
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		 SAKARYA UNIVERSITY
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	<u>Geliş/Received</u> 23-08-2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 15-01-2018	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.335832	

Çoklu modül destekli enerji etkin akıllı kontrol sistemi

Doğan Başaran¹ Büşra Karanfil² Burak Tüysüz^{*3}

ÖZ

Akıllı kontrol sistemleri, yönetimi altında olan birimlerin kontrolünü kullanıcı etkisi olmaksızın gerçekleştiren sistemlerdir. Bu işlemler çeşitli yazılımlar aracılığıyla donanımların kontrol edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Günümüzde kullanılan akıllı kontrol sistemleri, yeni binalarda sıklıkla uygulama alanı bulmakla birlikte, görevleri genellikle konfor veya tasarruf amaçlı olmak üzere farklılıklar göstermektedir. Hala gelişim evresinde olan bu sistemler sayesinde günlük hayatta karşılaşılan birçok probleme maliyet etkin veya kullanıcı yükünü azaltan çözümler üretilebilmektedir. Bu çalışmada akıllı kontrol sistemlerinin kullanım alanlarının genişletilmesi ve bu sistemlerin faydalarının artırılması için çoklu modül destekli bir akıllı kontrol sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem kullanıcıya birden fazla alanın aydınlatma, havalandırma ve iklimlendirme kontrolü ve belirli olumsuz sağlık koşullarında devreye girerek erken uyarı imkanı sağlamaktadır. Bunlara ek olarak, operatörün geliştirilen grafik ara yüzünü kullanarak tüm modüllere hakim olması ve verileri kontrol edebilmesi de sağlanmıştır. Bu makalede geliştirilen çoklu modül destekli akıllı kontrol sisteminin donanım ve yazılım bileşenleri tanıtılmış, operasyon aşamaları anlatılmış ve sistem ile yapılan testlerde etkileri gözlemlenmiştir. Buna göre sistemin kullanılmasıyla 126 m³ hacimli ve günde ortalama 456,89 W/h enerji tüketilen bir çalışma ortamında konfordan ödün vermeden enerjiden günde yaklaşık %35,81 tasarruf sağlandığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: sağlık, mesaj kuyruk telemetri taşıma, enerji verimliliği, akıllı kontrol sistemi

A multi-module supported energy efficient intelligent control system

ABSTRACT

Systems that perform control of units under management without user influence are called intelligent control systems. These operations are performed by controlling the hardware through various software. Today's intelligent control systems often find applications in new buildings, but their tasks often differ, for comfort or savings. Thanks to these systems, which are still in the developmental stage, many problems encountered in daily life can be produced cost effective or user reducing solutions. In this study, a multi-module intelligent control system was developed to extend the usage areas of intelligent control systems

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği, dogan_basaran15@erdogan.edu.tr

² Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, busra_karanfil16@erdogan.edu.tr

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

³ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, burak.tuysuz@erdogan.edu.tr

and to increase their utility. The developed system provides the user with early warning by switching on lighting, ventilation and air conditioning control of several areas and in certain adverse health conditions. In addition, the operator has been able to control all the modules and control the data by using the developed graphical interface. The hardware and software components of the intelligent control system with multi module support developed in this article are introduced, the operation steps are explained and the effects are observed in the tests made with the system. According to this system, it is determined that energy saving of approximately 35.81% per day is achieved without compromising the comfort in a working environment with a volume of 126 m³ and an average energy consumption of 456.89 W / h per day.

Keywords: health, mqtt, energy efficiency, intelligent control system

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji ihtiyacının her geçen gün artmasıyla birlikte enerji tüketiminde verimin önemi de artmaktadır. Binalarda verimli enerji tüketimini sağlamak için ise yalıtım malzemeleri, merkezi ısıtma sistemleri ve termostatik vana kullanımı gibi donanımsal uygulamalar devam etmektedir [1]. Fakat kullanılan cihazların otomatik olarak kontrol edilemeyişi birtakım problemlere yol açmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber enerjinin verimli tüketiminde kontrol sistemleri önemli rol oynamaya başlamıştır [2]. Böylece, kullanıcının bulunmadığı ortamlarda çalışan aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının harcadığı güçte tasarruf sağlanabilmekte ve hatalı kullanım nedeniyle cihazların daha çok enerji tüketerek ortam koşullarını verimsizleştirilmesi engellenebilmektedir. Aynı zamanda bu sistemlerin insan sağlığı ve çevre için tehdit içermiyor olmaları ve ihtiyaçlara göre kolaylıkla tasarlanabilmeleri gerekmektedir. Akıllı kontrol sistemleri, bu ihtiyacı gidermek için en uygun ve kullanılabilir yöntemler arasında gösterilebilirler. Bu sistemler bir yazılım ve bu yazılıma bağlı çalışan donanım araçlarıyla kullanıcıların yerine denetim ve komut/karar mekanizmalarını yerine getirerek enerji tüketiminin kontrol edilmesini sağlayan sistemler olarak tanımlanabilir.

Son yıllarda hızla gelişen teknoloji ile birlikte akıllı kontrol sistemlerinin kullanımı hızla yaygınlaşmış ve birçok farklı sistem geliştirilmiştir [3]. Geliştirilen sistemler şebeke merkezli ve kullanıcı merkezli olarak ikiye ayrılmaktadır. Şebeke merkezli sistemlerde kullanıcının tüketim alışkanlıklarına göre sistem tarafından fiyatlandırma bazında tasarruf sağlanmaktadır [4]. Bu tarz sistemler aktif kullanım yapılan zaman aralığı ve tüketim miktarı gibi parametrelerden faydalanmaktadır. Conejo

vd. kullanıcıların tüketim miktarlarını ve bu tüketimin zamana bağlı sınıflandırmasını değerlendiren, bu değerlendirmelere göre enerji maliyetlerinin düzenlenmesini sağlayan bir sistem geliştirmişlerdir. Tasarladıkları sistemle küçük bir işletme veya bir evde enerji maliyetinden tasarruf sağlandığını öne sürmüşlerdir [5]. Şebeke merkezli sistemlerin genel olarak tasarruf açısından uygun fakat verimlilik anlamında yetersiz oldukları görülmektedir. Kullanıcı merkezli sistemlerde ise tüketicilerin iklimlendirme ve aydınlatma cihazları ile gerçekleştirmiş oldukları tüketime doğrudan etki edilmektedir. Bu tür sistemlerde daha çok GSM tabanlı veya internet üzerinden kontrol imkanı veren uygulamalar kullanılmaktadır. Han vd. yaptıkları çalışmada akıllı evler için Zigbee modülü ile veri iletişimi sağlayan bir sistem geliştirmiştir [6]. Geliştirilen sistemde IEEE 802.15.4 protokolü kullanılarak mevcut cihazların kontrolünü gerçekleştirebilen bir akıllı ev uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulamanın enerji tüketimine olumlu yönde etki ettiği gözlemlenmiş ancak kullanılan donanımların maliyetinin sisteme bir yük getirerek kazançları azalttığı görülmüştür. Aynı zamanda kullanılan Zigbee modülü ile ortamdaki elektromanyetik kirlilik de artırılmaktadır [7]. Mevcut GSM tabanlı uygulamalarda ise iklimlendirme, aydınlatma ve beyaz eşya gibi cihazlarının kullanıcı merkezli olarak uzaktan kontrolü sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra kamera destekli sistemler geliştirilerek güvenlik problemlerine karşı önlem alınmaya çalışılmaktadır. İnal vd. tarafından geliştirilen bir akıllı ev uygulaması kısa mesaj yoluyla cihazların kontrolünün sağlanabildiği göstermiştir [8]. Fakat bu yaklaşımda da GSM modem araçlarının maliyeti arttırdığı görülmüştür. Ayrıca sistem kullanıcıdan kısa mesaj yoluyla bir komut beklemekte olup gerçek zamanlı verileri sadece gözlem amacıyla kullanılmaktadır. Bu durumda geliştirilen bu uygulama kullanıcıya uzaktan

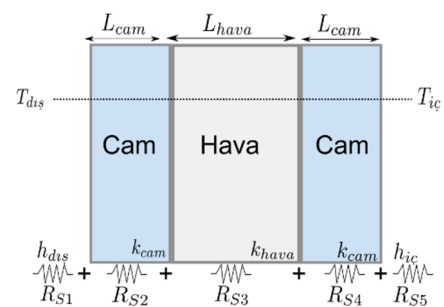
kontrol imkanı sunmakta ancak kullanıcının kontrol yükünü azaltmamaktadır. Ayrıca geliştirilen uygulamanın tek bir alan için kontrol sağlaması da etkisini azaltmaktadır. Özerdem vd. tarafından geliştirilen bir mobil uygulamada ise, ortamdaki kapıların açık veya kapalı olma durumları kontrol edilmekte, en son alınan sıcaklık verileri kullanıcıya aktarılmakta, ortamda hareket algılandığı durumlarda ise kullanıcıya bildirim gönderilmekte ve aynı uygulamada ortamda yangın olup olmadığı hakkında bilgi sağlanmaktadır [9]. İklimlendirme ve aydınlatma cihazları üzerinde kontrolü bulunmayan bu uygulamanın sadece sınırlı gözlem ve uyarı özelliklerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürde bulunan birçok benzer uygulamadaki eksiklikler ve sistem kazancını düşüren olumsuzluklar irdelenerek bu çalışmada binalarda çoklu alan kontrolünü, enerji verimliliğini ve ideal ortam şartlarını sağlamak için çoklu modül destekli bir akıllı kontrol sistemi olan Bileşik Akıllı Kontrol Sistemi (BAKS) geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemle, birden fazla alanda enerji verimliliği sağlamak ve bunun yanında ortam koşullarını uygun seviyelerde tutmak hedeflenmiştir. Ayrıca zehirli gaz salınımına yol açan yangın, doğal gaz kaçağı gibi durumlarda da erken uyarı sağlanmıştır. Çoklu modül desteği, sistemin sağladığı en önemli artılarından biridir. Bu özellik sayesinde tek merkezden yönetilen binalarda tüm birimlerde enerji tüketiminin takip edilmesi, verimli tüketim yapılması ve ortam şartlarının takip edilerek uygun değerlerde tutulması sağlanmaktadır. Böylece sistemin verimliliği artırılarak maliyeti de düşürülmektedir. Bu doğrultuda farklı işletim sistemlerinde uyumlu şekilde çalışabilecek bir kontrol sistemi yazılımı da Python programlama dilinde QT Kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen BAKS sisteminin testleri yapılarak enerji verimliliğine olan etkisi incelenmiştir.

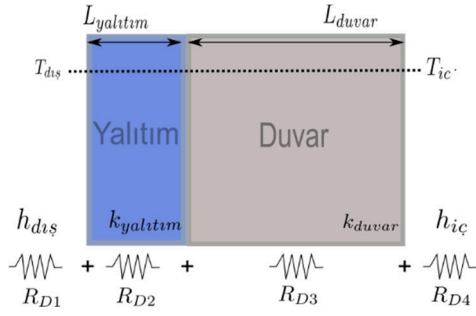
Bu çalışmanın 2. bölümünde iklimlendirme cihazlarının doğru kullanımı için bina kabuğundaki ısı transfer hızının hesaplanmasında kullanılan modeller ve oluşturulan denklemler verilmiştir. 3. bölümünde donanım ve yazılım alt başlıkları altında geliştirilen BAKS sisteminin yapısı açıklanmıştır. 4. bölümünde tasarlanan sistem ile gerçekleştirilen uygulamaya yer verilmiştir. Son bölümde ise denemeler sonucunda elde edilen verilerin sonuçları incelenmiş ve BAKS sisteminin verimliliği tartışılmıştır.

2. ISI TRANSFER HIZININ HESAPLANMASI (HEAT TRANSFER RATE CALCULATION)

Geliştirilen BAKS sisteminde ortamda bulunan iklimlendirme cihazının kontrolü için gerekli sıcaklık hesaplamalarının yapılması gerekmektedir. Ancak normal koşullarda iç ortam sıcaklığının hiçbir zaman sabit olmayıp, dış ortamla ısı transferi halinde olmasının sistemin karar mekanizmasında hatalara sebep olabileceği düşünülmüştür. Bu sebeple, bina kabuğundaki dolu ve saydam alanların ısı transfer hızlarının hesaplanması için Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilen saydam yüzeyler ve dolgu alanlar için oluşturulan modeller kullanılmıştır. Şekil 1’de çift camlı bir saydam yüzeyin modeli verilmiştir. Bu modelde R_{S1} dış alan, R_{S5} ise iç alanı gösteren ısı dirençlerdir. Ayrıca R_{S2} ve R_{S4} cam yüzeyin ısı direncini, R_{S3} ise iki cam arasındaki hava boşluğunun ısı direncini göstermektedir. Şekil 2’de gösterilen dolgu alan modelinde ise R_{D1} ve R_{D4} sırasıyla iç alan ve dış alan ısı dirençlerini ifade etmektedir. Bunlara ek olarak, R_{D2} , duvar yüzeyine uygulanan yalıtım materyali sebebiyle oluşan ısı direnci, R_{D3} ise duvarın oluşturduğu ısı direnci belirtmektedir. Gösterilen ısı direnç değerleri Eş. 1 ve Eş. 2 kullanılarak hesaplanmıştır [10]. Burada; L kabuk elemanının kalınlığını, h iç ve dış havanın ısıl taşınım katsayısını, k kabuk elemanlarının ısı iletim katsayısını, A ise kabuk elemanının yüzey alanlarını ifade etmektedir. Hesaplanan ısı direnç değerlerinin Şekil 1 ve Şekil 2’de verilen modellerde gösterildiği gibi toplanmasıyla farklı modeller için toplam ısı direnç değeri olan $R_{toplama}$ elde edilmektedir.



Şekil 1. Saydam yüzeylerin ısı transfer hızının ısı dirençler kullanılarak modellenmesi. (Modeling of heat transfer rate of transparent surfaces using thermal resistances.)



Şekil 2. Dolu alanlarda ısı transfer hızının ısı dirençleri kullanılarak modellenmesi. (Modeling of heat transfer rate in solid areas using thermal resistances.)

$$R_{S1} = \frac{1}{h_{dış} * A}, R_{S2} = \frac{L_{cam}}{k_{cam} * A}, R_{S3} = \frac{L_{hava}}{k_{hava} * A}, R_{S4} = \frac{L_{cam}}{k_{cam} * A}, R_{S5} = \frac{1}{h_{iç} * A} \quad (1)$$

$$R_{D1} = \frac{1}{h_{dış} * A}, R_{D2} = \frac{L_{yalıtım}}{k_{yalıtım} * A}, R_{D3} = \frac{L_{duvar}}{k_{duvar} * A}, R_{D4} = \frac{1}{h_{iç} * A} \quad (2)$$

İç-dış sıcaklık farkının fazla olması iç ortamın istenmeyen şekilde ısı kaybetmesine veya kazanmasına sebep olmaktadır. Ortam kabuğuna ait ısı transfer hız değerini ifade eden Q değeri, Eş. 3'e verilmiştir. Dış sıcaklık ve iç sıcaklık farkının toplam ısı direnç değerine bölünmesiyle elde edilen bu değer ortamın ısı kaybı veya kazanç hızını göstermektedir. Toplam ısı direncin artması, Q değerini düşmesine sebep olacak ve bu ısı kaybının az olduğunu ifade edecektir. Günümüzde istenmeyen ısı kaybı ve kazançlarını engellemek için yapılan yalıtım ve ısıcam kullanımı gibi işlemler bu ısı transfer hızını azaltmak için gerçekleştirilmektedir [11].

$$Q = T_{dış} - T_{iç} / R_{toplam} \quad (3)$$

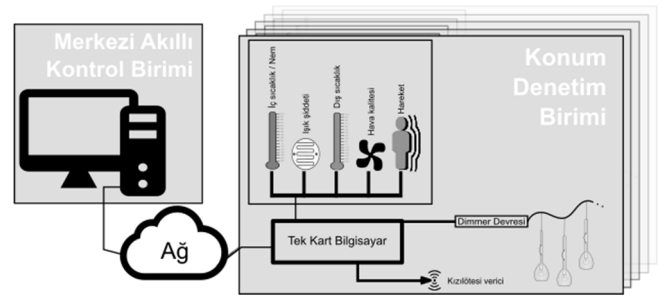
Hesaplamalarda ısı transfer hızının kullanılmasının en önemli getirisi, iç ortamın uygun sıcaklıkta bulunduğu durumlarda kayıp veya kazanç hızına bağlı olarak iklimlendirme cihazı için doğru soğutma veya ısıtma seviyesinin ve hızının belirlenmesini sağlamaktır. İç ortam, uygun olarak belirlenen sıcaklık değerlerini sağladığında ısı transfer hızı belirlenen sınır değerden yüksek ise ortamda ani soğuma veya ısınmalar olacaktır. Buna göre iklimlendirme cihazının ani değişikliklere göre tepki süresi ayarlanabilmektedir.

3. SİSTEM TASARIMI (SYSTEM DESIGN)

Geliştirilen BAKS sistemi tek merkezden yönetilen binalarda enerji performansını iyileştirmeyi ve bina içindeki insanların sağlığı için ortam koşullarını en uygun seviyede tutmayı amaçlamaktadır. BAKS sistemi, merkezi akıllı kontrol birimi ve konum denetim birimi olmak üzere iki farklı donanım biriminden oluşmaktadır. Konum denetim birimi, kontrolü sağlanması planlanan ortamlara yerleştirilmekte ve bu konumlardan eşzamanlı veri akışını sağlamaktadır. Merkezi akıllı kontrol birimi ise tüm konum denetim cihazlarından gelen verilerin izlenmesi ve değerlendirmesini sağlayan, gelen verilere göre de kontrol sinyallerini oluşturup konum denetim cihazlarına ileten birimdir. Bu amaç doğrultusunda tasarlanan sistemin tasarım aşamaları ve işleyişi bu bölümde donanım bileşenleri ve yazılım adında iki başlık altında incelenmiştir.

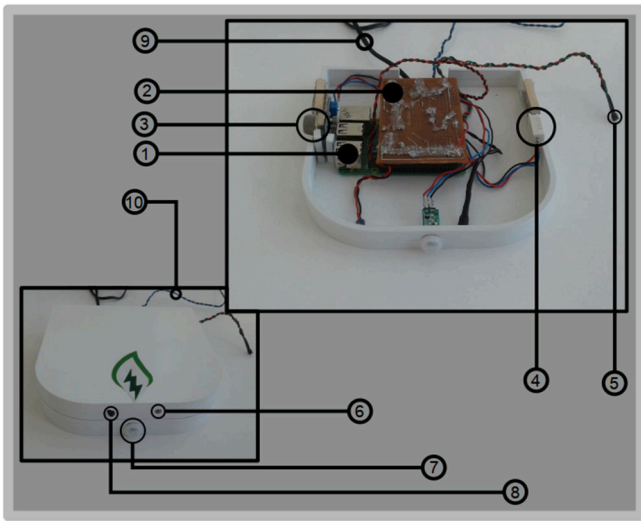
3.1. Donanım Bileşenleri (Hardware Components)

Merkezi akıllı kontrol birimi, konum denetim birimlerine bağlı sensör ağı yardımıyla gerçek zamanlı verilere erişmektedir. Merkezi akıllı kontrol birimi ve konum denetim birimlerinin bağlantıları Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi konum denetim birimleri; tek kart bilgisayar donanımı, buna bağlı 5 farklı sensör, kızılötesi verici ve bir dimmer devresinden oluşmaktadır. Tek kart bilgisayar donanımına bağlanan sensörler; iç ortam sıcaklık ve nem bilgisini almak için DHT22, ışık şiddeti bilgisini almak için LDR, Bölüm 2'de verilen ısı transfer hızını hesaplayabilmek için gerekli olan dış ortam sıcaklık bilgisini almak için DS18B20 ve ortamdaki hareket bilgisini almak için PIR sensörüdür.



Şekil 3. Merkezi akıllı kontrol birimi ve konum denetim birimlerinin temsili gösterimi. (Representation of central intelligent control unit and position control units.)

Kullanılan sensörler ve konum denetim birimlerinin elektronik donanımları Şekil 4'te üretilen prototip üzerinde gösterilmektedir. Verilen şekilde her birim, birbirinden farklı olarak numaralandırılmış ve bu birimler Tablo 1'de sırası ile listelenmiştir. Üretilen prototipe yerleştirilen sensörler şekilde gösterildiği gibi özelliklerine göre konumlandırılmıştır. Hava kalite ve sıcaklık sensörleri bu amaçla dışa bakar şekilde yerleştirilmiştir. Benzer şekilde hareket algılama, ışık ve kızılötesi led sensörleri cihazın ön kısmına yerleştirilerek ortama hakim olması amaçlanmıştır. Cihazın arka kısmına ise güç adaptörü girişi ve ışık seviyesi kontrolü için darbe genişlik kontrolü, PWM (Pulse Width Modulation) bağlantısı yerleştirilmiştir.



Şekil 4. BAKS sisteminin konum denetim birimlerinde kullanılan elektronik donanımlar. (Electronic equipment used in position control units of the BAKS system.)

Tablo 1. BAKS sisteminin konum denetim biriminde kullanılan donanım bileşenleri. (Hardware components used in the position control unit of the BAKS system.)

Numara	Donanım Adı
1	Tek kart bilgisayar
2	Baskı devre kartı
3	Hava kalite sensörü
4	Sıcaklık Nem sensörü
5	Dış sıcaklık sensörü
6	Işık şiddeti sensörü
7	Hareket sensörü
8	Kızılötesi led
9	Güç kablosu
10	Dimmer devresinin pwm bağlantısı

Ortam sıcaklığı ve nem oranı, iklimlendirme cihazlarının etki edebilmek için en çok enerji sarf ettiği değişkenlerdendir. Küresel bazda binalarda kullanılan enerjinin %40 gibi önemli bir oranı sıcaklık ve nem değerlerini ısısal konfor şartlarını sağlayacak seviyeye getirmek için harcanmaktadır [12]. Aynı zamanda sıcaklık ve nem ortamda bulunan insanların sağlığına doğrudan etki etmektedir [13]. Bu sebeplerden dolayı sıcaklık ve nem değerleri gerçek zamanlı olarak takip edilmeli ve aynı zamanda enerji verimliliği ve sağlıklı ortam şartlarının sağlanması için kontrol altında tutulmalıdır. BAKS sistemindeki her konum denetim biriminde ortamdaki sıcaklık ve nem değerlerinin elde edilmesi için bir DHT22 sensörü kullanılmıştır. Bu sensör -40 - 80°C sıcaklık aralığında +/-1°C hata payıyla sıcaklık bilgileri sağlarken %0 - %100 nem aralığında +/- %5 hata payıyla nem bilgileri sağlamaktadır [14]. Dış sıcaklık verileri için ise su geçirmeme özelliğine sahip olması sebebiyle DS18B20 sıcaklık sensörü tercih edilmiştir.

Ortam aydınlatması için tüketilen enerji, iklimlendirme cihazları için tüketilen enerji kadar fazla olmasa da genel tüketim üzerinde önemli bir paya sahiptir [15]. Geliştirilen sistem ile aydınlatmanın en uygun seviyede tutulabilmesi için ortamdaki ışık şiddeti ölçülerek aydınlatma seviyesi ayarlanmaya çalışılmıştır ve böylece gereksiz enerji kullanımının önüne geçilmiştir. Işık şiddeti bilgilerini elde etmek için LDR sensörü kullanılmıştır. Bu sensör üzerine düşen ışık şiddetiyle ters orantılı olarak direnç değerini değiştirmektedir. Böylece ortam aydınlatmasının uygun olmadığı durumlarda aydınlatmanın parlaklık seviyesi yönetilerek en uygun seviyenin korunması sağlanmıştır.

Ortamda aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının kontrolü sağlanırken aktif kullanıcı varlığının tespiti için hareket sensörü kullanılmıştır. Böylece, tüketim veriminin yanı sıra aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının açık unutulması gibi sorunlara da çözüm üretilmiştir. Ortamdaki aktif kullanıcının varlığı hakkında bilgiler sağlaması amacı ile sisteme bütünleşmiş bir PIR sensörü (Pasif Kızılötesi Sensör) kullanılmıştır. Bu sensör ortamdaki nesnelere yayılan kızılötesi dalgaları algılayabilmekte ve böylece harekete duyarlı olarak bir çıkış değeri üretmektedir.

Kontrolü sağlanan ortamda sağlığı tehdit eden karbondioksit, alkol, benzen ve karbon monoksit

gibi gazların tespiti için bir hava kalite sensörü kullanılmıştır. Tercih edilen MQ-135 sensörü -40°C - 125°C sıcaklık aralığında çalışabilmekte ve ortamın hava kalitesi bilgisini devamlı olarak takip edebilmektedir. Konum denetim birimi tarafından sağlanan bu veriler aynı zamanda merkezi akıllı kontrol birimine iletilmekte ve belirlenen eşik değerlerinin aşıldığı acil durumlarda merkezi akıllı kontrol biriminde sesli olarak uyarı sağlanmaktadır. Böylece yangın ve gaz kaçağı gibi olası tehlikelere karşı önlem alınmaktadır [16].

Son olarak, iklimlendirme cihazlarının kontrolü için bir kızılötesi LED ve aydınlatma cihazlarının parlaklık kontrolü için bir dimmer devresi kullanılmıştır. Kızılötesi LED ile iklimlendirme cihazına kumanda komutları gönderilmektedir ve tüm işlevler kontrol edilebilmektedir. Ayrıca, dimmer devresi ile konum aydınlatması açılıp kapatılarak veya parlaklığı değiştirilerek kontrol edilmektedir.

3.2. Yazılım (Software)

BAKS sistemindeki donanımların kontrolü için Python programlama dili ve QT Kütüphanesi kullanılarak kullanıcı ara yüzü bir yazılım gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım temel olarak 3 farklı aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada konum denetim cihazlarının sensör ağı yardımıyla elde ettikleri ortam verilerinin merkezi akıllı kontrol birimine iletilmesini sağlanmaktadır. İkinci aşamada konum denetim cihazlarından gelen verilerin merkezi akıllı kontrol birimi tarafından değerlendirilmesi ve bu doğrultuda oluşturulan komutların tekrar konum denetim cihazlarına iletilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca konum denetim cihazlarından elde edilen veriler, gerçek zamanlı veya geçmişe yönelik olarak izlenebilmek için kaydedilmektedir. Son olarak üçüncü aşamada konum denetim cihazlarının bulunduğu ortamdaki iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının kontrol edilmesini sağlanmaktadır. Bu üç aşamanın bir döngü içinde tekrarlanmasıyla sistemin dinamik bir biçimde çalışması sağlanmıştır.

Geliştirilen BAKS sisteminde sayıları birden fazla olan konum denetim cihazları ve merkezi akıllı kontrol birimi arasındaki haberleşmeyi sağlamak amacıyla MKTT (Mesaj Kuyruk Telemetri Taşıma) protokolü kullanılmıştır. Birimler arası haberleşmede kullanılan MKTT(Mesaj Kuyruk Telemetri Taşıma) protokolü yayınlama ve abone olma mantığına dayanmaktadır. Veri sağlayıcıları ve aboneler arasındaki haberleşmenin

sağlanmasında kullanılabilen protokol, bir ağ üzerinde belirlenen konu veya konular altında birden çok modülün bir veya birden fazla merkezle iletişim kurmasına olanak sağlamaktadır [17]. Bu sayede sisteme ek bir donanıma ihtiyaç duymadan çoklu modül desteği özelliği kazandırılmıştır.

Geliştirilen yazılımda 5 dakikada bir konum denetim birimlerinden merkezi akıllı kontrol birimine veriler MKTT protokolü ile gönderilerek iletişim sağlanmaktadır. Bu verilerin aynı zamanda geçmişe yönelik olarak incelenebilmesi için kaydedilmesi gerekmektedir. Uzun süreli çalışmada verilerin çokluğu sebebiyle veri tabanı boyutunun artmasını önlemek için BAKS sisteminde çevrimsel sıralı(Round Robin) veri tabanı kullanılmıştır. Çevrimsel sıralı veri tabanı, verilerin dairesel bir şekilde öncelik olmadan eşit paylar ile tutulmasını sağlar [18]. Veri tabanı dosyası belirlenen sınıra ulaşıldığında ise gelen yeni veriler için en eski veriler veri tabanından kaldırılır ve yeni verilere yer açılır. BAKS sisteminde iç ve dış sıcaklık, nem, hava kalitesi, aydınlatma ve hareket durumu verileri 10 yıl için 5 dakikalık zaman aralığıyla kaydedilmektedir. Bu süre dolduğunda ise eski verilerin üzerine yazılarak döngü devam etmektedir.

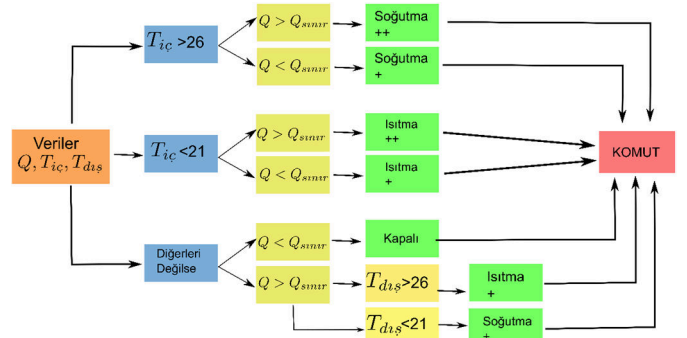
Kontrol edilen alanlarda bulunan aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının kontrolü için konum denetim cihazlarından gelen ortam verileri kullanılarak merkezi akıllı kontrol birimi tarafından iklimlendirme cihazı ve aydınlatmada kullanılan dimmer devresi için komutlar üretilmektedir. Bu üretilen komutlarda ise ortamda aktif kullanıcı bulunup bulunmadığı temel alınmaktadır. Aktif kullanıcı bilgisi kontrol edilen alanlarda bulunan iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının sadece alanın kullanıldığı zamanlarda çalışması, böylece açık unutulma riskine karşı tedbir alınması sağlanmaktadır. Komutların işleyişindeki hata oranının azaltılması ve bu mantığın düzenli işlemesi için son 10 dakika içinde alınan aktif kullanıcı bilgileri kontrol edilmektedir. Ortamda son 10 dakika içinde en az bir kez aktif kullanıcı algılanırsa sistem tarafından ortamda aktif kullanıcının var olduğu kabul edilmektedir. Ortamda aktif kullanıcı algılanan durumlarda, aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının çalışma durumu ortamdaki iç ve dış sıcaklık, nem, ışık seviyesi ve hava kalitesi verilerine göre üretilen komutlarla kontrol edilmektedir. Bu komutlar hesaplanırken ideal olarak kabul edilen ortam koşulu değerleri sıcaklık

için 21°C-26°C aralığında, nem oranı için %40-%60 aralığındadır[19].

Sistemde sıcaklık komutları oluşturulurken Bölüm 2’de verilen hesaplamalar kullanılmaktadır. Bu hesaplamalar konum denetim biriminin bulunduğu ortamlar için farklılık göstereceğinden bir ön çalışma yapılması gerekmektedir. Yapılan ön çalışmalar sonucu konfigürasyon tamamlandığında sistem kullanılacağı konuma adapte edilmiş olacaktır. Böylece, sıcaklık verileri ve elde edilen ısı transfer hızı (Q) değerinden faydalanılarak iklimlendirme cihazı kontrol edilmekte ve ortam sıcaklığı uygun konfor seviyesinde sabit tutulmaya çalışılmaktadır.

Kontrol işlemi için gerekli komutların oluşturulduğu algoritma Şekil 5’te gösterilmiştir. Geliştirilen algoritmada iç ve dış ortamdaki ani soğuma ve ısınmalardan sistemin etkilenmemesi için son 10 dakikada alınan sıcaklık verilerinin ortalaması kullanılmıştır. İlk olarak iç ortam sıcaklığı ideal ortam sıcaklığı sınırları ile karşılaştırılarak iklimlendirme cihazının ısıtma veya soğutma kiplerinden hangisini gerçekleştireceği belirlenmektedir. Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Topluğu (ASHRAE) tarafından tavsiye edilen ideal ortam sıcaklık aralığı 21°C-26°C arasındadır [19]. İç sıcaklığının, $T_{iç}$, 26°C’den yüksek olduğu durumlarda soğutma, 21°C’den düşük olduğu durumlarda ise ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Bir sonraki aşamada uygulanan iklimlendirme işleminin hızı; 10 dakikalık ortalama iç ve dış sıcaklık verileri ile hesaplanan $Q_{ortalama}$ değeri ve 1°C iç/dış sıcaklık farkı için hesaplan tolerans edilebilir ısı transfer hızı olarak tanımlanan $Q_{sınır}$ değeri ile karşılaştırılarak belirlenmektedir. Bu karşılaştırma sonucunda $Q_{ortalama}$ değerinin $Q_{sınır}$ değerinden büyük olduğu durumlarda, ortamda istenmeyen ısı kazanç veya kayıp miktarının yüksek olması nedeniyle iklimlendirme işleminin hızı yüksek seviyede tutulmakta, küçük olduğu durumlarda ise düşük seviyede tutulmaktadır.

İç ortam ideal olarak belirlenen 21°C-26°C aralığında olduğu durumlarda ise öncelikle $Q_{ortalama}$ değeri ile $Q_{sınır}$ değeri tekrar karşılaştırılmaktadır ve $Q_{ortalama}$ değerinin $Q_{sınır}$ değerinden küçük olduğu durumlarda iklimlendirme cihazları ısıtma veya soğutma işlemi gerçekleştirmemekte ve iklimlendirme cihazı bekleme moduna alınmakta, yüksek olduğu durumlarda ise dış sıcaklığa, $T_{dış}$, bağlı olarak belirlenen ısıtma veya soğutma işlemini düşük hızda gerçekleştirmektedir.



Şekil 5. İç sıcaklık, dış sıcaklık ve ısı transfer hızından faydalanılarak sıcaklık komutlarının oluşturulması.

(Establishing temperature commands using internal temperature, outside temperature and heat transfer rate.)

Kontrol edilen ortamda ideal seviyede tutulması gereken bir diğer etken ise nem oranıdır. İdeal olarak belirlenen nem oranı %40-%60 değerleri arasındadır. İklimlendirme cihazı ısıtma veya soğutma kipinde çalışırken aktif olan fan yardımıyla nem değeri uygun seviyelerde tutulabilmektedir. Ortam sıcaklığı belirlenen ideal değer aralığında ve nem oranı belirlenen ideal değer sınırlarının dışında ise iklimlendirme cihazının yalnızca fan kipi kullanılarak nem oranı belirlenen idealler arasında tutulmaktadır.

Aydınlatma cihazlarının kontrolü için, ışık şiddeti değerleri kullanılmaktadır. Gerekli kalibrasyonların yapılabilmesi için ışık şiddeti verilerinin alınacağı sensörün günün farklı zaman dilimlerinde aldığı değerler bir gün süresince takip edilerek kayıt altına alınmıştır. Kaydedilen bu değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Aydınlatma ihtiyacına karşılık gelen ışık şiddeti değerleri. (Light intensity values corresponding to lighting needs.)

LDR’den alınan değer	Aydınlatma Durumu
1000	%0
1800	%10
2900	%20
3600	%30
4500	%40
5200	%50
10000	%60
17000	%70
18500	%80
20000	%90
22000	%100

Tabloda görüldüğü gibi kaydedilen değerler aydınlatma ihtiyacıyla doğru orantılı olarak

artmaktadır. BAKS sisteminde aydınlatma cihazlarının kontrolü için bu tabloda faydalanılmaktadır. Konum denetim birimlerinden gelen ışık şiddeti verilerinin son 10 dakikadaki ortalamaları kullanılarak, tabloda verilen ışık şiddetine bağlı aydınlatma ihtiyacı belirlenmektedir. Bu ihtiyaca göre bir dimmer devresi aracılığıyla ortam aydınlatması için kullanılan aydınlatma cihazlarının parlaklıkları değiştirilmektedir.

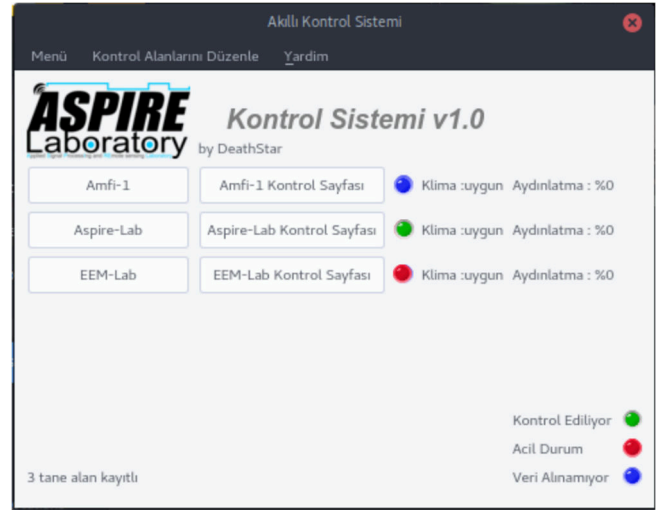
Son olarak, konum denetim biriminin bulunduğu alanlarda hava kalitesinin denetlenmesi ve takip edilmesi sağlanmaktadır. Her ortam için son 10 dakikada kaydedilen hava kalitesi verilerinin ortalamaları kullanılarak ortalama bir hava kalite değeri hesaplanmaktadır. Bu değer, belirlenen referans değerleri ile karşılaştırılarak hava kalitesi kontrolü sağlanmaktadır. Tablo 3' te T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlediği sınır değerler verilmiştir [20]. Tabloda verilen EPA Hava Kalitesi İndeksi değerleri referans alınarak kontrol edilen alanda bulunan iklimlendirme cihazının fan düzeyleri kontrol edilmektedir. Ortamdan alınan 0-50 arasında ise fan kapalı, 51-100 arasında ise fan düşük devirde, 101-150 arasında ise fan orta devirde, 151 ve daha büyük değerlerde ise fan yüksek devirde çalışmaktadır. Bunun yanı sıra uyarı sesi çalınacak değerler de bu tablo referans alınarak belirlenmiştir. Tabloya göre belirlenen uyarı sesi sınır değeri 151'dir.

Tablo 3. T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın referans aldığı EPA Hava Kalitesi İndeksi ve BAKS sisteminin bu değerlere karşılık oluşturduğu tepkiler. (The EPA Air Quality Index and the BAKS system, which the T.C Ministry of Environment and Urbanization referenced, responded to these values.)

Sağlık Endişe Seviyeleri	Hava Kalite İndeksi (AQI) Değerler	Fan Seviyesi	Uyarı Sesi Değerler
İyi	0-50	Kapalı	×
Orta	51-100	Düşük	×
Hassas	101-150	Orta	×
Sağlıksız	151-200	Yüksek	✓
Kötü	201-300	Yüksek	✓
Tehlikeli	201-300	Yüksek	✓

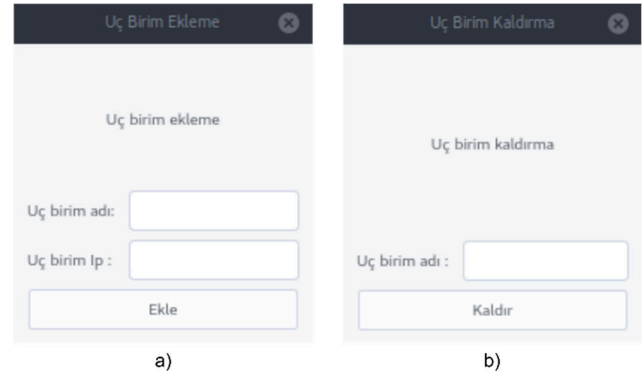
Ayrıca, BAKS sisteminde merkezi akıllı kontrol birimi üzerinden verilerin, iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının ve sistemin çalışma

durumunun kontrol edilebileceği bir grafiksel kullanıcı ara yüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen kullanıcı ara yüzünün ana ekranı Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu ekran kayıtlama, kayıt silme, konum verilerine erişim ve kayıtlı modüllerin yüzeysel takibinin sağlanması için kullanılmaktadır. Kayıtlı konumların yanlarında bulunan ve yanıp sönen göstergelerin renginin yeşil olması ortamdaki veri alınabildiğini, mavi olması veri akışında bir sorun olduğunu ve kırmızı olması ise ortamda gaz kaçağı veya yangın gibi acil bir durum olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Geliştirilen kullanıcı ara yüzünün ana ekranı. (Home screen of the developed user interface.)

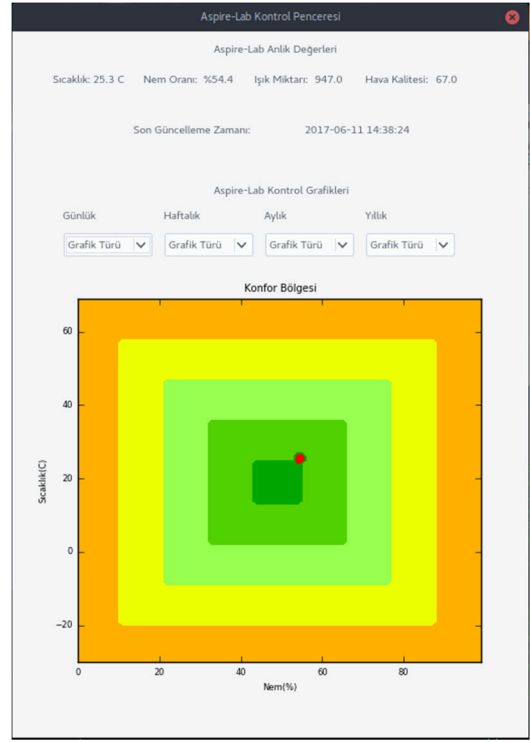
Ana ekran ayrıca uç birim ekleme, uç birim kaldırma ve konum kontrol monitörüne erişim imkanı sunmaktadır. Uç birim ekleme ve uç birim kaldırma pencereleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7a'da gösterilen uç birim ekleme penceresinde, merkezi akıllı kontrol birimi tarafından kontrol edilmek üzere yeni bir alan (konum denetim birimi) eklenirken kullanıcıdan o alanın IP adresi ve ismi istenmektedir. Şekil 7b'de gösterilen uç birim kaldırma penceresi ise kayıtlı konum denetim cihazlarının izlemesini sonlandırmak için tasarlanmıştır ve uç birim adı girilerek kayıtlı bir modül silinebilmektedir.



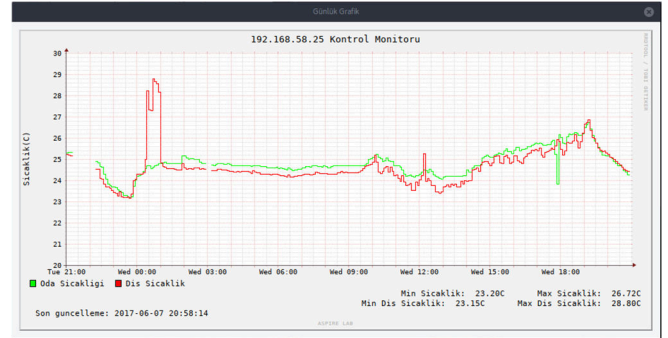
Şekil 7. Uç birim pencereleri; a) Yeni konum denetim birimi eklemek için hazırlanan uçbirim ekleme alanı b) Kayıtlı konum denetim birimlerinin izlemeye çıkarılması için hazırlanan uç birim kaldırma ekranı. (End unit windows; a) Terminal insertion area prepared for inserting a new position control unit b) End unit removal screen prepared for monitoring the registered position control units.)

Ana ekrandan erişilebilecek bir diğer ekran ise Şekil 8’de gösterilen konum kontrol penceresidir. Bu pencere kullanıcının konumlarının anlık verilerinin yanı sıra tüm verilerin günlük, haftalık, aylık ve yıllık grafiklerine de ulaşmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bu ekranın altında bulunan ısı konfor bölgesi grafiği ortamdaki anlık sıcaklık ve nem verilerine görsel olarak anlam kazandırmaktadır. Grafikte dikey eksen sıcaklık yatay eksen ise nem değerlerini temsil etmektedir. Grafiğin merkezinde koyu yeşil olarak gözükken alan ısı konfor seviyesinin en yüksek olduğu bölgedir. Anlık verilerin ortam sıcaklığı için 21-26°C , nem oranı için ise %40-%60 aralığında bulunması durumunda en yüksek ısı konfor seviyesine ulaşılmakta ve bu alan grafikte koyu yeşil renkte gösterilmektedir. Bu veriler ideal değerlerden uzaklaştıkça ısı konfor seviyesi yeşilden turuncuya doğru azalmaktadır.

Kullanıcın konum kontrol penceresinden ulaşabileceği örnek bir günlük iç ve dış sıcaklık grafiği penceresi Şekil 9’da gösterilmiştir. Bu pencerede kullanıcı iç ve dış sıcaklık değerlerinin gün içerisinde aldığı en düşük ve en yüksek değerleri görebilmektedir. Ayrıca kayıtlı her alan için oluşturulan bu grafik sayesinde kullanıcıya kıyaslama yapma imkanı sunulmuştur. Şekilde gösterilen sıcaklık grafiği gibi nem, hava kalitesi ve ışık şiddeti verileri de günlük, haftalık, aylık ve yıllık zaman aralıklarında oluşturulmuş grafiklerle takip edilebilmektedir.



Şekil 8. Konum kontrol penceresi. Bu pencere kullanıcının seçilen alanın anlık değerlerine, veriler için oluşturulan günlük, haftalık, aylık ve yıllık grafiklere ve seçilen alanın ısı konfor bölgesi grafiğine erişmesini sağlamaktadır. (Position control window. This window allows the user to access the instantaneous values of the selected area, the daily, weekly, monthly and yearly graphs generated for the data and the graph of the thermal comfort zone of the selected area.)



Şekil 9. BAKS sistemi tarafından konum kontrol penceresinden kullanıcıya sunulan örnek bir günlük iç-dış sıcaklık grafiği penceresi. (A sample daily indoor-outdoor temperature graph window presented by the BAKS system to the user via the position control window.)

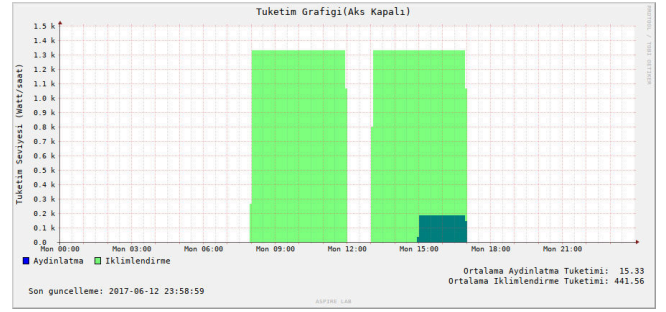
4. VERİMLİLİK TESTLERİ (EFFICIENCY TESTS)

BAKS sisteminin verimlilik testleri sadece aktif kullanıcı bulunduğu zamanlarda aydınlatma ve iklimlendirme gereksinimleri bulunan bir laboratuvar da gerçekleştirilmiştir. Testlerin gerçekleştirildiği laboratuvar Şekil 10’da gösterilmektedir.



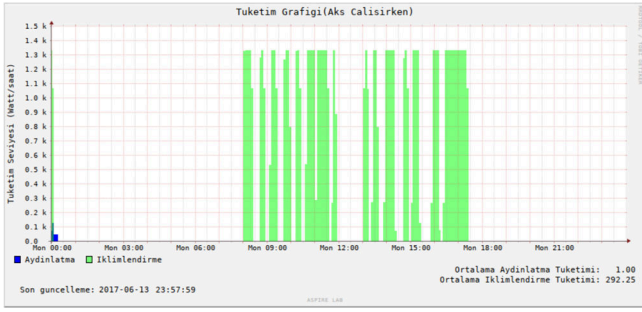
Şekil 10. BAKS sisteminin testlerinin gerçekleştirildiği laboratuvar. (The laboratory where the tests of the BAKS system are carried out.)

Şekilde görülen laboratuvar Doğu Karadeniz Bölgesinde $41,037770^\circ$ E, $40,494420^\circ$ N enlem ve boylamındaki binanın 7. Katında bulunmaktadır ve 126 metreküp hacme sahip odanın dış cephesi kuzeybatı yönündedir. Test aşamasında, sırasıyla soğutma ve ısıtma giriş güçleri 1333 W ve 2000 W olan bir portatif klimanın ve test ortamında bulunan 23 W gücündeki 8 adet aydınlatma cihazının enerji tüketimi kayıt altına alınmıştır. Bu laboratuvarında, 12.06.2017 tarihinde iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının operatör kontrolünde çalıştırılmasıyla oluşan tüketim grafiği Şekil 11’de gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere yaz mevsiminin etkisiyle klimanın soğutma güç sarfiyatı mesai saatleri içerisinde laboratuvarın enerji tüketimine yüksek seviyede etki etmiştir. Ayrıca 15.00’den itibaren aydınlatma cihazlarının çalışmasıyla oluşan güç tüketimi grafikte görülmektedir. Oluşan bu grafiğe göre iklimlendirme cihazlarının günlük ortalama enerji tüketimi 441.56 W/h iken aydınlatma cihazları için bu değer 15.33 W/h’tir. Buna göre günlük ortalama toplam tüketim miktarı ise 456.89 W/h’tir.



Şekil 11. Testlerin yapıldığı laboratuvarında 12.06.2017 tarihinde BAKS sistemi olmadan operatör tarafından kontrol edilmiş iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının tüketim grafiği. (Consumption chart of the air conditioning and lighting devices controlled by the operator without the BAKS system on 12.06.2017 in the laboratory where the tests are made.)

Test edilen sistemle enerji tüketiminde verim sağlamak ve ortam şartlarını uygun seviyede tutmak hedeflenmiştir. Bu amaçla ilk olarak laboratuvara bir konum denetim birimi yerleştirilmiş ve çalıştırılmıştır. Ardından merkezi akıllı kontrol birimine konum denetim birimi uç birim olarak eklenmiştir ve enerji yönetimi başlatılmıştır. Bir gün boyunca 13.06.2017 tarihinde test edilen sistem saat 00.00 da çalıştırılmış ve konumdaki iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının kontrolü BAKS sisteminin yönetimine bırakılmıştır. Laboratuvar BAKS sisteminin kontrolü altında iken yapılan enerji tüketimi grafiği Şekil 12’de gösterilmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi saat 09.00’da sistem laboratuvarında aktif kullanıcı algılamış ve iklimlendirme cihazını çalıştırmıştır. Öğle tatili başlangıcı olan saat 12.00’a kadar sistem sadece gerekli bulunduğu durumlarda iklimlendirme cihazını çalıştırmış, gerek duyulmayan ortam şartları oluştuğunda iklimlendirme cihazını kapatarak enerji tüketimini sonlandırmıştır. Saat 12.00-13.00 arası ise sistem laboratuvarında aktif kullanıcı algılamamış ve cihazları kapatmıştır. Öğle tatilinden sonra saat 13.00-17.30 arasında sistem, gerekli gördüğü durumlarda iklimlendirme cihazını çalıştırmış diğer durumlarda kapatmıştır. Bunun yanında sistem çalıştığı süre boyunca ortamda aydınlatma cihazını çalıştırmaya ihtiyaç duymamıştır. Böylelikle BAKS sisteminin kontrolü altındaki laboratuvarın enerji tüketimi günlük ortalama 293,25 W/h saat olmuştur.



Şekil 12. Aynı laboratuvarıda 13.06.2017 tarihinde BAKS sistemi ile kontrol edilen iklimlendirme ve aydınlatma cihazlarının tüketim grafiği. (Consumption chart of air conditioning and lighting devices controlled by BAKS system on 13.06.2017 in the same laboratory.)

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Sınırlı enerji kaynaklarının doğru ve verimli kullanılması büyük önem arz etmektedir. Özellikle çok katlı ve çok odalı binalarda iklimlendirme cihazlarının gereksiz kullanımı sebebiyle oluşan enerji kayıplarının önlenmesi, iklimlendirme cihazları ile ortam nem ve sıcaklık seviyelerinin ideal seviyelerde tutulması ve aydınlatma cihazlarının otomatik kontrolü hem ekonomi hem de insan sağlığı açısından önemlidir. Bu çalışmada, enerjinin verimli kullanımını sağlamak için çoklu modül destekli yazılım tabanlı bir akıllı kontrol sistemi olan BAKS geliştirilmiş ve kaynak kodları paylaşılmıştır [21]. Geliştirilen sistemin özellikle gereksiz elektrik sarfiyatını sınırlandırması ve insan sağlığına uygun ortam şartlarını sağlaması bu çalışmayı benzerlerinden ayırmakta ve farklı kılmaktadır. BAKS sistemi ile yapılan testlerde, kontrolü altındaki bir ortamda güneşlenme süresine bağlı olarak aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının enerji tüketiminin, konfordan ödün vermeden 456,89 W/h 'ten 293,25 W/h' e düşürülmesi başarmış ve %35,81 oranında tasarruf sağlandığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra ideal sıcaklık hesaplamaları yapılırken dış hava sıcaklığının da etkisinin olması ile ortamdaki ani ısınma ve soğumalar engellenmiş, insan sağlığını olumsuz etkileyen durumlar ortadan kalkmıştır. Sistem aynı zamanda operasyonunda ortamdaki hareket verilerini temel alarak aydınlatma ve iklimlendirme cihazlarının gereksiz kullanımını engellemiştir. Ayrıca BAKS sistemi ortamın hava kalitesini sürekli denetleyerek tehlikeli seviyelere ulaşan zehirli gaz tespit edildiğinde havalandırma sistemini çalıştırmakta ve merkezi kontrol biriminde operatörü uyararak bir erken ikaz sistemi olarak da görev yapmaktadır.

Geliştirilen BAKS sistemi, kullanıcıların kontrol ettikleri konumlardaki verilerin belirledikleri zaman aralığındaki değişimlerini görebilmesine, farklı kontrol alanları ile aralarındaki farkı yorumlayabilmesine, anlık ya da geçmişe dönük verilere ulaşabilmesine imkan sağlamaktadır.

REFERENCES

- [1] F. D. AYKAL, B. GÜMÜŞ, and Y. B. Ö. AKÇA, "Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir ve etkin enerji kullanımının yapılarda uygulanması", *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu YEKSEM*, vol. 9, pp. 19–22, 2009.
- [2] A. Vojdani, "Smart integration", *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 6, no. 6, pp. 71–79, 2008.
- [3] P. Zhang, F. Li, and N. Bhatt, "Next-generation monitoring, analysis, and control for the future smart control center", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 1, no. 2, pp. 186–192, 2010.
- [4] Y. Ozturk, D. Senthilkumar, S. Kumar, and G. Lee, "An intelligent home energy management system to improve demand response", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 4, no. 2, pp. 694–701, 2013.
- [5] A. J. Conejo, J. M. Morales, and L. Baringo, "Real-time demand response model", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 1, no. 3, pp. 236–242, 2010.
- [6] D.-M. Han and J.-H. Lim, "Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 3, 2010.
- [7] B. Tuysuz and Y. Mahmutoglu, "Measurement and mapping of the gsm-based electromagnetic pollution in the black sea region of turkey", *Electromagnetic biology and medicine*, vol. 36, no. 2, pp. 132–140, 2017.
- [8] K. İnal and M. A. Akcayol, "Gsm tabanlı akıllı ev uygulaması", *Bilisim Teknolojileri Dergisi*, vol. 2, no. 2, 2010.
- [9] Y. Y. Kardaş and M. S. ÖZERDEM, "Gsm Kontrollü Akıllı Ev Uygulaması", *Dicle*

- Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, vol. 6, n. 1, pp. 9-18, 2015.
- [10] Y. A. Cengel, "Heat transfer: a practical approach" *WBC McGraw-Hill*, 1998.
- [11] Ö. Kaynaklı and R. Yamankaradeniz, "Isıtma Süreci ve Optimum Yalıtım Kalınlığı Hesabı", *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, pp. 187-195, 2007.
- [12] S. B. ERDEDE and S. BEKTAŞ, "Ekolojik açıdan sürdürülebilir taşınmaz geliştirme ve yeşil bina sertifika sistemleri", *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, vol. 6, no. 1, pp. 1-12, 2014.
- [13] Ö. Akyazı, M. Usta, and A. Akpınar, "Kapalı ortam sıcaklık ve nem denetiminin farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmesi", *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 2011, pp. 16-18.
- [14] "DHT22 temperature and humidity sensor" <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>, Erişim Tarihi: 14-12-2017.
- [15] M. T. Gençoğlu, "İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu", *III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi*, 2005.
- [16] "Olimex. Technical Data MQ-135 Gas Sensor", <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>, Erişim Tarihi: 27-12-2017.
- [17] K. Tang, Y. Wang, H. Liu, Y. Sheng, X. Wang, and Z. Wei, "Design and implementation of push notification system based on the mqtt protocol", *International Conference on Information Science and Computer Applications (ISCA 2013)*, 2013, pp. 116-119.
- [18] "RRD Tool", <http://oss.oetiker.ch/rrdtool/>. Erişim Tarihi: 27-12-2017.
- [19] "ASHRAE Standard-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy", <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-55-and-user-s-manual>. Erişim Tarihi: 27-12-2017.
- [20] "T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İndeksi" <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>. Erişim Tarihi: 16-05-2017.
- [21] "AKS Sistem Kaynak Kodları", <https://gitlab.com/aspedisca/AKS-OpenSource>, Erişim Tarihi: 27-12-2017.