KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMASYON SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA SANAL PLATFORMLAR İLE BULUT TEKNOLOJİLERİNİN ENTEGRASYONU

BURAK ALP ÖZALP

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMASYON SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA SANAL PLATFORMLAR İLE BULUT TEKNOLOJİLERİNİN ENTEGRASYONU

BURAK ALP ÖZALP

Dr. Öğr. Üyesi Birol ARİFOĞLU
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Dr. Öğr. Üyesi Tarık ERFİDAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Prof.Dr. Mehmet BAYRAK
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih:17.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Dünyadaki endüstri anlayışının ve üretim teknolojilerindeki altyapının değiştiği bu dönemde, devrim olarak ortaya çıkan ama bir vizyon olarak sunulmuş dördüncü sanayi devrimi kapsamındaki dönüşümü yakalayabilmek ve gelecek projeksiyonu hakkında bilgi edinmek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Endüstri 4.0 kapsamında otomasyon sistemleri konusunda bana çalışma fırsatı veren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Birol ARİFOĞLU'na teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca beni destekleyen aileme de sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Ocak – 2020 Burak Alp ÖZALP

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. ENDÜSTRİ 4.0 3
1.1. Endüstri 4.0'ı Sağlayan Teknolojilerin Temelleri 5
1.1.1. Büyük veri (big data) 6
1.1.2. Otonom robotlar (autonomous robots) 7
1.1.3. Simülasyon (simulation) 8
1.1.4. Sistem entegrasyonu (system integration) 8
1.1.5. Nesnelerin interneti (internet of things) 9
1.1.6. Siber güvenlik (cybersecurity) 10
1.1.7. Bulut tabanlı teknolojiler (cloud computing) 11
1.1.8. Katmanlı üretim (additive manufacturing) 11
1.1.9. Arttırılmış gerçeklik (augmented reality) 12
2. DİJİTAL İŞLETMELER (DIGITAL ENTERPRISES) 13
2.1. Dijital İkiz (Digital Twin) 14
2.1.1. Makina konsepti (machine concept) 17
2.1.2. Makina için mühendislik çalışmaları (machine engineering) 18
2.1.3. Makina devreye alma (machine commissioning) 18
2.1.4. Makina'nın çalıştırılması (machine operation) 18
2.1.5. Makina servisi (machine services) 19
3. MINDSPHERE 20
3.1. Open-IoT İşletim Sistemi 21
3.2. Faydaları 21
3.3. Özellikleri 22
3.4. MindAccess 22
3.4.1. MindAccess IoT Value Plan 22
3.4.2. MindAccess DevOps Plan 23
3.5. MindConnect 23
3.5.1. MindConnect Nano 24
3.5.2. MindConnect IoT2040 24
4. IBM WATSON 25
4.1. Uçtan uca Bulut Çözümü 25
4.2. Bileşenler 25
4.3. IBM Maximo Asset Monitor (Veri İzleme Paneli) Genel Bakış 27
4.3.1. Özet panoları (Summary dashboards) 27
4.4. IoT Veri Akışı ve Yaşam Döngüsü (IoT Data Flow and Lifecycle) 28
4.4.1. Genel bakış 28
4.4.2. Veri akışı 29
4.4.3. Veri saklama 30

4.5. Watson IoT Platformuna Genel Bakış 30
4.5.1. Platforma cihaz bağlamak 31
4.5.2. Gerçek-zamanlı IoT verilerini görüntüleme 31
4.5.3. IoT verilerini analiz etmek 31
4.5.3.1. Gösterge panellerini izleme 32
4.5.3.2. Gerçek zamanlı analiz 32
4.5.3.3. Geçmiş zamanlı verilerin analizi 32
4.5.4. Bir servis uygulaması oluşturmak 33
4.5.5. Uzun dönem IoT verilerine ulaşmak için object storage kullanımı 33
5. GÖRSEL PROGRAMLAMA ARAYÜZÜ (NODE-RED) 34
5.1. Node-RED'i Yerel Bir Çalışma Ortamına Yüklemek 35
5.1.1. Komut satırı kullanımı 35
5.2. Bir Akış Oluşturmak 36
5.2.1. Editöre erişmek 37
5.2.2. Inject düğümü (node) eklemek 37
5.2.3. Debug (hata ayıklama) düğümü eklemek 37
5.2.4. Düğümleri birbirine bağlamak 37
5.2.5. Akışı yayınlamak (deploy) 37
5.2.6. Fonksiyon (function) düğümü eklemek 38
5.3. Node-RED'in kavramları 38
5.3.1. Düğüm (node) 38
5.3.2. Yapılandırma düğümü (configuration node) 38
5.3.3. Akış (flow) 39
5.3.4. Bağlam (context) 39
5.3.5. Mesaj (message) 39
5.3.6. Alt akış (subflow) 39
5.3.7. Bağlantı (wire) 40
5.3.8. Palet (palette) 40
5.3.9. Çalışma alanı (workspace) 40
5.3.10. Kenar çubuğu (sidebar) 40
5.4. Editör arayüzü 40
6. SANAL PLATFORMLARIN KULLANIMIYLA OTOMASYON KATMANININ BULUT TEKNOLOJİLERİNE BAĞLANMASI 42
6.1. Simülasyon Platformu (PLCSIM Advanced) 43
6.1.1. Yeni bir sanal PLC oluşturmak 43
6.1.2. Yeni bir otomasyon yazılımı oluşturmak ve sanal PLC bağlantısının yapılması 48
6.2. Sanal Makina (Oracle VM Virtual Box – Lubuntu) 59
6.3. Görsel Programlama Arayüzü (Node-RED) 61
6.3.1. Node.js ve Node-RED'in sanal makina'ya yüklenmesi 61
6.3.2. Node-RED ile sanal PLC'nin haberleşmesi 64
6.4. Bulut Sistemi (IBM Watson) 70
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 86
KAYNAKLAR 88
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 90
ÖZGEÇMİŞ 91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Endüstri 4.0'ın temellerini oluşturan teknoloji altyapıları 6
Şekil 2.1. Tüm değer zinciri (Entire Value Chain) 14
Şekil 2.2. Gerçek ve sanal dünya.....14
Şekil 2.3. Dijital ikiz döngüsü.....15
Şekil 2.4. Süreçlere bütünsel yaklaşım 15
Şekil 2.5. Uçtan uca dijital ikiz.....17
Şekil 3.1. MindSphere çalışma mimarisi 20
Şekil 4.1. Watson IoT Platformu Ürün Mimarisi 25
Şekil 4.2. Özet Panosu 27
Şekil 4.3. Watson IoT Platformu veri akış yapısı 29
Şekil 5.1. Node-RED Editör penceresi 41
Şekil 5.2. Node-RED Editör bileşenleri.....41
Şekil 6.1. S7-PLCSIM Advanced kontrol paneli 44
Şekil 6.2. Uzaktan Erişim özelliği 45
Şekil 6.3. Sanal Yerel Ağ Adaptörü 46
Şekil 6.4. Sanal PLC oluşturmak.....47
Şekil 6.5. Simülasyon durum ekranı.....47
Şekil 6.6. TIA Portal yeni proje oluşturma ekranı.....48
Şekil 6.7. Proje ağacı bölümü 48
Şekil 6.8. Yeni cihaz ekleme penceresi.....49
Şekil 6.9. Proje ayarları menüsü 49
Şekil 6.10. Proje ayarları.....50
Şekil 6.11. PLC ayar menüsü.....50
Şekil 6.12. Ethernet ayarları menüsü 51
Şekil 6.13. Haberleşme ayarları menüsü 51
Şekil 6.14. Yeni blok oluşturma.....52
Şekil 6.15. Data blok oluşturmak.....52
Şekil 6.16. Data blok ayar menüsü 53
Şekil 6.17. Data blok adres ayarları 53
Şekil 6.18. Data blok veri alanı.....54
Şekil 6.19. İzleme tablosu (Watch table) oluşturmak.....54
Şekil 6.20. Data bloğunun derlenmesi.....55
Şekil 6.21. İzleme tablosu penceresi.....55
Şekil 6.22. IP adres ayar menüsü 56
Şekil 6.23. PLC'ye bağlanmak 56
Şekil 6.24. Go Online bağlantı penceresi 57
Şekil 6.25. Yazılım yükleme menüsü 58
Şekil 6.26. Bağlantı sonrası proje ağacı.....58
Şekil 6.27. Oracle VM Virtual Box çalışma ekranı 59
Şekil 6.28. Sanal makina ayar penceresi 60
Şekil 6.29. Lubuntu işletim sistemi 60
Şekil 6.30. Lubuntu komut istemi penceresi.....61
Şekil 6.31. Komut istemi penceresi şifre ekranı.....62
Şekil 6.32. Node-RED başlatma ekranı.....63
Şekil 6.33. Komut istemi penceresi Node-RED adres bilgisi 64
Şekil 6.34. Node-RED çalışma sayfası 64
Şekil 6.35. Sanal makina ağ ayarları.....65

Şekil 6.36. Node-RED ayar menüsü 65
Şekil 6.37. Manage palette penceresi 66
Şekil 6.38. s7comm bloğunun eklenmesi 67
Şekil 6.39. s7comm konfigürasyon penceresi 67
Şekil 6.40. TIA Portal cihaz konfigürasyon penceresi....67
Şekil 6.41. Inject konfigürasyon penceresi 68
Şekil 6.42. Hata ayıklama bloğu....68
Şekil 6.43. Hata ayıklama (debug) penceresi....69
Şekil 6.44. s7comm-write bloğu 70
Şekil 6.45. Payload alanı 70
Şekil 6.46. IBM Watson ana sayfası....71
Şekil 6.47. Hesap giriş ekranı 71
Şekil 6.48. Hesap ayarları ekranı 72
Şekil 6.49. IBM hesap ana sayfası 72
Şekil 6.50. IBM Cloud hesap sayfası....72
Şekil 6.51. Servisler sayfası 73
Şekil 6.52. Servis oluşturma sayfası 73
Şekil 6.53. IBM Cloud hesap sayfası....74
Şekil 6.54. Aktif servisler ekranı 74
Şekil 6.55. IoT platform servis ekranı 75
Şekil 6.56. IBM Watson IoT Platform sayfası 75
Şekil 6.57. Cihaz ekleme ekranı kimlik bilgileri sayfası....75
Şekil 6.58. Cihaz ekleme cihaz bilgileri sayfası 76
Şekil 6.59. Cihaz ekleme güvenlik sayfası 76
Şekil 6.60. Cihaz ekleme özet sayfası....77
Şekil 6.61. Cihaz bağlantı bilgileri 77
Şekil 6.62. Palet yönetim penceresi 77
Şekil 6.63. Hata ayıklama (debug) okunan veri 78
Şekil 6.64. “Function” bloğuna ait komutlar 78
Şekil 6.65. Watson IoT bloğunun eklenmesi 79
Şekil 6.66. Watson IoT bloğu 79
Şekil 6.67. Watson IoT bloğu bağlantı ayarları 80
Şekil 6.68. Node-RED çalışma ekranı 80
Şekil 6.69. Watson IoT platformu ana ekranı 81
Şekil 6.70. Watson IoT platformu çalışma ekranı 81
Şekil 6.71. Watson IoT platformu gösterge paneli ekranı 82
Şekil 6.72. Kart (Card) oluşturma menüsü 82
Şekil 6.73. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 1 83
Şekil 6.74. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 2 84
Şekil 6.75. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 3 84
Şekil 6.76. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 4 85
Şekil 6.77. Çizgi grafik üzerinden okunan değerlerin gösterge paneli....85

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Ülkelere ait endüstriyel planlar 4
Tablo 4.1. Veritabanı Sistem Yapısı.....28
Tablo 4.2. Depolama çözümlerine göre veri saklama periyotları 30
Tablo 4.3. Analiz araçları tablosu.....32
Tablo 5.1. Node-RED terminal komut argümanları.....36

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

API	: Application Programming Interface (Uygulama programlama arayüzü)
AWS	: Amazon Web Services (Amazon Ağ Servisleri)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
MQTT	: Message Queuing Telemetry Transport (Mesaj Sırası Telemetri İletimi)
OPC UA	: Open Platform Communications Unified Architecture (Açık Platform Birleşik Mimari İletişimi)
PaaS	: Platform as a Service (Bir Servis Olan Platform)
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolör)
SaaS	: Software as a Service (Bir Servis Olan Yazılım)
TCP / IP	: Transmission Control Protocol / Internet Protocol (İletim Denetim Protokolü / İnternet Protokolü)

OTOMASYON SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA SANAL PLATFORMLAR İLE BULUT TEKNOLOJİLERİNİN ENTEGRASYONU

ÖZET

Bu çalışmada, bilgi teknolojileri tarafında yaşanan gelişmelerin endüstride uygulanması doğrultusunda yeni bir dönüşüm yaşanmasını sağlayan Endüstri 4.0 olarak adlandırılan sanayi devriminin endüstriye sağladığı katkılar incelenmiştir. Bu kapsamda yalnızca bir makina veya endüstriyel tesisin üretim süreçlerine dair otomasyon sisteminin geliştirilmesinin ötesinde işletmeye dair satın alma, üretim planlama, lojistik, bakım-onarım, satış gibi tüm birimlerin dijital olarak gerçek zamanlı bir şekilde arasında veri akışının gerçekleştiği bir yapı inşa etme hedefi bulunmaktadır. Bütünüyle entegre bir sistem geliştirerek mevcut operasyonel yapıyı en verimli hale getirmek adına gerçek sistemin beraberinde dijital ikizi olarak adlandırılan birebir sanal modelinin hazırlanması ve geliştirme süreçlerinin hızlandırılması doğrultusunda sanal platformlara gösterilen önem artmıştır. Bu bağlamda tez çalışmasında sanal platformlar vasıtasıyla oluşturulmuş otomasyon katmanının bulut teknolojileriyle olan çalışması incelenmiş ve bu doğrultuda bir uygulama geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalizasyon, Endüstri 4.0, Endüstriyel IOT, Sanal PLC.

INTEGRATION OF CLOUD TECHNOLOGIES WITH VIRTUAL PLATFORMS IN THE SCOPE OF INDUSTRY 4.0 IN AUTOMATION SYSTEMS

ABSTRACT

In this study, the contributions of the industrial revolution called Industry 4.0, which provides a new transformation in line with the application of the developments experienced by information technologies in the industry, are examined. In this context, beyond the development of an automation system for the production processes of a machine or industrial plant, the objective is to build a structure in which the data flow between the units such as purchasing, production planning, logistics, maintenance and repair is realized digitally in real time. The importance given to virtual platforms has been increased in order to accelerate development processes and to develop a fully integrated system in order to make the existing operational structure more efficient and to prepare a virtual model called a digital twin. In this context, the study of automation layer created by virtual platforms with cloud technologies was examined and an application was developed in this thesis.

Keywords: Digitalization, Industry 4.0, Industrial IOT , Software Controller.

GİRİŞ

Geleneksel yöntemler ile tasarım yapıldığında, teori ve deneyimlerden kazanılmış bilgi altyapısıyla çalışma ortaya çıkarılıp ilk prototip üretilene kadar tasarımın hedeflere ulaşıp ulaşmadığının doğrulaması yapılamazdı. Günümüz teknolojisiyle, endüstri tarafında mekanik sistemler üç boyutlu tasarım programları üzerinde bilgisayar destekli olarak çizilip, tüm parçalar birleştiğinde nihai ürünü bütünsel olarak görme ve boyutları hakkında bilgi sahibi olma imkanı tanır. Bununla birlikte, otomasyon sistemleri tarafında mevcut olan simülasyon yazılımları ise yalnızca temel giriş/çıkış birimlerinin program üzerindeki etkilerini inceleme olanağı mümkündür.

Endüstri 4.0 kapsamında, birbirinden bağımsız olarak gelişmiş bu teknolojilerin birbiriyle entegrasyonu hedeflenmektedir. Bu kapsamda, fizik kanunlarının işletildiği mekatronik tasarım yazılımı üzerinde çalışılmaktadır. Bu yazılım sayesinde üç boyutlu tasarımı yapılan bir sistemin otomasyon yazılımıyla birlikte çalışması doğrultusunda vereceği sonuçlar gözlemlenecektir. Bulut teknolojilerinin bu hedefler çerçevesindeki önemi ise anlık çalışma verilerinden elde edilen tasarıma dair geliştirme notlarına, uzun vadeyi ekleme olanağı tanımasıdır. Hem gerçek bir çalışma sistemi hem de ilk prototip öncesi sanal çalışma düzeneği üzerinden, sürekli olarak veriler toplanıp analizi yapılarak geliştirme açısından daha hassas ve detay noktalara dair öngörüler elde edilir. Bu da, bulut teknolojileri kullanımının, bir sistemin tasarımını hedeflere en yakın sonuca az sayıda prototip ile ulaşılması amacına katkı sağladığını göstermektedir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında otomasyon sistemlerinde sanal platformlar ile bulut teknolojilerinin entegrasyonununa yönelik uygulama geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen tez çalışmasının içeriği aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Birinci bölümde, Endüstri 4.0'ın devrim niteliği taşımasını sağlayan temel teknoloji ve yaklaşımlardan bahsedilmiştir. Ayrıca, bu bölümde bir endüstriyel işletmenin ilgili teknolojiler doğrultusunda dijital olarak dönüştürülmesinin kazanımlarına vurgu yapılmıştır.

İkinci bölümde, dijital dönüşümün bir makinanın veya proses endüstrisine ait bileşenleri geliştirmenin ötesinde bir işletmeye dair tüm unsurları birbiriyle entegre hale getirmek olduğu anlatılmıştır. Bununla birlikte tasarım süreçlerinin prototipler yani fiziksel sistemler yerine sanal platformlar üzerinden geliştirilmesini sağlayan teknolojik altyapılar ve platformlardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, Siemens tarafından geliştirilen bulut platformu MindSphere'ın yapısından, özelliklerinden ve uygulama tarafındaki kabiliyetlerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, tez çalışması kapsamında uygulama üzerinde kullanılan bulut platformu IBM Watson'ın temel yapısı ve dijitalleşme kapsamında sunduğu özelliklerden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde, otomasyon sisteminin bulut sistemiyle haberleşmesini sağlayan Node-RED platformunun temel yapısı ve çalışma prensipleri anlatılmıştır.

Altıncı bölümde, tez kapsamında gerçekleştirilen uygulama çalışması adım adım anlatılmıştır. Bu bağlamda, ilk olarak otomasyon sisteminin bilgisayar ortamında simülasyonu yapılmış, sonrasında Node-RED ile haberleştirilmiştir. Node-RED üzerinde toplanan verilerin bulut sistemi olan IBM Watson'a aktarımı dahil uçtan uca sistem entegrasyonun sağlanması hakkında bilgiler verilmiştir.

Yedinci bölümde, tez çalışmasında elde edilen sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

1. ENDÜSTRİ 4.0

İmalatın dijitalleştirilmesi sayesinde ürün üretme şeklimizde önemli bir dönüşümün ortasındayız. Bu geçiş o kadar ilgi çekicidir ki, imalatta meydana gelen bu dönüşüm “Endüstri 4.0” olarak adlandırılmaktadır. İlk sanayi devrimi, su ve buhar gücüyle mekanizasyon, ikinci olan elektrik enerjisiyle seri üretim ve montaj hatlarının kurulmasıdır. Dördüncü sanayi devrimi, üçüncü sanayi devrimiyle başlayan bilgisayar ve otomasyon teknolojilerinin sanayiye adapte edilmesi sürecinin devamı niteliğinde olup sistemden toplanan veriler ile makina öğrenme teknolojilerini kullanarak akıllı ve otonom sistemleri inşa etmeyi hedeflemektedir [1].

Endüstri 4.0, firmaların stratejilerini, organizasyonunu, iş modellerini, değer ve tedarik zincirlerini, süreçleri, ürünleri, becerileri ve paydaş ilişkilerini değiştiriyor. Hem işletmeyi hem de toplumu olumlu yönde etkileyecek şekilde yönetilmesi gereken yeni fırsatlar ve güvenlik açıkları yarattı. Dünyadaki hükümetler, şirketlerde uygulanmasını kolaylaştırmak için bilinçlendirme, eylem planları, destek, altyapı yatırımları, sponsorluklar ve vergi avantajları dahil olmak üzere aktif girişimlerle bu yeni nesil üretim yaklaşımının önemini fark etmişlerdir [2].

Endüstri 4.0, Endüstri 3.0'ın bilişim teknolojilerine geçiş sürecini optimize etmektedir. Üçüncü sanayi devrimi sürecinde bilgisayar tabanlı teknolojiler otomasyon sistemlerine dahil edilmesi oldukça etkili katkılar sağlanmıştır. Endüstri 4.0’ın gelişmesiyle birlikte kontrolörler birbirlerine bağlı, iletişim halinde ve insan müdahalesine gerek kalmaksızın karar verebilir durumda olacaklardır. Siber-fiziksel sistemlerin, Nesnelerin İnterneti ve Sistemlerin İnterneti teknolojilerinin bir araya gelmesinin Endüstri 4.0'ın ve akıllı fabrika hedeflerinin gerçeğe dönüşmesi yönünde katkıları olacaktır. Daha fazla veriye eriştikçe daha akıllı hale gelen akıllı makinelerin desteğinin bir sonucu olarak, fabrikalar daha verimli ve üretken olacaktır.

Tablo 1.1'de görülen ülkelerin stratejik planları dışında Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu (IIC – Industrial Internet Consortium) gibi şirketler ve/veya özel organizasyonlar tarafından tasarlanan yeni olanak tanıyan teknolojileri araştırmak üzere araştırma planları başlatılmıştır [3]. Ayrıca, Fabrikaların Geleceği – Ufuk 2020 (the Factories of the Future – Horizon 2020) programı gibi kamu-özel iş birliği doğrultusunda yapılan çalışmalar da bulunmaktadır [4].

Tablo 1.1. Ülkelere ait endüstriyel planlar

Ülkeler	Endüstriyel Plan	Referans
Almanya	High-Tech Strategy 2020	Kagermann et al. (2013b)
Fransa	La Nouvelle France Industrielle (The New Industrial France)	Conseil National de l'Industrie (2013)
Birleşik Krallık	Future of Manufacturing	Foresight (2013)
ABD	Advances Manufacturing Partnership	Rafael et al., 2014)
Çin	Made in China 2025	State Council of China, 2015)
Singapur	Research, Innovation and Enterprise	National Research Foundation (2016)
Güney Kore	Innovation in Manufacturing 3.0	Kang et al. (2016)
İtalya	Impresa 4.0	Ministero dello Sviluppo Economico (2017)

"Dördüncü Sanayi Devrimi" ifadesi ilk olarak 1988'de, üretim ekiplerindeki bilim adamlarından tarafından inovasyona evrimleşen süreçleri tanımlamak için tanıtıldı. Terim daha sonra nanoteknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasıyla ilişkilendirilmiştir. 2011 yılında bu, Almanya'nın "Industrie 4.0″ sanayi planından sonra "Endüstri 4.0" olarak adlandırılmıştır. Diğer ülkeler, Endüstri 4.0 için ABD'de "Endüstriyel İnternet" veya "Gelişmiş Üretim", Avrupa Komisyonu tarafından

“Geleceğin Fabrikaları” ve Birleşik Krallık’ta “Üretim Geleceği” gibi farklı isimlere sahiptir. Bu tür diğer terimler arasında “Dördüncü Sanayi Devrimi”, “Dijital Fabrika”, “Dijital Üretim”, “Akıllı Fabrika”, “Birbirine Bağlı Fabrika”, “Entegre Sanayi”, “Üretim 4.0” ve “İnsan Makine İşbirliği” yer almaktadır.

Bununla birlikte, otomasyon sistemleri, fiziksel ve sanal dünyalar arasındaki bağlantılar, bir dizi olanak sağlayan teknolojinin tanınması, dijitalleşme, İnternet ve paydaşlarla ve yönetim ilişkilerindeki değişiklikler; fenomeni daha iyi kapsayacak bir tanımın belirlenmesine yardımcı olacaktır. “Endüstri 4.0″ ifadesi sonuçta değer ve tedarik zincirlerinin yönetilmesine yardımcı olan ve ilgili tüm süreçlerini daha geniş bir şekilde yöneten endüstriyel otomasyon sistemlerinin benimsenmesini içerir [5].

Endüstri 4.0’ın başarısı için iki kilit faktör entegrasyon ve birlikte çalışabilirliktir. Siber Fiziksel Sistem ve Siber Fiziksel Üretim Sistemi gibi endüstriyel otomasyon sistemlerinin entegre edilmesi hem yatay hem de dikey olarak paydaşlarla iletişim kurarak daha fazla ve daha yenilikçi özelliklerle sonuçlanır. Ayrıca siber ve fiziksel dünyalar arasında bağlantı kurulmasına yardımcı olur. Dahası, birlikte çalışabilirlik, sistemleri birbirine bağlamak ve bilgi ve beceri alışverişinde bulunmak için bir işletmenin sınırları içinde ve ötesinde, süreklilik olmasa bile üretim süreçlerini kolaylaştırır [6].

Özellikle Endüstri 4.0, 10 sütuna ayrılabilen bir dizi etkinleştirme (enabling) teknolojisi kullanmaktadır. İlk dokuz sütun, Boston Consulting Group [7] tarafından yapılan bir araştırmadan gelirken, bazı yazarlar [8] bir “diğer etkinleştirme teknolojiler” kategorisi ekler. Bu ikinci kategori, aynı derecede önemli yenilikleri içerir, ancak tarımsal gıda, biyo-tabanlı ekonomi ve enerji tüketiminin optimizasyonunu destekleyen teknolojiler gibi sınırlı uygulama alanları vardır [9].

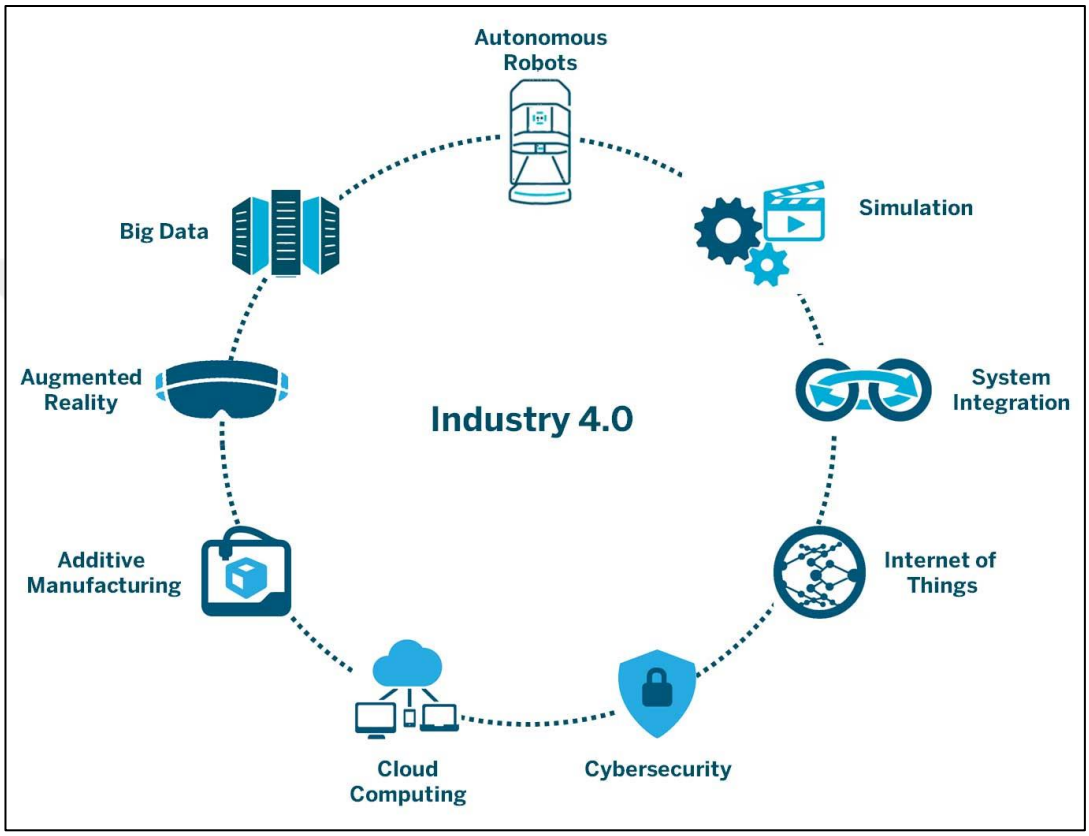
Endüstri 4.0'ın fırsatları altı ana başlığa ayrılabilir: Küçük partilerin üretimi sırasında ortaya çıkan üretim esnekliği, ilk seri prototiplerin üretilme hızı, daha yüksek çıktı kapasitesi, düşük kurulum maliyetleri, daha az hata ve makine duruş süreleri, daha yüksek ürün kalitesi ve daha az reddedilen üretim ve müşterilerin ürünler hakkındaki görüşlerini geliştirdi.

1.1. Endüstri 4.0’ı Sağlayan Teknolojilerin Temelleri

Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan teknolojideki dokuz ilerlemenin çoğu zaten üretimde kullanılıyor, ancak Endüstri 4.0 ile üretimi dönüştürecekler: izole edilmiş, optimize

edilmiş hücreler tam entegre, otomatik ve optimize edilmiş bir üretim akışı olarak bir araya gelecek tedarikçiler, üreticiler ve müşteriler ile insan ve makine arasındaki geleneksel üretim ilişkilerinin daha yüksek verimlilik doğrultusunda dönüşümüne öncülük edecektir [7].

Şekil 1.1'de Endüstri 4.0 yaklaşımını oluşturan teknoloji altyapıları görülmektedir.



Şekil 1.1. Endüstri 4.0'ın temellerini oluşturan teknoloji altyapıları

1.1.1. Büyük veri (big data)

Büyük Veri, bir şirkette birbirine bağlı ürünler, süreçler, makineler ve kişilerden ve çevresindeki ortamdan elde edilen büyük miktarda veriyi yakalayan, arşivleyen, analiz eden ve dağıtan teknolojilerle ilgilidir [10].

Son zamanlarda üretim dünyasında, büyük veri setlerine dayanan analizlerin, üretim kalitesini optimize ettiği, enerji tasarrufu yaptığı ve ekipman hizmetini geliştirdiği ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 bağlamında, birçok farklı kaynaktan (üretim ekipmanı ve sistemleri ile işletme ve müşteri yönetim sistemleri) verilerin toplanması ve kapsamlı değerlendirmesi, gerçek zamanlı karar almayı desteklemek için bir standart haline gelecektir.

Büyük verinin sunduğu fırsatlar aşağıdaki gibidir [11];

- Daha hızlı iletişim, özelleştirilmiş ürünler ve müşterileri profilleme ve göreceli ihtiyaçlarını belirleme kapasitesi nedeniyle müşteriden daha yüksek ürün değerlendirmeleri alabilmek
- Talep tahminleri olasılığı nedeniyle kazanılan esneklik
- Depoların gelişmiş verimliliği, dağıtımı ve satışı ve sınırlı üretim maliyetleri nedeniyle tedarik zincirini optimize eden daha iyi ürün kalitesi ve daha az üretim atığı

1.1.2. Otonom robotlar (autonomous robots)

Birçok sektördeki üreticiler karmaşık görevlerle başa çıkmak için uzun zamandır robotlar kullanıyorlar, ancak robotlar daha fazla fayda sağlamak için gelişiyor. Daha özerk, esnek ve işbirlikçi hale geliyorlar. Sonunda, birbirleriyle etkileşim kuracaklar ve insanlarla yan yana güvenli bir şekilde çalışacaklar ve onlardan öğrenecekler. Bu robotlar, bugün üretimde kullanılanlardan daha az maliyete ve daha fazla kapasiteye sahip olacak [12].

Bir diğer adıyla gelişmiş imalat çözümleri (advanced manufacturing solutions), otomatize edilmiş endüstriyel planları garanti eden birbirine bağlı ve modüler sistemlerin oluşturulması anlamına gelir. Bu teknolojiler arasında otomatik olarak malzeme taşıma sistemleri ve bunların ikincisi şu anda piyasada “cobots” (collaborative robots - işbirlikçi robotlar) veya otonom sürüş teknolojilerine sahip otomatik güdümlü araçlar veya insansız hava araçları olarak yer alan gelişmiş robotlar bulunmaktadır [13].

Örneğin, Avrupalı bir robotik ekipman üreticisi olan Kuka, birbirleriyle etkileşen otonom robotlar sunar. Bu robotlar birbirine bağlanır, böylece birlikte çalışabilir ve eylemlerini bir sonraki bitmemiş ürüne uygun şekilde otomatik olarak ayarlayabilirler. Üzerinde bulunan üst düzey sensörler ve kontrol üniteleri insanlarla yakın bir şekilde çalışmasına olanak tanır. Benzer şekilde, endüstriyel robot tedarikçisi ABB, ürünleri (tüketici elektroniği gibi) insanlarla birlikte monte etmek için özel olarak tasarlanmış YuMi adlı iki kollu bir robot geliştirmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere YuMi (you and me) üretimde insan ve robot işbirliğini temsil etmektedir. İki yastıklı kol ve bilgisayar görüşü ile güvenli etkileşim ve parça tanımaya olanak tanır.

Otonom robotlar ve gelişmiş imalat çözümlerinin sunduğu fırsatlar aşağıdaki gibidir;

- Operatörlerin görevleri öğrenme kapasitesi de düşünüldüğünde kurulum maliyetlerinin, hataların ve makine duruş sürelerinin azalacağı söylenir
- Çalışanların en karmaşık iş ve kontrol aşamalarına doğrudan katılımı ile verilen ve otomatik ve sabit sistemlerin yapısal ve teknolojik kısıtlamalarını ortadan kaldıran esneklik sunar
- Ölçütleri değiştirme imkanı ile daha yüksek üretim kapasitesi, yalnızca operatör ve makine arasında eşit bir şekilde faaliyet dağıtmakla kalmayıp, aynı zamanda daha verimli çalışmaya olanak tanır

1.1.3. Simülasyon (simulation)

Simülasyon, fiziksel dünyayı sanal modellerde yeniden üretmeyi ve operatörlerin malzeme, üretken süreçler (ayrık elemanlar) ve ürünler (bitmiş veya farklı elemanlar) elde etmek için ayarları test etmelerini ve optimize etmelerini içerir.

Mühendislik aşamasında, ürün, malzeme ve üretim süreçlerinin 3 boyutlu simülasyonları zaten kullanılmaktadır, ancak gelecekte simülasyonlar tesis operasyonlarında da daha yaygın olarak kullanılacaktır. Bu simülasyonlar, fiziksel dünyayı, makineleri, ürünleri ve insanları içeren sanal bir modelde yansıtmak için gerçek zamanlı verilerden yararlanır. Bu, operatörlerin fiziksel değişimden önce sanal dünyadaki bir sonraki ürün için makine ayarlarını test etmelerini ve optimize etmelerini sağlar, böylece makine kurulum sürelerini azaltır ve kaliteyi artırır.

Örneğin, Siemens ve bir Alman takım tezgahı satıcısı, fiziksel makineden veriler kullanarak parçaların işlenmesini simüle edebilen bir sanal makine geliştirdi. Bu, gerçek işleme prosesi için kurulum süresini yüzde 80 oranında azalttı.

Simülasyonun sunduğu fırsatlar aşağıdaki gibidir [14];

- Üretim sürelerini artıran prototiplemede daha yüksek hız
- Kurulum maliyetlerinin, hataların ve makine duruş sürelerinin azaltılması

1.1.4. Sistem entegrasyonu (system integration)

Bugünün bilgi teknolojileri sistemlerinin çoğu tam olarak entegre değildir. Şirketler, tedarikçiler ve müşteriler nadiren yakından ilişkilidir. Mühendislik, üretim ve servis gibi bölümler de değildir. İşletmeden atölye seviyesine kadar olan işlevler tam olarak entegre edilmemiştir. Ürünlerden tesislere ve otomasyona kadar mühendislik bile tam

entegrasyondan yoksundur. Ancak Endüstri 4.0 ile şirketler, departmanlar, işlevler ve yetenekler, şirketler arası, evrensel veri entegrasyon ağları geliştikçe ve gerçekten otomatik değer zincirleri sağladıkça çok daha uyumlu hale gelecektir.

Endüstri 4.0 tarafından sunulan entegrasyon iki boyutla karakterize edilir: içten dışa. İlk (yatay entegrasyon) şirketteki farklı alanlar arasında bilgi entegrasyonu ve bilgi alışverişi ile ilgilidir. İkinci (dikey entegrasyon), şirketin tedarikçileri ve müşterileri ile olan ilişkilerini ilgilendirir [15].

Örneğin, Dassault Systèmes ve BoostAeroSpace, Avrupa havacılık ve savunma endüstrisi için bir işbirliği platformu başlattı. AirDesign platformu, tasarım ve üretim işbirliği için ortak bir çalışma alanı olarak hizmet veriyor ve özel bir bulutta hizmet olarak sunuluyor. Birden fazla iş ortağı arasında ürün ve üretime dair verilerin alışverişine yönelik süreçleri yönetir.

Sistem entegrasyonunun yani bir diğer adıyla yatay ve dikey entegrasyonun sunduğu fırsatlar aşağıdaki gibidir [16];

- Kurulum maliyetleri, hatalar ve makine duruş sürelerinin azaltılması, ayrıca üstün ürün kalitesi ve daha az üretim atığı nedeniyle: daha düşük maliyetler; sorunları tanımlamak, teşhis etmek ve çözmek için kendi kendini eğitme becerisi; gelen ve giden tedarik zincirlerinde daha iyi bağlantılar sunuyor olması
- Daha yüksek üretim kapasitesi ve artan verimlilik

1.1.5. Nesnelerin interneti (internet of things)

Nesnelerin interneti, en temel tanımıyla, insanlar, ürünler ve makineler arasındaki iletişimi kolaylaştıran bir dizi cihaz ve akıllı sensör anlamına gelmektedir.

Bugün, bir üreticinin sensörlerinin ve makinelerinin yalnızca bir kısmı ağa bağlı ve gömülü bilgi işlemden yararlanıyor. Benzer bir şekilde, sınırlı zeka ve otomasyon denetleyicisine sahip sensörlerin ve saha cihazlarının, kapsayıcı bir üretim süreci kontrol sistemine beslendiği dikey bir otomasyon piramidinde düzenlenirler. Ancak, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti ile, bazen bitmemiş ürünler de dahil olmak üzere daha fazla cihaz gömülü bilgi işlemle zenginleştirilecek ve standart teknolojiler kullanılarak bağlanacaktır. Bu, saha cihazlarının gerektiğinde birbirleriyle ve daha merkezi kontrol cihazlarıyla iletişim kurmasına ve etkileşim kurmasına olanak tanır. Ayrıca analitiği ve karar almayı merkezileştirerek gerçek zamanlı yanıtlar sağlar.Bir

sürücü ve kontrol sistemi satıcısı olan Bosch Rexroth, yarı otomatik, merkezi olmayan bir üretim sürecine sahip vanalar için bir üretim tesisi kurdu. Ürünler radyo frekansı tanımlama kodları ile tanımlanır ve iş istasyonları, her ürün için hangi üretim adımlarının gerçekleştirilmesi gerektiğini ve belirli bir işlemi gerçekleştirmek için nasıl uyarlanabileceğini bilir.

Nesnelerin internetinin sunduğu faydalar aşağıdaki gibidir [17];

- Ürünleri kişiselleştirmek amacıyla müşteriden ihtiyaçları ve tercihleri hakkında bilgi toplayabilmek ve ürünlerin fabrikadan müşteriye etkili bir şekilde izlenmesini sağlayan, ürünlerin menşei, kullanımı ve varış yeri konusunda daha iyi bilgiye sahip olunması gibi sebeplerden dolayı müşteriden daha iyi bir ürün değerlendirmesi alabilmek
- Kurulum maliyetlerinin, hataların ve makine arıza sürelerinin azaltılması, ayrıca üstün ürün kalitesi ve daha az üretim atığı. Bunun nedeni: tedarik ve dağıtım zincirleri arasında daha iyi bir bağlantı olması, aşınmış veya kırılmış makineleri gerçek zamanlı olarak ortaya çıkararak proaktif bakıma olanak tanıması

1.1.6. Siber güvenlik (cybersecurity)

Siber güvenlik, birbirine bağlı kurumsal sistemler üzerinden bilgi akışını korumak için tasarlanmış güvenlik önlemlerini içerir.

Birçok şirket hala bağlantısız veya kapalı yönetim ve üretim sistemlerine güvenmektedir. Endüstri 4.0 ile gelen artan bağlantı ve standart iletişim protokollerinin kullanımı ile, kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerinden koruma ihtiyacı önemli ölçüde artmaktadır. Sonuç olarak, makinelerin ve kullanıcıların güvenli ve güvenilir iletişimlerinin yanı sıra gelişmiş kimlik ve erişim yönetimi de gereklidir.

Geçen yıllarda, bazı endüstriyel ekipman satıcıları siber güvenlik şirketleri ile ortaklıklar veya devralmalar yoluyla güçlerini birleştirdi.

Bu teknolojiler, bilginin yayılmasıyla ilişkili riskleri sınırlandırarak diğerlerini desteklemek için tasarlanmıştır [18].

1.1.7. Bulut tabanlı teknolojiler (cloud computing)

Bulut bilişim teknolojileri, hız, esneklik ve verimlilik açısından büyük miktardaki verilerin yüksek performansla arşivlenmesini ve işlenmesini kolaylaştırır. Bulut bilişim ayrıca kaliteyi sağlamak, operasyonları ve üretimi iyileştirmek için üretken bir sisteme ait verilere dayanarak daha fazla sayıda hizmetin (izleme ve kontrol işlevleri dahil) geliştirilmesine olanak tanır [19].

Bu teknolojileri kullanma fırsatları ve riskleri, Büyük Veri analizi ve Nesnelerin İnterneti teknolojilerine ek olarak sunulabilir.

Şirketler zaten bazı kurumsal ve analitik uygulamaları için bulut tabanlı yazılım kullanıyor, ancak Endüstri 4.0 ile daha fazla üretimle ilgili teşebbüs, siteler ve şirket sınırları arasında daha fazla veri paylaşımı gerektiriyor. Aynı zamanda, bulut teknolojilerinin performansı artacak ve sadece birkaç milisaniyelik reaksiyon süreleri elde edilecek. Sonuç olarak, makine verileri ve işlevselliği gittikçe daha fazla buluta dağıtılarak üretim sistemleri için daha fazla veriye dayalı hizmet sunuluyor. Süreçleri izleyen ve kontrol eden sistemler bile bulut tabanlı olabilir Üretim-yürütme sistemlerinin satıcıları, bulut tabanlı çözümler sunmaya başlayan şirketler arasındadır.

1.1.8. Katmanlı üretim (additive manufacturing)

Katmanlı üretim prosesi, plastikler, seramikler, metaller ve reçineler gibi farklı malzeme türleri dahil olmak üzere malzeme katmanları oluşturarak karmaşık ürünlerin oluşturulmasına izin verir, böylece malzemenin montaj ihtiyacını ortadan kaldırır. Bunun önemli bir örneği 3D baskıdır.

Şirketler, çoğunlukla bireysel bileşenleri prototiplemek ve üretmek için kullandıkları 3-B baskı gibi katmanlı üretimi benimsemeye başladı. Endüstri 4.0 ile, bu katmanlı üretim yöntemleri, karmaşık, hafif tasarımlar gibi inşa avantajları sunan özelleştirilmiş ürünlerin küçük partilerini üretmek için yaygın olarak kullanılacaktır. Yüksek performanslı, merkezi olmayan katmanlı üretim sistemleri, taşıma mesafelerini ve eldeki stokları azaltacaktır. Örneğin, havacılık şirketleri zaten uçak ağırlığını azaltan ve titanyum gibi hammadde masraflarını azaltan yeni tasarımlar uygulamak için katmanlı üretim yöntemini kullanıyor.

Katmanlı üretimin sunduğu faydalar [20];

- Karmaşık tasarım ve prototip aşamalarında daha hızlı gerçekleştirme sayesinde prototiplemenin daha kısa sürede yapılması
- Küçük, özelleştirilmiş üretim alanları oluşturarak kurulum maliyetlerinin, hataların ve makine duruş sürelerinin azaltılması, üstün ürün kalitesi ve daha az üretim atığı sağlaması, düşük üretim maliyetleri ve atıkları açısından potansiyel olarak avantajlıdır. Ayrıca, imalat ve montaj aşamaları arasındaki mesafeyi ortadan kaldırmak, siparişler ve teslimatlar arasındaki teslimat sürelerini önemli ölçüde azaltır

1.1.9. Arttırılmış gerçeklik (augmented reality)

Arttırılmış gerçeklik, sanal ortamlara erişim yoluyla insan duyu algısını zenginleştiren (veya azaltan) bir dizi cihazı içerir; buna ses, koku veya dokunma gibi duyusal unsurlar eşlik eder. Bu öğeler, multimedya bilgisi sağlamak için vizyonu (artırılmış gerçeklik gözlükleri), ses (kulaklık) veya dokunma (eldiven) için mobil cihazlara (akıllı telefonlar, tabletler veya PC'ler) veya diğer sensörlere eklenebilir.

Artırılmış gerçeklik tabanlı sistemler, bir depoda parça seçme ve mobil cihazlar üzerinden onarım talimatları gönderme gibi çeşitli hizmetleri destekler. Bu sistemler şu anda ilk evrelerindedir, ancak gelecekte şirketler, çalışanlara karar verme ve çalışma prosedürlerini iyileştirmek için gerçek zamanlı bilgi sağlamak için artırılmış gerçekliği daha geniş bir şekilde kullanacaktır.

Örneğin, işçiler, onarılması gereken gerçek sisteme baktıklarında belirli bir parçanın nasıl değiştirileceği konusunda onarım talimatları alabilirler. Bu bilgiler, artırılmış gerçeklik gözlükleri gibi cihazlar kullanılarak doğrudan çalışanların görüş alanında görüntülenebilir.

Başka bir uygulama sanal eğitimdir. Siemens, Comos yazılımı için, acil durumlarla başa çıkmak üzere tesis personelini eğitmek üzere artırılmış gerçeklik gözlükleriyle gerçekçi, veri tabanlı 3 boyutlu bir ortam kullanan sanal bir tesis operatörü eğitim modülü geliştirdi. Bu sanal dünyada, operatörler bir siber temsil üzerine tıklayarak makinelerle etkileşimde bulunmayı öğrenebilirler. Ayrıca parametreleri değiştirebilir ve operasyonel veri ve bakım talimatlarını alabilirler.

2. DİJİTAL İŞLETMELER (DIGITAL ENTERPRISES)

Dijitalleşme, mevcut iş modellerinin yanı sıra hayatın tüm alanlarını dönüştürmektedir. İmalat endüstrisinin, üretken tasarım (generative design) ve akıllı modeller (intelligent models) gibi teknolojinin trendlerini kullanarak ürün fikirlerini gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Üretim, katmanlı imalat (additive manufacturing) ve gelişmiş robot teknolojileriyle daha yenilikçi hale gelir. Ayrıca, bulut çözümleri ve otomasyon teknolojilerinin kullanımıyla birlikte yeni servis modelleri geliştiriliyor [21].

İmalat firmalarının karşılaştığı zorluklar;

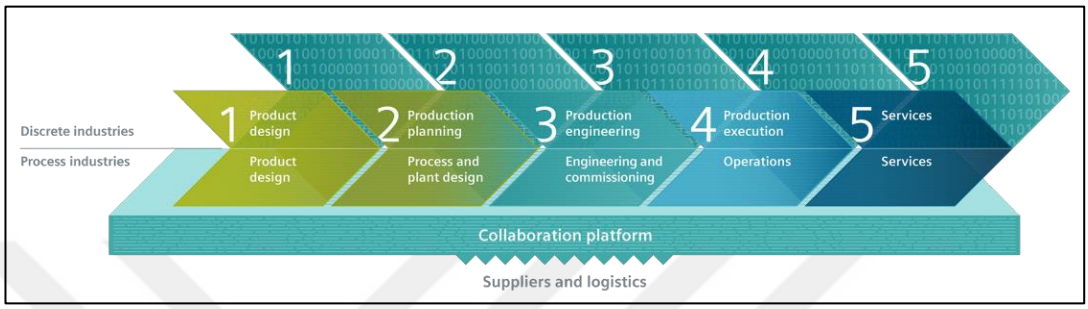
- Pazara giriş süresi, imalat firmaları ürünlerinin pazara daha hızlı girmesini talep etmektedir, eş zamanlı olarak ürünlerinin ve üretim yöntemlerinin karmaşıklığının artması durumu dikkate alınırsa
- Bireyselleştirilmiş ürünlere artan eğilim doğrultusunda daha esnek üretim yöntemleri gerekmesi
- Ürün kalitesi, müşteri memnuniyeti için gereklidir ve dijitalleşme en üst düzey imalat kalitesine ulaşmak için gereken altyapıyı sunmaktadır
- Günümüz dünyasında ürünün yalnızca sürdürülebilir ve çevre dostu olması yeterli değildir, aynı zamanda üretimin enerji verimliliği sağlanarak yapılıyor olması giderek daha önemli bir rekabet avantajı haline gelmesi

Birçok ürün ve üretim tesisi veri üretir. Bu verileri kayıt altına alıp yeni bir veri-temelli iş modeli gerçekleştirmeleri mümkündür.

Bir şirketin fikri mülkiyetini hem şimdi hem de gelecekte korumak için siber saldırılara karşı çok düzeyli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

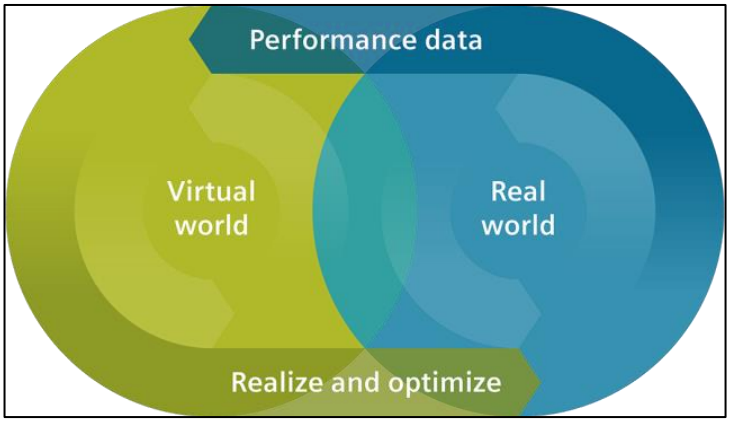
Dijitalleşme sayesinde daha esnek, daha verimli ve yeni iş modellerinin geliştirilmesi mümkündür. En son teknolojiler, ayrık ve proses endüstrilerinin müşterilerinin bireysel gereksinimlerini karşılamaları için yeni fırsatlar yaratıyor.

Dijital İşletme yaklaşımı her sektördeki şirketlerin iş akış yapılarının dijitalleşmesi anlamına gelmektedir. Şekil 2.1'de görülen bütünsel bir yaklaşım metodu ile ürün tasarımı (product design), üretim planlama veya süreç-tesis tasarımı (production planning – process and plant design), üretim mühendisliği veya mühendislik ve devreye alma (production engineering – engineering and commissioning) süreçlerini içerir.



Şekil 2.1. Tüm değer zinciri (Entire Value Chain)

Ayrıca, otomasyon, üretim veya çalışma ve servis gibi süreçleri de barındırır. Bu sayede tedarikçiler ve lojistik süreçlerde sisteme dahil edilebilmektedir. Firmalar, dijitalleşmeye değer zincirindeki herhangi bir adım ile başlayabilmektedir. Şekil 2.2'de gerçek ve sanal dünya arasındaki etkileşim görülmektedir.

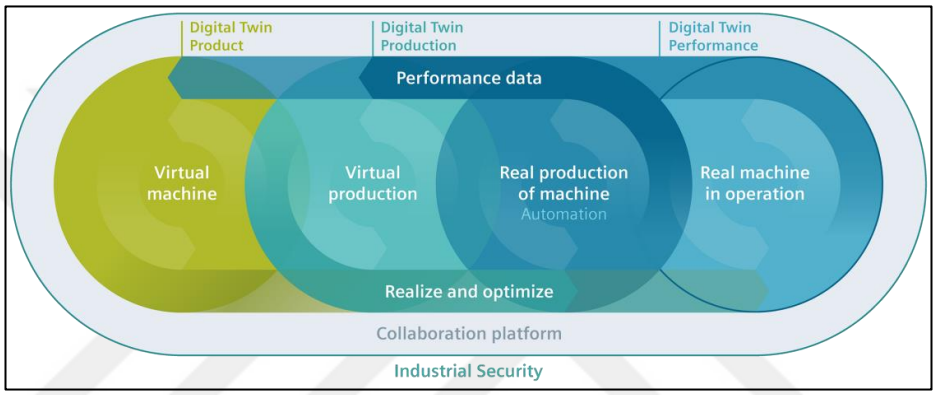


Şekil 2.2. Gerçek ve sanal dünya

2.1. Dijital İkiz (Digital Twin)

Dijital ikiz, bir makinanın veya üretim tesisinin tam bir sanal modelidir. Tüm yaşam döngüsü boyunca gelişimlerini gösterir. Operatörlerin makinanın tepkilerini öngörmesi, perfomansının en iyi noktaya getirilmesi, önceki tasarım ve üretim tecrübelerinden öngörüler edinilmesi gibi olanaklar tanır.

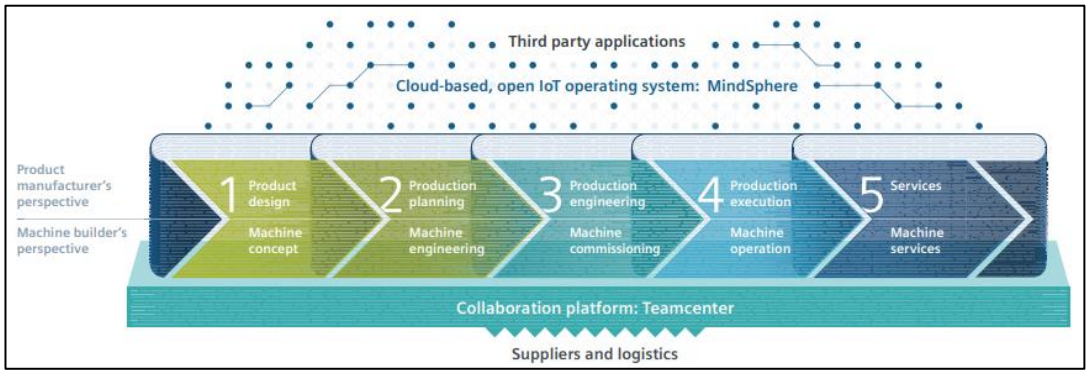
Dijital araçlar vasıtasıyla yeni bir ürün geliştirme, yeni bir tesis planlama veya üretme, ayrıntılı bir sanal görüntü, dijital ikiz oluşturur. Şekil 2.3'te görülen dijital ikiz, bütünüyle sanal bir ortamda fizik temelli simülasyon ve veri analizi sayesinde yeni içgörüleri oluşturur. Bu durum, inovasyonları daha az gerçek prototiple daha hızlı ve güvenilir bir şekilde sağlamayı mümkün kılar. Bu sayede bir ürün üretiliyorken veya bir tesis çalışmaya başlıyorken daha fazla veri elde edilir. Gerçek üretim ve gerçek ürünün perfomans verileri toplanabilir, analiz edilebilir ve geliştirme amaçlı elde edilen veriler kullanılabilir. Dijital ikiz oluşturmak yeni bir ürünü veya üretim sürecini daha hızlı geliştirme ve optimize etme olanağı sunmaktadır.



Şekil 2.3. Dijital ikiz döngüsü

Dijital ikiz üç farklı yapıyı barındırır: ürünün dijital ikizi (Digital Twin Product), üretimin dijital ikizi (Digital Twin Production) ve hem ürünün hem de üretimin performansının dijital ikizi (Digital Twin Performance).

Artık sadece değer zincirindeki bireysel adımları optimize ederek rekabette öne geçmek mümkün değildir. Şekil 2.4'te görülen tüm aşamaları ve süreç adımlarını tedarikçileriyle sürekli ve dijital olarak birbirine bağlayan bütünsel bir yaklaşım gerekmektedir.



Şekil 2.4. Süreçlere bütünsel yaklaşım

Her aşamada, sonraki adımda sürekli optimizasyon sağlamak için kullanılabilecek simülasyonlardan ve testlerden elde edilen yeni bulguları üreten bir dijital ikiz yaratılır. Bu, işletmelerin değer zincirine herhangi bir noktadan ürün tasarımından servise kadar başlamalarına ve mevcut sistem çözümleri de dahil olmak üzere dijitalizasyonu mevcut ihtiyaçları doğrultusunda kademeli olarak genişletmelerine izin verir.

MindSphere, bulut tabanlı IoT işletim sistemidir. Üretim tesislerinin ve ürünlerin performansını analiz etmeyi ve sürekli optimizasyon için tüm bulguları tüm değer zincirine rapor etmeyi mümkün kılar. MindSphere, gerçek dünyadan veri toplayarak dijital ikizin analitik modeline istatistiksel bir veri modeli ekler. Her iki modelin karşılaştırılması sürekli iyileştirmeler için kullanılabilir.

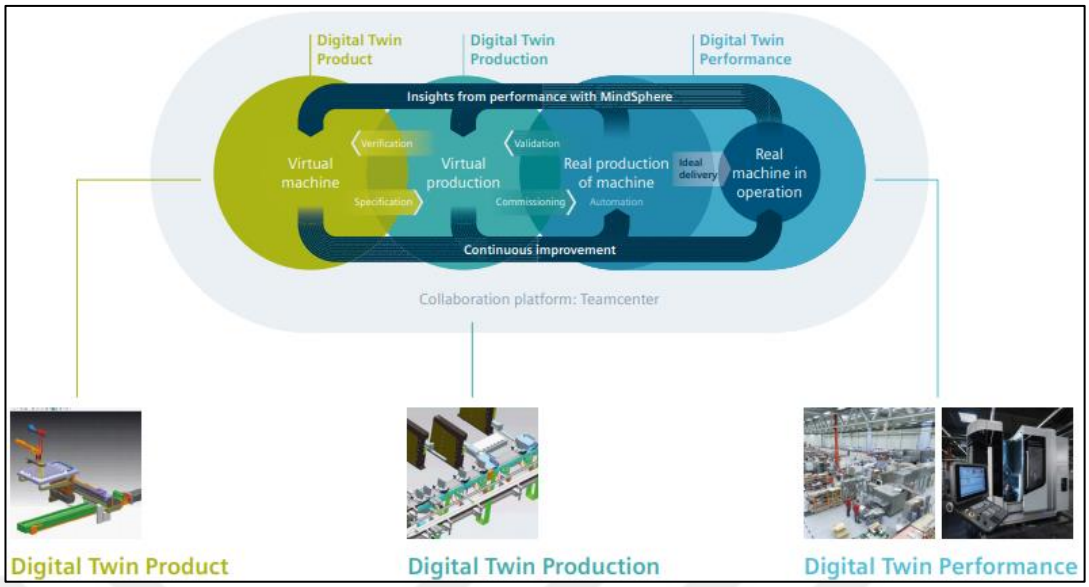
Dijital ikiz, bir ürün veya üretim tesisinin birebir sanal modelidir. Tüm yaşam döngüsü içerisideki gelişimleri gösterir, operatörlerin çalışma biçimlerini öngörür, performansı optimize eder ve önceki tasarımlar ile üretim tecrübelerinden gelen fikirlerin uygulamaya dökülmesine olanak tanır.

“Ya eğer” senaryolarının gerçekleştirilmesinden ve dijital ikiz ile gelecekteki performansın tahmin edilmesinden elde edilen büyük bir değer vardır. Dijital ikizin nihai hedefi, fiziksel dünyadaki üretim sistemi ve ürün performansına bağlı olarak üretim planlama ile sanal dünyadaki ürün geliştirme arasında kapalı döngü bir bağlantı kurmaktır. Bu bağlantı sayesinde, ürünler ve üretim yapısı hakkında yaşam döngüsü boyunca bilinçli kararlar almak için fiziksel dünyadaki sistemden uygulamaya dönük öngörüler elde edilir.

Şekil 2.5’te ürünün dijital ikizi (Digital Twin Product), üretimin dijital ikizi (Digital Twin Production) ve dijital ikizin performansı (Digital Twin Performance) arasındaki bağlam görülmektedir.

Ürünün dijital ikizi, makina dizaynının yanı sıra sanal, sistem-odaklı kavramsallaştırma ve geliştirmeleri içermektedir. Herhangi bir fiziksel prototip gerekmeden etki alanları arasında makinaların tasarlanması, simüle edilmesi ve onaylanmasına olanak tanır.

Üretimin dijital ikizi, mekatronik ve otomasyonu birlikte simüle etmek, sanal olarak bir makinanın devreye alınması ve üretim hattının tamamının simüle edilmesi için bir başlangıç noktası olarak kullanılan bütünsel bir simülasyon modülünü ortaya çıkarır.



Şekil 2.5. Uçtan uca dijital ikiz

Dijital ikizin performansı, dijital ikiz sürekli olarak dünyanın dört bir yanına dağılmış makinalardan veri toplamaktadır. Makinaların performansı daha sonrasında makinanın kullanılabilirliğini optimize etmek için analiz edilir veya makinaya ek servisler sunulabilir.

2.1.1. Makina konsepti (machine concept)

NX CAD yazılımının bir bileşeni olarak gelen mekatronik konsept tasarımcı (Mechatronics Concept Designer) makina geliştirme sürecindeki verimliliği daha konsept aşamasındayken analiz etme olanağı sunmaktadır. Gereksinim odaklı ürün geliştirme yaklaşımı erken bir aşamada makinanın dijital ikizin meydana gelmesini sağlar. Tüm değer zinciri boyunca sürece dahil olan herkes tarafından kullanılan ve daha da geliştirilen standart bir veri modelidir.

Fizik tabanlı çalışan bir simülasyon, mekanik, elektrik ve otomasyon disiplinleri arasında paralel bir etkileşim için ortak temeller sunan fonksiyonel sanal bir model oluşmasına olanak tanır. Sürücü sistemleri de ilgili yazılım entegrasyonu vasıtasıyla doğrudan boyutlandırılabilir. Bir disiplin üzerinde meydana gelen değişikliklerin diğer disiplinler üzerindeki etkileri kolayca ve açık bir şekilde izlenebilir. Bunun sayesinde disiplinler arasındaki bağıntılar gözlemlenebilmektedir. Sonuç olarak daha esnek makina konseptleri dijital olarak gerçekleştirilebilir.

2.1.2. Makina için mühendislik çalışmaları (machine engineering)

Kontrolörler, çevresel birimler, sürücüler, operatör panelleri, emniyet (safety) ve hareket kontrol fonksiyonları gibi otomasyonu oluşturan önemli bileşenler, ortak bir portalda bir araya getirilerek tek bir çatı altında toplanmıştır.

Geniş yelpazeden oluşan veritabanları, kütüphaneler ve sıklıkla kullanılan fonksiyonlarla birlikte mühendislik süreçleri daha hızlı ve kolay hale geldi.

Açık bir arayüze sahip yazılım altyapısı sayesinde otomasyon yazılımları ile ürün seçim yazılımları ve EPLAN gibi elektrik çizim yazılımlarının birbiri arasında veri alışverişi yapması mümkündür.

Yazılımlar arası sağlanan bu bilgiler doğrultusunda sanal model kısa sürede ortaya çıkarılabilir. Bu sayede makina daha kısa sürede geliştirilip daha erken pazara sunulabilir hale getirilebilir.

2.1.3. Makina devreye alma (machine commissioning)

Makina devreye alma karmaşık geliştirmeler yapılmalı mı ya da her arzu edildiği gibi mi soruları sorulduğunda önem arz eden bir süreçtir. Bu noktada sanal devreye alma bu tür risklerin azaltıldığı, gerçek devreye alma sürecini daha az efor sarf ederek işletme olanağı tanıyan verimli bir alternatiftir. Yazılım simüle edilebilmekle birlikte tüm üretim hattın üzerindeki birbirinden bağımsız bileşenlerle olan etkileşimi dahi optimize edilebilmektedir.

Makina imalatçıları, sanal bir ortamda makinanın tüm bileşenlerini simülasyonunu ve testlerini yapabilir. Ayrıca PLC programı, operatör paneli ve hareket kontrol sistemlerinin simülasyonunu da yapabilmek mümkündür.

Takım tezgahlarının CNC kontrolörleri, makine tasarımını gerçek yaşam koşulları altında test etmek ve her şeyden önce CNC kontrol ünitesi ile makine arasındaki etkileşimi ayrıntılı olarak test etmek için makine simülasyonuna bağlanabilir.

2.1.4. Makina'nın çalıştırılması (machine operation)

Sürekli izlenen ve entegre güvenlik, endüstriyel otomasyon için önemli bir temel oluşturur. Dijitalleşme ve büyüyen makine ve endüstriyel tesis ağları da siber saldırı riskini arttırıyor. "Derinlemesine Savunma" kavramını izleyen uçtan uca endüstriyel

güvenlik anlayışı, otomasyondaki güvenlik mekanizmalarının tutarlı bir şekilde kullanılmasıyla, tesislere ve makinelere saldırı riskini sistematik olarak en aza indirmeye yardımcı olur.

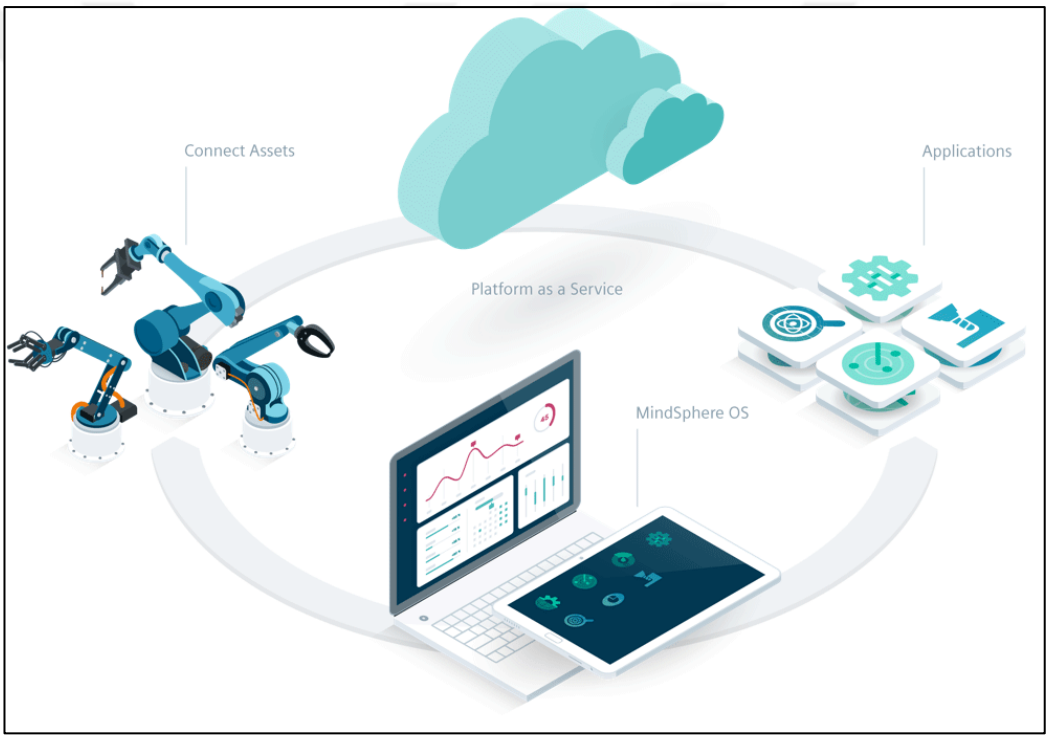
2.1.5. Makina servisi (machine services)

Üretimin başlangıcından itibaren, veriler ürünlerle birlikte üretilir ve bu değerli veriler makineleri, ürün davranışını ve üretim ekipmanını sürekli olarak analiz etmek için güvenli bir şekilde aktarılır ve bulutta toplanır. Değerlendirilen veriler, makinelerin, ürünlerin ve tüm tesislerin durumuna ilişkin bilgiler sağlar. Sonuç olarak, makinelerin veya tesislerin bakımı, sabit bakım aralıkları yerine gerçek gereksinimlerle uyumlu hale getirilebilir.

Makine üreticileri, tüm değer zinciri boyunca çok çeşitli servis paketleri kullanabilirler. Özellikle Dijital Endüstri Hizmetleri, onlara uzun vadede verimliliği artırmak için yeni yollar sunar. Makine bağlantısı ve doğru yazılımı kurmak veri ve işlem şeffaflığını sağlar. Endüstriyel Güvenlik Servisleri ayrıca tesislerin ve makinelerin kullanım ömrü boyunca siber saldırılara karşı korunmasına yardımcı olur. Takım tezgahları gibi makinelerin üreticileri, dijital hareket kontrol servisleri sayesinde yeni optimizasyon potansiyellerine ulaşabilir ve entegre IT işlemleriyle üretimlerini geliştirebilirler. Toplam ekipman etkinliği analizi (Overall Equipment Effectiveness Analytics) ayrıca, etkin olmayan üretim alanlarını tespit ederek ve başarılı bakım önlemleri uygulayarak üretimi sistematik olarak en üst düzeye çıkarabilir.

3. MINDSPHERE

MindSphere, Siemens tarafından geliştirilmiş açık bulut tabanlı IoT işletim sistemidir. Ürün, tesis, sistem ve makinalara bağlanarak gelişmiş analiz altyapısıyla değerli verilerinizin işlenmesine olanak tanır. Ayrıca, giderek artan sayıdaki uygulamalara ve Şekil 3.1'de görülen bir servis olan dinamik geliştirme platformuna (PaaS, Platform as a Service) erişmenizi mümkün kılar. MindSphere, tüm bilinen web tarayıcılarıyla uyumlu bir şekilde çalışmaktadır.



Şekil 3.1. MindSphere çalışma mimarisi

İşletim Sistemi – Bir Servis olarak Yazılım (SaaS – Software as a Service);

- Asset'lere bağlanabilir ve buluta veri yükleyebilir
- Veri toplama, izleme ve gerçek zamanlı olarak verileri analiz etme
- Verimliliği ve karlılığı arttıran bilgiler toplar
- Uygulamalar ekleyerek verilerin işletme değerini arttırır

Bir Servis olarak Platform;

- Geliştirme ve işlemler için açık bir platform
- Giderek artan sayıda kullanıma hazır API (Application Programming Interface – Uygulama programlama arayüzü) ve servisler
- AWS ve Azure altyapısıyla daha kolay arayüz oluşturma imkanı
- Büyüyen geliştirici ve kurumsal partnerler topluluğu

3.1. Open-IoT İşletim Sistemi

MindSphere, geniş bir cihaz yelpazesi, kurumsal sistemlere bağlantı protokol seçenekleri, endüstriyel uygulamalar, gelişmiş analiz ve Siemens'in open (açık) PaaS sisteminin yeteneklerinin AWS, Microsoft Azure ve Alibaba yerel bulut servislerine erişimiyle birlikte yenilikçi bir geliştirme ortamı sunuyor.

Bu yetenekleri sayesinde, MindSphere dijital dünyada gerçek noktalara bağlanabilir ve güçlü endüstriyel uygulamalar ve iş başarısını arttırmayı sağlayacak dijital servisler sağlar.

MindSphere'in open-PaaS sisteminin sunduğu olanaklar zengin bir partner ekosisteminin endüstriyel uygulamalar geliştirmesini ve yayınlamasını mümkün kılar. Bu sayede IoT stratejinizi geliştirmeniz için herhangi bir geliştrime yapmanız gerekli değildir.

Siemens, dijital ikizleri kullanıma sunarak ürün, üretim ve performans tarafında kapalı döngü geliştirme yapısını destekleyici iş odaklı çözümler sunar.

3.2. Faydaları

- Güçlü endüstriyel IoT çözümlerini daha hızlı geliştirmeye olanak tanır.
- Yerel bulut erişimine sahip bir open-PaaS çalışma sistemi vardır.
- Kurumsal sistemlere ve bulut bağlantı noktalarına erişim geniş için geniş yelpazede cihaz ve yöntem sunar.
- Gelişmiş analiz yeteneğine sahip güçlü endüstriyel çözümlere sahiptir.
- Uçtan uca dijital ikizlerle kapalı-döngü yenilikçi system altyapısını sunar.
- Endüstriyel çözümler ve hizmetler için dünya standartlarında partner ekosistemi sunar.

3.3. Özellikleri

- Assetlere güvenli erişim için donanımsal veya yazılımsal bağlantı çözümleri
- Önceden geliştirilmiş çözümler sayesinde kolay geliştirme, yayınlama ve test yapma olanakları
- MindSphere Store ile kendi uygulamanızı yayınlayabilir veya uygulama satın alabilirsiniz
- Analitik servisleri içerisinde barındıran geniş ölçekte MindSphere API'lar bulunmaktadır.
- Yerel bulut geliştirme
- Veri görselleştirme ve keşfetme
- Ürün Zekası (Product Intelligence) aracını kullanarak ürün performans verilerinden edinilen metrikleri otomatikleştirin.

3.4. MindAccess

MindAccess, MindSphere platformuna erişimimizi sağlayan ilgili lisans bilgilerini tarafımıza ileten servistir. Siemens, bulut servislerini bizim kullanımımıza sunduğu için bu aşamada tek yapmamız gereken ilgili sunucularda bir alan kiralamak oluyor tıpkı bir websitesi oluştururken Domain/Host sistemleri gibi düşünebiliriz. Burada IoT Value Plan ve DevOps şeklinde iki farklı üyelik türü bulunmaktadır. Sadece mevcut servislerin bir kullanıcısı olmak istiyorsak IoT Value Plan paketini tercih etmek yeterli olacaktır. Uygulama geliştirme ve bunu MindSphere Store'da yayınlamak istiyorsak DevOps planını tercih etmemiz gerekiyor.

MindAccess ile bir kullanıcı olarak assetleri düzenlemek, verileri toplamak ve MindSphere uygulamalarını kullanılarak IoT verilerinizin tüm potansiyelini ortaya çıkarmak mümkündür. Bir geliştirici olarak, kendi uygulamalarınızı inşa edip, test edebilirsiniz. Bir operatör olarak ise kendi uygulamalarınızdan para kazanabilir ve işletebilirsiniz.

3.4.1. MindAccess IoT Value Plan

MindAccess IoT Value Plan, dijitalleşme stratejisini güçlendirmek adına gerekli olan tüm öğeleri içerir. Bağlantı, veri toplama, verileri analiz ederek maliyet düşürme, kalite arttırma ve pazara ulaşma süresini kısaltma gibi olanaklar tanır. Buna karşılık, bu yeni iş modeli sayesinde müşterilere gelişmiş bir deneyim sunabilmek mümkün oluyor.

Özellikleri;

- Assetlere bağlantı sağlar
- Güvenli bir şekilde veri gönderir ve depolar
- Asset ve kullanıcı yönetimi sağlanabilir
- Bağlanmış assetlerin görselleştirmesi ve analizi yapılabilir
- MindSphere uygulamalarına erişim sağlamayı mümkün kılar

3.4.2. MindAccess DevOps Plan

MindAccess DevOps Plan'ı, MindSphere uygulaması geliştirme ve yayınlama noktasında djitalleşme stratejisini güçlendirmek için gerekli olan tüm bileşenleri içerir. Bir geliştirici olarak müşterilerin benzersiz ihtiyaçlarını karşılamak adına MindSphere ile dijital teklifler sunmak için maliyet ve esnek seçeneklere sahipsiniz. Bir operatör olarak şirket için veya müşterilere uygulamaları teklif etmek için sunucu uygulamalarına sahip oluyorsunuz.

Geliştirici (Developer) Plan Özellikleri;

- Sonsuz sayıda seçenek
- Assetleri test etme olanağı ve kullanıcı yönetim sistemi
- Geliştiricilerin ihtiyaç duyacağı dökümanları ve geliştirici topluluğu içeren kaynakları sunar.
- Farklı yönetilen altyapı sistemlerini sağlar

Operatör Plan Özellikleri;

- Dökümanları ve satış rehberini içeren operatör kaynakları
- Sonsuz sayıda seçenek

3.5. MindConnect

MindConnect, mevcut endüstriyel sistemin MindSphere'a veri aktarımını sağlayan donanım arayüzüdür. Burada birden çok bağlantı yöntemi mevcuttur. Tesiste hali hazırda bulunan altyapıya bağlı olarak uygun metod seçimi yapılır. Bu metodlar arasında IoT2040, MindConnect Nano ve S7-1500 FunctionBlock vardır.

Eğer S7-1500 serisi bir PLC'ye sahip bir altyapı bulunuyorsa burada yalnızca bir fonksiyon bloğu kullanımı ile MindSphere'a erişebilmek mümkündür. S7-1500 serisi PLC'ler aynı port üzerinden hem Profinet hem de MQTT protokolünü eş zamanlı

olarak işletebilmektedir. Bu sayede bir dönüştürücü donanım arayüzü kullanımına gerek kalmamaktadır. MQTT protokolüne ilerleyen bölümlerde değinilecektir.

3.5.1. MindConnect Nano

MindConnect Nano, MindSphere'a bağlantı oluşturmak üzere önceden konfigüre edilmiş bir cihazdır. Cihaz, güvenli bir internet bağlantı üzerinden şifrelenmiş veri iletimini destekler. Ayrıca, hızlı ve kolay bir şekilde makinaların ve sistemlerin IoT tabanlı yapılara erişimini sağlar.

Özellikleri;

- Standart endüstriyel protokollerden veri toplama
- Yazılım Güncelleme Yöneticisi (Software Update Management) sayesinde yazılım sürümü daima güncel tutulur
- Kapsamlı güvenlik konsepti endüstriyel standartlara göre geliştirilmiştir
- Siemens S7 ve OPC UA protokollerini destekler
- 500 MB'a kadar yerel veri depolama imkanı tanır
- Saniyede 250 değişken (data point) veri iletişimi sağlar

3.5.2. MindConnect IoT2040

MindConnect IoT2040, veri toplama ve MindSphere'a transfer etme işlemlerini gerçekleştiren temel seviye bir cihazdır. Bu cihaz, bulut tabanlı uygulama ve servislere ait verinin güvenli bir internet ağı üzerinden aktarımını sağlar.

Özellikleri;

- Standart endüstriyel protokoller üzerinden veri toplama
- Software Update Management (Yazılım Güncelleme Yöneticisi) sayesinde yazılım sürümü daima güncel tutulur
- Kapsamlı güvenlik konsepti endüstriyel standartlara göre geliştirilmiştir
- Siemens S7 ve OPC UA protokollerini destekler
- 500 MB'a kadar yerel veri depolama imkanı tanır
- Saniyede 30 değişken (data point) veri iletişimi sağlar
- 5 farklı veri sağlayıcısı (data providers) bağlanabilir

4. IBM WATSON

IBM Watson IoT Platformu, içerisinde birden çok servis barındıran ve bu servislerden bir kısmını seçerek uçtan uca, bütünüyle yönetilebilir bir bulut hizmetidir. Ayrıca, IBM Watson IOT Platformu, IBM bulut sistemi altında çalışan, yerel (public) veya çok kullanıcılı (multitenant) bir SaaS çözümüdür [22].

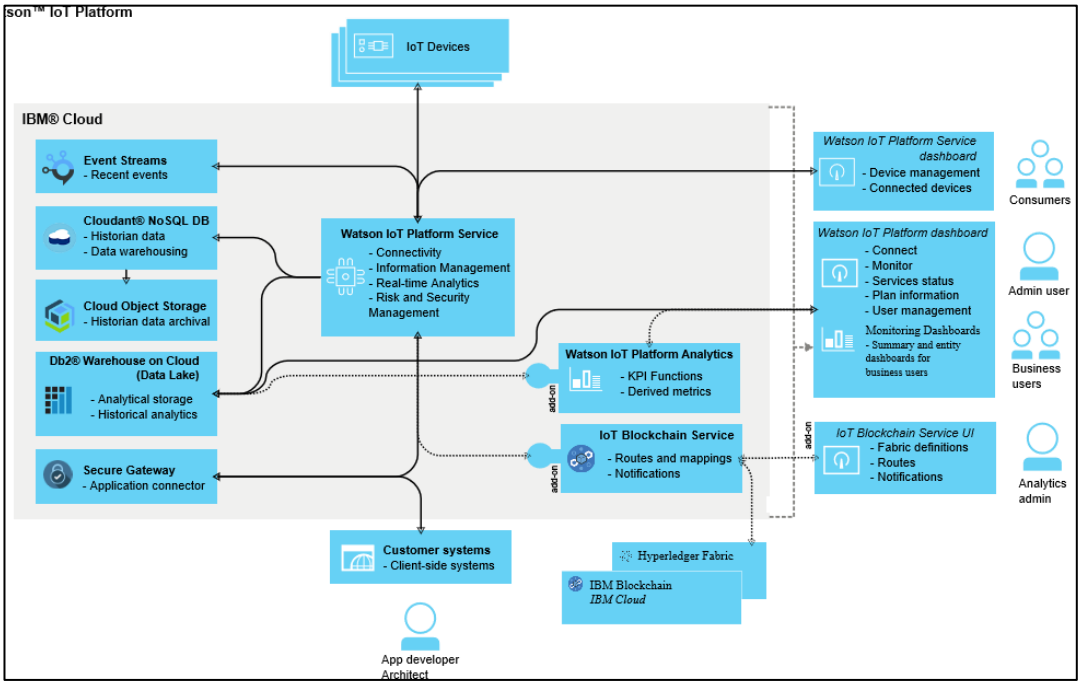
4.1. Uçtan uca Bulut Çözümü

Watson IoT Platformunu oluşturan IBM Bulut Servisleri, Watson IoT sisteminin gösterge paneli (dashboard) sayesinde bağlantı kurma, depolama, analiz etme ve yönetme temel fonksiyonlarına ek olarak daha detaylı veri izleme imkanı sunmaktadır.

IBM IoT çözümleri geliştirme ekibinin yönettiği IBM Bulut yapısı arkaplan (back-end) işlemlerini, güvenlik, kaynak yönetimi ve yedekleme gibi sistemleri çalıştırır.

4.2. Bileşenler

Watson IoT Platformunun Şekil 4.1'de görülen genel ürün mimarisi ve eklentileri hakkında detaylı bilgi verilmiştir.



Şekil 4.1. Watson IoT Platformu Ürün Mimarisi

Watson IoT Platform Service bileşeni, güvenli cihaz kaydı, gerçek-zamanlı analiz ve daha fazlasını yapmak için bir IoT mesaj alıcı (message broker) cihaz olarak kullanılan güvenli, akıllı, ölçeklenebilir bir servistir.

Watson IoT Platform Analytics (add-on), eklenti bileşeni IBM Watson IoT Platformunun fonksiyonelliğini analitik özellikler doğrultusunda arttırmaktadır. İş dünyası tarafındaki kullanıcılar bu bileşenin analiz özelliklerini kendi IoT verileriyle etkileşime alabilecekleri gibi buradan temel performans gösterge (essential performance indicator) değerlerini türetebilmelerini mümkün kılınmıştır.

Watson IoT Platform starter, kaydedilmiş cihazları, veri akışı haritalaması, cihaz kontrolü ve daha fazlasını sunan Node.js tabanlı bir gösterim uygulamasıdır. Bu bileşen içerisinde bilgisayar ve mobil tabanlı örnek Node-RED akış uygulamaları da barındırmaktadır.

Cloudant NoSQL DB, gerçek-zamanlı uygulamalar tarafından kullanılmak üzere cihazlardan ölçüm değerleri ve olay akışı gibi verileri toplayıp depolayan NoSQL altyapısında çalışan bir veritabanı hizmetidir. JSON, full-text gibi farklı türlerdeki veri tiplerini depolayabilen adanmış (hosted) tümüyle yönetilebilir bir servis olan veritabanıdır (Database-as-a-Service, DBaaS).

Db2 Warehouse on Cloud, bileşeni Watson IoT Platformunun veri havuzudur. IoT verilerinin orta vade depolanması ve analizleri gibi işlemlerin yürütüldüğü alandır. Dayanıklı (robust) analiz işlemleri için Netezza teknolojisini barındıran bulut tabanlı bir SQL veritabanıdır.

IBM Cloud Object Storage, uzun süre depolama için yapılandırılmamış, ölçeklenebilir ve bütünüyle yönetilebilir bulut veri depolama alanıdır.

IBM Cloud App ID, web ve mobil tabanlı uygulamalar aracılığıyla Watson IoT Platformuna bağlanırken kullanılan kimlik doğrulama servisidir. Facebook ve Google+ kimlik doğrulama yöntemleriyle de platforma erişime olanak tanımaktadır.

IBM Secure Gateway for IBM Cloud, güvenli bir geçiş kullanarak IBM bulut uygulamasından bulut veya şirket içi verilere güvenli bir şekilde erişilmesini sağlayan servistir.

4.3. IBM Maximo Asset Monitor (Veri İzleme Paneli) Genel Bakış

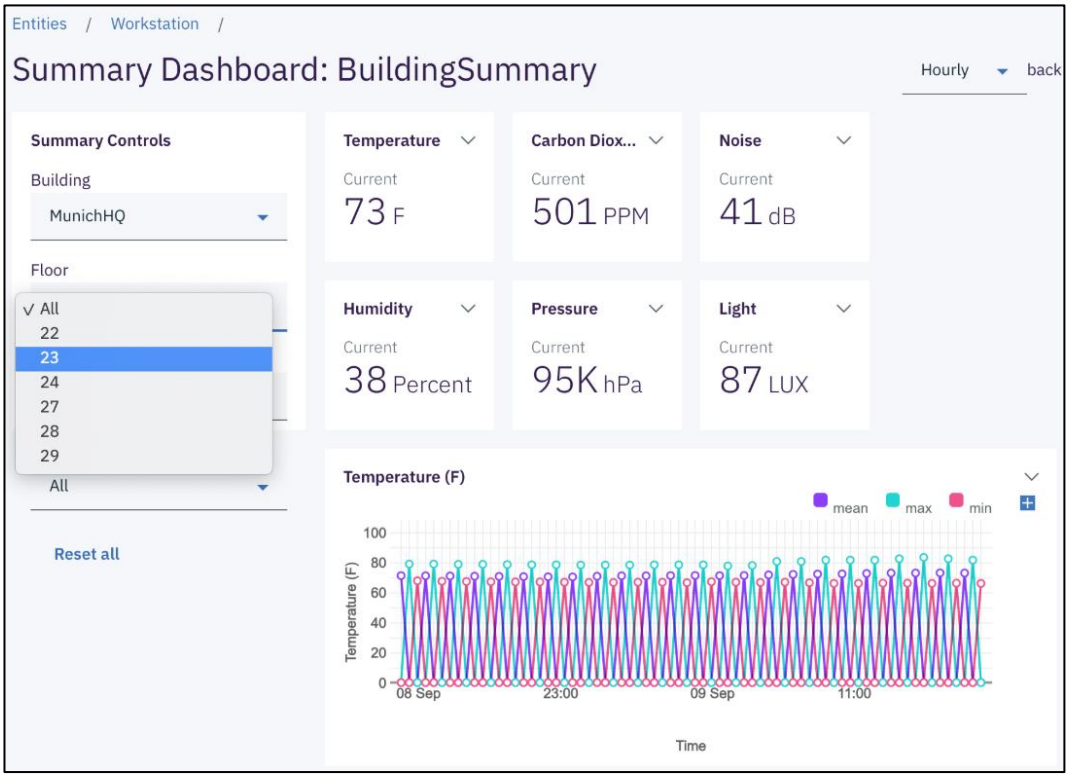
Maximo Asset Monitor gerçek-zamanlı görüntüleme, hata çözümünde hata kaynağının nedeninin ortaya çıkarılması ve yapay zeka temelli uyarı sistemlerinin takibi için bir izleme çözümü sunmaktadır. Maximo Asset Monitor bileşeni IBM Watson IoT Platformu ve analitik arayüzünün gösterge paneli içerisinde bulunmaktadır [23].

4.3.1. Özet panoları (Summary dashboards)

Özet panoları bir veri türündeki toplanmış tüm verilerin zamana veya farklı bir boyuta bağlı olarak görüntülendiği alandır.

Örneğin bir firma üç farklı tesisinin her bir iş sahasına sıcaklık ve ışık seviyesini izlemek için sensörler yerleştirmiş olsun. Firma her bir iş sahasındaki sensörlerden aldığı verileri bir araya getirmek için bir iş sahası veri yapısı (entity type) ve bu verilerin tesis yönetimi tarafından izlenmesi için bir özet gösterge paneli oluşturur.

Bir çalışandan bulunduğu iş sahasının soğuk olduğuna dair bilgi gittiğinde, Tesis yöneticisi, ilgili bölüme dair Şekil 4.2'de görüldüğü son 24 saate ait geçerli ortalama sıcaklığı ve iş istasyonunun saatlik sıcaklığını görebilmektedir.



Şekil 4.2. Özet Panosu

Sorunun sıcaklıkla ilgili devam eden bir sorun olup olmadığını görmek için tesis yöneticisi, geçen hafta iş sahasındaki ortalama günlük sıcaklığı görmek için zaman aralığını son 7 gün olarak değiştirebilir.

4.4. IoT Veri Akışı ve Yaşam Döngüsü (IoT Data Flow and Lifecycle)

IBM Watson IoT Platformu, IoT verilerine doğrudan erişmek ve işlemek için verileri bir araya getirip depolamaktadır. Ayrıca, üç farklı veritabanı vasıtasıyla geçmişe dönük verilerin depolanması ve arşivlenmesini sağlamaktadır [24].

4.4.1. Genel bakış

IBM Watson IoT Platform çözümü, IoT verilerini farklı amaçlar ve zaman periyotlarında kaydetmek için Tablo 4.1'de görülen veri depolama çözümlerini sunar.

Tablo 4.1. Veritabanı Sistem Yapısı

Veritabanı	**Kullanım Amacı**
Cloudant NoSQL DB	IoT cihazlarından alınan son verileri tutar. Gösterge paneli üzerindeki pano (board) ve kart (card) nesneleri vasıtasıyla trendlerin izlenmesine olanak tanımaktadır.
IBM® Event Streams for IBM Cloud	IoT cihazdan gelen anlık ve geçmiş tarihli verilerin depolandığı alandır.
Db2® Warehouse on Cloud - Watson IoT Platform Analytics data lake	Veri analizi servislerinin erişimi için uzun vade tarihsel verilerin depolandığı alandır. Analiz araçlarının kullanımı vasıtasıyla veriler hakkında daha detaylı bilgilere erişebilmek mümkündür. Eğer sisteme Watson IoT Platform Analytics add-on bileşeni eklenirse, Db2 Warehouse on Cloud veritabanı da girişlerin okunması ve çıkışların yazılması tarafında otomatik olarak yer alır.
IBM® Cloud Object Storage	Arşiv amacıyla tüm geçmiş zamanlı verilerin tutulduğu alandır. Yerel, offline bir hafıza alanında yedeklemek için indirme opsiyonu bulunmaktadır.

4.4.2. Veri akışı

Watson IoT Platformu Şekil 4.3'te görülen aşağıdaki IoT cihaz veri akışını kullanır;

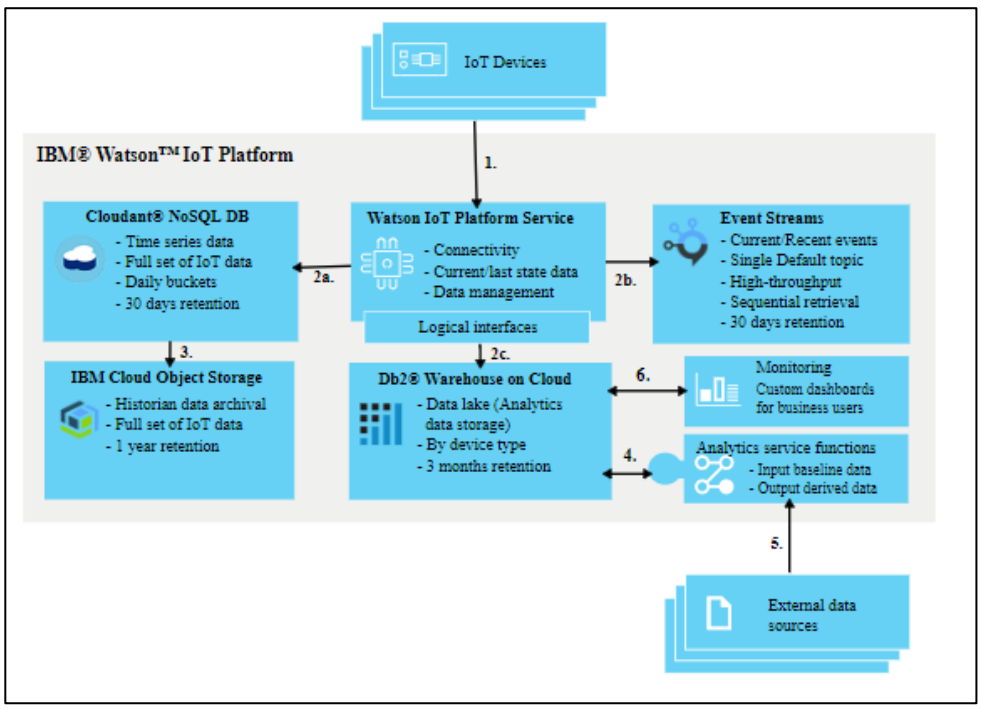
1. IoT cihazları, IoT verilerini gerçek-zamanlı ve mesaj alıcısı (message broker) olarak çalışan Watson IoT Platformuna gönderir. Platform tarafından cihaz verilerine erişilebilmesi için cihazın bir dijital ikizinin oluşturulup sisteme kayıt edilmesi gerekmektedir
2. Cihaz verileri aşağıdaki sistemlere yazılır;

a. Cloudant NoSQL DB'si kısa vade verilerin erişimi içindir

b. IBM Event Streams for IBM Cloud sistemi gerçek-zamanlı olarak cihazdan anlık ve son verilerin ard arda alınması şeklinde çalışmaktadır

c. Db2 Warehouse on Cloud sistemi orta uzunluktaki verilerin depolanması ve analiz durumunda kullanılabilmesi içindir

3. Tüm veri seti ayrıca uzun dönem depolama amacıyla IBM Cloud Object Storage veritabanına yazılır
4. Watson IoT Platform Analytics bileşeni Db2 Warehouse on Cloud yapısını veri havuzundan veri okuma ve yazma işlemlerini yapmak amacıyla kullanır
5. Watson IoT Platform Analytics bileşeni dış kaynaklardaki verileri de içeriye aktarabilir.
6. Veriler ayrıca özel izleme gösterge panelleri üzerinden okunabilmektedir



Şekil 4.3. Watson IoT Platformu veri akış yapısı

4.4.3. Veri saklama

Her bir depolama çözümü farklı varsayılan saklama periyotlarına sahiptir. Buradaki saklama ifadesi veritabanında tutulan verinin ne kadar süre boyunca ilgili alanda tutulacağını temsil etmektedir. Zaman aşımı gerçekleştiğinde veri silinecektir.

Abonelik planı detayı, bağlanan cihaz sayısı ve mesajın uzunluğuna bağlı olarak verilerin saklama oranı Tablo 4.2'de görülen varsayılan plan oranlarına göre değişiklik göstermektedir.

Veri temizleme yapısı saklama döngüsünün ardından günlük olarak gerçekleşmektedir. Gece yarısı her bir depolama çözümündeki bir güne ait tüm veriler temizlenmektedir.

Tablo 4.2. Depolama çözümlerine göre veri saklama periyotları

Depolama	**Veri saklama: Tüketici/Kuruluş/Endüstri**	**Veri Temizleme**
Cloudant NoSQL DB	30 gün	Veriler günlük olarak veri tabanında saklanır ve temizlenir.
IBM® Event Streams for IBM Cloud	30 gün	Veriler günlük olarak saklanır ve temizlenir.
Db2® Warehouse on Cloud	3 ay	Veriler arka arkaya temizlenir ve şema aynı kalır.
IBM® Cloud Object Storage	1 yıl	Veriler yıllık olarak temizlenir.

Ayrıca IBM yetkilileri ile iletişime geçerek depolama çözümlerindeki saklama sürelerinde değişiklik sağlanabilmektedir.

4.5. Watson IoT Platformuna Genel Bakış

Watson IoT Platform çalışma alanı aktif olduğunda doğrudan sisteme erişim sağlanabilir ve gösterge paneli kullanılarak dahili servisler keşfedilebilmektedir [25].

Watson IoT Platformunun gösterge panelinin Usage (Kullanım) sekmesinde liste olarak sisteme dahil olan servisler görülmektedir. Bu servisler tercih edilen ürün paketine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Sistem ilk başlatıldığında içerisindeki tüm servisler kullanıma hazır bir şekilde gelmektedir ama bazı noktalar için konfirasyon gerekmektedir. Buna örnek olarak bir

IoT cihazının platform ile veri akışının sağlanacak şekilde bağlantısının yapılması verilebilir.

Ayrıca, Watson IoT Platform gösterge panelinde verileri, servisler arasındaki işlem akışını izleme, bildirimleri görüntüleme ve gösterge paneli erişimini yönetme gibi birçok işlem yapılabilmektedir.

4.5.1. Platforma cihaz bağlamak

IoT cihazından veri alınması işlemine geçmeden önce, ilk olarak cihazın platforma kaydının yapılması, bağlanması ve veri akış yönetiminin sağlanacağı arayüzün oluşturulması gerekmektedir.

Eğer platforma bağlayacak gerçek bir cihaz yoksa böyle bir durumda çeşitli testler yapabilmek için Python Simulator veya sistemde dahili olarak bulunan “IBM Watson IoT Platform service device simulator” servisi vasıtasıyla platforma test sinyalleri gönderebilmek mümkündür.

4.5.2. Gerçek-zamanlı IoT verilerini görüntüleme

Watson IoT Platformuna cihaz verilerinin akışını doğruladıktan sonra alınan verilerin gerçek-zamanlı değerlerine yakınlığı IBM Event Streams for IBM Cloud servisi üzerinden kontrol edilebilmektedir. Ayrıca kısa vade geçmiş zamanlı veriler IBM Cloudant NoSQL DB for IBM Cloud alanına yazılarak analiz edilmeye uygun hale gelir.

Event Streams ve Cloudant NoSQL DB servisleri kuralları, eylemleri tetiklemek ve canlı akışın takip edildiği kullanıcı arayüzünü oluşturmak amacıyla kullanılabilir.

Cloudant NoSQL DB ve Event Streams servislerinin API bağlantı bilgilerini almak için Watson IoT Platformu gösterge panelinden Cloudant NoSQL DB arayüzüne giriş yapmak gerekmektedir.

4.5.3. IoT verilerini analiz etmek

IoT verileri genellikle ham veri haliyle kullanıma uygun değildir. Verilerin analiz edilmesi IoT çözümü adına esas değerin üretilmesini sağlar. Watson IoT Platform içerisinde dahili olarak gerçek zamanlı ve tarihe dayalı analiz araçları bulunmaktadır.

4.5.3.1. Gösterge panellerini izleme

Gösterge panelini kullanıcının ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanabilmektedir. Bu sayede veritabanından alınan veriler ile anlık veriler efektif bir şekilde gösterge panelinde konumlandırılabilmektedir.

4.5.3.2. Gerçek zamanlı analiz

IBM Watson IoT Platformunun içerisinde IoT verilerini koşullara bağlamak için dahili bir veri yönetim kuralları servisi bulunmaktadır. Bu servis sayesinde bir veriye ait anlık okunan değer önceden belirlenmiş bir sınırı aştığında veya başka koşullara bağlı olaylar meydana geldiğinde bunu gösterge panelinde alarm olarak görebilmek mümkündür.

4.5.3.3. Geçmiş zamanlı verilerin analizi

Watson IoT Platformu dahili analiz servislerine ek olarak Db2 Warehouse on Cloud bileşenin dahil olduğu Tablo 4.3'te görülen analiz araçlarını kural tabanlı gerçek zamanlı analiz işlemleri için sunmaktadır.

Tablo 4.3. Analiz araçları tablosu

Araç	**Bilgi**
IBM® Watson IoT Platform Analytics add-on	IBM Watson IoT Platfrom Analytics, Watson IoT Platformunun fonksiyonelliğini arttırmak ve güçlü analiz özelliklerini kazandırmak amacıyla geliştirilmiş bir eklenti bileşenidir. Bu bileşen IoT verilerinin analizini yapıp birçok içgörü kazanılmasını sağlayacak bir dizi fonksiyon içermektedir. Fonksiyonlar, mevcut olan diğer tüm hesaplama fonksiyonlarının taratılıp bulunabileceği bir arayüzde tutulmaktadır. Bir fonksiyonun çıkış verisi, veri havuzunda türetilmiş bir metrik olan kaydedilmektedir.
Db2 Warehouse on Cloud	The Db2 Warehouse on Cloud bileşeni Data Science Experience, R and RStudio, Analytic APIs bir dizi güçlü analiz araçları içermektedir.

4.5.4. Bir servis uygulaması oluşturmak

Altyapı kuruldu, IoT verileri geliyor, tüm bileşenler bağlandı ve temel analitik araçları çalışıyor ise kullanıcı kendi uygulamasını geliştirip platforma dahil ederek mevcut yapıyı daha da güçlendirebilmektedir.

4.5.5. Uzun dönem IoT verilerine ulaşmak için object storage kullanımı

Veri yaşam döngüsü yaklaşımının bir parçası olarak, IBM Cloud Object Storage uzun dönem geçmiş zamanlı verilerinin tamamının saklandığı veri alandır. Bu veri alanı uzun dönem analizler veya denetleme amacıyla kullanılabilir.

Uzun dönem veriler Object Storage alanından alınabilir;

- Daha ileri düzey analizler için JSON nesneleri Db2 Warehouse on Cloud servisine alınabilir
- JSON nesneleri kullanıcının geliştirdiği analiz araçlarına alınabilir

5. GÖRSEL PROGRAMLAMA ARAYÜZÜ (NODE-RED)

Node-RED donanımsal cihazları, API'ları ve online servisleri birbirine bağlayan bir programlama aracıdır [26].

Akışları (flow) çeşitli özelliklere sahip düğüm (node)'lerle birbirine bağlayıp tek bir tuşla hazırlanan programın yayınlanmasını kolaylaştıran tarayıcı tabanlı bir düşük kodlama gerektiren bir yazılım arayüzüdür.

Editör içerisinde rich text editor (zengin metin editörü) kullanılarak JavaScript fonksiyonları oluşturulabilir.

Yerleşik kütüphane özelliği sayesinde kullanışlı fonksiyonlar, şablonlar veya akışlar yeniden kullanılmak üzere kaydedilebilmektedir.

Node.js'in eylem odaklı altyapısıyla hazırlandığı için veri ve işlem yükü açısından hafifletilmiş bir sistemdir. Bu sayede Raspberry Pi gibi düşük maliyetli bir donanımla veya bulut tabanlı bir işletim sistemi üzerinde çalışabilmektedir.

Node'un paket deposundaki 225,000'in üzerindeki modül ile birlikte mevcut palette bulunan fonksiyonların sayısını arttırabilmek mümkündür.

Node-RED'de oluşturulan akışlar, başkalarıyla paylaşmak için kolayca içe veya dışa aktarılabilen JSON formatıyla saklanmaktadır.

Online bir akış kütüphanesi vasıtasıyla kullanıcıların geliştirmiş olduğu akışlar dünyadaki diğer kullanıcılarla paylaşılabilmektedir.

Çalışabildiği platformlar aşağıdaki gibidir;

- Node.js'in çalışma ortamının bulunduğu Windows, Linux gibi bir işletim sistemi içerisinde
- Raspberry Pi, BeagleBone gibi donanım platformlarında
- IBM Cloud, Amazon Web Services, Microsoft Azure gibi bir bulut platformunda

5.1. Node-RED'i Yerel Bir Çalışma Ortamına Yüklemek

Node-RED'i yerel bir alana yüklemek için Node.js'in desteklenen bir sürümünü işletim sistemine kurulmuş olması gerekmektedir.

Node.js ile gelen npm komutuyla birlikte Node-RED kurulumu gerçekleştirilebilmektedir.

Eğer Windows işletim sistemi kullanılıyorsa "sudo" komutuyla "sudo npm install -g --unsafe-perm node-red" komut ifadesi kullanılamamaktadır. "sudo" komutu yalnızca Linux tabanlı işletim sistemlerinde geçerlidir.

Yukarıdaki komut ifadesi kullanılarak yükleme işlemi yapıldığında Node-RED global modülü ve beraberindeki servisler de yüklenmiş olur.

Node-RED editörüne erişmek için tarayıcıdan "http://localhost:1880" adresi çağrılır. Ayrıca terminal çok çeşitli bilgiler sunar;

- Node-RED ve Node.js'in sürümü
- Çalışma paletinde düğümler (nodes) oluşturulurken meydana gelen hatalar
- Ayarlar dosyası (Settings file) ve kullanıcı adresi (User Directory) konumu bilgisi
- Çağrılan akış dosyasının adı

Node-RED varsayılan akış dosyası olarak "flows_<hostname>.json" dosyasını kullanır. Akış dosyasının adı "node-red" komutunun bir argümanı olarak sunularak değiştirilebilir.

Node-RED'i npm komutu kullanılarak yüklenmişse "sudo npm install -g --unsafe-perm node-red" komutu kullanılarak son sürüme güncellenebilir.

5.1.1. Komut satırı kullanımı

Node-RED, "node-red" komutu kullanılarak başlatılabilir. Bu komut Tablo 5.1'de görülen çeşitli argümanlarla kullanılabilir. Buna örnek olarak "node-red [-v] [-?] [--port PORT] [--safe] [--settings settings.js] [--title TITLE] [--userDir DIR] [flows.json|projectName]" bağlamları gösterilebilir.

Tablo 5.1. Node-RED terminal komut argümanları

Opsiyonlar	**Açıklama**
-p, --port PORT	TCP portunu çalışma ortamının olduğu alana yönlendirir. Varsayılan: 1880
--safe	Akışları başlatmadan Node-RED'I aktif hale getirir. Bu akışların editörden açılmasına ve akışlar çalışmıyorken değişiklik yapılabilmesine olanak tanır. Değişiklikler yayınlandığında akış başlar.
-s, --settings FILE	Kullanılacak ayarlar dosyasını belirler. Varsayılan: settings.js userDir konumundadır.
--title TITLE	İşlem pencere adını belirler
-u, --userDir DIR	Kullanılacak kullanıcı adresini belirler. Varsayılan: ~/.node-red
-v	Ayrıntılı çıktıyı etkinleştirir
-?, --help	Komut satırı kullanımı üzerine yardım özelliğini gösterir
flows.json|projectName	Eğer proje özelliği etkin değilse bu komut çalışılmak istenilen akış dosyasını belirler. Proje özelliği aktifse, başlatılması gereken projeyi belirler.

Node-RED varsayılan akış dosyası olarak "flows_<hostname>.json"ı kullanır. Üzerinde çalışılan bilgisayarın sunucu adı (hostname) değişebildiğinden dosya adını sabit tutmak adına ya komut satırı argümanını ya da "flowsFile" opsiyonunu ayarlar dosyasını kullanılarak düzenlemek gerekmektedir.

5.2. Bir Akış Oluşturmak

Bu bölümde Node-RED editörü, Inject, Debug ve Function gibi düğümler (nodes) gösterilerek bir akışın nasıl oluşturulduğu tanıtılacaktır.

5.2.1. Editöre erişmek

Node-RED çalışırken, web tarayıcısı üzerinden editör açılır.

Eğer Node-RED'in çalıştığı bilgisayardaki tarayıcı kullanılıyorsa adres çubuğuna "http://localhost:1880" yazılarak ulaşılır.

Başka bir bilgisayar kullanıldığı durumda Node-RED'in çalıştığı bilgisayarın ip adresi üzerinden - http://<ip-address>:1880 – editöre erişilir.

5.2.2. Inject düğümü (node) eklemek

Inject düğümü bir mesajın – verinin – akışa aktarılmasını sağlayan bir fonksiyondur. Inject düğümü üzerine tıklanıldığında veya bir zamanlayıcı kullanıldığında devreye girmektedir.

Inject düğümü, palet bölümünden çalışma alanına sürüklenerek akışa eklenmektedir. Akışa eklenen Inject düğümüne tıklandığında kenar çubuğu bölmesinde düğümün özellikleri ve açıklamalarına erişilir.

5.2.3. Debug (hata ayıklama) düğümü eklemek

Debug düğümü bir mesajı debug kenar çubuğu bölmesinde gösterir. Varsayılan olarak mesajın taşıdığı bilgiyi (payload) gösterir. Ayrıca tüm mesaj nesnesinin gösterilmesi de mümkündür.

5.2.4. Düğümleri birbirine bağlamak

Inject ve Debug düğümlerini birbirine bağlamak için birinin çıkışı diğerinin girişine sürüklenir.

5.2.5. Akışı yayınlamak (deploy)

Editör üzerinde yapılan düzenlemelerin çalışır duruma geçmesi için sunucu aktarılması ve yayına alınması gerekir. Bunun için editörde "Deploy" butonu bulunmaktadır.

Deploy butonuna basıldığında proje sunucu üzerinde çalışmaya başlar.

5.2.6. Fonksiyon (function) düğümü eklemek

Fonksiyon düğümü bir JavaScript fonksiyonu olması rağmen her bir mesajın aktarılmasını sağlar.

Mevcut bağlantıyı silmek için üzerine tıklanır ve “Delete” butonuna basılır.

Fonksiyon düğümü Inject ve Debug düğümleri arasına bağlanır.

Fonksiyon düğümüne çift tıklanarak düzenleme penceresi açılır.

Aşağıdaki kodlar fonksiyon alanına kopyalanır;

- “var date = new Date(msg.payload);” komutuyla mesajın taşıdığı bilgiden (payload) bir tarih (date) nesnesi oluşturulur
- “msg.payload = date.toString();” komutuyla mesajın taşıdığı tarih bilgisi String formatına dönüştürülür
- “return msg;” komutuyla mesaj aktarılır

Pencere onaylanarak kapatılır ve deploy butonuna basılır. Inject butonuna basıldığında kenar çubuğu bölümünde alınan mesaj zaman işaretiyle birlikte okunur hale gelir.

5.3. Node-RED’in kavramları

Bu bölümde Node-RED’e ait Node, Configuration node, Flow, Context, Message, Subflow, Wire, Palette, Workspace ve Sidebar gibi kavramları açıklanacaktır.

5.3.1. Düğüm (node)

Düğüm, bir akışın temel yapıtaşıdır. Düğümler ya akıştaki bir önceki düğümden gelen bir mesajla ya da gelen bir HTTP talebi, zamanlayıcı veya bir donanımın giriş-çıkış birimlerindeki değişiklikler gibi dış kaynaklı olaylar tarafından tetiklenebilir. Bu mesaj ve olayları işler ve bu bilgiyi akışa ait bir sonraki düğüme gönderebilir. Bir düğüm en çok bir giriş portuna ve gerektiği kadar çok çıkış portuna sahip olabilir.

5.3.2. Yapılandırma düğümü (configuration node)

Yapılandırma düğümü, akıştaki normal düğümler tarafından paylaşılan yapılandırmaları yeniden kullanılabilir kılan özel bir düğüm türüdür.

Örneğin MQTT (Message Queue Telemetry Transport) giriş (In) ve çıkış (Out) düğümleri bir MQTT sunucuyla bağlantı oluşturmak için MQTT sunucu (Broker) yapılandırma düğümünü kullanır.

Yapılandırma düğümleri ana çalışma alanında görülmez, fakat yapılandırma düğümleri kenar çubuğu bölümü açılarak ulaşılır.

5.3.3. Akış (flow)

Bir akış, editörün çalışma alanı içerisinde bir sekme olarak sunulur ve düğümler bu noktada organize edilir.

Ayrıca, akış kavramı birbirine bağlı tek bir düğüm kümesini tanımlamak için de kullanılır.

5.3.4. Bağlam (context)

Bağlam, akış içerisindeki bir mesajı kullanmadan düğümler arasında paylaşılan bilginin saklanma yoludur.

Node-RED varsayılan olarak içerisinde bir bağlam kullandığından yeniden başlatmalar arasında değerleri kaydetmez. Değerleri kalıcı hale getirmek için dosya sistemi tabanlı bir saklama alanı yapılandırılabilir.

5.3.5. Mesaj (message)

Mesajlar akış içerisindeki düğümler arasından geçen bilgidir. Bunlar herhangi bir özellik kümesine sahip olabilecek standart JavaScript nesneleridir.

Ayrıca, mesajın içerisindeki kullanıcının taşımak istediği bilgi payload kısmında tutulmaktadır.

5.3.6. Alt akış (subflow)

Alt akış, çalışma alanı içerisinde tek bir düğüm içerisine sıkıştırılmış düğümlerin toplamıdır.

Bu bir akıştaki görsel karmaşıklığı azaltmak veya birçok noktada kullanılabilecek bir bileşen haline getirmek için kullanılabilir.

5.3.7. Bağlantı (wire)

Bağlantı ile düğümler birleştirilir ve akıştaki mesaj nasıl yönleneceği gösterilir.

5.3.8. Palet (palette)

Palet, akışta kullanılabilecek düğümlerin listesidir ve editörün sol bölümünde bulunur. Komut satırı veya palet yöneticisi (Palette Manager) kullanılarak yeni düğümler yüklenebilir.

5.3.9. Çalışma alanı (workspace)

Çalışma alanı, düğümlerin paletten sürüklenip birbirine bağlanarak akışların geliştirildiği bölümdür.

Çalışma alanının üst kısmında sekmeler bölümü vardır. Her bir akış ve açılan alt akışlar için bir sekmeye yer verilir.

5.3.10. Kenar çubuğu (sidebar)

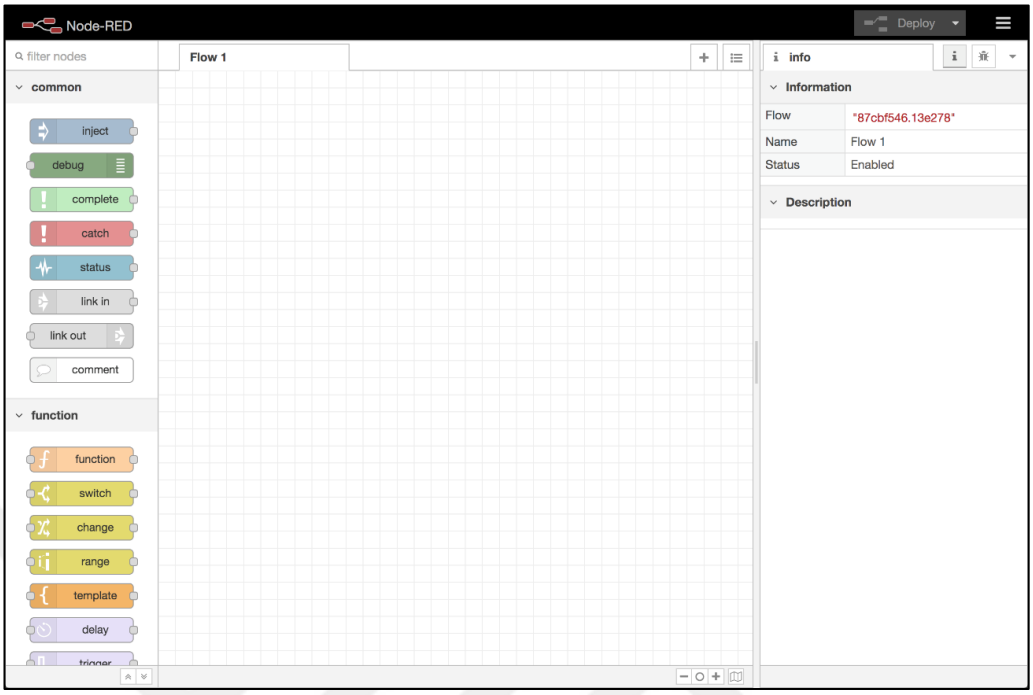
Kenar çubuğu, editör içerisinde birçok yararlı aracın sunulduğu paneller içerir. Ayrıca, kenar çubuğu daha fazla bilgi görüntüleyen, düğüm hakkında yardım bilgisi sunan, mesajların içeriğini görüntüleyen ve akıştaki yapılandırma düğümlerini görüntüleyen panellere sahiptir.

5.4. Editör arayüzü

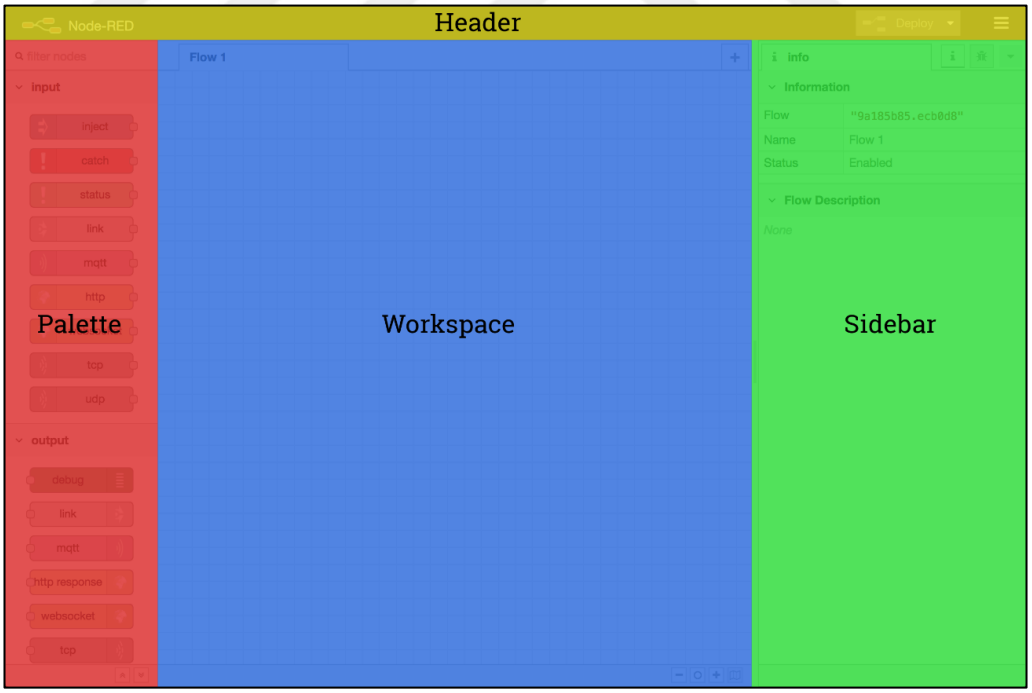
Editör penceresi 4 farklı bileşen içerir;

- Üstteki başlık (Header) bölümü, yayınlama (Deploy), ana menü (Main Menu) ve eğer kullanıcı kimliği tanıma özelliği açıksa kullanıcı menüsü (User Menu) butonları bulunur
- Soldaki palet (Palette) bölümünde kullanıma hazır düğümler bulunur
- Akışların oluşturulduğu çalışma alanı (Workspace) ortadadır
- Kenar çubuğu (Sidebar) sağ taraftadır

Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de ifade edilen editör bileşenleri görülmektedir.



Şekil 5.1. Node-RED Editör penceresi



Şekil 5.2. Node-RED Editör bileşenleri

6. SANAL PLATFORMLARIN KULLANIMIYLA OTOMASYON KATMANININ BULUT TEKNOLOJİLERİNE BAĞLANMASI

Bu bölümde tez çalışması kapsamında oluşturan uygulama hakkında detaylı bilgiler paylaşılmıştır. İlk bölümde Endüstri 4.0'a ait temel teknoloji altyapılarından bahsedilmiştir. Uygulama, Simülasyon teknolojisinin irdelenmesi doğrultusunda, otomasyon sistemlerinin sanal bir ikizinin oluşturulması ve bulut sistemleriyle haberleştirilmesi üzerine yapılmıştır.

Otomasyon sisteminin sanal bir ikizinin oluşturulması doğrultusunda Siemens'in TIA Portal yazılımı ile birlikte PLCSIM Advanced simülasyon yazılımı kullanılmıştır.

Otomasyon sisteminden gelen verilerin okunması ve toplanılması için IBM Watson IoT bulut işletim sistemi tercih edilmiştir.

IBM Watson ile Siemens PLC arasındaki veri alışverişinin sağlanması için ortak haberleşme protokollerini içerisinde barındıran IBM tarafından geliştirilmiş akış-tabanlı programlama arayüzü olan Node-RED platformu kullanılmıştır. Node-RED platformu, Siemens PLC'lerin temel haberleşme arayüzü olan S7-Comm iletişim protokolü fonksiyonunu içerir. Aynı zamanda, IBM'in geliştirdiği bir platform olduğundan içerisinde Watson IoT, bulut platformuyla bağlantı kurmasını sağlayan iletişim protokolünü de barındırmaktadır.

Node-RED, hem sunucu ortamında hem de yerel bir ağ üzerinde çalışabilmektedir. Node-RED'in kurulum işleminin yapılacağı işletim sistemde Node.js çalışma ortamının yüklenmiş olması gerekmektedir. Bunun için Linux tabanlı bir işletim sistemi olan Lubuntu tercih edilmiştir.

Aynı bilgisayar ortamında hem PLC simülatörünü hem de Node-RED platformunu çalıştırmamak için işletim sistemlerini ayırmak amacıyla Oracle VM Virtual Box, sanal makina yazılımı kullanılmıştır. Bu bağlamda, Lubuntu işletim sistemi de sanal makinaya yüklenmiştir.

Sanal sistemlerin kullanımıyla PLC'den buluta veri alışverişi sağlanmıştır. Bu sistemin inşa edilmesinde kullanılan bileşenler aşağıdadır;

- Simülasyon Platformu (PLCSIM Advanced)
- Sanal Makina (Oracle VM Virtual Box - Lubuntu)
- Görsel Programlama Arayüzü (Node-RED)
- Bulut Sistemi (IBM Watson)

6.1. Simülasyon Platformu (PLCSIM Advanced)

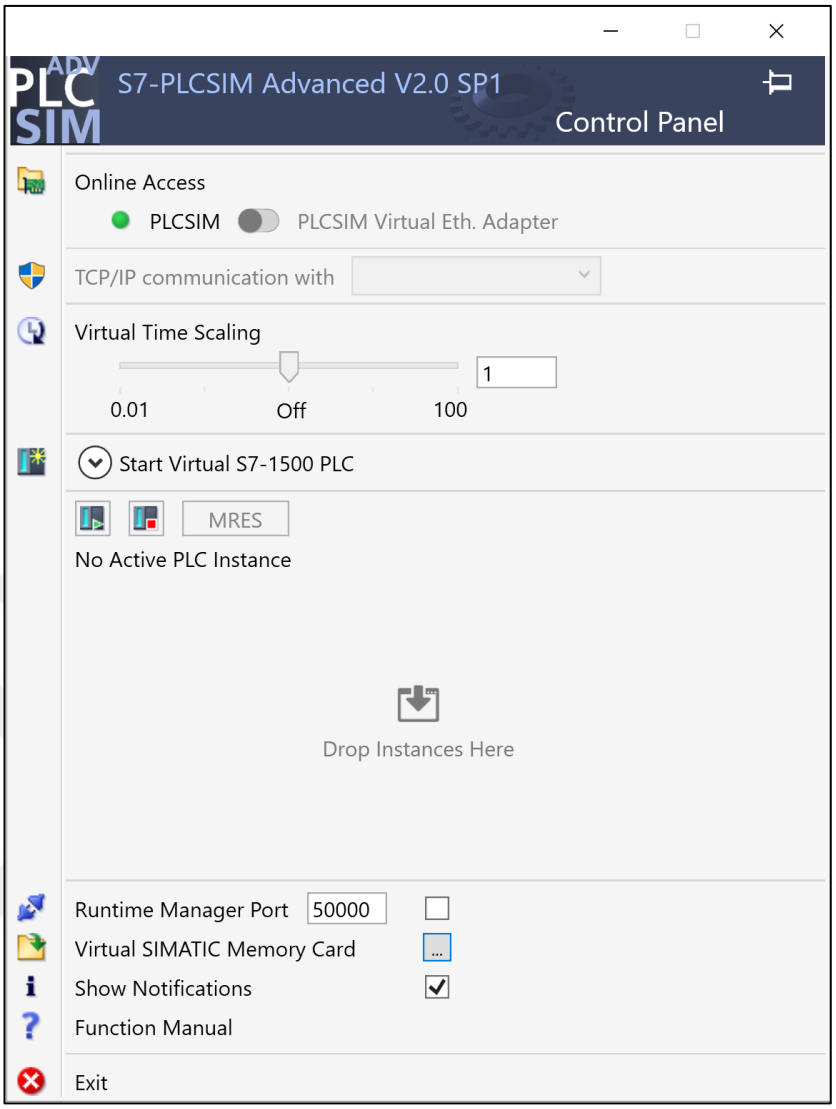
Sanal PLC'i simüle etmek amacıyla Siemens'in geliştirmiş olduğu PLCSIM Advanced yazılımı kullanılmıştır.

PLCSIM Advanced yazılımı Siemens'in S7-1500 ve ET200SP serisi CPU'larının birer sanal modellerini içermektedir. Simülasyon başlatıldığında söz konusu simülatör gerçek bir S7-1500/ET200SP CPU çalışma dinamiğine uygun cevap vermektedir. Normalde bilgisayarın işlem gücü ve veri işleme hızı bir PLC'ye göre çok daha fazlayken, simülatör bilgisayarın tüm kaynaklarını kullanarak değil, gerçek bir PLC'nin işlem gücüne eşdeğer olarak çalışmaktadır.

S7-Communication protokolünü de sanal olarak işletebildiği için Visual Studio, Matlab, Node-Red gibi platformlarda hazırlanan yazılımların fiziksel bir PLC'ye gerek kalmadan da test edilebilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca kapsamlı bir şekilde konfigürasyon ve mühendislik süreçlerine ait adımları test etmemize olanak tanımaktadır. Bu da erken hata tespiti ve fonksiyonların olabildiğince çabuk doğrulanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte bilgisayara bağlanan bir HMI (Operatör Paneli) veya PC ortamında simüle edilmiş bir HMI üzerinden operatörlere dair tüm süreçleri test edebilmek mümkündür.

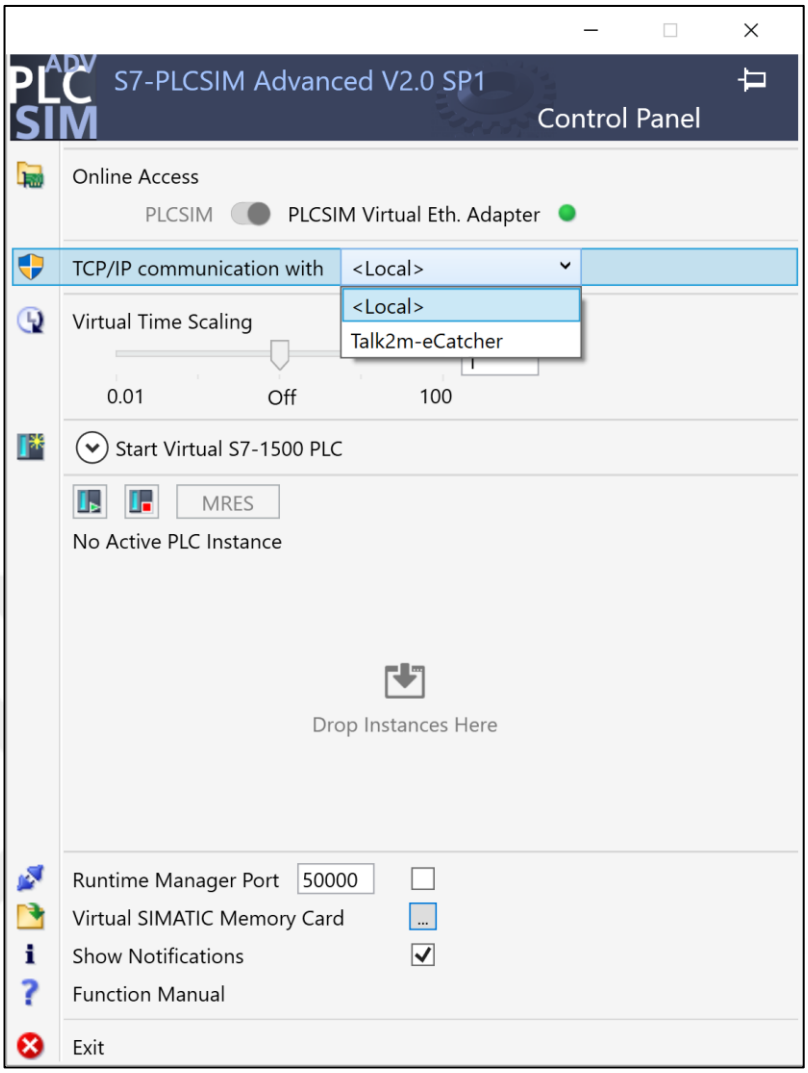
6.1.1. Yeni bir sanal PLC oluşturmak

Şekil 6.1'de PLCSIM Advanced simülatörüne ait kontrol paneli görülmektedir. Uzaktan erişim (Online Access) özelliği "PLCSIM" olarak ayarlanırsa simülasyonu oluşturulan PLC, dış platformlara kapalı olur ve yalnızca otomasyon sistemine ait yerel testlerin yapılabilmesi mümkün kılınır. Bulut platformuna, başka bir deyişle Node-RED ile iletişim kurabilmek için uzaktan erişim özelliğini "PLCSIM Virtual Eth. Adapter" olarak ayarlıyoruz.



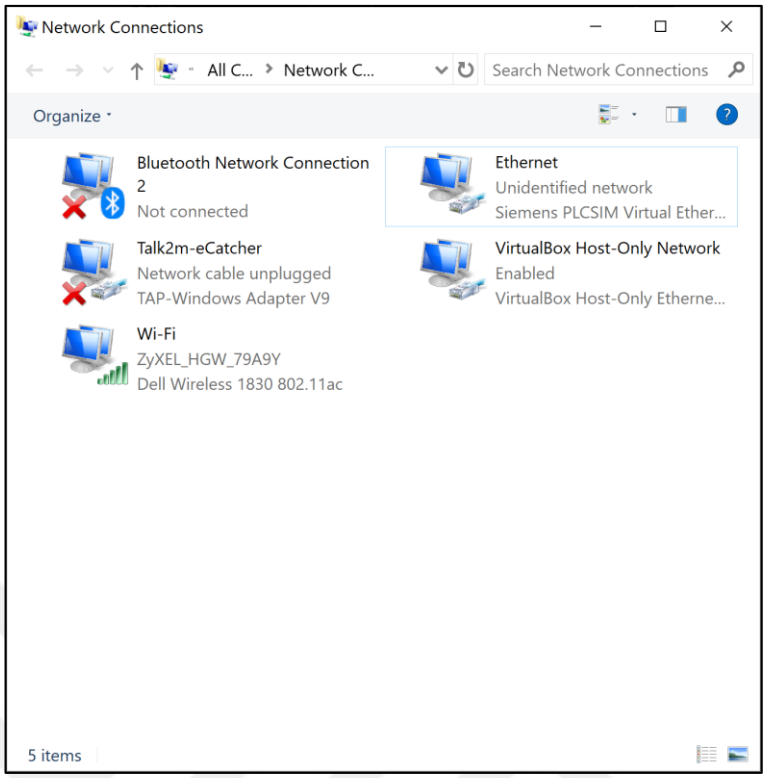
Şekil 6.1. S7-PLCSIM Advanced kontrol paneli

Uzaktan erişim özelliğini Şekil 6.2'de görülen Sanal Ethernet Adaptörü (Virtual Ethernet Adapter) olarak seçtiğimizde ağ bağdaştırıcıları arasına sanal bir yerel ağ adaptörü eklenir.



Şekil 6.2. Uzaktan Erişim özelliği

Şekil 6.3'te "Ethernet" adında sanal bir yerel ağ adaptörünün oluştuğu görülmektedir.

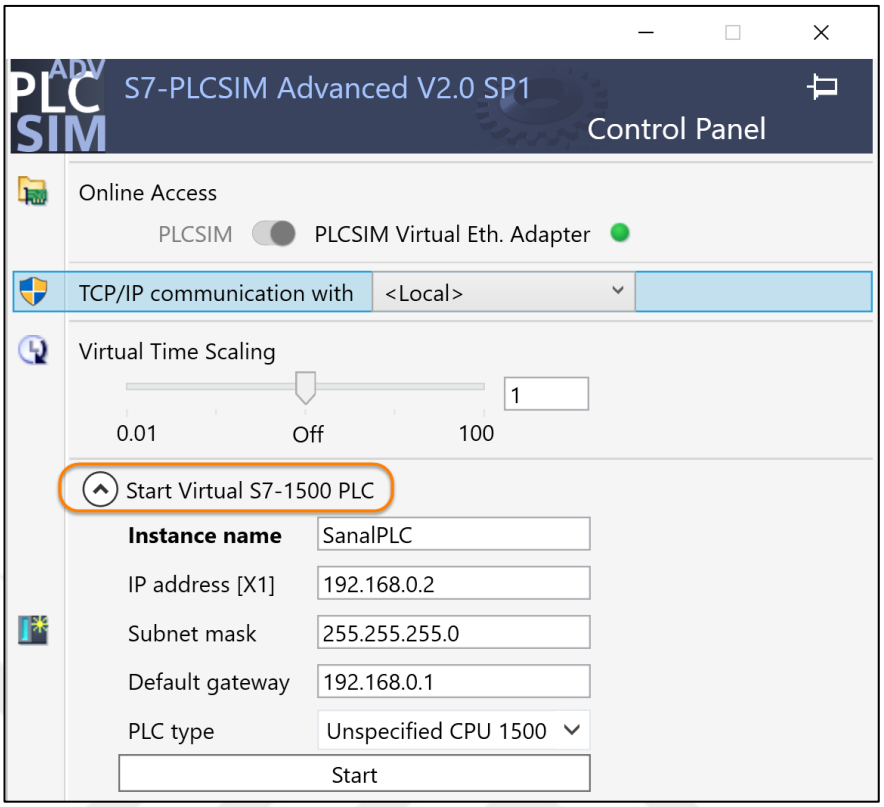


Şekil 6.3. Sanal Yerel Ağ Adaptörü

Sanal bir PLC oluşturmak için ilk olarak Şekil 6.4'te görülen "Start Virtual S7-1500 PLC" sekmesini açarak ilgili alanları dolduruyoruz. İlgili alanlarla ilgili açıklamalar aşağıdadır;

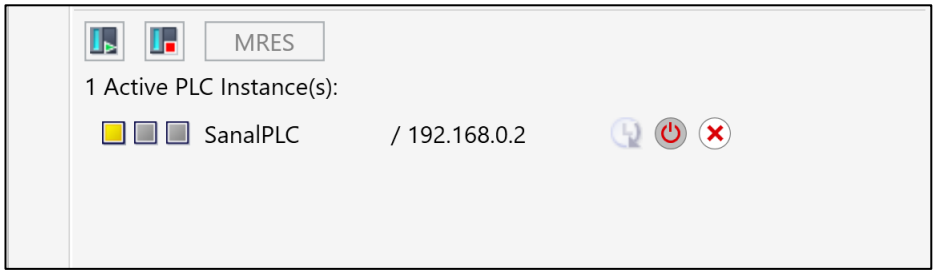
- Instance name, bölümüne oluşturulacak sanal PLC'nin adı verilmektedir. İsim verilme gerekliliğinin sebebi eş zamanlı olarak birden çok sanal PLC üretilmesinden kaynaklanmaktadır
- IP address [X1], bölümüne ağ üzerinde oluşturulacak sanal PLC'nin IP adresi girilir
- Subnet mask, belirlenen IP adresine uygun alt ağ maskesinin değeri girilir
- Default gateway, varsayılan ağ geçidinin adresinin yazıldığı alandır
- PLC type, simülasyonu oluşturulacak PLC'nin grubunun seçimi yapılır. Burada S7-1500 veya ET200SP ailesi şeklinde seçim yapılabilmektedir

İlgili konfigürasyon yapıldıktan sonra Şekil 6.4'te görülen "Start" butonu vasıtasıyla simülasyon başlatılabilmektedir.



Şekil 6.4. Sanal PLC oluşturmak

Şekil 6.5'te simülasyonu başlatılan sanal PLC ile ilgili durum ekranı görülmektedir. Üç adet kare kutuyla gösterilen alan PLC'ye ait durum ışıklarını ifade etmektedir. İlk defa bir sanal PLC oluşturulduğunda içerisinde herhangi bir program olmadığından dolayı PLC, Stop konumunda olacaktır ve Start konumuna almaya çalıştığımızda otomatik olarak Stop konumuna düşecektir. Bu sebeple, Siemens'in otomasyon yazılım geliştirme platformu olan TIA Portal üzerinden ilgili Sanal PLC ile bağlantı kurup yükleme işlemi gerçekleştirilmelidir.

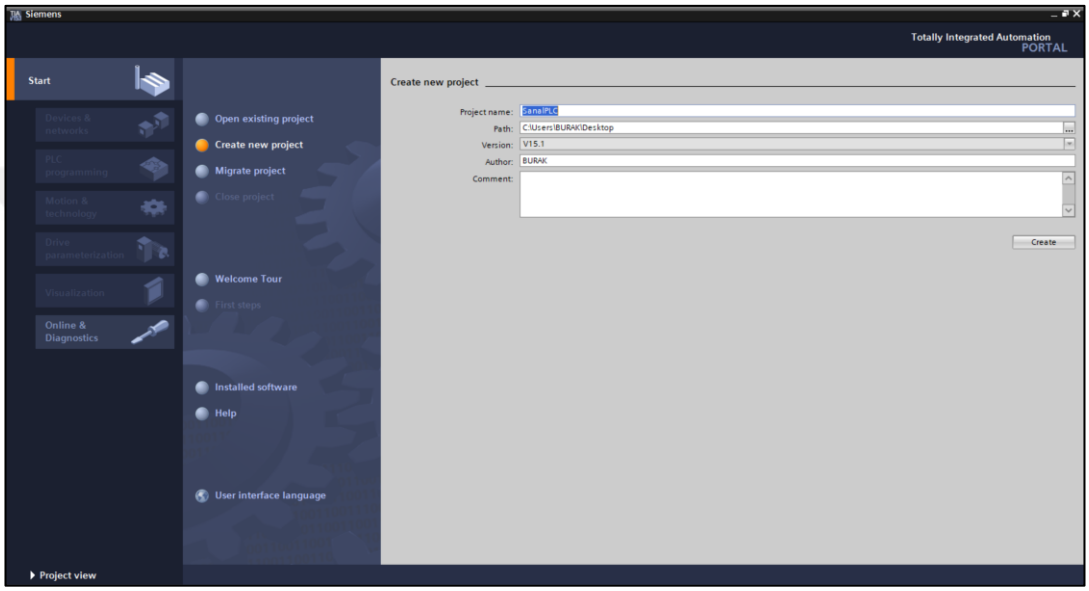


Şekil 6.5. Simülasyon durum ekranı

6.1.2. Yeni bir otomasyon yazılımı oluşturmak ve sanal PLC bağlantısının yapılması

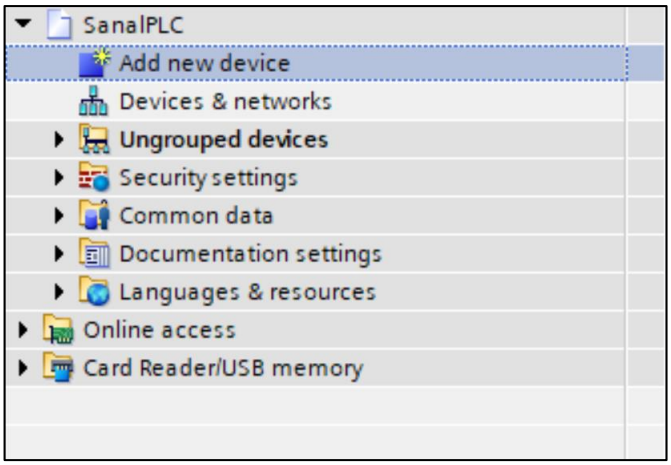
Siemens'in otomasyon yazılım geliştirme arayüzü olan TIA Portal'da yeni bir proje oluşturulur.

Şekil 6.6'da TIA Portal'ın yeni proje oluşturma ekranı görülmektedir. Burada proje adı belirlenip "Create" butonuna basılarak proje oluşturma işlemi gerçekleştirilir.



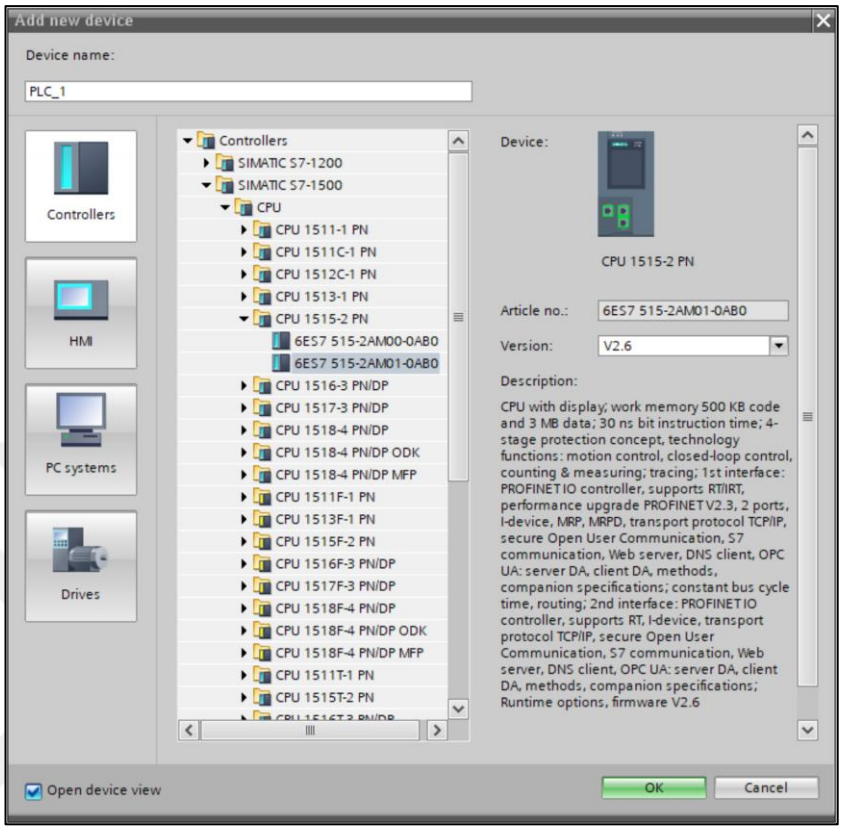
Şekil 6.6. TIA Portal yeni proje oluşturma ekranı

Proje oluşturduktan sonra Şekil 6.7'de görülen proje ağacı bölümündeki "Add new device" alanına tıklanarak yeni cihaz ekleme penceresi açılır.



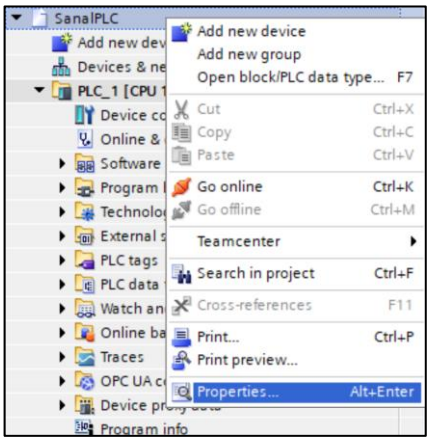
Şekil 6.7. Proje ağacı bölümü

Şekil 6.8'de görülen yeni cihaz ekleme penceresinde S7-1500 ailesine ait herhangi bir modelin seçimi yapılır.



Şekil 6.8. Yeni cihaz ekleme penceresi

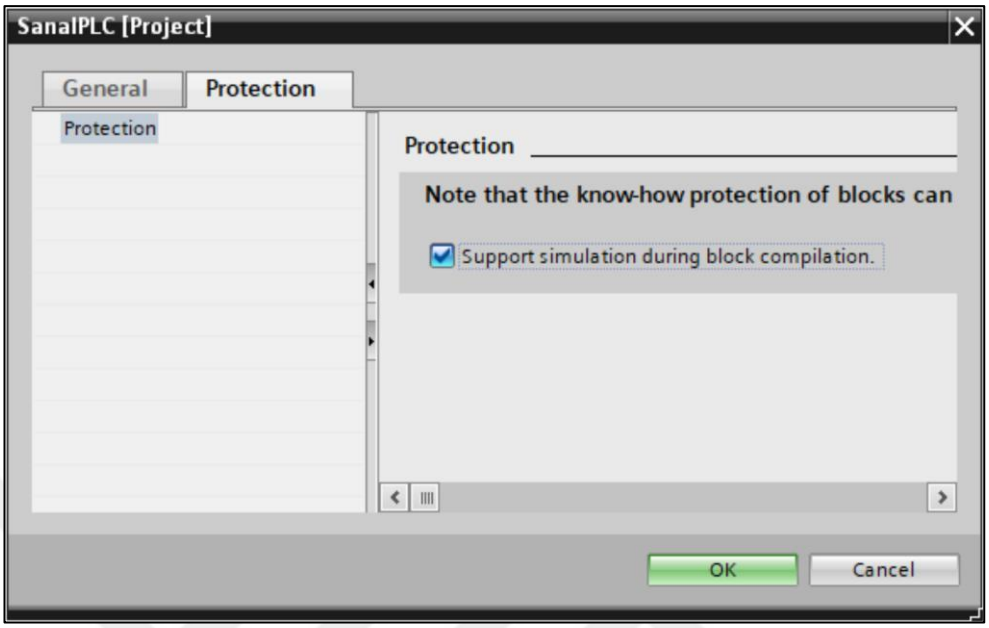
Şekil 6.9'da görüldüğü gibi projeye sağ tıklayıp "Properties" alanına tıklayarak projeye ait ayarlar menüsüne ulaşılır.



Şekil 6.9. Proje ayarları menüsü

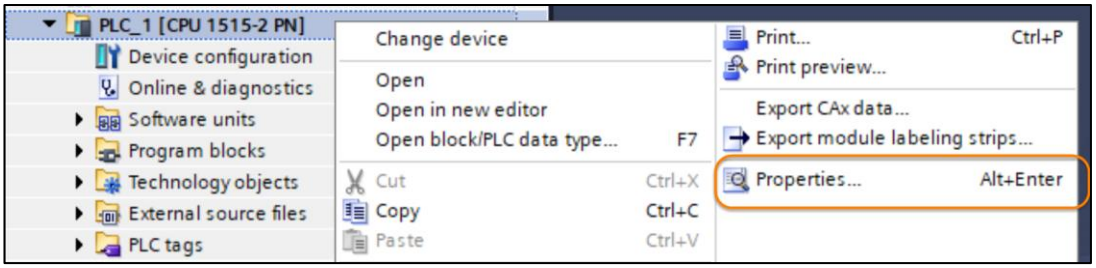
Proje ayarları menüsünü açtıktan sonra "Protection" sekmesine gelerek "Support simulation during block compilation" alanı Şekil 6.10'da görüldüğü gibi seçilmelidir.

Bunun sebebi projeyi PLCSIM Advanced simülatörüyle çalışılmaya uygun hale getirmek içindir.



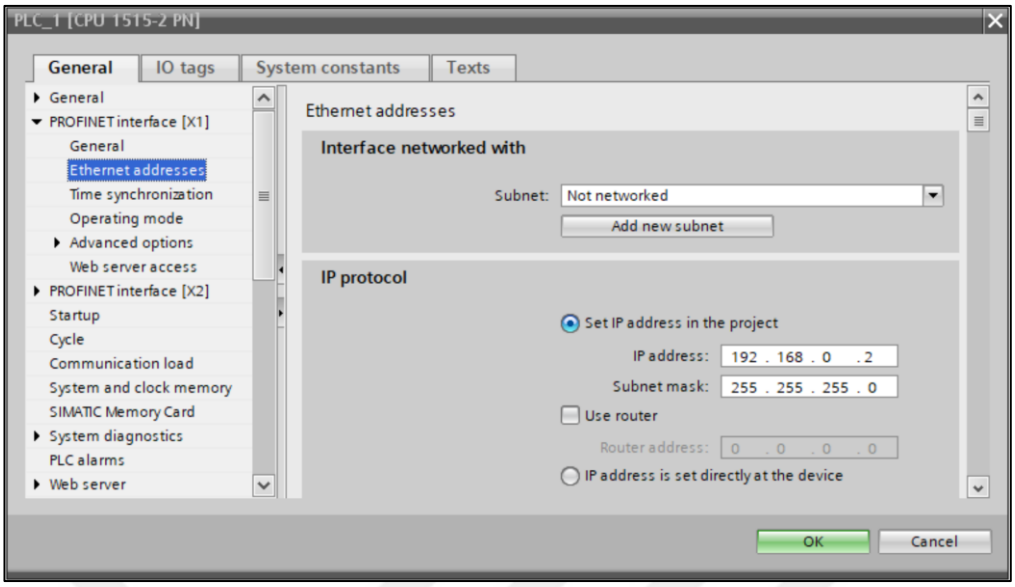
Şekil 6.10. Proje ayarları

PLC üzerindeki ayarlar yapmak adına Şekil 6.11'de görüldüğü gibi proje ağacındaki PLC'ye sağ tıklanıp ardından "Properties" bölümüne tıklanarak ayarlar ekranına ulaşılır.



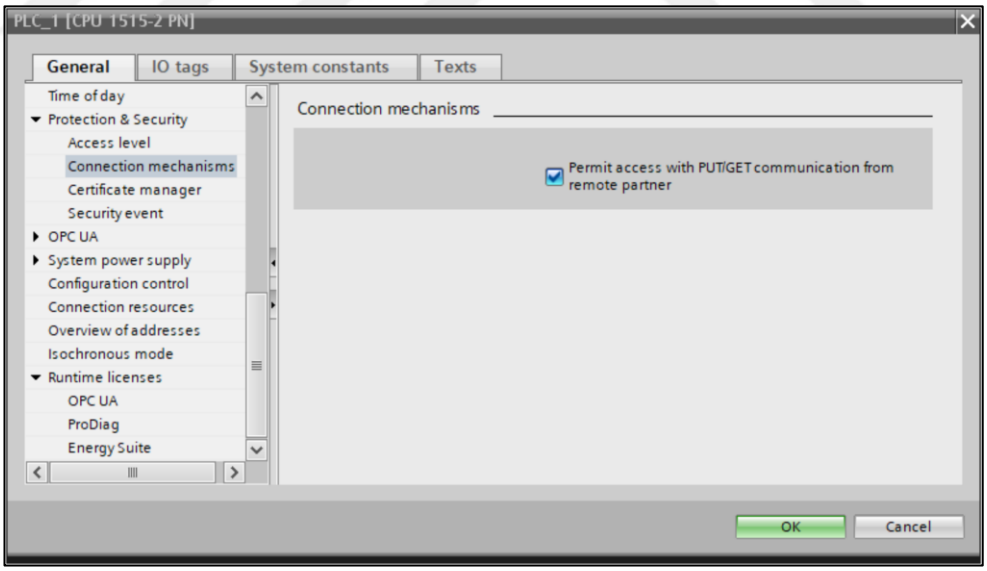
Şekil 6.11. PLC ayar menüsü

İlk olarak Şekil 6.12'de görülen "Ethernet addresses" bölümünden PLC'nin IP adresi simülatörde belirlenen adres ile aynı olacak şekilde ayarlanır.



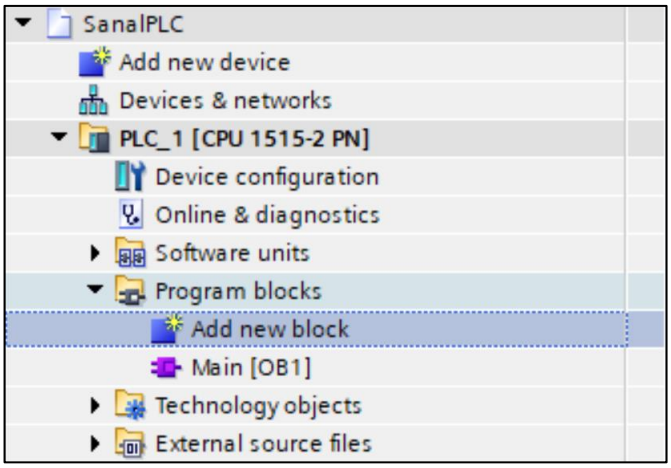
Şekil 6.12. Ethernet ayarları menüsü

PLC'yi S7-Comm haberleşme protokolü üzerinden Node-RED ile iletişime açmak için Şekil 6.13'te görüldüğü gibi "Connection mechanisms" menüsü altındaki "Permit access with PUT/GET communication from remote partner" özelliği aktif hale getirilmelidir.



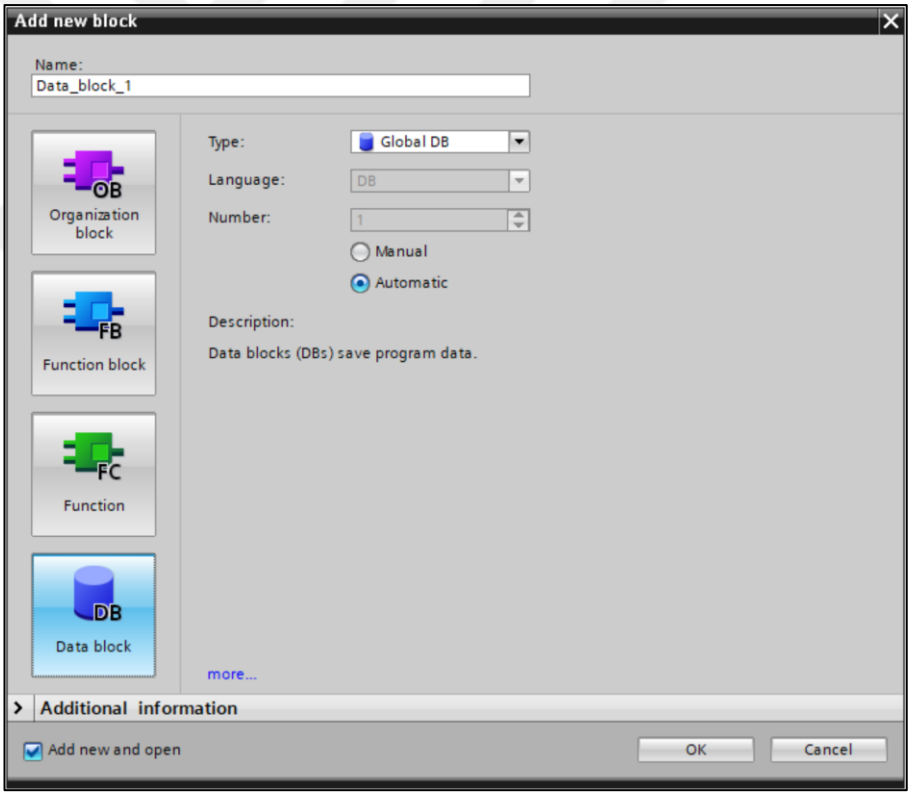
Şekil 6.13. Haberleşme ayarları menüsü

Verilerin yazılacağı alanı oluşturmak için bir data blok tanımlanır. Bu, Şekil 6.14'te görülen "Program blocks" alanı altındaki "Add new block" kısmından yapılır.



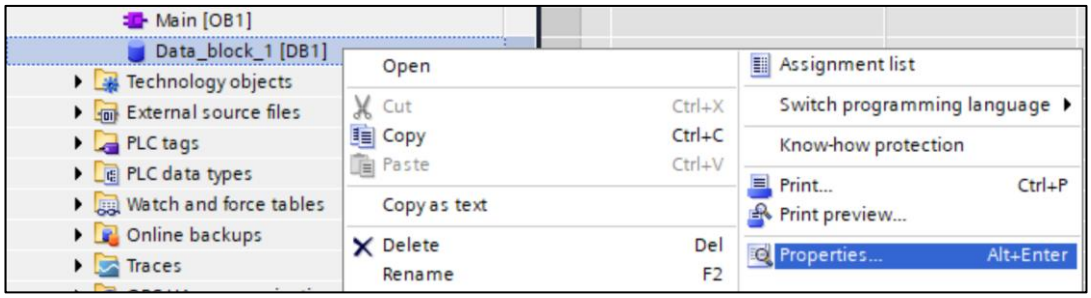
Şekil 6.14. Yeni blok oluşturma

Data blok oluşturmak için Şekil 6.15'te görülen "Data block" alanı seçilir ve "OK" butonuna tıklanır.



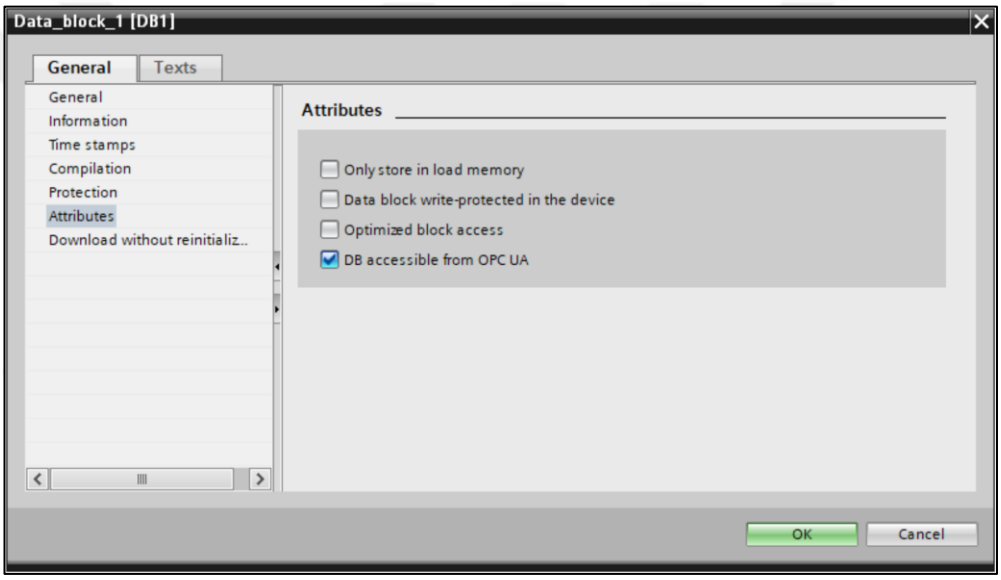
Şekil 6.15. Data blok oluşturmak

Data blok içerisindeki veri alanlarını doğrudan adresleyebilmek için ayarlar menüsünden değişiklik yapılması gerekir. Bunun için Şekil 6.16'ta görülen "Properties" bölümünden ilgili ayar menüsüne ulaşılır.



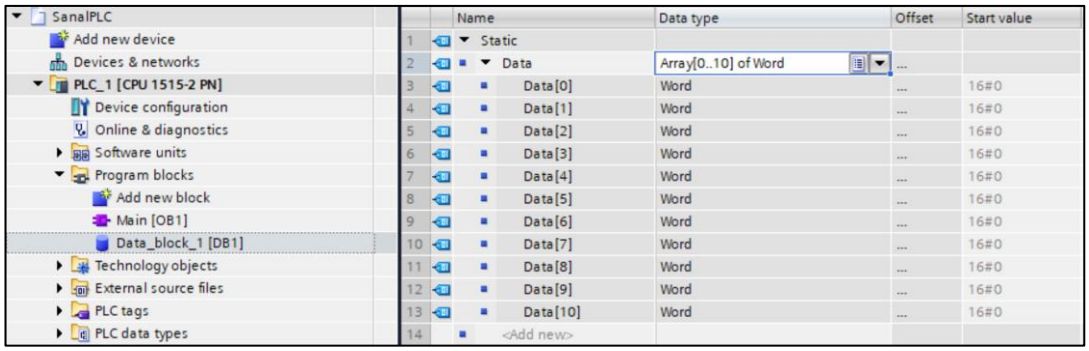
Şekil 6.16. Data blok ayar menüsü

Data blok ayarlar menüsünü açtıktan sonra Şekil 6.17'de görülen "Attributes" alt ayar sekmesindeki "Optimized block access" alanındaki işaret kaldırılır ve onaylamak için "OK" butonuna basılır.



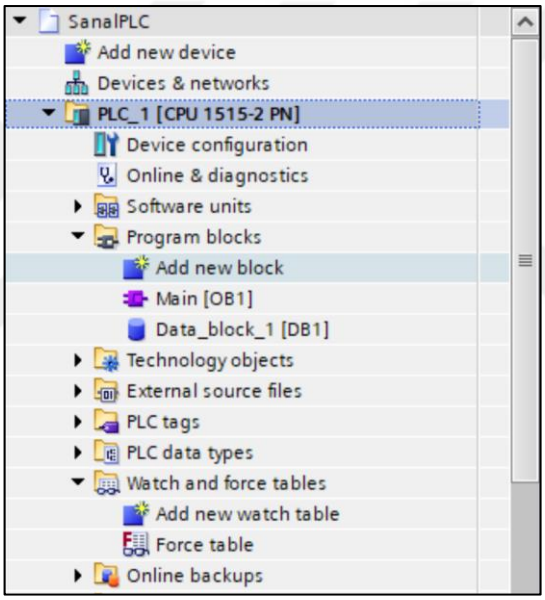
Şekil 6.17. Data blok adres ayarları

Verilerin yazılacağı alanı oluşturmak için Data blok penceresi açılır. Ardından Şekil 6.18'de görüleceği üzere "<Add new>" bölümünden yeni bir veri tipi ve veri alanı oluşturmak mümkündür. Burada "Name" bölümüne veri alanının adı "Data type" bölümüne veri tipi girilir. Veri adı örnekte "Data" veri tipi ise 10 adet word veri tipinde dizi "Array[0..10] of Word" olarak belirlenmiştir.



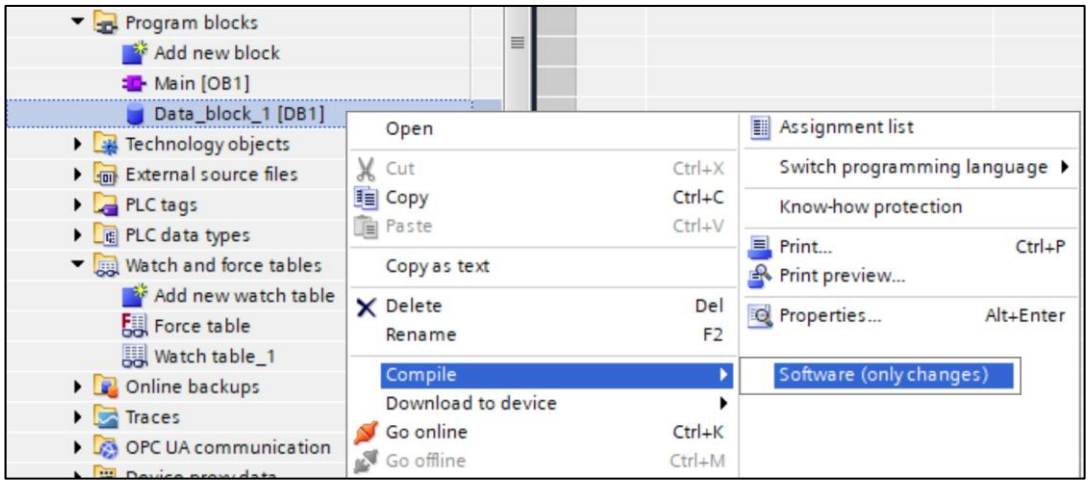
Şekil 6.18. Data blok veri alanı

Verilerin adreslerini doğrudan görmek ve izlemek amacıyla Şekil 6.19'da görülen "Add new watch table" bölümü kullanılarak izleme tablosu (watch table) oluşturulur.



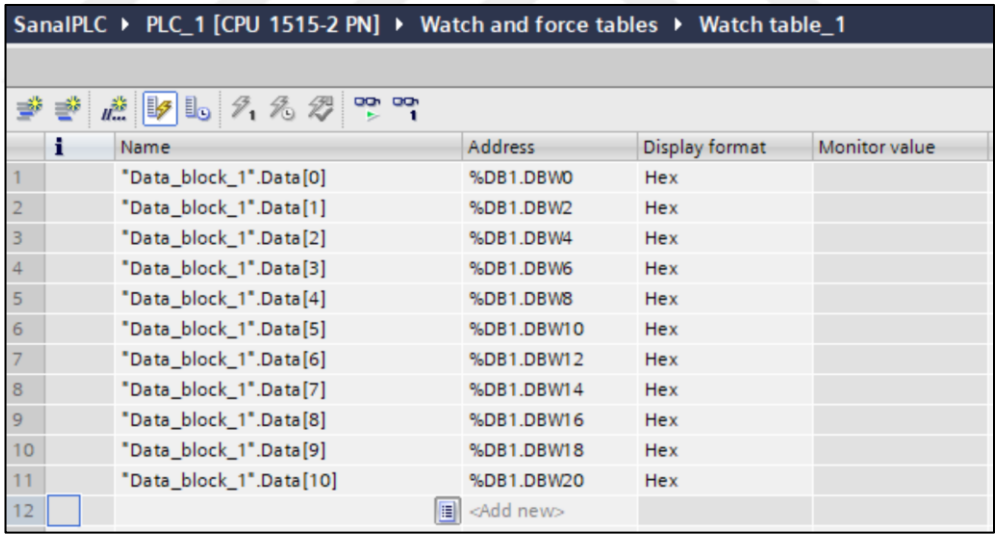
Şekil 6.19. İzleme tablosu (Watch table) oluşturmak

Verileri izleme tablosuna girmeden önce bir kez derlemek gerekir. Derleme işleme için Şekil 6.20'de görüldüğü gibi data blok alanına sağ tıklanır ve "Compile" ardından "Software (only changes)" yolu izlenir.



Şekil 6.20. Data bloğunun derlenmesi

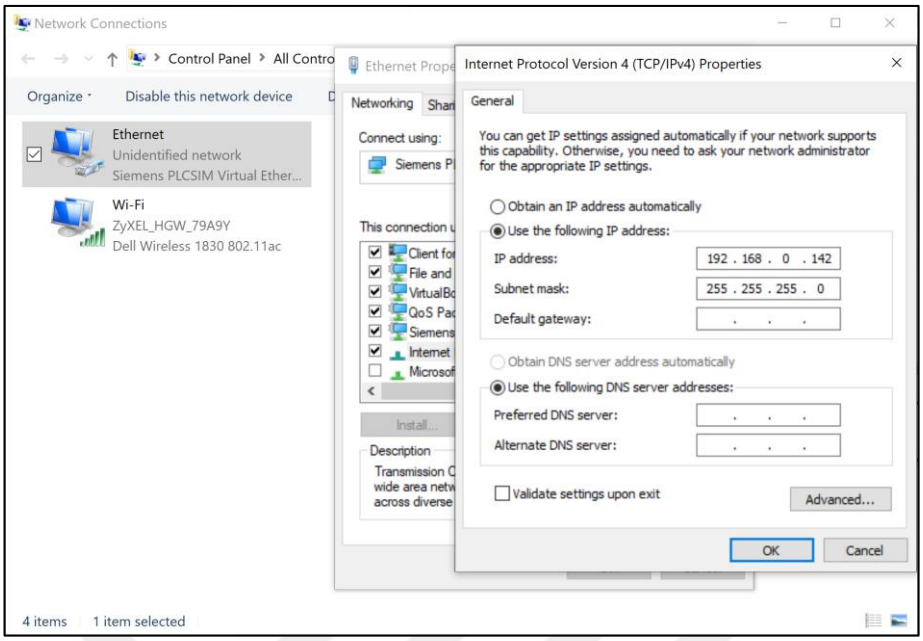
Derleme işlemi tamamlandıktan sonra izleme tablosu açılarak Şekil 6.21'de görüldüğü gibi " "Data_block_1".Data[0] " şeklinde data blok alanında bulunan verilerin girişi yapılır. Veri girişleri yapıldıktan sonra adres bölümünde "%DB1.DBW0" şeklinde veriye ait adres alanı açık bir şekilde görülür. Verilere ait açık adres bilgisi Node-RED üzerinde konfigürasyon aşamasında gerekli olacaktır.



	Name	Address	Display format	Monitor value
1	"Data_block_1".Data[0]	%DB1.DBW0	Hex	
2	"Data_block_1".Data[1]	%DB1.DBW2	Hex	
3	"Data_block_1".Data[2]	%DB1.DBW4	Hex	
4	"Data_block_1".Data[3]	%DB1.DBW6	Hex	
5	"Data_block_1".Data[4]	%DB1.DBW8	Hex	
6	"Data_block_1".Data[5]	%DB1.DBW10	Hex	
7	"Data_block_1".Data[6]	%DB1.DBW12	Hex	
8	"Data_block_1".Data[7]	%DB1.DBW14	Hex	
9	"Data_block_1".Data[8]	%DB1.DBW16	Hex	
10	"Data_block_1".Data[9]	%DB1.DBW18	Hex	
11	"Data_block_1".Data[10]	%DB1.DBW20	Hex	
12		<Add new>		

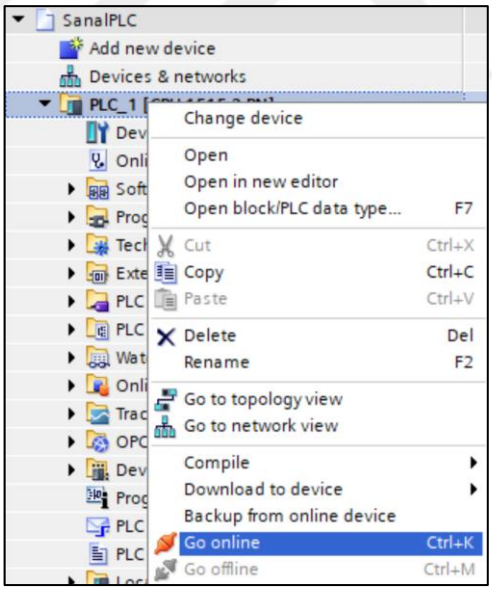
Şekil 6.21. İzleme tablosu penceresi

TIA Portal'da oluşturulan projeyle sanal PLC arasında bağlantı kurmadan önce sanal ağ adaptörünü sanal PLC ile aynı ağ içerisinde bulunan bir IP adresine göre düzenlemek gerekir. Sanal PLC "192.168.0.2" olarak ayarlandığından verilen IP adresinin Şekil 6.22'de görüldüğü üzere "192.168.0.x" şeklinde olması gerekir.



Şekil 6.22. IP adres ayar menüsü

Sanal PLC'ye bağlanmak için proje ağacında bulunan Şekil 6.23'te görülen PLC'ye sağ tıklayıp "Go online" bölümüne tıklanmalıdır.

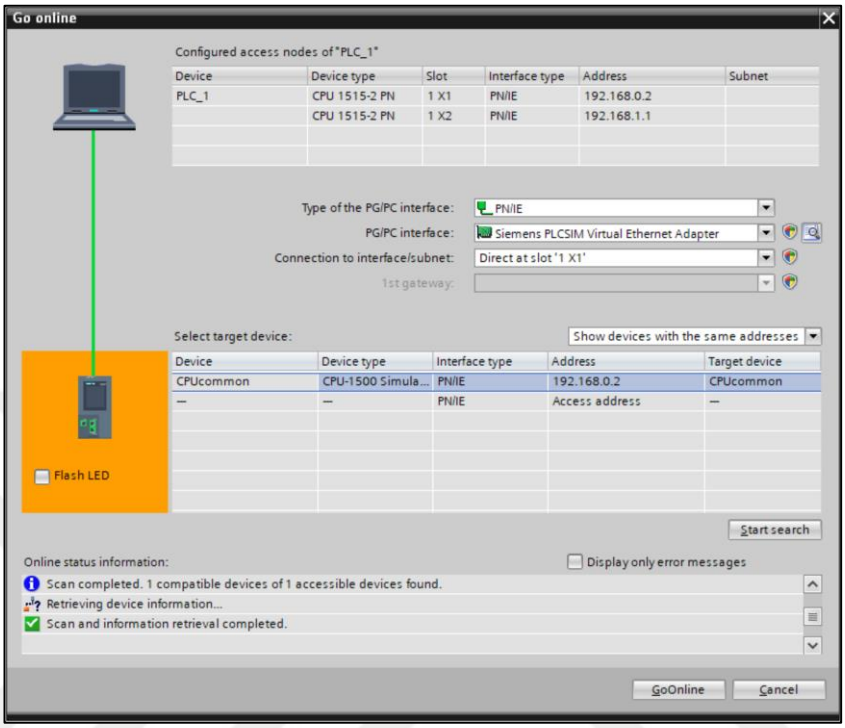


Şekil 6.23. PLC'ye bağlanmak

Simülatöre uygun bir şekilde bağlantı ayarlarını hazırlamak için;

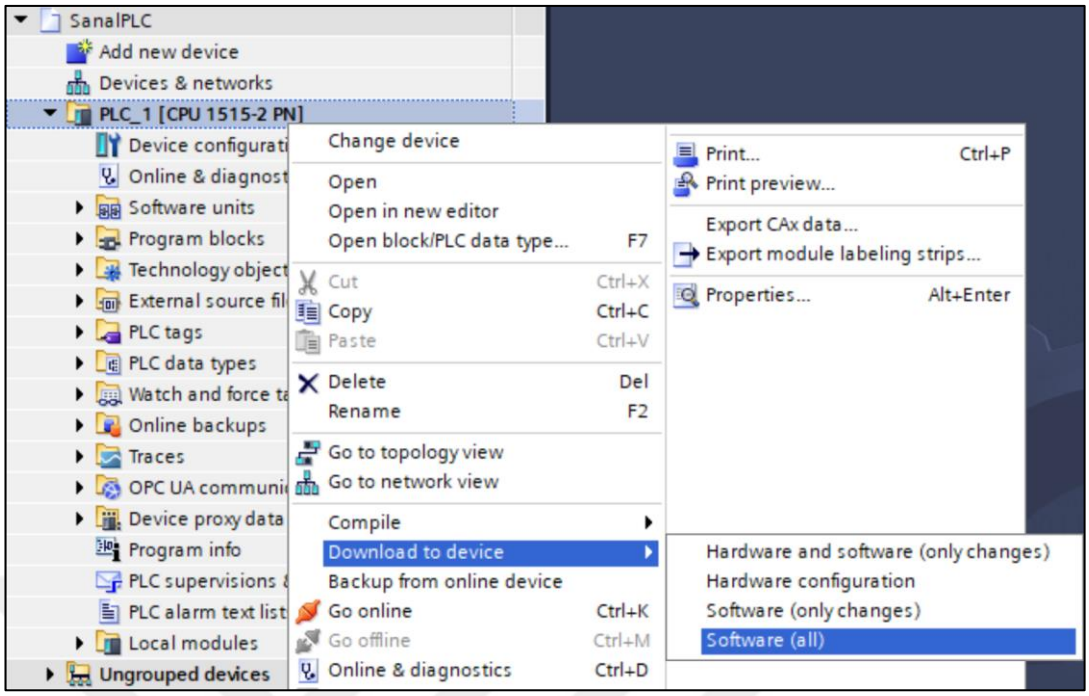
- Type of the PG/PC interface: PN/IE
- PG/PC interface: Siemens PLCSIM Virtual Ethernet Adapter
- Connection to interface/subnet: Direct at slot '1 X1'
- Select target device: Show devices with the same addresses

İlgili maddelere uygun bir şeklinde bağlantı ayarları yapıldıktan sonra Şekil 6.24'te görülen "Start search" butonuyla ağ üzerinde bulunan mevcut cihazlar taratılıp bulunduktan sonra "GoOnline" butonuyla bağlantı sağlanır.



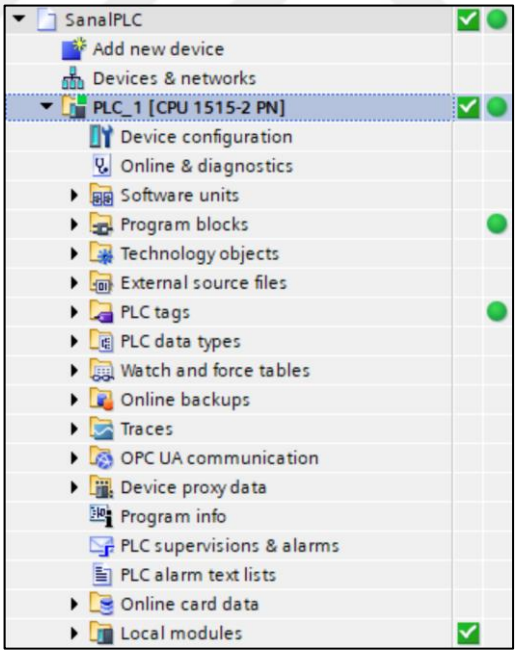
Şekil 6.24. Go Online bağlantı penceresi

"GoOnline" vasıtasıyla bağlantı dışında hazırlanan programın Şekil 6.25'te görüldüğü gibi proje ağacındaki "PLC", "Download to device" ve "Software (all)" yolu izlenerek yapılmalıdır.



Şekil 6.25. Yazılım yükleme menüsü

Bağlantı kurduktan sonra durum işaretleri Şekil 6.26'da görüldüğü gibi yeşil olacaktır.

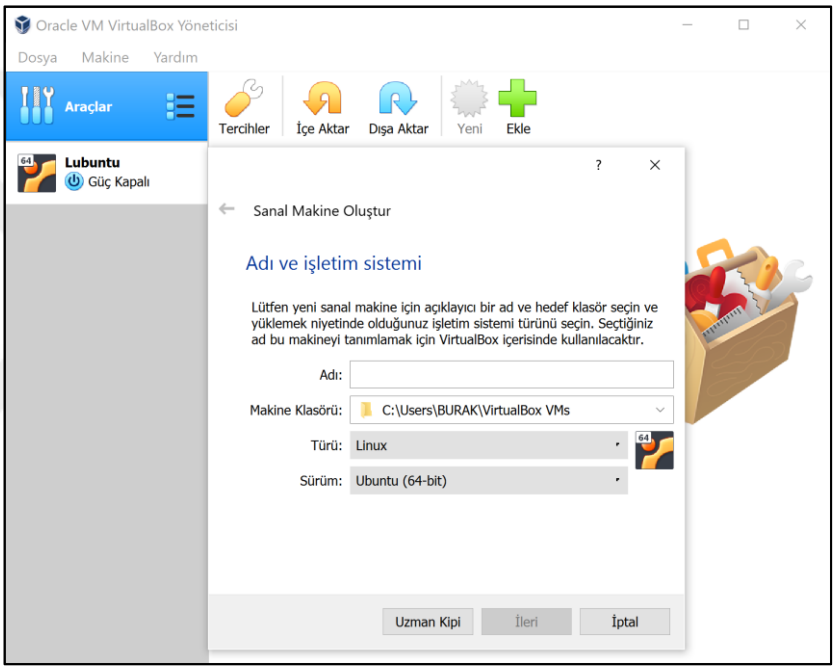


Şekil 6.26. Bağlantı sonrası proje ağacı

6.2. Sanal Makina (Oracle VM Virtual Box – Lubuntu)

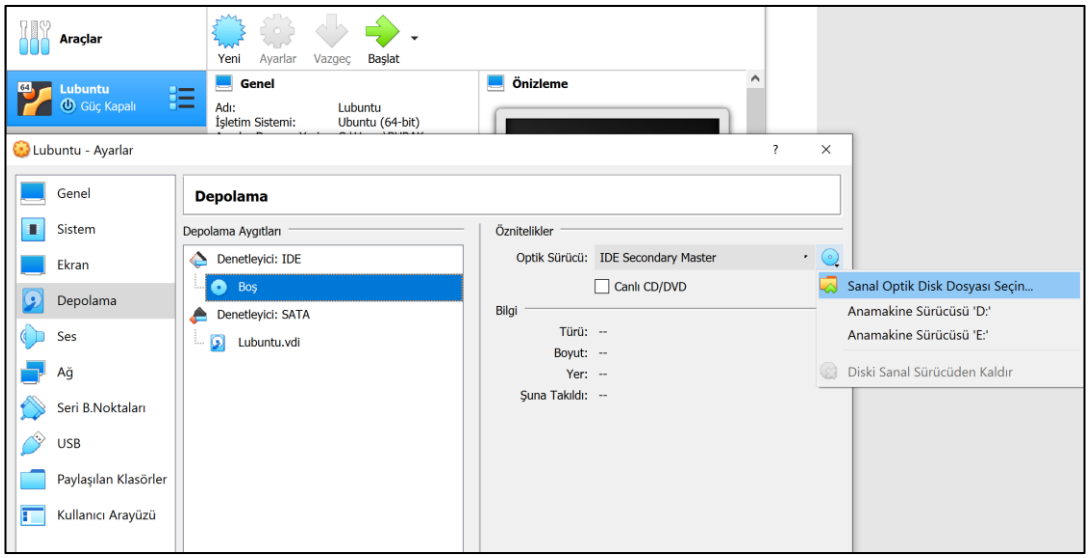
Sanal PLC'yi çalışmaya hazır hale getirdikten sonra Node-RED için gerekli alt yapıyı hazırlamak gerekmektedir. Bunun için ilk olarak Oracle VM Virtual Box, sanal makina oluşturma yazılımını indirilip yüklenir.

Lubuntu, ubuntu işletim sisteminin temel kullanım fonksiyonlarını içeren kapsamlı özellikleri kırpılmış versiyonudur ve ayrıca Linux tabanlı bir işletim sistemidir. Bu sebeple Lubuntu işletim sistemi yüklenirken sanal makina üzerinde Şekil 6.27'de görüldüğü gibi "Linux" ve "Ubuntu (64-bit)" şeklinde seçim yapılmalıdır.



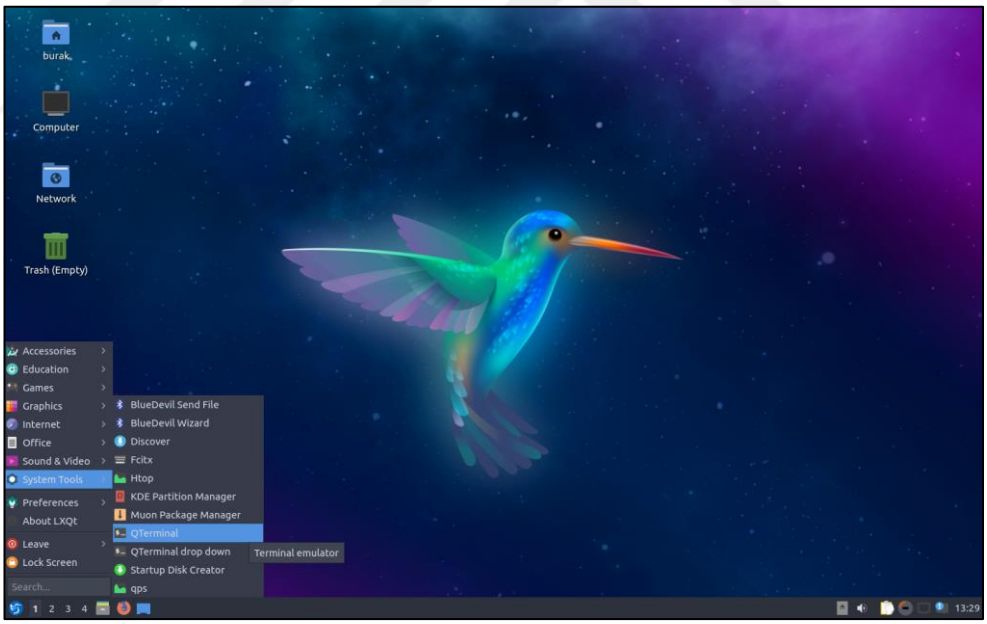
Şekil 6.27. Oracle VM Virtual Box çalışma ekranı

Şekil 6.27'de görüntülenen adımları takip edip sanal makina oluşturduktan sonra işletim sistemini yüklemek için Şekil 6.28'de görülen "Ayarlar", "Depolama" ve "Optik Sürücü" yolunu izledikten sonra Lubuntu işletim sistemine ait sanal optik sürücüsü gösterilip "Başlat" butonuna basılarak işletim sistemini yükleme adımları izlenmelidir.



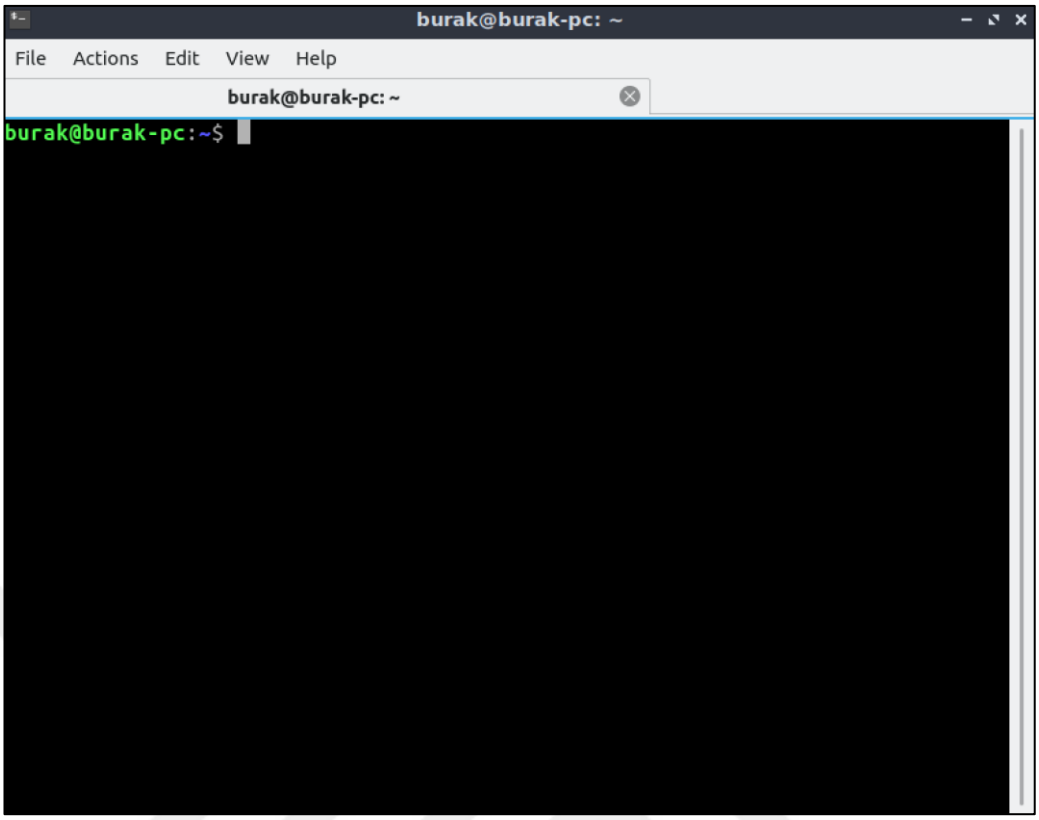
Şekil 6.28. Sanal makina ayar penceresi

Lubuntu işletim sistemi yükleme işlemi tamamlandıktan sonra Şekil 6.29'da görülen başlat menüsü üzerinden "System Tools", "QTerminal" yolu izlenip komut istemi penceresi açılmalıdır.



Şekil 6.29. Lubuntu işletim sistemi

Lubuntu işletim sisteminde Şekil 6.30'da görülen komut istemi penceresi üzerinden Node.js çalışma ortamı ve Node-RED görsel programlama arayüzü komutlar vasıtasıyla yüklenebilmektedir.



Şekil 6.30. Lubuntu komut istemi penceresi

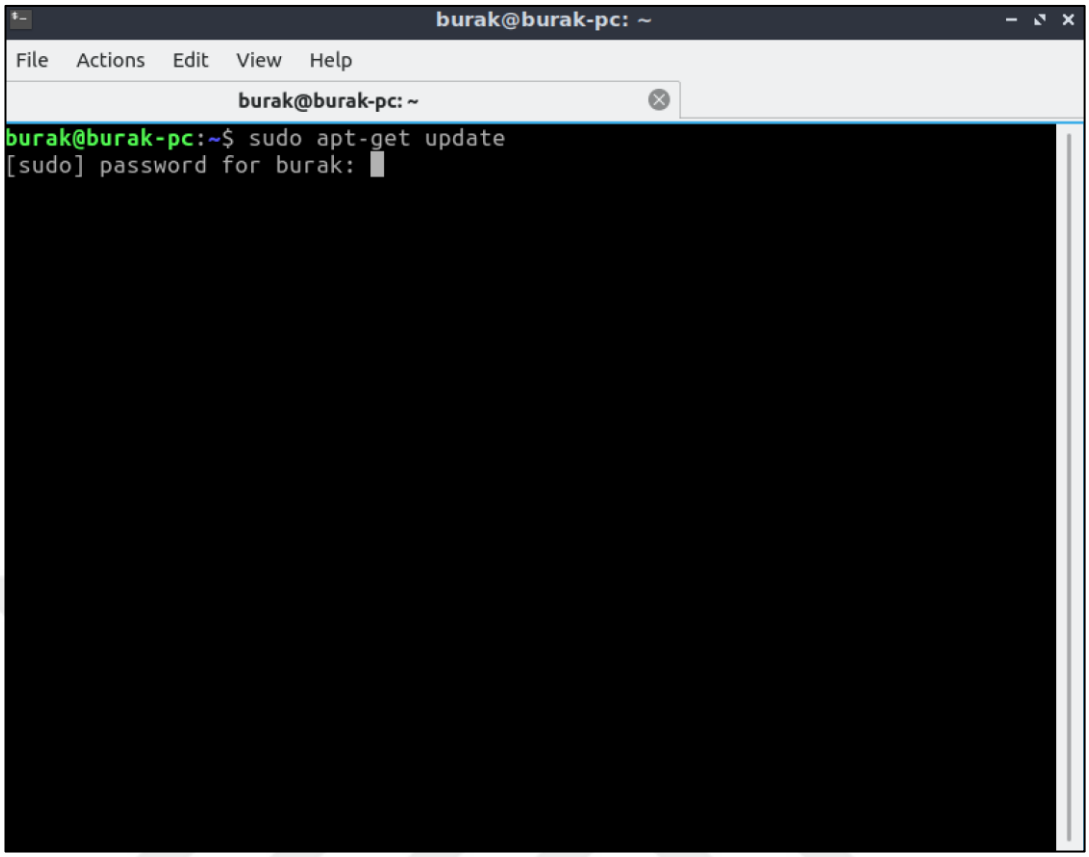
6.3. Görsel Programlama Arayüzü (Node-RED)

Sanal makinaya Lubuntu işletim sistemi yüklendikten sonra Node-RED platformunun başlatılabilmesi için ilk olarak komut istemi üzerinden Node.js ve beraberinde Node-RED yüklenmelidir.

6.3.1. Node.js ve Node-RED'in sanal makina'ya yüklenmesi

Komut istemi penceresi açıldıktan sonra sırasıyla aşağıdaki komutlar girilmelidir. Burada "sudo" ile başlayan komutlar geçici olarak işletim sistemine bağlı kullanıcıya en üst düzey yetki verdiği ve geri aldığı için işletim sistemini yüklerken belirlenen kullanıcı şifresi istenmektedir.

Şekil 6.31'te komut istemi penceresine girilen ilk "sudo" komutuyla birlikte açılan yetkilendirme bölümü görülmektedir.

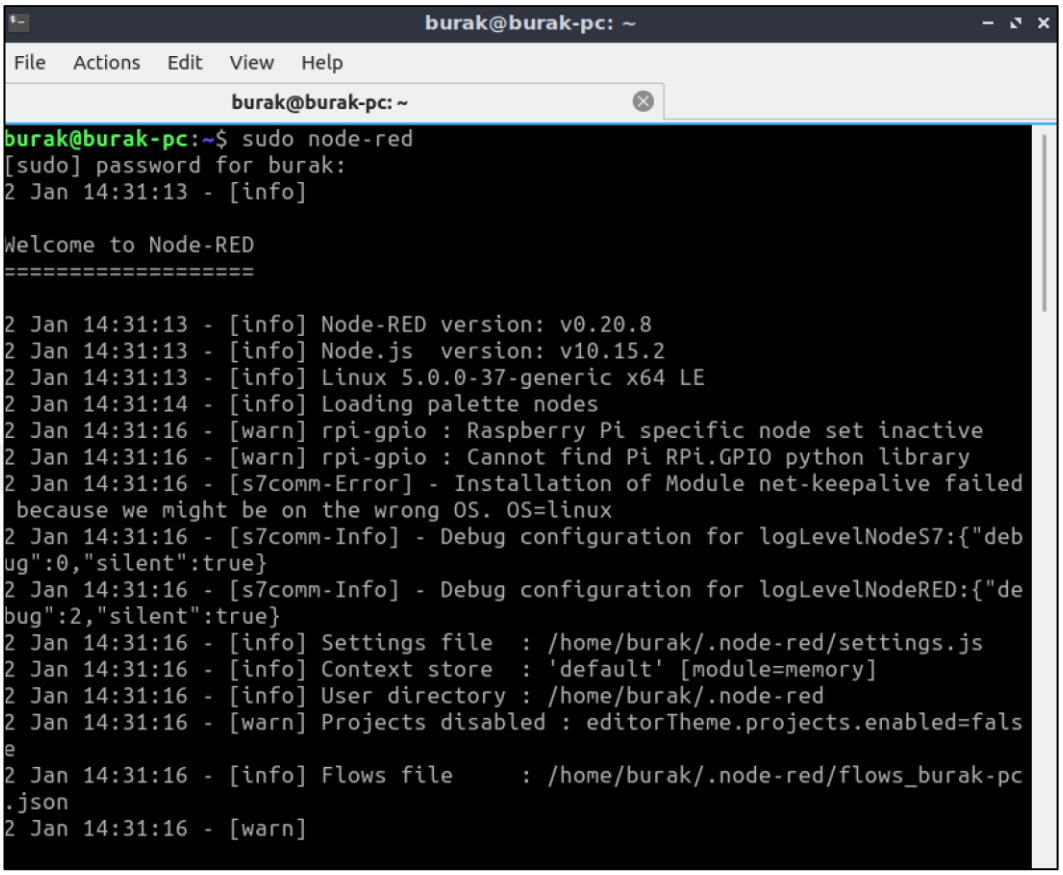


Şekil 6.31. Komut istemi penceresi şifre ekranı

İlgili yükleme işlemine dair komutlar sırasıyla aşağıdaki gibidir;

- “sudo apt-get update” (Mevcut kütüphaneleri güncellenir)
- “sudo apt-get upgrade” (Kütüphane dosyaları bir üst sürüme yükseltilir, eğer mevcutsa)
- “sudo apt-get install git” (git kütüphanesi yüklenir)
- “node -v” (Node.js’in versiyonu doğrulanır)
- “npm -v” (npm kütüphanesinin versiyonu doğrulanır)
- “sudo apt-get install curl” (curl kütüphanesi yüklenir)
- “curl -sL https://deb.nodesource.com/setup_6.x | sudo -E bash” (Node.js’in curl kütüphanesi kapsamındaki öğeleri yüklenir)
- “sudo apt-get install -y nodejs build-essential” (Node.js yüklenir)
- “sudo npm install -g --unsafe -perm node-red” (Node-RED yüklenir)

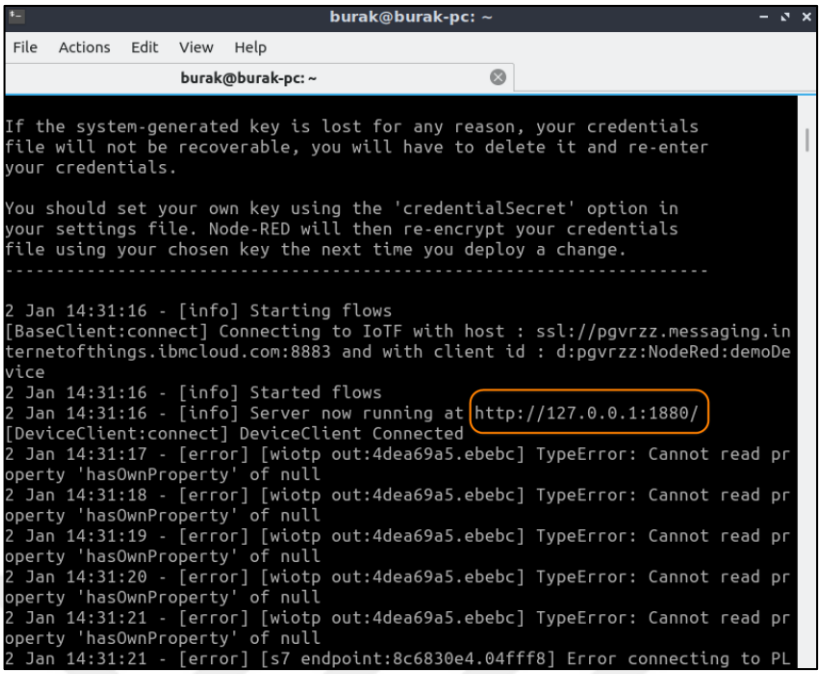
Yükleme işlemi tamamlandıktan sonra Şekil 6.32'de görüldüğü gibi "sudo node-red" komutuyla Node-RED başlatılır.



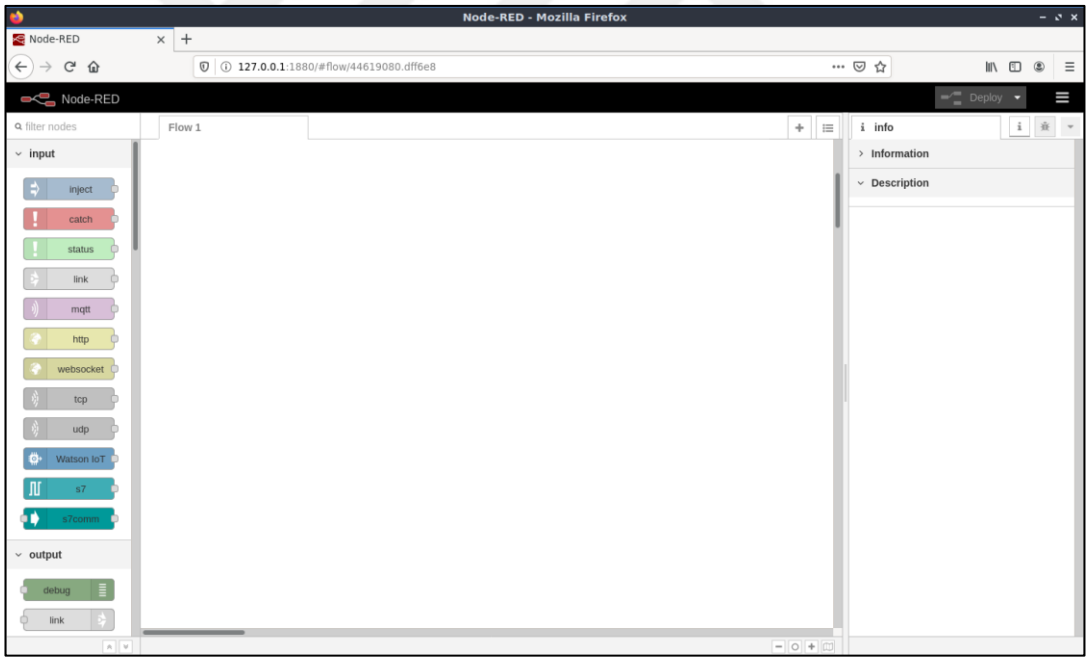
Şekil 6.32. Node-RED başlatma ekranı

Şekil 6.33'te Node-RED'in başlatıldığı yerel sunucunun adresi ve port numarası görülmektedir. Bu bilgiler sanal makine üzerindeki internet tarayıcısına girilerek Node-RED çalışma sayfasına ulaşılır.

Şekil 6.34'te Node-RED çalışma sayfası görülmektedir. Bu sayfada hazırlanan akışlar "Deploy" butonu vasıtasıyla yayınlandıktan sonra özel olarak kayıt edilmesi gerekmez, tarayıcı ve sanal makina doğrudan kapatılabilir. Bir sonraki başlatmada projeye son haliyle ulaşılır.



Şekil 6.33. Komut istemi penceresi Node-RED adres bilgisi

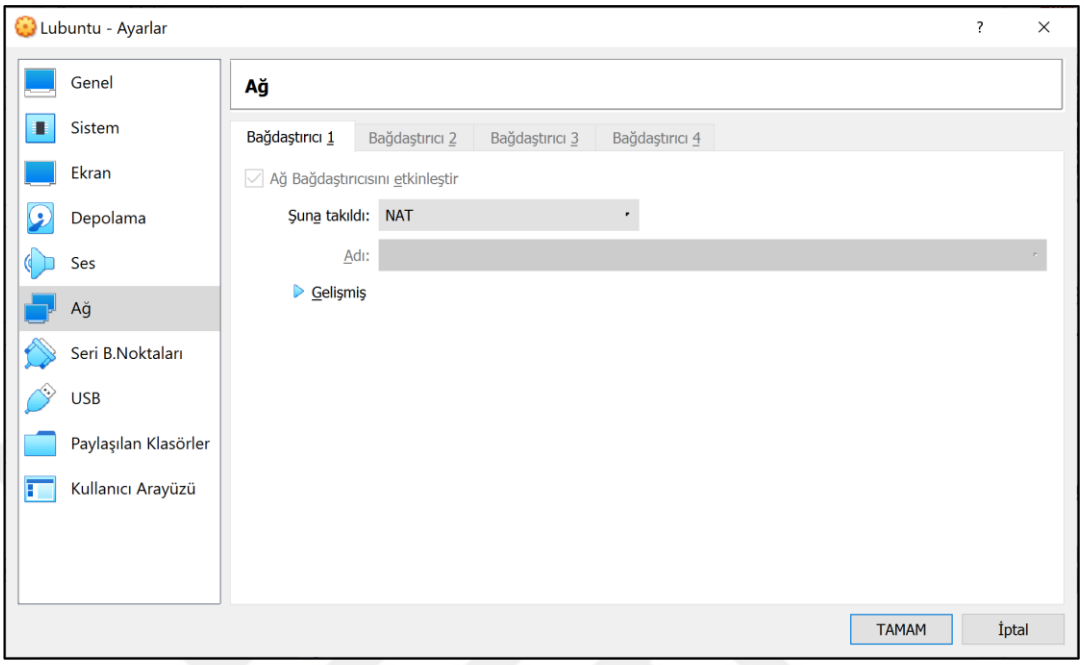


Şekil 6.34. Node-RED çalışma sayfası

6.3.2. Node-RED ile sanal PLC'nin haberleşmesi

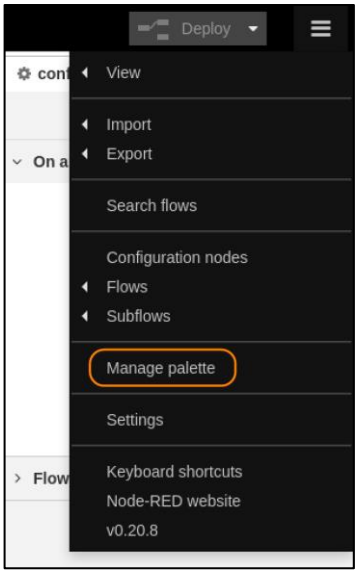
Node-RED, PLCSIM Advanced simülatörü vasıtasıyla başlatılmış sanal PLC ile "S7-comm" haberleşme protokolü üzerinden iletişim kurmaktadır. PLCSIM Advanced simülatörü, ana bilgisayar üzerinde çalıştırılmasına rağmen sanal makina ile ana bilgisayar arasında ortak bir ağ bağlantısı olduğu için bağlantı sağlanmaktadır.

Oracle VM Virtual Box sanal makina yazılımının ağ ayarları Şekil 6.35'te görüldüğü gibi "NAT" şeklinde olmalıdır.



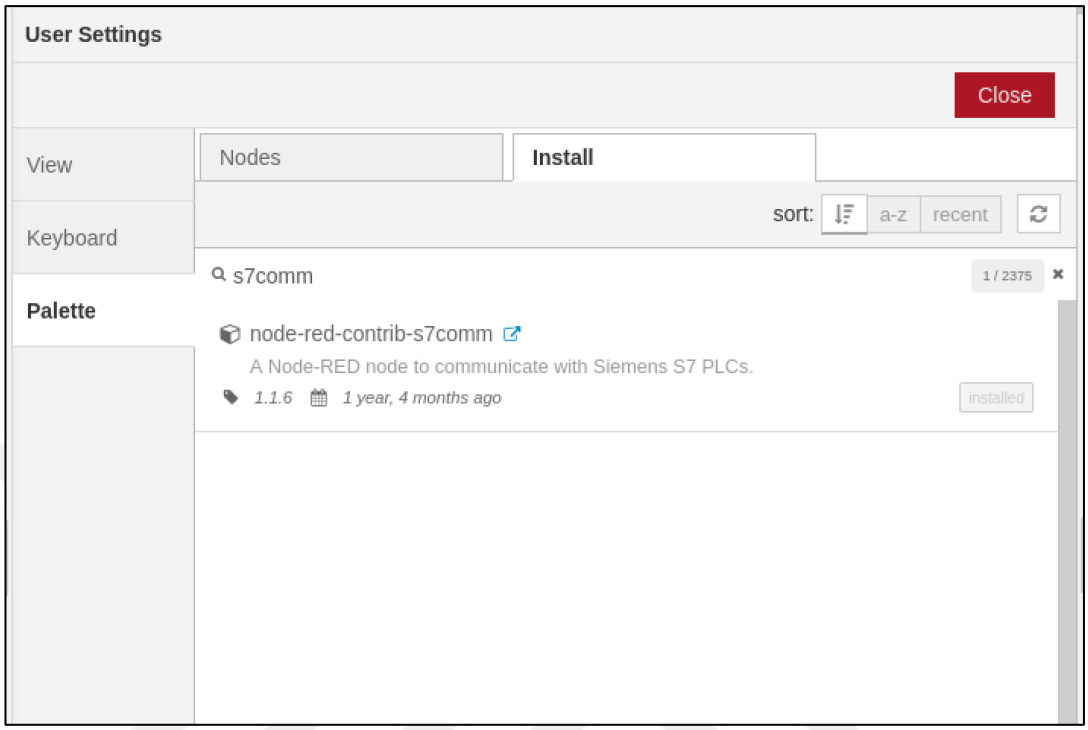
Şekil 6.35. Sanal makina ağ ayarları

Node-RED'e S7-Comm bloklarını eklemek için Şekil 6.36'da görülen çalışma sayfasının sağ üst bölümünde yer alan bildirim ekranından "Manage palette" penceresi açılır.



Şekil 6.36. Node-RED ayar menüsü

Palet yönetimi (Manage palette) ayar ekranında Şekil 6.37'de görüldüğü gibi "Install" sekmesinde "s7comm" ifadesi taratılarak ilgili fonksiyon yüklenmelidir.

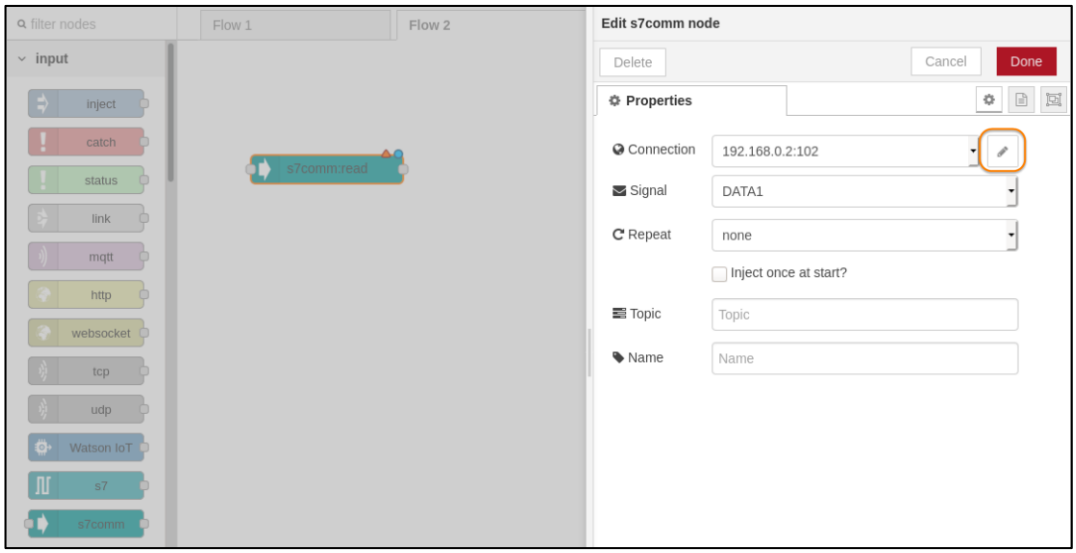


Şekil 6.37. Manage palette penceresi

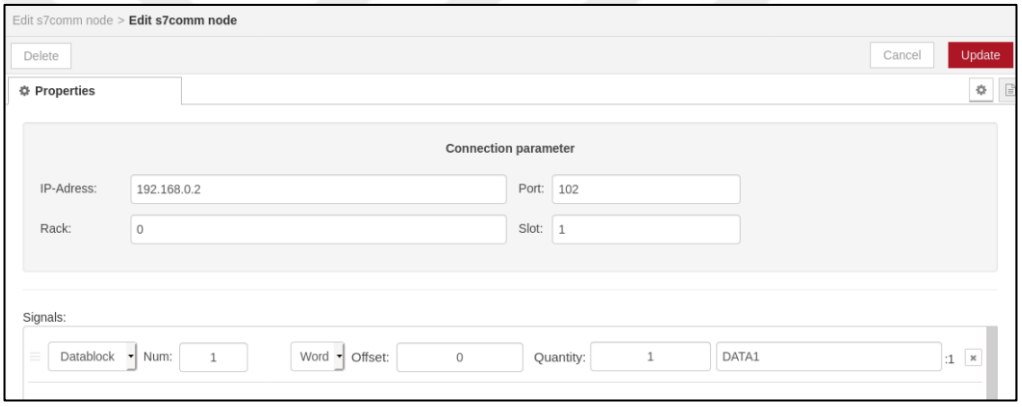
s7comm veri okuma (read) ve veri yazma (write) şeklinde iki ayrılır. İlk olarak veri okuma bloğu çalışma ekranının sol bölümünde yer alan palet alanından ekrana sürüklenir ve üzerine çift tıklanarak Şekil 6.38'de görülen özellikler sekmesi açılır. Burada "Connection" bölümünün yanında yer alan kalem işaretli düzenleme butonuna basılarak ilgili konfigürasyon penceresi açılır.

Şekil 6.39'da görülen konfigürasyon penceresinde "Connection parameter" bölümüne sanal PLC için belirlenmiş olan IP adresi "192.168.0.2:102" port numarasıyla birlikte yazılır.

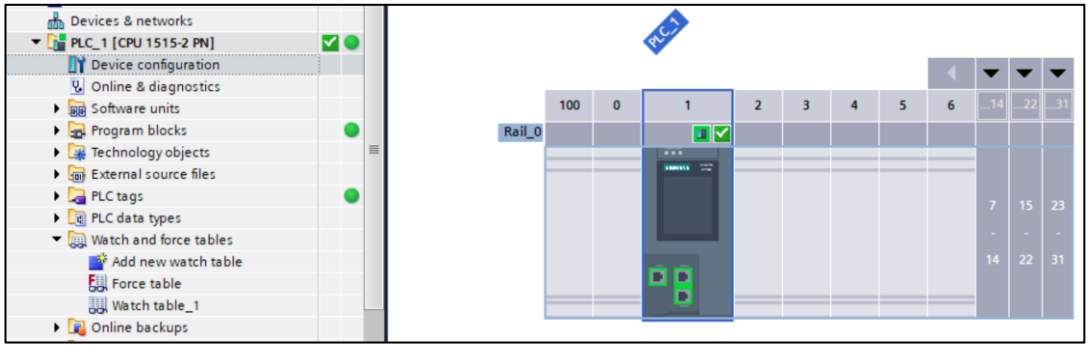
Sanal PLC ile ilgili "Rack" ve "Slot" bilgilerine Şekil 6.40'ta görülen "Device configuration" ekranı üzerinden ulaşılır.



Şekil 6.38. s7comm bloğunun eklenmesi



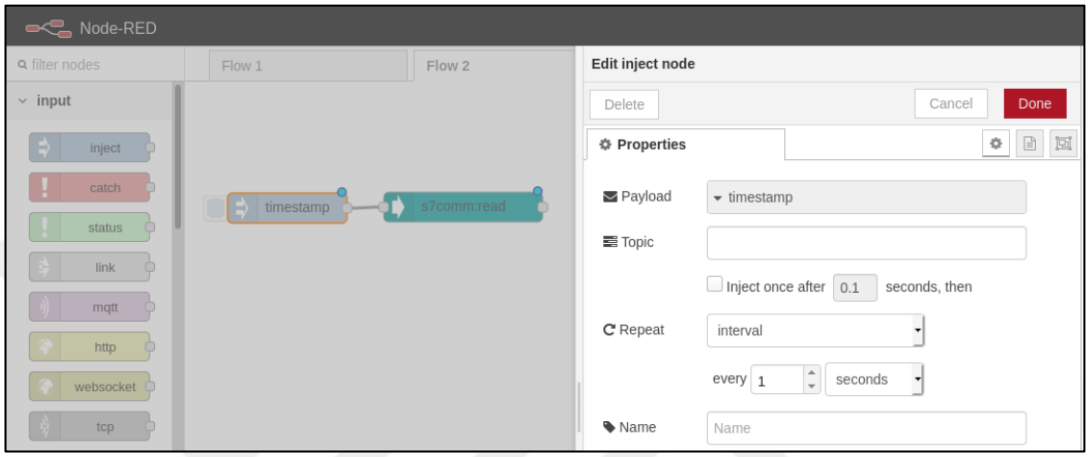
Şekil 6.39. s7comm konfigürasyon penceresi



Şekil 6.40. TIA Portal cihaz konfigürasyon penceresi

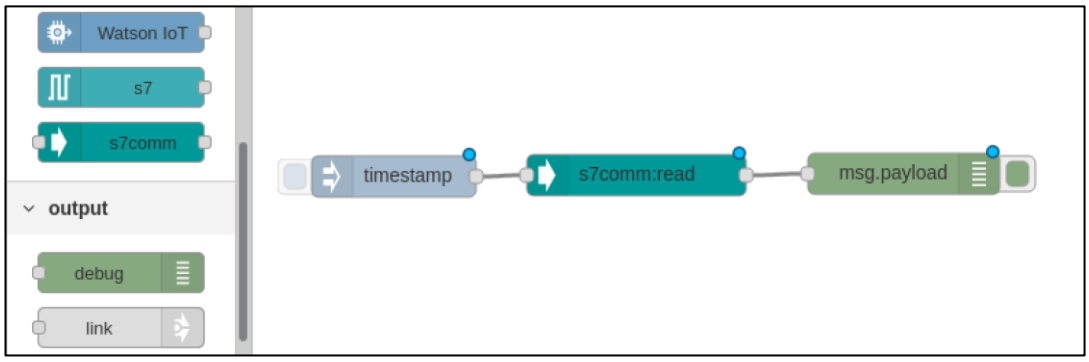
Ayrıca “Signals” bölümüne sanal PLC’den okunacak verilerin bilgileri girilir. Bu projede “%DB1.DBW0” adresinden veri okumak için “Datablock”, “Num: 1”, “Word”, “Offset: 0”, “Quantity: 1” ve veriyi Node-RED tarafında adlandırmak için “DATA1” şeklinde tanımlama yapılmıştır.

Periyodik olarak veri okuma işlemini ayarlamak için palet bölümünden inject bloğu çalışma alanına sürüklenir ve Şekil 6.41'de görüldüğü gibi inject bloğunun çıkışı s7comm-read bloğunun girişine bağlanır. Ayrıca ekrana sürüklenen inject bloğuna çift tıklanıp açılan konfigürasyon penceresinden "Repeat" alanı "interval" ve "every 1 seconds" olarak ayarlanır. Bunun sonucunda saniyede bir "s7comm-read" bloğu tetiklenerek veri okuma işlemi periyodik olarak gerçekleştirilir.



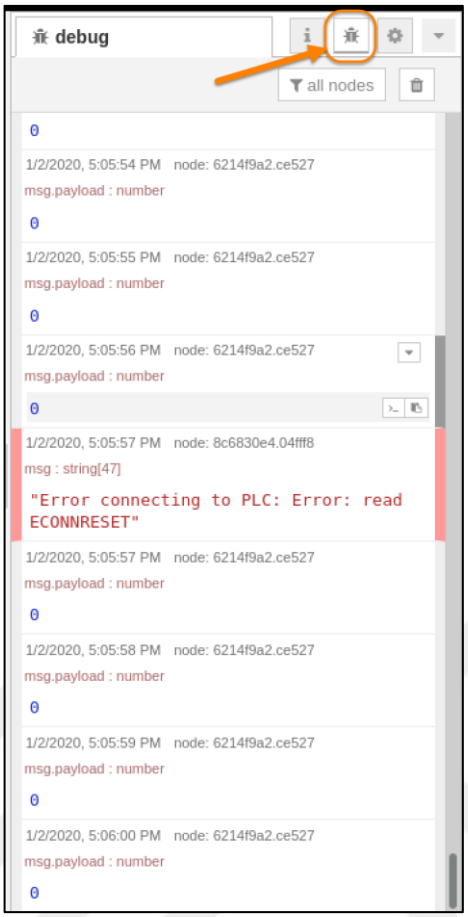
Şekil 6.41. Inject konfigürasyon penceresi

Sanal PLC'den okunan verilerin Node-RED üzerinde sağlamasını yapmak için Şekil 6.42'de görülen paletin "output" bölümünde yer alan "debug" bloğu ekrana sürüklenir ve "s7comm-read" bloğunun çıkışı "debug" bloğunun girişine bağlanır.



Şekil 6.42. Hata ayıklama bloğu

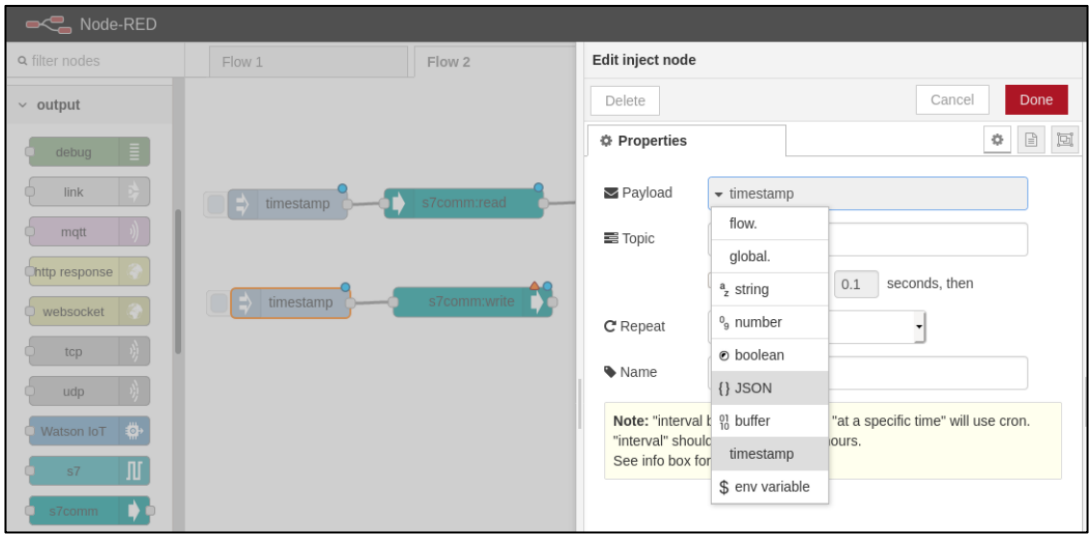
Hata ayıklama (debug) penceresine Şekil 6.43'te gösterilen alana tıklayarak erişilir ve "debug" bloğuyla okunan veriler bu alanda görüntülenir.



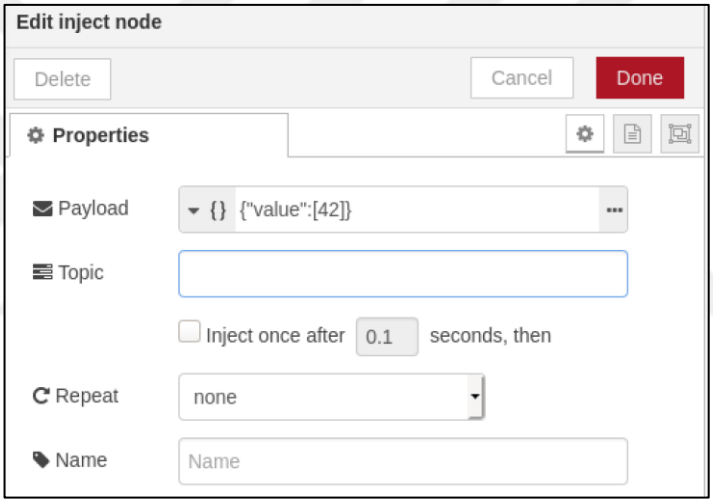
Şekil 6.43. Hata ayıklama (debug) penceresi

Node-RED üzerinden sanal PLC üzerindeki bir verinin değerini değiştirmek için paletin “output” bölümünden “s7comm” bloğu ve “input” bölümünden “inject” bloğu ekrana sürüklenir. “Inject” bloğunun çıkışı “s7comm-write” bloğunun girişine bağlanır. Veri yazılmak istenen alan değiştirilmek istenirse s7comm bloğuna çift tıklanarak “Signals” bölümünden veri alanı seçilir. Veriyi doğrudan sayısal değer olarak yazmak için “inject” bloğunun “Payload” alanı Şekil 6.44’te görüldüğü gibi “JSON” olarak seçilir.

Değiştirilmek istenen veri Şekil 6.45’te görüldüğü gibi “{“value”:[x]}” formatında yazılmalıdır.



Şekil 6.44. s7comm-write bloğu

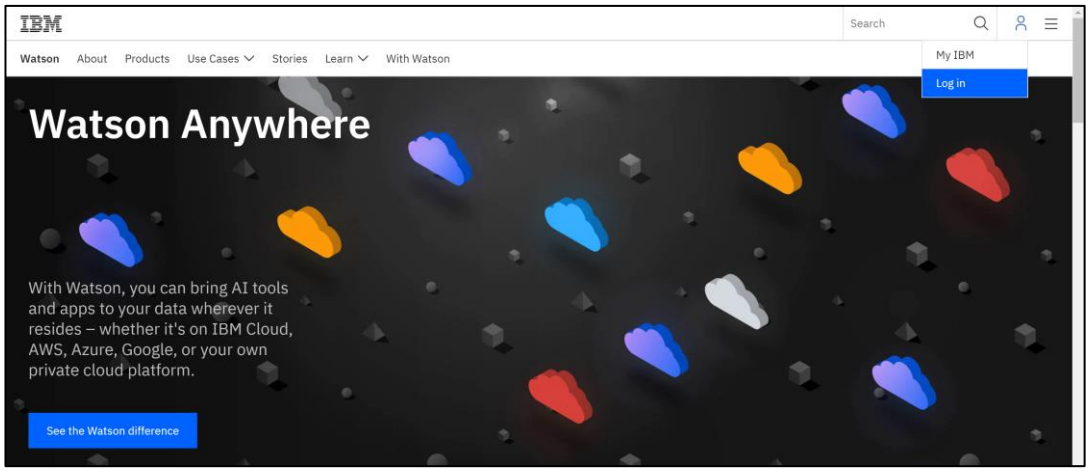


Şekil 6.45. Payload alanı

6.4. Bulut Sistemi (IBM Watson)

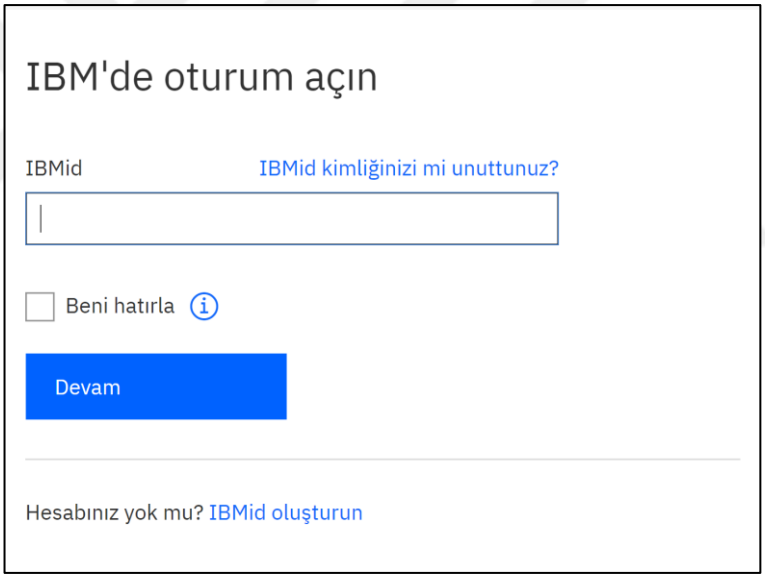
Sanal PLC ile Node-RED arasındaki veri akışı tamamlandıktan sonra Node-RED'de toplanan verilerin IBM Watson bulut sistemine aktarılmasıyla ilgili konfigürasyonların sağlanması gerekmektedir.

IBM Watson bulut sistemini kullanmak için ilk olarak bir hesap oluşturulması gerekir. "ibm.com/watson" sayfasında Şekil 6.46'da görüldüğü gibi "Log in" bölümünden hesap giriş veya hesap oluşturma ile ilgili sayfaya ulaşılır.



Şekil 6.46. IBM Watson ana sayfası

Hesap giriş ekranında Şekil 6.47'de görülen "IBMid oluşturun" yolu izlenerek bir hesap oluşturulmalı ve giriş yapılmalıdır.

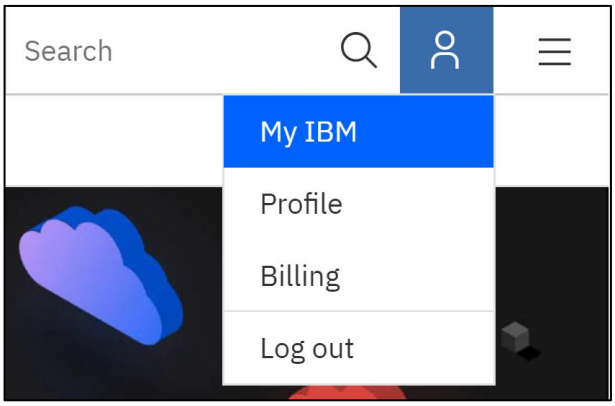


Şekil 6.47. Hesap giriş ekranı

Hesaba giriş yaptıktan sonra Şekil 6.48'de görülen "My IBM" yolu izlenerek çalışma ekranına ulaşılır.

IBM hesap ana sayfasına ulaştıktan sonra Şekil 6.49'da görülen "IBM Cloud", "Launch" yolu izlenerek IBM bulut sistemleri çalışma ekranına ulaşılır.

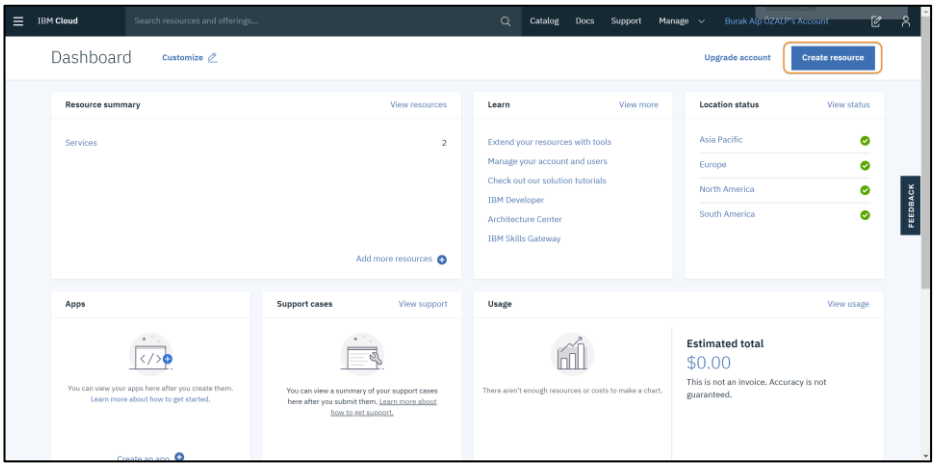
IBM bulut sistemleri çalışma sayfasına ulaştıktan sonra Şekil 6.50'de görülen ekranın sağ üst alanındaki "Create resource" butonu kullanılarak servisler ekranına ulaşılır.



Şekil 6.48. Hesap ayarları ekranı

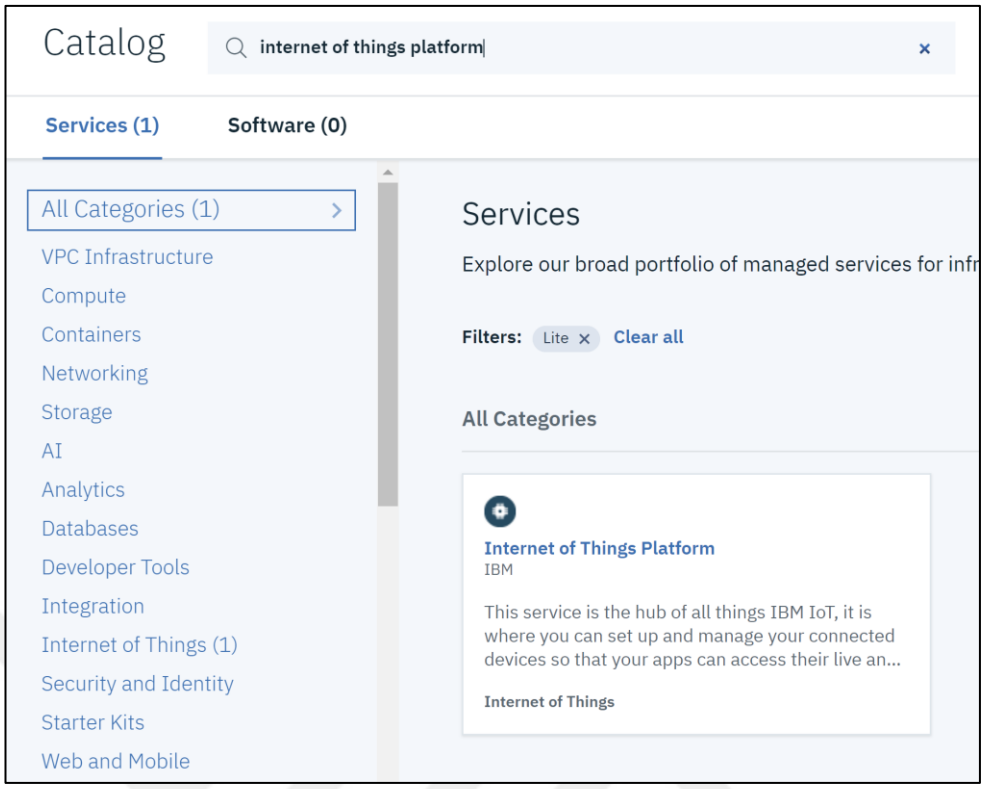


Şekil 6.49. IBM hesap ana sayfası



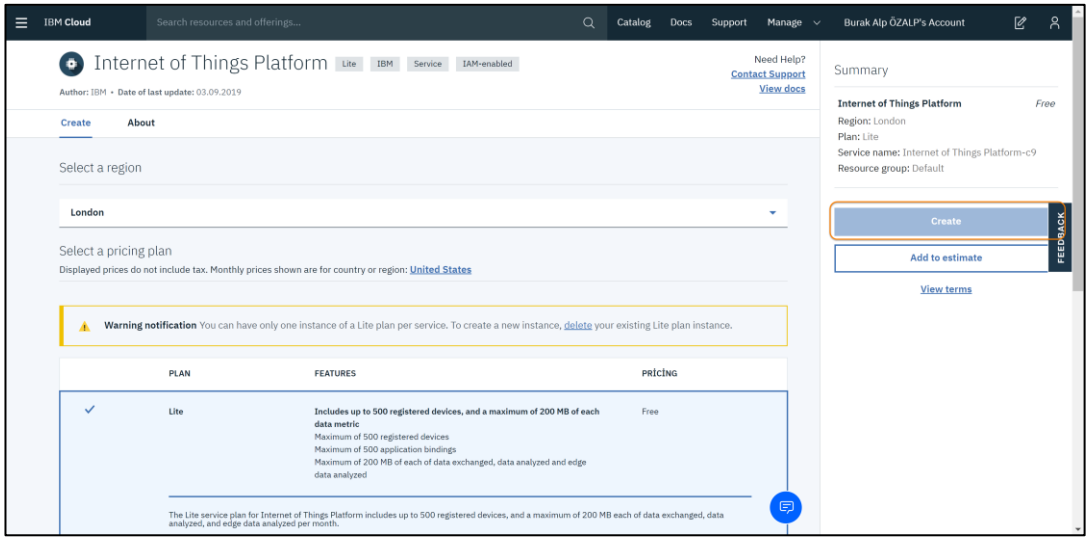
Şekil 6.50. IBM Cloud hesap sayfası

Servisler ekranına ulaştıktan sonra Şekil 6.51'de görülen katalog bölümünden "Internet of Things Platform" servisi taratılır ve yeni bir servis oluşturmak için üzerine tıklanır.



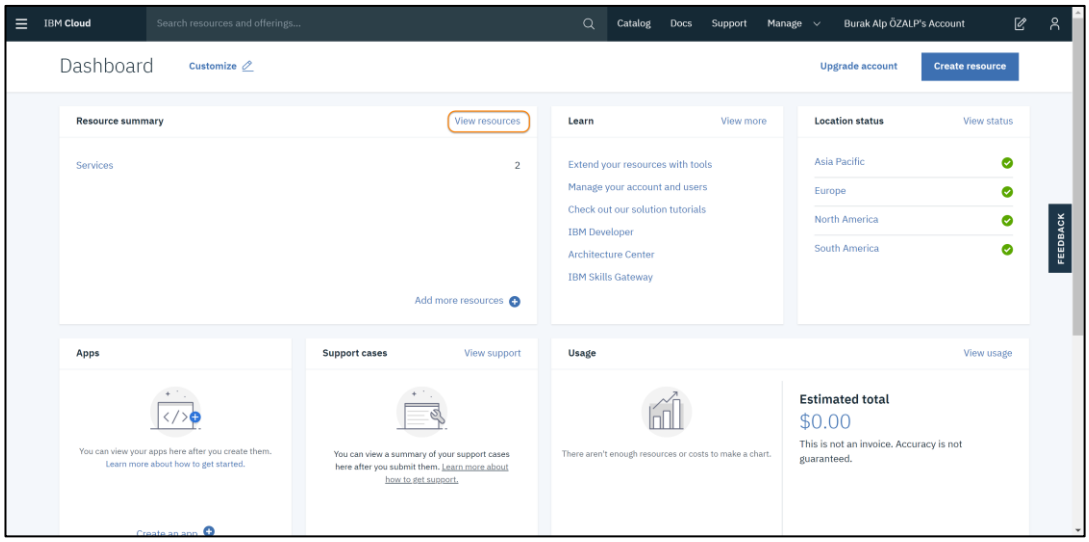
Şekil 6.51. Servisler sayfası

Servis oluşturma ekranına ulaştıktan sonra bölge seçimi ve servis adı gibi düzenlemeleri yaptıktan sonra Şekil 6.52'de görülen sayfadaki "Create" butonu vasıtasıyla servis oluşturulur.



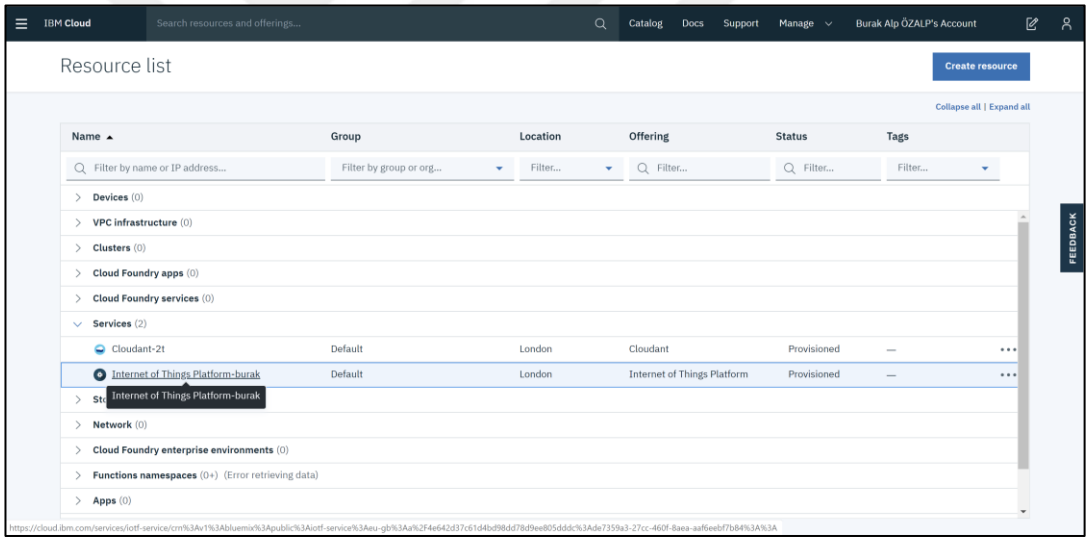
Şekil 6.52. Servis oluşturma sayfası

Bulut sistemine ulaşmak için ilk olarak Şekil 6.53'te görülen hesap sayfasındaki "View resources" butonu kullanılır.



Şekil 6.53. IBM Cloud hesap sayfası

İlgili servis Şekil 6.54'teki gibi seçilir.

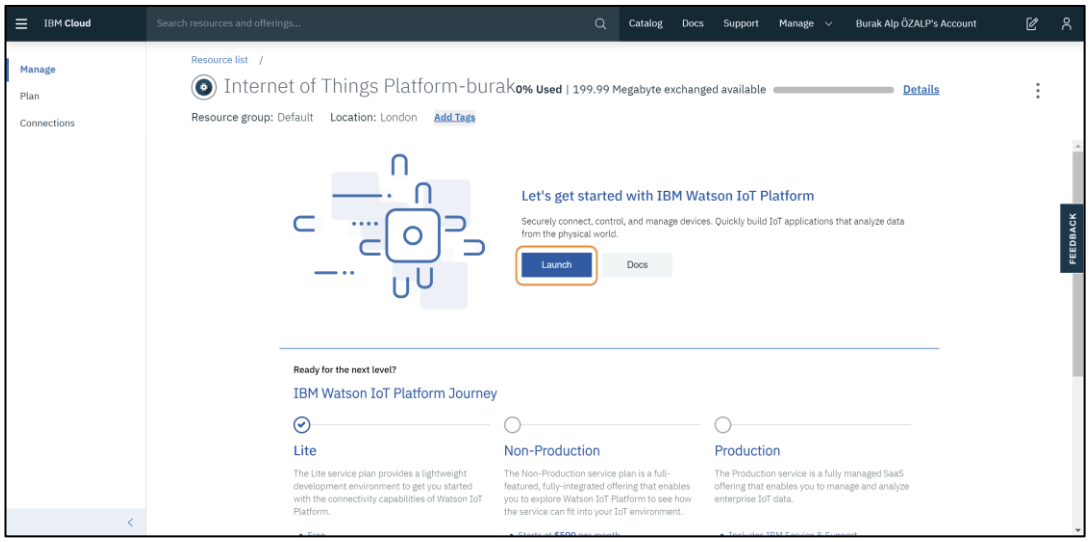


Şekil 6.54. Aktif servisler ekranı

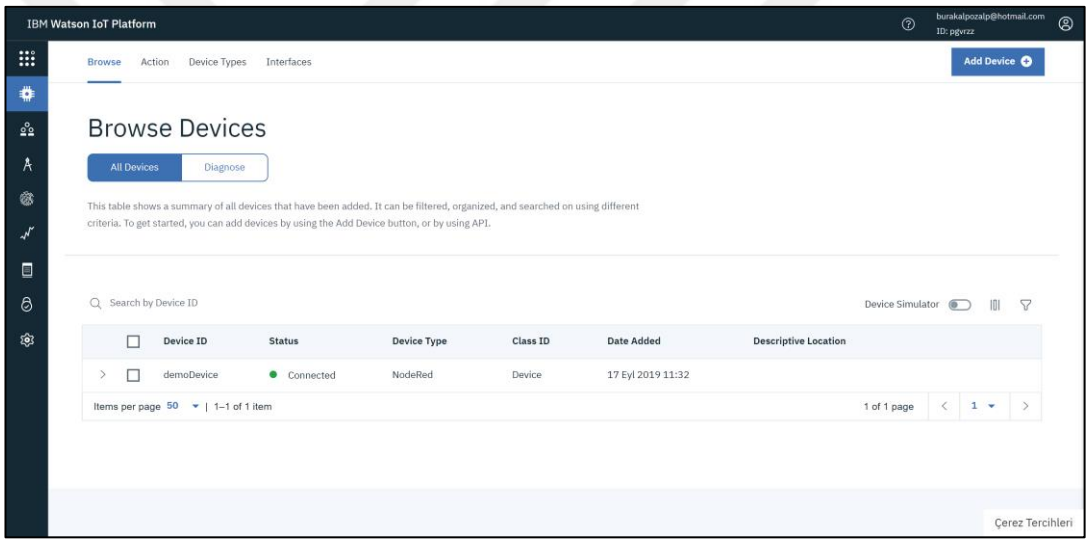
Açılan pencerede Şekil 6.55'te görülen "Launch" butonu vasıtasıyla bulut sistemine erişilir.

Node-RED ile bulut sisteminin bağlantısını kurmak için Şekil 6.56'da görülen "Add Device" butonu kullanılır.

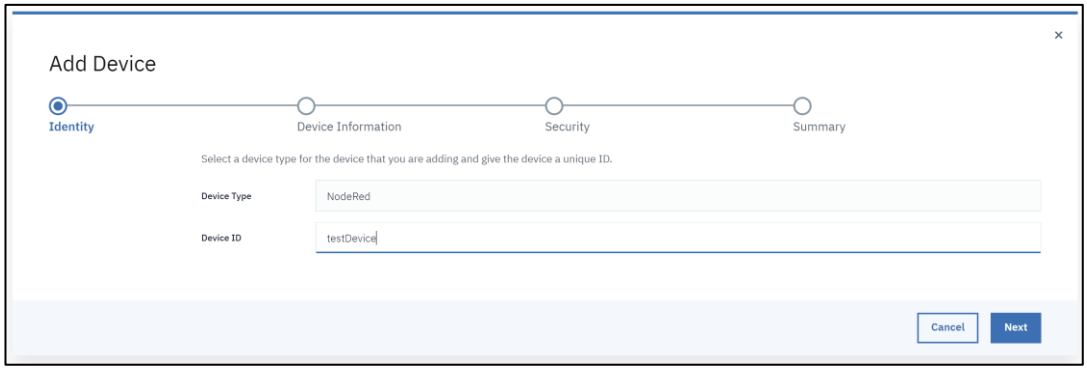
Açılan pencerede Şekil 6.57'de görüldüğü gibi "DeviceType" ve "DeviceID" alanlarına isim verilip "Next" butonuyla bir sonraki adıma geçilir.



Şekil 6.55. IoT platform servis ekranı

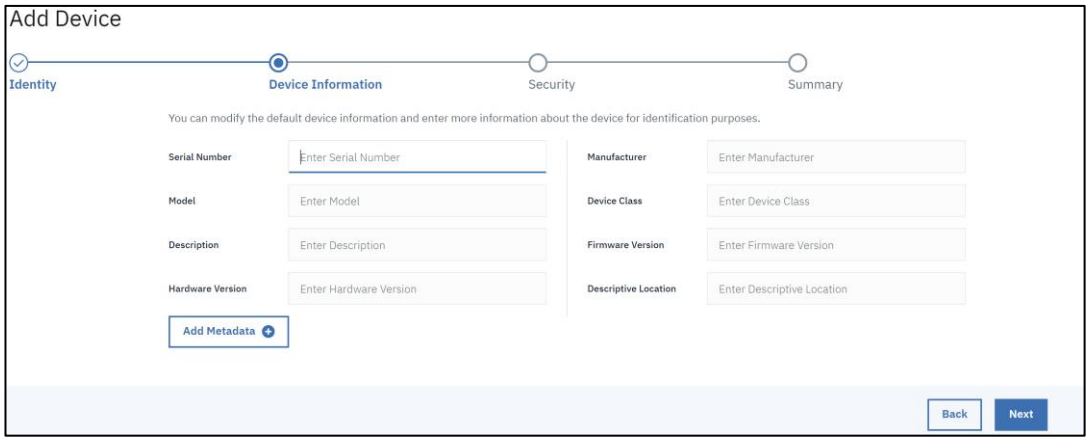


Şekil 6.56. IBM Watson IoT Platform sayfası



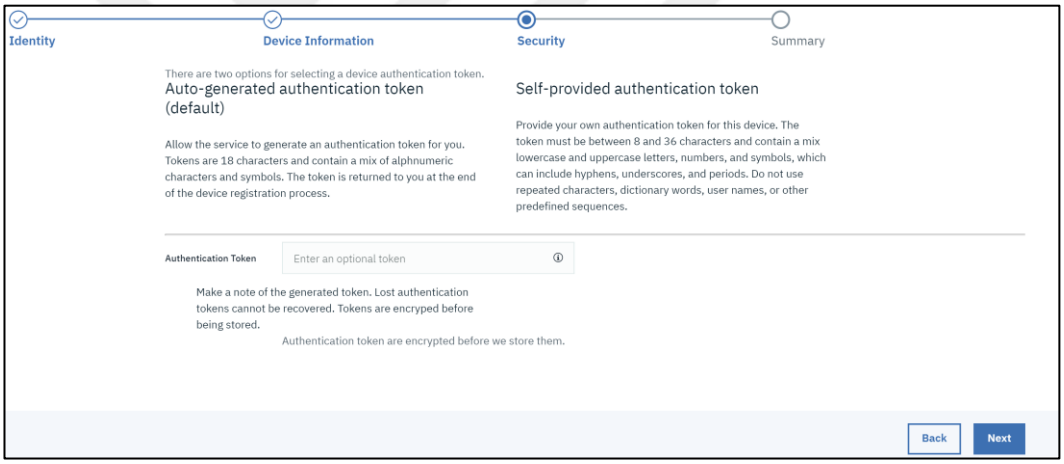
Şekil 6.57. Cihaz ekleme ekranı kimlik bilgileri sayfası

Şekil 6.58'deki cihaz bilgileri (device information) sayfası boş bırakılarak "Next" butonuyla bir sonraki adıma geçilir.



Şekil 6.58. Cihaz ekleme cihaz bilgileri sayfası

Şekil 6.59'da görülen güvenlik sayfasında bir sonraki adımda paylaşılacak bağlantı kimlik bilgilerinin kaydedilmesi gerektiği ve sonrasında IBM web sayfası üzerinden ulaşılamayacağı uyarı bulunmaktadır.



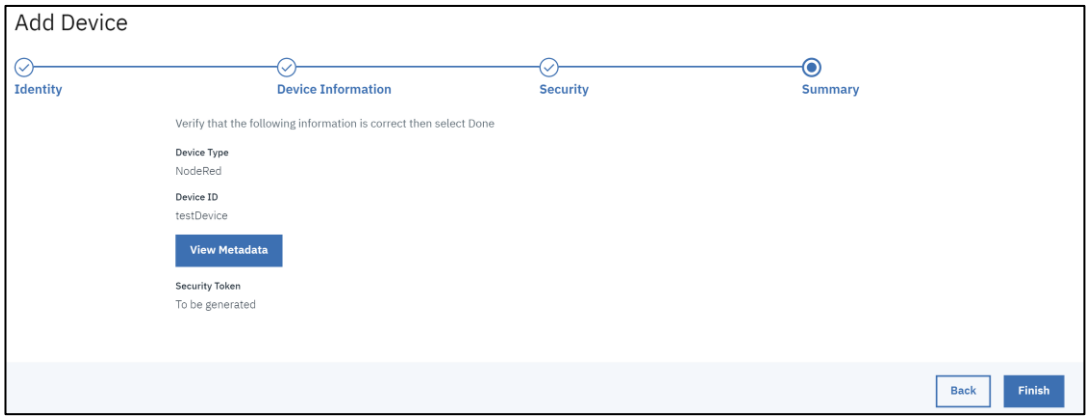
Şekil 6.59. Cihaz ekleme güvenlik sayfası

Şekil 6.60'da özet sayfası görülmektedir "Finish" butonuyla cihaz ekleme işlemi tamamlanır.

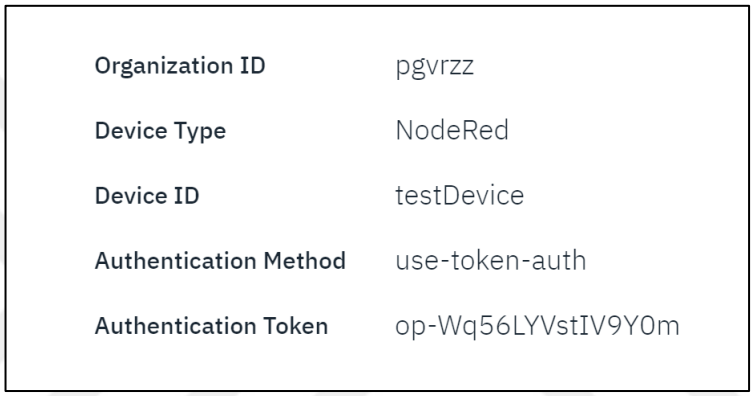
Açılan sayfadaki Şekil 6.61'de görülen cihaz bağlantı bilgileri kaydedilmelidir.

Node-RED çalışma ekranından Şekil 6.62'de görülen palet yönetim penceresine ulaşıp bulut sistemiyle Node-RED arasındaki veri alışverişini sağlayan "node-red-contrib-ibm-watson-iot" bloğu yüklenir.

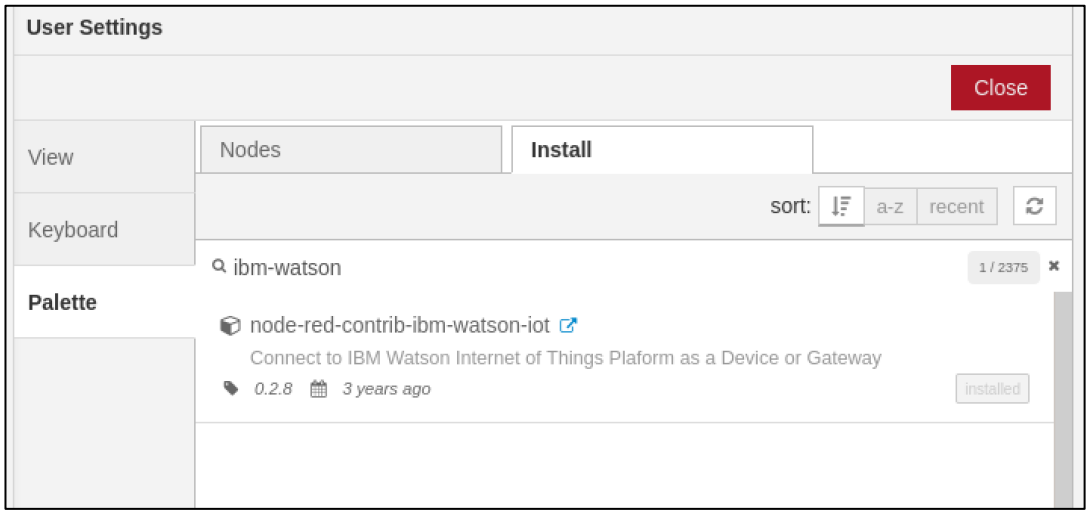
Hata ayıklama "debug" bloğuyla "s7comm-read" bloğu üzerinden veri okuduğunda Şekil 6.63'te görüldüğü gibi bir veri paketi şeklinde okuma yapıldığından "function" bloğu kullanılarak veri paketi içerisindeki değer alınır.



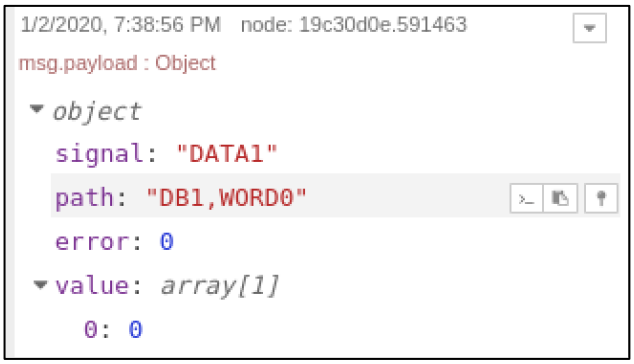
Şekil 6.60. Cihaz ekleme özet sayfası



Şekil 6.61. Cihaz bağlantı bilgileri

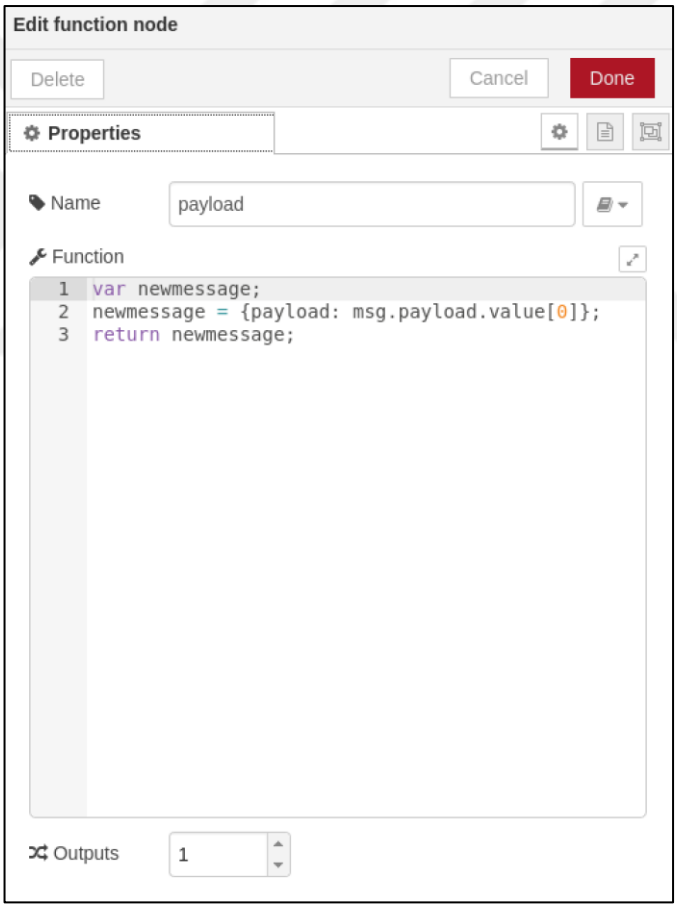


Şekil 6.62. Palet yönetim penceresi



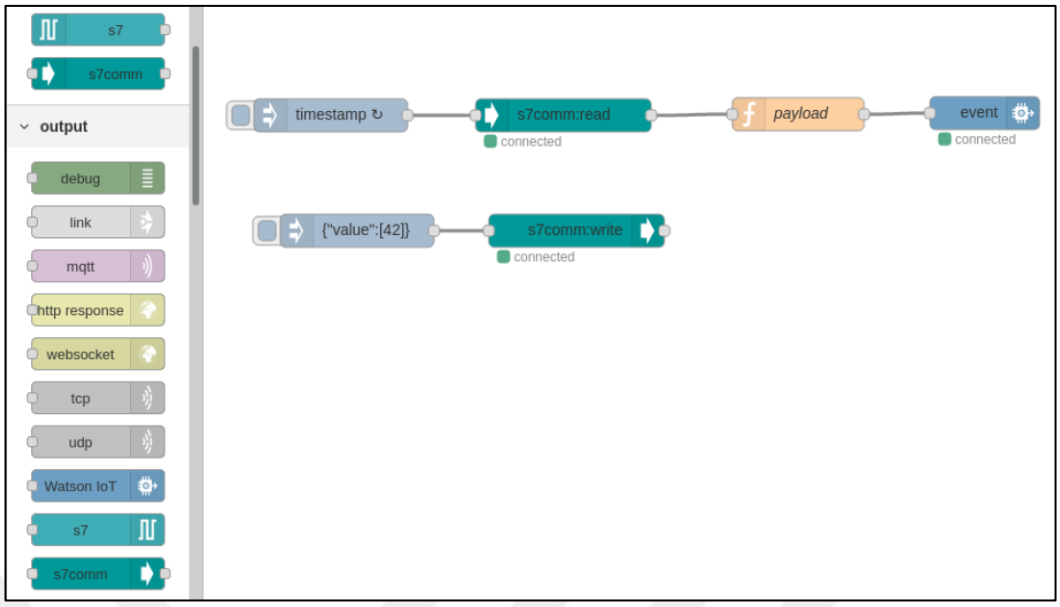
Şekil 6.63. Hata ayıklama (debug) okunan veri

Şekil 6.64'te veri paketi içerisinden doğrudan veriye ait değeri almayı sağlayan fonksiyon komutları görülmektedir.



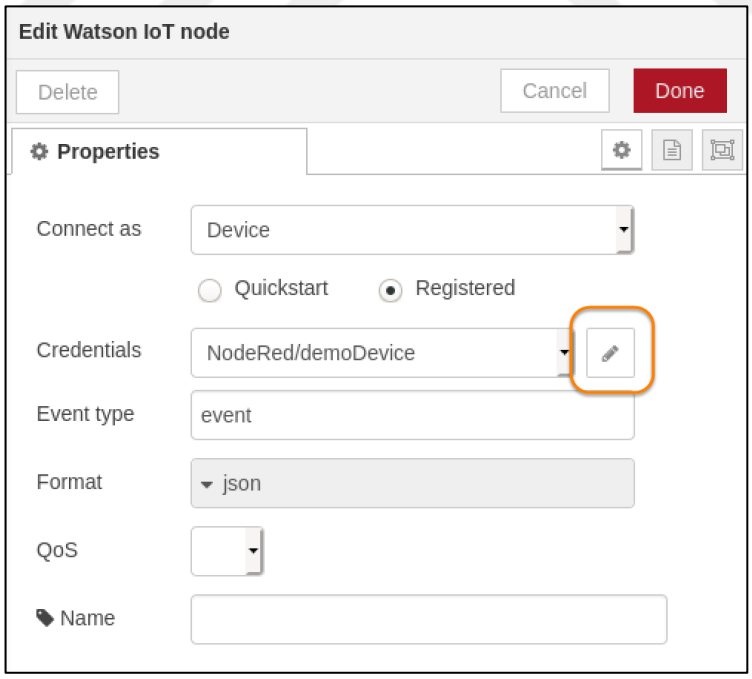
Şekil 6.64. "Function" bloğuna ait komutlar

Bulut sistemine veriyi aktarmak için palet bölümünün "output" bölümündeki "Watson IoT" bloğu Şekil 6.65'te görüldüğü gibi "function" bloğunun çıkışına bağlanır.

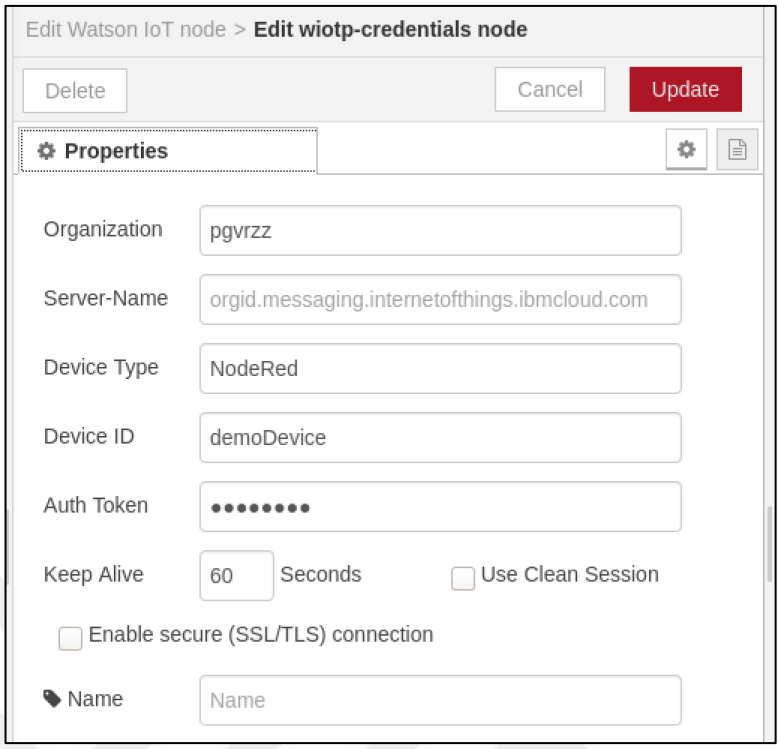


Şekil 6.65. Watson IoT bloğunun eklenmesi

Çalışma ekranına eklenen Watson IoT bloğuna çift tıklanıp konfigürasyon penceresi açılır. Şekil 6.66'da görüldüğü gibi düzenlenir ve "Credentials" bölümüne ait ayarlara işaretlenen butondan ulaşıp cihaz bağlantı kimlik bilgileri Şekil 6.67'de görülen alanlara girilerek gerekli ayarlar tamamlanır.

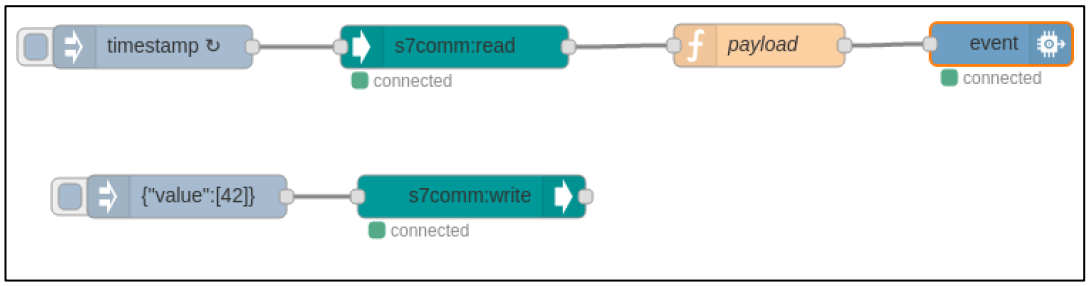


Şekil 6.66. Watson IoT bloğu



Şekil 6.67. Watson IoT bloğu bağlantı ayarları

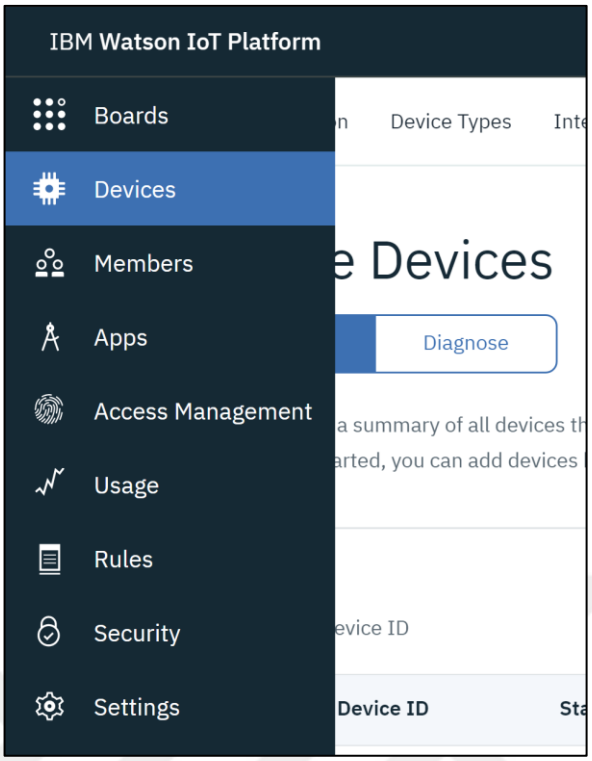
Tüm konfigürasyonlar ifade edildiği şekliyle yapıldığında Şekil 6.68'de görüldüğü gibi haberleşme bloklarının alt kısmında "connected" ibaresi ve yeşil bir alan görülür.



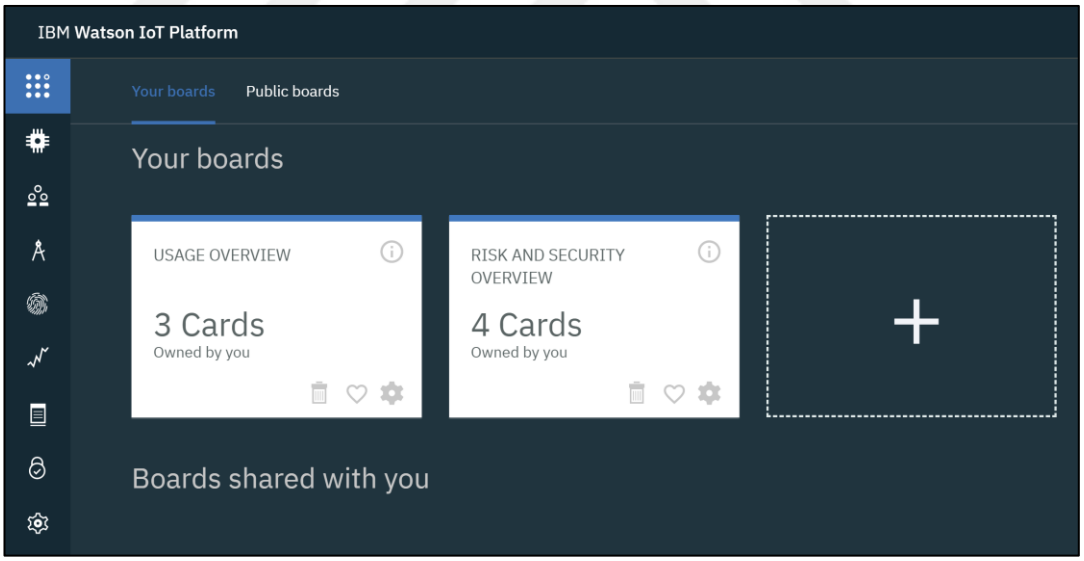
Şekil 6.68. Node-RED çalışma ekranı

Watson IoT platformu ana ekranının sol panelinden Şekil 6.69'da görülen "Boards" yani çalışma sayfasına ulaşılır.

Watson IoT platformu çalışma ekranına ulaştıktan sonra Şekil 6.70'de görülen "Usage Overview" alanına tıklanır.

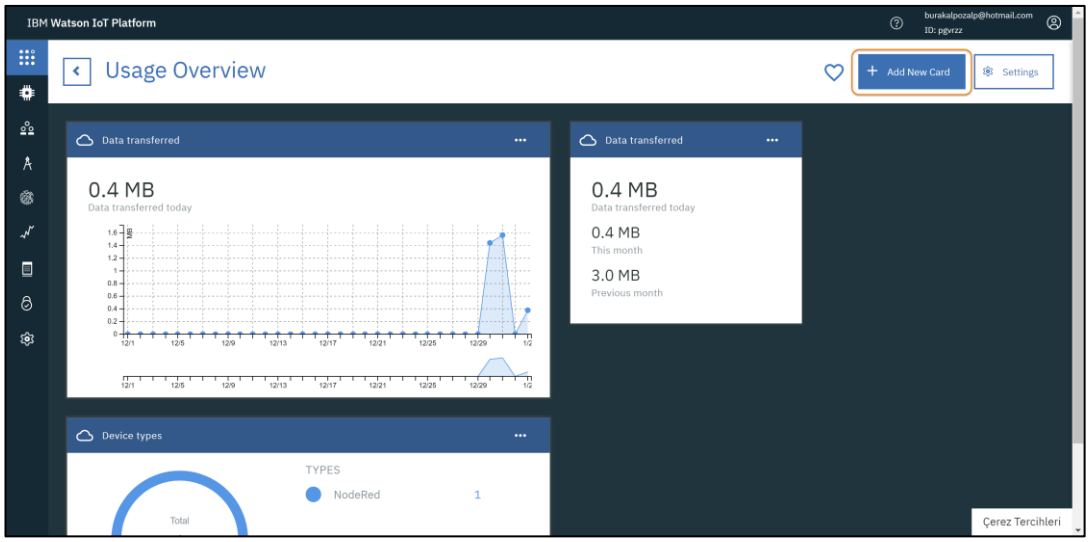


Şekil 6.69. Watson IoT platformu ana ekranı



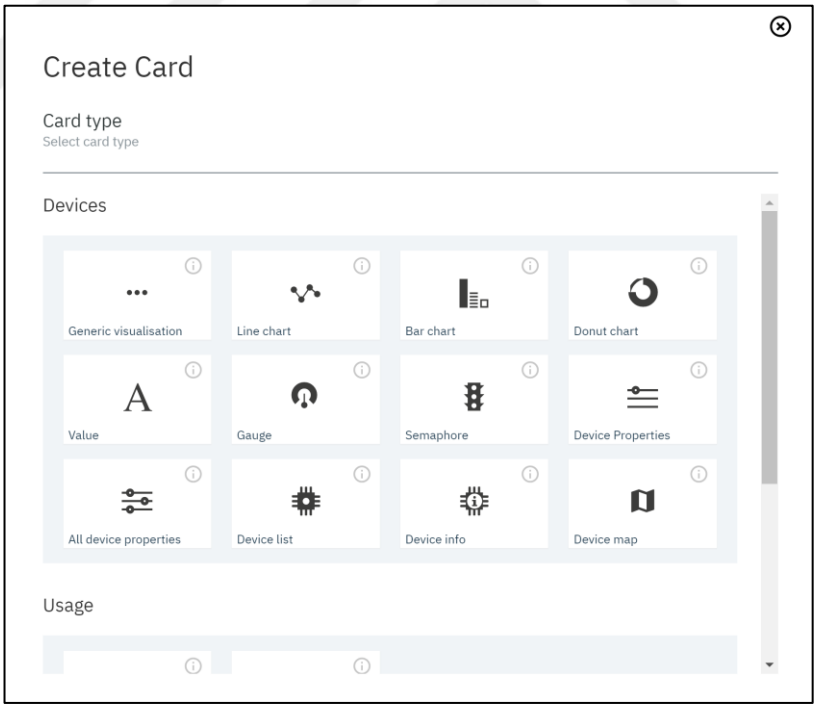
Şekil 6.70. Watson IoT platformu çalışma ekranı

Gösterge paneli ekranına ulaştıktan sonra verileri okumak için Şekil 6.71'de görülen "Add New Card" butonuyla ilgili alan tanımlaması yapılır.

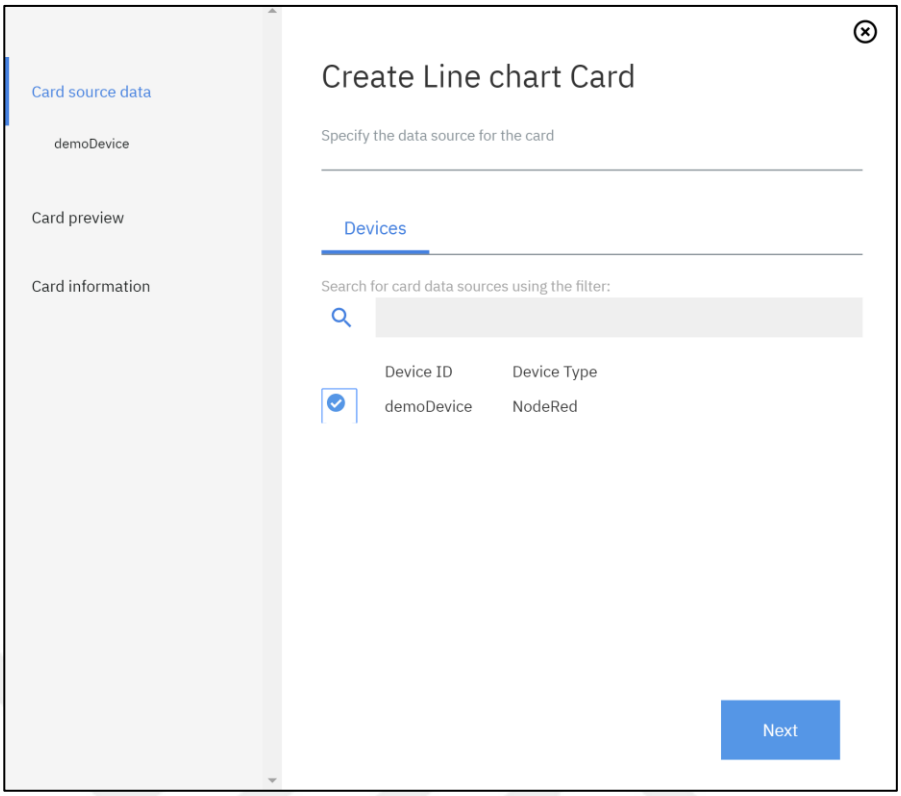


Şekil 6.71. Watson IoT platformu gösterge paneli ekranı

Şekil 6.72'de görüleceği üzere veri okuma işlemi birden çok farklı grafik sunum şekliyle yapılabilmektedir. Örnek gösterimi için Şekil 6.73'te görülen "Line chart" seçilir.



Şekil 6.72. Kart (Card) oluşturma menüsü

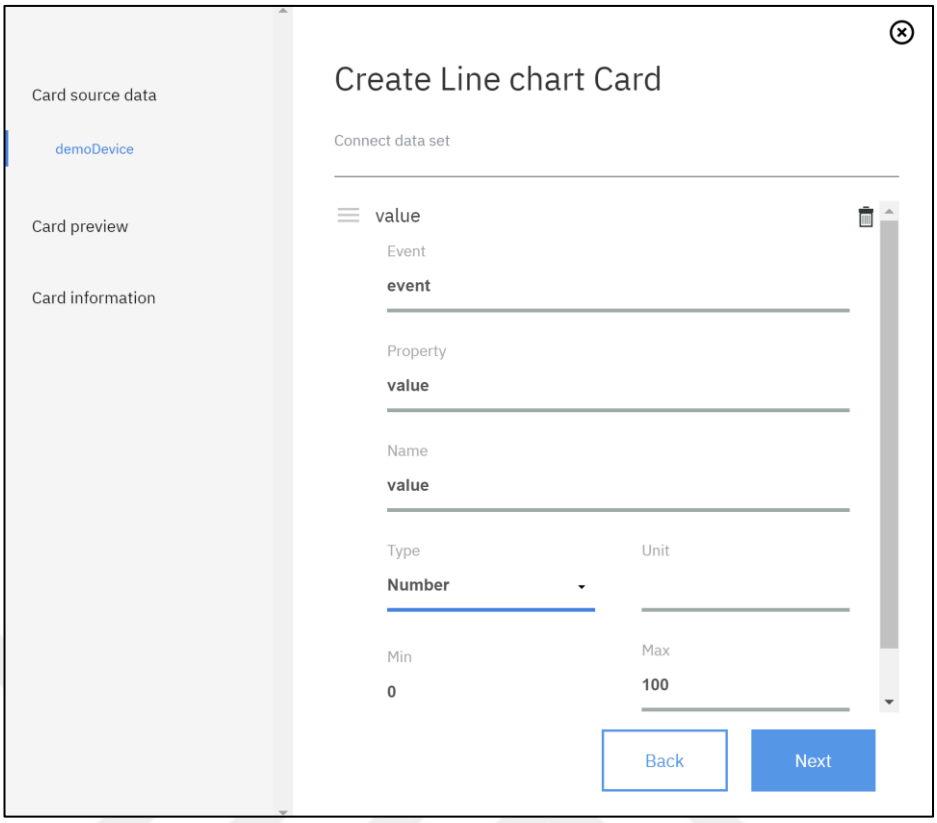


Şekil 6.73. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 1

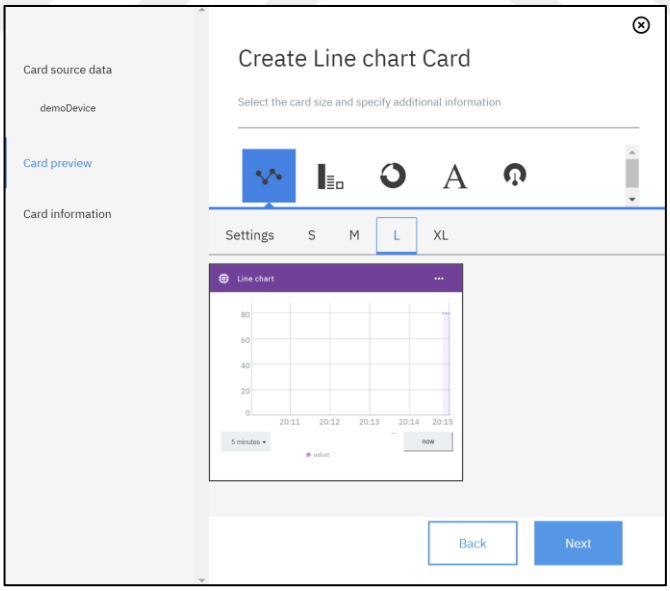
Bulut sistemine bağlı cihaz seçimi yapılır ve bir sonraki ekrana geçilir.

Node-RED üzerinden okunacak veriye dair bilgiler Şekil 6.74'te görüldüğü gibi girilir ve bir sonraki adıma geçilir.

Şekil 6.75'te görülen pencerede çizgi grafiğin büyüklüğü ve diğer grafik formları arasında seçim yapılması mümkündür.

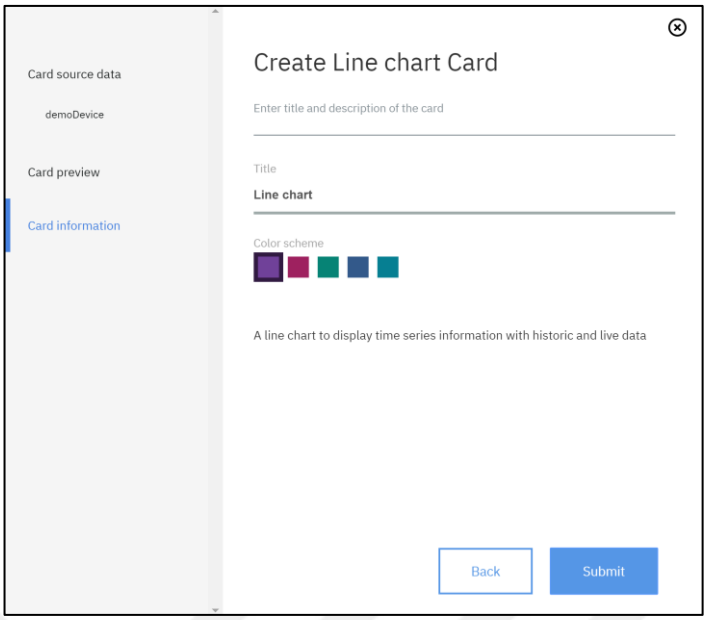


Şekil 6.74. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 2



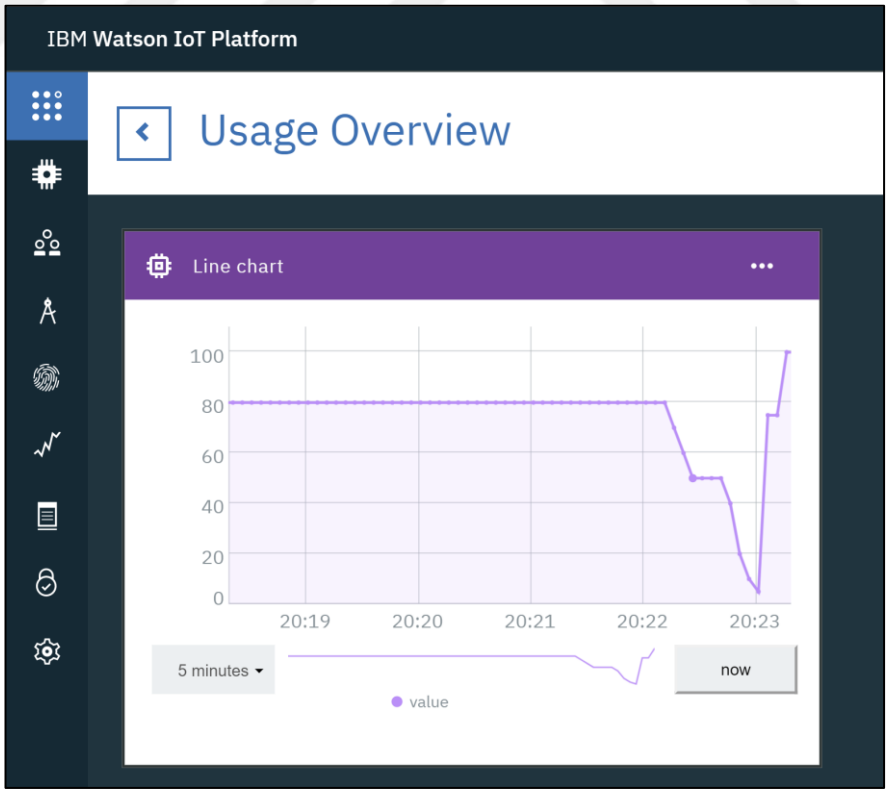
Şekil 6.75. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 3

Şekil 6.76'da görülen ekranda renk çizimi ve isimlendirme gibi ayarlar tamamlandıktan sonra "Submit" butonuyla çizgi grafik oluşturulur.



Şekil 6.76. Çizgi grafik kartı oluşturma penceresi 4

Şekil 6.77'de görüldüğü üzere Sanal PLC'den Node-RED'e, Node-RED üzerinden Watson IoT bulut sistemine aktarılan veriler bir çizgi grafik üzerinde geçmiş zamanlı veriler dahil olmak üzere görülmektedir.



Şekil 6.77. Çizgi grafik üzerinden okunan değerlerin gösterge paneli

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tasarım süreçlerini fiziksel sistemler yani prototipler yerine sanal platformlar ile gerçekleştirmek tercih edildiğinde, tasarıma dair unsurlar, devreye alma ve üretime geçiş sürecine kadar olan adımların çok daha esnek ve hataların çok daha hızlı bir şekilde giderilmesi doğrultusunda katkı sağladığı görülmüştür. Bir araştırma geliştirme sürecinde, yanlış boyutlandırılmış veya amaca/işleve uygun olmayan bir mekanik/elektrik-elektronik tasarımın siparişinin verilmesi, tedarikinin yapılması, imal edilme süreci, teslimatı, işçiler tarafından montajının yapılması ve tüm bu adımların sonunda hata yapıldığının farkına varılması hem işçilik maliyetleri ve zaman kaybı hem de ürünün pazara sunumunun gecikmesi anlamına gelmektedir.

Ayrıca, bir proses endüstrisine dair tesis tasarımı ve makina tasarımı gibi karmaşık yapılar dikkate alındığında yukarıdaki anlatıma benzer çok sayıda döngünün meydana geleceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, ilk prototipin oluşturulmasından önce sanal platformlar vasıtasıyla tasarlanmış sistemin verdiği cevaplar ile bulut sistemi üzerinde depolanan uzun vade çalışma verilerinin analizinin yapılmasının tasarım ve geliştirme faaliyetlerine sunduğu katkının önemi büyüktür.

Bu tez çalışması kapsamında hedeflenen otomasyon sistemleriyle bulut teknolojilerinin entegrasyonu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma esnasında, otomasyon sistemleri için geliştirilmiş simülasyon platformunun bilişim teknolojileri kapsamındaki özellikleri sayesinde ağ üzerine bağlı bulunan diğer TCP/IP tabanlı sistemlerle veri alışverişi yapabildiği görülmüştür. Bu bağlamda, bulut sistemiyle veri alışverişi yapılması tarafında köprü görevi oluşturan Node-RED platformu, aynı bilgisayar üzerinde farklı bir sanal makinada çalıştırılarak Sanal PLC ile haberleştirilmiştir. Bununla birlikte, Node-RED, IBM tarafından geliştirilmiş bir platform olduğundan otomasyon sisteminden alınan verilerin IBM Watson bulut sistemine taşınması için Watson IoT haberleşme blokları kullanılmıştır. Bu sayede, otomasyon sisteminden gerçek-zamanlı olarak toplanan verilerin bir bulut sistemi üzerinde bir araya getirme amacına ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın kapsamını arttırmak adına Sanal PLC'ye bir hareket kontrol yazılımı dahil etmeyi ve bu yazılımı bir mekatronik tasarım yazılımıyla birleştirerek tasarım, mühendislik, devreye alma, operasyona geçme ve sistem çalıştırıldığında toplanan bulguların bir sonraki geliştirme adımında uygulanması için bulut sistemlerinin veritabanı ile analiz özelliklerinin kullanılarak ürün yaşam döngüsünün tamamlanması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Marr B., What is Industry 4.0, Forbes, https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#14265b259788 (Ziyaret tarihi: 13 Ekim 2019).

[2] Büchi G., Cugno M., Castagnoli R., Smart factory performance and Industry 4.0., *Technological Forecasting and Social Change,* DOI: 10.1016/j.techfore.2019.119790.

[3] Evans P.C., Annunziata M., General Electric*,* https://www.ge.com/jp/sites/www.ge.com.jp/files/Industrial_Internet_Japan_WhitePaper_0517_2s.pdf (Ziyaret tarihi: 20 Ekim 2019).

[4] *Factories of the Future – Horizon 2020 Programme,* Avrupa Birliği Komisyonu, Brüksel, Belçika, 15-16 Eylül 2016.

[5] Reischauer G., Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing, *Technological Forecasting and Social Change,* 2018, (132), 26-33.

[6] Wei Z., Song W., Wang D., Manufacturing flexibility, business model design, and firm performance, *International Journal of Production Economics,* 2017, (193), 87-97.

[7] Gerbert P., Lorenz M., Rüßmann M., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnisch M., Inovasyon, http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf (Ziyaret tarihi: 25 Ekim 2019).

[8] Wan J., Cai H., Zhou K., Industrie 4.0: enabling technologies, *Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things,* Harbin, Çin, 17-18 Ocak 2015.

[9] Maksimchuk O., Pershina T., A new paradigm of industrial system optimization based on the conception “Industry 4.0”, *Proceedings of the MATEC Web of Conferences,* Sevastopol, Rusya, 11-15 Eylül 2017.

[10] Brynjolfsson E., McAfee A., Big data: the management revolution, *Harvard Business Review,* 2012, **90** (10), 61-67.

[11] Davenport, How strategists use “big data” to support internal business decisions, discovery and production, *Strategy Leadersh.,* 2014, **42** (4), 45-50.

[12] Chung W., Swink M., Patterns of advanced manufacturing technology utilization and manufacturing capabilities, *Prod. Oper. Manag.,* 2009, **18** (5), 533-545.

[13] Druehl C., Carrillo J., Hsuan J., Technological Innovations: Impacts on Supply Chains, Editors: Moreira A. C., Ferreira L. M. D. F., Zimmermann R. A., *Innovation and Supply Chain Management,* 1st end., Springer, Cham, İsviçre, 259-281, 2018.

[14] Guzmán C.F., Gu J., Duflou J., Vanhove H., Flores P., Habraken A.M., Study of the geometrical inaccuracy on a SPIF two-slope pyramid by finite element simulations, *Int. J. Solids Struct.,* 2012, **49** (25), 3594-3604.

[15] Anderl R., Haag S., Schützer K., Zancul E., Digital twin technology – an approach for industrie 4.0 vertical and horizontal lifecycle integration, *Inf. Technol.,* 2018, **60** (3), 125-132.

[16] Lu Y., Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues, *J. Ind. Inf. Integr.,* 2017, (6), 1-10.

[17] Tucker K., Bulim J., Koch G., North M., Trinh N., Fox J., Internet industry: a perspective review through internet of things and internet of everything, *Int. Manag. Rev.,* 2018, **14** (2), 26-35.

[18] Tuptuk S.H., Security of smart manufacturing systems, *J. Manuf. Syst.,* 2018, (47), 93-106.

[19] Lal P., Bharadwaj S.S., Understanding the impact of cloud-based services adoption on organizational flexibility, *J. Enterp. Inf. Manag.,* 2016, **29** (4), 566-588.

[20] Niaki M. K., Nonino F., Additive manufacturing management: a review and future research agenda, *Int. J. Prod. Res.,* 2017, **55** (5), 1419-1439.

[21] URL-1: https://new.siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise.html, (Ziyaret tarihi: 17 Eylül 2019).

[22] URL-2: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/overview/architecture.html, (Ziyaret tarihi: 20 Eylül 2019).

[23] URL-3: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/dashboard/ monit oring_overview.html, (Ziyaret tarihi: 22 Eylül 2019).

[24] URL-4: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/overview/iot_data_lifecycle.html, (Ziyaret tarihi: 26 Eylül 2019).

[25] URL-5: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSQP8H/iot/getting_started/iot4cp_dashboard.html, (Ziyaret tarihi: 30 Eylül 2019).

[26] URL-6: https://nodered.org/, (Ziyaret tarihi: 4 Ekim 2019).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Özalp B.**, Arifoğlu B., Endüstrinin Dijitalleşmesi ve Etkinliği Arttırılmış Sanal Platformlar, *Biltek Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu*, Ankara, 20-22 Aralık 2019.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ordu'da tamamladı. 2012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında Elektrik Mühendisi olarak mezun oldu. 2016 yılından beri Koenig & Bauer Duran firmasının Elektrik-Elektronik AR-GE Departmanında çalışmaktadır.