

KENT PARKLARI VE ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİ ÖRNEKLERİNDE DIŞ AYDINLATMALAR İÇİN AKILLI KONTROL SİSTEMLERİ VE ENERJİ TASARRUFU UYGULAMALARI

SMART CONTROL SYSTEMS AND ENERGY SAVING APPLICATIONS FOR OUTDOOR LIGHTING IN EXAMPLE OF PUBLIC PARKS AND ORGANIZED INDUSTRIAL ZONES

Lütfi Can Başaran¹, Murat Sezer², Fatih Kamil Koçak³

1. Kurucu Ortak
Logiba Aydınlatma
lutfi.basaran@logiba.com

2. Teknik Müdür
Logiba Aydınlatma
murat.sezer@logiba.com

3. Ar-Ge Mühendisi
Logiba Aydınlatma
fatih.kocak@logiba.com

ÖZETÇE

Kamu aydınlatması enerji kullanımının büyük bir bölümünü oluşturduğu için akıllı aydınlatma kontrol sistemleri, kent parkları ve organize sanayi bölgelerinde akıllı şehre ulaşmanın ve enerji tasarrufu elde etmenin en önemli adımdır.

Bu bildiride kent parkları ve organize sanayi bölgeleri için akıllı şehir aydınlatmasına ve uygulamalarına odaklanılmış ve mevcut altyapıya kolaylıkla uygulanabilen bir akıllı sokak aydınlatması kontrol sistemi önerilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, akıllı şehir aydınlatma sistemi kullanıldığı zaman esnek olmayan ve ön tanımlı davranışa sahip sistemlere nazaran %50-60'a yakın enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

ABSTRACT

Smart lighting control systems are the most important step for public parks and organized industrial zones to achieve smart city and energy savings since public lighting system is one of the largest part of the energy usage.

In this paper we focus on smart city lighting and its applications for public parks and organized industrial zones and propose an intelligent street lighting control system which can be easily implemented on existing infrastructure. The results reveal energy savings close to 50-60% when the smart city lighting control system is implemented as opposed to a rigid, predefined behaviors and system.

1. GİRİŞ

Kamuya ait aydınlatma sistemleri, toplam elektrik harcamalarında büyük bir paya sahiptir, günümüzde toplam üretilen elektrik enerjisinin %3.19'u aydınlatma için kullanılmaktadır [1].

Sokak aydınlatmasının tanımı, doğal aydınlatma belirli bir seviyenin altına düştüğü zaman sokakların yapay olarak aydınlatılması, olarak tanımlanabilir. Bu kamu

hizmeti kullanıcılarına daha güvenli bir ortam sunar, bunlara: trafik akışını kolaylaştırıp gece kazalarını azaltma, geceleri kişisel güvenlik hissini artırma ve işyeri/kamu tesislerini destekleme, dahildir [2].

Kamusal aydınlatmaların çoğunda halen eski teknolojiler kullanılmaktadır, bazıları 1960'ların yüksek basınçlı cıva lambası sistemleridir[3].

Loşlaştırma kullanan teknolojiler gibi modern ve daha verimli teknolojilere geçerek, enerji faturaları büyük ölçüde azaltılıp, karbon salınımı asgari düzeye indirilebilir [4].

Sokak aydınlatmalarının kontrolü için birçok çözüm mevcuttur.

El ile kontrol hataya açıktır ve enerji israfına yol açar, gece yarısı el ile loşlaştırma yapmak ise uygulanabilir değildir[3]. Ayrıca ışık seviyesinin el ile dinamik olarak takip edilmesi de uygulanabilir değildir.

Mevcut eğilim sokak aydınlatmalarının kontrolünde otomasyon ve uzaktan denetim sistemlerinin kullanılması şeklindedir [5]. Otomasyon sistemine sahip uzaktan denetim sistemleri, lambaların kontrolü, ışık seviyelerinin ayarlanmasına ve lamba veya bileşenlerinin hatalarının raporlanmasına olanak tanımaktadır.

Enerji tasarrufuna ek olarak, ışık seviyelerinin ayarlanabilmesi ışık kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlar [6].

Uzaktan denetim sistemlerinde ışık seviyesi adaptif (ayarlanabilir), dinamik veya akıllı şekilde ayarlanabilir. Işık seviyesi ön tanımlı zaman çizelgesine göre veya gerçek zamanlı olarak ayarlanabildiği zaman, adaptif ya da dinamik olarak adlandırılır[3].

Adaptif ya da dinamik bir aydınlatma kontrol sistemi, ışık seviyesini ön tanımlı parametrelere bağlı olarak gerçek zamanlı ayarlayabildiği zaman akıllı kontrol sistemi olur [6][7].

Akıllı bir kontrol sisteminin sahip olduğu temel özellikler:

- Hata ve durum raporlaması: bozulan lambalar, hatalı güç faktörü, vs.
- Aydınlatma panosunun hata ve durum raporlaması
- Lambaların açılıp kapandığından emin olunmasının sağlanması
- Loşlaştırma ve güç ölçümü işlemlerinin yapıldığından emin olunmasının sağlanması
- Erişim ve işlemlerin tespiti, vs. gibi işlemsel bilgilerin tutulmasını sağlaması

şeklinde sıralanabilir.

Ayrıca sistem beklenen çevresel durumlara karşı dayanıklı olmalı ve normal yöntemlerle kuruluma uygun yapıda olmalıdır [8].

Aynı zamanda akıllı şebekenin geniş kentsel perspektif kavramı içerisinde daha verimli ve akıllı bir enerji kullanımını eğilimini de destekler[3].

2. AKILLI ŞEHİR AYDINLATMASI NEDİR?

Şehir aydınlatması otoyollar, çevre yolları, ana arterler, tüneller, mimarı miras yapıları, mühendislik yapıları, anıtların aydınlatılması gibi birçok interaktif alt projelerden oluşmuş bir mega projedir. Şehir aydınlatması, güvenliğin sağlanması, konfor şartlarının oluşturulması, sürdürülebilir kentsel yaşam ve sürdürülebilir çevre oluşturulması gibi ölçütleri yerine getirmesi gerektiğinden çok bileşenli bir teknik alandır [9]. Şehir aydınlatma sistemleri tasarlanırken gelecekteki akıllı şehri oluşturacak altyapıyı kurmak önemlidir. Günümüzde yeni kurulacak yapılarda enerji verimli sistemler oluşturmak ve mevcut yapılarda ise enerji tasarrufunu artırıcı tedbirler almak herkesin yoğun çaba sarfettiği bir alandır. Yol aydınlatma sistemlerinde loşlaştırmada (dim etme) uygulanmaya başlanmaktadır. 27 Temmuz 2013'te Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan genel aydınlatma yönetmeliği [10] de bunu destekler niteliktedir. Yayınlanan yönetmelik ile genel aydınlatma kapsamındaki halkın ücretsiz kullanımına açık ve kamuya ait park, bahçe, tarihi ve ören yerleri ile yürüyüş yolu gibi yerlerdeki mevcut aydınlatma tesisleri ve yeni yapılacak tesislerde, madde 6.2, madde 6.3.c ve madde 6.3.e'de belirtildiği üzere otomasyon ve dim sistemlerinin uygulanmasına yönelik açıklamalar vardır. Bu maddeler aşağıdaki gibidir.

Madde 6-(2) Genel aydınlatma kapsamındaki halkın ücretsiz kullanımına açık ve kamuya ait park, bahçe, tarihi ve ören yerleri ile yürüyüş yolu gibi yerlerdeki mevcut aydınlatma tesisleri ve yeni yapılacak tesislerde, aydınlatma düzeyleri en geç saat 02:00'den sonra yüzde elli oranında düşürülür.

Madde 6-(3) - c) Aydınlik şiddeti algılayıcı ve/veya zaman kontrollü tesisat ile aydınlatmanın gerek duyulan zamanlarda ve gerektiği ölçüde yapılması sağlanır. Halkın ücretsiz kullanımına açık ve kamuya ait park,

bahçe, tarihi ve ören yerleri ile yürüyüş yolu gibi yerlerde yeni yapılan genel aydınlatma tesislerinde aydınlatma düzeyinin düşürülmesini temin için uzaktan kontrol ve otomasyona uygun "dim" özelliğine sahip kısılabilir armatürler tercih edilir.

Madde 6-(3) - e) Besleme kablosu terminalleri ve eklerine gerekli özen gösterilir. Aydınlatma panoları, kontrol ve kumanda amaçlarına uygun olarak tesis edilir. Akıllı şehir aydınlatmasına geçiş için dünyada ve ülkemizde adımlar atılmaya başlanmıştır. Yayınlanan yönetmelik ile park ve bahçelerde akıllı aydınlatma sistemlerine geçiş hızlanmıştır.

2.1. Dış Aydınlatmayı Neden Kontrol Etmeliyiz?

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de özellikle 2007 yılından beri yoğun bir şekilde sürdürülmekte olan "enerji verimliliği" çalışmalarında, temininde büyük güçlükler yaşanan elektrik enerjisini tüketen sistemlerden biri olan "aydınlatma tesisatları" mevcut tesisatların yetersizliği, teknolojideki yenilikler ve kısa geri ödeme süreleri nedeniyle üzerinde en çok konuşulan ve uygulama yapılan konulardan biri haline gelmiştir. Aydınlatmada tasarruf, lamba söndürerek değil, görme yeteneği ve görsel konfordan ödün vermeden, gerekli minimum seviyede aydınlık düzeylerinin yaratılması ile sağlanır. En yüksek enerji tasarruf değerlerine ulaşılması amaçlanırken, yollardaki güvenlik ve konfor koşulları açısından gerekli olan aydınlatma kalitesinin tehlikeye sokulmamasına dikkat edilmelidir.[11]

Otomatik kontroller, dış ve park aydınlatma sistemlerinin sahiplerine ciddi enerji ve bakım maliyeti tasarrufu içeren birçok önemli fayda sağlar. Aydınlatma kontrolü, karlılığı artıran enerji maliyet tasarrufu üretmek aydınlatmanın sadece gerektiği zaman ve miktarda kullanımını garanti eder. En son ticari bina enerji kodları ve standartları, dış aydınlatmanın ciddi biçimde kontrolünü gerektirmektedir. Dış aydınlatma, gece kullanılmadığı zamanlarda kapatma veya güç azaltma yeteneğine sahip olmak zorundadır. Dimleme (loşlaştırma), ışık yayan diyot (LED) aydınlatmasının faydalı ömrünü değerini artırarak uzatmaktadır. Aydınlatmanın çoğunluğunu mesai sonrası düşük bir aydınlık veya güç seviyesinde tutarak, meşgul alanlarda tam güce çıkacak armatürler ile insanların bulunduğu daha fazla algılanabilir olması sağlanabilir. Bazı çözümler kontrol edilen aydınlatmayı enerji analizi ve bakım için faydalı bilgiler sağlayabilmek amacıyla izler.[12]

2.2. Akıllı Şehir Aydınlatma Sistemi (ASAS)'nin Genel Yapısı Nasıl Olmalıdır?

Elektrik şebekesi üzerinden haberleşme kullanılarak geliştirilen ASAS, dış mekanlarda kullanım için birçok

kolaylık ve tasarruf imkanı sağlayan inovatif bir aydınlatma otomasyon sistemidir.

2.2.1. ASAS'ın Özellikleri

ASAS tüm haberleşme sistemleriyle ve aydınlatma ürünleriyle (LED, Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı, Metal Halide, Floresan Lambalar vb.) tam uyumlu olarak rahatça kullanılabilir ve web tabanlı bir uygulama üzerinden sistemi takip edilebilir.

Sistemde mevcut elektrik şebekesi üzerinden haberleşme (Power Line Communication) yapıldığı için ek kablolu gerektirmez. Bu nedenle mevcut tüm sistemlere de kolayca uygulanabilir. Armatüre veya direğe monte edilebilecek ürün çeşitleriyle kurulum kolaylığı sağlar.

ASAS ile aydınlatma sisteminde kullanılan tüm ekipmanlar bir harita üzerinde görüntülenebilir ve her armatür interaktif olarak veya senaryolara bağlı olarak kontrol edilebilir. Her armatür için ayrı ayrı ya da armatürleri gruplayarak senaryolar oluşturulabilir. Senaryo bölümünde her cihaz için günlük 8 farklı uygulama (açma, kapama, dim etme vb.) yapılabilir. Ayrıca kullanılan armatürlerdeki balastlar veya sürücüler 1-10V veya DALI sistemlerine uyumlu ise ASAS sayesinde lambalar dim de (loşlaştırma) edilebilir.

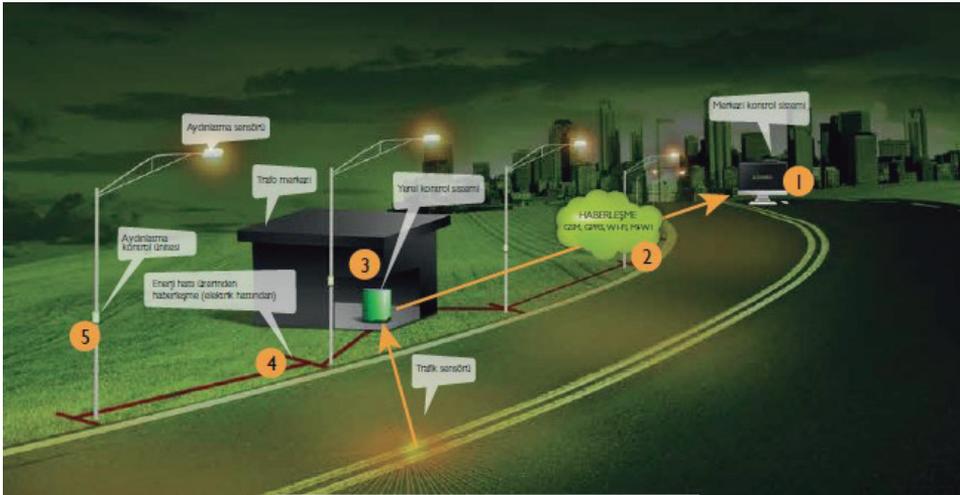
ASAS ile hangi sokakta, hangi armatürün bulunduğu görülebilir ve çalışma veya arıza durumları görüntülenebilir. Bakım planlamaları bu bilgilere göre yapılabilir ve bakım maliyetlerinde tasarrufa gidilebilir. ASAS'ın raporlama ve kullanıcı yetkilendirme özellikleri sayesinde ilgili birimlerin (bakım, işletme vb.) sisteme istenilen yerlerde müdahil olması sağlanabilir.

2.2.2. ASAS Topolojisi

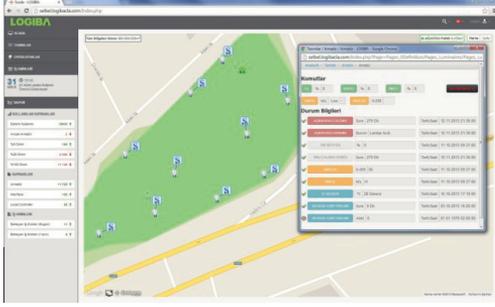
ASAS, sahadaki aydınlatma panolarına yerleştirilen modüller ile GSM modem vasıtasıyla haberleşmektedir. Saha aydınlatma panosuna yerleştirilen modüller hem bir fazlı hem de üç fazlı elektrik şebekesine uygundur. Sistem bütünlüğü için her armatüre bir cihaz bağlanmaktadır ve her cihaz ASAS ile kontrol edilebilmektedir. Cihazların ASAS ile bağlantısı kopsa dahi bir önceki günkü senaryoyu hafızasında tutup sistemin bu senaryoya göre çalışmasını sağlar. Şekil 1'de ASAS genel yapısı verilmiştir.

1) ASAS Yazılımı (Merkezi Kontrol Sistemi)

- Web tabanlı bir uygulamadır.
 - Aydınlatma sisteminde kullanılan tüm ekipmanları bir harita üzerinde görüntülenebilir ve her armatür interaktif olarak ya da senaryolara bağlı olarak kontrol edilebilir.
 - Hangi sokakta, hangi armatürün bulunduğunu görebilir ve çalışma veya arıza durumları görüntülenebilir.
 - Raporlama ve kullanıcı yetkilendirme özellikleri sayesinde ilgili birimlerin (bakım, işletme vb.) sisteme istenilen yerlerde müdahil olması sağlanabilir.
- Şekil 2'de ASAS yazılımından bir görsel görülmektedir.



Şekil 1: ASAS genel yapısı



Şekil 2: ASAS yazılımı

2) Kablosuz Haberleşme

• ASAS yazılımı ile saha kontrol panosu arasındaki haberleşme, GSM hattı ile güvenli bir şekilde yapılmaktadır.

3) Saha Kontrol Panosu (Yerel Kontrol Sistemi)

• ASAS yazılımından gelen verilerin toplandığı, işlendiği, enerji hattına verildiği ve aynı şekilde uç nokta arayüzlerinden gelen verilerin toplanıp, işlendiği ve kablosuz haberleşme hattına verildiği panodur.

• Ayrıca aydınlatma sensörü, trafik sensörü gibi ek kontrol işlemlerinin verilerinin de toplanması ve işlenmesi burada yapılmaktadır.

4) Enerji Hattı Üzerinden Haberleşme

• Saha kontrol panosu ile armatürlere bağlanan uç nokta arayüzleri arasındaki veri alışverişi, elektrik şebekesi üzerinden yapılmaktadır. Ek bir haberleşme hattı ya da anten gerekmemektedir.

• Haberleşmede AES128 şifreleme kullanılmaktadır. Böylece haberleşme güvenliği sağlanmaktadır.

5) Uç Nokta Arayüzü (Aydınlatma Kontrol Ünitesi)

• Her armatüre bağlanan uç nokta arayüzü sayesinde her armatür tek tek kontrol edilebilir.

• Direğe ya da armatüre monte edilmek üzere iki farklı ürün tipi mevcuttur.

• 1-10V veya DALI dim sistemlerine uyumludur.

• Hareket sensörü bağlantısı sayesinde harekete bağlı açma, kapama ve dim etme yapılabilir.

2.2.3. ASAS İle Park ve Bahçe Uygulamasının Faydaları

Günümüzde giderek önemi artan park ve bahçe aydınlatmalarında estetiğin olduğu kadar da güvenliği dikkate alınmalıdır. Yaya yolları, ağaçlar, çalılıklar, çiçek tarhları, yapay göletler, havuzlar ve çeşmelerin

aydınlatılmaları sayesinde görsel bir gösteri ve estetik görüntüler elde edilmektedir. Aydınlatma yapılmadan önce alt yapı kontrolü ve aydınlatılacak alanın doğru analizi ile görsel kalite artırılmalıdır.

Park ve bahçelerde aydınlatma konusunda yaşanan en büyük sorunlar özellikle gecenin ilerleyen saatlerinde bir çok aydınlatma elemanının gereksiz çalışması ile oluşan gereksiz maliyet ve aydınlatma elemanlarında oluşabilecek arızaların tespitlerinin zamanında ve kolay yapılamamasıdır. Bu sorunlara ASAS'ın getirdiği en büyük artılardan bir tanesi yaya trafiğinin olmadığı zamanlarda aydınlatmaları loşlaştırabiliyor (dim edebiliyor) veya kapatabiliyor olumasıdır. ASAS ile bir parktaki her bir armatür ayrı ayrı kontrol edilebilir ve hazırlanacak senaryolarla %60'a varan enerji tasarrufu sağlanabilir. Özellikle hareket sensörlü uygulamalar sayesinde yaya trafiğinin azaldığı zamanlarda tasarruf oranını daha da arttırmak mümkündür. Parklardaki armatürlerin çalışma veya arıza durumlarının sorumlu kişilere bildirilmesi ile hangi parktaki hangi armatürün arızalı olduğu görülebilir ve bakım planlamaları buna göre yapılabilir. ASAS ile de istenildiği takdirde ilgili bakım ekiplerine arızalar SMS veya e-mail yoluyla bildirilebilmektedir.

3. AKILLI ŞEHİR AYDINLATMA UYGULAMALARI

Akıllı şehir aydınlatmalarıyla ilgili tüm dünyada bir çok uygulama yapılmaktadır.

3.1. Uygulama 1

Logiba, Medaş (Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.) ile yaptığı uygulamada manyetik balastlar ile elektronik balastlar karşılaştırılmıştır. Laboratuvar şartlarında elektronik ve manyetik balastlar arasındaki fark, görünür güç karşılaştırmasına göre elektronik balastlar lehine, %16 olmuştur. Laboratuvar ortamında eşit şartlarda yapılan ölçümler ile saha şartlarında yapılan ölçümler sonucunda, manyetik balastlar aleyhine büyük bir verimlilik farkı belirlenmiştir. Sabit güçlü manyetik balastlara göre, sabit güçlü elektronik balastların %34 daha verimli olduğu, autodim elektronik balastların ise bu verimlilikle beraber sağladıkları tasarrufun toplamda %67 olduğu hesap edilmiştir. Manyetik balastlar için en iyi şartlar altında dahi, elektronik balastların daha verimli oldukları gözlenmiştir. Ayrıca nominal aydınlatma seviyesinin gereksiz olduğu durumlarda, aynı armatürlerde balastların daha düşük güçte çalıştırılabilmeleri (dim özellikleri), fazladan enerji tasarrufu imkanı sağlamaktadır.[13]

3.2. Uygulama 2

İspanya'da Madrid'in güneyindeki Leganés bölgesi için yapılan bir simülasyona göre kablosuz sensör ağına göre

çalışma ile sensörsüz çalışma karşılaştırıldığında %55 enerji tasarrufu yapılabileceği tespit edilmiştir. Simülasyon sonuçları tablo 1’de verilmiştir. [14]

3.3. Uygulama 3

İnteraktif aydınlatma stratejisi belirlenmesi için Danimarka’nın Aalborg şehri Kennedy meydanında uygulama yapılmıştır.

Meydanda kimse yokken kalıcı asgari aydınlatma seviyesini garantilemek için, aydınlatma tasarımı son aydınlatmada birleştirilmek üzere ortam ve efekt katkısı olarak iki bölüme ayrılmıştır.

A. Ortam aydınlatması

Ortam aydınlatması meydanda kimse yokken meydanın aydınlatıldığını garantilemek için kullanılmıştır. İnsanların meydana girmenin güvenli olduğundan emin olmaları için meydanın asgari bir düzeyde aydınlatılmış olması gerektiği hipotezi izlenmiştir. Deneyde iki farklı senaryo izlenmiştir:

A.1. Global minimum senaryosu: tüm lambalar tam güçlerinin %10’ına kısılmıştır.

A.2. Köz senaryosu: ışıklar rastgele düzende %0 ile %20 arasında yavaşça kısılıp açılmıştır.

B. Efekt Aydınlatması

Etki aydınlatması meydanda olan bir olaya tepki olarak yapılan aydınlatmadır. Olay, bilgisayar destekli görüntüleme analizi yapan ve bunun sonucunda aydınlatmanın nasıl tepki vermesi gerektiğine karar veren bir bilgisayar tarafından saptanmaktadır.

Kalabalığın yoğunluğu, hız, iklim, saat vb. gibi etkenlere dayalı tekdüze veya eğlenceli senaryolar tasarlanabilir.

Bu ilk deneyde aşağıdaki iki efekt test edilmiştir:

B.1. Işık çemberi: En az 10 m. çapında, halka şeklinde aydınlatılmış bir aura kişinin etrafını sarar. Bu sayede kişi yoldaki değişimleri ve etrafındaki insanların yüzlerini görerek meydanda güvenli bir şekilde seyahat etmiş olur.

B.2. Işık dalgası: Eğlenceli bir aydınlatma senaryosu olarak, meydanda seyahat edilecek alandaki beyaz bir ışık dalgası oluşumunun tetikleneceği yeri işaretleyen (mavi), iki ışıktan oluşan bir hazine avı senaryosu hazırlanmıştır. 10 saniye sonra farklı bir noktada yeni bir mavi ışık ortaya çıkar. Hipotez, insanları eğlenceli ve yaratıcı durumlar içine çeken eğlenceli bir aydınlatma yapmaktır.

C. Son aydınlatma

Ortam aydınlatması ve efekt aydınlatmasının ışık seviyelerinin toplanıp, her bir lambaya uygulanmasıdır. Eğer iki ışık seviyesinin toplamı maksimumu geçiyor ise efekt %100’e kırılır. Ortam aydınlatması alanda kimse yokken uygulanır. Fakat bu meydandaki aydınlatmayı kimsenin görmeyeceği anlamına gelmez. Genellikle belli bir uzaklıktan, balkondan, oturma odasından, kafeden vb. görülebilir. Bu sayede çok düşük enerji tüketimi ile istenen amaca uygun olarak, kucak açan, ilham veren, korkunç, doğal veya sadece nötr aydınlatma desenleri oluşturulabilir. Ancak alana insanlar girdiğinde efekt aydınlatma stratejileri güvenlik, estetik ve sosyal gereksinimleri karşılayacak uygun aydınlatmayı sağlar.[15]

Tablo 1 : Leganés şehri için direk başına düşen gecelik ve yıllık tahmini maliyetler

Durum	Güç (W)	Ortalama çalışma süresi	Adaptif uygulama		Adaptif olmayan uygulama	
			Saatte harcanan güç (W)	Gecelik maliyet (€)	Saatte harcanan güç (W)	Gecelik maliyet (€)
YÜKSEK	240	0,22	53,33	0,079	240	0,36
ORTA	120	0,14	16,38	0,024	0	0
DÜŞÜK	60	0,64	38,49	0,057	0	0
Toplam aydınlatma direği/gece (€)				0,162	0,36	
Toplam aydınlatma direği/yıl (€)				59,13	131,4	

Tablo 2 : Enerji Tasarruf Tablosu							
Uygulama Yeri :	Park						
Armatür Sayısı :	300	adet		30	adet		30
Armatür Gücü :	150	W		250	W		150
Armatür Tipi	LED			YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI (YBSB)			METAL HALİDE (MH)
kWh elektrik bedeli	0,25	TL					
*Armatürler dimli yapıya uygun olmalıdır.							
ASAS LI SİSTEM (DİMLİ)				STANDART SİSTEM			
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi :	12	saat					12
Çalışma Şekli :	50%	1	saat	18:00 - 19:00 arası			18:00 - 06:00 arası
	100%	3	saat	19:00 - 22:00 arası			
	60%	3	saat	22:00 - 01:00 arası			
	20%	4	saat	01:00 - 05:00 arası			
	60%	1	saat	05:00 - 06:00 arası			
LED armatürde harcanan günlük güç	301,50	kWh					
YBSB armatürde harcanan günlük güç	50,25	kWh					
MH armatürde harcanan günlük güç	30,15	kWh					
TOPLAM Günlük Harcanan Güç	381,90	kWh					
Yıllık Harcanan Güç	139393,5	kWh					
Yıllık Enerji Bedeli	34.848,38	TL					62.415,00
Yıllık Bakım Maliyeti	540	TL					1080
Toplam Maliyet	35.388,38	TL					63.495,00
				Yıllık Tasarruf Miktarı	28.106,63	TL	
				Yıllık Enerji Tasarrufu	110266,50	kWh	
				Tasarruf Yüzdesi	44,27	%	
				CO ₂ Tasarrufu	75,97	metric ton	
				Ağaç Tasarrufu	1948	adet	

3.4. Örnek Enerji Tasarruf Hesabı

Tablo 2'de 360 armatürlü bir park için hazırlanmış örnek bir enerji tasarruf hesabı verilmiştir. Bu tabloya göre ASAS ile kontrol edilen sistem standart sisteme göre %44,27 daha tasarrufludur. Formül 1'de sistemde harcanan güç hesabı verilmiştir.

$$W = \sum_{i=1}^m N_{arm,i} P_{arm,i} T_i \quad (1)$$

W : tüketilen toplam elektrik enerjisi (Wh)

N_{arm,i} : i tipindeki armatür sayısı

P_{arm,i} : i tipindeki her bir armatürün, balast, trafo kayıpları dahil şebekeden çektiği toplam güç (W)

T_i : i tipindeki armatürün yıllık kullanım süresi (saat)

m : binadaki armatür tip sayısı

4. SONUÇ

Günümüzde kent parkları ve organize sanayi bölgelerindeki kamusal mekan aydınlatması yaşanabilir şehirler oluşturmada önemli bir rol oynamaktadır. Yenilikçi ve interaktif bir aydınlatma sisteminin sürdürülebilirliğe, sokakların, parkların ve caddelerin güvenliğine ve emniyet hissine nasıl katkıda bulunduğunu ölçmek çok da zor değildir. ASAS kamu işletmecilerine hem güvenlik hem de esneklik sunarak kamusal alanların çeşitli gereksinimlerine cevap verebilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda akıllı şehir aydınlatma sistemleri enerji kullanımını ve bakım maliyetlerinde daha önce kullanılan konvansiyonel

aydınlatma yöntemlerine nazaran önemli oranda tasarruf sağlar ve aydınlatma hizmetinin kalitesini kurum nezdinde artırır ve garanti eder.

Sokak aydınlatmalarında tasarruf sağlamak ülkenin enerji politikaları çerçevesinde değerlendirildiği zaman çok önemli olmakla beraber Türkiye'de bugünkü kanun ve yönetmelikler çerçevesinde doğrudan doğruya hiçbir n ve kuruluşun bütçesinde değişiklik yapmamakta ru alanda sorumluluk tanımlaması yapan bir yönetmelik yayınlanmadığı için bugün uygulanabilir görülmemektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] M. Richards, D. Carter, Good lighting with less energy, Lighting Research and Technology, 2009, 41: 285
- [2] PR Boyce, S Fotios, M Richards, Road lighting and energy saving, Lighting Research and Technology, 2009, 41: 245
- [3] Mircea Popa, Costin Cepișcă, Energy consumption saving solutions based on intelligent Street lighting control system, U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol.73, Iss.4, 2011
- [4] Tetri, E., Halonen L., Future trends of energy efficient lighting, Proceedings, 26th Session of the CIE, Beijing, China, 4-11 July 2007, pp. 45-48
- [5] Jitka Mohelnikova, Electric Energy Savings and Light Guides, Energy& Environment (EE'08), Proceedings, 3rd IASME/WSEAS International Conference on, Cambridge, UK, February 23-25, 2008, pp.470-474

- [6] Iacob A., Alexandrescu R. M., Salceanu C., Ionescu I., Racovitan I., Requirements and conditions for power demand and quality parameters system deployment for public lighting in Romania, *Journal of Sustainable Energy*, Vol. 1, no. 1, March, 2010
- [7] I.L. Guo, M. Eloholma, L. Halonen, Lighting control strategies for road lighting control systems, *Journal of the Illuminating Engineering Society of North America (LEUKOS)* [Online], Vol. 4, no. 3, 2008
- [8] L. Guo, M. Eloholma, L. Halonen, Luminance monitoring and optimization of luminance metering in intelligent road lighting control systems, *Lighting Engineering*, Vol. 9, 2007, pp. 2440
- [9] Muhammet Garip, Beyhan Kılıç, İstanbul için sürdürülebilir şehir aydınlatma politikası, İ.B.B.
- [10] Genel Aydınlatma Yönetmeliği, 28720, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Temmuz 2013.
- [11] Sermin Onaygil, 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, İTÜ Enerji Enstitüsü Enerji Planlaması ve Yönetimi A.B.D., Mayıs 2013.
- [12] U. S. Department of Energy, Exterior Lighting Control Guidance, August 2013.
- [13] Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalı Armatürlerde, Manyetik Balastlar ile Elektronik Balastların, Laboratuar ve Saha Şartlarında Enerji Verimliliği Karşılaştırması, Logiba-Medaş, 9. Ulusal Aydınlatma Kongresi, Nisan 2013
- [14] Soledad Escolar, Jes'us Carretero, Maria-Cristina Marinescuy, Stefano Chessaz, Estimating Energy Savings in Smart Street Lighting by using an Adaptive Control System, Computer Science Department. University Carlos III of Madrid, Madrid, Spain, CASE Department. Barcelona SuperComputing Center, Barcelona, Spain, Computer Science Department. University of Pisa and ISTI-CNR. Pisa, Italy
- [15] Esben S. Poulsen, Hans J. Andersen, Ole B. Jensen, Rikke Gade, Tobias Thyrrerstrup, Thomas B. Moeslund, Controlling Urban Lighting by Human Motion Patterns Results from a Full Scale Experiment, Department of Architecture, Design, and Media Technology Aalborg University Denmark