



Konferans Bildirisi

Raylı Sistemlerde Dijital İkiz

Şaban Kuş^{1*}, Ferdi Tatar^{2*}, Ertan Toprakal^{3*}

¹ Metro İstanbul, 0009-0008-8437-9113: <https://orcid.org/saban.kus@metro.istanbul>,

² Metro İstanbul, 0009-0004-9258-1136: <https://orcid.org/ferdi.tatar@metro.istanbul>,

³ Metro İstanbul, 0009-0005-1120-1195: <https://orcid.org/ertan.toprakal@metro.istanbul>,

* Sorumlu Yazar: saban.kus@metro.istanbul; +905498289363

(First received November 01, 2023 and in final form December 24 2023)

3rd International Conference on Design, Research and Development

(RDCONF 2023)

December 13 - 15, 2023

Reference: Kuş, Ş., Tatar, F., Toprakal, E. Raylı Sistemlerde Dijital İkiz. Orclever Proceedings of Research and Development, 3(1), 104-114.

Özet

Bu bildiri, raylı sistemlerde işletme altındaki bir istasyonun dijital ikiz modelinin oluşturulması ile ilgili çalışmaları içermektedir. Dijital ikiz modeli, istasyonun tesis yönetim sistemlerinin (SCADA, ERP, Enerji Yönetim, Bakım) ve Yapı Bilgi Modellerinin tek bir platform ile yönetilmesini sağlayacaktır. İstasyonun yaşam döngüsü boyunca daha sürdürülebilir ve daha verimli bir şekilde işletilmesi sağlanacaktır.

Anahtar: Dijital İkiz Teknolojisi, Raylı Sistemler, İstasyon İşletmesi, Tesis Yönetimi, Yapı Bilgi Modellemesi



Conference Article

Digital Twin in Railways

Abstract

This paper includes studies on the creation of a digital twin model of a station under operation in rail systems. The digital twin model will enable the station's facility management systems (SCADA, ERP, Energy Management, Maintenance) and Building Information Models to be managed with a single platform. The station will be operated more sustainably and more efficiently throughout its life cycle.

Keywords: *Digital Twin Technology, Rail Systems, Station Operation, Facility Management, Building Information Modelling*



1. Giriş

Raylı sistemlerde günlük rutin işletme zamanı içinde, tüm trenlerin çalışabilir olduğu ve istasyonlardaki herhangi bir ekipmanın arızalı olmadığı durum işletme sürekliliği olarak tanımlanmaktadır. Metro İstanbul A.Ş için işletmenin sürekliliği dört farklı koşula bağlıdır. Bu koşullar Sinyalizasyon sistemleri, SCADA sistemleri, ERP sistemleri ve bakım prosedürleridir. Sinyalizasyon sistemleri trenlerin performanslarını ve tren trafik sistemlerini kontrol eden sistemlerdir. SCADA sistemleri ekipmanların durumlarını ve anlık ekipman verilerini kontrol eden sistemlerdir. ERP sistemleri raylı sistemlerdeki ekipmanların varlık bilgilerinin yönetildiği sistemlerdir. Bakım prosedürleri ise raylı sistemlerin işletmelerinde bakımları ve bu bakımların nasıl yönetileceğini belirleyen adımlardır.

İstasyonlardaki ekipmanlardan biri arızalandığı zaman, SCADA sistemi arıza kodu ile istasyon kontrol odasındaki görevliyi uyarmaktadır. Görevli arıza kodunu gördükten sonra, ERP sistemi üzerinden bakım talebini bakım birimlerine göndermektedir. Bakım birimleri istasyona gelip, ekipmanların bakımlarını gerçekleştirmektedir. Bakım süreçleri bazen çok uzun sürmekte ve bakım maliyetleri de artmaktadır. Dijital ikiz çalışmaları ile ekipmanların arızalanma süreçlerinin azalması hedeflenmekte, bakım için ayrılan zaman ve maliyetlerde tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır.

Raylı sistemlerde enerji tüketiminin büyük çoğunluğunu, trenlerin elektrik ihtiyaçlarını karşılayan cer gücü sistemleri ve istasyonların elektrik ihtiyaçlarını karşılayan yardımcı servis sistemleri oluşturmaktadır. Metro İstanbul A.Ş enerji tüketimlerini kontrol edebilmek ve kayıt altında tutabilmek için Enerji Yönetim sistemleri kullanmaktadır. Yüksek enerji tüketim maliyetleri Metro İstanbul A.Ş içindeki toplam maliyetlerin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Dijital ikiz çalışmaları ile enerji tüketimlerinde nasıl tasarruf sağlanacağı ile ilgili analizler yapılması ve bu analizlere göre tasarruf sağlayıcı kararlar alınması amaçlanmaktadır.

Dijital ikiz proje çalışmaları ile birlikte, istasyonların işletme süreçleri daha verimli ve daha sürdürülebilir hale gelecektir. İstasyonlardan toplanan gerçek zamanlı veriler ile analizler yapılacak ve öngörücü faaliyetler gerçekleştirilecektir.



2. Materyal ve Yöntem

Raylı sistemlerde dijital ikiz platformunun oluşturulup, istasyonların işletme süreçlerinin daha sürdürülebilir ve daha verimli olması için yapılan bu çalışmada kullanılacak materyal ve yöntemler Tablo 1’de gösterilmektedir.

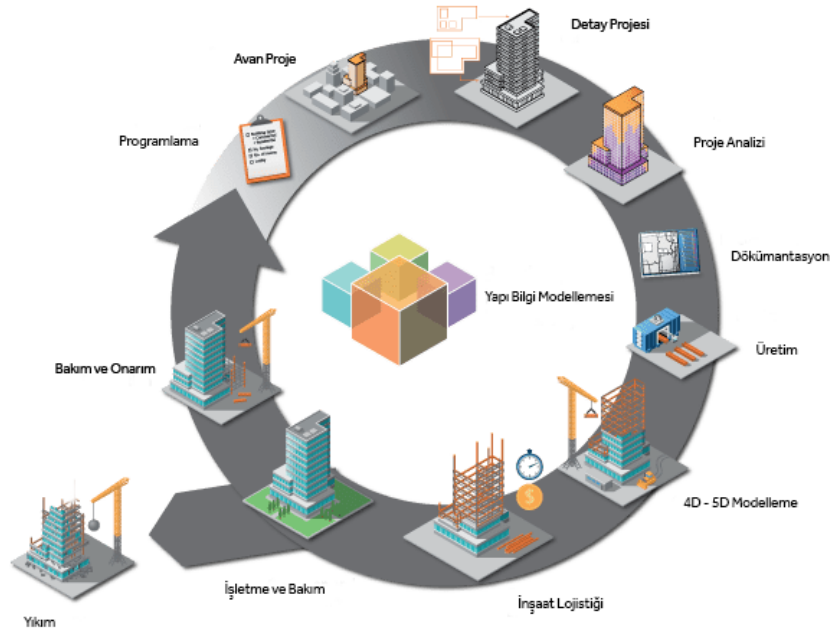
Tablo 1: Raylı Sistemlerde Dijital İkiz Çalışmasında Kullanılan Materyal ve Yöntemler

Yöntem	Materyal
BIM(Building Information Modelling)	3D BIM Modelleri
Dijital İkiz Teknolojisi	Web Tabanlı Platform
ERP (Enterprice Resource Planning)	Metro İstanbul SAP Sistemi
Tren Performans ve Tren Kontrol Sistemi	Metro İstanbul Sinyalizasyon Sistemi
Enerji Yönetim Sistemi	Metro İstanbul Enerji Yönetim Sistemi
Gerçek Zamanlı Ekipman Verilerinin Toplanması ve Ekipman Durum Kontrolleri Sistemi	Metro İstanbul SCADA Sistemi
Bakım Yönetimi	Metro İstanbul Bakım Yönetimi

Dijital ikiz çalışması kapsamında, Metro İstanbul A.Ş. firmasına ait tüm sistemlerden(SCADA, SAP, Sinyalizasyon, Enerji Yönetim) gelen veriler ile BIM(Building Information Modelling) modellerinin, oluşturulan ortak bir web tabanlı platformda yönetilerek istasyonların işletmeye açıldıktan sonra yaşam döngüsü boyunca, ihtiyaç duyulan analizler yapılarak daha sürdürülebilir ve daha verimli şekilde işletilmesi amaçlanmaktadır.

2.1. BIM(Building Information Modelling)-Yapı Bilgi Modellemesi

Yapı bilgi modellemesi (İngilizce: Building information modeling (BIM)), mekanların fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital temsillerinin üretilmesini ve yönetilmesini içeren çeşitli araçlar, teknolojiler ve sözleşmeler tarafından desteklenen bir süreçtir. Yapı bilgi modelleri, inşa edilmiş bir yapıyla ilgili karar almayı desteklemek için çıkarılabilen, değiştirilebilen veya ağa bağlanabilen dosyalardır. Mevcut BIM yazılımı su, atık yönetimi, elektrik, gaz, iletişim hizmetleri, yollar, demiryolları, köprüler, limanlar ve tüneller gibi çeşitli fiziksel altyapıları planlayan, tasarlayan, inşa eden, işleten ve sürdüren bireyler, işletmeler ve devlet kurumları tarafından kullanılmaktadır [1].



Şekil 1: Yapı Bilgi Modellemesi Yaşam Döngüsü(Google)

2.2. Dijital İkiz

Dijital İkiz, gerçek dünya nesnelerinin, süreçlerinin veya sistemlerinin sanal bir simülasyonunu temsil eden bir dijital modeldir. İkizler, fiziksel nesnenin özelliklerini, performansını ve davranışını taklit ederek, gerçek zamanlı olarak analiz, tahmin ve optimizasyon sağlar. Bu teknoloji, özellikle endüstriyel İnternet ve Nesnelerin İnterneti (IoT) alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dijital İkiz teknolojisi, Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları, sensörler ve ağlarla entegre edilerek, sürekli veri akışı sağlar. Yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML) algoritmaları kullanarak, bu veriler analiz edilir ve gerçek zamanlı olarak fiziksel nesnenin durumu hakkında bilgi sağlar [2].

Yapı sektöründe ise dijital İkiz, 3 boyutlu tasarımı yapılan yapı bilgi modellerine işlenen akıllı verilerin gerçek zamanlı analizi ve yönetimini içeren sürdürülebilir ve geliştirilebilir bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır.

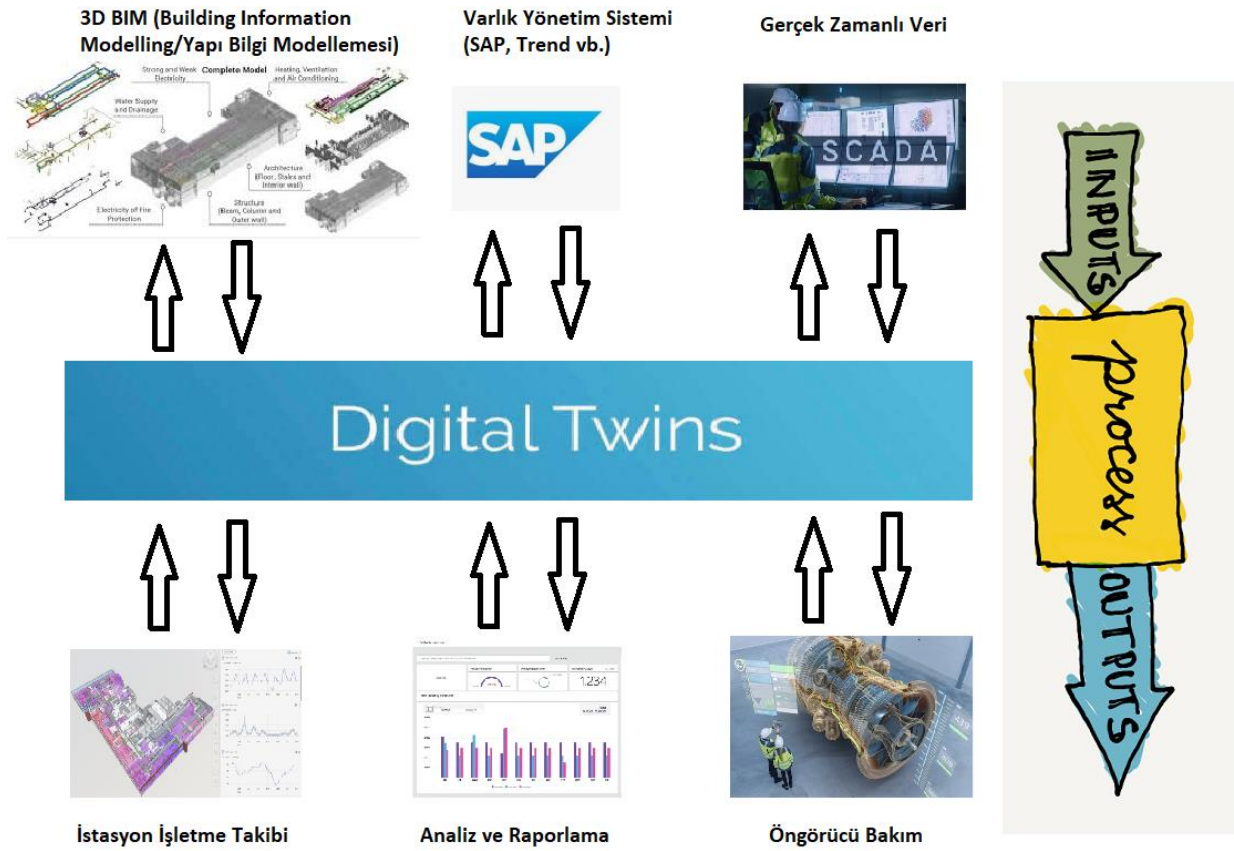


Şekil 2: Dijital İkiz

2.3. Metro İstasyonu Dijital İkizi

Raylı sistemler alanında yapılan dijital ikiz proje çalışmasında, M7 Kabataş-Mahmutbey metro hattındaki Çırcır istasyonuna ait gerçek zamanlı veriler ile Yapı Bilgi modellerinin ortak bir platformda yönetilmesi, analiz edilmesi ve analiz sonuçlarına göre istasyonun işletme altında kaldığı süre boyunca durumunun takip edilmesi amaçlanmaktadır.

Dijital ikiz ortak platformu web tabanlı bir platform olacaktır. Yapı Bilgi Modelleri, Varlık Yönetim Sistemi(SAP) Bilgileri ve Gerçek Zamanlı Veriler(SCADA, Sinyalizasyon, Enerji Yönetim Sistemi) dijital ikiz platformunda birleştirilerek, istasyonun durumu ile ilgili analizlerin yapılması amaçlanmaktadır. Metro istasyonu için oluşturulan dijital ikiz işlem şeması Şekil-3'te verilmiştir.



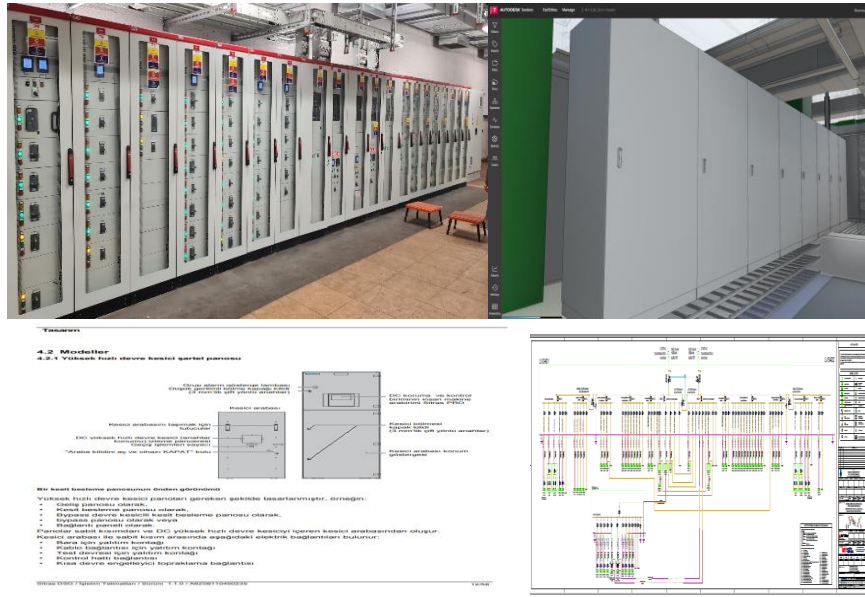
Şekil 3: Metro İstasyonu Dijital İkiz İşlem Şeması

3. Sonuçlar

Dijital ikiz proje çalışmaları ile birlikte aşağıdaki avantajların elde edilmesi amaçlanmaktadır.

3.1. Ekipmanlara ve Bakım Dokümanlarına Hızlı Erişim

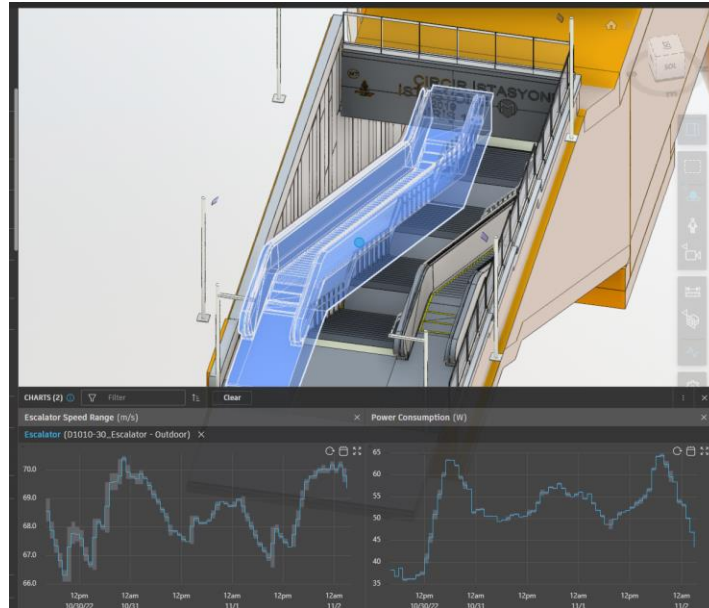
Bakım birimleri arızalı ekipmana müdahale etmek için istasyona geldiğinde, ekipmanın yerini 3D BIM modeli içinde görüp, ekipmana ait bakım ve çizim dokümanlarına hızlı bir şekilde dijital ikiz platformu üzerinden erişebilecektir. İstasyondaki ekipmanlarla ilgili bakım dokümanlarına her zaman ve her yerden erişim sağlanabilecektir. Böylece bakım süreçlerinde zamandan tasarruf sağlanarak bakım maliyetleri azaltılabilecektir.



Şekil 4: Ekipman Konum Bilgileri ve Bakım Dokümanları

3.2. Ekipman Durum Grafiklerini İnceleme

Dijital ikiz platformu ile ekipmanlarda arıza meydana gelmeden önce, ekipmanların çalışma durumlarını inceleme imkânı sağlanmaktadır. Ekipmanların anlık durum grafikleri incelenerek, beklenmeyen ekipman arızalarının önceden tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 5: Ekipman Durum Grafikleri



3.3. Varlık Yönetimi

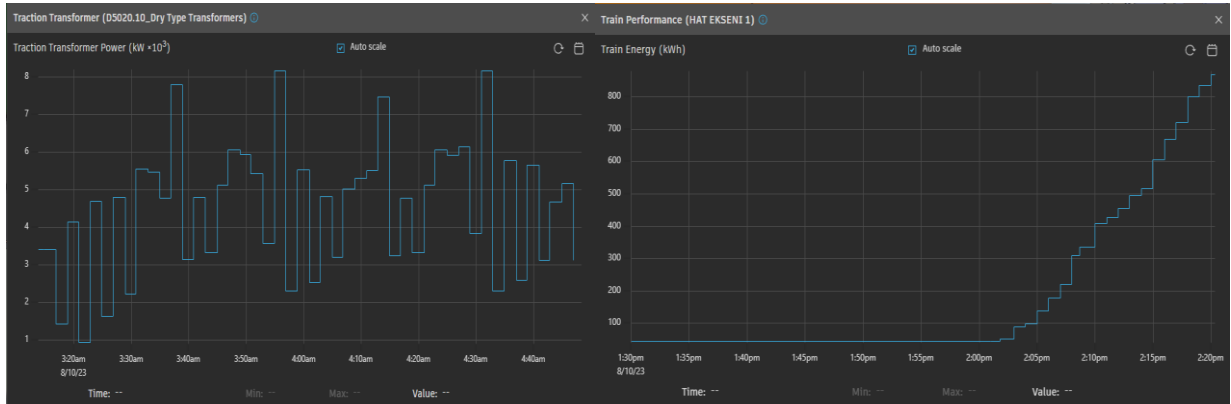
Dijital ikiz platformu üzerinden ekipmanların varlık bilgilerine, SAP sistem parametrelerine, kurulum tarihlerine, bakım tarihlerine hızlı bir şekilde erişim sağlanmaktadır.

Maintenance		Maintenance	
Drawing File	S10-ESC-451-Layout... x	Drawing File	Trafo AL-SIE-M7-G00... x
Installed Date	2023-08-29, 00:00:00	Installed Date	2021-12-23, 00:00:00
Maintenance Document	Escalator.pdf x	Maintenance Document	Trafolar Bakım formu... x
SAP Parameter	M-M07-S-H-I-10-K3-00-B1-015	SAP Parameter	M-M07-S-H-I-10-K2-00-B1-006-02
Serial Number	1800058321	Serial Number	1600064095

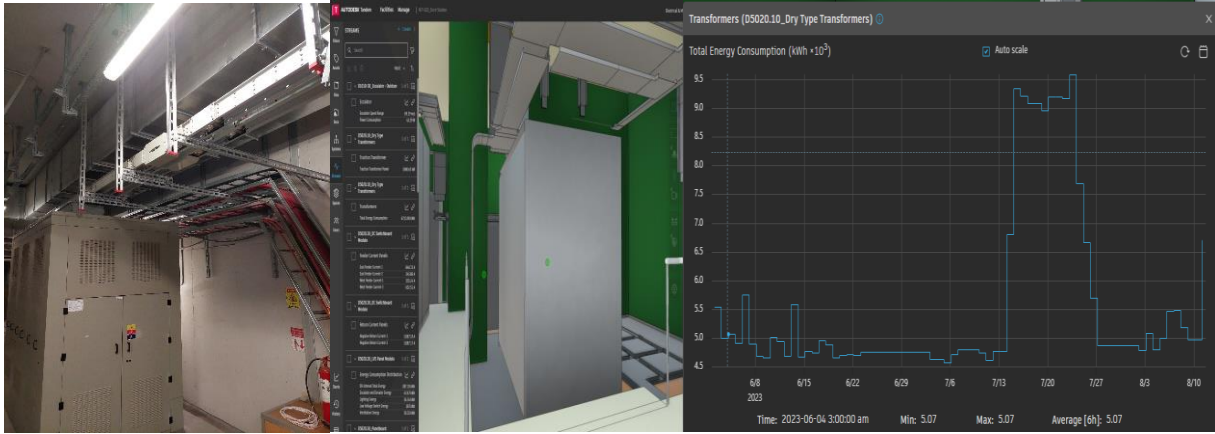
Şekil 6: Ekipman Varlık Bilgileri

3.4. Enerji Tüketim Analizleri

Dijital ikiz platformu ile birlikte, tüketilen enerji miktarları üzerinde analizler ve raporlamalar yapılarak, enerji tüketiminde yapılacak tasarruflar ve iyileştirmeler belirlenebilmektedir. Trenlere hareket enerjisini sağlayan cer gücü sistemleri ile istasyon yardımcı servis enerjilerini sağlayan sistemler dijital ikiz platformu üzerinden takip edilebilmektedir.



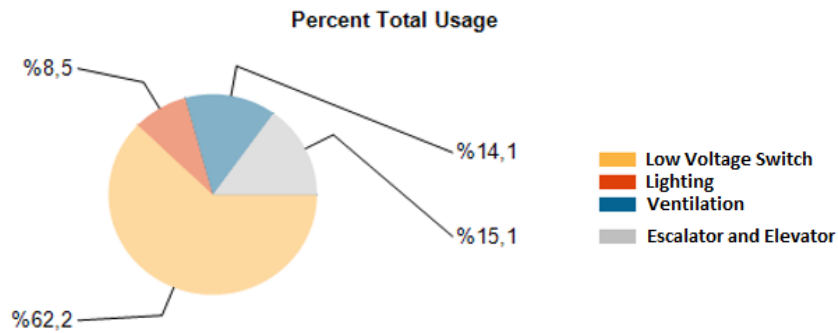
Şekil 7: Tren Performans Analizleri



Şekil 8: Yardımcı Servis Güç Analizleri

Period : 10.08.2023	Low Voltage Switch	Lighting	Ventilation	Escalator and Elevator	Interval Total
2023-08-10T00:00:00Z	144,00	20,16	39,59	26,16	229,91
2023-08-10T01:00:00Z	110,00	2,89	39,45	12,36	164,70
2023-08-10T02:00:00Z	110,00	2,79	39,47	12,36	164,62
2023-08-10T03:00:00Z	110,00	2,79	39,49	12,23	164,52
2023-08-10T04:00:00Z	107,00	2,72	39,46	12,34	161,52
2023-08-10T05:00:00Z	135,00	13,44	39,54	20,16	208,14
2023-08-10T06:00:00Z	186,00	29,18	39,68	51,19	306,05
2023-08-10T07:00:00Z	192,00	29,40	39,78	49,59	310,77
2023-08-10T08:00:00Z	191,00	29,57	40,07	52,20	312,83
2023-08-10T09:00:00Z	192,00	29,86	40,24	52,76	314,85
2023-08-10T10:00:00Z	190,00	29,37	40,06	49,29	308,71
2023-08-10T11:00:00Z	191,00	29,41	39,99	50,11	310,51
2023-08-10T12:00:00Z	190,00	29,73	40,21	50,98	310,91
2023-08-10T13:00:00Z	194,00	29,69	40,18	51,66	315,52
2023-08-10T14:00:00Z	191,00	30,48	40,13	52,51	314,12
2023-08-10T15:00:00Z	188,00	28,98	37,21	45,94	300,13
2023-08-10T16:00:00Z	190,00	29,65	40,73	50,43	310,80
2023-08-10T17:00:00Z	194,00	28,53	40,39	52,82	315,73
2023-08-10T18:00:00Z	198,00	29,46	41,26	56,32	325,04
2023-08-10T19:00:00Z	202,00	29,34	41,14	57,05	329,53
2023-08-10T20:00:00Z	198,00	29,00	40,51	51,90	319,41
2023-08-10T21:00:00Z	191,00	29,63	40,32	50,42	311,37
2023-08-10T22:00:00Z	196,00	29,51	40,23	51,13	316,87
2023-08-10T23:00:00Z	187,00	26,34	30,32	43,67	287,33

Şekil 9: Enerji Tüketim Raporları



Şekil 10: Enerji Tüketim Değer Grafikleri



4. Tartışma

Dijital ikiz proje çalışmaları sonucunda, Metro İstanbul A.Ş firmasına ait sistemlerin ortak bir platform üzerinden daha etkili ve daha sürdürülebilir şekilde takip edilebilmesi amaçlanmaktadır. Ekipmanların davranışları rutin şekilde dijital ikiz platformu üzerinden takip edilerek, ekipmanlarda oluşabilecek arızaların önceden belirlenebileceği öngörülmektedir. Arızalanan ekipmanlara bakım yapacak birimler, ekipmanla ilgili dokümanlara dijital ikiz platformu üzerinden anlık olarak erişebilecektir. Böylece bakım maliyetlerinde ve bakıma ayrılan sürelerde kazanımlar elde edilebilecektir. Dijital ikiz platformu ile cer gücü ve yardımcı servis sistemlerinden tüketilen enerjiler analiz edilip raporlanabilecektir. Böylece enerji tüketimlerinde tasarruf sağlanması için alınacak kararlar belirlenebilecektir. Çalışmalar sonucunda yaklaşık %15 ile %37,5 arasında bakım verimliliği ve yaklaşık %12 ile %25 arasında maliyetlerden tasarruf elde edilebileceği öngörülmektedir.

5. Teşekkür

Raylı sistemlerde dijital ikiz proje çalışmaları kapsamında, yardımlarını ve desteklerini sağlayan Metro İstanbul A.Ş Genel Müdürü sayın Özgür SOY'a ve Metro İstanbul A.Ş AR-GE ve Proje Hizmetlerinden sorumlu genel müdür yardımcısı sayın Fatih GÜLTEKİN'e teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] Vikipedi, URL: https://tr.wikipedia.org/wiki/Yap%C4%B1_bilgi_modellemesi [Erişim: 18 Kasım 2023].
- [2] Vikipedi, URL: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dijital_ikiz [Erişim: 19 Kasım 2023].