

BİNALAR ENERJİLERİNE SAHİP ÇIKABİLİR Mİ?**,**

Cem YILDIZ***

Vahap TECİM****

Kaan YARALIOĞLU*****

ÖZ

Enerji, ülkeler için sosyal ve ekonomik kalkınma potansiyelini gösteren en önemli kıstaslardan birisidir. Sosyal ve ekonomik gelişmelere paralel olarak yükselen refah seviyesi ise, enerji tüketiminin artmasında rol oynayan ana unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Geçmişten günümüze devam eden bina yapım alışkanlıkları; iklim değişimlerinin, enerji kaynaklarının tükenmesinin ve dünya üzerinde gerçekleşen küresel ısınmanın en önemli etkilerindendir. Küresel olarak tüketilen enerjinin %40'nı temsil eden binalarda, enerjinin verimli ve etkin kullanımının yanı sıra doğru yönetilebilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte, etkin ve verimli bir enerji politikası sürdürülebilmek amacıyla küresel ölçekte bir çok uygulama ve kısıtlama bulunmaktadır. Çalışma kapsamında, enerji yönetimi ve karar destek sistemlerinin kullanılmasıyla özellikle kamu binaların enerji tüketimleri özelinde otonom hareket edip edemeyeceği tartışılmaktadır. Çalışma ayrıca, kamu binalarında enerji tüketimlerinin ölçülmesi ve planlanması ve yönetilmesi konusunda faydalı olacağı düşünülen Nesnelerin İnterneti tabanlı (IoT) modül önerisi sunmaktadır.

Anahtar Kavramlar: Nesnelerin İnterneti, Enerji Verimliliği, Uzman Sistemler.

* Bu çalışma 23-25 Eylül 2020 tarihlerinde Erciyes Üniversitesi'nde düzenlenen 19. Uluslararası İşletmecilik Kongresi'nde sunulan bildirinin geliştirilmiş ve genişletilmiş halidir.

** Bu makale, araştırma ve yayın etiğine uygun hazırlanmış ve Ithenticate intihal taramasından geçirilmiştir.

*** Öğr.Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, cem.yildiz@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-3709-1455>

**** Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, vahap.tecim@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5319-5241>

***** Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, k.yaralioglu@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7229-1375>

CAN BUILDINGS POSSESS THEIR ENERGIES?

ABSTRACT

Energy is one of the most important criteria showing the social and economic development potential for countries. The level of welfare rising in parallel with social and economic developments emerges as the main factor that plays a role in the increase of energy consumption. Today, one of the most important reasons for the increase of global warming, climate changes and the start of the energy resources are the buildings produced with traditional construction technology. In buildings that represent 40% of the energy consumed globally, it is very important to manage energy in addition to its efficient and effective use. In this process, there are many national and international sanctions and practices to ensure the efficient use of energy and public buildings are aimed to lead such practices. Within the scope of this study, it is discussed whether especially public buildings can act autonomously by using energy management and decision support systems. Internet of Things (IoT) module proposal is made, which is thought to be useful in measuring, planning and managing energy consumption in public buildings.

Keywords: Internet of Things, Energy Efficiency, Expert Systems.

GİRİŞ

Gerek özel gerekse kamu kurumlarının işletme maliyetlerinde önemli bir yer alan enerji tüketimi, yöneticilerin karar mekanizmalarını en çok zorlayan konulardan birisidir. Doğru yapılandırılmış bir enerji yönetimi politikası kurumsal stratejiyi belirleme konusunda önem teşkil etmektedir. Küresel olarak artan nüfus, enerjiye olan arzın da yükselmesine neden olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının raporuna göre, dünyanın 2015'ten 2035'e kadar olan enerji talebini karşılamak için farklı eğilimlerde yaklaşık 48 trilyon dolar yatırım yapması gerekmektedir (IEA, 2020). Ülkemizde ise durum farklı görünmemektedir. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olan eğilimin artmasına rağmen, sanayileşme ve nüfustaki artış enerjide dışa bağımlılığımızı devam ettirmektedir. Türkiye'de tüketilen enerjinin sektörlere göre dağılımına bakıldığında, yakın döneme kadar sanayi sektörü birinci sırada yer alsa da, binaların nihai enerji tüketimi 2000 yılında 19,5 MTEP (Ton Eşdeğer Petrol) iken %66 artarak 2015 yılında 32,4 MTEP değerine ulaşmıştır. Yıllık ortalama %4,4 enerji talep artışı gerçekleşen bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32,8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2017 yılı itibarıyla ülkemizde mevcut olan 9,1 milyon adet binanın %87'sini konut etiketine sahip yapılar oluşturmaktadır. Söz konusu istatistikler ele alındığında enerji verimliliğinin en iyi uyarılma alanlarının binalar olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Ülkemiz 2023 yılı enerji verimliliği stratejik hedeflerine göre, kamu kesimine ait bina ve işletmelerin enerji kullanımının 2010 yılı verileri üzerinden en az %20 düşürülmesi gerekmektedir. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020). Bu çerçevede 2014-2015 yılları arasında Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri aracılığıyla 166 kamu binasında etüt çalışmaları gerçekleştirilmiş ve her bir bina tipolojisine göre etkileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

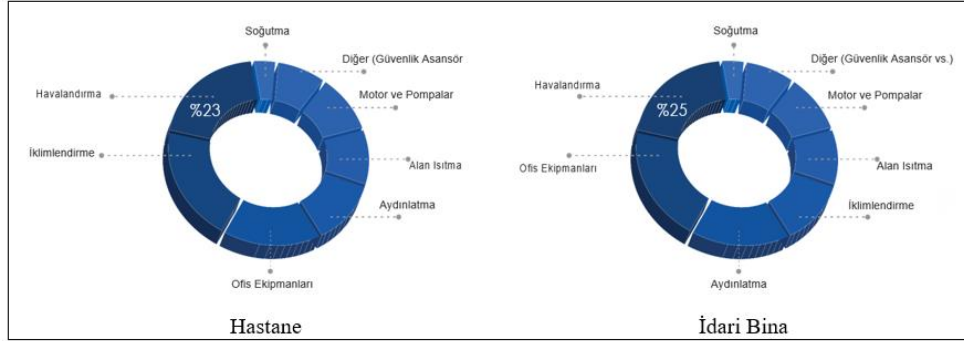
Tablo 1. Etüt Çalışmalarının Bina Tipolojilerine Göre Etkileri

Bina Tipi	Okul	Yurt	Üniversite	Hastane	İdari Bina	CİK	Havaalanı	TOPLAM
Yapılan Etüt Sayısı	72	13	9	25	36	3	8	166
Öngörülen Elektrik Tasarrufu (TEP/Yıl)	114,12	131,09	792,33	2532,84	429,86	110,70	843,16	4954,10

Kaynak: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2020.

Gerçekleştirilen etüt çalışmaları göstermiştir ki kamu binalarında elektrik enerjisi büyük çoğunlukla aydınlatma, iklimlendirme ve ofis ekipmanları aracılığı ile tüketilmektedir (Şekil 1).

Şekil 1. Bina Tipolojilerine Göre Enerji Tüketim Sınıflandırması



Şekil 1. Bina Tipolojilerine Göre Enerji Tüketim Sınıflandırması

Kaynak: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2020.

Bina sektörü özelinde enerji verimliliği, “bir binanın konfor ve kalitesini (ısı, görsel, akustik, iç mekân hava kalitesi, vs.) aynı seviyede muhafaza ederek genel enerji tüketimini azaltmak” olarak tanımlanmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Açıkça görülmektedir ki elektrik enerjisinin zamanını ve gücünü kontrol edebilmek tüketilen enerjiyi azaltan en önemli stratejilerden birisidir. Verimli enerji yönetimi stratejilerinin, kurumsal binalarda bina iç ortamını iyileştirmenin yanı sıra

enerji kullanımını kontrol etmede ve izlemede önemli rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın ana hedefi, kamu binalarında enerji tüketiminin daha etkin ve verimli kullanımının sağlanmasına yönelik enerji veri analiz platformu oluşturmaktır. Oluşturulan platformun, kamu binaları ve ofislerdeki enerji tüketimlerinin anlık olarak izlenmesine ve gerektiğinde otonom olarak müdahale edilmesine olanak sağlayarak enerji tasarrufu ve verimlilik katma değerlerini sağlayacağı düşünülmektedir.

I. LİTERATÜR

Nesnelerin interneti bileşenlerinde (kablolu-kablosuz sensörler, mikrodenetleyiciler vb.) son yıllarda hızlı bir gelişim ve değişim yaşamıştır. Söz konusu gelişim yapılan çalışma sayısına olumlu etki ederek literatürünün de hızlı bir gelişim kaydetmesini sağlamıştır. Nesnelerin interneti uygulamaların akıllı binalar ve enerji tüketiminin ölçülmesi alanında yapılan ulusal ve uluslararası çalışmaların bazıları şu şekildedir:

Rashid vd., (2019) yaptıkları çalışmada, evlerde kullanılan elektrikli aletler için makine öğrenimini içeren bir sistem önermişlerdir. Sistemde, bilişsel nesnelerin interneti (CIoT-Cognitive IOT) olarak da bilinen nesnelerin internetinde zekâ uygulamaları yaklaşımı ile geçmiş verilere dayanarak enerji tüketimin izlenmesi ve kontrol edilmesi ile ilgili karar mekanizmasının oluşturulması hedeflenmiştir.

Komkrit (2018) yaptığı çalışmada ev otomasyonları, elektrik faturası ödeme ve küçük şebekeler için enerji yönetimi gibi birçok alanda kullanılabileceğini düşündüğü düşük bütçeli enerji izleme sistemi geliştirmiştir.

Yılmaz ve Oral (2018) yaptıkları çalışmada, kamusal ilkökul ve ortaokul binalarının enerji etkin dönüşümünü amaçlayan bir yöntem önerisi sunmuşlardır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçların, mevcut binaların enerji ve maliyet etkin yenilenmesi, yeni binaların maliyet ve enerji etkin yapılmasında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Nguyen vd., (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada, binalardaki güç tüketimini azaltmak için IoE (Internet of Energy) teknikleri kullanılarak oluşturulmuş Bina Enerji Yönetimi sistemi – Buildings Energy Management (BEM) geliştirmişlerdir. Çalışma, binalarda sürdürülebilir enerji için IoE tabanlı Bina Enerji Yönetimi sistemlerinin kapsamlı bir analizini ve IoE'nin gelecekte kullanılabilecek potansiyel alanlarını içermektedir.

Naji vd., (2017) akıllı binalarda kullanılmak üzere IoT tabanlı enerji yönetimi prototipi geliştirmişlerdir. Çalışma, oda sıcaklıklarının sensörler aracılığıyla toplanarak kablosuz iletişim aracılığıyla uygulama sunucusuna iletilmesi adımlarını içermektedir. Uygulama sunucusu belirlenen sıcaklık eşik değerine göre sistemin açık veya kapalı olmasına karar vermektedir.

Bannamas ve Jirapong (2015) enerji yönetimini ışıklandırma sistemleri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Enerji yönetimi sistemi ışıklandırma kontrolünün anahtarlama ve karartma olacak şekilde iki metot ile yapılması üzerine kurgulanmıştır.

Choi vd.,(2018) çalışmalarında enerji yönetimi sistemleri için veri kaynağı olarak güneş ve rüzgar enerjisi üretim tesislerinden faydalanmışlardır. Çalışmaya konu olan tesisler göreceli olarak uzak mesafelerde bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı toplanan verilerin iletimini düşük güç tüketimine sahip LoRa (Long Range) modülleri ile gerçekleştirmişlerdir. LoRa modüller düşük güç ihtiyacı ve uzun veri gönderim mesafelerine sahip kablosuz iletişim cihazlarıdır.

Weipeng vd.,(2018) çalışmalarını, imalat sanayinde yaygın olarak kullanılan ve önemli miktarda enerji ihtiyacı duyan basınçlı döküm makinelerinin enerji tüketimleri üzerine gerçekleştirmişlerdir.

Bati vd., (2017) yaptıkları çalışmada, ofis içerisindeki enerji kullanımının ideal düzeye getirilmesi ve gereksiz enerji harcanmasının önüne geçilmesini amaçlayan akıllı ofis uygulaması geliştirmişleridir. Uygulamada çalışanların konforu açısından farklı çalışma modları belirlenmiş olup modların kişiler tarafından akıllı mobil telefon uygulaması ya da web sitesi üzerinden kontrol edilebilmesi sağlanmıştır.

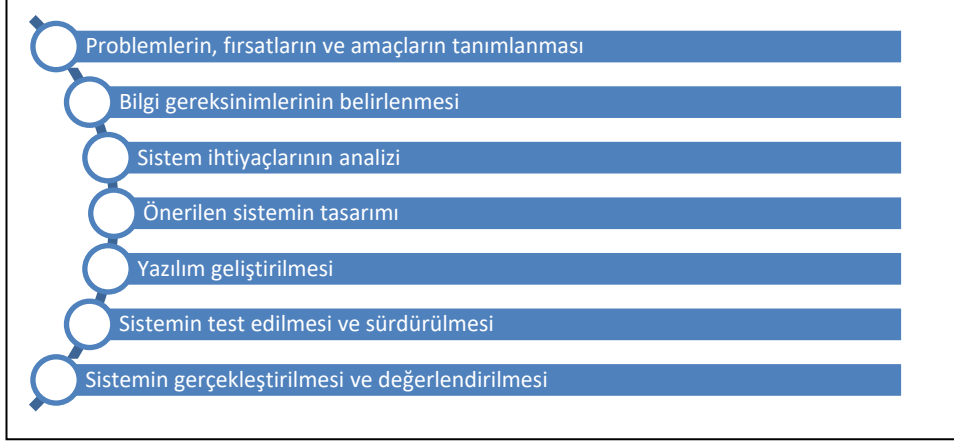
Konu ile ilgili olarak yapılan literatür taramaları, nesnelerin interneti uygulamalarının akıllı binalar, kullanıcıların konforu ve binalardaki enerji kullanımının kontrolü alanlarına yöneldiğini göstermektedir. Çalışmamız bunlara ek olarak kamu binalarında özellikle gereksiz enerji kullanımda anlık müdahale konusuna odaklanmaktadır.

II. YÖNTEM

Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamaları birçok alanda olduğu gibi enerji tüketiminin izlenmesi, ölçülmesi ve kontrol edilmesinde de kullanılmaktadır. Kavram olarak ortaya atılmasından günümüze kadar kullanım alanının devamlı genişlemesinden dolayı Nesnelerin İnterneti için birçok tanım yapılmıştır;

Avrupa Teknoloji Platformu Nesnelerin İnternetini (Internet of Things (IoT)) “fiziksel ve sanal özellikli olabilen, aynı zamanda önceden tanımlı işlevlere sahip, akıllı ortamlarda çalışan şeylerin/nesnelerin aralarında kurdukları ortak bir ağ ve bu ağın diğer ağlar ve kullanıcılar ile bilgi alış-verişine girmesi” şeklinde tanımlanmaktadır (Özdemir, 2018). Bir diğer tanım ise, nesnelerin interneti her zaman, her yerden, her şeyin birbirine bağlanabilmesi şeklindedir (Koçak, 2018).

IoT tabanlı prototip, Şekil 2’de belirtilmiş olan Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsünün adımları ölçü alınarak geliştirilmiştir.



Şekil 2. Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü

Kaynak: Tecim, 2012.

Problemlerin, fırsatların ve amaçların tanımlanması; temel ihtiyaçların belirlendiği, proje planlamasının gerçekleştirildiği ve fizibilite çalışmalarının yapıldığı ilk aşamadır. Çalışmalar, kullanıcılar, analistler ve projeyi düzenleyen yöneticiler tarafından gerçekleştirilir.

Bilgi gereksinimlerinin belirlenmesi; Sistem analistleri tarafından;

- Kim (Kapsadığı insanlar)
- Ne (İşletme faaliyeti)
- Nerede (İşletmenin çevresi)
- Ne zaman (Zaman yönetimi)

• Nasıl (Uygulanan geçerli yöntem) sorularının sorulduğu aşamadır. Çalışmalar analistler, kullanıcılar, işlem yöneticileri ve işlem çalışanları tarafından yürütülür.

Sistem İhtiyaçlarının Analizi; Spesifik araçlar ve teknikler kullanılarak oluşturulan fayda/maliyet analizinin ve geliştirilen düşüncelerin özetini barındıran sistem önerilerini planlandığı adımdır.

Önerilen sistemin tasarımı; Karar vericilerin gereksinim ve isteklerini karşılamak üzere bilgi sisteminin mantıksal tasarımının (veri tabanı, arayüz vb.) belirlenmesi etkinliğidir.

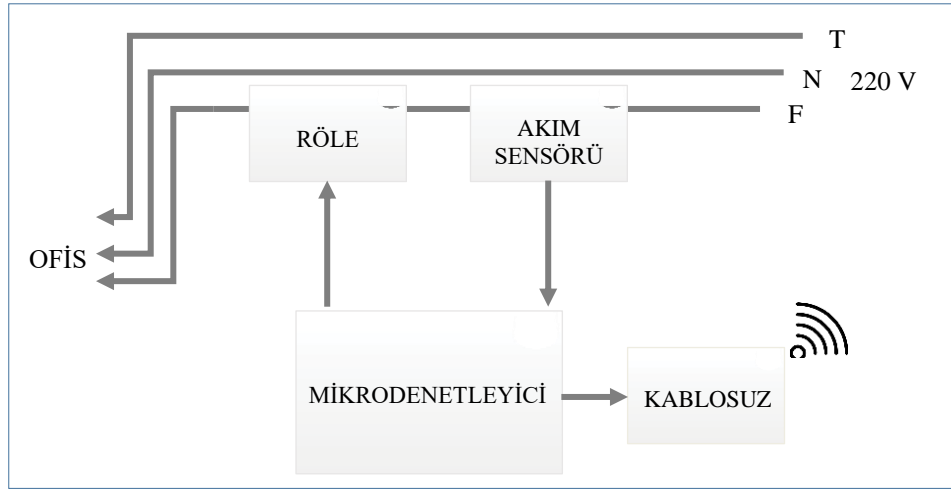
Yazılım geliştirilmesi; Orijinal programın geliştirilmesi için yazılımcı-analist ortak çalışmasının yapıldığı adımdır. Programla paralel olarak prosedürler,

çevrimiçi yardım, sık sorulan sorular vb. gibi kullanıcı dokümantasyonların planlanması bu adımda çalışılır.

Sistemin test edilmesi ve sürdürülmesi; Bilgi sisteminin son kullanıcıya açılmadan önceki aşamasıdır. Sistemin sürdürülmesi ve dokümantasyon bu safhada yapılır.

Sistemin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi; Test aşamalarının tamamlandıktan sonra bilgi sisteminin sunulduğu aşamadır.

Çalışmanın ana omurgasını oluşturan IoT tabanlı prototip, akım sensörü, mikrodenetleyici, röle ve seri haberleşme modülünden oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Prototip Devre Şeması

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Prototip oluşturulurken kullanılması planlanan IoT bileşenleri birden fazla marka ve özellik içermektedir. Ancak bir kamu alanının birçok bina ve ofisten oluştuğu göz önüne alındığında, çalışmanın uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla bileşenlerin düşük maliyet ve küçük boyutlu olması göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmada kullanılan bileşenler aşağıdaki gibidir;

Mikrodenetleyici:	Arduino Nano
Akım Sensörü:	SCT-013 0-100 A
Röle:	5 V Röle Kartı
İletişim Modülü:	ESP8266 Wifi Seri Haberleşme Modülü
Güç Kaynağı:	5 Volt

Atmega328 temelli bir mikrodnetleyici olan Arduino Nano, 14 adet dijital giriş çıkışa sahiptir.

SCT-013, üzerindeki akım transformatörü ile 100A'e kadar AC akımı ölçebilmektedir. Ölçülen akımla doğru orantılı olarak 0-50 mA arasında analog sinyal üretir. 5V röle kartı, 220VAC gerilimde 10A'e kadar akımı anahtarlayabilmektedir. İkinci bir güç kaynağına ihtiyaç duyulmasının önüne geçmek amacıyla 5V'luk röle kullanılmıştır. ESP8266, Seri Haberleşme yöntemi ile kablosuz internet ağına bağlanabilen bir modüldür. 3.3V ile çalışmaktadır. 802.11 b/g/n kablosuz iletişim protokollerini desteklemektedir.

A. ÇALIŞMA PRENSİBİ

Akım sensörü, şebeke geriliminde bulunan faz (F) hattındaki akım değerini ölçmek için kullanılmıştır. Akım sensörünün değeri ofisin toplam akım değerini ölçtüğünden dolayı 0-100 Amper olarak seçilmiştir. Sisteme belirlenen eşik değerlerine göre aktif olan röleler entegre edilmiştir. Röle normal durumlarda elektrik enerjisini üzerinden geçirerek iletimi sağlamaktadır. Kullanıcılar tarafından, belirlenen eşik değerinin üzerinde (su ısıtıcısı, vb.) veya tanımlanan süreler dışında (açık kalan ofis makinaları) bir enerji talebi oluştuğunda röle sisteme giden elektrik enerjisine engel olmaktadır. Talep edilen enerji normal sınırlara geldiğinde ise röle devreden çıkarak enerji geçişine izin vermektedir. Akım sensörü analog sinyal üretmektedir ve sinyal mikrodnetleyici aracılığıyla dijital forma dönüştürülür. Dönüştürülen sinyal haberleşme modülü ile kablosuz olarak lokal sunucuya aktarılır.

Sensörlerden gelen verilerin işlenmesinde ve görselleştirilmesinde lokal sunucu olarak Raspberry Pi 3 kullanılmıştır. Sunucuda, Apache (http sunucu), MySQL (veritabanı), Redis (NoSQL Veritabanı) yapıları mevcuttur. Sensörden iletilen akım değerlerine göre anlık tüketilen güç ve anlık enerji tüketim miktarları hesaplanabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Prototip Devre Şeması

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

SONUÇ

Günümüz iletişim imkânları, veri transferleri ve bilgi paylaşımı sayesinde, teknolojik açıdan hızlı bir şekilde enerji tüketimlerinin ölçülmesi mümkün olmaktadır. Bu amaçla, kamu binalarında güç tüketiminin azaltılarak enerji verimliliği sağlamak üzere IoT tekniklerinin kullanıldığı bina enerji yönetim sistemi sunulmuştur. Yapılan uygulama ile kamu binalarındaki enerji kullanımının ideal düzeye getirilebileceği ve gereksiz enerji tüketimlerinin önüne geçilmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir.

Mevcut çalışmada gereksiz enerji tüketimlerinin kontrolü sistemden çekilen akım değeri üzerinden hesaplanmaktadır. Gelecek çalışmalarda, kullanılan elektrikli aletlerin kesin tanımının yapılabilmesi için bir uzman sistem üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Çalışmanın sonucu göstermiştir ki, sistem sadece kamu binaları değil özellikle çok katlı ve geniş kullanım alanına sahip farklı sektörlerdeki her türlü binanın kullanımına uygun şekilde geliştirilebilir potansiyele sahiptir.

Sistemin genişletilerek farklı yapılaşmalarda kullanımını, araştırılması gereken önemli bir konudur ve ülkemiz başta olmak üzere enerji tasarrufu için bir farklılık yaratılabilecektir.

KAYNAKÇA

- A Rashid, R., Chin, L., Sarijari, M.A., Sudirman, R., Ide, T. (2019). Machine Learning for Smart Energy Monitoring of Home Appliances Using IoT. 66-71. 10.1109/ICUFN.2019.8806026.
- Bannamas, S., Jirapong, P. (2015). An intelligent lighting energy management system for commercial and residential buildings. 1-6. 10.1109/ISGT-Asia.2015.7386986.
- Bati, A., Coşkun, E., Gozuacik, O., Ilhan, G., Sahin, F., Uncuoglu, U., Güngen, M., Telli, A. (2017). IoT based smart office application for advanced indoor working environment and energy efficiency. 1-4. 10.1109/SIU.2017.7960664.
- C, Komkrit. (2018). Design of an IoT Energy Monitoring System. 10.1109/ICTKE.2018.8612412.
- Choi, C.S., Jeong, J., Lee, I., Park, W.K. (2018). LoRa based renewable energy monitoring system with open IoT platform. 1-2. 10.23919/ELINFOCOM.2018.8330550.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020, Şubat 8). *Binalarda Enerji Verimliliği AB ve Türk Mevzuatı*.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (2020, Şubat 8). *Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Etütleri*. Erişim adresi http://www.yegm.gov.tr/document/KamuBinalariRaporu_2018.pdf
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020, Şubat 8). *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-23*. Erişim adresi <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ulusal-Enerji-Verimlilik-Eylem-Plani> Erişim adresi <https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu843.pdf>
- IEA. (2020, Şubat 8). *World needs \$48 trillion in investment to meet its energy needs to 2035*. Erişim adresi <https://www.iea.org/news/world-needs-48-trillion-in-investment-to-meet-its-energy-needs-to-2035>
- Kocak Alan, A., Kabadayı, E., Cavdar Aksoy, N. (2018). Yeni Nesil “Bağlantı”, Yeni Nesil “İletişim”: Nesnelerin İnterneti Üzerine Bir İnceleme. 10.20491/isarder.2018.382.
- Naji, N., Haddou, D., Abid, M., Darhmaoui, H., Krami, N., Zytoune, O. (2017). Context-Aware Wireless Sensors for IoT-Centric Energy-Efficient Campuses. 1-6. 10.1109/SMARTCOMP.2017.7946995.

- Nguyen, V., Vu, T. L., Le, N., Jang, Y. M. (2018). An Overview of Internet of Energy (IoE) Based Building Energy Management System. 852-855. 10.1109/ICTC.2018.8539513.
- Özdemir, A., Naralan Nursaçan, M. N., Nursaçan, İ.C., Palaz, S. (2018). 2014-2018 yılları arasında nesnelerin interneti (IoT) üzerine bir literatür taraması. Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, [s. 1.], n. 2, p. 1, 2018.
- Tecim, V. (2012). Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü. <http://www.deu.edu.tr/userweb/vahap.tecim/dosyalar/sgyd.pdf> (2020, Şubat 8).
- Weipeng L., Renzhong T., Tao P. (2018). An IoT-enabled Approach for Energy Monitoring and Analysis of Die Casting Machines. *Procedia CIRP*. 69. 656-661. 10.1016/j.procir.2017.11.109.
- Yılmaz, Y, Oral G.K. (2018). An approach for energy cost and energy efficient retrofitting of a lower secondary school building, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* (2018).