



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA TOPLULUKLARI İÇİN ENERJİ
YÖNETİM YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ

Kenan GEÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos - 2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Kenan Geçer tarafından hazırlanan “Bina Toplulukları İçin Enerji Yönetim Yazılımı Geliştirilmesi” adlı tez çalışması 20/08/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Alperen EROĞLU

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sema SERVİ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. ÖMER FARUK YÜKSEL
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Rektörlüğü ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Konya Ovası Projesi (KOP) Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından 021D00-168821-168822 numaralı proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Kenan GEÇER

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNA TOPLULUKLARI İÇİN ENERJİ YÖNETİM YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ

Kenan GEÇER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL
2024, 58 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL
Dr. Öğr. Üyesi Sema SERVİ
Dr. Öğr. Üyesi Alperen EROĞLU

Binalarda sağlanacak enerji verimliliği, küresel ısınmaya yönelik tehditlere karşı önemli çözümler sağlayabilir. Türkiye'de 2020 yılı itibarıyla sektörel enerji tüketiminde %36'lık oranla en yüksek paya sahip olan sektör bina sektörüdür. Binaların elektrik tüketimini azaltmak her tip binanın enerji tüketiminin ölçülüp analiz edilmesi ve uygun tasarruf stratejilerinin belirlenmesi ile mümkündür. Bu amaçla geliştirilmiş çok sayıda ticari ve az sayıda akademik yazılım aracı bulunmaktadır. Literatürde bazı yazılımlar sadece ticari binaları analiz edebilmektedir. Literatürde akademik platformlarda anlık ölçülen verileri kullanarak enerji yönetimini sağlayan az sayıda yazılım geliştirilmiştir.

Veriye dayalı bina enerji yönetimi, binaların enerji verimliliğini artırmanın uygun maliyetli bir yoludur ve akıllı ölçüm sistemlerinin devreye alınmasıyla gerçekleşmektedir. Bu tez çalışmasında "Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs Projesi" kapsamında Selçuk Üniversitesi'nde bulunan 34 binadan elde edilen saatlik elektrik tüketim verileri kullanılarak bir enerji yönetimi yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen web tabanlı Karar Destek Sistemi (KDS) yazılımı, izlenen verilerin analiz sonuçlarını sunmakta ve veri anomalilerini tespit etmektedir. Yazılım, kullanıcının her binaya özel takvim tanımlamasına olanak tanımaktadır. Takvim kullanıcı tarafından belirlenen gün türlerini içermektedir. Bu özellik anomalilerin daha doğru tespit edilmesini sağlamaktadır. Bu veri odaklı KDS, binanın enerji performansını yönetme konusunda enerji yöneticilerini ve yetkilileri desteklemektedir. Selçuk Üniversitesi kampüsünde hâlihazırda binaların anlık elektrik tüketimleri ölçülmektedir. Binanın elektrik tüketiminin beklenenden fazla olması durumunda ihmal sonucu tüketilen elektrik konusunda bina yetkilileri uyarılmaktadır. Böylece kullanılmayan elektrikli cihazların ve aydınlatma ünitelerinin kapatılması mümkün olmaktadır. Elde edilen verilerin analizi ile yerleşkelerdeki enerji kaçakları ve yerleşkenin enerji tasarrufu potansiyeli belirlenmektedir. Belirlenen potansiyel ile kampüste yer alan binalarda uygulanacak enerji tasarrufu stratejileri geliştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Kampüs, Enerji Yönetimi, Yazılım Geliştirme, C#, React.js

ABSTRACT

MS THESIS

DEVELOPMENT OF ENERGY MANAGEMENT SOFTWARE FOR BUILDING COMMUNITIES

Kenan GEÇER

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN COMPUTER ENGINEERING**

Advisor: Assist. Prof. Dr. Gül Nihal GÜĞÜL

2024, 58 Pages

Jury

Assist. Prof. Dr. Gül Nihal GÜĞÜL

Assist. Prof. Dr. Sema SERVİ

Assist. Prof. Dr. Alperen EROĞLU

Energy efficiency achieved in buildings can provide significant solutions to the threats of global warming. Building sector had the highest share in Türkiye with a rate of 36% in sectoral energy consumption as of 2020. Decrease in electricity consumption of buildings is possible by measuring and analyzing the energy consumption of each type of building and determining appropriate saving strategies. There are many commercial and few academic software tools developed for this purpose. In literature, some of the software can only analyze commercial buildings. In literature few software has been developed to manage energy using instant measured data in academic platforms.

Data driven building energy management is a cost-effective way to improve energy efficiency of buildings, and attracts attention with the installation of smart metering systems. In this thesis, an energy management software has been developed using hourly electricity consumption data obtained from 34 buildings in Selcuk University in scope of “Selcuk University Smart and Green Campus Project”. The developed web-based Decision Support System (DSS) software supplies the analyze results of measured data and detects data anomalies. Software allows user to identify calendar specific to each building. The calendar includes day types determined by the user. This property allows to detect anomalies more correctly. This data-driven DSS supports energy managers and authorities for managing building energy performance. On the Selçuk University campus, the instantaneous electricity consumption of the buildings is currently being measured. In case of higher electricity consumption in building than expected, building authorities are warned about the electricity consumed as a result of negligence. This makes possible to turn off unused electrical devices and lighting units. With the analysis of the data obtained, the energy leaks in the campuses and the energy saving potential of the campus are determined. With the determined potential, energy saving strategies to be implemented in buildings located on the campus will be developed.

Keywords: Smart Campus, Eneegy Management, Software Development, C#, React.js

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgisiyle ve yardımlarıyla beni en doğru şekilde yönlendiren değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL'e ve beni daima destekleyen aileme teşekkür ederim.

Aynı zamanda çalışma hayatımı devam ettirdiğim THY Teknoloji'ye yüksek lisans öğrenimi boyunca verdiği destek için teşekkür ederim.

Kenan GEÇER
KONYA-2024



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Mevcut Sorun	3
1.2. Tezin Amaç ve Hedefleri	3
1.3. Tezin Kapsamı	4
1.4. Tezin Yapısı	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	1
2.1. Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs Projesi	4
2.2. Tezin literatüre katkısı	1
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	1
3.1. Yazılım Geliştirme Aşaması	1
3.2. Örnek olay incelemesi ve Yazılım Testi	3
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	1
4.1. Yazılımın geliştirilmesi.....	1
4.2. BTEY yazılımı	5
4.2.1. Giriş Sayfası.....	6
4.2.2. Kaydolma Sayfası	7
4.2.3. Şifre Kurtarma Sayfası.....	7
4.2.4. Ana Sayfa.....	8
4.2.5. Cihazlar Sayfası	9
4.2.6. Fakülte Sayfaları	10
4.2.7. Alarm - Takvim Sayfaları	11
4.2.8. Alarm Sayfaları.....	13
4.2.9. Kullanıcı Sayfaları	15
4.2.10. Aksiyon Sayfaları	16
4.2.11. Menü Sayfaları.....	17
4.2.12. Rol Sayfaları	19
4.2.13. Menü Rol Eşleme Sayfaları	20
4.2.14. Aksiyon Rol Eşleme Sayfaları	21
4.3. Kullanıcı Bildirim	23
4.4. Verinin Kullanıcıya Sunulması.....	24
4.5. Kampüsün enerji tasarruf potansiyelinin incelenmesi	26

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
5.1 Sonuçlar	28
5.2 Öneriler	29
KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	33



KISALTMALAR

Kısaltmalar

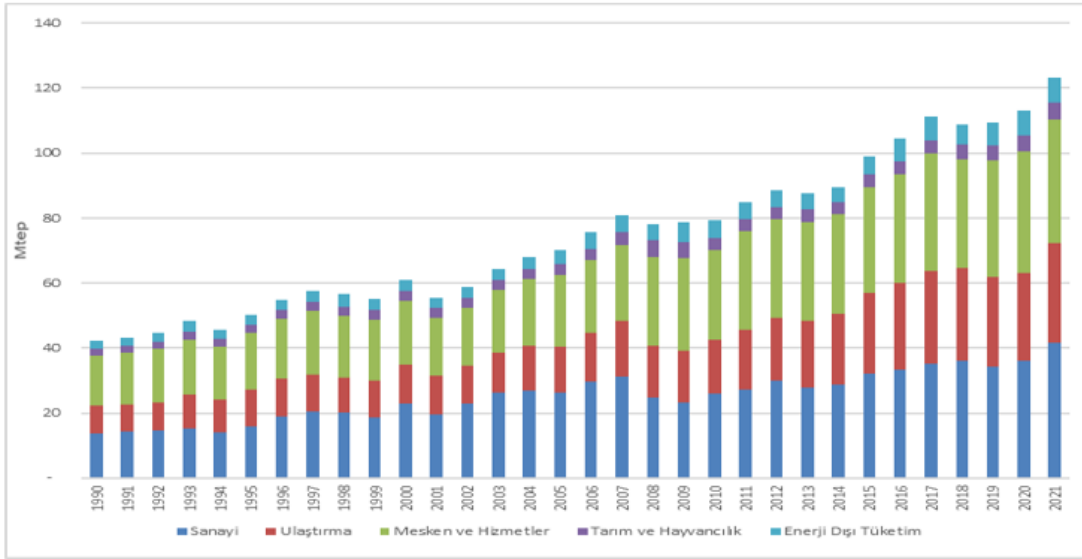
BTEY	:	Bina Toplulukları için Enerji Yönetimi
YES	:	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
BEYY	:	Bina Enerji Yönetim Yazılımları
EYY	:	Enerji Yönetim Yazılımı
KOP	:	Konya Ovası Projesi
SÜ	:	Selçuk Üniversitesi
IoT	:	Internet of Things
SKH	:	Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SÜAYK	:	Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs Projesi
ETP	:	Enerji Tasarruf Potansiyeli



1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji sistemlerindeki gelişmelere rağmen dünyada nihai enerji tüketiminin hâlâ yaklaşık %80'i fosil yakıtla çalışan sistemler tarafından üretilmektedir (Fuels, 2021). Küresel ısınma, artan fosil yakıt tüketimi ile tetiklenmektedir. Türkiye’de 2023 yılında elektrik üretiminin %39,1'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir (ETKB, 2024).

2021 yılında inşaat sektörü dünya çapındaki nihai enerji tüketiminin %30'unu ve küresel enerji sektörü emisyonlarının %27'sini oluşturmuştur (IEA, 2023). Türkiye’de sektörel enerji tüketimine bakıldığında ise, 2021 yılında en yüksek tüketimin sanayi sektöründen sonra % 31 ile konut ve hizmetler sektöründe gerçekleştiği görülmektedir (ÇŞİDB, 2023). Şekil 1.1’de Türkiye’de yıllar itibariyle sektörlere göre nihai enerji tüketimi görülmektedir.



Şekil 1.1. Yıllar itibariyle sektörlere göre nihai enerji tüketimi (mtep)(ETKB, 2023)

Şekil 1.1’de görüldüğü üzere teknoloji, nüfus artışı ve konfor seviyesinde artış bütün sektörlerde tüketilen enerjiyi gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu nedenle bina sektöründe enerji tüketiminin azaltılması dünya çapındaki tüketim üzerinde önemli etkilere yol açabilecek olup derinlemesine araştırılmalıdır. Günümüzde yenilenebilir enerji sistemleri (YES) ile enerji talebi karşılanan düşük veya sıfır enerji tüketimli binalar gün geçtikçe daha fazla ilgi görmektedir. Ancak bir binaya YES kurulmadan önce binanın konfor seviyesi korunarak enerji tüketiminin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Binalarda enerji tüketiminin ölçülmesi, ölçüm verilerinin analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması, bina sakinlerini enerji tüketim modelleri hakkında bilgilendirmenin bir yoludur. Analiz edilmiş ölçüm verilerini izleyen son kullanıcılar, tüketim alışkanlıklarını tanıyacak ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirecektir. Son yıllarda bilgi teknolojileri altyapısının da etkisiyle enerji tüketim ve üretim verileri dijital enerji analizörleri tarafından takip edilmektedir. İzlenen verilerin analiz edilmesi enerji tasarrufu stratejileri üretmek için kullanılmaktadır. Yük profili oluşturma, bir binanın elektrik tüketim modelini oluşturmak için ölçülen elektrik tüketimi verilerinin zamansal dizilerini gruplandırma işlemidir. Ancak ham elektrik tüketimi verilerinin yorumlanması zordur. “Bilgi keşfi” olarak adlandırılan kümelenmiş verilerin yorumlanması, verileri anlaşılır hale getirmektedir (Liu et al., 2021).

Bina Enerji Yönetim Yazılımlarının (BEYY) konut, sağlık, bilişim sektörü, üniversite ve ticari binalar gibi her türlü binada yaygın olarak kullanılması hedeflenmektedir. Her ne kadar ölçülen veriler ölçüm cihazları tarafından her gün izlense de izlenen verilerin analizi, boşa harcanan enerjinin tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu amaçla dünyada enerji analizörlerinin kurulması son yıllarda hızla yaygınlaşmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 2021 yılına kadar 111 milyondan fazla akıllı elektrik sayacı kurulmuştur (FAQS, 2023). Çin'de konut dışı binalara yönelik enerji tüketimi izleme platformları, tüm bina ve alt sistem düzeyinde gerçek zamanlı elektrik tüketimi verilerini izlemek amacı ile uygulamaya konmuştur. Bu sistemler binaların gerçek zamanlı enerji yönetimine olanak tanımakta ve politika geliştirme sırasında enerji tasarrufuna yönelik stratejiler geliştirmeleri için gerekli bilgileri sağlamaktadır (Liu et al., 2021). Hindistan, enerji tüketim verilerini toplayan ve ülkenin aylık elektrik, petrol ve doğal gaz tüketim verilerini raporlayan açık kaynaklı bir portal olan Hindistan Enerji Kontrol Panellerini geliştirmiştir. Birleşik Krallıkta, Yeşil Finans Enstitüsü, Birleşik Krallık binalarındaki enerji tüketimini ölçmek için standartlaştırılmış bir protokol oluşturmak üzere akıllı sayaç verilerinden yararlanma yöntemlerini araştırmaktadır. 2020 yılında Avustralya, Ulusal Elektrik Piyasasında kurulu enerji kaynakları cihazları hakkında bir veri tabanı başlatmıştır. Microsoft, yenilenebilir enerji ve talep tarafı kaynaklara yönelik çeşitli pazar engellerini ortadan kaldıran büyük veri toplama ve analizi için bulut tabanlı bir platform geliştirmiştir. Bu teknoloji günde yaklaşık 45 dakikada 7 milyondan fazla sayaç okunmasına olanak tanıyabilmektedir (Debnath, 2021).

Dünya çapında başlatılan elektrik tüketim verilerinin dijitalleştirilmesi, enerji verimliliği politikalarını geliştirmek ve yeni politika tasarım seçeneklerini mümkün kılmak için büyük bir potansiyel sunmaktadır. Enerji verimliliği politikasının dijital dönüşümü, net sıfır enerji hedefine geçişte temel rol oynayacaktır. Örneğin, 2050 yılına kadar Net Sıfır senaryosuna göre, 2050 yılında küresel enerji talebinin 2021 yılına göre % 8 azalması, aynı zamanda 2 milyar daha fazla insanla iki kat daha büyük bir ekonomiye hizmet etmesi hedeflenmiştir. İklim değişikliğini durdurmak için en büyük eylemlerden birinin “enerji verimliliği” olması sebebi ile, elektrifikasyon, yakıt değişimi ve davranış değişikliği yoluyla enerji verimliliğinin kapsamını ve ölçeğini genişletmek için dijitalleşme hayati önem taşımaktadır (Debnath, 2021). Ancak elektrik tüketimi verileri birçok ülkede henüz yeni toplanmaya başlandığı için yaygın olarak kullanılmamaktadır. İzlenen verilerin mevcut kullanımı büyük ölçüde binaların yıllık veya aylık enerji kullanım yoğunluğunun istatistiksel değerlerinin hesaplanması gibi basit istatistiksel veri analizine dayanmaktadır (Liu et al., 2021). Yapılan analizlerde, derinlemesine analiz edilmiş veriler yerine yıllık veya aylık elektrik tüketim verilerinden yararlanılmaktadır. Bu sebeple bu tez çalışmasında zaman serisi verilerinin ardındaki anlamlı sonuçları keşfedecek ve bu sonuçları kullanıcıya sunacak bir yazılım geliştirilmiştir.

1.1. Mevcut Sorun

Bina sektörünün enerji tüketimindeki yüksek payı, binalarda elde edilecek enerji verimliliğinin etkisinin göstermektedir. Türkiye’de 2021 yılında nihai enerji tüketiminin % 31’i bina (konut ve hizmetler) sektöründe gerçekleşmiştir (ÇŞİDB, 2023). Teknoloji, nüfus artışı ve konfor seviyesinde artış talepleri bina sektöründe tüketilen enerjiyi gün geçtikçe arttırmaktadır. Net Sıfır Emisyonu senaryosu doğrultusunda, artan nüfus ve enerji talebine rağmen 2050 yılında küresel enerji talebinin 2021 yılına göre % 8 azalması hedeflenmiştir. Bina sektöründe enerji tüketimini azaltmak için en büyük eylemlerden birinin “enerji verimliliği” olması sebebi ile enerji tüketiminin ölçülmesi ve analiz edilmesi ile enerji tasarruf stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

1.2. Tezin Amaç ve Hedefleri

Bu tez çalışmasının amacı binalarda enerji tüketimini izlemek, yönetmek ve enerji tasarruf stratejileri geliştirmek için enerji yönetim yazılımı (EYY) geliştirmektir.

Geliştirilen yazılım, her çeşit binada ölçülen enerji tüketiminin analizinde kullanılabilecektir. Bu sayede binalarda tüketilen enerjinin en düşük seviyeye indirilmesi hedeflenmiştir.

Tez çalışması, Selçuk Üniversitesi Rektörlüğü ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Konya Ovası Projesi (KOP) Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından desteklenen “Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs” projesi (Proje No: 021D00-168821-168822) kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Selçuk Üniversitesi (SÜ) kampüsündeki internet altyapısına sahip binaların elektrik tüketimini ölçmek amacıyla analizörler takılmıştır. Ölçülen veriler daha sonra yerel bir sunucuda depolanmıştır. Bu tez çalışmasında, sunucuda depolanan verilerin izlenmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesi için bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen web tabanlı yazılım “Bina Toplulukları için Enerji Yönetimi (BTEY)” olarak isimlendirilmiştir. BTEY uygulaması ile kullanıcılar birden fazla binayı yazılıma tanıtabilmekte, her bina için ayrı ayrı sorumlu kullanıcı oluşturabilmekte ve binaların elektrik tüketim profilini gözlemleyebilmektedir. BTEY uygulamasında ön yüz işlemleri React JS kullanılarak geliştirilmiştir. Ekran arkasındaki işlemlerin tamamlanabilmesi için .NET kullanılarak Uygulama Programlama Arayüzü (API) geliştirilmiştir. Veri tabanı işlemleri için MS SQL konumlandırılmıştır.

1.3. Tezin Kapsamı

Tez çalışmasında ilk olarak SÜ’de yer alan binaların saatlik elektrik tüketimini ölçmek amacı ile binalara takılan enerji analizörlerinden elde edilen veriler yerel bir sunucuda depolanmıştır.

Gerekli veriler temin edilmeye başlandıktan sonra, üç farklı yetki seviyesinde kullanıcı tipine sahip olan her binanın elektrik tüketiminin analizini gerçekleştirmek amacı ile “BTEY” uygulaması geliştirilmiş ve test edilmiştir. Geliştirilen yazılıma ilk olarak elektrik tüketimi ölçülecek binaya analizör ve modem monte edilmekte ve modeme İP numarası tanımlanmaktadır. Modem sayesinde analizörün ölçtüğü veri yerel sunucuya transfer edilmektedir. Daha sonra tanımlanan İP numarası ile modem ve analizör BTEY’e tanıtılmakta ve sunucuda depolanan veri izlenmeye başlanmaktadır.

1.4. Tezin Yapısı

Bu tez çalışmasında ilk bölümde tez çalışmasının konusu hakkında genel bilgilere yer verilmiş, mevcut sorun, tezin amacı ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde ise tezin geliştirilmesine olanak sağlayan “Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs Projesi” hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Aynı zamanda yapılan kaynak araştırması detayları ile verilmiş, tezin literatüre katkısı açıklanmıştır. Üçüncü bölümde tez çalışmasında geliştirilen ve doğrulanan yazılımın geliştirilmesi ve doğrulanması sırasında izlenen yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde tez çalışmasının genel sonuçları verilmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Enerji verimliliği endüstriyel ve kentsel sektörlerin sürdürülebilir işleyişi için hayati öneme sahiptir. Binaların enerji tüketiminin ve elektrik yükü modellerinin izlenmesi, binaların enerji tüketim özelliklerini gözlemleyerek enerji verimliliği stratejileri geliştirmenin önemli bir yoludur. Bina elektrik yük profillerinin geliştirilmesine yönelik zaman serisi kümelemesi literatürde yeterince tartışılmıştır. Ancak kümeleme tek başına veriyi yorumlamak için yük profillerinin özelliklerini yansıtmaz. Zaman serisi kümeleme amacı ile EYY geliştirilmesi ticari olarak birçok firma tarafından geliştirilse de akademik çalışmalarda EYY geliştirilmesine çok yer verilmemiştir. EYY, bina enerji verimliliğinin artırılması için umut verici ve uygun maliyetli bir yoldur. İzlenen verilerden elde edilen yük profilleri uygun enerji tasarrufu stratejileri geliştirebilmek amacı ile bina enerji yöneticileri tarafından değerlendirilir.

Son birkaç yılda birçok EYY ve enerji veri analitiği platformu geliştirilmiştir. Ticari araçların yanı sıra akademik platformlarda da çalışmalar hali hazırda yürütülmektedir. ABD Enerji Bakanlığı'nın Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı, enerji verilerini toplayan, verileri bir veri tabanında saklayan ve yararlı bilgilere dönüştüren açık kaynaklı bir yazılım olan Energy DataBus'u geliştirmiştir (NREL, 2013). Energy DataBus'a benzer şekilde, güncelliğini kaybetmiş veya aktif olarak desteklenmeyen az sayıda yazılımlar geliştirilmiştir. Ticari amaçlı geliştirilen EYY'ler, küçük çaplı kamu kurumları ve özel enerji tüketicileri gibi birçok paydaş için oldukça pahalıdır (Marinakos et al., 2020).

Ticari amaçlı geliştirilen EYY'lerden bazıları ile geliştirilen uygulamanın kıyaslanması Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Ticari EYY'lerin ve geliştirilen projenin kıyaslanması

İsim	Canlı İzleme	Analiz ve Raporlama	Alarm	Yapay Zeka	Reaktif Ceza	Fatura	Anomali	Kaynak
Retgen	✓	✓	✓					(RETGEN)
Apollo	✓	✓			✓	✓		(Apollo)
Entes	✓	✓			✓			(ENTES)
Schneider Electric: EcoStruxure	✓	✓	✓	✓			✓	(Schneider)
Sistrade	✓	✓					✓	(SisTrade)
Pro Manage	✓		✓					(ProManage)
PowerHud		✓	✓			✓		(PowerHud)
KİO	✓	✓	✓					(kioplatform)
Aktif Enerji: Ready City	✓	✓						(AktifEnerji)

Winergy Technologies	✓	✓	✓					(WinergyTechnologies)
Digital Energy: Deos Data								(DeosTeknoloji)
Bautek	✓	✓	✓					(Bautek)
Best Enerji	✓	✓	✓		✓	✓	✓	(BestEnerji)
ABB					✓			(A.B.B.)
BTEY	✓	✓	✓				✓	(Tez çalışması)

Tablo 2.1’de görüldüğü üzere ticai amaçlı geliştirilen birçok EYY bulunmaktadır. Bu EYY’lerin birçoğu elektrik tüketim verilerinin canlı izlenmesi, anomali durumunun tespit edilmesi ve alarm oluşturulması, detayları hakkında rapor oluşturulması gibi özellikleri içermektedir. Bu tez kapsamında geliştirilen BTEY de mevcut ticari yazılımların canlı izleme, Anomali tespiti, alarm, enerji takibi ve raporlama gibi özelliklerini barındırmaktadır.

Ticari yazılımlara ek olarak akademik kurumlarda da EYY geliştirilmesi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda, akıllı şehirlerin hızla gelişmesiyle birlikte yeşil enerji yönetim sistemleri (akıllı şebeke, akıllı binalar vb.) büyük araştırmalara ve endüstriyel ilgiye maruz kalmıştır. Akıllı şehirler, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things (IoT)) teknolojisinin tanıtılmasıyla, her yerde izleme ve güvenilir iletişim yoluyla mükemmel enerji yönetimi elde etmeyi hedeflemektedir. Ancak IoT tabanlı ağ yapısı kullanıldığında uzun vadeli enerji verimliliği önemli bir konu haline gelmiştir. Yapılan bir çalışmada, IoT tabanlı bir EYY tasarlamaya odaklanılmıştır. Yazılımın sadece tasarımının gerçekleştirildiği bu çalışmada IoT tabanlı bir sistemin çerçevesi ve yazılım modeli önerilmiştir. Önerilen çerçeve ile verimli bir enerji planlama şeması sunulmuştur. Son olarak önerilen planın etkinliğini gösterilmiştir (Liu et al., 2019). Yapılan bir diğer çalışmada binaların günlük yük profillerini bir dizi istatistiksel analiz ile oluşturmak için akıllı cihazlarla elde edilen ölçüm verileri kullanılarak sistematik bir süreç geliştirilmiştir (Zhu et al., 2019). Başka bir çalışmada, elektrik yükü verilerini analiz ederek modeller geliştirebilen veri madenciliği tabanlı bir çerçeve önermiştir. Çalışmanın üç aşaması veri hazırlama, verilerin tanımlanması ve örüntülerdeki bilginin keşfedilmesini içermektedir. Verileri bina düzeyinde tanımlamak için yeni iki adımlı kümeleme analizi önerilmiştir. Önerilen çerçeve, üç ofis binasının zaman serisi elektrik tüketimi verilerini analiz etmek için uygulanmış ve etkinliği doğrulanmıştır (Liu et al., 2021). Akıllı kampüs için stratejik bir çerçevenin önerildiği bir çalışmada binaların içine enerji yönetim sistemlerinin yerleştirilmesinin, binalardaki enerji maliyetlerinin ilk aşamada % 11 oranında

azaltılmasıyla sonuçlandığı belirtilmiştir (AbuAlnaaj et al., 2020). Bu çalışmalarda yazılım geliştirilmemiş sadece tasarımı için önerilerde bulunulmuştur.

Üç fazlı AC mikro şebekelerin optimum çalışması için IoT tabanlı bir EYY önerilen bir çalışmada web tabanlı mikro hizmetlere dayalı bir yazılım geliştirilmiştir. Buna ek olarak optimizasyon modülü, güvenlik kısıtlamalarının yanı sıra yerel talep ve yenilenebilir üretime ilişkin stokastik senaryoları da hesaba katmaktadır. Önerilen IoT tabanlı EMS'nin performansını değerlendirmek için, deney düzeneği kurulmuş ve gerçek zamanlı bir simülatör kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir. Testler için Brezilya'daki Campinas Devlet Üniversitesi'nde bulunan bir mikro şebekeden alınan gerçek veriler kullanılmıştır. Sonuçlar, önerilen IoT tabanlı EYY'nin, mikro şebekenin çalışmasının izlenmesinde etkinliğini göstermiştir (Silva et al., 2023).

İsviçre'de bulunan Endüstriyel Proses ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Grubu ve Batı İsviçre Uygulamalı Bilimler ve Sanat Üniversitesi, Kolombiya Ulusal Üniversitesi iş birliği ile yapılan bir çalışmada endüstriyel tesislerin enerji verimliliğini analiz etmek için ROSMOSE adı verilen web tabanlı bir yazılım aracı geliştirilmiş ve önerilmiştir. ROSMOSE'un üzerine inşa edilen Quarto modülü, verilerin görselleştirilmesi, raporlama, analiz, süreç modelleme paketleri ve optimizasyon çözümleri gibi çeşitli açık kaynaklı yazılım ve araçların entegrasyonuna olanak tanımıştır. Bu çalışmada süt ürünleri tesisinde yapılan örnek olay incelemesinde, yardımcı sistem entegrasyonunun optimize edilmesiyle süt ürünleri tesisinde % 75 - %90 arasında kadar yakıt tasarrufu ve yaklaşık % 80 CO₂ emisyonunda azalma elde edilebileceği görülmüştür (Dardor et al., 2024).

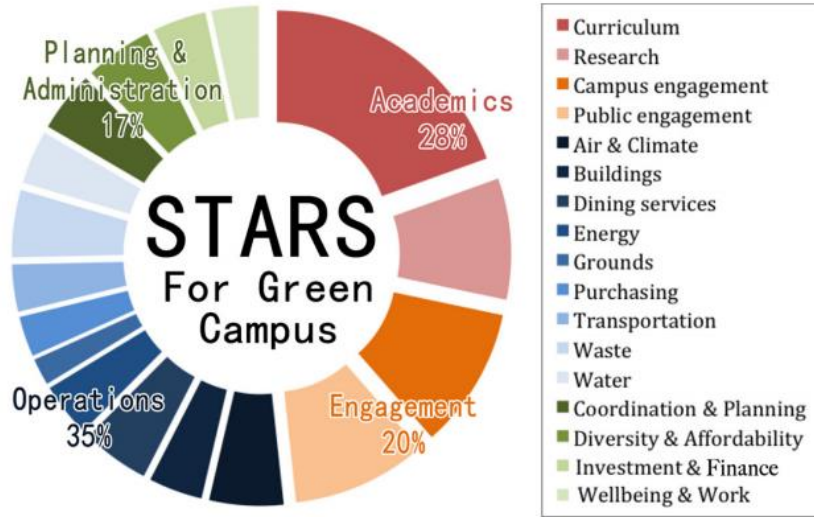
Binaların dünya çapında önemli miktarda enerji tüketmesi sonucunda, sürdürülebilir binalara ve enerji verimli sistemlere olan talep artmış ve bina enerji yönetimi kritik hale gelmiştir. Simülasyon araçları, binaların ve enerji sistemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde hayati önem taşımaktadır. EYY'lerin analizi için yapılan bir literatür incelemesinde, EYY araçların teorik yetenekleri ile bunların pratikteki uygulamaları arasında dikkate değer bir kopukluğun devam ettiği belirtilmiştir. Bu incelemede, çalışmaların enerji modellemesinde teknik spesifikasyonlara ve teorik gelişmelere vurgu yaptığı, araçların birlikte çalışabilirliği, kullanıcı dostu arayüzler ve karar alma için eyleme dönüştürülebilir çıktılarının henüz yeterince ele alınmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, bu araçların farklı bina türleri ve enerji sistemlerindeki canlı danışmanlık ortamlarındaki performansını eleştirel olarak değerlendiren daha karşılaştırmalı analizlere ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. 2024 yılında yayınlanan bu literatür

taramasında, gelecekteki araştırmaların, simülasyon araçlarının kullanılabilirliğine odaklanarak, bunların çeşitli senaryolarda etkinliğini gösteren vaka çalışmaları geliştirmesi gerektiği ve literatürde bu boşluğun kapatılması gerektiği belirtilmiştir (Shahcheraghian et al., 2024).

2.1. Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs Projesi

Bina çeşitliliği ve nüfus açısından küçük ölçekli şehir topluluklarının benzer bir örneği olan üniversite kampüslerinde “Akıllı ve yeşil kampüs” alanında yapılan çalışmalar gün geçtikçe artarak devam etmektedir. "Akıllı" kelimesi, genellikle bir nesnenin kendisine yerleştirilmiş olan zekâyı sunma yeteneğini tanımlamak için kullanılır. Akıllı kavramı akıllı şehir, akıllı kampüs, akıllı şebeke vb. gibi insan yaşamının daha geniş yönlerini de kapsamaktadır. Akıllı kampüsün tanımlanmasında kullanılan üç yaklaşım vardır: teknoloji, akıllı şehir konsepti veya iş süreci geliştirme odaklı yaklaşımlar. Bir kampüs tarafından kullanılan teknoloji odaklı yaklaşıma dayanan akıllı kampüs, uygun teknolojilerin kullanılması ve hizmetlerin sağlanması yoluyla dijital kampüsün geliştirilmesinden kaynaklanan bir yaklaşımdır (Muhamad et al., 2017).

Yeşil Kampüs çağrışımı ise, “çevre”, “ekonomi” ve “toplum” olmak üzere üç boyutu da içeren “sürdürülebilirlik” kavramı ile aynı çizgidedir (Zhu et al., 2020). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKH), küresel sürdürülebilir kalkınma için net bir yön ve gereklilikler sağlayan ulusal ve hatta küresel kalkınma hedefleridir. STARS ise sürdürülebilir kampüs inşası için net bir kalkınma yönü sağlayan ve özel uygulama önerileri sunan, SKH'ler çerçevesinde okul düzeyinde özel hedeflerin analiz edildiği bir uygulama yazılımıdır. Üniversiteler, inovasyon ve gelişimin son sınırınıdır. Üniversitelerin fiziksel taşıyıcısı olarak, kampüsün kendi eksiksiz yaşam sistemi vardır ve öğrenciler kampüste çeşitli sosyal aktiviteler yaşarlar, bu nedenle kampüslerin inşaat deneyimi daha büyük ölçekli şehirler veya ülkeler için iyi bir pratik ve referanstır. Yeşil kampüs analizi altında STARS'ın ana içerikleri ve puanları Şekil 2.1’de görülmektedir (Zhu et al., 2020).



Şekil 2.1. STARS'ın ana içerikleri ve puanları (Zhu et al., 2020).

KOP-Selçuk Üniversitesi işbirliği ile yürütülen “Selçuk Üniversitesi Akıllı ve Yeşil Kampüs Projesi” (PROJE ID: 2021D00-168821-168822) (SÜAYK)’nin amacı Selçuk Üniversitesi Kampüsü’nü enerji verimliliği yüksek, enerji ölçüm ve yönetiminin yapıldığı, *akıllı ve yeşil kampüs statüsüne* çıkarmaktır. Bu hedefe ulaşmak için “Akıllı kampüs” ve “Yeşil kampüs” olmak üzere iki farklı başlık altında çalışmalar yapılmıştır.

Hâlihazırda kampüs binalarında “Katı Atık Yönetimi” yapılmaktadır. Kampüs içinde seçilen iki pilot fakültede “Akıllı Bina” başlığında pilot binaların iç ortam sıcaklığını ve hava kalitesini ölçen sensörler takılmıştır. Böylece hava kalitesinin bozulması durumunda sesli uyarı ile pencerelerin açılması teşvik edilmiştir. Aynı zamanda pilot binaların lavabolarındaki bataryalar sensörlü bataryalar ile değiştirilerek su tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. Buna ek olarak koridorlarda yer alan lambalar da sensörlü lambalar ile değiştirilmiştir. Pilot binalarda yapılacak doğalgaz tüketimini azaltmaya yönelik çalışmada ise kalorifer vanaları programlanabilir akıllı vanalar ile değiştirilmiştir. Böylece sınıfların ve odaların boş olduğu zamanlarda ortamın ısısı düşürülerek doğalgaz tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir.

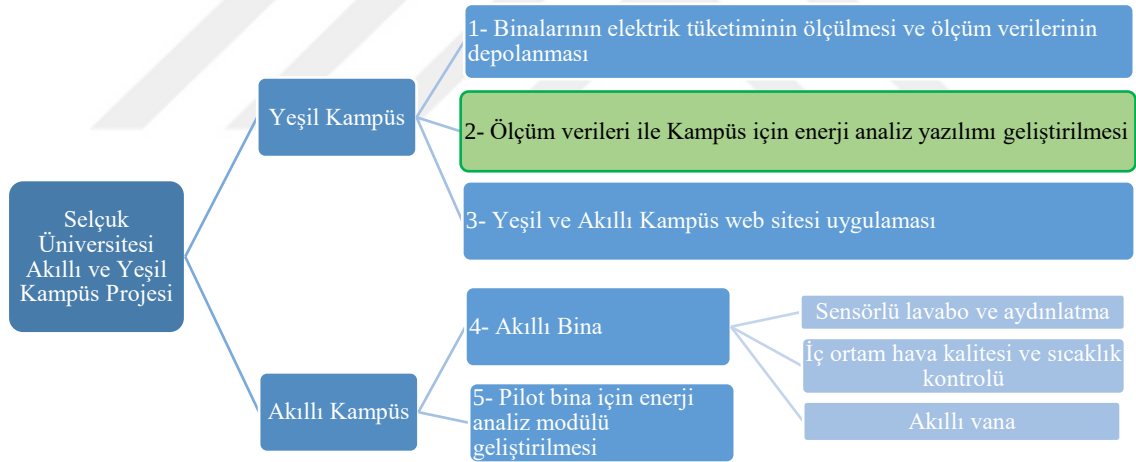
“Yeşil kampüs” başlığı kapsamında yapılan çalışmalar ise aşağıda listelenmiştir:

- A. Kampüs binalarının elektrik tüketiminin ölçülmesi ve ölçüm verilerinin depolanması
- B. Ölçüm verileri ile Kampüs için enerji analiz yazılımı geliştirilmesi
- C. Yeşil ve Akıllı Kampüs web sitesi uygulaması

SÜAYK projesinin “Yeşil kampüs” başlığı altında STARS'ın ana içeriklerinden, araştırma çalışmaları, enerji ve koordinasyon adımları ele alınmıştır. Hâlihazırda araştırma çalışmaları, ulaşım, atık ve koordinasyon adımları kampüste yapılmakta ve geliştirilmeye devam etmektedir. Buna ek olarak SÜAYK projesi kapsamında “Yeşil kampüs” başlığı altında Selçuk Üniversitesi kampüsünde bulunan binalara ayrı elektrik analizörleri takılarak saatlik elektrik tüketimleri ölçülmeye başlanmıştır. Binaların içinde enerji yönetim yazılımlarının kullanılması, binalardaki enerji maliyetlerinin ilk aşamada yaklaşık % 11 oranında azalmasına neden olduğu yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir (AbuAlnaaj et al., 2020).

Elde edilen verilerin analizi ile ilk etapta kampüste yer alan enerji kaçakları ve kampüsün enerji tasarruf potansiyeli belirlenebilecektir. Belirlenen potansiyel ile kampüste yer alan binalarda uygulanacak enerji tasarruf stratejileri belirlenecektir.

SÜAYK projesinde gerçekleştirilen çalışmalar iki alt başlık altında Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Projede gerçekleştirilmesi planlanan yeşil ve akıllı kampüs uygulamasının bileşenleri

Bu tez çalışmasında Şekil 2.2’de görülen alt bileşenlerden yeşil renkte belirtilen “2- Ölçüm verileri ile Kampüs için enerji analiz yazılımı geliştirilmesi” alt başlığı gerçekleştirilmiştir. SÜAYK kapsamında SÜ yerleşkesinde bulunan binalara enerji analizörü takılarak saatlik elektrik tüketim verisi elde edilmiştir. Konut, sanayi ve ticari binalar için akım, gerilim ve güç parametrelerini ölçmek üzere tasarlanmış 52 adet Entes MPR-45S enerji analizörü kullanılarak 34 binanın elektrik tüketimi ölçülmüştür (Crawley & Lawrie, 2023). Analiz cihazı verileri ölçüp, ekranda görüntülemektedir ve Modbus

protokolünü kullanarak iletişim kurmaktadır. Analizör, ölçülen verileri geçici olarak 16 MB dâhili belleğinde saklayabilmektedir. Analizör, ölçüm hatasını temsil eden % 0,5'lik bir doğruluğa sahiptir. Entes MPR-45S analizörleri her binanın elektrik şebekesine bağlıdır. Ölçülen veriler, her biri için IP verilen modem kullanılarak yerel bir sunucuya aktarmaktadır. Yerel sunucudan verileri izlemek ve indirmek için ENTES tarafından geliştirilen bir yazılım kullanılmaktadır. Fakat bu yazılım verileri detaylı analiz etmek için istenilen bazı özellikleri içermemektedir. Bu sebeple bu tez çalışmasında detaylı analizler gerçekleştirebilen bir EYY geliştirilmiştir. Binalarda kullanılan enerji analizörü ve analizörden aldığı verileri merkezi sunucuya aktaran modem Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3. ENTES enerji analizörü ve modem

Verilerin depolandığı sunucunun bilgileri aşağıda verilmiştir:

- İşletim Sistemi: Windows Server 2019 Standard 64 Bit
- Bellek: 8 GB Bellek
- İşlemci: Intel Xeon E5-2620 v4 2.1 GHz (6 Çekirdek)
- Depolama: 60GB

2.2. Tezin literatüre katkısı

Yapılan literatür incelemesinde görüldüğü üzere birçok ticari kurum tarafından EYY geliştirilmiştir. Fakat bu yazılımlar ücretlidir ve küçük kapasiteli kurum ve firmalar için maliyetlidir. Yapılan akademik çalışmalarda ise genellikle EYY aracı geliştirilmemiş sadece tasarımı için önerilerde bulunulmuştur. Akademik platformlarda geliştirilen az sayıda EYY aracı vardır.

Yapılan literatür incelemelerinde farklı bina türleri ve enerji sistemlerindeki canlı olarak değerlendiren karşılaştırmalı analizlere ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Gelecekteki araştırmaların, simülasyon araçlarının kullanılabilirliğine odaklanarak, bunların çeşitli senaryolarda etkinliğini gösteren vaka çalışmaları geliştirmesi gerektiği ve literatürde bu boşluğun kapatılması gerektiği belirtilmiştir.

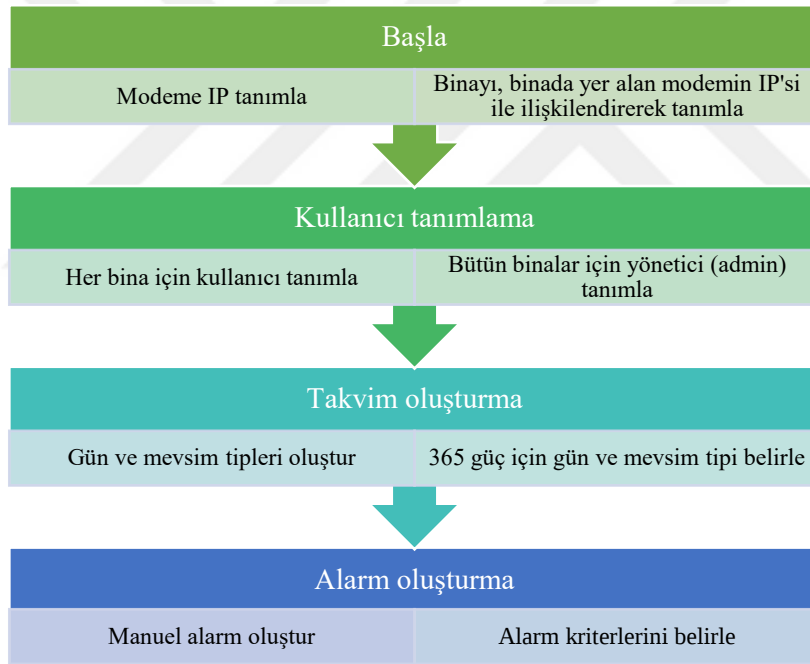
Yapılan incelemeler göz önüne alındığında bu tez çalışmasının literatüre en önemli katkısı canlı veri izleme, kullanıcı rolleri belirleme, alarm oluşturma ve anomali tespit etme imkanı veren bir EYY aracının tasarlanmış ve geliştirilmiş olması, ve bu yazılımın örnek vaka çalışmaları ile çalışırılığının gösterilmiş olmasıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde ilk olarak yazılım geliştirme aşamasında izlenen yöntemler verilmiştir. Daha sonra örnek olay incelemesi sırasında gerçekleştirilen adımlar açıklanmıştır.

3.1. Yazılım Geliştirme Aşaması

Bu çalışmada enerji analizörleri tarafından ölçülen ham verilerin kullanıcılar tarafından ifade edilebilir hale getirilmesi için bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım BTEY (Bina Topluluğu Enerji Yönetim Yazılımı) olarak adlandırılmıştır. Yazılımın akış diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Yönetici (Admin) tarafından kullanılan yazılımın akış şeması

Geliştirilen yazılımda üç tür kullanıcı tipi bulunmaktadır: Yeni kullanıcılar oluşturabilen ve yetkilerini tanımlayabilen süper yönetici, yalnızca kendisine izin verilen binaları görebilen bina yöneticisi ve tüm binaları görebilen ancak değişiklik yapma yetkisi olmayan yönetici.

Öncelikle veri merkezi ofisi tarafından yazılım süper yöneticisine (Super Admin (SA)) her modem için bir IP verilmiştir. Binalara modem kurulumu yapılırken, enerji

analizörü ve modem kurulumu sırasında her modem IP'si girilmiştir. Daha sonra SA, her modemi ilgili IP'yi kullanarak yazılıma tanımlayabilmektedir. Ayrıca analizörler SA tarafından binadaki modemi kullanan yazılıma tanımlanmaktadır. Yazılımda kullanıcıları tanımlama yetkisi SA'ye aittir.

Daha sonra kullanıcı gün tipi tanımını yapmaktadır. Gün tipleri tatil, hafta sonu ve hafta içi olabilir; eğitim, konut, hastane binaları gibi her bina için farklılık gösterebilir. Bu özellik, yazılımın esnek olmasını ve her türlü bina için tasarlanabilmesini sağlamaktadır. Bu, birden fazla bina tipini içeren topluluklar oluşturmak için önemlidir. Anormallik tespit arayüzü, gereksiz anormallik alarmlarının üstesinden gelmek amacıyla benzer gün türlerinde gerçekleştirilen anormallikleri tespit etmek için gün türlerini kullanmaktadır. Yılın 365 günü bir gün ve mevsim türüne atanmalıdır.

Yazılımda bulunan alarm, kullanıcının bilgi almak istediği normal veriden daha düşük veya daha yüksek güç yüzdesini tanımlamasına olanak tanımıştır. Kullanıcı, ölçülen verinin tanımlanan güçten düşük veya yüksek olması durumunda bilgi almak istediği sabit bir gücü de tanımlayabilir.

Bu tezde React tabanlı olmak üzere ön yüz geliştirme teknikleri ve kütüphaneler kullanılmıştır. Modern ve duyarlı yazılımların geliştirilmesine olanak sağlamak için ana kullanıcı arayüzü kitaplığı olarak Material-UI seçilmiştir. Ek olarak, @emotion/react ve @emotion/styled kullanılarak JS'de CSS yaklaşımı benimsenmiştir. Uygulamanın durum yönetimi için Redux ve React-Redux kullanılmıştır.

Form yönetimi için React Hook Form kullanılmıştır. Bu, formların doğrulanmasını ve yönetimini kolaylaştırmıştır, geliştirme sürecini hızlandırmıştır ve hata oranını azaltmıştır. Ayrıca il8next ile çoklu dil desteği de eklenerek farklı dil seçenekleriyle uyumlu bir kullanıcı deneyimi sunulmuştur.

ESLint ve Prettier, geliştirme sürecinin verimliliği ve tutarlılığı için entegre edilmiş olup, bu sayede kod kalitesi iyileştirilerek ve standartlara uygunluk sağlanarak daha sürdürülebilir ve okunabilir bir kod oluşturulmuştur.

Sonuç olarak Javascript tabanlı geliştirilen React projesi, HTML ve CSS'nin yanı sıra güncel ön yüz geliştirme metodolojilerini de benimsemiştir. Böylece kullanıcı odaklı, etkileşimli ve yüksek performanslı bir web uygulamasının temelini oluşturulmuştur.

3.2. Örnek olay incelemesi ve Yazılım Testi

Bu bölümde yazılımın çalışmasının gösterilmesi için elektrik tüketim verisi ölçülen ve izlenen bir binanın analiz sonuçları verilmiştir. Örnek inceleme binası olarak Teknoloji Fakültesi binası seçilmiştir.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde ilk olarak yazılımın geliştirilmesi sırasında oluşturulan veritabanı ve kod yapıları hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra geliştirilen yazılım ekranları açıklamaları ile birlikte verilmiştir. Son olarak örnek olay incelemesi için bir binanın analiz sonuçları verilmiştir.

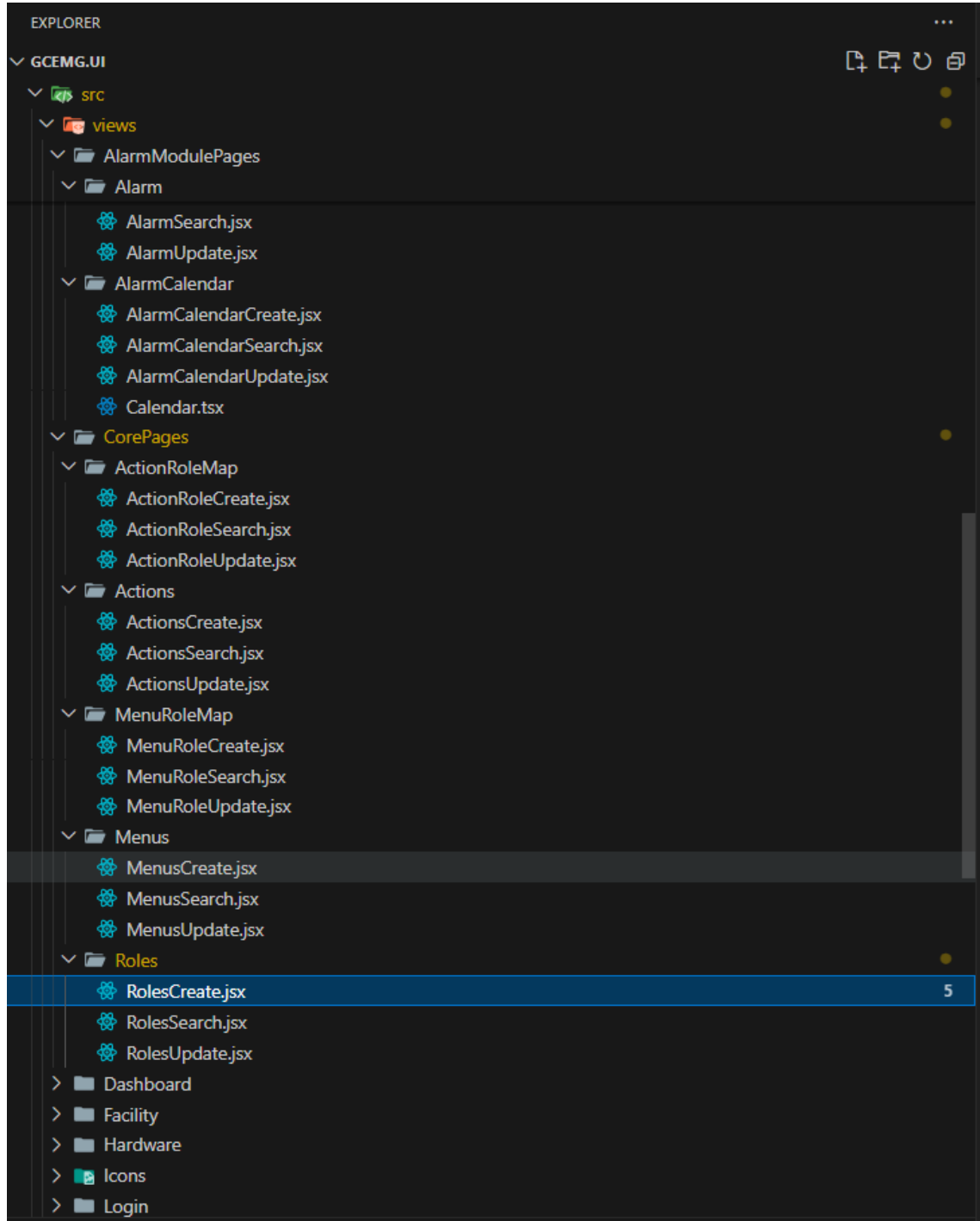
4.1. Yazılımın geliştirilmesi

Yazılım üç ana yapıdan oluşmaktadır; ön yüz, arka uç ve veri tabanı. Bu üç yapı birbirinden tamamen ayrı kısımlardır. Bu yapılar birbirinden ayrılarak sistemin geliştirilmesi ve yönetimi kolaylaştırılmıştır. Şekil 4.1'de veri tabanı şeması görülmektedir.



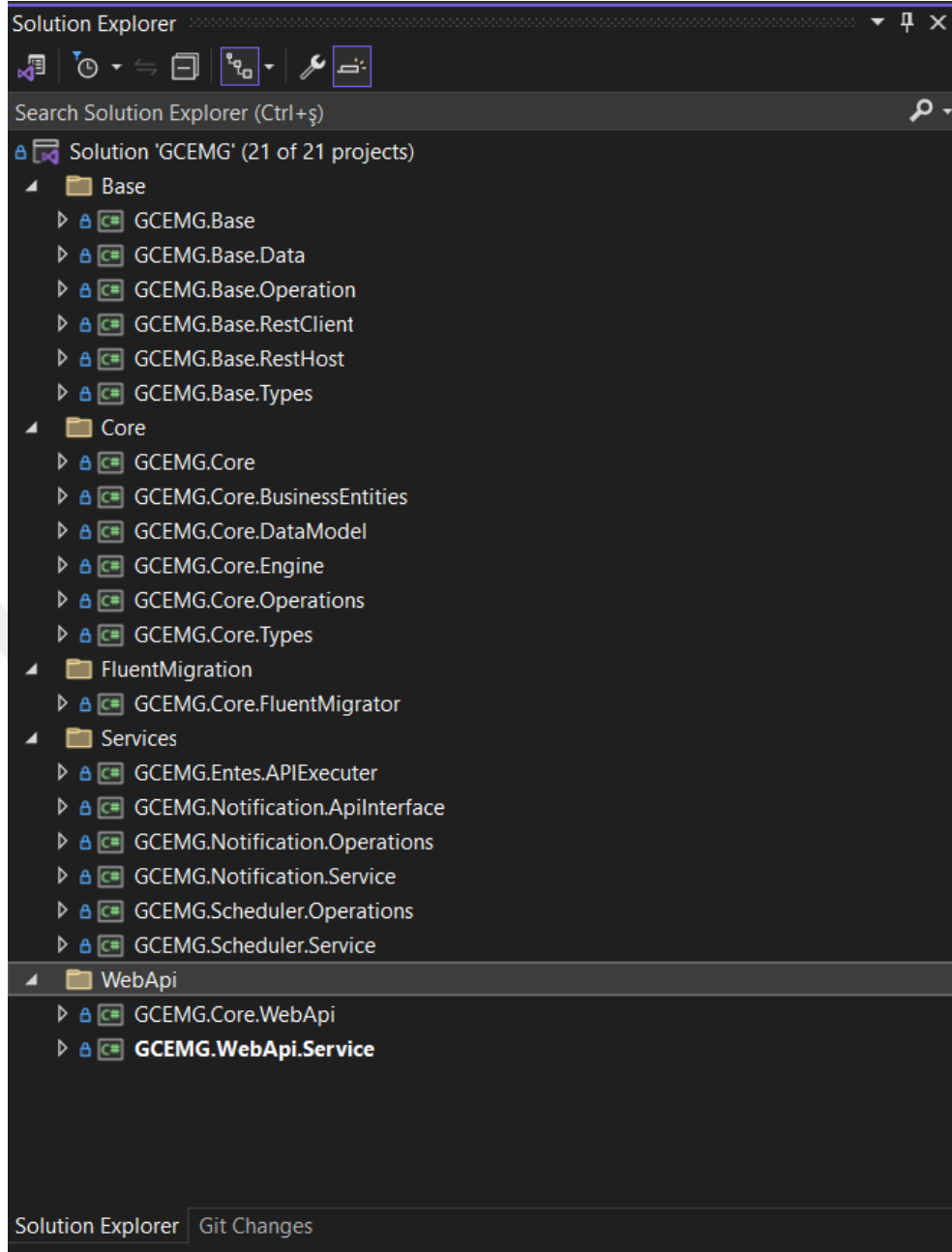
Şekil 4.1. Veri tabanı şeması

Şekil 4.4'te projenin genel klasör yapısı ve sayfa isimlendirme kuralları verilmiştir ve tüm projede bu yapılar korunmuştur.



Şekil 4.4. Ön uç klasör görünümü

Şekil 4.4'te görünen yapı ön uç tarafına ait ekran görüntüsüdür. Şekil 4.5'te görünen yapı arka uç tarafına aittir.



Şekil 4.6. Arka uç projeler görünümü

4.2. BTEY yazılımı

Bu bölümde, BTEY olarak isimlendirilen yazılımın detayları ve işlevleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Yazılımın ekranlarından ve bu ekranların kullanıcılara sunduğu faydalardan bahsedilmiştir. Araştırma sürecinde elde edilen bulgular doğrultusunda, yazılımın etkinliği ve kullanım kolaylığı değerlendirilerek, geliştirme sürecinin başarısı ve potansiyel geliştirme alanları hakkında bilgi sunulmuştur.

Bu çalışmada geliştirilen BTEY yazılımı, Selçuk Üniversitesi kampüsünde kullanılan elektrik enerjisinin etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesini ve bunun sonucunda tüketimi azaltmayı amaçlamaktadır. Yazılım, kampüste bulunan her bina için ölçülen enerji tüketimin verilerini cihazlardan alıp arka uç kısmındaki entegrasyon sayesinde proje kapsamında kullanılabilir hale getirmektedir. Bu veriler, alarm sayfalarında belirli koşullara dayalı şekilde oluşturulan alarm ile kullanıcıları bilgilendirmektedir. Yazılım, aktif ve pasif cihazların yanı sıra binaların yönetimini de kapsamaktadır. Bina sorumluları ve yöneticilerinin bilgileri, alarmların doğru kişilere ulaşmasını sağlamaktadır. Ayarlar kısmında ise dinamik bir yetkilendirme ve kullanıcı altyapısı oluşturularak projeyi yönetebilme imkânı sunulmaktadır. Proje, kullanıcı ayarları, alarm ve uygulama sayfaları (binalar, cihazlar vb.) olmak üzere üç ana modülden oluşmaktadır. BTEY’de kullanıcı bilgilerinin bulunduğu ekranın genel görünümü Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

The screenshot displays the 'Edit User' interface within the BTEY system. On the left is a dark sidebar with navigation options: Dashboards, Application Pages, Alarms, and Settings. The main content area is titled 'Profile' and features a green 'Edit User' header. Below this, a form contains the following fields:

Identity Number	38*****58	First Name	Kenan	Last Name	Geçer
E-Mail	kgecer@gmail.co	Company	THY	Job	Yazılım Mühendisi
Phone Number	546 815 17 32	Extension Number		Education al Status	
Role	Developer	Languages	Engli... X		

On the right side of the form, there is a circular profile picture of a man and text identifying him as 'YAZILIM MÜHENDİSİ Kenan Geçer'. A green 'UPDATE PROFILE' button is located at the bottom right of the form.

Şekil 4.7. Kullanıcı bilgilerinin bulunduğu ekranın genel görünümü

4.2.1. Giriş Sayfası

Bu sayfada sisteme giriş yapılmaktadır. Şekil 4.8’de giriş sayfası görülmektedir.

Şekil 4.8. Giriş sayfası

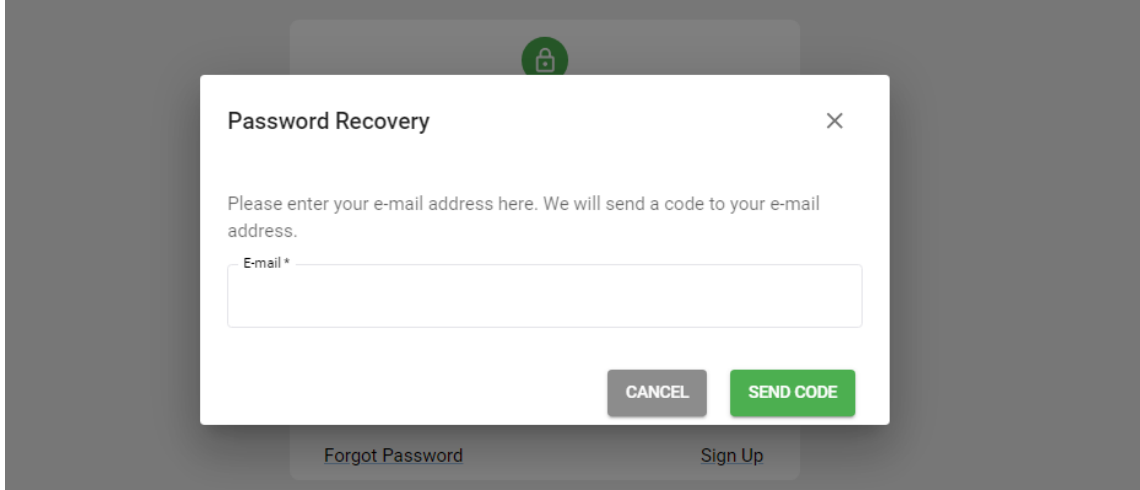
4.2.2. Kaydolma Sayfası

Kayıt sayfasında BTEY’e kullanıcı olarak kaydolma işlemi yapılmaktadır. Şekil 4.9’da kaydolma sayfası görülmektedir.

Şekil 4.9. Kaydolma sayfası

4.2.3. Şifre Kurtarma Sayfası

Şifre kurtarma işlemi Şekil 4.10’da verilen ekran ile yapılmaktadır.



Şekil 4.10. Şifre kurtarma sayfası

4.2.4. Ana Sayfa

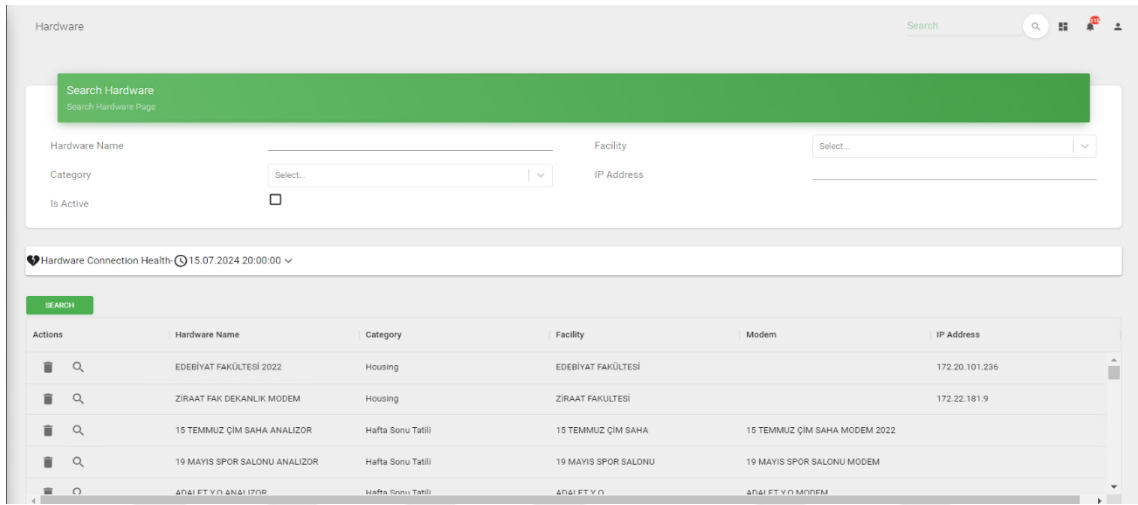
Ana sayfada (Dashboard) anlık olarak cihazlar harita üzerinde görülmektedir. Sayfada aktif ve pasif cihazlar izlenmektedir. Bunun yanı sıra haritada bina üzerine gelince ayrıntılı bilgi verilmektedir. Bu bilgi aktif ve pasif cihazları bildirmektedir. Ayrıca bu sayfada binaların elektrik kullanımı bilgileri analiz edilip kullanıcılara sunulmaktadır. Ana sayfa Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Dashboard ekranı

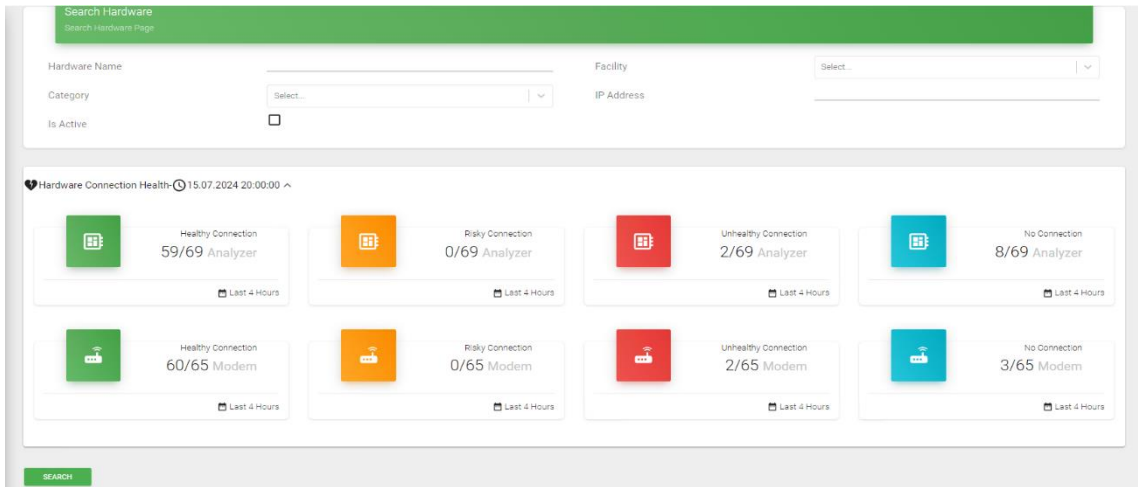
4.2.5. Cihazlar Sayfası

Cihazlar sayfasında detaylı bir şekilde cihaz araması yapılmaktadır ve listelenmektedir. Cihazlar projenin arka ucunda yapılan entegrasyonla çekilmektedir. Donanım (Hardware) detaylı arama ve listeleme sayfası Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Bu sayfada modem ve analizörlerin detayları ve cihaz bağlantı durumları detaylı bir şekilde verilmektedir.



Şekil 4.12. Cihaz arama ve listeleme ekranı

Şekil 4.13’te cihazların detaylı görünümü verilmiştir. Burada cihazların riskli, kopan, sağlıklı ve sağlıklı bağlantı durumları ve bu durumlardaki modem ve analizör sayıları görüntülenmektedir.



Şekil 4.13. Cihaz arama ve listeleme ekranındaki cihazlar bölümü

Şekil 4.14'te cihazın detay sayfası görülmektedir. Arama ekranında listelenen cihazlar aksiyon butonuyla cihaz detay sayfasına yönlendirilmektedir. Burada cihazın tüm detayları görülmektedir.

Hardware Detail
Hardware's Detail Page

Hardware Name	TEKNOLOJİ A BLOK ANALİZÖR	Facility	TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ	Category	Hafta Sonu Tatili
Model	MPR-455	Mac		ModemName	TEKNOLOJİ A BLOK MODEM
SerialNumber	516	Firmware	01.03.06	Timeout	0
Delay	0	IPAddress			

GO TO SEARCH PAGE

Şekil 4.14. Cihaz detaylı gösterim sayfası

4.2.6. Fakülte Sayfaları

Fakülte sayfaları, arama ve güncelleme olmak üzere iki adettir. Arama sayfasında sisteme tanımlı tüm fakülteler için detaylı filtreleme yapılarak arama, listeleme, silme ve güncelleme sayfasına yönlendirme yapılmaktadır. Arama sayfasının görünümü Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Projede fakülte ekleme işlemi yapılmamaktadır, fakülteler arka uç tarafında entegrasyonla projeye çekilmektedir.

Facility

Search Facility
Search Facility Page

Facility Entes Code

Facility Name

Facility Type

Facility Manager

SEARCH

Actions	Facility Code	Facility Name	Facility Type	Facility Manager
	0092720e-7b66-4b37-82b5-2d7346f69342	SOSYAL BİLİMLER M.Y.O		Rektor Rektor
	056f7335-966f-4c5a-997a-07a55048f2ff	İLETİŞİM FAKÜLTESİ		Rektor Rektor
	094da7c2-401c-4ca8-b670-b37f2fe2625b	15 TEMMUZ ÇİM SAHA		Kenan Geçer
	09c35b8e-ea78-4695-b8a4-a54421a392c4	SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ		
	10265361-5db0-4e84-a9ba-8f611f6e99da	ZİRAAT FAKÜLTESİ		

Rows per page: 100 1-40 of 40

Şekil 4.15. Fakülte arama ekranı

Güncelleme işlemi ise sisteme dahil edilen binalara yapılmaktadır. Projede enerji kullanımını anlamlandırabilmek için fakülte tipi, kat sayısı, bina alanı gibi özellikler eklenmiştir. Fakülte güncelleme sayfasının görünümü Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Şekil 4.16’da görüldüğü üzere fakültenin konumu güncelleme sayfasında harita üzerinde gösterilmektedir.

Şekil 4.16. Fakülte güncelleme ekranı

4.2.7. Alarm - Takvim Sayfaları

Alarm-Takvim sayfasında alarmlar tarafından kullanılmak için takvimler oluşturulabilmektedir ve her bina kendi takvimini oluşturabilmektedir. Bu takvimler bir yıl için her güne bir gün tipi atamak için yapılmaktadır. Örnek olarak sınav günleri, ders dönemi, resmi tatiller gibi gün tipleri oluşturulabilmektedir. Gün tipi tanımı sayesinde yazılım alarm verirken gün tipini dikkate almaktadır. Alarm takvim sayfaları toplamda 3 adet sayfadan oluşmaktadır. Arama ve listeleme sayfası, detay sayfası ve alarm takvim oluşturma sayfasıdır. Alarmların güncellenmesi yapılmamaktadır, kullanılan takvimlerin güncellenmesi alarmların hatalı şekilde çalışmasına yol açacağından güncelleneme işlemi bulunmamaktadır. Arama ve listeleme sayfası Şekil 4.17’de görülmektedir.

Alarm Calendar Search

Search

Search Alarm Calendar

Alarm Name

SEARCH ADD

Actions	Name
	Teknoloji Fakültesi
	Test Takvim
	Staff Test
	2 günlük kar tatil

Rows per page: 100 1-4 of 4

Şekil 4.17. Alarm takvim arama ve listeleme sayfası

Şekil 4.18’de görüldüğü gibi ekleme örneğinde alarm takvimi oluşturulmaktadır. Şekil 4.19’da ise eklenen alarmın daha sonra detaylı bir gösterimi yapılmaktadır.

Alarm Calendar Create

Search

Create Alarm Calendar

Alarm Name

NEW PERIOD

Day Type * Hafta Sonu Tatili x Weekly Period 07/01/2024 07/31/2024

Day Type * İş Günü - (0) x Weekly Period 07/01/2024 07/31/2024

GO TO SEARCH PAGE SUBMIT

July 2024

S	M	T	W	T	F	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Şekil 4.18. Alarm takvim ekleme sayfası

Şekil 4.19. Alarm takvim detay sayfası

4.2.8. Alarm Sayfaları

Burada alarm oluşturma, silme ve görüntüleme sayfaları bulunmaktadır. Alarmlar, beklenenden fazla veya az enerji tüketimi durumunda devreye girerek bildirimler yapmaktadır. Bildirimler alarm oluşturulan fakültenin yetkili kişisine ve bu kişinin sorumlu üst yöneticisine gitmektedir. Alarm gönderirim periyodu ve aktif olma gibi bilgiler alarm oluşturma esnasında girilmektedir. Alarmı susturma kısmı ise alarm giden kullanıcının sistemine girip alarmlar kısmından kapatması ile mümkündür. Alarm susturma, sadece aktif olan alarm için mümkündür, alarmı tamamen silme işlemi üst yöneticisi yapabilmektedir. Şekil 4.20’de Alarm listeleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.21’de oluşturulan alarmın detayları verilmiştir. Şekil 4.22’te ise alarm oluşturma sayfası bulunmaktadır ve Şekil 4.22’te görüldüğü üzere oluşturulan takvim alarmla bu şekilde eşlenmektedir. Şekil 4.23’te ise bir alarm bildirimi gözükmemektedir.

Alarm Search

Search

Search Alarm

Search Alarm

Alarm Name

SEARCH ADD

Actions	Name	Alarm Type	Facility	Alarm Calendar
No rows				

Rows per page: 100 0-0 of 0

Şekil 4.20. Alarm listeleme sayfası

Update Alarm - Read only

Update Alarm Page

Scenario Name* Manual Alarm Teknoloji

Notification Period Time(dk)* 120

Calendar* Teknoloji Fakültesi

Energy Type* Watt

Facility* TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

Mail Send ☒

Type* Manual

Operation Type* GreaterThan

Hardware* Select..

Sms Send ☒

Value* 100

GO TO SEARCH PAGE

Şekil 4.21. Alarm detay sayfası

Alarm Create

Search

Create Alarm

Create Alarm Page

Scenario Name*

Notification Period Time(dk)*

Calendar* Select..

Facility* Select..

Mail Send ☐

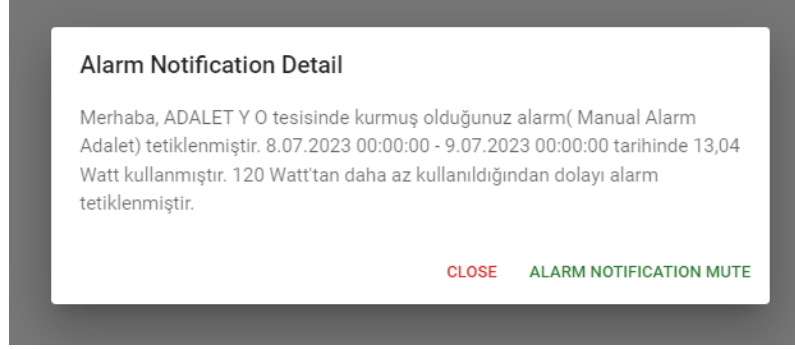
Type* Select..

Hardware* Select..

Sms Send ☐

GO TO SEARCH PAGE SUBMIT

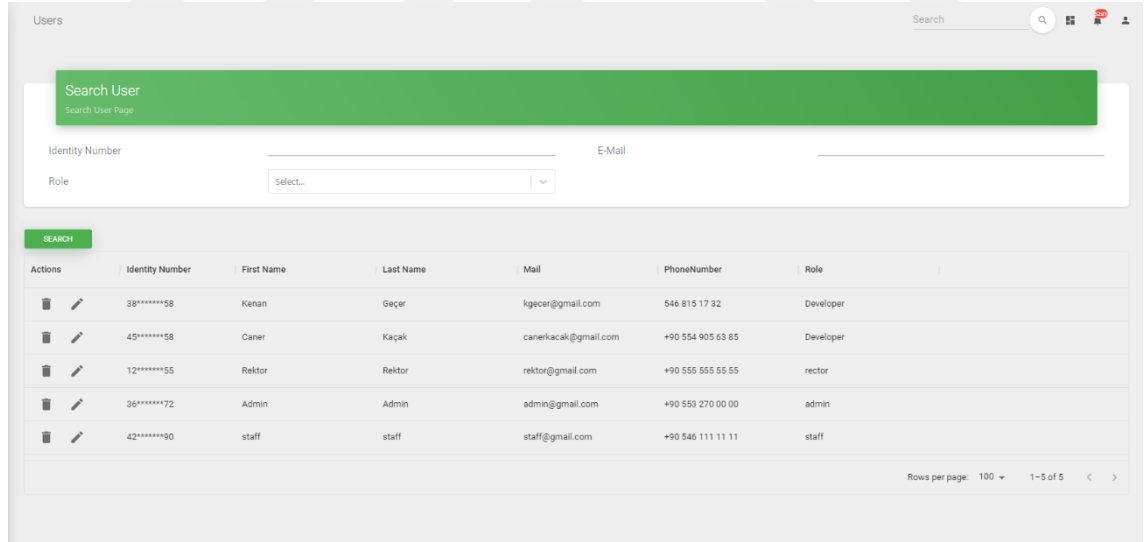
Şekil 4.22. Alarm ekleme sayfası



Şekil 4.23. Alarm bildirimi

4.2.9. Kullanıcı Sayfaları

Bu sayfalarda sisteme giriş yapabilen tüm kullanıcılar yönetilmektedir. Bu sayfalarda kullanıcı arama ve listeleme, kullanıcı silme, kullanıcı güncelleme işlemleri yapılmaktadır. Kullanıcı ekleme işlemi ise kullanıcının kendisi tarafından Giriş sayfasında bulunan kaydolma ekranı sayesinde yapılmaktadır. Şekil 4.24'te kullanıcı arama ve listeleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.25'te kullanıcı güncelleme sayfası görülmektedir.



Şekil 4.24. Kullanıcı arama ve listeleme sayfası

Şekil 4.25. Kullanıcı güncelleme sayfası

4.2.10. Aksiyon Sayfaları

Bu sayfalarda sistemde bulunan sayfalardaki bütün aksiyon butonlarının yönetimi yapılmaktadır. Koda eklenen butonlara verilen eşsiz anahtarlar daha sonra Aksiyon ekleme sayfasında sisteme dahil ediliyor böyle bu buton için yetki yönetimi yapılıyor. Şekil 4.26’de Aksiyon arama sayfası görülmektedir, burada aramanın yanı sıra diğer arama sayfalarında da olduğu gibi silme işlemi ve detay, güncelleme, ekleme sayfalarına yönlendirme işlemleri de yapılmaktadır. Şekil 4.27’de aksiyon ekleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.28’te ise aksiyon güncelleme sayfası görülmektedir.

Actions	Action Code	Action Name
	actions-create-submit	actions-create-submit
	actions-search-add	actions-search-add
	actions-search-search	actions-search-search
	actions-search-edit	actions-search-edit
	actions-search-delete	actions-search-delete

Şekil 4.26. Aksiyon arama sayfası

Şekil 4.27. Aksiyon ekleme sayfası

Şekil 4.28. Aksiyon güncelleme sayfası

4.2.11. Menü Sayfaları

Menü sayfalarında sistemde bulunan menülerin yönetimi yapılmaktadır. Kod tarafında oluşturulan menülere birer tane eşsiz anahtar kelime verilmektedir, verilen eşsiz anahtar kelime daha sonra bu sisteme eklenerek kullanılabilir hale gelmektedir. Bu menülerin yönetimi yetkilendirmeyeyle ilgili bir durumdur ve görmesi istenilen rol grubuna yetki verilerek gösterilmesi sağlanmaktadır. Şekil 4.29’da menü arama sayfası görülmektedir, silme işlemi ve diğer menü sayfalarına yönlendirme işlemleri de yapılmaktadır. Şekil 4.30’de menü ekleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.31’te ise menü güncelleme sayfası görülmektedir.

Menus Search    

Search Menu

Search Menu Page

Menu Name Menu Code

SEARCH

ADD

Menus	Menu Code	Menu Name
 	Dashboard-2	Dashboard-2
 	actions-update/id	actions-update
 	actions-create	actions-create
 	actions-search	actions-search
 	action-role-search	action-role-search

Rows per page: 100 1-36 of 36 < >

Şekil 4.29. Menü arama sayfası

Menus Search    

Create Menu

Create Menu Page

Menu Name Menu Code

GO TO SEARCH PAGE

SUBMIT

Şekil 4.30. Menü ekleme sayfası

Menus Search    

Update Menu

Update Menu Page

Menu Name Menu Code

GO TO SEARCH PAGE

UPDATE

Şekil 4.31. Menü güncelleme sayfası

4.2.12. Rol Sayfaları

Bu sayfalarda sistemde bulunan kullanıcılara ait rol yönetimi yapılmaktadır. Rol listeleme, silme, ekleme ve güncelleme işlemleri yapılmaktadır. Roller ise kullanıcılara vererek bu rol ile eşlenmiş olan aksiyon ve menüler için bu kullanıcıya yetki verilmektedir. Şekil 4.32’de rol arama sayfası görülmektedir. Silme işlemi ve diğer rol sayfalarına yönlendirme işlemleri de yapılmaktadır. Şekil 4.33’te rol ekleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.34’te ise rol güncelleme sayfası görülmektedir.

Roles	Role Code	Role Name
	super-developer	Developer
	user	user
	rector	rector
	staff	staff
	dost-meclisi	dost meclisi

Şekil 4.32. Rol arama sayfası

Şekil 4.33. Rol ekleme sayfası

Şekil 4.34. Rol güncelleme sayfası

4.2.13. Menü Rol Eşleme Sayfaları

Menü Rol Eşleme sayfalarında sistemde bulunan rollerin ve menülerin eşlemesi yapılmaktadır. Şekil 4.35’te menü rol eşleme arama sayfası görülmektedir, silme işlemi ve bu sistemin diğer sayfalarına yönlendirme işlemleri de yapılmaktadır. Şekil 4.36’da menü rol eşleme ekleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.37’de ise menü rol eşleme güncelleme sayfası görülmektedir.

MenuRole	Role	Menu
	Developer - (super-developer)	Dashboard-2 - (Dashboard-2)
	Developer - (super-developer)	actions-update - (actions-upda...
	Developer - (super-developer)	actions-create - (actions-create)
	Developer - (super-developer)	actions-search - (actions-searc...
	Developer - (super-developer)	action-role-search - (action-rol...

Şekil 4.35. Menü Rol Eşleme arama sayfası

Şekil 4.36. Menü Rol Eşleme ekleme sayfası

Şekil 4.37. Menü Rol Eşleme güncelleme sayfası

4.2.14. Aksiyon Rol Eşleme Sayfaları

Aksiyon Rol Eşleme sayfalarında sistemde bulunan rollerin ve aksiyonların eşlemesi yapılmaktadır. Bir rol ile bir aksiyon eşlenmesi durumunda o role o aksiyon için yetki verilmiştir. Şekil 4.38’de aksiyon rol eşleme arama sayfası görülmektedir, silme işlemi ve bu sistemin diğer sayfalarına yönlendirme işlemleri de yapılmaktadır. Şekil 4.39’da aksiyon rol eşleme ekleme sayfası görülmektedir. Şekil 4.40’ta ise aksiyon rol eşleme güncelleme sayfası görülmektedir.

Action Role Mapping

Search

Search Action Role Mapping

Search Action Role Mapping Page

Role Select... Action Select...

SEARCH ADD

ActionRole	Role	Action
 	Developer - (super-developer)	actions-search-edit - (actions-s...
 	Developer - (super-developer)	actions-search-delete - (action...
 	Developer - (super-developer)	actions-edit-update - (actions...
 	Developer - (super-developer)	menus-edit-update - (menus-e...
 	Developer - (super-developer)	menus-create-add - (menus-cr...

Rows per page: 100 1-100 of 165

Şekil 4.38. Aksiyon Rol Eşleme arama sayfası

Action Role Mapping

Search

Create Action Role Mapping

Create Action Role Mapping Page

Role Select... Action Select...

GO TO SEARCH PAGE SUBMIT

Şekil 4.39. Aksiyon Rol Eşleme ekleme sayfası

Action Role Mapping

Search

Update Action Role Mapping

Update Action Role Mapping Page

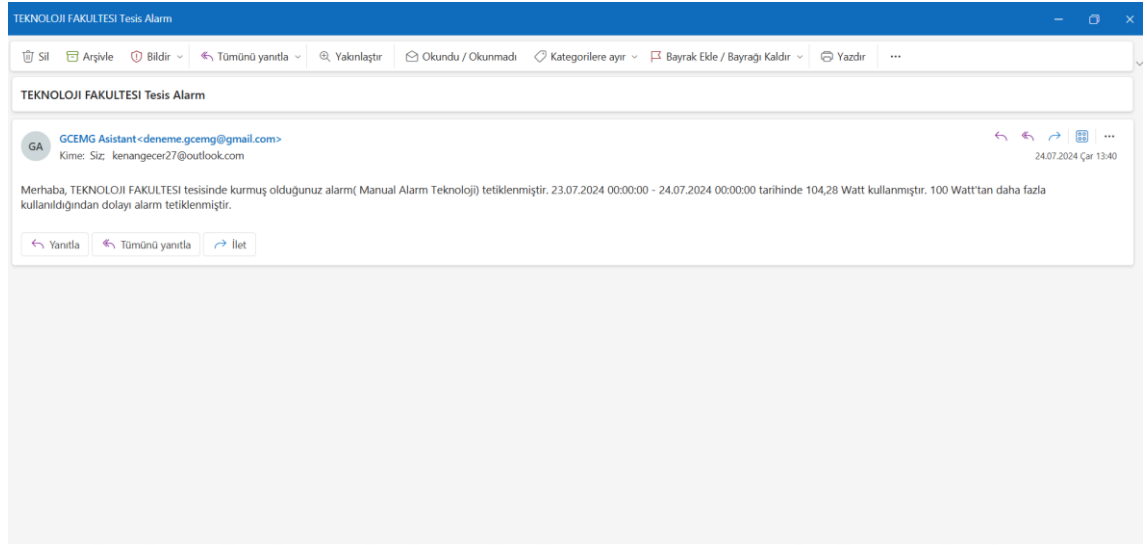
Role Developer - (super-developer) X Action actions-search-edit - (actions-search-edit) X

GO TO SEARCH PAGE UPDATE

Şekil 4.40. Aksiyon Rol Eşleme güncelleme sayfası

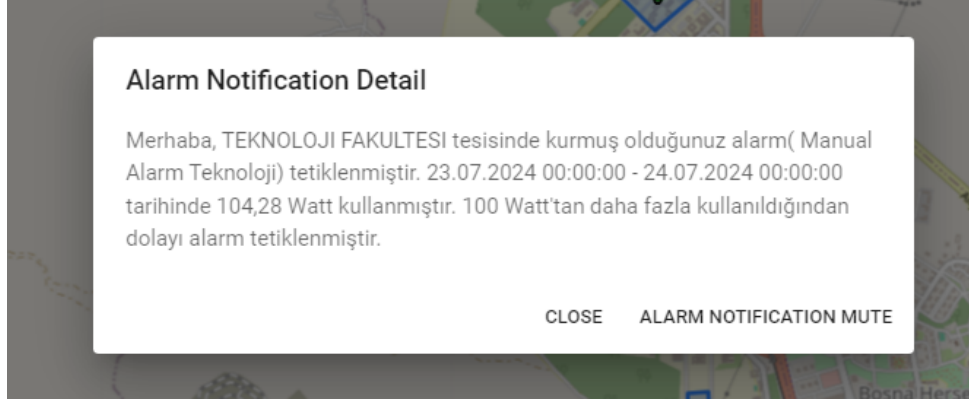
4.3. Kullanıcı Bildirim

Kullanıcı sorumlu olduğu binaya atandıktan sonra o bina için alarm oluşturulur. Sürekli olarak oluşturulan alarmların kurallarına göre ilgili binaların verileri analiz edilir. Alarmin tetikleme durumu oluşmuşsa, alarm oluşturma sayfasında belirlen kriterlere uygun şekilde bildirim bina sorumlusuna e-posta ile iletilir. Şekil 4.41’de kullanıcıya iletilen bir e-posta görülmektedir.



Şekil 4.41. Alarm oluşması sonucunda kullanıcıya gönderilmiş e-posta

Bildirim e-postaları ile binalarda oluşabilecek fazla kullanımların tespiti yapılarak fazla kullanımın önüne geçilebilecektir. Sorumlu kişiye gönderilen bildirimler, aynı zamanda yöneticilere de iletilerek bir denetim yapısı oluşturulmuştur. Bildirimler, belirli aralıklarla tekrarlanarak kullanıcıların aksiyon almaları sağlanmaktadır. Aksiyon sonrasında uygulamaya girilerek bildirim kapatılmaktadır. Şekil 4.42’de görülen ekran görüntüsünde bildirim görülmektedir ve bildirimin kapatılması işlemi burada yapılmaktadır. Bildirim kapatıldıktan sonra, alarm senaryosunda belirlenen kurallar yeniden oluşmadıkça bir daha bildirim gönderilmeyecektir.



Şekil 4.42. Bildirim kapatma ekranı

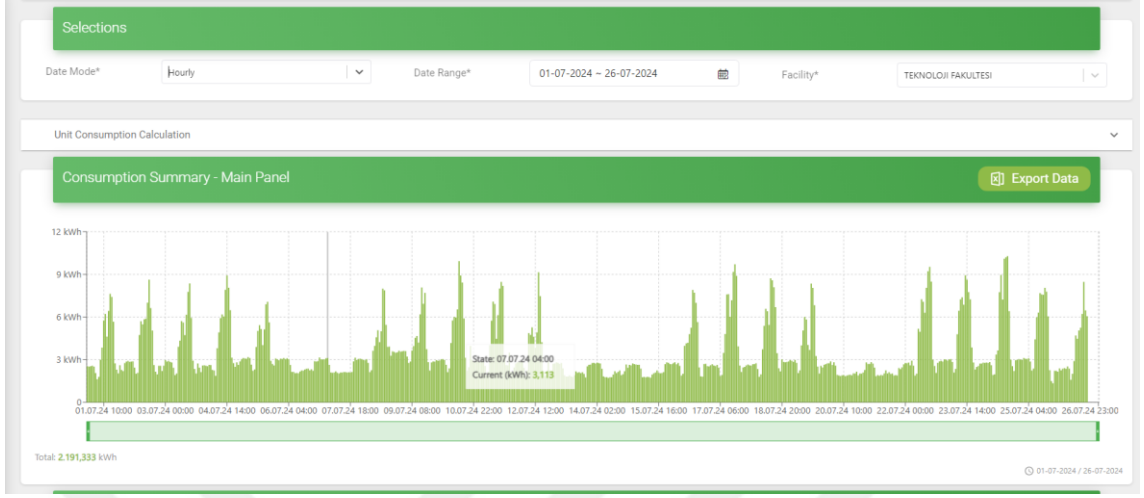
Bildirim gönderilen örnekte oluşturulan senaryo Şekil 4.43'te görülmektedir. Görüldüğü üzere 100 Watt'tan daha fazla bir kullanım olması durumunda fakülte sorumlularına bildirim gönderilmesi istenmiştir. Bildirim gönderim aralığı ise 120 dakika seçilmiştir. Oluşturulan senaryo kod tarafındaki alarm kontrol işi tarafından gün sonunda kontrol edildiğinde bu fakülte 24.07.2024 tarihinde 104,28 Watt elektrik kullanmıştır. Senaryoda ise 100 Watt fazlası durumunda devreye girmiştir ve Şekil 4.41'deki bildirim bina sorumlularına gitmiştir.

Şekil 4.43. Bildirim kapatma ekranı

4.4. Verinin Kullanıcıya Sunulması

Projede her binanın verisi ham şekilde çekilip veri tabanında uygun formata getirilerek kaydedilmektedir. Bu veriler arka uç tarafında periyodik şekilde sisteme dahil edilmektedir. Sisteme dahil edilen veriler Şekil 4.44'te görüldüğü üzere kullanıcılara

sunulmaktadır. Kullanıcılar bu verileri saatlik, günlük veya aylık olarak inceleyebilmektedir.



Şekil 4.44. Fakülte saatlik enerji kullanımı

Ayrıca Şekil 4.45'te görüldüğü üzere binalar arası verilerin kıyaslanması kullanıcılara sunulmuştur. Veriler ayrıntılı bir şekilde analiz edilmektedir. Bu sayede kullanıcılar sorun oluşan zamanı rahatlıkla gözlemleyebilmektedir. Aynı zamanda diğer binaların elektrik tüketimi ile kıyas yaparak enerji tasarruf stratejisi geliştirebilmektedir. Analiz raporları Excel olarak sistemden çıktı alınabilmektedir. Şekil 4.46'te örnek bir Excel çıktısı görülmektedir

Electric Consumption of Facilities			
Facility Name	Average Daily (kWh / Day)	Last 30 Days (kWh)	Total (kWh)
HAYVAN HASTANESİ	1.493,44	68.852,56	701.916,17
TIP FAK	1.183,11	42.659,55	556.061,18
YURTLAR	1.177,17	18.010,14	553.269,02
KAFETERYA (MERKEZ)	874,03	21.607,65	410.794,07
MERKEZİ KAFETERYA	604,16	35.564,03	283.956,87

Şekil 4.45. Binaların enerji kullanım analizi

FacilityName	AverageDaily	LastThirtyDay	Total
HAYVAN HASTANESİ	1493,44	68852,56	701916,17
TIP FAK	1183,11	42659,55	556061,18
YURTLAR	1177,17	18010,14	553269,02
KAFETERYA (MERKEZ)	874,03	21607,65	410794,07
MERKEZİ KAFETERYA	604,16	35564,03	283956,87
REKTÖRLÜK BİNASI	367,29	16561,03	172624,38
SAGLIK BİLİMLERİ FAKULTESİ	257,43	6568,84	120993,57
ERASMUS YURT BİNASI	222,31	6113,15	104486,55
DİS HEKİMLİĞİ FAKULTESİ	192,98	5377,57	90698,48
KONUKEVİ	175,81	5802,88	82629,82
TEKNOLOJİ FAKULTESİ	152,31	2680,54	71583,8
19 MAYIS SPOR SALONU	142,38	3742,55	66920,42
YADAM	137,43	3569,69	64590,35
KUTUPHANE BİNASI	119,95	637,54	56377,78
EDEBİYAT FAKÜLTESİ	116,9	1937,97	54942,61
İLETİŞİM FAKÜLTESİ	109,54	2451,96	51481,51
HUKUK FAKÜLTESİ	97,77	281,24	45954,04
MERKEZİ DERSLİK 1	78,12	1004,26	36716,54
DİLEK SABANCI DEVLET KONSERVATUARI	77,09	876,9	36232,41
TURİZM FAKULTESİ	71,09	2072,93	33412,3
ANAOKULU	58,75	1728,4	27613,23
ADALET Y O	58,67	937,74	27576,75

Şekil 4.46. Binaların enerji kullanım Excel çıktısı

4.5. Kampüsün enerji tasarruf potansiyelinin incelenmesi

Selçuk Üniversitesi kampüsünde mesai saatlerinde elektrik tüketimi artmaktadır, 18:00'dan sonra ise birçok bina kullanılmamaktadır. Fakat uygulama raporları incelendiğinde gece saatlerinde de birçok binada elektrik tüketiminin önemli derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu da yüksek bir enerji tasarrufu potansiyeline (ETP) işaret etmektedir. Analiz edilen veriler kullanılarak gözlemlenen bazı olası enerji tasarrufu potansiyelleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Enerji Tasarruf Potansiyelleri

	Durum	Tasarruf	ETP, kWh/yıl
Kampüs	ETP: Binaların kapalı olması	22%	633.992
Çim Alan	Aydınlatma 00:00'dan sonra 6 saat kapalı	28%	4.291
Müze	ETP: Müzenin akşam kapalı olması	24%	2.108
Kütüphane	ETP: Kütüphanenin akşam kapalı olması	50%	13.890
Güneş Enerji Yönetim Binası	ETP: Güneş Enerji binasının akşam kapalı olması	69%	17.666
Kampüs yoğun saatleri	ETP: Yoğun saatler	48%	1.381.769

Eğitim ve idari amaçlı binalar 18:00-08:00 saatleri arasında kapalıdır. Kapalı olan binaların gece saatlerinde elektrik tüketimi toplam tüketimin %22'sini oluşturmaktadır. Bu oran enerji tasarrufu için stratejiler geliştirilmesi gereken temel potansiyeldir. Güneş

enerjisi yönetim binasının gece elektrik tüketimi toplam tüketiminin %69'u olup, bu tüketimin çoğunluğu bahçe aydınlatmalarından kaynaklanmaktadır.

Kampüsün gündüz elektrik tüketimi toplam tüketimin yaklaşık %48'ini oluşturmaktadır. Üniversite, yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olan Konya, Türkiye'de bulunmaktadır. Bu sebeple, talebin yarısını karşılayan bir fotovoltaik güç santrali, yüksek enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Geliştirilen yazılım kullanılarak geliştirilecek olan ETP'ler ile üniversitenin, elektrik tüketiminde %22-50 arasında tasarruf elde edebileceği öngörülmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışması, Selçuk Üniversitesi kampüsünde enerji tüketimini izlemek ve yönetmek amacıyla geliştirilen bir Enerji Yönetim Yazılımı'nın (EYY) tasarımı, uygulanması ve performans değerlendirmesini kapsamaktadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler ve elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- **Enerji Yönetiminin Etkinliği:** Geliştirilen EYY, kampüste yer alan binaların enerji tüketimini gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte ve enerji tüketim profillerini çıkarmaktadır. Bu sayede, enerji yönetimi daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmiş ve enerji tüketiminde verimlilik artışı sağlanmıştır. Elde edilen veriler, enerji tüketiminde anormalliklerin ve verimsizliklerin tespit edilmesinde önemli bir rol oynamıştır.
- **Enerji Tasarrufu Potansiyeli:** Yazılım, binaların enerji tüketimini optimize etmek ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla gerekli verileri sağlamaktadır. Özellikle, gece saatlerinde gereksiz enerji tüketiminin önlenmesi, aydınlatma ve ısıtma/soğutma sistemlerinin optimize edilmesi gibi alanlarda önemli ölçüde enerji tasarrufu potansiyeli tespit edilmiştir. Bu bulgular, kampüs genelinde enerji maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayacaktır.
- **Kullanıcı Etkileşimi ve Geri Bildirim:** Yazılımın kullanıcı dostu arayüzü, farklı yetki seviyesindeki kullanıcıların enerji tüketim verilerini analiz edebilmesine ve raporlar oluşturabilmesine olanak tanımıştır. Kullanıcıların sistemden memnuniyeti ve geri bildirimleri, yazılımın pratikte etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, enerji verimliliği konusunda kullanıcıların bilinçlendirilmesi sağlanmıştır.
- **Veri Analizi ve Raporlama:** Geliştirilen sistem, enerji tüketim verilerini güvenli bir şekilde depolamakta ve kullanıcıların geçmiş veriler üzerinde analiz yapmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, uzun vadeli enerji yönetim stratejilerinin geliştirilmesine ve enerji tüketimindeki eğilimlerin izlenmesine olanak tanımaktadır. Sistemin sağladığı detaylı raporlama özellikleri, yönetim kararlarını destekleyecek nitelikte olup, enerji yönetimi süreçlerini daha da iyileştirmeye yönelik önemli veriler sunmaktadır.

- Alarm ve Bildirim Mekanizmaları: Sistemde tanımlanan eşik değerlerin aşılması durumunda kullanıcıları bilgilendiren alarm ve bildirim mekanizmaları geliştirilmiştir. Bu özellik, enerji tüketiminde beklenmedik durumların hızla tespit edilmesini ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlamıştır. Bu sayede, enerji kayıplarının en aza indirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir.

5.2 Öneriler

Geliştirilen yazılımın aşağıda verilen öneriler ile daha kapsamlı bir hale getirilebileceği düşünülmektedir.

- Sistemin Genişletilmesi: Mevcut yazılım, elektrik tüketimine odaklanmış olup, ilerleyen süreçte su, doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi diğer enerji türlerinin de izlenmesine olanak sağlayacak şekilde genişletilebilir. Böylece, kampüs genelinde enerji yönetiminin daha kapsamlı ve bütünsel bir yaklaşımla ele alınmasını sağlanacaktır.
- Mobil Uygulama Entegrasyonu: Kullanıcıların enerji tüketim verilerine her an erişebilmesi ve hızlı bir şekilde müdahalede bulunabilmesi amacıyla mobil uygulama geliştirilmesi önerilmektedir. Bu uygulama, enerji yönetimi süreçlerini daha esnek ve erişilebilir hale getirecek, kullanıcıların enerji tüketimindeki anormalliklere anında tepki verebilmelerine olanak tanıyacaktır.
- Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları: Enerji tüketim verilerinin daha ileri düzeyde analiz edilmesi amacıyla yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmalarının entegrasyonu önerilmektedir. Bu entegrasyon, enerji tüketimindeki eğilimleri tahmin etme, enerji verimliliğini artırma ve otomatik karar alma süreçlerini destekleyecektir. Özellikle, enerji tasarrufu sağlamak amacıyla belirli alanlarda otomatik müdahaleler gerçekleştirilebilir.
- Kullanıcı Eğitimleri ve Bilinçlendirme Kampanyaları: Enerji yönetiminde başarının artırılması için yazılım kullanıcılarının düzenli olarak eğitilmesi ve enerji tasarrufu konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kampüs genelinde enerji verimliliği farkındalığını artırmaya yönelik kampanyalar düzenlenmelidir. Bu, enerji tasarrufunun sadece teknik önlemlerle değil, aynı zamanda kullanıcı davranışlarıyla da desteklenmesini sağlayacaktır.

- Sistem Performansının Sürekli İzlenmesi ve Geliştirilmesi: Geliştirilen yazılımın performansı düzenli olarak izlenmeli ve kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda sistem sürekli olarak iyileştirilmelidir. Ayrıca, sistemin diğer üniversite kampüslerinde veya büyük ölçekli kamu binalarında pilot uygulamalarla test edilmesi ve bu testlerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu sayede, yazılımın geniş bir uygulama alanında etkin bir şekilde kullanılabilirliği artırılabilecektir.

Bu öneriler, enerji yönetimi konusunda elde edilen sonuçların daha da geliştirilmesi ve uygulamaya dönüştürülmesi açısından önemli adımlar olarak değerlendirilebilir. Tez kapsamında geliştirilen yazılım, Selçuk Üniversitesi kampüsünde enerji verimliliğinin artırılmasına katkı sağladığı gibi, benzer yapılarda da uygulanabilir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- A.B.B. *Energy Management Solutions*. <https://new.abb.com/about/our-businesses/electrification/abb-ability/energy-management>
- AbuAlnaaj, K., Ahmed, V., & Saboor, S. (2020). Strategic Framework for Smart Campus. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Dubai, UAE.
- AktifEnerji. *READYCITY Enerji Yönetimi ve İzleme Yazılımı*. <http://www.aktifenerji.com.tr/tr/urun/21/readycity-enerji-yonetimi-ve-izleme-yazilimi>
- Apollo. *Apollo Fiyatları*. <https://www.apolloiot.com/fiyatlar>
- Bautek. *Enerji Performans Yönetim Sistemi*. <https://bautek-tr.com/cozumler/operasyon-yonetim/enerji-izleme-ve-yonetim-sistemleri>
- BestEnerji. *Enerji İzleme Sistemi*. <https://bestenerji.com.tr/hizmetler/enerji-izleme-sistemi>
- Crawley, D., & Lawrie, L. (2023). Repository of free climate data for building performance simulation. <https://climate.onebuilding.org/>
- ÇŞİDB. (2023). *Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketimi*. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorelere-gore-nihai-enerji-tuketimi-i-85804#:~:text=2021%20y%C4%B1%C4%B1nda%20T%C3%BCrkiye'de%2C%20nihai,6%2C3%25'd%C3%BCr>
- Dardor, D., Flórez-Orrego, D., Terrier, C., Domingos, M. E. R., Platteau, C., da Silva, J. C., Lopez, M., & Maréchal, F. (2024). ROSMOSE: A web-based decision support tool for the design and optimization of industrial and urban energy systems. *Energy*, 132182.
- Debnath, R. B. H. G. M. G. I. F. I. M. R. (2021). Better energy efficiency policy with digital tools. *International Energy Agency*. Retrieved 8 6, from <https://www.iea.org/articles/better-energy-efficiency-policy-with-digital-tools>
- DeosTeknoloji. *DEOSDATA Dijital Enerji İzleme ve Yönetim Sistemi*. <https://deosteknoloji.com/enerjiizlemesistemi/>
- ENTES. *ENTES Enerji İzleme Yazılımları*. <https://www.entes.com.tr/entes-enerji-izleme-yazilimlari/>
- ETKB. (2023). *Denge Tabloları*. <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari>
- ETKB. (2024). *T.C. Enerji Bakanlığı Elektrik*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2024%20y%C4%B1%C4%B1%20May%C4%B1s%20ay%C4%B1%20sonu,%C3%BC%20ise%20di%C4%9Fer%20kaynaklar%20C5%9Fe klindedir>
- FAQS, U. S. E. (2023). How many smart meters are installed in the United States, and who has them? Retrieved 12 8, from <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=108&t=3>
- Fuels, F. (2021). *Fossil Fuels*. <https://www.eesi.org/topics/fossil-fuels/description#:~:text=Fossil%20fuels%E2%80%94including%20coal%2C%20oil,were%20compressed%20and%20heated%20underground>
- IEA. (2023). <https://www.iea.org/reports/buildings>
- kioplatform. <https://www.kioplatform.com/en/>
- Liu, X., Ding, Y., Tang, H., & Xiao, F. (2021). A data mining-based framework for the identification of daily electricity usage patterns and anomaly detection in building electricity consumption data. *Energy and Buildings*, 231, 110601.

- Liu, Y., Yang, C., Jiang, L., Xie, S., & Zhang, Y. (2019). Intelligent Edge Computing for IoT-Based Energy Management in Smart Cities. *IEEE Network*, 33(2), 111-117.
- Marinakakis, V., Doukas, H., Tsapelas, J., Mouzakis, S., Sicilia, Á., Madrazo, L., & Sgouridis, S. (2020). From big data to smart energy services: An application for intelligent energy management. *Future Generation Computer Systems*, 110, 572-586.
- Muhamad, W., Kurniawan, N. B., & Suhardi. (2017). Smart Campus Features, Technologies, and Applications: A Systematic Literature Review. IEEE 2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation, Bandung.
- NREL. (2013). The Energy DataBus. <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56351.pdf>
- PowerHud. *Yeni nesil enerji izleme*. <https://www.powerhud.com/tr/#1508195566548-49b3e462-70c0>
- ProManage. *ProManage Enerji Yönetim Modülü*. <https://www.promanage.com/TR/3-urunler/198-yazilim/268-enerji-yonetimi/>
- RETGEN. *Retgen Enerji Santralleri İzleme ve Yönetim Sistemi*. https://retgen.com/retgen-enerji-santrali-izleme-ve-yonetim-sistemi-ads/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAlcyuBhBnEiwAOGZ2S65zgVE9zi1Iv5qRNRD1tgNOjraSxlm8rFhu3KeNiggLe0B5rFt5KhoC6UgQAvD_BwE
- Schneider. *EcoStruxure™ Building Advisor*. <https://www.se.com/tr/tr/product-range/39297330-ecostruxure-building-advisor/?parent-subcategory-id=26426255#overview>
- Shahcheraghian, A., Madani, H., & Ilinca, A. (2024). From white to black-box models: A review of simulation tools for building energy management and their application in consulting practices. *Energies*, 17(2), 376.
- Silva, J. A. A., López, J. C., Guzman, C. P., Arias, N. B., Rider, M. J., & da Silva, L. C. (2023). An IoT-based energy management system for AC microgrids with grid and security constraints. *Applied Energy*, 337, 120904.
- SisTrade. *ERP Yazılımı - Enerji Yönetimi*. <https://www.sistrade.com/tr/cozumler/sistrade-ozellikleri/enerji-yonetimi/>
- WinergyTechnologies. *Enerji İzleme Yazılımı*. <https://winergytechnologies.com/enerji-izleme-ve-yonetim-yazilimi/>
- Zhu, B., Zhu, C., & Dewancker, B. (2020). A study of development mode in green campus to realize the sustainable development goals. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(4), 799-818.
- Zhu, J., Shen, Y., Song, Z., Zhou, D., Zhang, Z., & Kusiak, A. (2019). Data-driven building load profiling and energy management. *Sustainable Cities and Society*, 49, 101587.