneratör üzerindeki mevcut kontrol yapısına ek olarak IoT tabanlı bir izleme, kontrol etme ve raporlama sistemi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise, IoT tabanlı sistemin sanayide yaygın olarak kullanılan OPC destekli ve IIoT tabanlı sistemler ile karşılaştırılmasının yapılması ve IoT tabanında kullanılan yazılım kısıtlarının aşılması açısından IIoT tabanlı deneysel bir izleme, kontrol etme ve raporlama sistemi geliştirilmiştir.

#### 3.1 IoT Tabanlı Olarak Gerçekleştirilen Uygulama

Jeneratör üzerine doğal çalışma yapısına ek olarak sonradan yerleştirilen sensörler ile elde edilen sensör ölçüm verilerinin; PLC, HMI, Raspberry Pi ve bulut bilişim sistemleri ve yazılımların kullanımı ile gerek uzak gerekse yakın noktalardan kontrol edilmesi ve izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan çalışma yapısı Şekil 3.1’de verilmiştir.

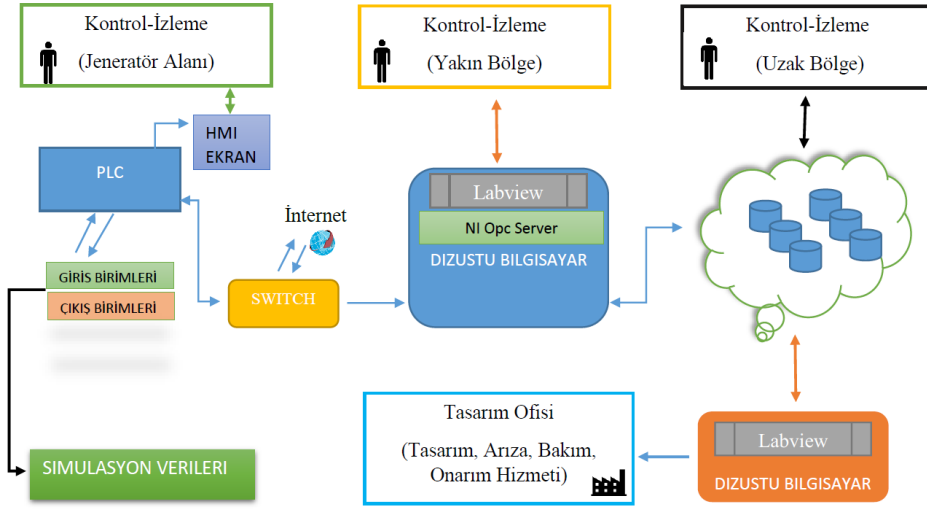


Şekil 3.1: IoT tabanlı uygulama sisteminin genel şeması.

Verilen yapıda jeneratörden alınan ölçümler, PLC aracılığı ile anlamlandırılarak HMI ekrana aktarılmaktadır. HMI ekran aracılığı ile görselleştirilen ve PLC tarafından gönderilen veriler aynı zamanda Raspberry Pi tarafından alınarak, burada çalışan Nore-Red yazılımı üzerinden hem Microsoft Azure platformuna gönderilmekte hem de başka kullanıcılarında erişimi için ikinci kez görselleştirilmektedir. Microsoft Azure platformuna alınan veriler ise burada depolanarak eş zamanlı bir biçimde yine Microsoft firmasının bulut bilişim hizmeti olan Power BI platformuna gönderilmektedir. Power BI tarafından alınan veriler için, kullanılan işletim sistemi (Linux, Windows vb.) ve erişim platformu (dizüstü bilgisayar, tablet bilgisayar, cep telefonu vb.) fark etmeksizin erişim sağlamak ve jeneratör performansının değerlendirilebilmesi için Power BI’da bir web arayüzü tasarlanmıştır. Aktarılan çalışmada jeneratör için gerilim, akım, frekans, alternatör sıcaklığı vb. dizel motor için ise yağ/su basıncı, yağ/su sıcaklığı, yakıt seviyesi vb. büyüklükler ölçümlenmiştir.

### **3.2 IIoT Tabanlı Olarak Gerçekleştirilen Uygulama**

Gerçekleştirilen IIoT uygulamasında ise PLC sistemlerinde standartlaşmayı sağlayan OPC tabanlı PLC’den verilerin elde edilmesinde kullanılmıştır. PLC’nin ölçümlemesi gereken veriler PLC içerisinde simüle edilmiştir. Bu veriler yine HMI ekran aracılığı ile görselleştirilmiştir. Simüle edildikten sonra görselleştirilen ölçüm verileri; esnek programlama ve modül yapısı ile birlikte karmaşık uygulamalarda sunulan destek gibi özellikleri bir arada sunmasından dolayı Labview yazılımına aktarılmıştır. Labview yazılımında ise hem yerel SCADA ekranı oluşturularak kullanıcı bilgilendirilmiş hem de ölçüm verileri Azure bulut platformuna gönderilmiştir. PowerBI hizmetinin kullanılmadığı bu yapıda aynı işlevsellik Labview yazılımında oluşturulan ikinci bir SCADA ekranı ile sağlanmıştır. IIoT tabanlı olarak gerçekleştirilen uygulama yapısı Şekil 3.2’de verilmiştir.



**Şekil 3.2:** Labview yazılımı, OPC destekli IIoT uygulama şeması.

Gerek jeneratörden ölçüm verilerinin alınması ve kontrol edilmesi gerekse simülasyon verilerinin alınması, kontrol edilmesi ve IoT ile IIoT tabanlı uygulamaların yapılabilmesi için uygun donanım seçimleri ile birlikte yazılım seçimleri yapılmıştır. Donanım seçimlerinin yapılmasının ardından oluşturulan konfigürasyona uygun yazılımlar içerisinde ihtiyaç duyulan programlamalar yapılmıştır.

### 3.3 Donanım Seçimleri

Sistemde ölçümlene ve kontrol yapılacak olan birim olarak bir jeneratör tercih edilmiştir. Ölçümlerin alınması ve sistemin kontrol edilmesi için PLC, verilerin farklı bölgelerde bulunan kullanıcılar ile tasarım ofisine sunulmasında ethernet switch, bilgisayar ve bulut bilişim kullanılmıştır.

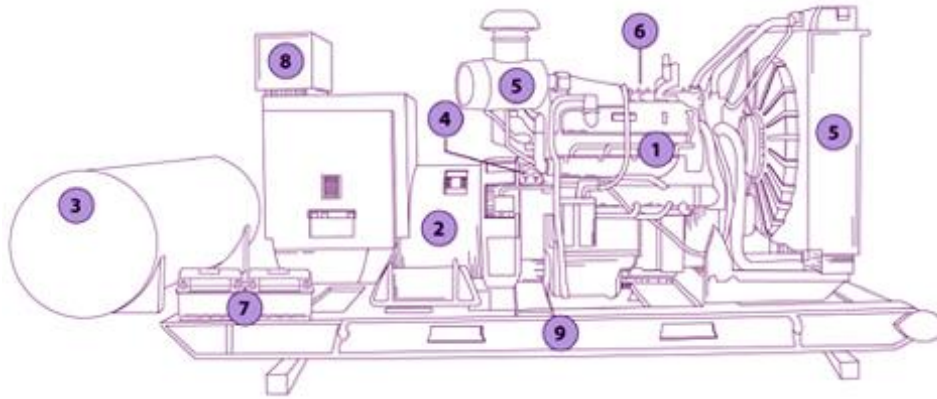
#### 3.3.1 Jeneratör Sistemleri

Jeneratörler, elektrik kesintisi yaşanması durumunda veya kesintinin yaşanmadığı durumlarda yedek/destek elektrik güç ihtiyacını karşılamak üzerine kullanılan elektrik makineleridir. Genel yapı itibariyle jeneratörler, mekanik

enerjinin sağlandığı (motor) kısım ve elektrik enerjisinin üretildiği (alternatör) kısımlarından oluşmaktadır.

Jeneratörler mekanik enerjinin sağlandığı kısımda yer alan motorların türlerine göre benzinli, dizel, doğalgazlı olarak ve elektrik enerjisinin sağlandığı kısımda DC ve AC jeneratörler olarak sınıflara ayrılmaktadır. AC jeneratörler de kendi içinde elektrik faz sayısına göre tek fazlı, üç fazlı vb. şeklinde ayrılır.

AC jeneratörlerde üretilen gerilimin genliği zamana bağlı olarak değişmekte olduğu için piyasada çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar. DC jeneratörlerde üretilen gerilim ise sabit yapıda olup daha çok akü şarjı ve DC sistemlerin kullanıldığı televizyon yayın araçları, haberleşme kuleleri vb. yapılarda kullanılmaktadır. Genel olarak bir jeneratörün yapısı Şekil 3.3’de verilmiştir [68].



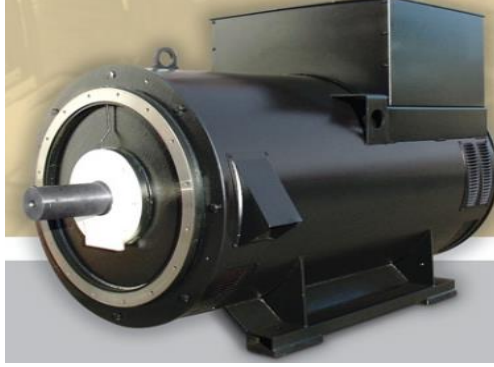
Şekil 3.3: İçten yanmalı motor ile tahriklenen AC jeneratör.

Şekil 3.3’de verilen bölümler için ilk numaradan başlayarak sırası ile mekanik tahrikin yapıldığı içten yanmalı motor, alternatör, yakıt sistemi, voltaj regülatörü, havalandırma sistemi, motor yağ sistemi, batarya şarj edici, jeneratör kontrol paneli ve şasi yer almaktadır.

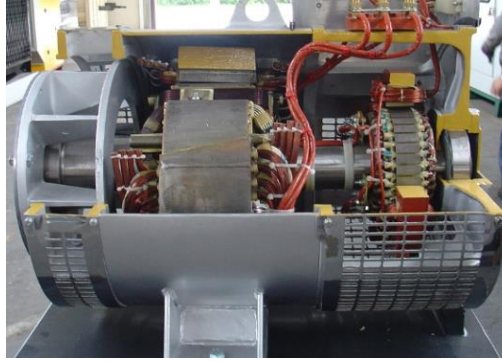
### 3.3.1.1 Alternatör, Tahrik Motoru ve Şasi

Jeneratör sistemlerinde kullanılan alternatörler, elektrik enerjisinin üretildiği kısımdır. Teknik açıdan döner elektrik makinaları olarak isimlendirilir. Alternatörlerin gücü, gerilimi, frekans değeri vb. elektriksel nitelikler son

kullanıcının ihtiyaçlarına yönelik tasarlanarak üretilmektedir. Alternatörler yapılarına göre Senkron ve Asenkron alternatör olarak ikiye ayrılırlar. Şekil 3.4’de örnek bir alternatör Şekil 3.5’de ise örnek bir alternatörün iç yapısı verilmiştir.



Şekil 3.4: Örnek senkron alternatör.



Şekil 3.5: Senkron alternatör iç yapısı.

Jeneratörlerde kullanılan motorlar farklı yakıtlar ile çalışmakta ve kullanılacak alternatörün elektriksel güç ve devir sayısına uygun olarak motor seçimi yapılmaktadır. Şekil 3.6’da örnek olarak dizel yakıt kullanılan içten yanmalı motor verilmiştir.



Şekil 3.6: Örnek içten yanmalı motor.

Şasi ise motor ile alternatör gibi ana bileşenlerin ve alt bileşenlerin konumlandırıldığı yapıdır. Kullanıcı talebine ve jeneratör sisteminin fiziksel büyüklüğüne göre, şasi tasarımları da değişmektedir. Şekil 3.7’de örnek jeneratör tasarımları ve şasi yapıları verilmiştir.



Şekil 3.7: Farklı özelliklere sahip jeneratörler ve şasileri.

### 3.3.1.2 Kontrol Paneli ve Voltaj Regülatörü

Kontrol panelleri jeneratör sistemlerinin kontrol edilmesi ve izlenmesinde en etkin rolü üstlenmiştir. Bu bağlamda çevre birimlerden alınan ölçümleri kullanarak hem kullanıcının bilgilendirilmesini hem de sistemin güvenliğini sağlamaktadırlar. Şekil 3.8’de örnek bir jeneratör kontrol paneli verilmiştir.



Şekil 3.8: Jeneratör kontrol paneli örneği.

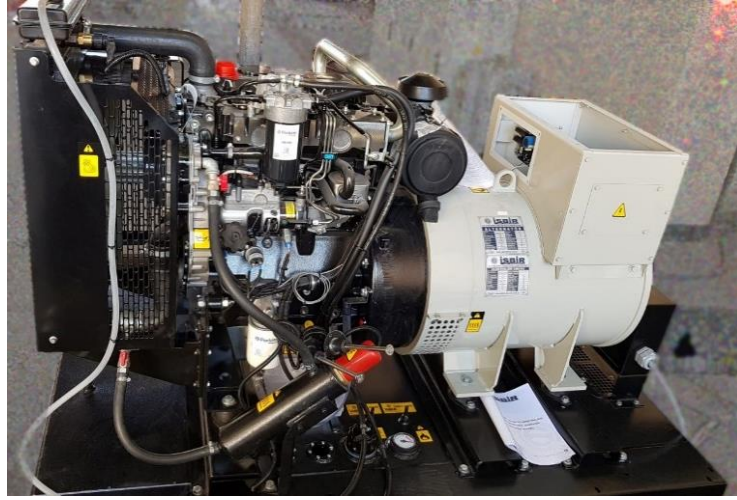
Alternatörün istenilen gerilim değerlerini üretebilmesinde ve güvenli bir şekilde gerilimin kontrol edilmesinde ise alternatör içerisinde yer alan otomatik

voltaj regülatörü (AVR) olarak isimlendirilen elektronik kartlar kullanılmaktadır. Şekil 3.9’da örnek AVR kartı verilmiştir.



Şekil 3.9: Otomatik voltaj regülatör kartı.

Bu çalışmada jeneratör sistemi olarak trifaze çıkışlı, 50 Hz frekans üretebilen ve 1500 devir/dakika sabit hızda çalışan elektronik panel kontrollü İŞBİR marka dizel jeneratör kullanılmıştır. Kullanılan jeneratör fotoğrafı Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10: Dizel Jeneratör sistemi.

### 3.3.2 Programlanabilir Lojik Denetleyici ve Bileşenler

Jeneratör sistemimizden alınması gerekli ölçümler başta olmak üzere, gerekli yönlendirme işlemleri gibi görevleri yerine getirmek için Şekil 3.11’de verilen Delta Dvp-12Se PLC tercih edilmiştir. PLC biriminin dış aygıtlardan veri alabilmesi için elektronik dönüşüm yapan modüller kullanılmıştır. Tablo 3.1’de kullanılan PLC’nin teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.11: Programlanabilir lojik denetleyici.

Tablo 3.1: Delta 12SE serisi PLC özellikleri.

Özellik	Açıklama
İşlemci	32 Bit
Program kapasitesi	16kB
Bağlantı türü	Ethernet, Modbus
Barındırılan portlar	1 Adet Micro Usb , 2 Adet Rs485
Giriş sayısı	4 Dijital çıkış, Röle tipi çıkış
Çıkış sayısı	7 Dijital giriş

Şekil 3.12’de yer alan analog ölçüm modülü ile dış ortamdan sensörler kullanarak alınması gereken değişken akım veya gerilim büyüklüklerinin, PLC’nin okuyabileceği şekilde dönüşümü yapılmaktadır. Bu modül ile piyasada yaygın olarak kullanılan ve sinyal geri bildirimini 4-20mA, 0-+10VDC, -10+10VDC olan sensörler kullanılarak belirtilen aralıklardaki büyüklükler ölçülebilmektedir. Modül üzerinde 12 bit çözünürlüğe sahip 4 giriş kanalı bulunmaktadır [69].

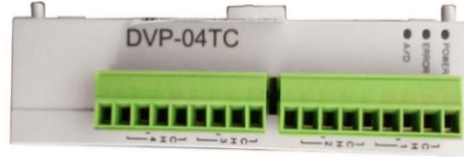


Şekil 3.12: Analog veri ölçümleme modülü.

Sıcaklık modülü ise sıcaklık ölçümüne ihtiyaç duyulan bölgelerde termokupl sensörler üzerinden alınan ölçümlerin, PLC tarafından algılanabilen bilgilere dönüşümü sağlanmaktadır. Termokupllar imal edilen malzemenin yapısına göre, -200C° ile +2320C° arasındaki uygulamalarda kullanılabilmektedirler [70]. Modül



üzerinde bulunan 4 kanal ile 14 bit çözünürlükte veri işlemek mümkündür. Ayrıca farklı tipte bulunan termokupl sensörleri desteklemektedir [71]. Şekil 3.13’de kullanılan modül görseli bulunmaktadır.



Şekil 3.13: Termokupl modül.

PLC modüllerine ise gerekli olan ölçüm bilgilerini kullanılacak alana göre seçilen sensörler sağlamaktadır. Sensörler, en dış katman olarak PLC yapılarında yer almalarına karşın sistemin temel taşıdırlar. Endüstriyel sistemlerde yanlış alınan bir ölçüm sistemi, durumu istenilmeyen noktalara götürebilmektedir.

### 3.3.3 Sensörler

İhtiyaç duyulan ölçümlerin alınabilmesi için gerilim sensörü, akım sensörü, frekans/voltaj dönüştürücü sensörü, sıcaklık sensörü gibi dönüştürücülere ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada jeneratör üzerinden alınan ölçümler, sensörlerin kullanımı ile sağlanmıştır.

Kullanılan multimetre; elektrik enerjisinin gerilim, akım, frekans, faz açısı gibi niteliklerinin ölçülmesinin yanında bu bilgilerin Rs-485 standardı aracılığı ile başka cihazlara aktarılmasını desteklemektedir. İki pinli iletişim yapısı üzerinden çalışan Rs-485 standardı ile aynı haberleşme hattı üzerinde maksimum 32 cihaz iletişim kurabilmekte ve maksimum iletişim mesafesi 1200 metredir.

Belirtilen özelliklere ek olarak multimetrenin; faz sırası koruması, istenmeyen durumlar için alarm çıkış kontağı ve düşük/aşırı akım koruma yetkinlikleri bulunmaktadır [72]. Kullanılan dönüştürücü sensörden akım, gerilim ve frekans bilgileri PLC aracılığı ile alınmıştır. 3 Fazlı sistemden ölçümlerin alınmasında kullanılan multimetre Şekil 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.14: Modbus haberleşme destekli multimetre.

Kullanılan multimetrenin elektrik akımını ölçebilmesi için akım trafosu kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Akım trafoları primer akımı ile sekonder akımı arasındaki faz farkının  $0^\circ$  olduğu elektrik trafolarıdır. Kullanım alanlarına ve ihtiyaç duyulan elektriksel güç değerlerine göre farklı yapıda imal edilmektedirler. Multimetre sensörü ile birlikte kullanılan akım trafosu 50/5A akım dönüşüm özelliğine sahiptir. Tercih edilen akım trafosu Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.15: Akım trafosu.

Sıcaklık ölçümünde çok sık kullanılan termokupl sensörler farklı iki iletken malzemenin birleştirilmesi ve bu birleşim noktasına uygulanan ısıya göre malzemenin açık uçlarında gerilim oluşması prensibine göre çalışırlar. Termokupl sensörlerin kullanılan iletkenlerin türüne bağlı olarak sıcaklık katsayıları değişir ve en genel tanımıyla bu sensörler  $-200^\circ\text{C}$  ve  $+2320^\circ\text{C}$  sıcaklıkları ölçmek için

kullanılırlar [73]. Alınacak sıcaklık ölçümlerinde kullanılmak üzere Şekil 3.16’da verilen, -200°C ve +300°C değerleri arasında ölçüm yapabilen T tipi termokupl sensörler kullanılmıştır.



Şekil 3.16: Termokupl sensör.

Dizel motor sistemlerinde bulunan yağ ve su gibi akışkanların sıcaklıkları ile basınçlarını ölçmek için kullanılan sensörler ‘müşür’ olarak isimlendirilirler. Hararet müşürü olarak kullanılan sensörler motor suyunun ve yağ sıcaklığını ölçmek için basınç müşürü ise dizel motor su ve yağ basıncını ölçmek için kullanılmaktadır. Örnek müşürler Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.17: Basınç ve hararet müşürleri.

Sensör ve modüllerin kullanımı ile PLC üzerinden alınan verilerin kullanıcı tarafından anlamlandırılması için dönüşüm işlemine ihtiyaç vardır. Görselleştirme ve kontrol başta olmak üzere birçok etkinliği bulunan HMI ekranlar içerisinde insan barındıran sistemlerin neredeyse tamamında tercih edilmektedir.

### 3.3.4 HMI Ekran

HMI ekran içinde işletim sistemi barındıran ve insan-makine arayüzü olarak da nitelendirilen bilgisayarlardır. İşletim sistemleri kullanıcı kontrolüne kapalı olup, özel olarak geliştirilen yazılımlar üzerinden programlanmaktadır [74].

PLC ile kullanıcı arasındaki gerekli bilgilendirme ve kontrol işlemleri için kullanılmaktadır. Ekran ile PLC arasındaki haberleşme Rs485 standardı kullanılarak yapılmıştır. HMI ekran olarak Delta firmasının DopB-07s411 ürünü kullanılmıştır.

Kullanılan HMI Ekran 7" ekran boyutuna sahip olup gerçek zaman saati, dahili sesli ikaz, 1 adet usb giriş, 1 adet com port giriş gibi özellikleri barındırmaktadır. Ayrıca Delta Real Time OS işletim sistemine ve 32 bitlik bir işlemciye sahiptir. Şekil 3.18'de verilen ekran, 0°C - 50°C sıcaklıkları arasında kullanıma ve IP65 koruma seviyesine sahip olduğu için birçok dış ortam uygulamasında tercih edilmektedir [75].



Şekil 3.18: HMI dokunmatik ekran.

PLC, PLC modülleri, HMI, sensörler vb. malzemelerin yer aldığı otomasyon sistemi için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin sağlanmasında 220VAC/24VDC dönüşümü sağlayan 150W çıkış gücüne sahip ray tipi güç kaynağı kullanılmıştır. Güç kaynağı frekans ve aşırı gerilim korumasına sahip olup maksimum %87 verim ile çalışmaktadır [76]. Kullanılan güç kaynağı Şekil 3.19'da verilmiştir.



**Şekil 3.19:** Güç kaynağı.

### 3.3.5 Raspberry Pi3

Raspberry Pi3 minibilgisayarı, gerekli olan donanımları kendi üzerinde barındırır ve kredi kartı büyüklüğündedir. Mini bilgisayar 2009 yılında geliştirilmeye başlanmış, 2012 yılında satışa çıkarılmış ve farklı modeller ile kullanıcılara sunulmuştur. Raspberry Pi3 bilgisayarına Linux tabanlı işletim sistemlerinin yanında Windows tabanlı işletim sistemleri de kurulabilmektedir [77].

Bu çalışmada Linux işletim sistemi ile kullanılan olan Raspberry Pi3, 4 çekirdekli ArmV8 – 1.2 Ghz CPU'ya sahip olup, WI-FI, bluetooth, HDMI çıkışı, hafıza kartı girişi, usb girişler, 1gb ram, ve giriş/çıkış birimlerini barındırmaktadır [78].



**Şekil 3.20:** Raspberry Pi3.

### 3.3.6 Ethernet Switch

Üzerinde birçok porta sahip olan bir anahtarlama cihazıdır. Bu cihaz üzerinde bulunan portlara bağlanan bilgisayarların ağ paylaşımlarını ve güvenlik erişimini yönetmeyi sağlar [78]. Ethernet switch olarak ItSpeed ITP-SF1008D ürünü kullanılmıştır. Bu ürün 8 port giriş/çıkış birimini 10/100Mbps bağlantı hızını RJ45 soket yapısı ile sağlamaktadır [79]. Itspeed firmasına ait switch modülü Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21: Ethernet switch.

## 3.4 Yazılım Seçimleri

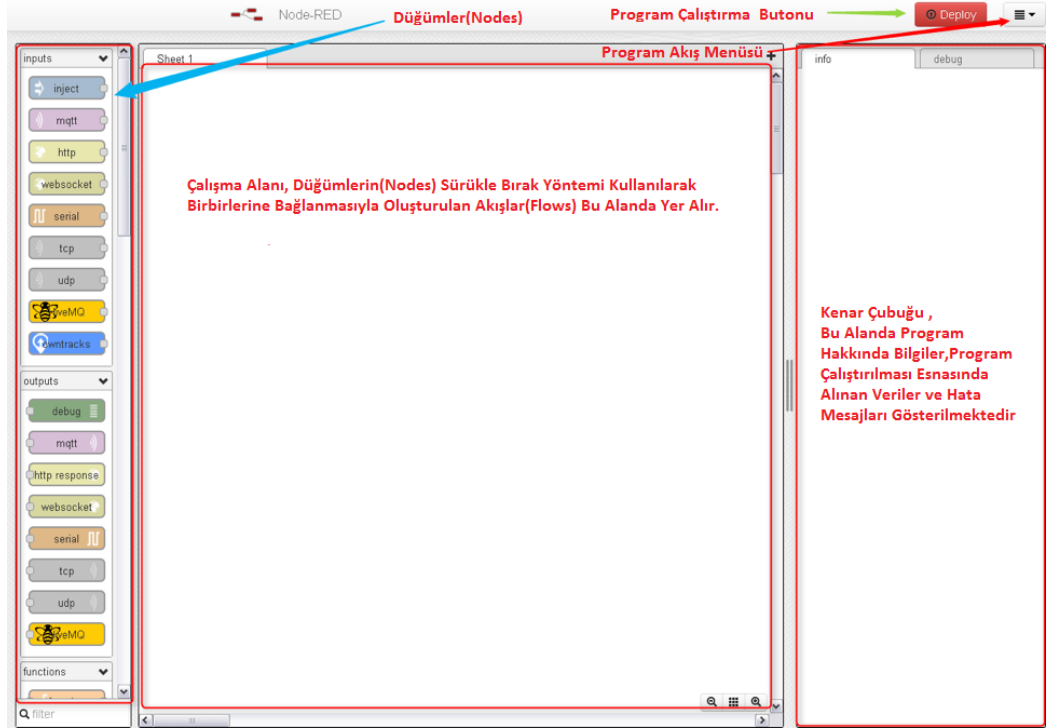
Oluşturulan sistemde bulunan donanım birimlerinin entegrasyonunda ve kullanıcıya özel olarak hizmet verilmesi hususunda yazılımların seçimi ve kullanımı büyük önem arz etmektedir.

### 3.4.1 Node-RED Yazılımının Kullanımı

Node-RED yazılımı jeneratöre ait ölçüm verilerinin PLC aracılığı ile bilgisayara aktarılması, Azure platformuna ilgili verilerin gönderilmesi ve kullanıcı için görsel kontrol ekranı oluşturulması için kullanılmıştır.

Node-RED genellikle Raspberry Pi üzerinde çalışan uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Windows ve Android işletim sistemine sahip olan bilgisayarlarda da çalıştırılabilmesi için geliştirilmiş yazılım versiyonları bulunmaktadır.

Node-RED yazılımı üzerinde programlama yapılırken önceden tanımlanmış "düğüm"ler" kullanılabileceği gibi JavaScript kullanarak "düğüm"ler" içerisine yazılabilen kodlar ile programa ek işlevsellik kazandırılmaktadır. Yazılımın ana ekranı Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22: Node-RED yazılımı çalışma alanı.

### 3.4.1.1 Veri Yapısı

PLC tarafından alınan ölçüm bilgilerinin bilgisayarlara gönderiminde haberleşme protokollerinin kullanımına ek olarak aynı bilgilerin Node-RED yazılımı ile Microsoft Azure bulut bilişim platformuna gönderiminde de haberleşme protokolleri kullanılmaktadır. Bulut sistemine gönderilen verinin formatı JSON mesaj türüdür. Node-RED yazılımında JSON mesajları kullanılmıştır.

JSON veri formatı, C, C ++, C #, Java, JavaScript, Perl, vb. olmak üzere C ailesi dillerinin arasında tek tip veri formatı hizmeti sunarak veri değişimi sağlamaktadır. JSON verisinin tek tip olması onu ideal bir veri değiş tokuş dili yapmaktadır.

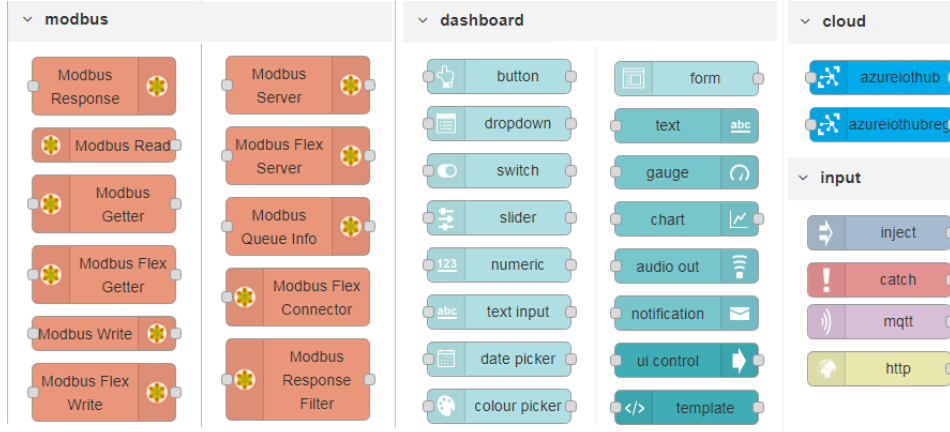


Şekil 3.23: JSON veri yapısı.

### 3.4.1.2 Yazılım Modülleri

Node-RED yazılımında kullanılan ve ihtiyaca yönelik programlama için gerekli modüller yazılım arayüzü kullanılarak yüklenebildiği gibi Linux işletim sistemi bulunan bilgisayarda komut istemci ekranı ve Linux komutları kullanarak da yüklenebilmektedir. Node-RED yazılımında verilerin PLC'den okunması için "Modbus" modülü, okunan verilerin görselleştirilmesi için "Dashboard" modülü, verilerin Azure platformuna gönderiminde "Cloud" modülü, program içerisinde koşullandırma işlemleri için ise "Input" düğümü kullanılmıştır. Yazılım içerisinde kullanılan düğümler Şekil 3.24'de verilmiştir.



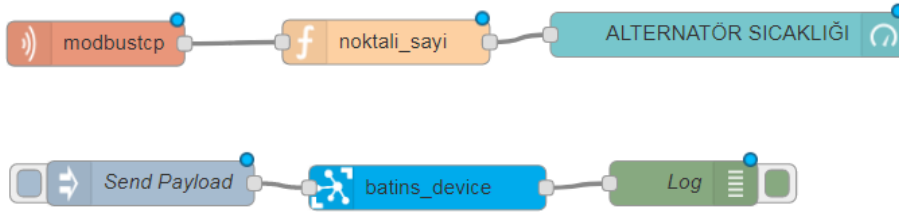


Şekil 3.24: Node-RED yazılım modülleri.

### 3.4.1.3 Veri Görüntüleme ve Gönderme

Bilgilerin yakın bölge kullanıcısı tarafından görüntülenmesi için kullanılan Node-RED yazılımında, PLC üzerinden alınan ölçümler TCP/IP bağlantısı kullanılarak görüntülenmiş ve bu bilgiler Azure platformuna gönderilmiştir.

Verilerin bulut platformuna gönderiminde MQTT protokolü kullanılmıştır. Şekil 3.25’de aktarılan işlevleri yerine getiren Node-RED düğümleri yer almaktadır.



Şekil 3.25: Bulut bilişim platformuna veri gönderme düğümü.

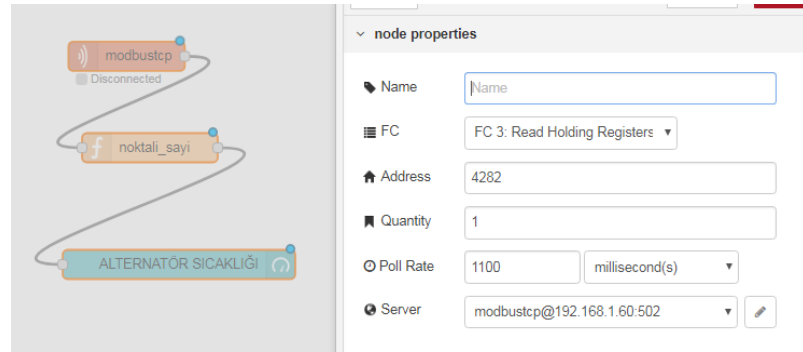
Node-RED yazılımında PLC ile haberleşmenin sağlanabilmesi için “modbus” düğümü kullanılmıştır. Bu düğümün düzgün bir biçimde çalışabilmesi için iletişim ayarlarının yapılması gerekmektedir.

İletişim ayarları yapılırken PLC tarafında kullanılan giriş/çıkış ve hafıza birimlerinin modbus adresleri tanımlanır. Ethernet switch ile birlikte PLC arasında

Ethernet kablosu ile bağlantı kurulur ve PLC'ye tanımlanan IP adresi ile birlikte hangi zaman aralıkları ile PLC'nin adresinden okuma yapılacağı ayarlanır. Node-RED yazılımı için PLC için kullanılan PLC hafıza adresleri Şekil 3.26'da, modbus düğümü ayarları ise Şekil 3.27'de verilmiştir.

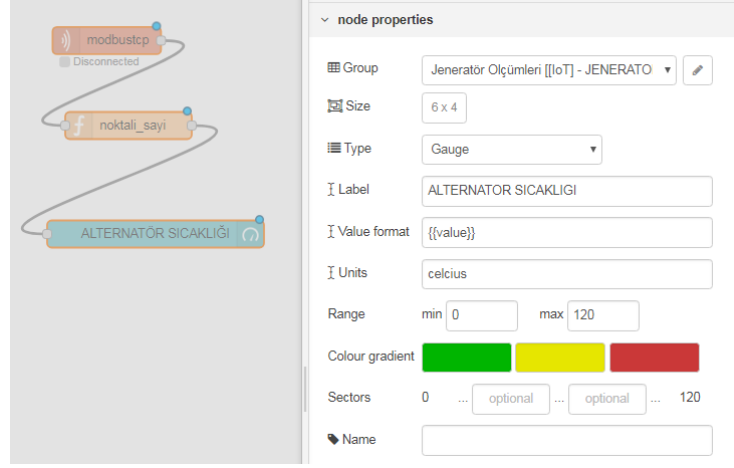
DVP SERİSİ PLC DAHİLİ HAFIZA BÖLGELERİ ADRESLERİ				
TÜR	ADRES ARALIĞI	TİP	HEXADECİMAL ADRES	MODBUS ADRESLERİ
D	000	word	1000	44097
D	001	word	1001	44098
D	002	word	1002	44099
D	003	word	1003	44100
D	004	word	1004	44101
D	005	word	1005	44102
D	006	word	1006	44103
D	007	word	1007	44104
D	008	word	1008	44105
D	009	word	1009	44106
D	010	word	100A	44107

Şekil 3.26: Delta 12SE PLC modbus adresleri.



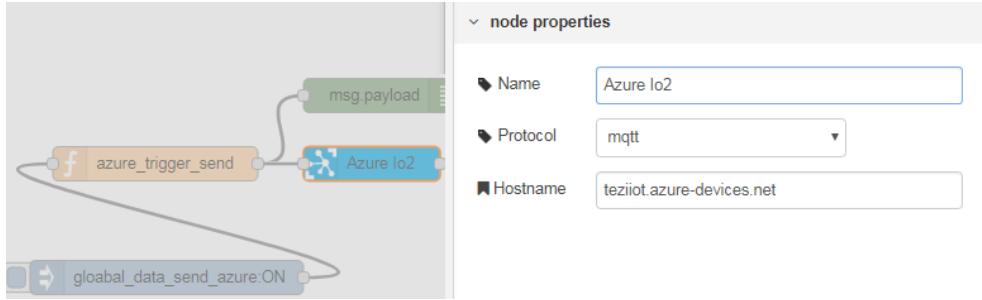
Şekil 3.27: Node-RED yazılımı modbus düğümü kullanımı.

PLC tarafından Node-RED yazılımı ile alınan ölçümlerin HMI ekran haricinde Raspberry Pi üzerinden görüntülenmesi için “dashboard” modülü kullanılarak, eş zamanlı grafikler ile kullanıcının bilgilendirilmesi sağlanmıştır. Şekil 3.28'de yazılım içerisinde kullanılan ve alternatör sıcaklığını gösteren Node-RED düğüm ayarları bulunmaktadır.



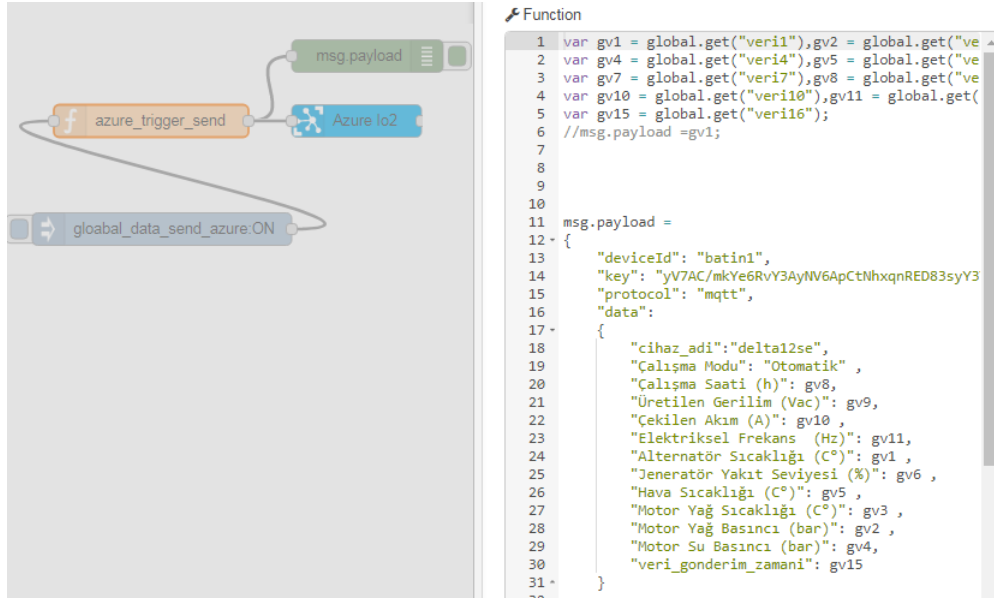
Şekil 3.28: Node-RED yazılımı dashboard düğümü

Bilgilerin Microsoft Azure platformuna gönderilmesi işleminde ise “cloud” modülü kullanılmıştır. Bu modül bulut sistemine veri gönderirken MQTT haberleşme protokollerinin kullanımına olanak sağlamaktadır. Node-RED düğümünde kullanılacak bulut platformunun sunucu ismi, kullanılacak haberleşme protokolü ve bulut yapısı içerisinde yer alan IoT Hub’ın string anahtar dizesi gibi bilgiler girilerek yapılandırma ayarları yapılmıştır. Şekil 3.29’da Azure düğümü ayarları verilmiştir.



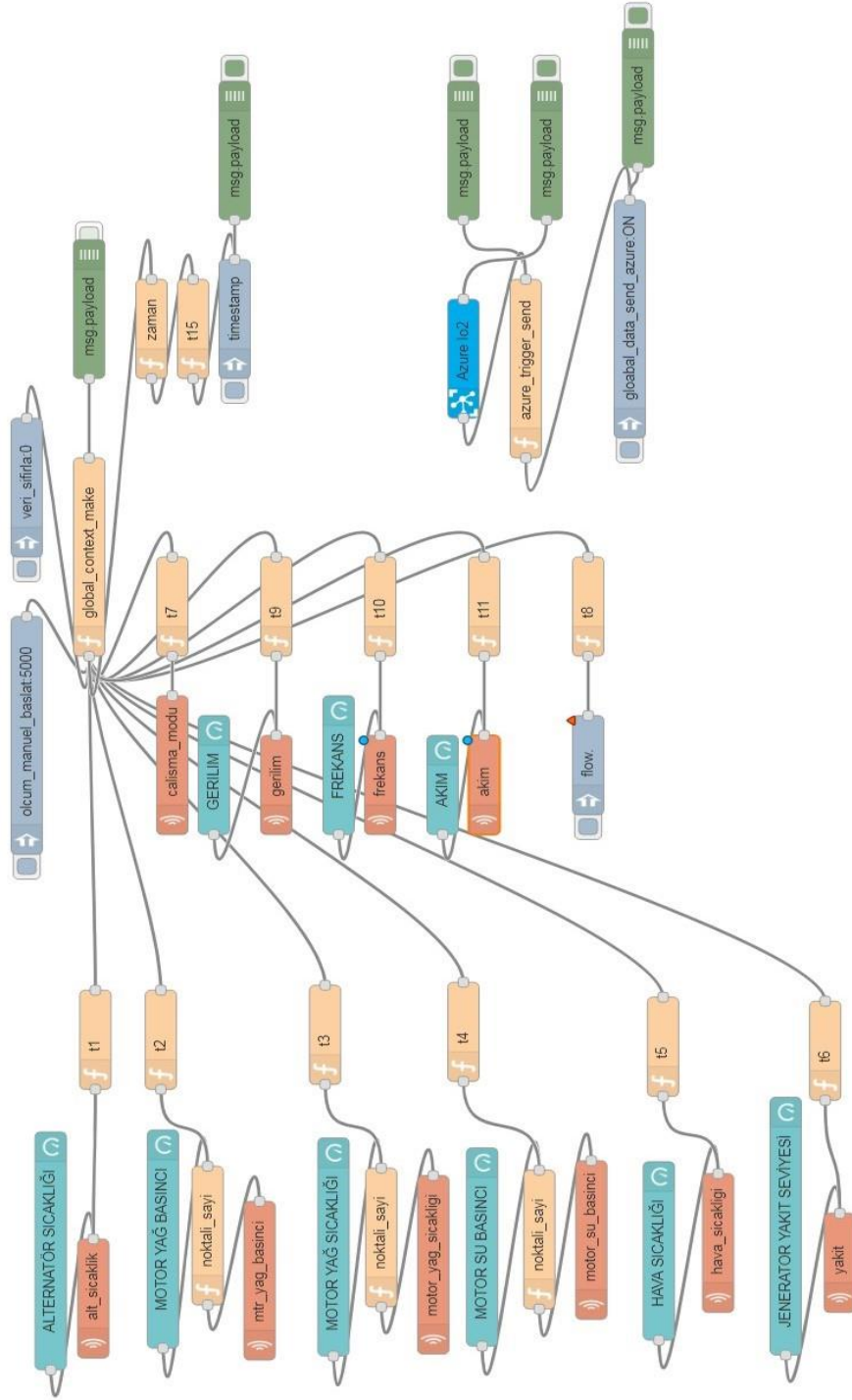
Şekil 3.29: Node-RED yazılımında kullanılan azure düğümü.

PLC üzerinden alınan verilerin Azure platformuna gönderiminde ise alınan tüm ölçümler tek mesaj içerisinde birleştirilmiştir. Mesaj birleştirme işlemlerinde global değişkenler tanımlanarak, mesajın tek parça olması sağlanmıştır. Şekil 3.30’da oluşturulan mesaj yapısı verilmiştir.



**Şekil 3.30:** Veri gönderimi için oluşturulan JSON kodları.

IoT tabanlı yapı için oluşturulan, belirtilen görevleri yerine getiren, esnek olarak platform ve cihaz ayırt etmeksizin uygulama geliştirilebilen Nore-Red yazılımına ait program blokları Şekil 3.31’de verilmiştir.



Şekil 3.31: IoT tabanlı çalışma için oluşturulan Node-RED düğümleri.

### 3.4.2 Labview Yazılımının Kullanımı

Labview yazılımı ise PLC içerisinde simule edilen ölçüm verilerinin bilgisayara aktarılması, Azure platformuna verilerin gönderilmesi, gönderilen

verilerin eş zamanlı olarak görselleştirilmesi ve Azure platformunda kayıtlı bulunan verilerin bilgisayara indirilerek depolanması, görselleştirilmesi ve raporlanması işlemleri için kullanılmıştır.

Labview, özellikle sinyal işleme alanında çok yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. Labview yazılımında Node-RED yazılımındaki gibi ihtiyaç duyulan program modülleri yazılıma eklenmektedir. Labview yazılımında programlama yapılırken önceden tanımlanmış bloklar kullanılmaktadır.

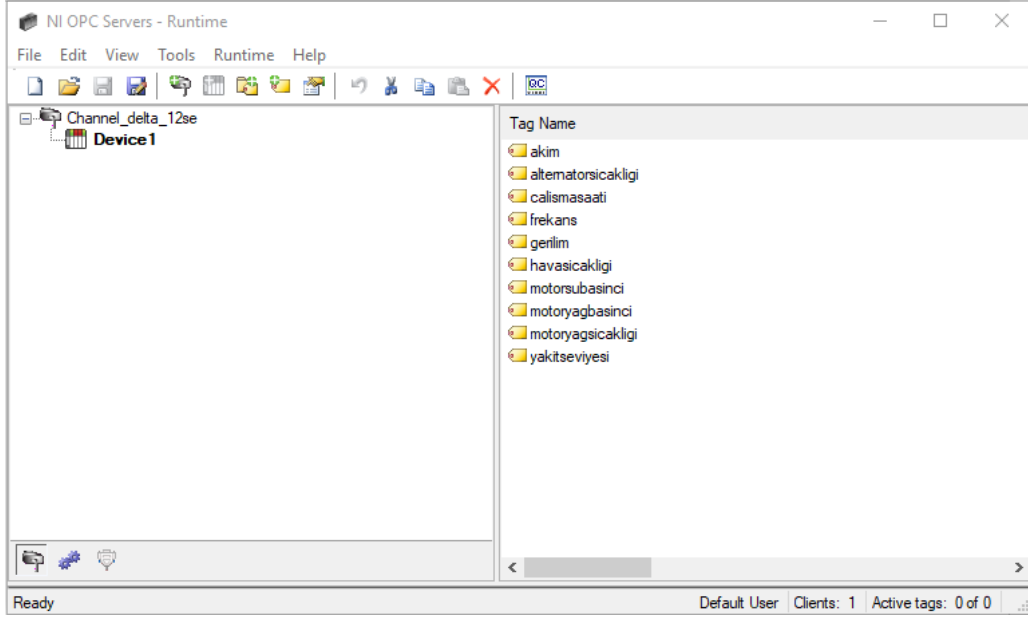
### **3.4.2.1 Yazılım Modülleri**

Labview yazılımında PLC içerisinde simule edilen ölçüm verilerinin PLC'den okunabilmesi için "OPC Servers" ve "DSC" modülü, verilerin kullanıcı için görselleştirilmesinde ise yazılım içerisinde sabit olarak bulunan modüller kullanılmıştır. PLC'den alınan verilerin Azure platformuna gönderilmesinde ise "Azure Toolkit" modülü kullanılmıştır.

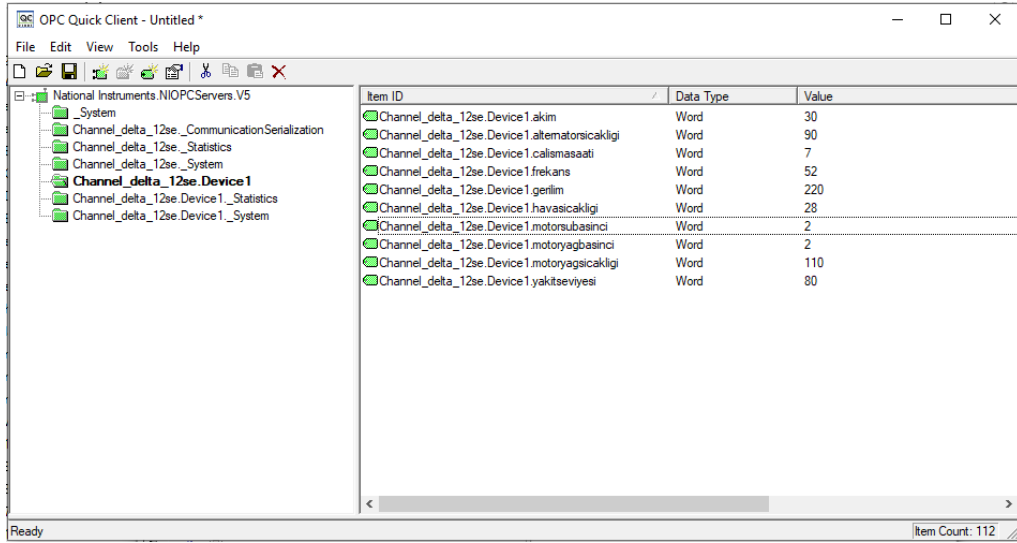
### **3.4.2.2 Veri Görüntüleme ve Gönderme**

Bilgilerin kullanıcı tarafından görüntülenmesinde SCADA ekranı oluşturulmuştur. Bu ekran üzerinden ölçümlerin görüntülenmesinde PLC ile bilgisayar arasında Modbus Tcp/Ip iletişim yapısı kullanılmıştır. Donanımsal olarak belirtilen yapının kullanımının ardından PLC üzerinden IoT tabanlı uygulamada yapıldığı gibi örnek modbus örnekleri kullanılmıştır.

PLC hafıza alanının adres tanımlamaları "NI OPC Servers" yazılımında yapılarak, ölçümler bu yazılım üzerinden "QuickConnect" sekmesi ile görüntülenmiştir. Şekil 3.32'de cihaz ve adres tanımlamaları Şekil 3.33'de ise PLC bağlantısının ardından okunan PLC hafıza alanı içerikleri verilmiştir.

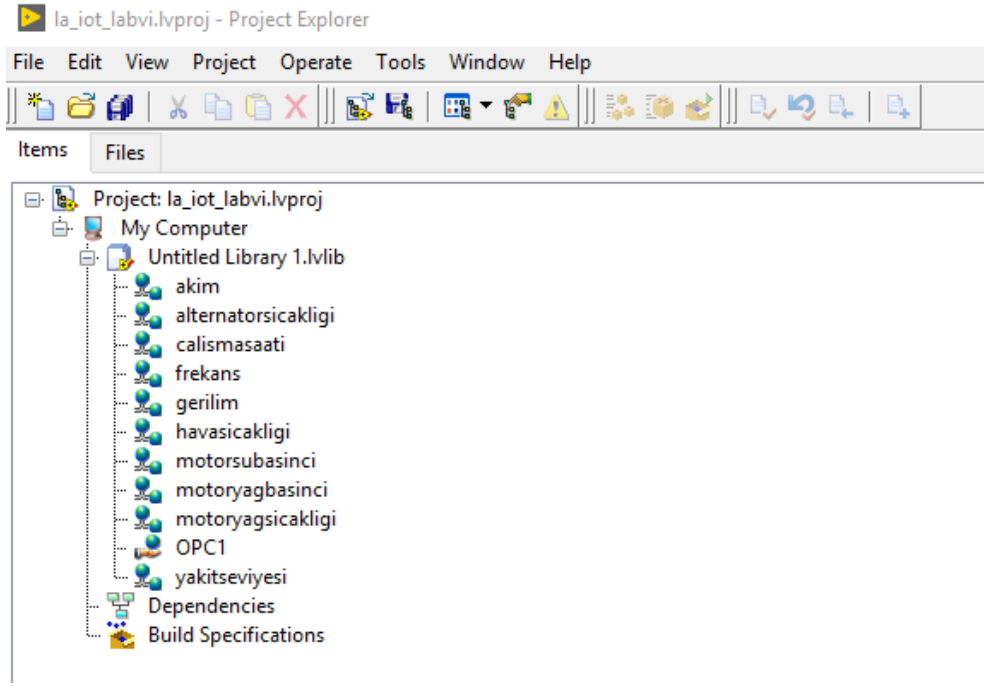


Şekil 3.32: Delta 12SE PLC için yapılan tanımlamalar.



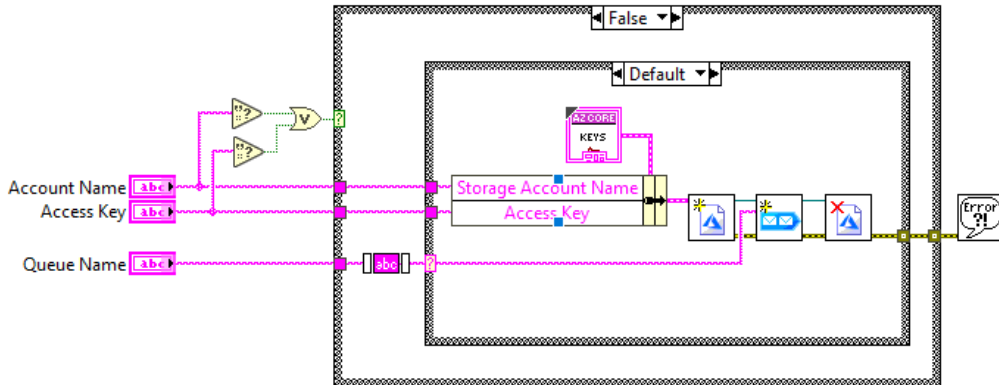
Şekil 3.33: Delta 12SE PLC üzerinden verilerin okunması.

OPC bağlantısının PLC ile yapılmasının ardından belirtilen ölçümlerin gerek kullanıcı ile buluşturulması gerekse Azure platformuna gönderimi için Labview yazılımında OPC Server oluşturulmuştur. Server üzerinden PLC Modbus adreslerinin Labview erişimi ve dağıtımı sağlanmıştır. Oluşturulan program yapısı Şekil 3.34’de verilmiştir.



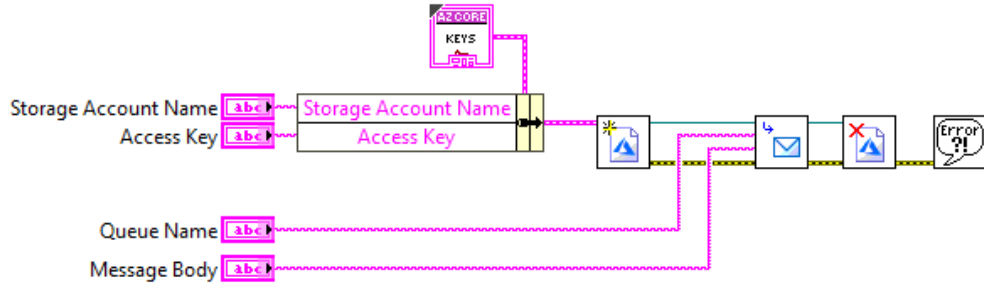
Şekil 3.34: Labview yazılımı ve OPC yapılandırması.

Labview üzerinde verilerin görselleştirilmesi ile eş zamanlı olarak Azure platformuna gönderiminde Azure Queue özelliği kullanılmıştır. Azure Toolkit modülü içerisinde bulunan özellikler sayesinde yeni Queue alanı oluşturulmuştur. Ve oluşturulan alan içerisinde sürekli veri gönderimi yapılmıştır. Şekil 3.35’de yeni bir Queue alanı oluşturmak için kullanılan program parçacığı verilmiştir. Şekil 3.36’da ise oluşturulan herhangi bir Queue alanı içerisinde veri gönderimi için kullanılan program verilmiştir.



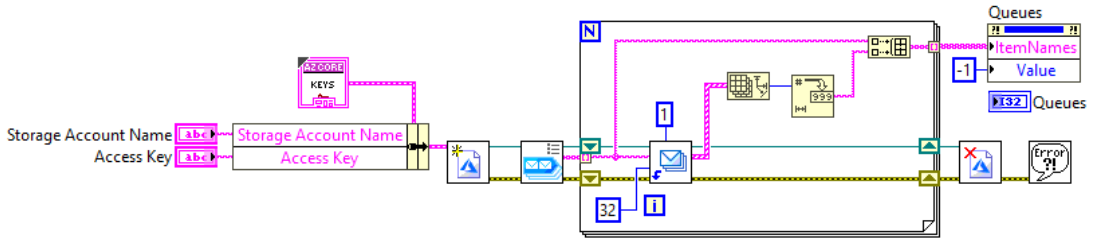
Şekil 3.35: Labview yazılımı Azure queue oluşturma.



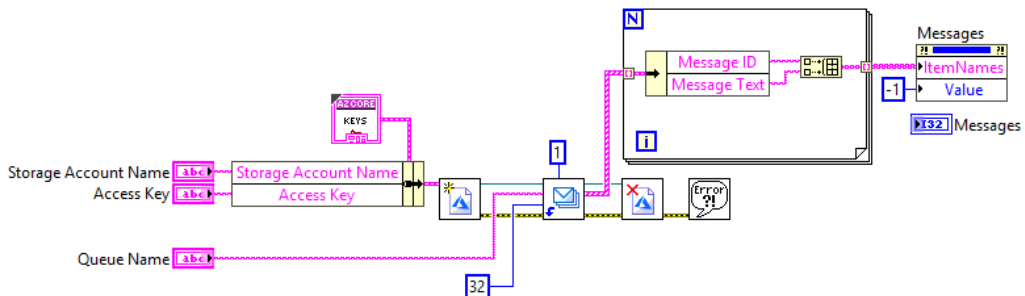


Şekil 3.36: Labview yazılımı queue alanı için mesaj oluşturma.

Labview yazılımında, IoT tabanlı uygulama sisteminde kullanılan Power BI hizmetinin görevlerini yerine getiren ve Azure platformundaki verilere erişimi sağlayan ikinci bir SCADA ekran yapısı oluşturulmuştur. Bu yapı içerisinde Azure Queue alanlarının tümüne erişim ve Queue alanı içerisindeki verilere erişim sağlanmıştır. Şekil 3.37’de oluşturulan Queue alanlarının görüntülenmesi, Şekil 3.38’de ise Queue alanı içerisindeki mesajın görüntülenmesi için oluşturulan program parçasığı verilmiştir.

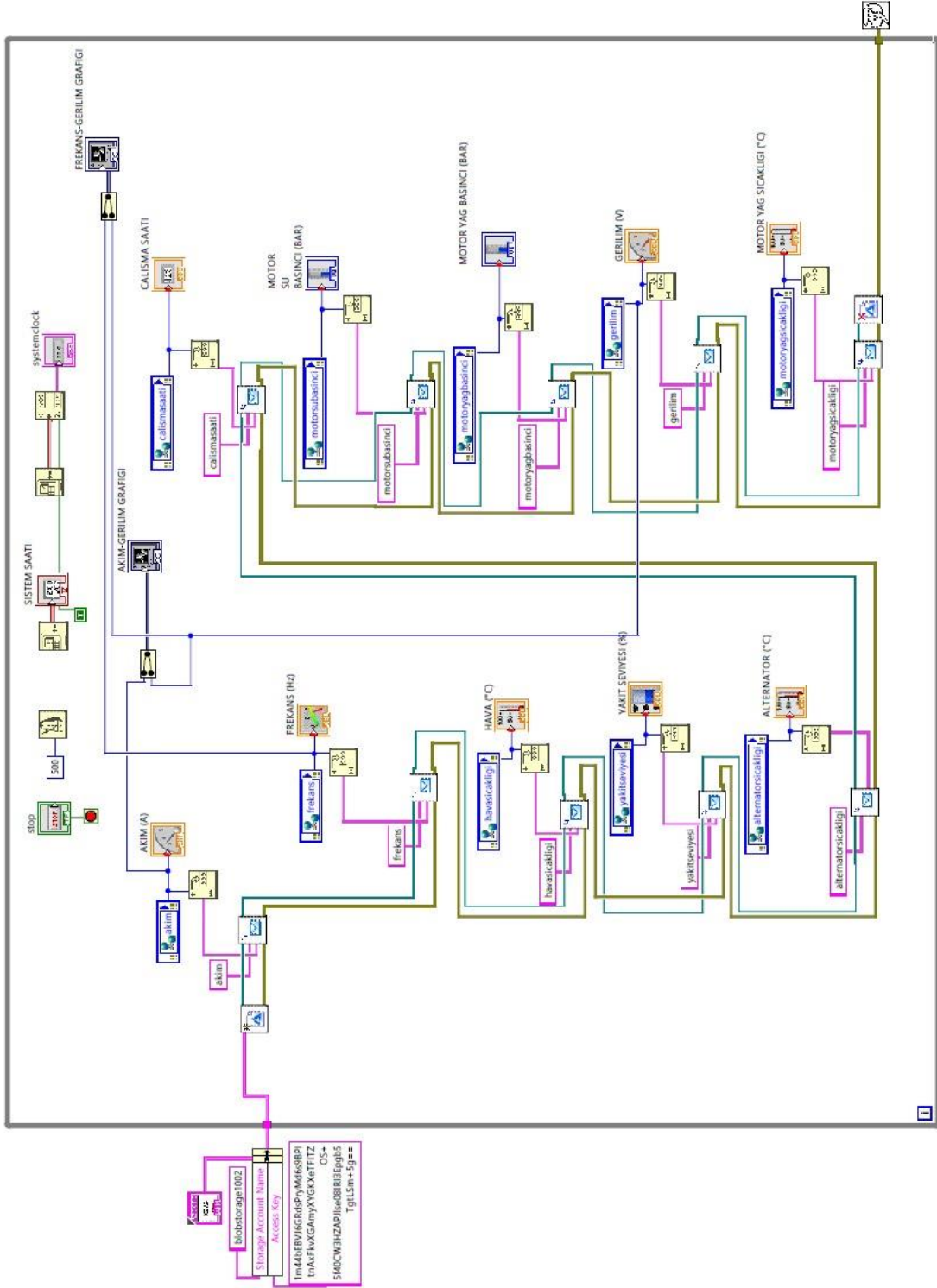


Şekil 3.37: Labview, queue alanlarının listelenmesi.

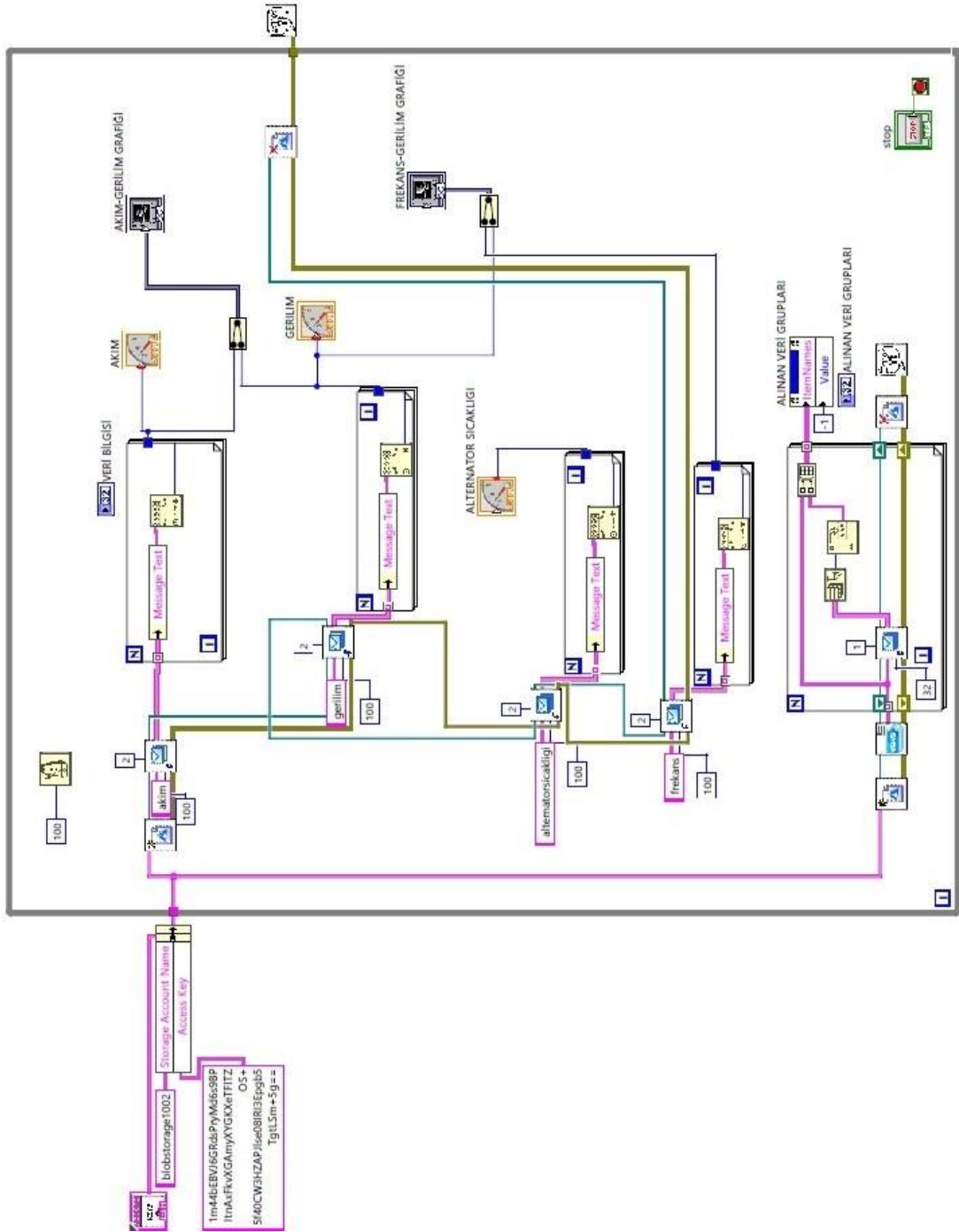


Şekil 3.38: Labview, queue alanında bulunan mesajların listelenmesi.

Labview de oluşturulan ilk SCADA ekranında verilerin kullanıcı için görselleştirilmesi amacıyla oluşturulan program yapısı Şekil 3.39'da verilmiştir. Yazılan program sayesinde ileri seviye kullanıcılar için kullanışlı bir çözüm geliştirilmiştir. Oluşturulan ikinci SCADA ekranında ise Power BI hizmetlerinin tümü yerine getirilebildiği gibi Labview yazılımının çok fazla modülünün olması sebebi ile de farklı ihtiyaçlara hizmet veren bir yapı oluşturulmuştur. Şekil 3.39'da Azure platformuna verilerin gönderilmesinde kullanılan yazılım, Şekil 3.40'da ise Azure platformunda depolanan verilerin karşıdan yüklenmesi için kullanılan yazılım verilmiştir.



Şekil 3.39: Labview, simülasyon verilerinin alımı ve gönderimi.



Şekil 3.40: Labview, verilerin azure queue alanından karşıya yüklenmesi.

### 3.4.3 Microsoft Azure Bulut Bilişim Platformu Ve Hizmetler

Günümüzde bulut hizmetlerinin sunulması birçok firma tarafından desteklenmektedir. Bulut alanında hizmet veren ve sıkça kullanılan Google, Microsoft, Amazon gibi firmalar içerisinde hizmetlerin tamamının belirli süre için ücretsiz sunulması, aynı bulut platform içerisinde yazılım akışlarının kolay bir şekilde oluşturulabilmesi ve uygulama açıklamalarının sürekli güncel tutulmasından dolayı Microsoft firması tercih edilmiştir. Bulut hizmeti için Microsoft firmasının geliştirdiği MS Azure işletim sistemini barındıran sunucu platform kullanılmıştır.

Microsoft Azure yapısında bulut ile istemci arasındaki veri gönderiminde paylaşım anahtarı (Shared Access Key) kullanılmaktadır. Bu anahtar, Microsoft firmasının sunduğu bir hizmet olup 88 ASCII karakterinden oluşmaktadır. İstemciden sunucuya iletilen istek ile bu anahtar mutlaka eşleşmelidir. Paylaşım anahtarı toplamda iki adet olup ilk key (primary key) hizmetlerin doğrudan çalıştırılıp, kullanılmasında ana anahtar olarak, ikinci key (secondary key) ise bulut sisteminde bakım yada değişiklik yapılandırmasında yedek anahtar olarak kullanılmaktadır [80, 81].

Ayrıca paylaşım anahtarı, yapısal olarak bulut içerisindeki hizmetler ve bulut hesap anahtarı olarak ikiye ayrılmıştır [80, 81]. Gerçekleştirilen çalışmada jeneratör parametrelerinin bulut platformuna gönderilmesi için hesap anahtarı, bulut içerisinde veri kayıt edilmesi, görüntülenmesi ve başka platformlara gönderilmesi işlemleri için de hizmet anahtarı kullanılmaktadır.

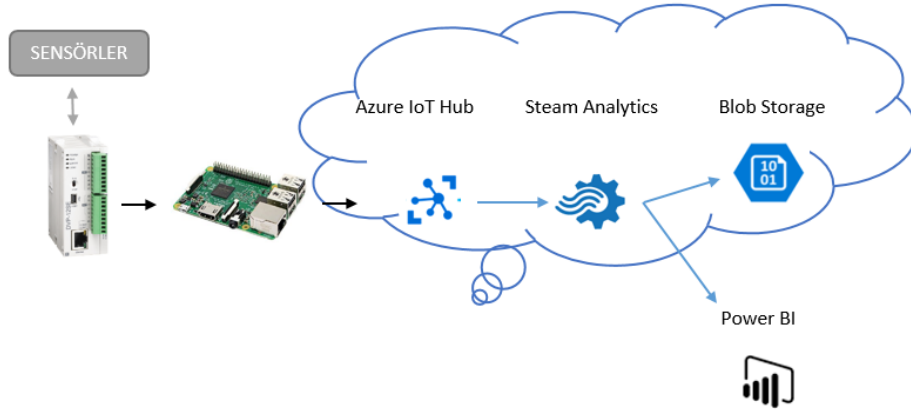
Bulut sisteminde kullanılan paylaşım anahtarı Şekil 3.41’de verilmiştir. Paylaşım anahtarı kullanımına ek olarak Microsoft Azure, “http” bağlantıyı yerine daha güvenli ve gelişmiş olan “https” bağlantısı kullanmaktadır. Tüm bunların dışında güvenlik katmanının daha da genişletilmesi istendiğinde, bulut içerisinde “Sabit IP” denetimi hizmeti sunulmuştur.

```
HostName=batinsiot.azure-devices.net;  
SharedAccessKeyName=iouthubowner;  
SharedAccessKey=+urpHTiGgcexDP0JFozDz4R0iN8svy1au1bc/pjuId8=
```

Şekil 3.41: Bulut sistemi paylaşım anahtarı.

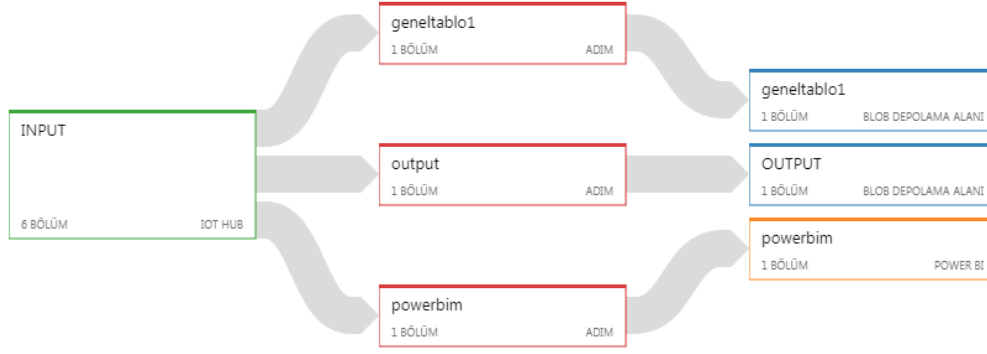
Bilgilerin bulut bilişim platformuna gönderimi sağlandıktan sonra burada direkt olarak görüntülenebilmesi ve eş zamanlı olarak da aynı bilgilerin daha sonra performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere saklanması gerekmektedir.

IoT tabanlı yapıda, bulut platformunda Ms Azure tarafından sunulan IoT Hub hizmeti ile Raspberry Pi cihazından gönderilen bilgilerin karşılanması işlemi ve Stream Analytics Job hizmeti ile karşılanan verilerin yönlendirilmesi işlemi yapılmıştır. Yönlendirilen verilerin ise kayıt edilmesi için Blob Storage hizmetine aktarılmış ve aynı verilerin gerçek zamanlı olarak görüntülenmesi için de başka bir bulut işletim sistemi olan MS Power BI platformu kullanılmıştır. MS Azure platformu içerisinde oluşturulan yapı ve Power BI yapısı Şekil 3.42’de verilmiştir.



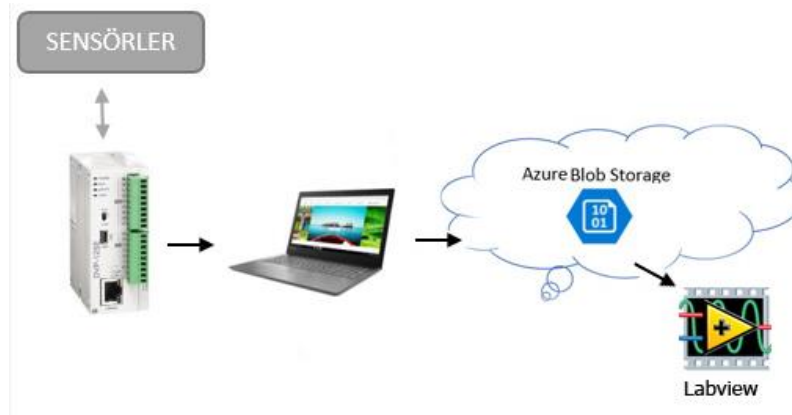
Şekil 3.42: IoT tabanında bulut hizmetleri için oluşturulan yapı.

IoT Hub tarafından karşılanan bilgilerin daha sonra performans değerlendirmesinde kullanılması Stream Analytics ile sağlanmaktadır. Stream Analytics bölümünde ölçümlenen veriler için istenilen ara program, bulut platformunda yazılıp çalıştırılarak alınan bilgilerin sınıflandırılması, kayıt alınma zamanları, maksimum-minimum noktaları vb. gibi fonksiyonlar yerine getirilir. Şekil 3.43’de, Azure platformunda oluşturulan sorgu yapısı verilmiştir.



Şekil 3.43: Azure bulut bilişim sistemi stream analytics yapısı.

IIoT tabanlı yapıda ise, yine aynı bulut platformu içerisinde sunulan Blob Storage hizmeti kullanılmıştır. Blob Storage hizmetinde bulunan Queue özelliği sayesinde simülasyon verileri bu alana gönderilmiştir. Kayıt edilen verilerin başka bir istemci üzerinde görüntülenmesinde de Blob Storage alanı kullanılmıştır. Şekil 3.44’de IIoT tabanlı yapı için oluşturulan bulut yapısı verilmiştir.



Şekil 3.44: IIoT tabanında bulut hizmetlerinin kullanım yapısı.

### 3.4.4 Microsoft PowerBI Kullanımı

Microsoft firması tarafından geliştirilen bu platform, masaüstü uygulama üzerinden çalışabileceği gibi direkt olarak web adresi üzerinden de çalışabilmektedir. Power BI yazılımında sunulan hizmetler arasında; analizler, durum raporları,

bilgilerin başka uygulamalara da aktarılması gibi ihtiyaca yönelik seçenekler mevcuttur ve bu seçenekler ücretli olarak sunulmaktadır [82].

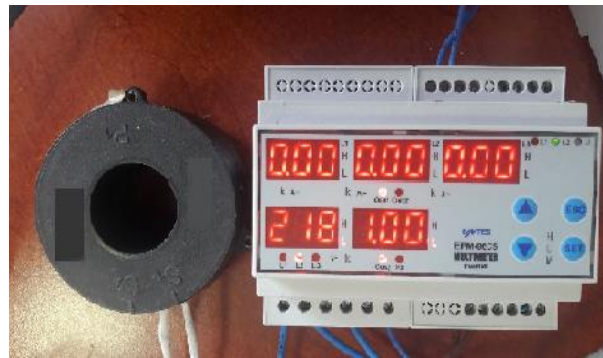
IoT Hub tarafından karşılanan bilgilerin web tarayıcılar kullanarak görüntülenebilmesi için Stream Analytics bölümü tekrar kullanılmış, burada gelen bilgilerin Power BI platformuna yönlendirmesi yapılmıştır. Power BI platformuna alınan bilgiler ise anlık görüntülenerek kullanıcı için görselleştirilmiştir.

### 3.5 Donanım ve Yazılım Entegrasyonu

Donanımlar ile kullanıcı arasındaki iletişimin sağlanmasında her donanım içerisinde çalışan yazılımlar kullanılmıştır. Kullanılan yazılımlar ile ilgili donanımların kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde çalışması sağlanmıştır.

#### 3.5.1 Ölçümlerin PLC ile Alınması ve Görüntülenmesi

Elektriksel büyüklükler olan gerilim, frekans ve akımın ölçülmesi için kullanılan haberleşme destekli multimetre bağlantısı ise Şekil 3.45’de verildiği gibidir.



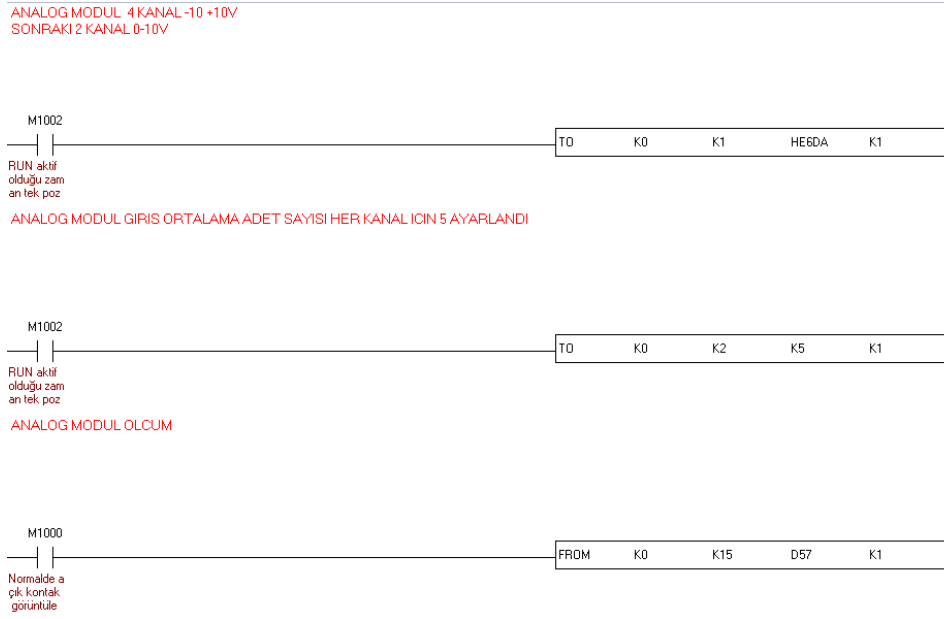
Şekil 3.45: Multimetre ve akım trafosu.

Sistem yapısı verilen IoT tabanlı yapı da programlanabilir lojik denetleyici olarak Delta firmasının DVP-12SE model PLC ürünü kullanılmıştır. PLC aracılığı ile veri dönüşüm işlemleri yapılmıştır. Sensör görevini üstlenen potansiyometrelerden



alınan ölçümler ilk olarak modüller tarafından PLC'ye alınmakta ve daha sonra Rs-485 haberleşme protokolü kullanımı ile HMI ekranda görüntülenmektedir.

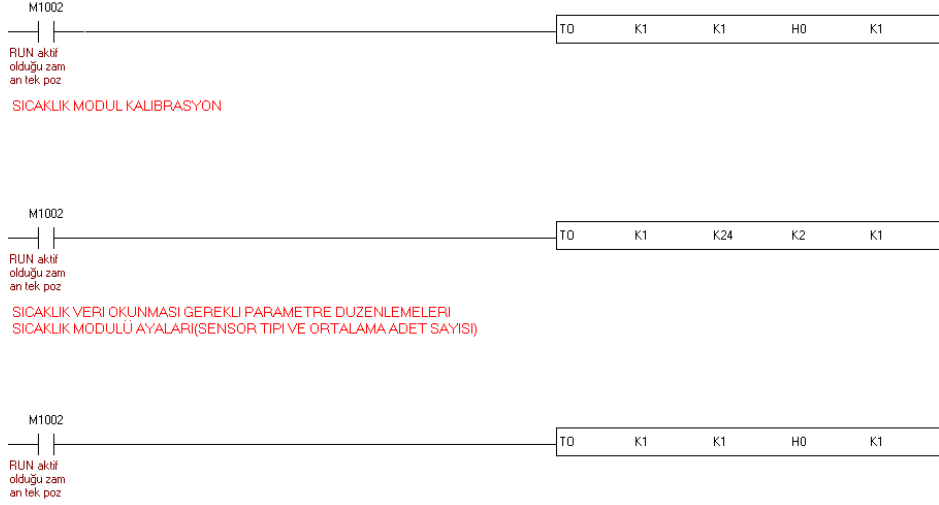
PLC tarafından ölçüm alınması için kullanılan modüller için parametre ve giriş ayarlarının yapılmasının ardından yapılan veri dönüşüm işlemleri Şekil 3.46'da verilmiştir.



Şekil 3.46: Analog modül için yazılan PLC programı.

Belirtilen işlemler kullanılan sıcaklık modülü için tekrar yapılmıştır. PLC'ye eklenen her modül için bu tarz ayarların yapılması gerekir, aksi halde alınan ölçüm yanlış olabilir yada hiç ölçüm alınamayabilir. Şekil 3.47'de belirtilen işlemlere ait yazılım yer almaktadır.

SICAKLIK MODUL AYALARI(SENSOR TIPI VE ORTALAMA ADET SAYISI)



Şekil 3.47: Sıcaklık modülü için yazılan PLC programı.

Bu bölüme kadar anlatılan kısımdaki bilgiler HMI ekran kullanılarak bölgesel olarak görüntülenmiştir. Aynı ölçüm bilgilerinin bilgisayarlarda görüntülenmesi için ise Node-RED yazılımı kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan bilgisayarlar farklı işletim sistemlerine sahip oldukları için her iki bilgisayara da Node-RED yazılımının uygun olan versiyonları yüklenmiştir.

### 3.5.2 Jeneratör Arızaları İçin PLC Alarm Durumları

Jeneratör sisteminin izlenmesi esnasında oluşabilecek arızalar ve alarm durumları PLC yazılımına eklenmiştir. Sınır değerlerin kullanımı ile belirtilen değerler dışına çıktığında kullanıcının uyarılması için PLC modbus adreslerine istenilen veriler yüklenebilmektedir.

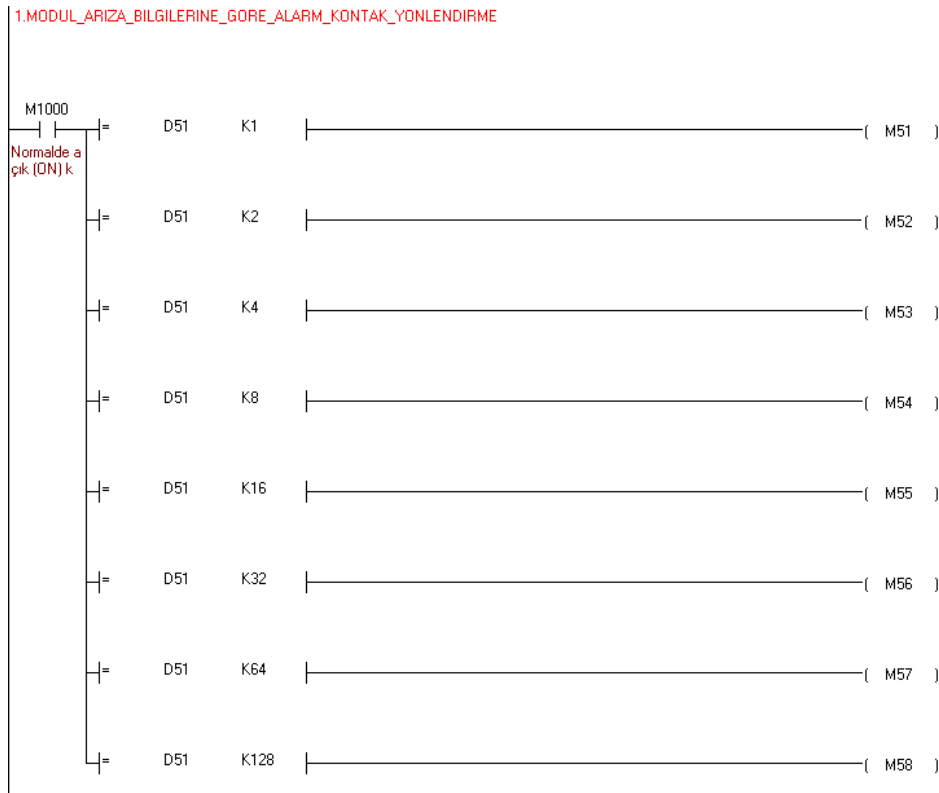
Kullanıcı tanımlı alarmların yanında PLC'nin çalışması esnasında gerek PLC'den gerekse kullanılan modüllerden kaynaklanabilecek arızaların kullanıcı tarafından anlaşılabilmesi içinde hem PLC hem de modüller içerisinde fabrika çıkışında tanımlanan bazı adresler bulunmaktadır.

Oluşan arızaların fabrikada tanımlanan adres ve adres içeriğine göre arıza tespiti yapılabilmektedir. Yine bu arızaların HMI ekranda uyarı/alarm olarak gösterilebilmesi için de HMI ekran yazılımında bazı ayarlar yapılmıştır. Yapılan işlemler Şekil 3.48, Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’de verilmiştir.

Hata Açıklaması	İçeriği	b15~b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Besleme kaynağı anormal	K1(H1)	rezerve	0	0	0	0	0	0	0	1
Analog giriş değer hatası	K2(H2)		0	0	0	0	0	0	1	0
Mod ayarı hatası	K4(H4)		0	0	0	0	0	1	0	0
Offset/Gain hatası	K8(H8)		0	0	0	0	1	0	0	0
Donanım hatası	K16(H10)		0	0	0	1	0	0	0	0
Dijital aralık hatası	K32(H20)		0	0	1	0	0	0	0	0
Ortalama adet ayarı hatası	K64(H40)		0	1	0	0	0	0	0	0
Komut hatası	K128(H80)		1	0	0	0	0	0	0	0

Not: Her hata kodu 1 bite karşılık gelir. (b0~b7). İki veya daha fazla hata aynı anda gerçekleşebilir.  
0 normal olduğunu 1 ise hata olduğunu gösterir.

Şekil 3.48: Üretici firma modül arıza bilgileri.



Şekil 3.49: Arızalar ve alarm durumları için yazılan program.

Alarm Ayarları

Alarm Ayarları

Okuma Adresi: {Link2}1@M16

Tazeleme(sn): 3

Max. Kayıt Adedi: 15

Kaçıcı: HMI

Alarm tetiklendiğinde ekran koruyucu

CSV Format

Alarm Kayan Yazı

Aktif: No

Pozisyon: Üst

İlerleme Yöntü: Sol

Kayma Nokta Sayısı: 1

Zaman Aralığı(ms): 100

Arkaplan Rengi: [ ]

Sil

Değiştir

İçe Aktar

Dışa Aktar

Tamam

No.	LED	Mesaj İçeriği	Gruplar	Yazı rengi	Fonksiyon	Sayfaya Git	Mail Bilgisi
1	<input checked="" type="checkbox"/>	ACİL DURDURMA	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	YUKSEK GERİLİM	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	DUSUK GERİLİM	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	YUKSEK AKIM	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	YUKSEK FREKANS	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	ALCAK FREKANS	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	YUKSEK YAG BASINCI	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	DUSUK YAG BASINCI	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
9	<input checked="" type="checkbox"/>	YUKSEK YAG SICAKLIGI	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	DUSUK YAG SICAKLIGI	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	YUKSEK ALTERNATOR SICAKLIGI	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
12	<input checked="" type="checkbox"/>	YAKIT SEVIYESI	0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
13	<input checked="" type="checkbox"/>		0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
14	<input checked="" type="checkbox"/>		0	RGB(0. 0. 0)	On	None	
15	<input checked="" type="checkbox"/>		0	RGB(0. 0. 0)	On	None	

Font: Arial Boyut: 12 Oran: 100%

Şekil 3.50: HMI dokunmatik ekran arıza yapılandırılmaları.

Bilgisayarlarda gerekli olan bilgilerin görüntülenmesi işlemleri için uygulanan adımlar anlatılmıştır. Nihai program görevi yerine getirecek şekilde kurgulanmıştır. Gerekli programların oluşturulması ve yüklenmesinin ardından kontrol sistemi oluşturulmuştur.

Oluşturulan sistem içerisindeki elektrik malzemelerinin bağlantıları için elektrik şeması tasarlanmıştır. Elektrik şemasında tasarlanan bağlantılar, malzemelerin bir elektrik panosu içerisine konumlandırılması ile yapılmıştır. Şekil 3.51'de jeneratör kontrol sisteminin haricinde kullanılan IoT tabanlı sistemin elektrik panosu verilmiştir.

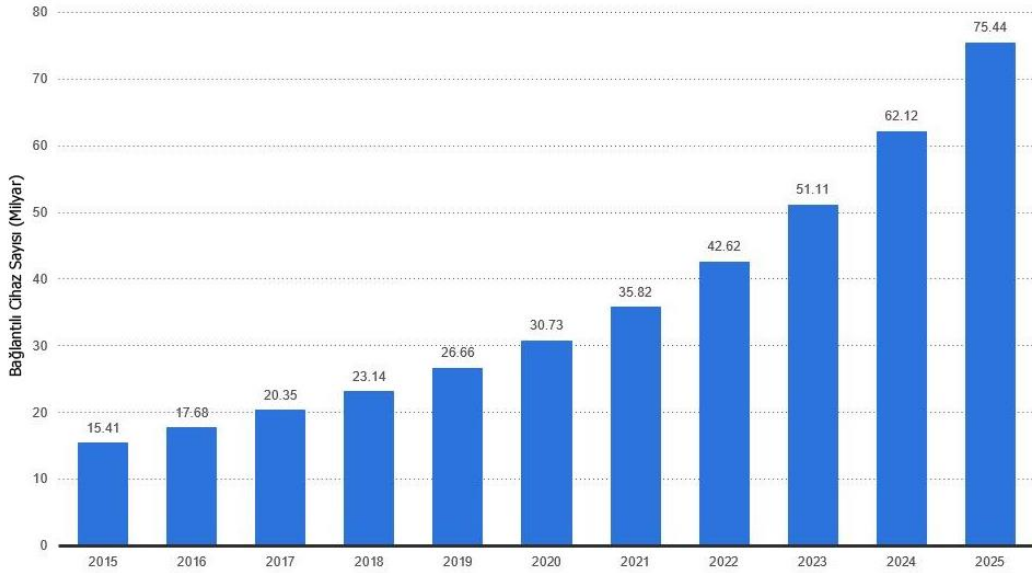


Şekil 3.51: Elektrik panosu ve malzeme yerleşimi.

## 4. NESNELERİN İNTERNETİ VE BULUT BİLİŞİM

2011 yılında Dünya üzerinde birbirine bağlı nesnelerin sayısı, yaşayan kişi sayısını geçmiştir [83]. 2020 yılında ise, nesnelerin sayısının 13 milyarın üzerinde olacağı tahmin edilmektedir [5]. Milyarlarca nesnenin birbirlerine bağlanarak oluşturacağı sistemde yer alacak bilgilerin büyük boyutlara ulaşması ve bunun sonucunda IoT'nin büyük verilerinin, ana kaynaklardan en önemlisi olacağı düşünülmektedir [83].

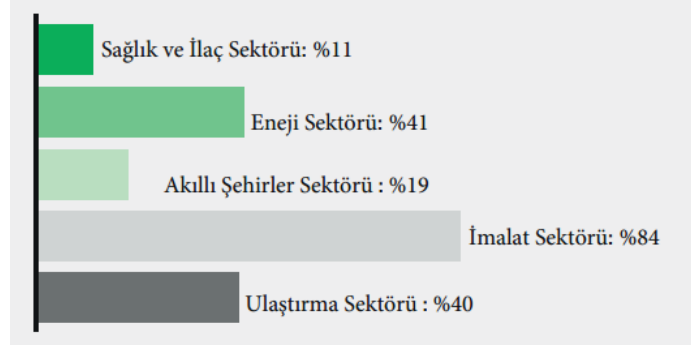
Nesnelerin interneti (IoT), Endüstri 4.0 uygulama katmanları içerisinde yer alan, son zamanlarda oldukça popüler hale gelen ve teknolojik yatırımlara yön veren bir konudur. [22]. Bu teknoloji yaşamın her alanında kendine bir uygulama alanı bulmakta ve kişisel kullanımdan endüstriyel alana kadar birçok yerde karşımıza çıkmaktadır. 2025 yılına kadar internete bağlı cihaz sayısının 70 milyarı aşacağı öngörülmektedir. Şekil 4.1'de Statista firmasının yapmış olduğu araştırmaya yer verilmiştir [84].



Şekil 4.1: 2015- 2025 Yılları arası internete bağlantılı cihaz sayısı grafiği.

Verizon firmasının yapmış olduğu araştırma çalışmasında, 2016 ve 2017 yılları arasındaki IoT kullanımının sektörel oranı Şekil 4.2'de verilmiştir. IoT

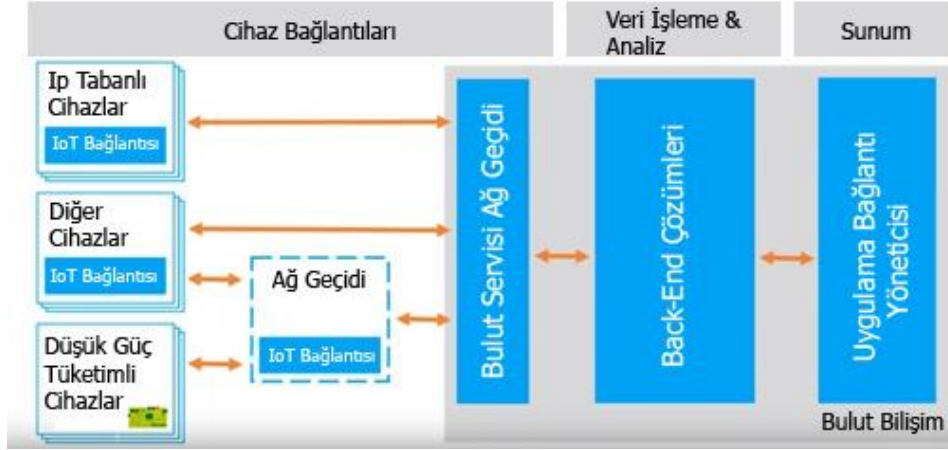
sistemlerine bağlanarak en fazla etkileşim oranını %84 ile imalat sektörü yakalamıştır [85].



Şekil 4.2: IoT eko sisteminin sektörel kullanımı.

#### 4.1 Uygulama Yapısı

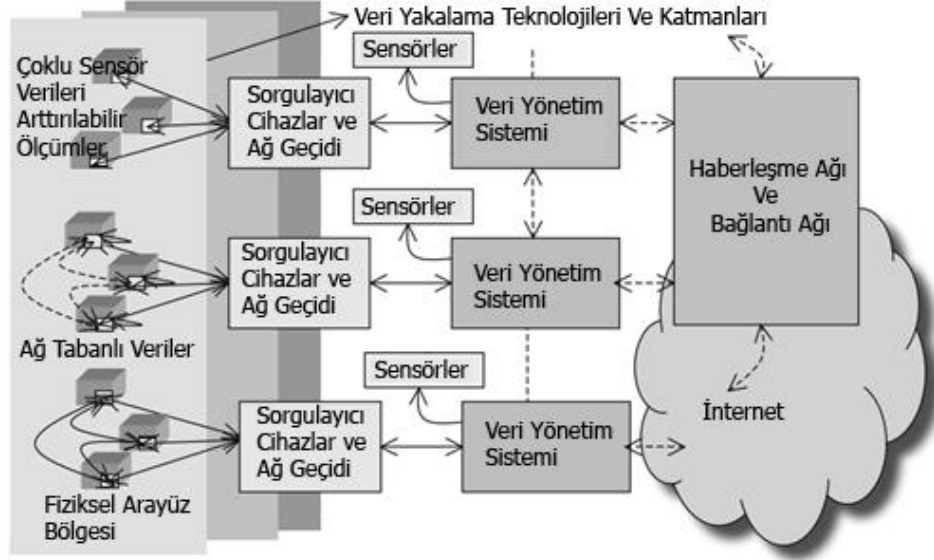
IoT yapısı temel olarak 3 katmandan oluşur. Bu katmanlar, Şekil 4.3’de gösterildiği gibi, cihaz bağlantıları, veri işleme & analiz etme ve sunuş katmanlarıdır.



Şekil 4.3: IoT örnek uygulama yapısı.

Cihaz bağlantısında kullanılan yapılar; wi-fi, ethernet şeklinde sıralanırken, cihazların buluta veri gönderebilmesi için bir gateway yapısına ihtiyacı vardır. Mesajların “gatewayler” kullanılarak buluta alınmasının ardından işlenebilmesi ve analiz edilebilmesi için “back-end solution” denilen kısım görev yapmaktadır. Daha

sonra ise, mesajların uygulamalarda ya da bulut içerisindeki sistemlerde kullanılması için sunuş kısmı gelmektedir. Buradaki sistemde ihtiyaç duyulan uygulamaya göre, haberleşme tek yönlü olabileceği gibi çift yönlü olarak da çalışabilmektedir. IoT'nin kullanımı ile oluşturulabilen çok kapsamlı çalışma şeması Şekil 4.4'de verilmiştir [86].

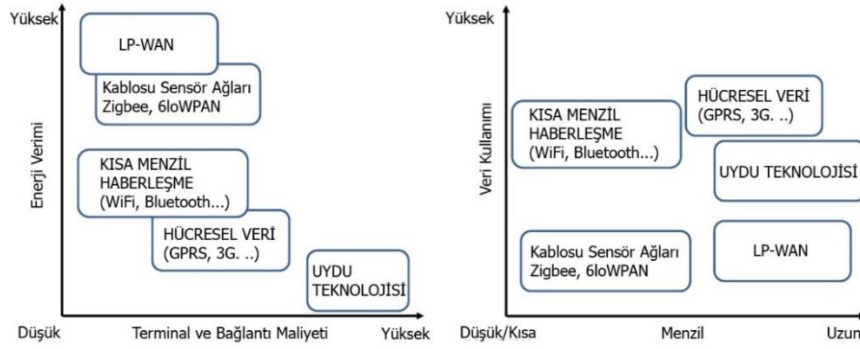


Şekil 4.4: IoT genel uygulama yapısı

IoT teknolojilerinin Dünya genelinde tam anlamıyla kullanımı konusunda sınırlayıcı etkenlerden ilki; teknolojik sınırlamalar, diğeri ise; insan faktörüdür. Teknolojik sınırlamalarda kullanılan cihazların hızlanması, farklı bulut platformlarının haberleşmesidir. Bunlara ek olarak; büyük verinin kullanımıyla ihtiyaç duyulan daha fazla depolama alanlarının sağlanmasının ve düşük güç tüketimi ile yüksek veri transferi odaklı cihazların geliştirilmesi gereklidir [87].

İnsan faktöründe ise; mobil cihazlarda olduğu gibi interneti kullanarak internet üzerinden haberleşen cihazların kabullenilmesinin yanında, bu cihazlara güvenilmesi ve cihazlarla birlikte çalışabilirliğin kabul edilmesi şarttır [87]. Şekil 4.5'de verildiği gibi gerek nesnelere interneti gerekse bulut bilişim uygulamalarında, enerji verimi – maliyet ve iletim mesafesi – veri boyutu dikkate alındığında farklı haberleşme teknolojilerinin özellikleri ön plana çıkmaktadır. Tasarımcı, değişkenleri belirleyerek en stabil sistem yapısını oluşturmalıdır.





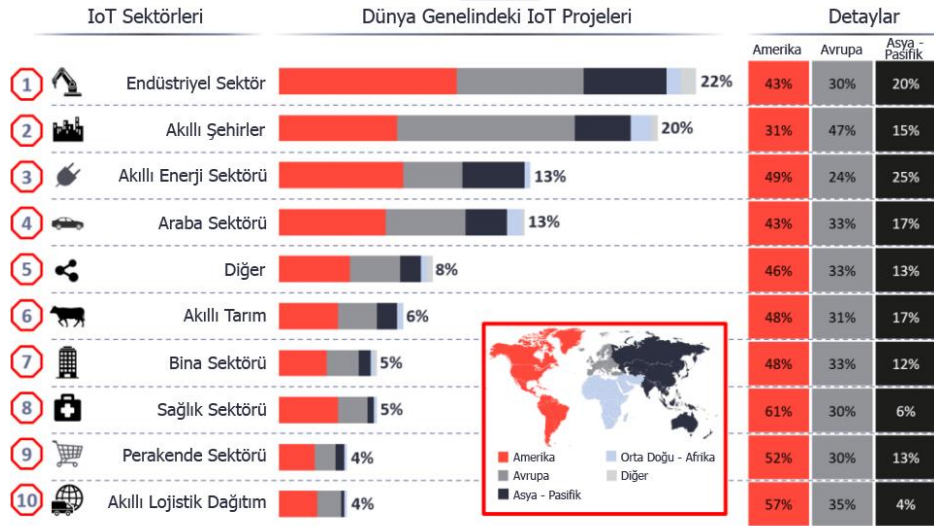
Şekil 4.5: IoT uygulamalarında kullanılan haberleşme sistemleri.

## 4.2 Sektörel Uygulama Örnekleri

Literatürdeki çalışmalarının yanı sıra ticari boyutta da nesnelerin uygulamaları geliştirilmiştir. Bazı ticari uygulamalar Tablo 4.1’de verildiği gibi sıralanabilir [88]. Dünya genelinde sektörel olarak uygulanan IoT projeleri ve dağılımları ise Şekil 4.6’da verilmiştir [89].

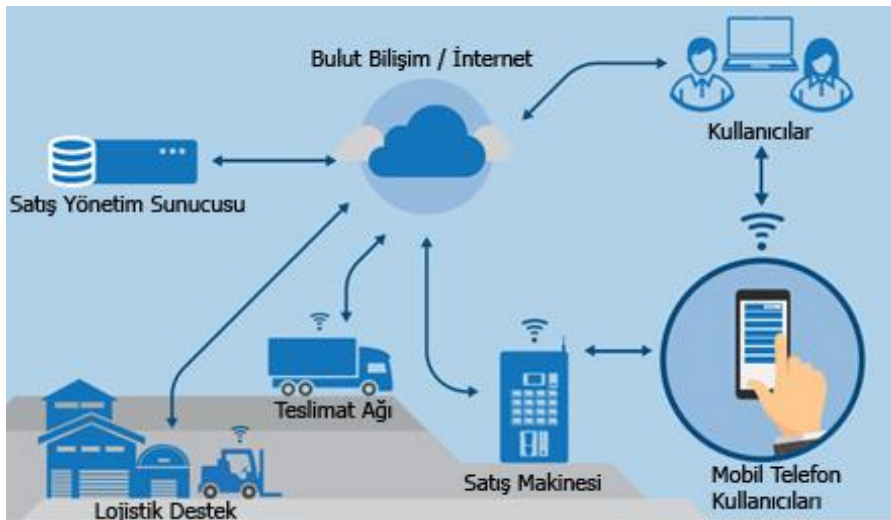
Tablo 4.1: IoT uygulama örnekleri.

Sektör	Kullanım Alanı	Şirket, Uygulama
<b>Konaklama</b>	Akıllı Ev, Yatak, Aydınlatma, Park Sistemleri	AT&T Digital Life, Ohea, Econais, ADLINK Technology Inc
<b>Enerji</b>	Akıllı Aydınlatma, Petrol Boru Hatları İzleme, Akıllı Çalışma Sahaları	Microsens, Orbcomm, Siemens, ABB, Industrial Internet Consortium
<b>Kurumsal Üretim Sektörleri</b>	Endüstriyel Proses ve Operasyon, Varlık Yönetimi, Endüstriyel IoT Uygulamaları	Siemens, ABB, Industrial Internet Consortium, IBM-Maximo, Jaspe
<b>Finans Ve Sigorta</b>	Akıllı Sigorta, Akıllı Alışveriş	Baseline Telematic, Samsung
<b>Sağlık Ve Yaşam Alanı</b>	Yaşlı Bakımı, Solunum Bozukluğu, IoT İlaç Hizmeti, Hastane	Tacera Tag, Niox Mino, Philips-Boston Scientific, Acetek
<b>Araştırma Ve Eğitim</b>	Öğrenci Güvenliği, Akıllı Sınıflar	Cisco Physical Access Control technology, Beijing Middle School



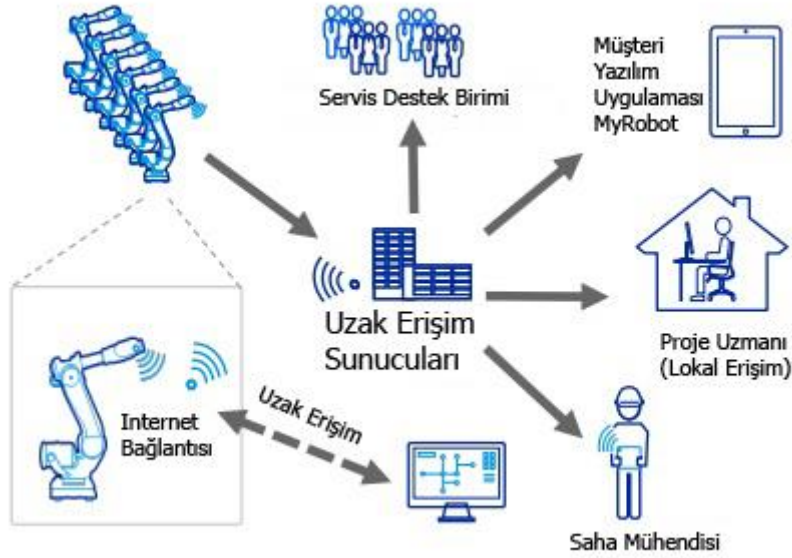
Şekil 4.6: IoT uygulamaları sektörel dağılımı.

Şekil 4.7’de IoT teknolojilerinin kullanımıyla birçok farklı uygulama gerçekleştirilebilir. Verilen örnekte satış makinesi üzerinden satılan bir ürün için tedarikçinin, kullanıcının satışı gerçekleştiren kurum veya yetkili ile görüşmesiyle mümkün kılınmıştır. Diğer bir seçenek olarak ise, sistemin akıllı bir sistem ile kullanıcının tükettiği ürünleri ve tüketim yoğunluğu ile fabrikadaki üretimin ardından teslimat durumlarını organize eden bir yapı ile ürünün stok durumunun bilinmesi, lojistik dağıtım kısmının organize edilmesi ve dağıtım araçlarındaki ürün durumlarının bilinmesi gibi görevler yerine getirilebilir [90].



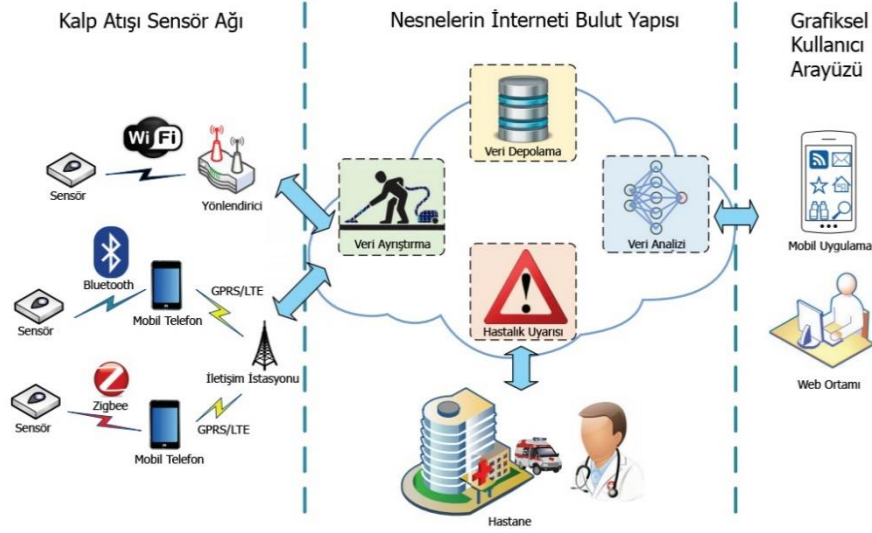
Şekil 4.7: Örnek IoT sistemi uygulama şeması.

ABB firması tarafından sunulan IoT hizmetlerinin olduğu bir örnek Şekil 4.8’de verilmiştir. Robotların aktif olarak uzaktan kontrol edilebildiği sistemde; arıza tahminlerinin yapılması, plansız olarak üretimin durdurulmasının önüne geçilmesi, robot verilerinin yedeklenmesi, zamandan bağımsız olarak her yerden sistem hakkında bilgi alınabilmesi ve raporlamalarının yapılması sağlanmıştır [91].



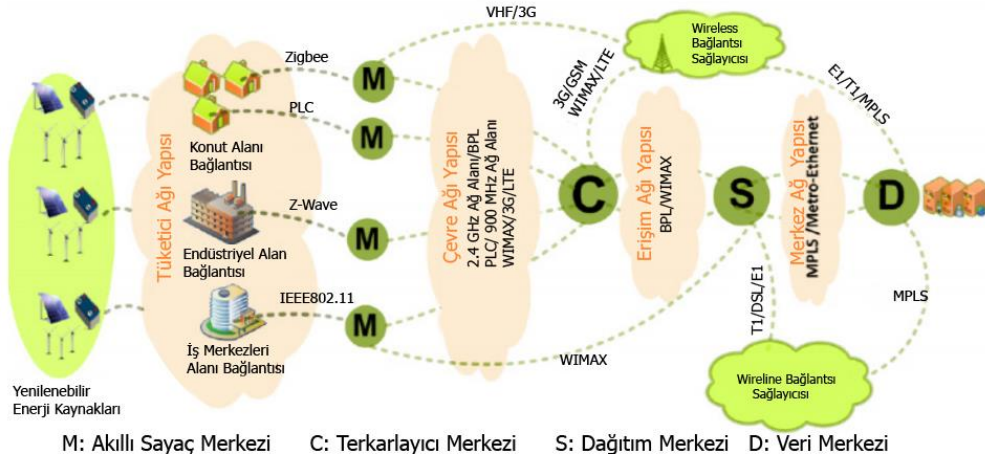
Şekil 4.8: ABB firması IoT uygulama örneği.

Şekil 4.9’da verilen örnek için bir hastanın kalp sinyalleri (EKG) ölçüldükten hemen sonra farklı haberleşme teknolojileri kullanılarak bulut platformuna gönderilmiştir. Gönderilen bilgiler için depolama, veri ayrıştırma, veri yenileme ve alarm bilgileri oluşturulmuştur. Eş zamanlı olarak bu bilgiler hem hastane acil servisi hem de mobil uygulama üzerinden doktor ile paylaşılabilir [92].



Şekil 4.9: Hastane ve IoT uygulama örneği.

Şekil 4.10’de verilen örnekte ise yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapmak için kullanılan istasyonlara ait bilgiler yine farklı iletişim protokolleri kullanılarak farklı görevleri olan birimlere iletilmiştir [93]. Bu tarz uygulamalarda nesnelerin bir şekilde internet bağlantısının yapılarak odak noktasına bulut bilişimin konulduğu görülmüştür. İşlemler, görevler ve yetkinlikler değiştirilmesine karşın bulut bilişim bir noktada uygulayıcı etmen olmuştur.



Şekil 4.10: Yenilenebilir enerji ve IoT uygulama örneği.

Bulut bilişimin kullanımı, sunucu içeren sistem odalarının bakımından başlayarak birçok ekipman ve cihaz ile birlikte bu sistemin sürdürülebilirliğini

sağlayan personel giderleri gibi etkenlerden ekonomik tasarruf ve iş gücü kazanımı da sağlar.

Örneğin, Microsoft firmasının Office 365 yazılımı ile belgeler, sunumlar vb. dökümanlar bulut bilişim sistemine depolanmaktadır. Bu sayede kullanıcı herhangi bir bilgisayar üzerinden dökümanlarına ulaşarak değişiklikler yapabilmektedir. Ayrıca dosyaların bulut tabanında barındırılıyor olması nedeniyle, dökümanların bulunduğu bilgisayarın herhangi bir tehdit karşısında dahi veri kaybının önüne geçilmektedir [94].

Büyük veri (big data) en genel tanımıyla, çalışma tablolarından başlayarak veri tabanlarına, web sunucularından bulut servislerine kadar toplanan her çeşit ve boyuttaki veriyi kapsamaktadır. Büyük veri yapılandırılmış (ürün, kategori, müşteri) ve yapılandırılmamış (tweet, beğeni, paylaşım) verilerden oluşmaktadır [95]. Büyük veri; eğitim alanında, hastanelerde, hükümetlerde, ilaç sanayisinde, uydu/harita dizgeleri ve akıllı gezgin telefonlar gibi alanlarda kullanım bulmaktadır [96].

Büyük veri kullanımı endüstriyel alandaki kullanımında sistem yada proses hakkındaki verilerin boyutundan daha çok bu sistem ve proseslerden toplanılan veriler ile neler yapılabileceği ve sistem analizi konusunda tercih edilmektedir [97].

Büyük veri teknolojisi ile farklı türdeki verilerin bir araya getirilip kullanımı ile çeşitlilik, verilerin donanımlar ve yazılımlar arasındaki alışverişte giderek gelişen haberleşme teknolojilerinin kullanımı ile hızlilik kazanılmıştır. Ayrıca sınıf ayırt etmeden her bilginin bu teknoloji tarafından etken hedef olması ile veri büyüklüğü, bilgilerin paylaşımında karşılıklı doğrulama metotları ile güvenlik, büyük verilerin toplanarak hizmet edilen sektör için analiz edilebilmesi gibi sunmuş olduğu değerler ile bu sistemin veri bileşenleri oluşturulmaktadır [95].

Örnek olarak, Toyota firması büyük verilerin analizi için analitik yöntemleri kullanarak, üretim odaklı olarak üretim aşamasında ortaya çıkabilecek sorunları gerçek zamanlı çözebilmek ve üretim maliyetlerini düşürmek için Rockwell firmasından yazılım desteği almıştır. Uygulanan sistem ile kalitesizlik maliyetleri düşürülmüş ve ürün kalitesinde artış sağlanmıştır [98]. Ayrıca, büyük veri analizi geçmişe yönelik yapılarak gelecekteki sistemlerin tasarımı için ciddi bir avantaj sağlamak üzere kullanılabilir.

### **4.3 Bulut Sınıfları**

Uygulama, güvenlik, maliyet, ölçeklenebilirlik gibi özellikler açısından bulut hizmetleri farklı sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflandırma ile hangi kullanıcının ne şekilde bir bulut sistemine dâhil olacağı seçimi yapılmaktadır.

#### **4.3.1 Genel Bulut Sistemi**

Bulut sistemi, son kullanıcılar için genel internet bağlantısı kullanımı ile satın almak isteyen herkesin kullanabileceği bir sistemdir. Bu yapıda, hizmetlerin kullanıldığı kadar ödenmesi gerekli ve uygulama sistemine göre bilgiler bulut dışına taşınabilmektedir [99]. Orta ve küçük ölçekli şirketlerin bilgileri veri boyutları ile birlikte, maliyetler göz önüne alındığında genel bulut sistemlerinde tutulmaktadır [6].

#### **4.3.2 Özel Bulut Sistemi**

Genel internet ağı veya özel bir bölgesel ağ aracılığı ile özel olarak yetkilendirilmiş kullanıcılara sunulan hizmetlerdir. Özel bulut yapısı, şirket güvenlik duvarlarının kullanımına imkân sağlaması nedeniyle daha fazla gizlilik ve güvenlik sağlamaktadır [100].

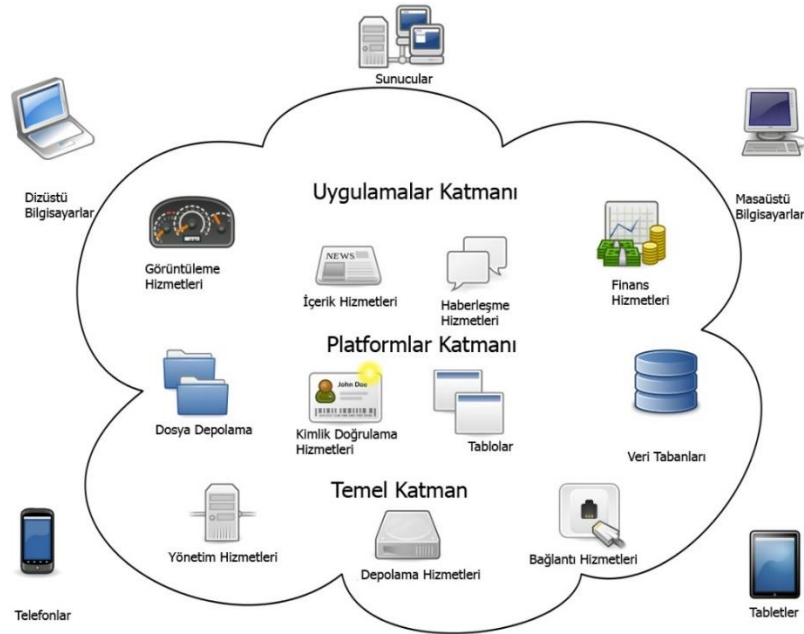
#### **4.3.3 Karma Bulut Sistemi**

Karma bulut sistemi, genel ve özel bulut sistemlerinin kendi aralarında veri paylaşarak kullanılmasını sağlayan bir bulut sistemidir. Bu yapıda, güvenlik ve gizliliğin önemli olmadığı durumlarda genel bulut kullanılırken, aksi durumlarda özel bulut sistemi kullanılır. Şirketlerin genel kullanıcılar için yayınladığı bilgiler genel bulut yapısında, şirketin kendisi için önemli olan veriler ise özel bulut yapısında tutulmaktadır [101].

Karma bir sistem oluşu nedeniyle, ihtiyaç duyulması durumunda genel bulut sistemine ayrılan bellek alanı özel bulut sisteminden karşılanabilmektedir [6].

## 4.4 Bulut Mimarisi

Bulut bilişimi oluşturan yapı incenirke, kullanıcının bulunduğu ön yüz bölümü ve bulut olarak isimlendirilen arka yüz bölümleri yer almaktadır. Ön yüz bölümünde kullanıcı kendi ihtiyaçlarına yönelik kullanımları sağlarken arka yüz bölümünde ise kullanıcının ihtiyaçlarının sunulduğu bilgisayarlar, serverler ve depolama birimleri bulunur [102]. Basit bir bulut mimarisi Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11: Bulut bilişim genel mimari şeması.

### 4.4.1 Bulut Bilişim Depolama Hizmetleri

Uygulamalar, sunulan hizmetlerin yanında depolama sistemlerinin kullanımının önemli olduğu noktalarda da depolama hizmetlerinden yararlanılmaktadır. Google, Apple, Amazon gibi popüler olan firmalar başta olmak üzere, diğer bazı firmaların sunduğu depolama alanları ve hizmetlerin çalıştırılabildiği işletim sistemi tabanları Tablo 4.2’de verilmiştir [6].

**Tablo 4.2:** İnternet bağlantısı ile depolama hizmeti sunan bazı firmalar.

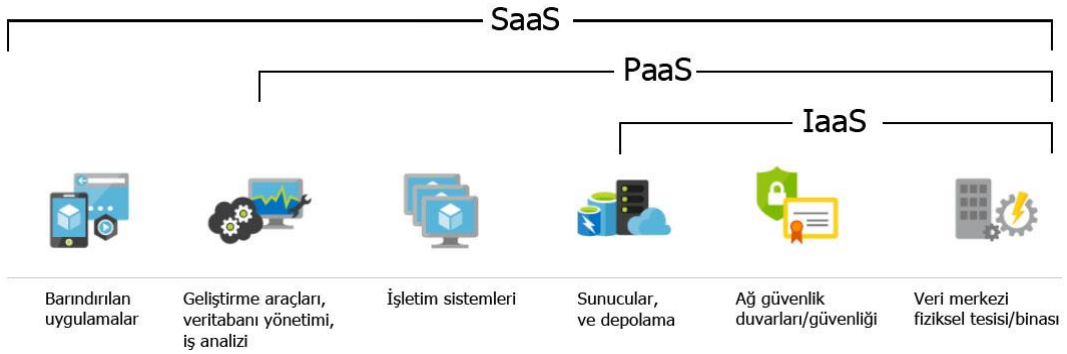
<b>Şirket</b>	<b>Ücretsiz Sunulan Depolama Alanı</b>	<b>Ücretli Sunulabilen En Yüksek Depolama Alanı</b>	<b>Ios</b>	<b>Android</b>	<b>Macosx</b>	<b>Windows</b>
<b>Google Drive</b>	15 GB	30TB 299.99\$/Ay	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>Apple iCloud</b>	5 GB	1TB 39.99TL/Ay	Evet	Hayır	Evet	Evet
<b>Amazon Cloud Drive</b>	Yok	Limit Yok, Sunulan Paket 60\$/Yıl	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>DropBox</b>	2 GB	Limit Yok, Sunulan Paket 15\$/Ay	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>MediaFire</b>	10 GB	100 TB 1.399.99 \$/Ay	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>YandexDisk</b>	10 GB	1 TB 100\$/Yıl	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>OneDrive</b>	15 GB	1 TB 14.99 TL/Yıl	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>SpiderOak</b>	Yok	5TB 25\$/Ay	Evet	Evet	Evet	Evet

Endüstri 4.0 uygulama katmanlarının her birinde uygulanabilen SCADA sistemlerinin kullanımı ile bu katmanlara endüstriyel özellikler kazandırılmaktadır. SCADA sistemleri geçmişten günümüze kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda evrilerek gelişim göstermiştir.

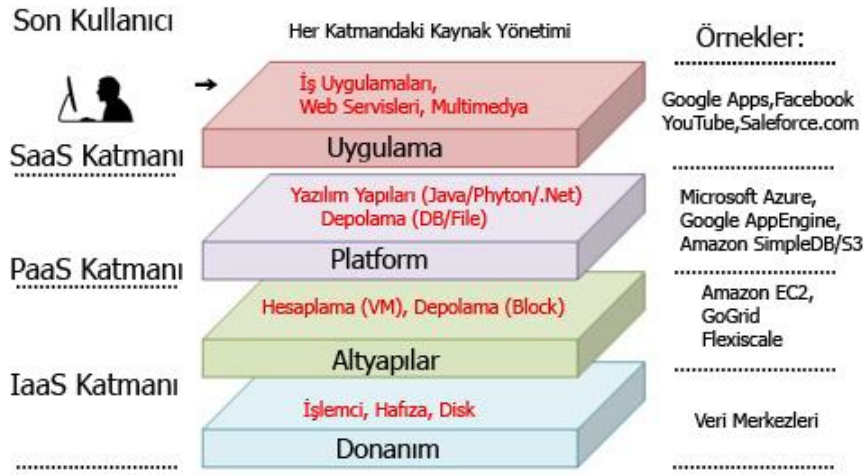


## 4.4.2 Bulut Hizmet Modelleri

Bulut bilişimde talep edilen hizmetlerin sunulması noktasında alt yapı olarak kullanılan servisler bulunmaktadır. Uygulamalarda en çok tercih edilen servisler Şekil 4.12’de verilmiştir [103]. Son kullanıcı tarafındaki hizmetlerin tanımları ve genel açıklayıcı yapı da Şekil 4.13’ de verilmiştir.



Şekil 4.12: Hizmet servisleri ve kullanım alanları.



Şekil 4.13: Son kullanıcı örnekli hizmet servisleri.

### 4.4.2.1 Servis Olarak Altyapı ( Infrastructure as a Service, IaaS)

Bu servis bulut bilişimin en temel hizmetidir ve bu servis ile sanal server oluşturularak kullanıcılar için bulut sunucu hizmeti sunulur. Ölçeklenebilirlik özelliği

sayesinde kullanıcının ihtiyaç duyduğu zamanlarda kullanılan kaynaklar arttırılabilmektedir [104].

#### **4.4.2.2 Servis Olarak Yazılım (Software as a Service, SaaS)**

Kullanıcıların ihtiyaç duyduğu hizmetlerin kullanımının sabit bilgisayarlar üzerinden değil bulut platformları üzerinden sunulduğu servislerdir. Bu hizmet doğrudan bulut platformu üzerinden sunulduğu için kullanımı esnasında yer ve zaman fark etmemektedir, bu yapı için en uygun örnek olarak e-posta sağlayıcıları verilebilmektedir [104].

#### **4.4.2.3 Servis Olarak Platform (Platform as a Service, Paas)**

Platform hizmeti ile yazılımları kullanarak uygulama geliştirecek olan geliştiriciler için yazılım ve donanım gibi bileşenlerin kiralanması üzerinden kullanım imkânı sunar.

Bu hizmet ile işletim sisteminden başlayarak veri tabanı noktasına kadar birçok platform sunulur böylelikle yazılım altyapısı ile uğraşmadan yalnızca yazılımın çalıştırılması gereken platform üzerinde çalışılır [104].

#### **4.4.3 Bulut Hizmetleri**

Bulut hizmeti, internet üzerindeki çeşitli uygulamaların bulut platformunu kullanılabilmesine olanak tanıyan yeni bir teknolojidir. Bu uygulamalar bir hizmeti sağlarken veya bir görevi yerine getirirken bulut hizmetini kullanarak, ilgili veriyi depolar ve korur. Her türlü altyapı planlaması ve yatırımı servis sağlayıcı tarafından yapılır ve gerek duyulduğunda, kaynak ve servisler satın alınabilmektedir [105].

Servis sağlayıcılar tüketicinin talep ettiği kaynakları hızla sunabilme kapasitesine sahiptir. Tüketici bu kaynakları kullandıkça, kullandığı kadar ücret öder. Bu noktada servis sağlayıcı; çeşitli işletim sistemlerine, web sunucularına, veri tabanı sunucularına, PERL, Python, PHP gibi dillerle destek verirler. Sektörde faaliyet

gösteren firmalar yaygın olarak firma bünyesi için geliştirilen platformları kullanmaktadırlar [105].

**Tablo 4.3:** Dünya genelinde sıkça kullanılan bulut platformları.

<b>Özellik</b>	<b>Amazon Web Services</b>	<b>IBM Bluemix</b>	<b>Google Cloud Platform</b>	<b>Microsoft Azure</b>
<b>Protokol</b>	HTTP, MQTT, Web Sockets	HTTP, MQTT, Web Sockets	HTTP, MQTT	HTTP, AMQP, MQTT
<b>SDK /Programlama Dili</b>	C, NodeJS, Java Script	Java, C#, php C, Go, Swift, Ruby, Python, NodeJS	Java, Python, NodeJS, Ruby, Go, .NET ve PHP	.Net,UWP, Java
<b>Fiyatlandırma</b>	1 Milyon mesaj başına 5 \$	İlk 30 gün ücretsiz, sonraki kullanımlar ücretli	Hizmet tabanlı isteğe bağlı fiyatlandırma	İlk 30 gün ücretsiz, sonraki kullanım ücretli
<b>Kayıt</b>	Kredi Kartı	Kredi Kartı Zorunlu Değil	Kredi Kartı	Kredi Kartı

#### 4.4.3.1 Microsoft Azure Bulut Hizmetleri

Azure, Microsoft firması tarafından geliştirilen ve uzak sunucu içerisinde çalışan bir işletim sistemi ve sunulan hizmetlerin bütünüdür. Azure işletim sisteminde farklı ihtiyaçlara çözüm sağlamak amacıyla özel servisler sunulmuş, sunulan bu servisler ile bulut tabanında uygulamalar geliştirilip bu uygulamaların kullanıcılara dağıtımları sağlanmıştır. [106].

Örneğin; IoT uygulamalarında, çeşitli protokoller ile buluta gönderilen verileri karşılamak için “IoT Hub” ve verilerin karşılanmasının ardından gerçek zamanlı olarak bulut içindeki diğer hizmetlere yönlendirilmesi için “Stream

Analytics” hizmeti kullanılabilir. Donanım ve yazılım platformu ayırt etmeden bulut-cihaz ya da cihaz-cihaz arası iletişimde kullanıcının bilgilendirilmesi için “Notification Hubs” ve makine öğrenimi ihtiyaç duyulan uygulamalar geliştirebilmek ve önceden hazırlanmış kütüphaneleri kullanabilmek için ise “Machine Learning” hizmetleri kullanılabilir [106].

#### **4.4.3.2 Amazon Web Services**

Sisteme bağlı bulunan cihazların bulut uygulamaları ve diğer cihazlar ile etkileşime geçmeleri için güvenlik altyapısı sunan bir platformdur. Amazon web servisleri milyonlarca cihazı ve bu cihazlardan gelecek milyarlarca iletiyi desteklemektedir [107].

Bulut, uygulamalarına sunduğu desteğin yanında ‘hibrit’ olarak da nitelendirilen bulut sistemleri ile birlikte veritabanı sistemlerinin de kullanımını desteklemektedir. Bilgi teknolojileri sistemlerinde faaliyet gösteren 1 milyona yakın firma Amazon Web Servisleri hizmetlerini kullanmaktadır [107].

#### **4.4.3.3 Ibm Bluemix**

Bluemix, IBM firmasının bulut sistemleri üzerinde geliştirdiği servis destekli bir platformdur. Bluemix farklı yazılım dillerinin kullanımını desteklemektedir. Sistem, popüler kullanım alanı bulan java programlama dilinin yanında; php, Python, Node.js, .Net, PHP, Go, Ruby on Rails gibi programlama dillerini ve araçlarını da destekleyerek hizmete sunmaktadır [108]. Bluemix, internet üzerinden sunulan hizmetler sayesinde kullanıcılarına açık kaynak kodlu bulut merkezli uygulamalar geliştirmelerine imkân vermektedir.

#### **4.4.3.4 Google Cloud Platform**

Belirtilen bulut sisteminde diğer firmaların sağladığı hizmetler yer almaktadır. Sanal makine, depolama, makine öğrenimi, IoT gibi hizmetler

verilmektedir. Google platformu, Youtube ve Google Arama Motoru gibi firmaların da kullandığı popüler bir platformdur [109].

#### 4.4.4 Bulut Hizmetleri Karşılaştırmaları

IoT alanında oldukça öneme sahip olan bulut bilişim alanı, yabancı firmaların tekelinde bulunmaktadır. Endüstriyel sistemlerde bulut platformu kullanan bazı firmalar ve bulut platformların sunmuş olduğu hizmetler Tablo 4.4’de verilmiştir [110].

**Tablo 4.4:** Bulut platformları ve sunulan hizmetler.

Platform	Cihaz yönetimi	Entegrasyon	Haberleşme protokolleri	Analiz Tipi
<b>AWS IoT</b>	Var	REST API	MQTT, HTTP1.1	Gerçek Zamanlı Analiz
<b>Bosch IoT</b>	Var	REST API	MQTT, CoAP, AMQP	-
<b>Ericsson Device Connection</b>	Var	REST API	CoAP	-
<b>IoT Smart Products</b>	Yok	REST API	MQTT, CoAP	Gerçek Zamanlı Analiz
<b>IBM IoT Foundation Device Cloud</b>	Var	REST ve Gerçek Zamanlı API	MQTT, HTTPS	Gerçek Zamanlı Analiz
<b>Xively</b>	Var	REST API	HTTP, HTTPS, MQTT	-

Firmalar birbirinden farklı bir bulut platformu ve haberleşme teknolojisi kullanarak kendisine özgü bir yapı oluşturmuştur. Bu kapsamda veritabanı kullanımı ayrıca önem arz etmektedir. Firmalar üretmiş oldukları ürünlerin kullanıcı geribildirimleri için veri tabanlarını sıkça kullanmaktadırlar.

#### 4.4.5 Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişim Uygulama Katmanında Kullanılan Haberleşme Protokolleri

İnternet ve bulut tabanlı uygulamalarda birçok farklı haberleşme metodu bulunmaktadır. Uygulama, veri gönderimi ve internet bağlantısı göz önünde bulundurulduğunda, farklı protokollerin hizmetlerinden yararlanılmaktadır. Tablo 4.5’de farklı katmanlarda kullanılan protokoller verilmiştir [111].

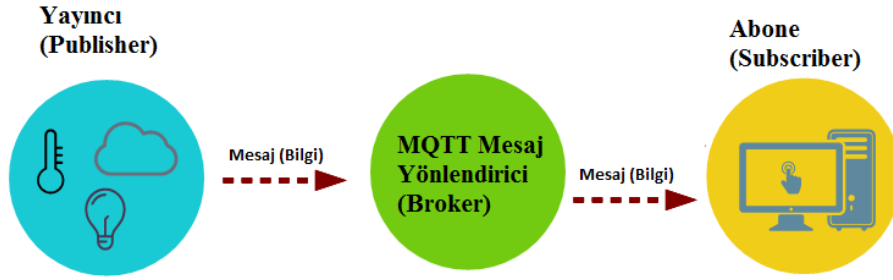
**Tablo 4.5:** İnternet protokolleri ve internet katmanları.

<b>Katmanlar</b>	<b>İnternet erişimi</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Uygulama</b>	HTTP	Uygulama protokollerini ve hizmetlerini katmanlar arası taşıma görevini üstlenir.
<b>Veri Gönderimi</b>	TCP/UDP	İletişim oturumunu yönetir ve servis seviyesi ile bağlantı durumunu tanımlar.
<b>İnternet Erşimi</b>	IP	Kaynak ve hedef adres bilgileri ip yönlendirmesi ile gerçekleştirilir.

Bazı protokoller ise IoT konusunda cihazlardan internete erişim ve internet üzerinden cihazlara erişim için kullanılmaktadır. Bu bağlamda MQTT, AMQP ve CoAP protokolleri sıkça kullanılmaktadır.

##### 4.4.5.1 MQTT Protokolü

Mesajların yayınlanması ve yayınlanan mesajlara abone olunması prensibi üzerine kurulmuş bir haberleşme protokolüdür [112]. Bu protokolün yapısı Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14: Sistem için oluşturulan MQTT haberleşme yapısı.

MQTT haberleşme protokolü, mesajların gönderilmesi (publish), mesajların yönlendirilmesi (broker) ve bu mesajların alınması için abone olunması (subscribe) prensibine göre çalışmaktadır.

#### 4.4.5.2 AMQP Protokolü

Uluslararası ISO/IEC 19464 standardını taşıyan bir haberleşme protokolüdür [113]. Bu protokolde, gönderilen mesajlar kullanıcı tanımına göre yada mesaj başlığına göre sıralanarak gönderilir ve mesajlaşma noktadan noktaya bilgi değişimi ile gerçekleştirilir. MQTT protokolünde olduğu gibi mesajların doğrudan yayınlanması ve bu mesajlara abone olunması söz konusu değildir [114]. MQTT ve AMQP protokolleri, IoT uygulamalarında çokça tercih edilen iki farklı haberleşme protokolüdür.

Küçük boyutlu verilerin aktarımında ve basit istemcili uygulamalar ile kullanılan mesaj hacminin M2M gibi yapılarda önemli olmasından dolayı MQTT kullanımı tercih edilir. Fakat, mesaj boyutunun önemli olmadığı ancak güvenliğin öne çıktığı özel uygulamaları ve müşteriye özel iletişim standardı geliştirilebilmesi nedeniyle AMQP protokolü tercih edilmektedir [114, 115]. Tablo 4.6'da AMQP ve MQTT protokollerinin karşılaştırmalı özellikleri verilmiştir [116].

**Tablo 4.6:** AMQP ve MQTT protokolleri karşılaştırmaları.

<b>Özellik</b>	<b>AMQP</b>	<b>MQTT</b>
<b>Veri Gönderimi</b>	Tcp/Ip	Tcp/Ip
<b>Mesajlaşma Modeli</b>	Noktadan Noktaya Veri Değişimi	Abone Olma Ve Yayınlama
<b>Ölçüm</b>	Bulut-Cihaz, Cihaz-Bulut, Bulut-Bulut	Bulut-Cihaz, Cihaz-Bulut
<b>QoS</b>	Limitli	Limitli
<b>Birlikte Çalışabilirlik</b>	Yapısal	Temel Seviye
<b>Güvenlik</b>	Tls+ Sasl	Tls

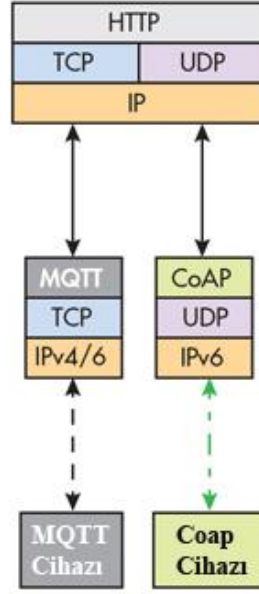
#### 4.4.5.3 CoAP Protokolü

CoAP protokolü IETF grubu tarafından tanımlanan ve çalışma prensibi MQTT protokolüne benzeyen bir protokoldür. HTTP ile birlikte Udp üzerinden çalışmaktadır. CoAP protokolü, MQTT protokolü gibi gelişimini tamamlamamış, halen geliştirilmeye devam edilmektedir. CoAP ve MQTT protokolü karşılaştırması Tablo 4.7’de verilmiştir [117]. Şekil 4.15’de CoAP ve MQTT protokolleri ile birlikte kullanılan internet protokol yapısı verilmiştir [111].

**Tablo 4.7:** CoAP ve MQTT protokolleri karşılaştırmaları.

<b>Özellikler</b>	<b>MQTT</b>	<b>CoAP</b>
<b>Haberleşme Yapısı</b>	Mesajı yayınlama ve mesaja abone olma	İstemciye istekte bulunma ve istemci cevabı, mesajı yayınlama ve mesaja abone olma
<b>REST Kullanımı</b>	Hayır	Evet
<b>Tek Seferde Gönderilen Bilgi Boyutu</b>	2 Byte	4 Byte
<b>Mesajlaşma</b>	Asenkron	Senkron, Asenkron





Şekil 4.15: CoAP ve MQTT protokolleri internet erişim yapısı.

#### 4.5 Endüstriyel Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişim

IoT Yapısında endüstriyel haberleşme protokollerinin, endüstriyel ekipmanların ve endüstriyel sistemlerin kullanımı ile oluşturulan yapı Endüstriyel IoT (IIoT) olarak kabul görmüştür. IIoT sistemlerinde kullanılan veriler rastgele olmadığı için sınıflandırılmış veri sunarak erişim ve sınıflandırma kolaylığı sunmaktadır. Ürünlerin üretilmesi, proseslerin kontrol edilmesi, big-data'ların oluşturulması noktasında IoT evrim geçirerek IIoT olarak tanımlanmaktadır [117, 119].

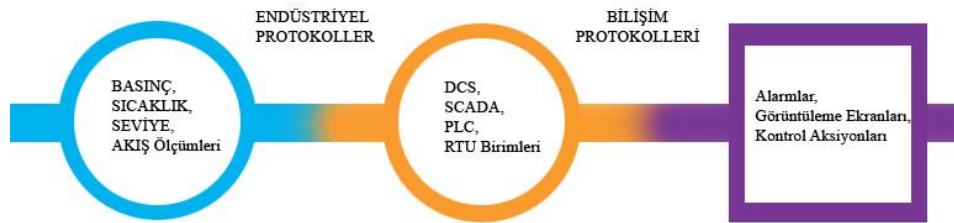
IoT kavramına göre henüz gelişmekte olan IIoT alanında bazı akademik çalışmalar da bulunmakta ve yapılan bu çalışmalarda genellikle fabrikalarda kullanım alanı bulan metal işleme makinelerinin çalışmaları ve parça işleme işlemleri sırasında oluşturdukları güç profilleri karakterize edilmiştir. Çalışma sonucunda, makinelerin aynı gruptaki ilk ürettikleri ürüne benzer bir ürün ürettiklerinde proses aynı olduğu için güç tüketimi imzası oluşturulmuştur. Bu sayede makinenin çalışma aralıkları belirlenmiş ve aynı makineler ile seri ve paralel üretim yapılması incelenmiştir [120].

Başka bir çalışmada ise endüstriyel bir sistemin benzetimi olarak sensörler ve aktüatörler simüle edilerek PIC24FJ486A002 mikrokontrolcü kartı kullanılmıştır.

Kartın internete erişiminde ESP8266 modülü ve bulut sunucusu olarak da bir bilgisayarın “localhost” hizmeti kullanılmıştır. Localhost servisinde sensör benzetimleri yapılan sistemden alınan gerilim ve akım bilgileri gösterilmiştir [121].

Endüstriyel IoT ve güvenlik için gerçekleştirilen çalışmada endüstriyel sahadaki cihazlara sensörlerden gelen verilerde alıcı-gönderici arasındaki mesaj güvenliğinin sağlanması için yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım ile “ortadaki adam” kavramına karşı verilerin engellenmesi ve mesaj güvenliğinin artırılması sağlanmıştır [122].

Gelişmekte olan IIoT literatürü ile birlikte üretim hatlarında ve fabrikalarda geniş kullanım alanı bulan “Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama” (SCADA) sistemleri de evrim geçirerek gelişimini sürdürmektedir. Kontrol sağlanan bu yapılar genellikle internet ağlarından bağımsız olarak kullanılmakta olup, endüstriyel nesnelerin internetinin Endüstri 4.0 entegrasyonu ile akıllı üretim yolunda ilerlenmektedir [123]. Şekil 4.16’de verilen geleneksel gerçek zamanlı SCADA yapısı, Şekil 4.17’de günümüz sistemlerinde IIoT ile kullanılan, başta protokoller ve ekipmanlar olarak değişim göstermiştir [118].



Şekil 4.16: Üretim sektörü geleneksel SCADA yapısı

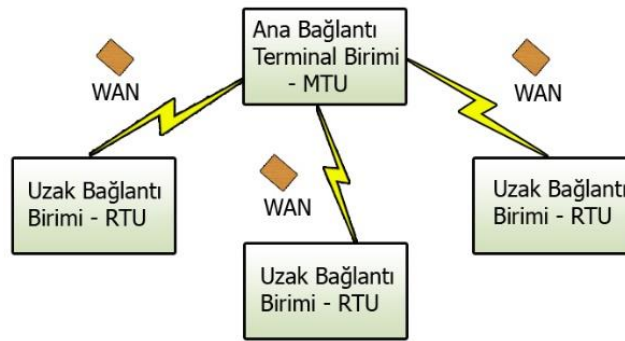


Şekil 4.17: Üretim sektörü IIoT tabanlı SCADA yapısı.

SCADA, merkezi denetleme ve veri toplama sistemleri şeklinde ifade edilebilir. Bu sistemler genel olarak; ana birim iletişimine geçilecek uzak birim veri akışını sağlayan iletişim birimi ve tüm birimler arasında iletişimi sağlamak ile görevli SCADA yazılımı birimlerinden oluşur. SCADA sistemleri, gerçekleştirilen proseslerin uzaktan izlenmesi, uzaktan kontrol edilmesi ve verilerin kayıt altına alınması işlemlerini yazılım üzerinden yerine getiren sistemler olarak tanımlanabilir [124].

#### 4.5.1 Birinci Nesil SCADA Sistemleri

Sistemin merkezi olarak kullanılan anabilgisayar sistemleri hesaplamalardan sorumluydu. Bu sistemler lokal olarak çalışırdı ve başka sistemlerle bağlantıları söz konusu değildi. Oluşturulan bağlantı ağları yalnızca RTU'lar ile iletişim kurmak için kullanılırdı. Kullanılan sistemlerde iletişim için tescilli yazılımların kullanımı zorunlu kılınmıştı. Bu sistem günümüz için ilkel sayılabilecek bir düzeydedir. Günümüz WAN sistemleri ilk nesil SCADA sistemleri tarafından kullanılamamaktadır. İlk nesil SCADA yapısı Şekil 4.18'de verilmiştir [125].

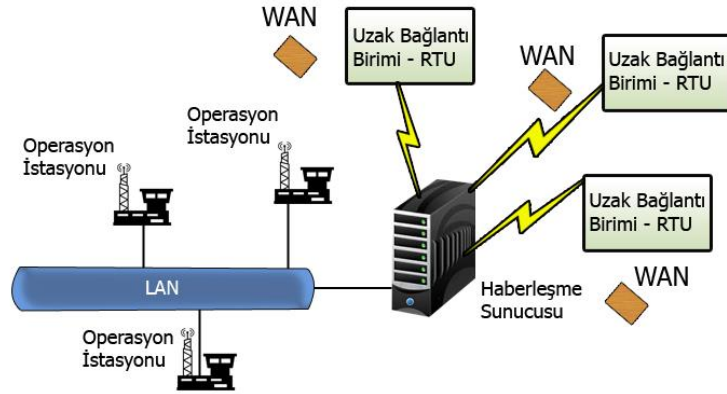


Şekil 4.18: 1.Nesil lokal SCADA yapısı.

#### 4.5.2 İkinci Nesil SCADA Sistemleri

Yerel alan ağları (LAN) sistemleri SCADA yapısına dahil edildi ve LAN teknolojisi kullanımına başlandı. SCADA yapılarının minyatür hale getirilebilmesiyle, SCADA sistemleri bir önceki nesile göre daha ucuz ve kompakt

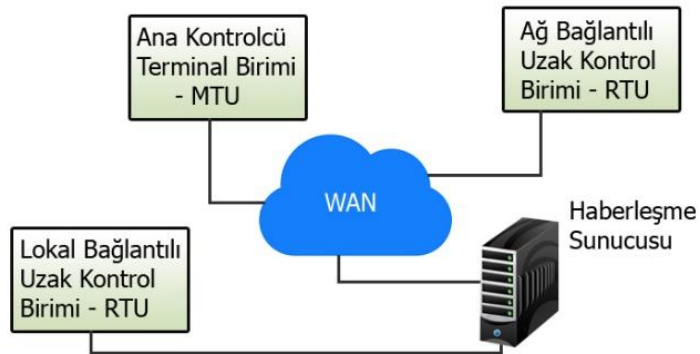
hale getirildi. Dağıtılmış yapıdaki SCADA sistemlerinin performans, işlem gücü ve veri güvenliği artırıldı. Bu sistemlerde iletişim için tescilli yazılımlar ile birlikte LAN protokolleri kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 4.19’da 2.nesil SCADA yapısı örneği verilmiştir [125].



Şekil 4.19: 2.Nesil dağıtılmış SCADA yapısı.

### 4.5.3 Üçüncü Nesil SCADA Sistemleri

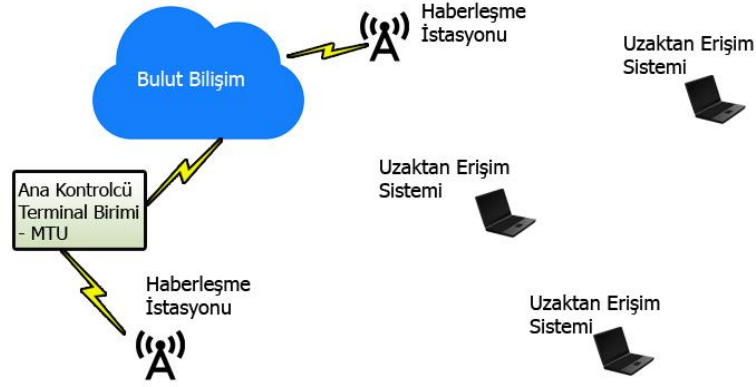
Bu SCADA yapısındaki en önemli unsur, önceki iki nesilde olduğu gibi iletişim için kullanılan tescilli yazılımların yerini açık kaynak kodlu yazılımların alması ve kullanılmasıdır. Açık kaynak kodlarının kullanılmaya başlanmasıyla tescilli yazılımların getirdiği sınırlamalar kaldırılmıştır. Şekil 4.20’de ağ bağlantılı SCADA yapısı verilmiştir [125].



Şekil 4.20: 3.Nesil ağ bağlantılı SCADA yapısı.

#### 4.5.4 Dördüncü Nesil SCADA Sistemleri

Yeni nesil SCADA yapısında ise IoT teknolojileri ve ticari bulut bilişim hizmetleri kullanılmaya başlandı. Bulut tabanlı sistemler ile SCADA yapısının birbirine entegrasyonu ile bakım hizmetlerinde zaman ve iş gücü kavramlarında kazanımlar sağlandı. Bununla birlikte artan veri erişebilirliği, maliyet verimliliği, esneklik, optimizasyon, kullanılabilirlik kolaylığı ve ölçeklenebilirlik özellikleri 4.nesil SCADA yapısının getirdiği diğer avantajlardır. Şekil 4.21’de IoT ve bulut bilişim tabanlı SCADA yapısı verilmiştir [125].



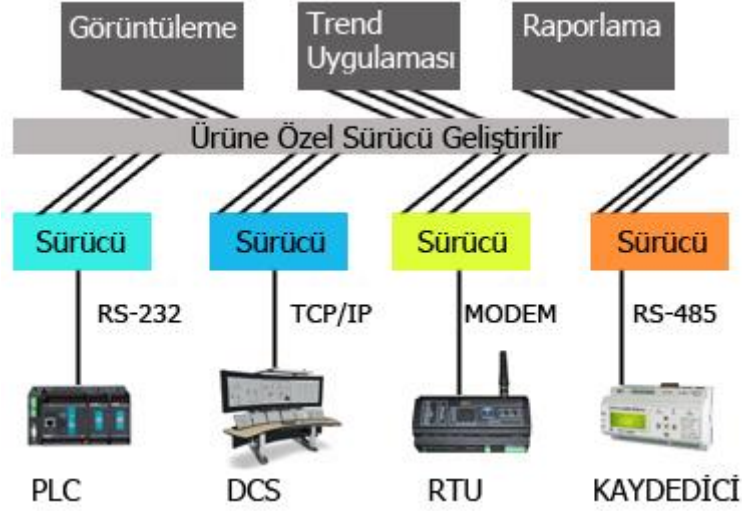
Şekil 4.21: 4.Nesil bulut bilişim tabanlı SCADA yapısı.

IIoT ve SCADA yapılarında kullanılan ekipmanlar arasındaki veri akışı pek çok farklı şekilde yapılabilmektedir. Fakat farklı protokollerin kullanımı karmaşıklığı da beraberinde getirmektedir.

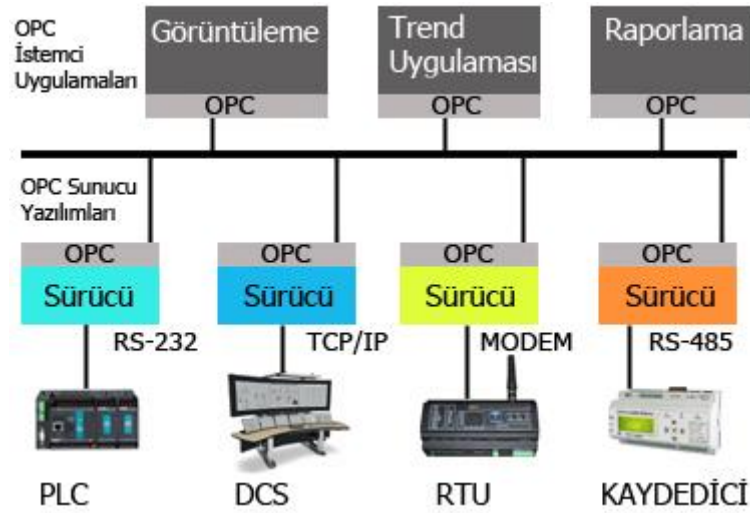
#### 4.5.5 OPC Standartı

Kullanılan PLC protokollerini belirli bir standart haline getirmek ve donanım sürücü yazılımlarına ihtiyaç duyulmadan, donanımların birbirleri ve SCADA sistemleri ile haberleşmeleri için 1996 yılında OPC standardı çıkartılmıştır [126]. Şekil 4.22’de bir otomasyon sisteminini OPC kullanılmadan Şekil 4.23’de ise OPC standardı kullanılmış durumu verilmiştir [127]. Ayrıca endüstride çokça kullanılan

OPC sunucuları, PLC ve ek donanım ürünler için OPC standardına uymayan haberleşme sistemlerini OPC standardına çeviren bir protokol çeviricisidir [128].



Şekil 4.22: OPC'den önce donanım-uygulama yapısı.



Şekil 4.23: OPC'den sonra donanım-uygulama yapısı.

#### 4.5.6 OPC UA Standartı

OPC standardı Windows işletim sistemi için geliştirilmiş bir standart olması nedeniyle işletim sistemi bazında bir platforma bağımlıydı ve kullanılacak OPC

sistemi için Windows izinlerinin değiştirilmesi gerekiyordu. Bu durum güvenlik açıklarına sebep olmaktaydı. Bu durumu düzeltmek için veri alışverişinde güvenlik sertifikalarının kullanımına başlandı. Bu sayede her bağlantı türüne izin verilmeden belirli kimliğe sahip uygulamaların ve belirli haberleşme portlarından veri alışverişinde bulunmasına izin verilmiştir [127].

Hem işletim sistemi olarak Windows, Linux, Android gibi platformların desteklenmesi hem de donanımsal olarak Raspberry Pi başta olmak üzere Arduino vb. geliştirme kartlarının desteklenmesi konusunda çözüm olarak geliştirilmiş bir standart olarak OPC UA standardı geliştirilmiştir [126, 127].

SCADA ve IoT uygulamaları karşılaştırıldığında bazı farklılıklar kullanım açısından avantajlar sağlamaktadır. SCADA sistemlerinde kullanılan verilerin depolanmasında ve uygulama için ayrılan bellek alanı yetersiz olduğunda hafıza alanının artırımı için kullanıcının fiziksel yollar kullanması gerekir. IoT sisteminde ise bu alanın artışı bulut sunucu hizmetini sağlayan firma tarafından verildiği için kullanıcının donanımsal olarak bir müdahalesi söz konusu olmadığından zaman kazanımı ön plana çıkmaktadır.

Örneğin PLC vb. gibi donanımlar ile oluşturulan SCADA sistemlerinde kullanılan cihazlar aynı protokolü kullanma ya da SCADA yazılımının destek verdiği sürücü donanımlarının kullanılması zorunluluğundan dolayı parça üreticisi konusunda belirli üreticilerle çalışma kısıtı getirmektedir. IoT sistemleri ise birbirinden farklı haberleşme protokolü desteğinin yanında farklı donanım üreticilerinin ürünlerinin kullanımına olanak tanır. Böylelikle endüstrileşmenin hedeflerinden olan sensör ağlarını oluşturarak, veri toplamak ve bu verileri bir araya getirerek standartlaştırma konusunda SCADA sistemlerine göre ciddi avantaj sağlar.

SCADA uygulamalarında kullanıcı tanımlamaları ve görev değişiklikleri göz önünde bulundurulduğunda kurulacak sistem için maksimum işlev ve kullanıcı hesaplanarak tasarım yapılmasına karşın; IoT sistemlerinin avantajı olan ölçeklenebilirlik özelliği sayesinde bu değişiklikler sistem kurulumundan sonra da yapılabildiğinden dolayı maliyet bakımından kazanç sağlar.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulanan bu sistem ile sahada uzak bölgelerde ve zorlu çalışma şartlarında kullanılan jeneratörlerin gerçek zamanlı izlenmesi IoT tabanlı olarak sağlanmıştır.

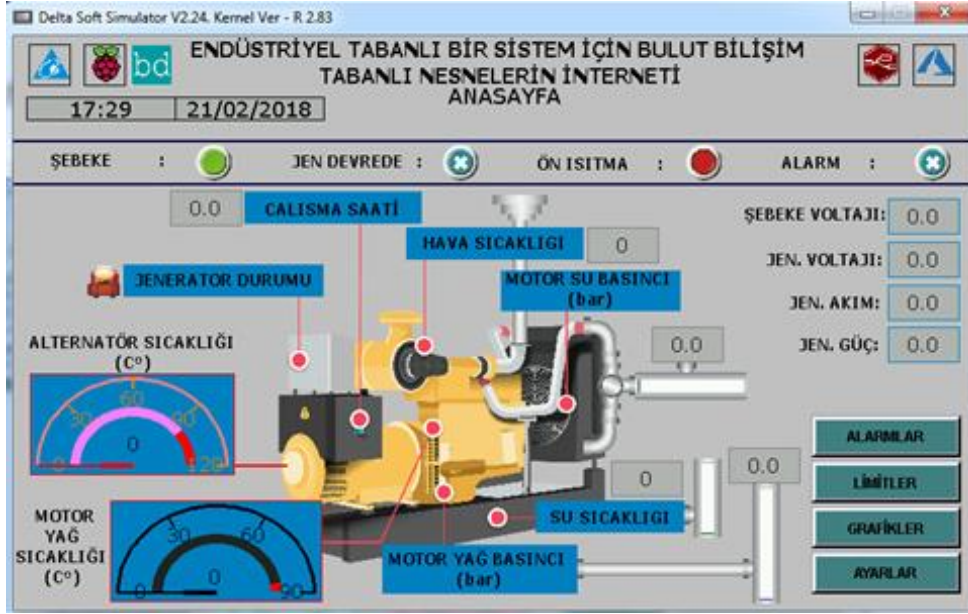
Ölçüm verilerinin görüntülenmesinde kullanılan HMI ekran, yapısı gereği içinde özel bir işletim sistemi barındırmaktadır. HMI ekranda verilerin kullanıcıya aktarılması için programlama yapılmıştır. HMI ekran yazılımının, sahada bulunan jeneratör üzerinde denenmesinden önce ilk olarak programın simülasyonu yapılmıştır.

HMI Ekran ile görüntüleme sistemine kazandırılan ve kontrol edilebilen özellikler şu şekildedir;

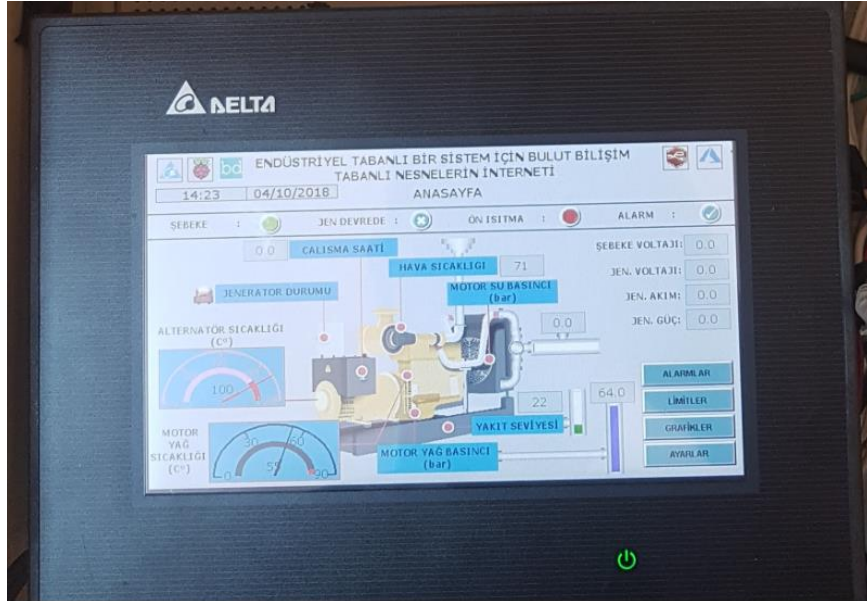
- Şebeke bağlantısı durum,
- Jeneratörün çalışma durumu,
- Soğuk çalışma şartlarında jeneratör ön ısıtma sistemi durumu,
- Jeneratör çalışma sıcaklığı,
- Hava sıcaklığı,
- Motor yağ sıcaklığı,
- Motor su sıcaklığı,
- Motor su basıncı,
- Motor yağ basıncı,
- Şebeke ve jeneratör gerilimleri,
- Jeneratörden çekilen akım ve elde edilen elektriksel güç,
- Jeneratör sistemi için oluşturulan uyarı ve alarm sayfası,
- Gerilim ve akım değerleri için isteğe bağlı oluşturulan grafikler,
- Alarm durum limitlerinin ayarlanması.

Şekil 5.1’de IoT tabanında kullanılan HMI ekranın görüntüsü verilmiştir. Şekil 5.2’de ise uygulamada kullanılan HMI ekran görüntüsü verilmiştir.





Şekil 5.1: HMI dokunmatik ekran simülasyon program görüntüsü.



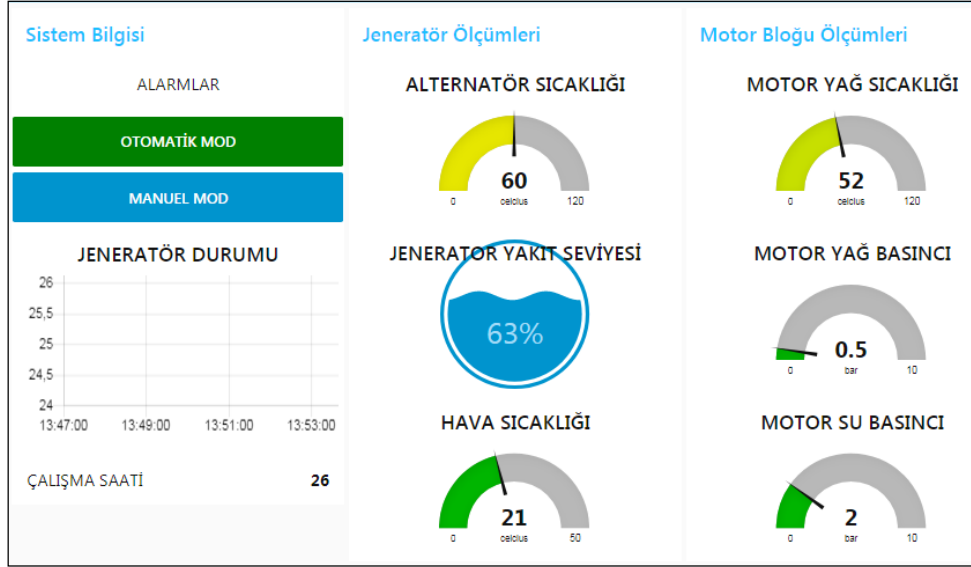
Şekil 5.2: Jeneratör sistemine entegre edilen HMI ekranın görüntüsü.

Raspberry Pi aracılığı ile PLC'den alınan bilgilerin kullanıcı için görselleştirilmesi noktasında Node-RED yazılımı içerisinde bulunan "dashboard" düğümleri kullanılarak görsel arayüz oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen bu arayüz içerisinde;

- Jeneratör çalışma modu,
- Alternatör sıcaklığı,
- Jeneratör çalışma saati,
- Jeneratörün gerçek zamanlı çalışma grafiği,
- Hava sıcaklığı,
- Jeneratör yakıt seviyesi,
- Motor yağ sıcaklığı,
- Motor yağ basıncı,
- Motor su basıncı gibi ölçümler görüntülenmiştir.

Oluşturulan görsel Node-RED arayüze erişim için Rasperry Pi üzerinde mevcut bulunan HDMI çıkışı kullanılabileceği gibi ağ üzerinden yapılan IP yönlendirmesi ile herhangi bir bilgisayar üzerinden kullanıcı arayüzüne erişimde mümkün olmuştur. Kullanılan görsel arayüz Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3: Node-RED yazılımından erişilen görsel arayüzün görüntülenmesi.

Node-RED’de hazırlanan bu arayüz ile HMI ekranda oluşturulan arayüz arasında herhangi bir haberleşme gecikmesi saptanmamıştır. Ayrıca HMI ekranın getirdiği görsel nesnelere kısıtlı Node-RED yazılımı ile kısmi olarak aşılmıştır.

Azure platformuna Node-RED ile verilerin gönderilmesinde gönderim protokolü olarak MQTT ve AMQP ayrı ayrı denenmiştir. Fakat kullanılan her iki protokolde verilerin Azure platformuna alınmasında herhangi bir gecikme saptanmamıştır.

HMI ekran yazılımı ve Node-RED yazılımlarının ücretsiz olması kullanıcı açısından en büyük avantajı sağlamaktadır. Her iki yazılımda verilerin analiz edilerek depolanması ve raporlanması açısından farklı zorlukları barındırmaktadır. Bu zorluklar, uzun vadede depolanacak veriler için yerel olarak kullanılan bellek alanının yetersiz olması, kendi içlerinde veri tabanı yapılarını bulundurmamaları ve IP ayarları yapılmaksızın her iki platforma da uzaktan erişimin mümkün olmaması sıralanabilmektedir.

Belirtilen kısıtların aşılması ve doğrudan sistem ekranlarına erişimde ortaya çıkabilecek güvenlik problemlerinin verilere erişim noktasında en aza indirgenmesi için verilerin Azure platformuna gönderimi yapılmıştır. Azure platformuna erişimin yalnızca sistem tasarımcısı tarafından yapılabildiği unutulmamalıdır. Bu noktada, Azure içerisinde sunulan Stream Analytics ve Query hizmetleri sayesinde diğer kullanıcıların erişemediği tüm sistem verileri süzülerek daha detaylı sistem analizi yapılabilmektedir. Bahsi geçen Query hizmeti ve sorgu yapısı Şekil 5.4'de verilmiştir.

```

1 SELECT
2     System.Timestamp AS OutputTime,
3     deviceId AS cihaz,
4     humidity AS nem,
5     temperature AS sicaklik
6 INTO
7     [geneltablo1]
8 FROM
9     [INPUT]
10 WHERE temperature > 25
11

```

Sorgunuz farklı olabilecek bir coğrafyaya yerleştirilebilir.  
Bazı dil yapılan eksik mi? Bize bildirin! (UserVoice ile güçlendirilmiştir Gizlilik İlkesi)

**Sonuçlar**

geneltablo1 output powerbim

**Aşağıdakiler Oluşturuldu:**

- geneltablo1 ve 99 satır.

Sonuçları indir

OUTPUTTIME	CIHAZ	NEM	SICAKLIK
"1970-01-01T12:01:01.0010000Z"	"Jenerator1"	69.8228365531202	29.459314528778318
"1970-01-01T12:01:01.0010000Z"	"Jenerator1"	65.3993514914801	30.75905484800655
"1970-01-01T12:01:01.0010000Z"	"Jenerator1"	65.33171338600556	26.471976093118272

**Şekil 5.4:** Azure stream analytics hizmeti ile sınıflandırılan veriler.

Verilen Query uygulamasında, Azure platformuna alınan veriler içerisinde Device ID, humidity ve temperature parametreleri seçilerek bu parametrelerin tablolandırılmasında cihaz, nem ve sicaklik başlıkları oluşturulmuştur. Bu başlıklar altında ise sicaklik parametresinin 25°C'nin üzerinde olduğu durumlar sınıflandırılmıştır. Yapılan sorgulama, tasarımcı yeteneklerine bağlı olduğu için çok daha fazla detaylandırma mümkün olabilmektedir.

Jeneratör sistemi verilerine tasarımcı harici kullanıcıların erişimi ve eş zamanlı raporlamanın yapılması için Azure platformunda bulunan verilerin Power BI platformuna gönderimi yapılmıştır. Power BI platformunda Azure platformunda olduğu gibi verilerin sınıflandırılması ve belirli kısıtlara göre ayrıştırılması mümkün kılınmıştır.

Power BI platformunda verilerin; ortalama değeri, standart sapması, maksimum ve minimum olma durumları gibi özellikleri sınıflandırılabilir. Oluşturulan PowerBI uygulamasında aşağıda belirtilen ölçümler için veri seti oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri seti içerisinde;

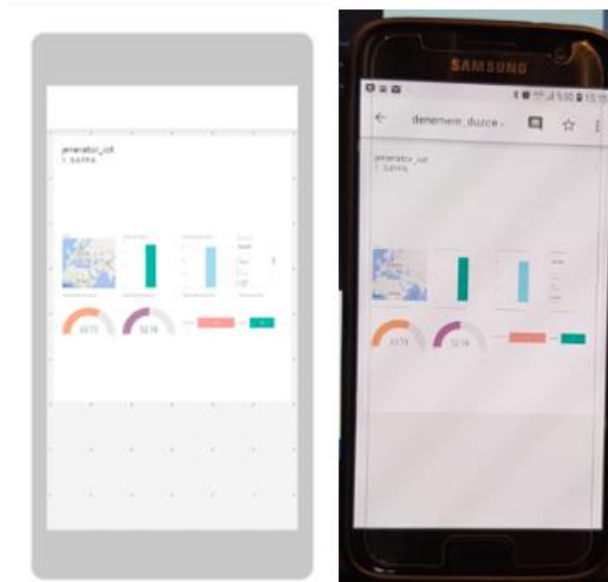
- Mesaj gönderilen konumun bilgisi,
- Jeneratörde üretilen gerilim,

- Jeneratör frekansı,
- Jeneratörden çekilen akım,
- Ortalama yakıt seviyesi,
- Jeneratör çalışma modu,
- Motor yağ sıcaklığı ortalama değeri,
- Motor yağ basıncı ortalama değeri,
- Motor su basıncı ortalama değerleri görüntülenmiştir.

Kullanıcı isteklerine bağlı olarak oluşturulmuş ve belirtilen ölçümleri içeren PowerBI sistemi Şekil 5.5’de verilmiştir.



Power BI’de sunulan hizmetler arasında, bilgisayar sistemlerinde web üzerinden erişim mümkün olduğu gibi aynı platformun masaüstü uygulaması ve akıllı telefonlar için erişim uygulaması bulunmaktadır. Günümüzde akıllı telefonların bilgisayarlar ile yarışabilecek düzeyde olması, özellikle pil ömrünün uzun olması ve taşınabilirlik noktasında dizüstü bilgisayarlar ile kıyaslandığında dahi avantajlarının bulunması sebebiyle android tabanlı Power BI uygulaması da kullanılmıştır. Şekil 5.5’de verilen yapı referans alınarak akıllı telefon uygulaması için ayrı bir arayüz tasarlanmıştır. Şekil 5.6’da mobil platform için tasarlanan arayüz ve akıllı telefon üzerinden erişimi sağlanan arayüz verilmiştir.

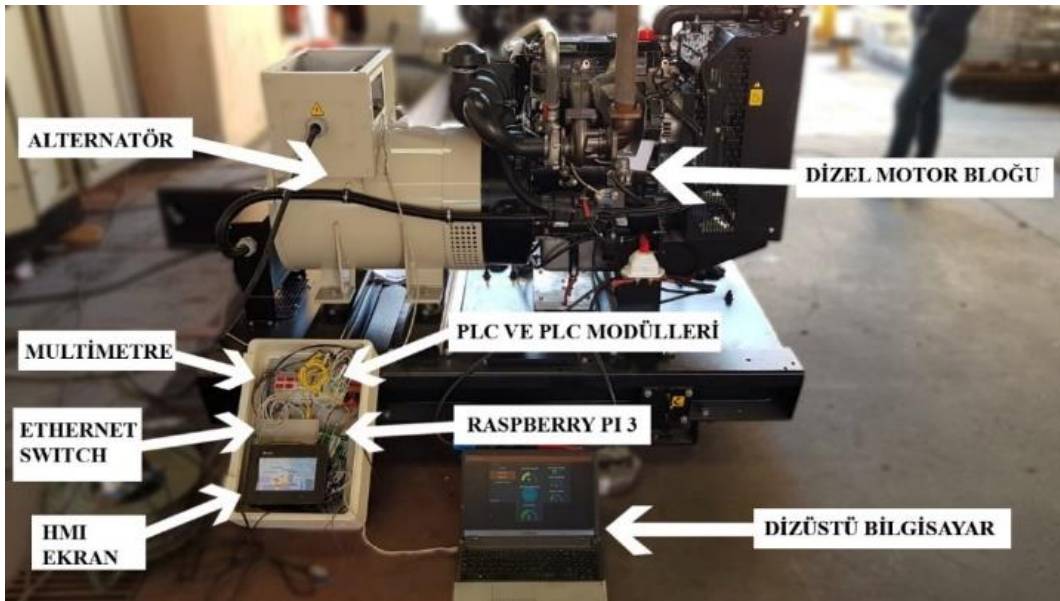


Şekil 5.6: PowerBI platformu akıllı telefonlar için oluşturulan arayüz.

Power BI platformunda birçok karmaşık özellik bulunmaktadır. Ancak sunulan özelliklerin tamamını kullanabilmek için Power BI üyeliğinin ücretli olarak satın alınması gerekmektedir. Gerçekleştirilen uygulamada Power BI üyeliği ücretsiz olarak kullanılmıştır ve bu üyelik çeşidi ile veri akışlarının alınması ile birlikte verilerin işlenmesi için eş zamanlı olarak günlük 8 kez yenilemeyi desteklemektedir. Ücretli olarak satın alınan üyelikler de ise herhangi bir veri güncelleme sınırı bulunmamaktadır. Ayrıca Power BI platformuna üye olunurken resmi kurumlar tarafından verilen mail uzantıları kabul edilmektedir.

Jeneratör sistemine ve kontrol yapısına ek olarak entegre edilen IoT tabanlı sistemin kontrol panosu ile izleme, kontrol etme ve raporlama yapısı mevcut jeneratöre kazandırılmıştır. Kazandırılan yapı ile jeneratör sistemlerinin, literatürde “fabrika kabul testleri” (FAT) olarak bilinen kabullerine müşterinin katılmasına gerek kalmaksızın, internet üzerinden sağlanan kullanıcı arayüzünden erişim sağlayarak test esnasında kayıt edilen verileri referans alınması mümkün kılınmıştır. Bu sayede jeneratörün teknik şartnamelerde yer alan detay ve kısıtları karşılayıp karşılamadığı, zamandan ve mekandan bağımsız olarak değerlendirilebilmekte ve zaman–maliyet açısından ciddi kazanımlar sağlayabilmektedir.

Ayrıca genel olarak jeneratör sistemlerinde, daha önceden manuel ölçüm ve gözlem yoluyla elde edilen verilerin otomatik olarak dijital ortama aktarılması ve dijital olarak depolanması noktasında getirdiği kolaylık ve operatör hatalarının engellenmesi oldukça önem arz etmektedir. Şekil 5.7’de gerçekleştirilen sistemin fotoğrafı yer almaktadır.

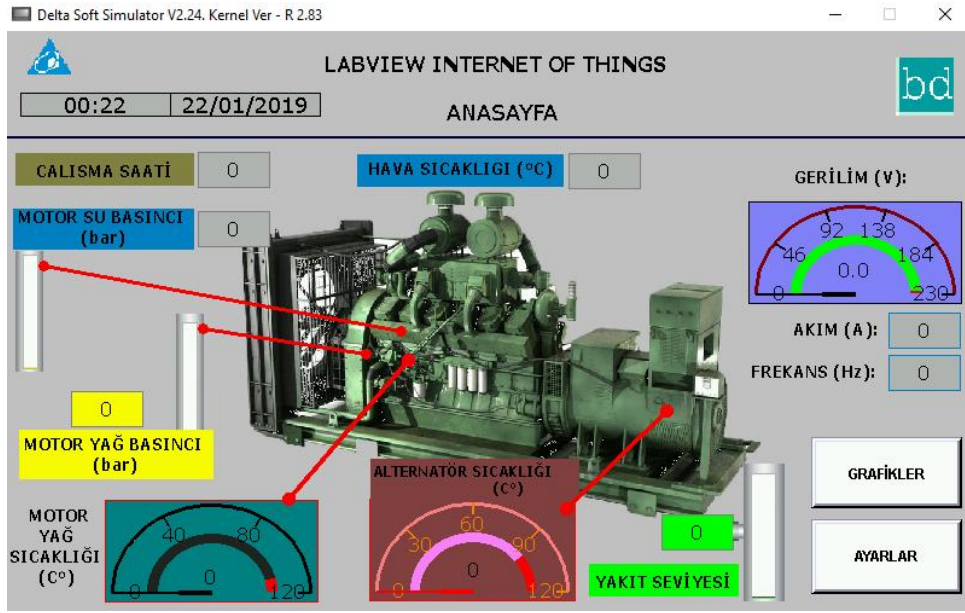


Şekil 5.7: IoT tabanlı gerçekleştirilen jeneratör kontrol ve izleme yapısı.

IoT tabanlı olarak gerçekleştirilen uygulamanın ardından deneysel olarak gerçekleştirilen OPC destekli IIoT tabanlı uygulama yapısına geçilmiştir. PLC içerisinde simülasyon verileri potansiyometrelerin kullanımı ile sağlanmıştır. HMI



ekran ile veriler kullanıcı için oluşturulan arayüze aktarılmıştır. Tasarlanan arayüzün simülasyon görüntüsü Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8: HMI ekran simülasyon görüntüsü.

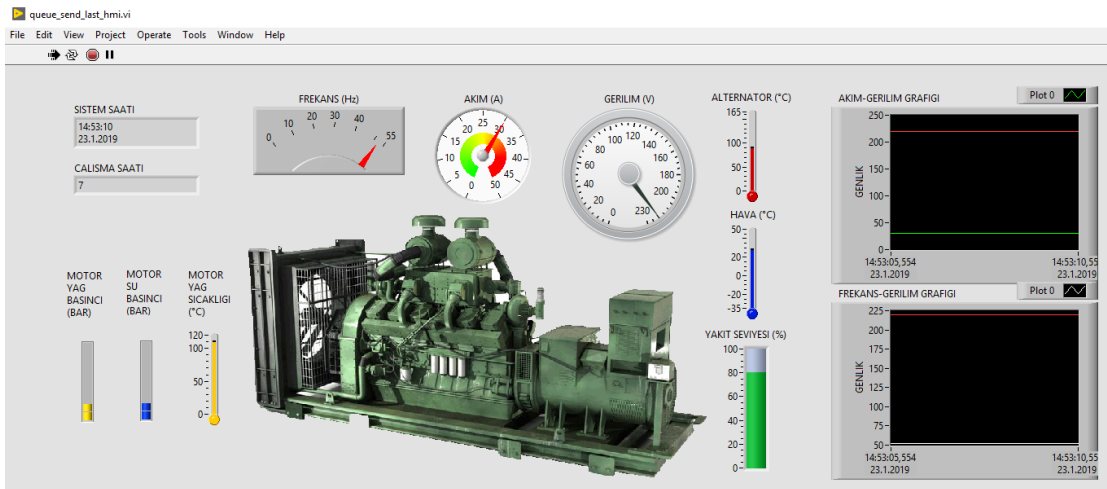
Simülasyon işleminde gerekli görülen isteklerin sağlanmasının ardından uygulama yapılması için HMI programı HMI ekrana aktarılmıştır. HMI ekran PLC ile birlikte çalışarak PLC içerisinde bulunan verileri kullanıcı ile buluşturmuştur. Şekil 5.9’da çalıştırılan HMI programı ve ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 5.9: PLC’den ölçümlerin alınması ve görüntülenmesi yapısı.

PLC tarafından sağlanan ölçüm verilerinin HMI ekranda görüntülenmesi ile eş zamanlı olarak aynı veriler OPC server yazılımı ile Modbus üzerinden Labview yazılımına aktarılmıştır. Labview yazılımında elde edilen verilerin kullanıcı ile farklı bir ekran üzerinden erişiminin sağlanması için yeni bir arayüz tasarımı oluşturulmuştur. Şekil 5.10'da belirtilen ölçümleri içeren ve Labview yazılımında hazırlanan bilgisayar arayüzü verilmiştir. Tasarlanan arayüz ile aşağıdaki parametreler görüntülenmiştir ;

- Bilgisayar sisteminin saati,
- Jeneratör çalışma süresi,
- Jeneratör frekansı,
- Jeneratörden çekilen akım,
- Jeneratörde üretilen gerilim,
- Alternatör sıcaklığı,
- Hava sıcaklığı,
- Yakıt seviyesi,
- Motor yağ basıncı,
- Motor su basıncı,
- Motor yağ sıcaklığı,
- Akım ve gerilim değişim grafiği,
- Frekans ve gerilim değişim grafiği.



Şekil 5.10: Labview yazılımı ile oluşturulan ölçüm ve görüntüleme ekranı.

Şekil 5.10'da hazırlanan arayüz ile PLC'nin haberleşmesi sağlanarak OPC destekli IIoT yapısı gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.11'de uygulanan IIoT yapısı verilmiştir.

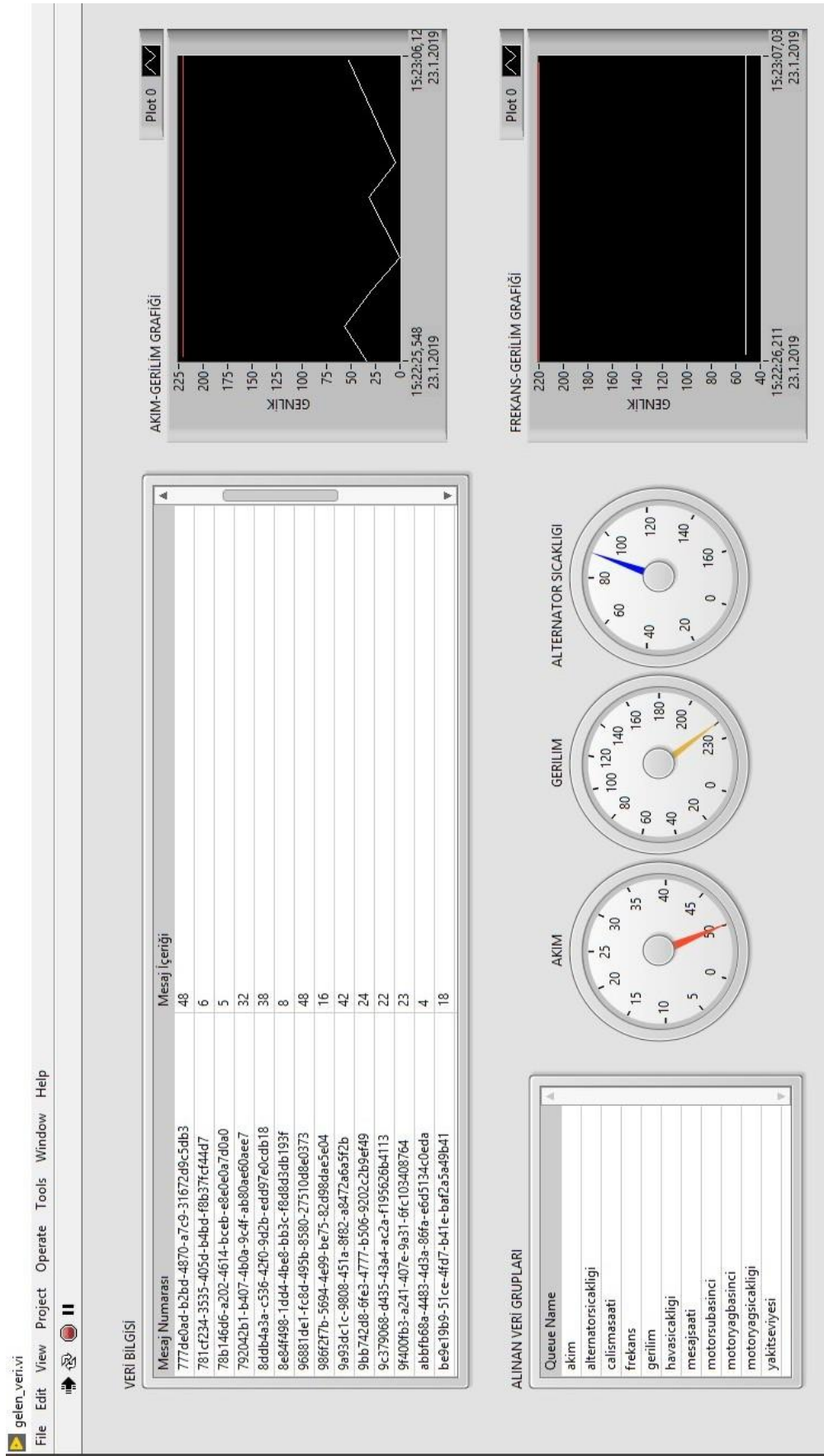


Şekil 5.11: OPC destekli IIoT uygulaması.

IoT tabanlı olarak gerçekleştirilen çalışma yapısı Şekil 5.11'de verilen sistemin kullanımı ile mümkün kılınmıştır. IIoT tabanında, Power BI platformunda sunulan hizmetlerin ücretli ve günlük veri yenilemesinin sınırlı olmasından dolayı yine Labview yazılımında ikinci bir arayüz tasarımı yapılmıştır.

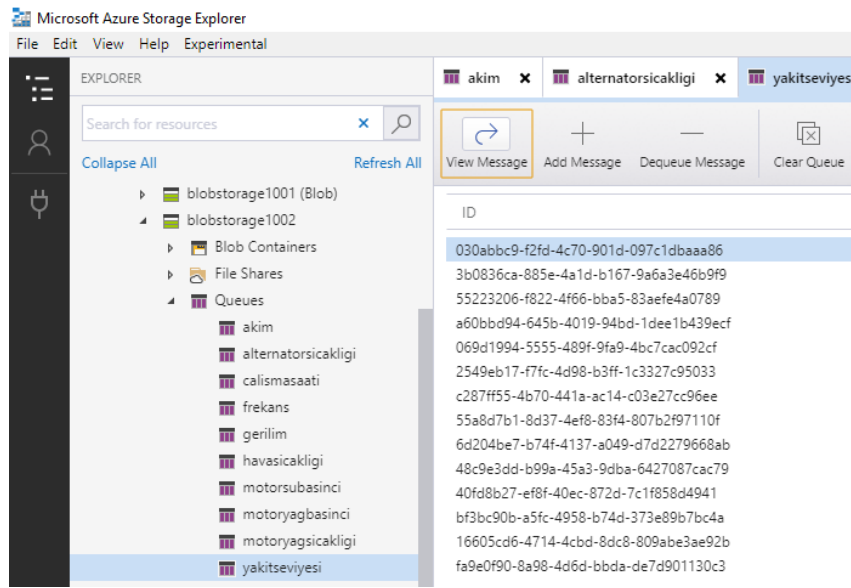
PowerBI güncelleme kısıtları, bulut platformu hizmetlerinin bazıları, Node-RED yazılımı kısıtları (grafikler, depolama alanları, işlem gücü), depolanan verilerin sorgulanması işlemleri gibi sınırlamalarının aşılması açısından aynı işlevselliğe sahip uygulama Labview yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan bu arayüz ile Azure platformu içerisinde bulunan tüm veriler için ihtiyaç duyulan tüm veri sınıflandırma, içerik görüntüleme ve canlı veri analizi yapılmıştır. Şekil 5.12'de Power BI platformunun yerine getirdiği yapıya alternatif olarak geliştirilen ve Power BI'nin sunduğu hizmetlerden çok daha fazlasını sağlayan Labview yazılımı arayüzü verilmiştir.



Şekil 5.12: Labview yazılımında kullanıcı için oluşturulan arayüz.

IloT tabanlı uygulamada Azure platformuna gönderilen veriler için ayrı ayrı Queue ismi verilen alanlar oluşturulmuştur. Bu alanlar içerisinde ilgili simülasyon verileri gönderilmiştir. Azure alanlarının ve içeriklerinin görüntülenmesi Labview yazılımının haricinde, Microsoft firması tarafından ücretsiz olarak sunulan “Azure Storage Explorer” yazılımı ile de yapılmıştır. Ayrıca Labview yazılımındaki raporlama arayüzünde Azure platformun, verilerin gönderimi ile Azure platformu tarafından karşılanma süresinde 3000 mili saniye gecikme olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5.13’de storage explorer yazılım içeriği verilmiştir.

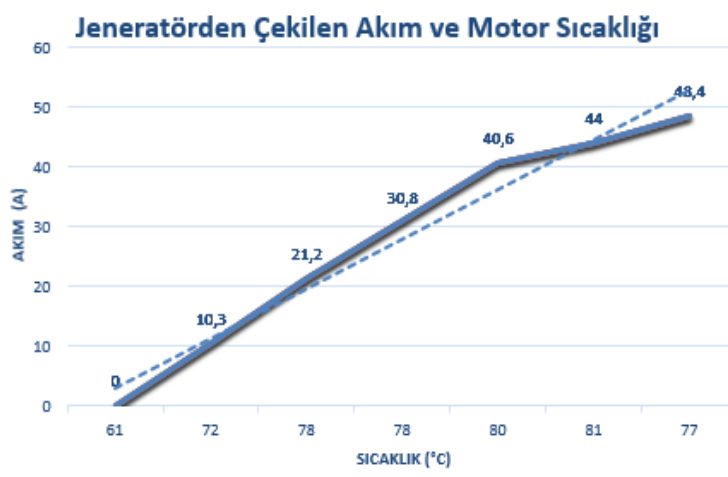


Şekil 5.13: Azure platformundaki queue alanlarının ve mesaj bilgilerinin görüntülenmesi.

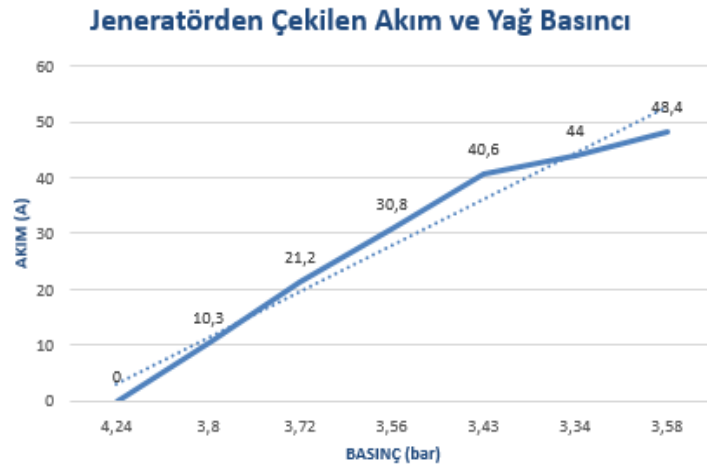
IoT ve IloT tabanlı yapılarda gerçekleştirilen uygulamalar karşılaştırıldığında her iki sisteminde jeneratöre entegre edilmesinde hiç bir zorluk bulunmamaktadır. IloT tabanında gerçekleştirilen uygulama ile karmaşık jeneratör sistemleri ve bu sistemlere entegre edilebilecek farklı donanım yapıları için OPC yapısının kullanımı mümkündür. IoT tabanında OPC yapısının kullanılması için ise, ayrıca yazılım modüllerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Labview yazılımında gerçekleştirilen raporlama ekranının Node-RED ve HMI ekran yazılımlarına göre çok daha işlevsel ve güçlü oluşu ile birlikte Labview yazılımının genellikle sinyal işleme sistemlerinde kullanılması, gerek donanımsal gerekse yazılımsal açıdan üstünlükler sağlamaktadır.

Azure platformuna gönderilen veriler için bu platforma alınan veriler tasarımcının erişimi ile yerel bir bilgisayara indirilmiştir. Alınan sensor ölçümleri içerisinde elektrik akımı, hava sıcaklığı ve içten yanmalı motorun yağ basıncı referans değerler olarak Microsoft Excel yazılımına aktarılmıştır. Excel yazılımında oluşturulan ve jeneratör parametrelerine ait olan grafikler Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.14: Jeneratör için akım ve motor sıcaklığı grafiği.



Şekil 5.15: Jeneratör için akım ve motor yağ basıncı grafiği

Standart kontrol yapısına sahip bir jeneratör sistemi ile IoT tabanı tarafından desteklenen jeneratör yapısı karşılaştırmaları ise Tablo 5.1’de verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Geleneksel kontrol sistemi ve IoT tabanlı kontrol sistemi.

<b>Özellik</b>	<b>Jeneratör Sistemlerindeki Standart Uygulama</b>	<b>IoT Tabanlı Uygulama</b>
<b>İşlevsellik</b>	Jeneratörün genel yeterlilikleri ve uygulama yapısı, jeneratör sisteminde kullanılan elektronik kontrol paneli ile sınırlıdır.	Jeneratör sistemi ve uygulama yapısında herhangi bir kısıt bulunmamaktadır. Tasarım tamamen kullanıcı tercihlerine göre şekillendirilebilmektedir
<b>Uzaktan Erişim</b>	Elektronik kontrol paneline sonradan dahil edilen modüller ile uygundur. Bazı uygulamalarda elektronik kontrol paneli üzerinde bulunan modeller ile mümkündür.	Elektronik kontrol paneline ek olarak kullanılan ekipmanlar ile uzaktan erişim yapısı kazandırılmıştır.
<b>Entegrasyon</b>	Elektronik kontrol panelini üreten firmanın sağladığı yazılımın kullanılması zorunludur.	Yazılım seçimi ve kullanılan yazılım platformu, üretici firmadan bağımsız olduğu için genel olarak yazılım entegrasyonu, sistem tasarımcısı yeteneklerine bağlıdır ve esnekler.
<b>Bakım</b>	Elektronik kontrol paneli içerisinde bulunan ve tanımlanan zaman aralıkları ile bakım mümkündür. Ayrıca kestirimci bakım tekniklerinin uygulanması için uygun bir sistem barındırmamaktadır.	Elektronik kontrol panelinde bulunan özelliklere ek olarak istenilen parametreler için bakım kısıtı sağlanabilmektedir.
<b>Performans</b>	Jeneratör performansının değerlendirilmesinde kullanıcı erişimine açık değildir İstenilen her veri kayıt edilememektedir.	Jeneratör performansının değerlendirilebilmesi için sürekli olarak jeneratör sistemi izlenebilmektedir. Kullanıcı tarafından istenilen her veri kayıt edilerek sınıflandırılmakta ve geriye dönük olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca kestirimci bakım tekniklerinin uygulanması gerçekleştirilen IoT sistemi ile sağlayabilmektedir.

Çalışma değerlendirildiğinde, IoT ve IIoT uygulamalarının temelinde internet servisleri bulunmaktadır. İnternet erişiminin bulunmadığı bölgelerde bu tarz uygulamalar ada tipi çalışmaya mecbur kalmaktadır. Günden güne artmakta olan internete bağlı cihaz sayısı, sistemler tarafından üretilecek verilerin analiz edilmesi, depolanması ve güvenli bir biçimde saklanması gibi soruları beraberinde getirmektedir. Hızlı bir biçimde ve rastgele verilerin oluşturduğu veya oluşturacağı yığın, sunucu sistemlerinin yurtdışı kaynaklı olmasından dolayı çekinceleri de beraberinde getirmektedir.

Geliştirilen iki farklı uygulama ile literatürde daha önce yer almayan ve sanayide sık tercih edilen jeneratör sistemleri üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir. İlerleyen çalışmalarda bulut platformundan yalnızca depolama, analiz etme ve raporlama hizmeti sağlanması için değil, makine öğrenimi, sanal makinelerin bulut içerisinde çalıştırılması ve yapay zekâ gibi tekniklerin sistemin içerisine katılarak çeşitli hibrit uygulamaların da yapılması mümkündür.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında birçok işletim sistemi; bilgisayar sistemi ve haberleşme sistemi başta olmak üzere farklı programlama dillerinin kullanımı ile IoT ve bulut bilişim alanında elektrik üretimi yapan jeneratör üzerinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

PLC ve jeneratörün iletişimi ve birlikte çalışabilirliği sağlanarak bir sistem kurulmuştur. PLC'nin Raspberry Pi ve dizüstü bilgisayar ile ayrı ayrı haberleşmesi sağlanmış ve veri alışverişi yapılmıştır. Bilgisayarlar üzerinden ayrı bir görüntüleme programı yazılarak farklı bir platformda sistemin izlenmesi sağlanmıştır. Raspberry Pi ve dizüstü bilgisayar için grafik arayüzleri tasarlanmıştır. Jeneratör özelinde alınan birçok ölçüm ile fiziksel parametreler arasındaki ilişki incelenmiştir.

Raspberry Pi içerisinde çalışan Node-RED yazılımı gerekli ayarların yapılmasının ardından minibilgisayarın ilk açılışından hemen sonra otomatik olarak çalıştırılmış, bu sayede kullanıcının Node-RED yazılımını çalıştırmasına gerek kalmadan herhangi bir yeniden başlatma durumunda sistemin otomatik olarak çalışması sağlanmıştır.

Labview yazılımında ise Raspberry Pi tarafından gerçekleştirilen tüm işlemleri aynı şekilde yerine getiren ve daha gelişmiş bir kullanıcı desteği sunan arayüz tasarlanmıştır. Node-RED yazılımında olduğu gibi ihtiyaç duyulan program modülleri Node-RED yazılımından farklı olarak ayrı bir yazılım olan "VI Package Manager" yazılımı ile Labview yazılımına dahil edilmiştir.

Raspberry Pi ve Node-RED yazılımı üzerinden bulut platformuna veri gönderiminde "Azure IoT Hub" hizmeti, dizüstü bilgisayar ve labview yazılımı üzerinden bulut platformuna veri gönderiminde ise "Azure Queue" hizmeti kullanılmıştır.

Bulut bilişim platformu kullanımı ile bu platforma veri gönderimi, veri kayıtlama işlemlerinin yapılmasıyla birlikte bulut içerisinde ölçüm görüntüleme ve farklı bir internet platformu üzerinden analiz işlemleri yapılmıştır. Bulut içerisine

alınan verilerin sınıflandırılması ve maksimum-minimum limitlerin alınması işlemleri için ek işlevler kullanılmıştır.

Bulut platformu içerisinde tek cihaz için hesap açılmış ve kullanılmıştır. Ayrıca birden fazla cihazın kullanıldığı uygulamalar için de bulut platformu destek sunmaktadır. Bulut platformuna ölçümlenen verilerin Node-RED yazılımı ile gönderiminde MQTT ve AMQP gibi farklı haberleşme protokolleri kullanılmış, kullanılan protokollerin herhangi bir gecikmeye sebep olduğu saptanmamıştır.

Jeneratör sisteminin yerinde izlenmesi, kontrolü ve arıza takibi için kullanılacak 2 farklı HMI ekran arayüzü tasarlanmıştır. Bu tasarımlar ile dizel jeneratörden alınan ölçüm verileri, sistem alarm durumları ve hataları görüntülenmiştir.

Firma dahilinde halihazırda kullanılan jeneratör elektronik kontrol paneli yazılımlarının yerine açık kaynak kodlu yazılım geliştirilerek ihtiyaç duyulan noktalarda özel sistemlerin geliştirilmesi mümkün kılınmıştır.

Bu çalışmada Microsoft Azure bulut platformu kullanılmıştır. Daha büyük sistemlerin kurulması gerektiğinde ve tek kaynaktan beslenen bulut sunucularının güvenliği göze alındığında çoklu bulut platformları kullanılabilir.

Gerçekleştirilen yapıda otonom olarak çalışabilen bir sistemin gözlemlenmesi sağlanmıştır. Oluşturulan sistem sayesinde personel açısından zamanın verimli kullanılmasına katkıda bulunulmuştur.

İhtiyaç duyulması halinde ilerleyen aşamalarda makine öğrenimi ve büyük veri kullanımı ile daha karmaşık ve operasyonel anlamda daha büyük uygulamalar gerçekleştirilebilecektir.

Kestirimci bakım teknikleri açısından sistemin herhangi bir jeneratör sistemine entegrasyonunun yapılması ile jeneratör için bakım-onarım ve arıza giderme faaliyetlerinde kesinlik sağlanarak kullanıcı kaynaklı hataların önüne geçilmesi sağlanabilmektedir.

Son dönemde üzerinde oldukça konuşulan ve donanım üreticilerinin IoT konusu üzerine yoğunlaşması ile piyasaya çıkardığı endüstriyel haberleşme yapabilen sensörler, IoT uygulamaları için geliştirilen HMI ekranlar vb. donanım ürünleri de kullanılarak uygulamalar gerçekleştirilmektedir.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında yapılan uygulamalar ve yazılan programlarda basit değişiklikler yapılarak farklı endüstriyel sistemler için IoT, IIoT ve bulut bilişim destekli uygulamalar gerçekleştirilebilir.

Microsoft Azure bulut platformu içerisinde sunulan hizmetler olarak yapay zekâ ve makine öğrenmesi üzerine uygulamalar geliştirilebilir.

Farklı bulut platformları ve platform hizmetleri kullanılarak, bulutlar arası uygulamalar ve bulut platformları arasında karşılaştırmalar yapılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

- [1] Numanoğlu, N., Eynehan, M., Morkoç, G. ve Aksoy, E., “Türkiyenin Küresel Rekabetçiliği Çin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, İstanbul, Rapor No: TÜSİAD-T/2016-03/576, (2016).
- [2] Numanoğlu, N. ve İnce F., “Türkiyenin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği”, İstanbul, Yayın No: TÜSİAD-T/2017,12 - 589 ,(2017).
- [3] Altınpulluk, H., “Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Eğitim Ortamlarında Kullanımı”, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 94-111, (2018).
- [4] Gündüz, M. ve Daş, R., “Nesnelerin İnterneti: Gelişimi, Bileşenleri Ve Uygulama Alanları”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(2), 327-335, (2017).
- [5] Fioccola, G.B., Sommese, R., Tufano, I., Canonico, R. and Ventre, G., ”Polluino: An Efficient Cloud-based Management of IoT Devices for Air Quality Monitoring”, *2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI)*, Italy, (2016).
- [6] Topaloğlu, M., Özkişi, H. ve Tekkanat, E., *Bulut Bilişim*, İstanbul, Seçkin Yayıncılık, (2017).
- [7] “ISO/IEC 27018 Code of Practice for Protecting Personal Data in the Cloud [online]”, (10.06.2018), <https://www.microsoft.com/en-us/trustcenter/Compliance/ISO-IEC-27018>.
- [8] “Eklemeli Üretim Laboratuvarı [online]”, (28 Temmuz 2018), <https://suimc.sabanciuniv.edu/node/287>.

- [9] Dirim, A., “Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing) nasıl bir devrimdir? [online]”, (25 Ağustos 2018), <https://www.tasarimdanimalata.com/eklemeli-uretim-additive-manufacturing-nasil-bir-devrimdir>, (2016).
- [10] Kahraman, H., “Endüstri 4.0 ile Katmanlı Üretim [online]”, (28 Temmuz 2018), <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim>, (2018).
- [11] Lizotte, C., “A View Inside Ford’s 3D Printing Lab [online]”, (21 Temmuz 2018), <https://3dprint.com/5318/ford-3d-printing>, (2014).
- [12] Gyorffi, M., “Digitising Industry (Industry 4.0) and Cybersecurity”, Policy Department A: Economy and Scientific Policy, European Parliament, (2017).
- [13] Thames, L., “Cybersecurity and Industry 4.0 – The Next Frontier for Advanced Manufacturing [online]”, (21 Temmuz 2018), <https://www.tripwire.com/state-of-security/ics-security/cybersecurity-industry-4-0-next-frontier-advanced-manufacturing>, (2017).
- [14] “Siber Güvenlik Enstitüsü Eğitimleri [online]”, (12 Temmuz 2018), <http://sge.bilgem.tubitak.gov.tr/tr/cozumler/siber-guvenlik-enstitusu-egitimleri>.
- [15] Fırat, Ü.S. ve Fırat, O.Z., “Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223, (2017).
- [16] Yazıcı, A., “Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar”, *EMO Bilimsel Dergi*, 39, (2016).
- [17] “Otonom Robotlar [online]”, (10 Haziran 2018), <https://www.innovarobotik.com/otonom-robotlar>.
- [18] “ABB and Kawasaki announce collaborative robot automation cooperation [online]”, (12 Temmuz 2018), <https://new.abb.com/news/detail/2585/abb-and-kawasaki-announce-collaborative-robot-automation-cooperation>.

- [19] “Irb 14000 Yumi - Collaborative Robot [online]”, (12 Temmuz 2018), <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/yumi>.
- [20] “ABB and Kawasaki create world’s first common interface for collaborative robots [online]”, (1 Ağustos 2018), <https://new.abb.com/news/detail/5170/abb-and-kawasaki-create-worlds-first-common-interface-for-collaborative-robots>.
- [21] Yelis, B., “Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir? [online]”, (29 Ağustos 2018), <http://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir>, (2018).
- [22] Çelen, S., “Sanayi 4.0 ve Simülasyon”, *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 1(1), 9-26, (2017).
- [23] “Industry 4.0 Industrial Revolution [online]”, (10 Ağustos 2018), <http://www.sim-tek.com.tr/en/industry4.html>.
- [24] Üstündağ, A., “Endüstri 4.0: Tasarım Prensipleri ve Teknolojiler [online]”, (9 Haziran 2018), <https://tr.linkedin.com/pulse/end%C3%BCstri-40-tasar%C4%B1m-prensipleri-ve-teknolojiler-alp-%C3%BCst%C3%BCnda%C4%9F>, (2017).
- [25] “Cat 795f-ac Haul Trucks [online]”, (10 Haziran 2018), <https://www.immersivetechologies.com/products/Training-Simulator-Modules/Caterpillar-795F-AC-Haul-Truck.htm>.
- [26] Alkan, M.A., “Sanal Gerçeklik (Virtual Reality) [online]”, (29 Ağustos 2018), <http://www.endustri40.com/sanal-gerceklik-virtual-reality>, (2018).
- [27] Sayar, M., “Endüstri 4.0 Ve Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0 ”, *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*,10(2), 83-98, (2018).
- [28] “Yeni Devrim: Endüstri 4.0 [online]”, (14 Ağustos 2018), <http://siemens-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/assets/common/downloads/page0014.pdf>.

- [29] “Industrial Augmented Reality [online]”, (10 Ağustos 2018), <https://www.ptc.com/en/products/augmented-reality>.
- [30] “Nesnelerin İnterneti [online]”, (10 Aralık 2018), <http://dergipark.gov.tr/search?q=%22nesnelerin+interneti%22&type=basic&section=articles>.
- [31] Wang, J., Zhou, J., Gu, R., Chen, M. and Li, P., “Manage system for internet of things of greenhous based on GWT”, *Information Processing In Agriculture*, 5(2), 269-278, (2018).
- [32] Iqbal, A., Farman, U., Anwar, H., Kwak, K.S., Imran, M., Waseef, J. and Rahman, A., “Interoperable Internet-of-Things platform for smart home system using Web-of-Objects and cloud”, *Sustainable Cities and Society*, 38, 636-646, (2018).
- [33] Çeltek, S.A., Durgun, M., Gökrem, L. ve Durgun, Y., “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Yangın Alarm Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması”, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 66-72, (2017).
- [34] Çakmak, B. ve Mercan, E., “Tarımsal Üretimde Örnek Bir IoT Uygulaması ve Yaşlı Tarım Çalışanlarının İzlenebilirliği”, *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, 10(1), 29-42, (2017).
- [35] Turgut, Z., “Nesnelerin İnterneti İçin Hareketlilik Yönetimi”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2018).
- [36] Censur Ç., “Akıllı Kent İçin Iot Tabanlı Akıllı Sokak Aydınlatma Sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, (2018).
- [37] Jamil, H., “Real Time Stream Processing For Internet Of Things”, M.Sc. Thesis, *Sakarya University Institute Of Science And Technology*, Computer And Information Engineering (2018).

- [38] Yang, J., Chang, W., Zhao, Q., Jiang, B., Lv, Z. and Sangaiah, A.K., “Marine surveying and mapping system based on Cloud Computing and Internet of Things” , *Future Generation Computer Systems*, 85, 39-50, (2018).
- [39] Kashyap, M., Sharma, V. and Gupta, N., “Taking MQTT and Node Mcu to IOT: Communication in Internet of Things”, *International Conference on Computational Intelligence and Data Science*, 132, 1611-1618, (2018).
- [40] Mitton, N., Loscri, V., Petrolo, R. and Morabito, R., “LEGIoT: A Lightweight Edge Gateway for the Internet of Things”, *Future Generation Computer Systems*, 81, 1-15, (2018).
- [41] Gültunca, C., “Nesnelerin İnternetinde Uygulama Katmanı Üzerindeki Haberleşme Protokollerinin İncelenmesi ve Deneysel Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2018).
- [42] Gülaçar, H., “Nesnelerin İnterneti Platformları İçin Makine Öğrenmesi Tabanlı Bir Tahmin Modülü”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2018).
- [43] Sazak, T. ve Albayrak, Y., “Nesnelerin İnterneti (IoT) Üzerine Ortam Verilerini Toplayan ve Uzaktan Takibini Sağlayan Bir Sistem Tasarımı”, *19. AKADEMİK BİLİŞİM KONFERANSI -- AB 2017*, Türkiye, (2017).
- [44] Bozuklu, M., “Çevresel Veriler İle Gerçek Zamanlı Nesnelerin İnterneti Uygulaması”, *Yüksek Lisans Tezi*, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat, (2016).
- [45] Oyucu, S. ve Polat, H., “M2M ve Iot Platformları Üzerinde Prototip Uygulama Geliştirme”, *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 9(2), 11-20, (2018).
- [46] Abdurahman, D., “Modeling And Simulation Of An IoT Enabled Cold Chain Logistics Management System”, M.Sc. Thesis, *Sakarya University Institute Of*



- Science And Technology*, Computer And Information Department, Sakarya, (2016).
- [47] Abdurahman, D., “Modeling And Simulation Of An IoT Enabled Cold Chain Logistics Management System”, M.Sc. Thesis, *Sakarya University Institute Of Science And Technology, Computer And Information Department*, Sakarya, (2016).
- [48] Kirbas, İ. Ve Dükkancı, A., “Otomatik Sıcaklık Kontrollü Tavşan Doğum Kutusu Tasarımı: Nesnelerin İnterneti Uygulaması [online]”, (18.09.2018), <https://www.researchgate.net/publication/321612837>, (2017).
- [49] Satar, B., “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Otobüs Durak Sistemi Tasarımı An IoT Based Bus Stop System Design”, *National Conference on Electrical and Electronics Engineering*, (2016).
- [50] Saxena, A. and Prakash, R., “Universal BLDC controller — With IIoT set of features”, *2017 International Conference on Nextgen Electronic Technologies: Silicon to Software (ICNETS2)*, India, (2017).
- [51] Uludağ, M.H. ve Uçar, A., “Nesnelerin İnterneti (IoT) ile Akıllı Sınıf ve Öğrenci Takip Sistemi Tasarımı”, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9(2), 591-600, (2018).
- [52] Çelik, B., Küçük, K. ve Bayılmış, C., “Nesnelerin İnterneti Teknolojileri ile Gerçek Zamanlı Okul Servisi ve Öğrenci Takip Sistemi Tasarımı”, *Düzce Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 1211-1223, (2018).
- [53] Lopez, P.P., Manzano, L.G., Camara, C. and Fuentes, J.M., “Effect of attacker characterization in ECG-based continuous authentication mechanisms for Internet of Things”, *Future Generation Computer Systems*, 81, 67-77, (2018).
- [54] Tümer, E.D. “ Nesnelerin İnterneti Ortamındaki Veriler Kullanılarak Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tahminleme Ve Gerçek Zamanlı Veriler Üzerinde Karmaşık Olay İşleme”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2018).

- [55] Eryılmaz, Ö., Kahraman, İ. ve Şahin, M., “Kalp Hastaları İçin Bulut Bilişim Temelli Erken Uyarı Sistemi”, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 01-19, (2016).
- [56]..Dilek, S., “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uzaktan Sağlık İzleme Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (2017).
- [57] Mieronkoski, R, Azimi, I., Rahmani, A.M., Aantaa, R., Terava, V., Liljeberg, P. et al., “The Internet of Things for basic nursing care - A scoping review”, *International Journal of Nursing Studies*, 69, 78-90, (2017).
- [58] Çakır, F.S., Aytekin, A. ve Tümiçin, F., “Nesnelerin İnterneti ve giyilebilir teknolojiler”, *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*, 4(5),84-95, (2018).
- [59] Hossain, M. Islam, S.M.R., Ali, F. Kwak, K.S. and Hasan, R., “An Internet of Things-based health prescription assistant and its security system design”, *Future Generation Computer Systems*, 82, 422-439, (2018).
- [60] Pereira, R.I.S., Dupont, M.I., Carvalhoa, P.C.M. and Jucá, S.C.S., “Iot Embedded Linux System Based On Raspberry Pi Applied To Real-Time Cloud Monitoring Of A Decentralized Photovoltaic Plant”, *Measurement*, 114, 286–297, (2018).
- [61] Hartman, W.T., Hansen, A., Vasques, E., El-Tawab, S. and Altaii, K., “Energy Monitoring and Control Using Internet of Things (IoT) System”, 2018 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), USA, (2018).
- [62] Kamlaesan, B., Kumar, K.A. and David, S.A., “Analysis on transformerfaults using IOT”, 2017 IEEE International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), India, (2017).

- [63] Çetinkaya, O., “Next Generation Internet Of Energy Harvesting Things”, Ph. D Thesis, *Koç University, Electrical and Electronics Engineering, İstanbul*, (2018).
- [64] Yılmaz, E., “Internet Of Things Based Battery Management Systems Applications”, M.Sc. Thesis, *Yıldız Technical University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, Department Of Electronics And Communications Engineering, İstanbul*, (2017).
- [65] Srivastava, R., Bajaj, M. and Rana, S.A., “IoT Based Controlling of Hybrid Energy System using ESP8266”, 2018 IEEMA Engineer Infinite Conference (eTechNxt), India, (2018).
- [66] Somov, A., Gotovtsev, P., Dyakov, A., Alenicheva, A., Plehanova, Y., Tarasov, S. et al., “Bacteria to Power the Smart Sensor Applications: Biofuel Cell for Low-Power IoT Devices”, 2018 IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Singapore, (2016).
- [67] Ateş, S.B., “Akıllı şebekeler uygulamalarına yönelik nesnelerin internet tabanlı (iot) prototip transformatör merkezi tasarımı ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, (2018).
- [68] “How Does a Generator Create Electricity? How Generators Work [online]”, (18 Nisan 2018), [http://www.dieselserviceandsupply.com/How\\_Generators\\_Work.aspx/](http://www.dieselserviceandsupply.com/How_Generators_Work.aspx/).
- [69] “Delta DVP06XA-S [online]”, (5 Haziran 2018), [http://www.deltronics.ru/netcat\\_files/109/108/h\\_b024e82d59fb3cf2672f5083653b21f4](http://www.deltronics.ru/netcat_files/109/108/h_b024e82d59fb3cf2672f5083653b21f4).
- [70] “Termokupl genel bilgileri [online]”, (26 Şubat 2018), [http://www.emarelektronik.com.tr/teknik\\_bilgi\\_deposu/Termokupl%20Genel%20Bilgileri.pdf](http://www.emarelektronik.com.tr/teknik_bilgi_deposu/Termokupl%20Genel%20Bilgileri.pdf).

- [71] “Delta DVP04TC-S [online]”, (4 Haziran 2018), [http://www.deltronics.ru/netcat\\_files/109/108/h\\_b47f17d7ea4d990da115f4360f618c82](http://www.deltronics.ru/netcat_files/109/108/h_b47f17d7ea4d990da115f4360f618c82).
- [72] “EPM-04CS-96 [online]”, (1 Haziran 2018), [http://www.entec.com.tr/multimetreler\\_ud.asp?livecatID=2&livecatalID=20&urunID=6](http://www.entec.com.tr/multimetreler_ud.asp?livecatID=2&livecatalID=20&urunID=6).
- [73] “Termokupl genel bilgileri [online]”, (31 Mart 2018), [http://www.emo.org.tr/ekler/c99dd0bbd9458bc\\_ek.pdf?tipi](http://www.emo.org.tr/ekler/c99dd0bbd9458bc_ek.pdf?tipi).
- [74] “Otomasyon Sektörünün Geleceği | HMI Sistemler [online]”, (10 Ekim 2018), <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/hmi-sistemlerini-yakindan-taniyalim/16489#ad-image-0>, (2015).
- [75] “DOP-B07 Kullanma Kılavuzu [online]”, (4 Haziran 2018), <http://destek.delta-turkey.com/viewtopic.php?t=111>.
- [76] “EDR-150 Switching Power Supply [online]”, (5 Haziran 2018), <https://www.meanwell.com/productPdf.aspx?i=141>.
- [77] Orkun, O., “Raspberry Pi Nedir ? Arduino ile Farkları Nelerdir ? [online]”, (26 Şubat 2018), <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/raspberry-pi-nedir-arduino-ile-farklari-nelerdir-/8305#ad-image-0>, (2013).
- [78] “Ethernet Switch Nedir? [online]”, (26 Şubat 2018), <https://www.rfteknoloji.com.tr/fusion-4g-lte-router-modem/item/160-ethernet-switch-nedir>.
- [79] “Itspeed Switch 8Port 10/100Mbps Rj45port [online]”, (8 Haziran 2018), [https://www.webdenal.com/itspeed-switch-8-port-10-100mbps-rj45port\\_46036.html](https://www.webdenal.com/itspeed-switch-8-port-10-100mbps-rj45port_46036.html).
- [80] Fajfr, F., "Use Azure Blob Storage in your application [online]", (12 Aralık 2018), <https://blog.octo.com/en/azure-blob-storage/>, (2011).

- [81] “Paylaşılan Erişim İmzaları [online]”, (12 Aralık 2018), <https://docs.microsoft.com/tr-tr/azure/storage/common/storage-dotnet-shared-access-signature-part-1?toc=%2fazure%2fstorage%2ffiles%2ftoc.json>.
- [82] “Power BI nedir [online]”, (11 Aralık 2018), <https://docs.microsoft.com/tr-tr/power-bi/power-bi-overview>.
- [83] Ray, P.R., “A Survey Of Iot Cloud Platforms”, *Future Computing And Informatics Journal*, 1(1-2), 35-36, (2017).
- [84] Columbus, L., “2017 Roundup Of Internet Of Things Forecasts [online]”, (10 Ağustos 2018), <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/12/10/2017-roundup-of-internet-of-things-forecasts/#6603f56d1480>, (2017).
- [85] “State of the sMarket: Internet of Things 2017 [online]”, (01.06.2018), <http://www.verizon.com/about/sites/default/files/Verizon-2017-State-of-the-Market-IoT-Report.pdf>, (2017).
- [86] Weber, H.R. and Weber, R., *Internet Of Things Legal Perspectives*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2010).
- [87] Saidu, C., Usman, A.S. and Ogedebe, P., “Internet of Things: Impact on Economy”, *British Journal of Mathematics & Computer Science*, 7(4), 241-251, (2015).
- [88] Zarei, M., Jamalian, A. and Ghasemi, R., “Industrial Guidelines for Stimulating Entrepreneurship with the Internet of Things”, (ed: I. Lee), *The Internet of Things in the Modern Business Environment*, Western Illinois University, USA, 147-166, (2017).
- [89] Zarei, M., Jamalian, A. and Ghasemi, R., “Industrial Guidelines for Stimulating Entrepreneurship with the Internet of Things”, (ed: I. Lee), *The Internet of Things in the Modern Business Environment*, Western Illinois University, USA, 150-153, (2017).

- [90] Hossain, S.Z., *The Definitive Guide The Internet Of Things For Business 2nd Edition*, (2016).
- [91] Nerseeth, P.V., “ABB Robotics [online]”, (7 Ağustos 2018), [https://new.abb.com/docs/default-source/investor-center-docs/presentations/2016/20160308\\_barclays-robotics-day-\\_web.pdf?sfvrsn=2](https://new.abb.com/docs/default-source/investor-center-docs/presentations/2016/20160308_barclays-robotics-day-_web.pdf?sfvrsn=2), (2017).
- [92] Yang, Z., Zhou, Q., Lei, L., Zheng, K. and Xiang, W., “An Iot-Cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare”, *Medical Systems*, 40(12), 1-18, (2016).
- [93] Al-Ali, A.R., “Internet Of Things Role in the Renewable Energy Recourses”, *Energy Procedia*, 100, 34-38, (2016).
- [94] “Top 10 Cloud Computing Examples and Uses [online]”, (28 Temmuz 2018), <https://www.newgenapps.com/blog/top-10-cloud-computing-examples-and-uses>, (2017).
- [95] Soylu, H., “Büyük Veri Uygulamaları ve Ülkemizden Örnekler, Güvenlik Analizlerinin Araştırılması [online]”, (6 Nisan 2018), [https://www.slideshare.net/HIyaSoylu/byk-veribigdata?next\\_slideshow=1](https://www.slideshare.net/HIyaSoylu/byk-veribigdata?next_slideshow=1), (2016).
- [96] “Büyük Veri [online]”, (21.06.2018), [https://www.wikizero.com/tr/B%C3%BCy%C3%BCk\\_veri](https://www.wikizero.com/tr/B%C3%BCy%C3%BCk_veri).
- [97] “Big Data (Büyük Veri) Nedir ? [online]”, (4 Nisan 2018), <https://www.slideshare.net/ReneralD/big-data-byk-veri-nedir-71012772>.
- [98] “The Internet Of Everything [online]”, (27 Temmuz 2018), <http://www.memexoe.com/the-internet-of-everything>, (2014).
- [99] Rouse, M., “[online]”, (21 Temmuz 2018), <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-computing>, (2012).

- [100] “Özel bulut nedir? [online]”, (4 Mayıs 2018), <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/what-is-a-private-cloud>.
- [101] “Hibrit bulut nedir? [online]”, (4 Mayıs 2018), <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/what-is-hybrid-cloud-computing>.
- [102] “Bulut bilişim mimarisi [online]”, (20 Haziran 2018), <http://www.sys.com.tr/tr/2016/02/03/bulut-bilisim-mimarisi>.
- [103] “SaaS Nedir? [online]”, (1 Mayıs 2018), <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/what-is-saas>.
- [104] “Bulut Bilişim’in hizmet modelleri nelerdir? IaaS, PaaS ve SaaS nedir? [online]”, (2 Mayıs 2018), <https://radore.com/blog/bulut-bilisinin-hizmet-modelleri-nelerdir-iaas-paas-ve-saas-nedir.html>.
- [105] Bulut, C., “Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir ? [online]”,(08.10.2018), <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>, (2018).
- [106] “Azure Nedir? [online]”, (21 Temmuz 2018), <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/what-is-azure/>.
- [107] “Bulut Bilişim İçin Amazon Web Services [online]”, (25 Şubat 2018), <https://aws.amazon.com/what-is-aws>.
- [108] Hossain, S., “What is IBM Bluemix? [online]”, (07.01.2018), <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2014/04/21/ibm-codename-bluemix/>, (2017).
- [109] “Google Cloud, Ürün ve hizmetler [online]”, (27 Şubat 2018), <https://cloud.google.com/products/?hl=tr>.
- [110] Dayarathna M., “Comparing 11 IoT Development Platforms [online]”, (21 Temmuz 2018), <https://dzone.com/articles/iot-software-platform-comparison>, (2016).

- [111] Stansberry, J.. “MQTT and CoAP: Underlying Protocols for the IoT [online]”, (28 Temmuz 2018), <https://www.electronicdesign.com/iot/MQTT-and-coap-underlying-protocols-iot>, (2015).
- [112] “What is MQTT? [online]”, (7 Nisan 2018), <http://MQTT.org/faq>.
- [113] “AMQP is the Internet Protocol for Business Messaging [online]”, (7 Nisan 2018), <https://www.AMQP.org/about/what>.
- [114] Vasters, C., “From MQTT to AMQP and back [online]”, (7 Nisan 2018), <http://vasters.com/blog/From-MQTT-to-AMQP-and-back/>, (2017).
- [115] “A Comparison of AMQP and MQTT [online]”, (07.04.2018),[https://lists.oasis-open.org/archives/AMQP/201202/msg00086/StormMQ\\_WhitePaper\\_-\\_A\\_Comparison\\_of\\_AMQP\\_and\\_MQTT.pdf](https://lists.oasis-open.org/archives/AMQP/201202/msg00086/StormMQ_WhitePaper_-_A_Comparison_of_AMQP_and_MQTT.pdf).
- [116] “Juggling Data Connectivity Protocols for Industrial IoT : Andrew Foster Reports [online]”, (8 Nisan 2018), <https://adlinkblogist.files.wordpress.com/2015/04/dds-comparison-v2.png/>.
- [117] “COAP vs MQTT | Difference between COAP and MQTT protocols [online]”, (26 Temmuz 2018), <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/COAP-vs-MQTT.html>.
- [118] “Scalable, Secure Technologies and Services Put the ROI in IIoT [online]”, (10 Temmuz 2018), <https://www.emerson.com/en-us/expertise/automation/industrial-internet-things>.
- [119] Lin, K. Wang, W. Bi, Y. Qiu, M. and Hassan, M.M., “Human Localization Based On Inertial Sensors And Fingerprints In The Industrial Internet Of Things [online]”, (18.04.2018), <https://pdfs.semanticscholar.org/398a/da6ca352106628f24b47ee15139261655522.pdf/>, (2016).
- [120] Kan, C., Yang, H. and Kumara, S., “Parallel computing and network analytics for fast Industrial Internet-of-Things (IIoT) machine information



- processing and condition monitoring”, *Journal of Manufacturing Systems*, 46, 282-293, (2018).
- [121] Nuratch, S., "The IIoT devices to cloud gateway design and implementation based on microcontroller for real-time monitoring and control in automation systems", *2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, Cambodia, (2017).
- [122] Kara, M., “Endüstriyel Nesnelerin İnternetinde Hızlı ve Güvenli Veri İletimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay, (2018).
- [123] Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. and Rosenberg, M.,”How Virtualization, Decentralization, And Network Building Change The Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective”, *Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37-44, (2014).
- [124] Özer, A., “Endüstriyel Sistemlerde PLC ve SCADA uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, (2016).
- [125] Sajid, A., Abbas, H. and Saleem, K., “Cloud-Assisted IOT –Based SCADA Systems Security: A Review of the State of the Art and Future Challenges”, *IEEE Access*, 4, 1375-1384, (2016).
- [126] Alparslan, F., “OPC & OPC UA Nedir? [online]”, (4 Mayıs 2018), <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/OPC-OPC-ua-nedir/18535#ad-image-0>, (2016).
- [127] Büyük, S. ve Gök, S., “Proses Otomasyonunda OPC Teknolojisi”, *Mühendis ve Makina*, 53(635), 13-15, (2011).
- [128] “Interoperability Standart for Industrial Automation [online]”, (4 Mayıs 2018), <http://www.softek.com.tr/Endustriyel/Otomasyon/OPC/OPCServer.html>.

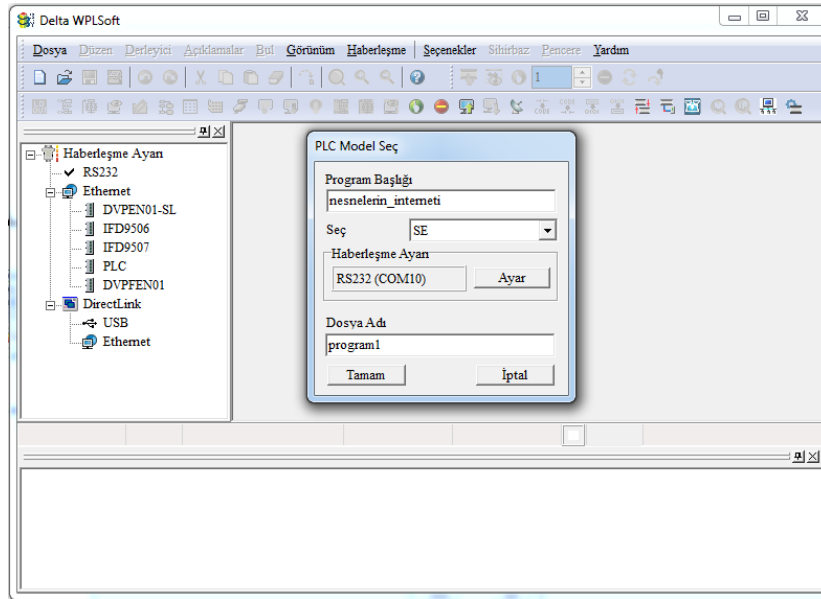
# **EKLER**

## 8. EKLER

### EK A Kullanılan Bilgisayar Yazılımları

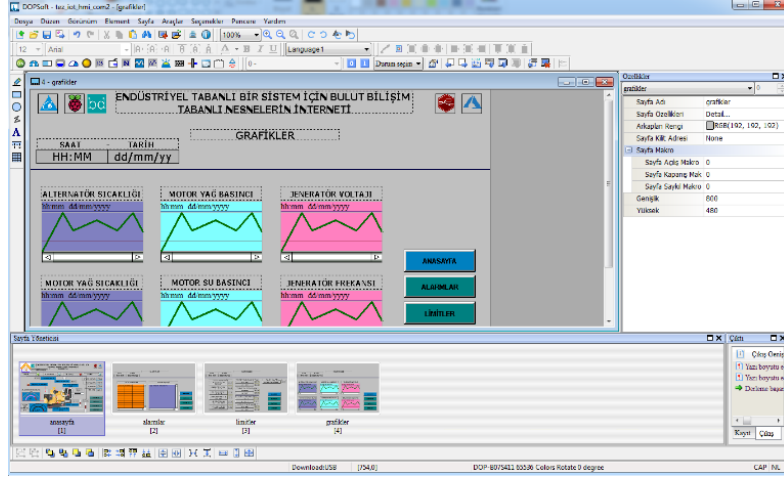
#### EK A.1 Delta Wplsoft Yazılımı

WPLSoft yazılımı Delta firmasının geliştirmiş olduğu PLC'lerin programlanması için kullanılan bir yazılımdır. Yazılım ile sistemde kullanılan PLC içerikleri eş zamanlı olarak görüntülenebilmekte ve PLC kontrolü sağlanabilmektedir. Belirtilen fonksiyonlara ek olarak ise PLC simülasyonu yapılabilmektedir.



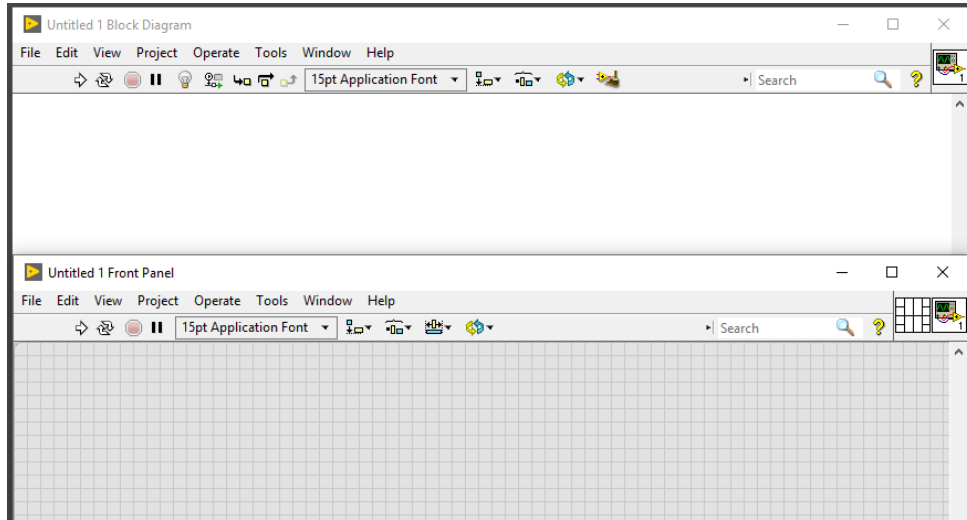
#### EK A.2 Delta DOPSoft Yazılımı

DOPSoft yazılımı da Delta firmasının üretmiş olduğu HMI ekranları programlamak için kullanılan editör yazılımıdır. Yazılım içerisinde yer alan bloklar kullanılarak bir arayüz oluşturulup HMI ekrana yüklenmektedir. HMI ekranlar içerisinde programlar okunabilmekte ve panel simülasyonları yapılabilmektedir.



### EK A.3 Labview Yazılımı

National Instrument firması tarafından geliştirilen Labview yazılımı, programların grafikler olarak oluşturulduğu bir programdır. Labview, yapı olarak iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım, görsel programlamanın yapıldığı, ikinci kısım ise görsel programın oluşturulmasında kullanılan enstrümanlar ve enstrüman ayarları yapılmaktadır. Büyük çoğunlukla sinyal işleme ve test sistemlerinde kullanılmaktadır.

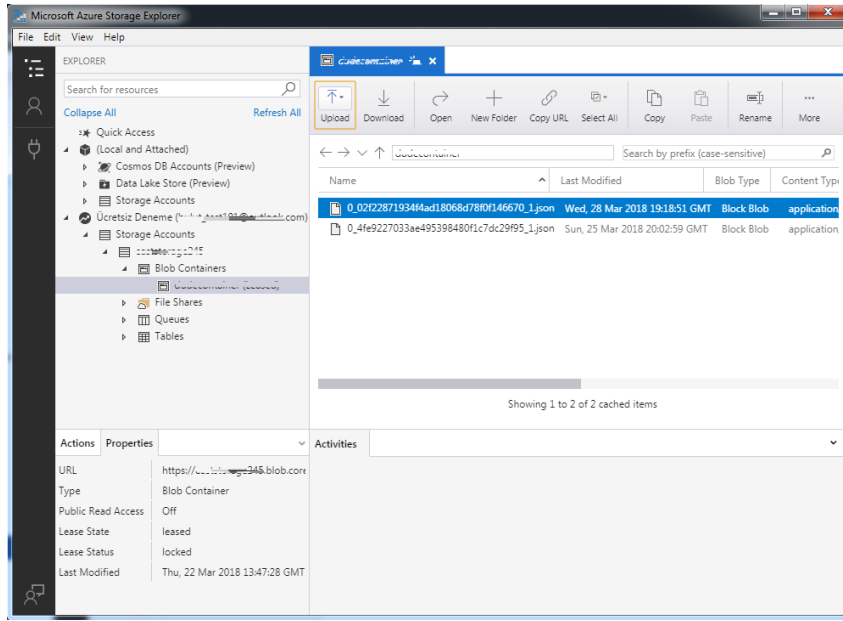


Bu yazılım, IoT platformunda gerçek zamanlı olarak verilerin başka yazılımlara aktarılmasına imkân sağlamaktadır. Sağladığı hizmet gereği MQTT ve REST uygulamalarını da desteklemektedir.

## EK A.4 Storage Explorer Yazılımı

Azure Storage Explorer yazılımı Microsoft firmasının Windows, MacOS ve Linux işletim sistemlerine sahip bilgisayarlarda Azure bulut sisteminde oluşturulan depolama birimleri ile çalışmaya imkân sağlayan bir uygulamadır. Bu uygulama ile bulut sisteminde bulunan depolama birimleri görüntülenebilmekte ve ihtiyaçlar doğrultusunda yönetilebilmektedir.

Yazılım üzerinden bulut sisteminde bulunan depolama birimlerine ulaşabilmek için ilgili Microsoft Azure üyeliği ile giriş yapılması gerekmektedir.



## EK A.5 Device Explorer Yazılımı

Microsoft firması tarafından geliştirilen Device Explorer Twin yazılımı, Azure hesabının yönetimi, Azure içerisinde yer alan IoT Hub servisine gelen mesajların görüntülenmesi ve bu kısma uzaktan mesaj gönderimine imkân sağlamaktadır. Bahsedilen işlemlerin yerine getirilebilmesi için azure hesabında yer alan IoT Hub için tanımlanmış olan "String Anahtar Dizesi" kullanılmalıdır.

