

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE AYDINLIK DÜZEYİ
KONTROLÜ İLE AYDINLATMA OTOMASYONU VE
BİR ÖRNEK UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Gürcan GÜR

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK ELEKTRONİK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yılmaz UYAROĞLU

Eylül 2020

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Mehmet Gürcan GÜR

10/08/2020

TEŞEKKÜR

Oldukça uzun süren yüksek lisansım boyunca desteğini hiç bir zaman esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Yılmaz UYAROğLU'na verdiği tüm emekler ve yaptığı katkılardan dolayı teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu süreçte fikirleri, yönlendirmeleri ve kaynak araştırma konusunda yaptığı destekler sayesinde Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik bölümü hocalarından Dr. Baha KANBEROğLU'na da teşekkür ederim.

Değerleri hocalarımın yanında bana büyük bir sabır, anlayış ve sevgi göstererek en büyük manevi katkıyı sağlayan eşime de teőekkürü bir borç bilirim. Onunla birlikte, mesai saatleri dışında sürdürdüğüm çalışmalarına anlayış gösteren ve sabırla izin veren biricik kızlarıma da kocaman teőekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Aydınlatma ve Aydınlik Düzeyi.....	4
2.1.1. Aydınlatma kavramının tanımlanması.....	5
2.1.2. Aydınlatma türleri	6
2.1.2.1. Işığın kaynağına göre aydınlatma	6
2.1.2.2. Aydınlatılan yere göre aydınlatma	7
2.1.2.3. Işığın yönlendirilmesine göre aydınlatma.....	7
2.1.3. Aydınlik düzeyinin tanımlanması.....	10
2.1.4. Aydınlik düzeyinin gerekliliği.....	10
2.2. Akıllı Sistemler.....	12
2.3. Akıllı Aydınlatma Sistemleri.....	13
2.4. LED Teknolojisi	16
2.4.1. Türleri	17
2.4.2. Teknik özellikleri.....	18

2.4.3. Verimlilik	19
2.4.4. Enerji Tasarrufu	21
2.4.5. Avantajları	22
2.4.6. Dezavantajları	24

BÖLÜM 3.

AKILLI AYDINLATMA SİSTEMLERİ VE AYDINLATMA KONTROLLÜ ...	26
3.1. Nesnelerin İnterneti-Aydınlatma Kontrolü.....	26
3.1.1. Güncel uygulamalar.....	29
3.2. Aydınlatma Kontrol Sistemleri.....	32
3.2.1. Anahtarlama yoluyla kontrol	33
3.2.2. Sürekli ayarlamalı kontrol	33
3.2.3. Anahtarlama ve sürekli ayarlamalı kontrol	33
3.3. Aydınlatma Otomatik Kontrol Sistemleri.....	35
3.3.1. Zaman anahtarlayıcıları	35
3.3.2. Hareket algılayıcı sensörler	37
3.3.3. Gün ışığı sensörleri.....	38
3.4. Akıllı Aydınlatma Sistemleriyle Aydınlatma Otomasyonu.....	40
3.4.1. Enerji etkin aydınlatma sistemleri	40
3.4.2. Aydınlatma otomasyon sistemleri	42
3.4.3. Güncel uygulamalar.....	43

BÖLÜM 4.

İLAÇ DEPOSU AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİ TASARIMI VE OTOMASYONU	45
4.1. Endüstriyel Aydınlatma ve İlaç Deposu Aydınlatma Kriterleri	49
4.1.1. Parıltı dağılımının incelenmesi	51
4.1.2. Aydınlik düzeyi standartlarının belirlenmesi	52
4.1.3. Düzgünlük faktörünün değerlendirilmesi	54
4.1.4. Kamaşma	54
4.1.5. Renksel geri verim.....	54

4.1.6. Acil durum aydınlatma ve yönlendirme ekipmanlarının standartları.....	55
4.2. Devrede Olan Bir Depo Alanında Modelleme Yapılması.....	56
4.3. Depo Aydınlatma Otomasyonunda Kullanılan Yazılım.....	57
4.3.1. Yazılımın özellikleri ve kapasitesi	58
4.3.2. Haberleşme protokolünün özellikleri	60
4.3.3. Aydınlatma kontrolü ve iş akış şeması	62
4.4. Depo Aydınlatma Otomasyonu Uygulaması ve Tasarım Algoritması ...	67
4.4.1. Aydınlatma ekipmanının seçimi ve özellikleri	68
4.4.2. Işıklık açısının seçimi	69
4.4.3. Kontrol elemanın seçimi.....	70
4.4.4. Kontrol elemanın uygulamaya göre ayarlanması	72
4.4.5. Armatür yerleşimi.....	73
4.4.6. Sensör yerleşimi	75
4.4.7. Aydınlık düzeyi hesapları	76
4.4.8. Acil durum aydınlatma ve yönlendirme ekipmanlarının tespiti ve yerleşimi	77
4.4.9. Acil durum aydınlatmalarının aydınlık düzeyi hesabı.....	79
4.4.10. Devreye alma çalışmaları	80
4.4.10.1. Ekipman montajı	81
4.4.10.2. Haberleşme ve yazılım altyapısı	82
4.4.10.3. Programlama ve devreye alma	84

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA ve BULGULAR.....	90
5.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi	90
5.2. Çevre Yönetim Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi ve Karbon Ayak İzi	92
5.3. Bakım Arıza ve İşletme Yöntemleri Açısından Değerlendirilmesi.....	93
5.4. Enerji Yönetim Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi	94
5.5. Uygulama Sonrası Yapılan Tasarruf ve Verim Hesabı	95
5.6. Amortisman Hesabı	97

5.7. İyileştirme ve Öneriler	97
BÖLÜM 6.	
SONUÇ	100
KAYNAKÇA	104
ÖZGEÇMİŞ	110



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ATMK	: Aydınlatma Türk Milli Komitesi
BACNET	: Building Automation and Control Networks
C.	: Cilt
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CRI	: Renk Dönüşüm İndeksi
ÇYS	: Çevre Yönetim Sistemi
DALI	: Digital Addressable Lighting Interface
DC	: Doğru Akım
DSL	: Digital Subscriber Line
EIB	: European Installation Bus
Em/Emin	: Minimum Aydınlık Düzeyi
EN	: Europeane Norm
Eort	: Ortalama Aydınlık Düzeyi
FEFO	: First Expiry First Out
GPS	: Global Positioning System
GSM	: Global System for Mobile Communications
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
IeO	: Her şeyin İnterneti
IoT	: Nesnelerin İnterneti
ISO	: International Organization for Standardization
IP	: İnternet Protokol
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGÜM	: İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı
KNX	: Konnex
lm	: Lümen
lx	: Lüks

LED	: Light Emitting Diode
LON	: Local Operating Network
KOSGEB	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi
M2	: Metrekare
M2M	: Makineden Makineye
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
MEGEP	: Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
Min.	: Minimum
Mm	: Milimetre
OHS	: Occupational Health and Safety
PLC	: Programmable Logic Controller
PIR	: Passive Infrared sensor
RGB	: Red Green Blue
Ra	: Renksel Geri Verim İndeksi
s.	: Sayfa
S.	: Sayı
SAP	: Systems Analysis and Program Development
SD	: Secure Digital Memory Card
SMD	: Surface Mount Device
SFTP	: Secure File Transfer Protocol
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TCP	: Transmission Control Protocol
TMOOB	: Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği
UGR	: Unified Glare Rating
V.d.	: Ve diğerleri
W	: Vat
WMS	: Warehouse Management System
WoE	: Her şeyin Ağı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tepe Işıklarından Sağlanan Aydınlatmanın Hacim İçerisindeki Dağılımı (soldaki), Cephe Penceresinden Sağlanan Aydınlatmanın Hacim İçerisindeki Dağılımı	5
Şekil 2.2. Direkt Aydınlatma	7
Şekil 2.3. Tipik Sofra Aydınlatması.....	8
Şekil 2.4. Endirekt Aydınlatma.....	8
Şekil 2.5. Karma Aydınlatma.....	9
Şekil 2.6. Yarı Direkt Aydınlatma	9
Şekil 2.7. Yarı Endirekt Aydınlatma.....	10
Şekil 2.8. Farklı Aydınlatma Düzeyi Örnekleri	11
Şekil 2.9. Akıllı Sistemler	13
Şekil 2.10. Akıllı Aydınlatma	15
Şekil 2.11. 5 mm'lik Farklı Renklerde LED'ler	18
Şekil 2.12. (a) 5mm çaplı LED, (b) Flux LED, (c) Power LED, (d) RGB LED (e) Flux RGB LED.....	18
Şekil 2.13. Etkinlik Faktörü ve Aydınlatma Gereksinimleri	21
Şekil 2.14. LED Kılıfları	21
Şekil 2.15. LED'lerin Üstünlükleri	23
Şekil 2.16. LED'lerin Sakıncaları	24
Şekil 3.1. İnternetin Gelişim Evreleri	26
Şekil 3.2. Nesnelerin İnterneti Bileşenleri	27
Şekil 3.3. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları	28
Şekil 3.4. Nesnelerin İnterneti Örnek Uygulamalar.....	30
Şekil 3.5. IoT LED Duy Başlığı Yapısı (soldaki), IoT Sensörlü LED Lamba Yapısı.....	30
Şekil 3.6. IoT Tabanlı Aydınlatma Kontrol Mimarisi	32

Şekil 3.7. Dahili Aydınlatmada Anahtarlama Türleri	34
Şekil 3.8. Gün İçerisindeki Zamanlama Planı.....	36
Şekil 3.9. Aydınlık Düzeyi Gerektiği Zaman Gerektiği Kadar Olmalı.....	37
Şekil 3.10. Hareket Sensörünün Uygun Yere Monte Edilmesi.....	38
Şekil 3.11. İnsan Odaklı Hareket ve Varlık Algılama Sensörleri	38
Şekil 3.12. Günışığı Sensörü Uygulaması	39
Şekil 3.13. Yüksek Performanslı Bina	41
Şekil 3.14. Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü	42
Şekil 3.15. Aydınlatma Otomasyon Sistemlerinde Tasarruf Kalemleri.....	43
Şekil 3.16. Dağıtılmış ve Merkezi Yapı.....	44
Şekil 4.1. Deponun Tasarım Algoritması.....	46
Şekil 4.2. İlaç Deposu	47
Şekil 4.3. İlaç Deposunda Yüksek Tavan Aydınlatma Uygulaması	49
Şekil 4.4. İlaç Deposu Sevkiyat Hazırlama Alanları Aydınlatma Otomasyonu Uygulaması.....	49
Şekil 4.5. Dar Koridor Raf Arası Yüksek Tavan Armatürlerle Aydınlatma Çalışması	51
Şekil 4.6. Web Tabanlı Aydınlatma Kontrolü Arayüzü	59
Şekil 4.7. Haberleşme protokolüne sahip ekipmanlar.....	60
Şekil 4.8. Haberleşme Protokolüne Uygun Kablo Yapısı.....	61
Şekil 4.9. DALI Haberleşme Kontrollü PLC	63
Şekil 4.10. Dalı Modüllü Aydınlatma Kontrol Şeması	64
Şekil 4.11. Sanal Odalara Bölünmüş Bir Tesis Gösterimi	65
Şekil 4.12. Devreye Alma ve İş Akış Şeması	67
Şekil 4.13. Kullanılan Yüksek Tavan Led Armatür.....	68
Şekil 4.14. Yüksek Tavan Led Armatürü Işık Açısı 30°	70
Şekil 4.15. Otomatik Kontrollü, Varlık PIR Dedektör	71
Şekil 4.16. Yüksekliğe Bağlı Algılama Mesafeleri.....	71
Şekil 4.17. Yürüme Açısına Göre Sensör Algılama Aralığı	71
Şekil 4.18. Sensör Maskeleye Kapakları	72
Şekil 4.19. Dar Koridor Raf Arası Sensör Algılama Açısı	73
Şekil 4.20. Sensör Algılama Açıları Forklift ve İnsan Hareketine Göre	73

Şekil 4.21. Armatür Yerleşim Planı	74
Şekil 4.22. Sensör Yerleşim Planı.....	75
Şekil 4.23. Aydınlik Düzeyi Çıktıları	76
Şekil 4.24. Aydınlik Düzeyi Değerleri.....	77
Şekil 4.25 Acil Durum Yönlendirme Tabelası ve Aydınlatması Yerleşimi.....	78
Şekil 4.26. Acil Durum Aydınlatması Aydınlik Düzey çıktıları.....	79
Şekil 4.27. Acil Durum Aydınlatması Aydınlik Düzeyi Değerleri.....	80
Şekil 4.28. Ekipmanlarının Yerleşim Projesi.....	81
Şekil 4.29. Haberleşme Hatları ve Ekipmanları.....	82
Şekil 4.30. Yazılım Senaryosu İçin Oluşturulmuş Sanal Odalar	83
Şekil 4.31. Yazılım Giriş Ekranı	84
Şekil 4.32. Ana Ekran	85
Şekil 4.33. Adresi Girilmemiş Ekipmanların Listelenme Adımı.....	85
Şekil 4.34. Ekipman Tespit ve Adresleme	86
Şekil 4.35. Sanal Oda Atama	86
Şekil 4.36. Hareket Sensörü Adresleme.....	87
Şekil 4.37. Fonksiyon Atama ve Senaryo oluşturma	88
Şekil 4.38. Fonksiyonlar ve Ayarlar	88
Şekil 4.39. Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Arayüzü	89
Şekil 5.1. Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Sisteminin Akü ve Fonksiyon Test Raporu	91
Şekil 5.2. Kayıtların Seçilen Mail Adresine Gönderilmesi.....	92
Şekil 5.3. Aydınlatma Otomasyon Kontrolü Fonksiyonları	94
Şekil 5.4. Akrilik Kubbe ile Doğal Aydınlatma Uygulaması	98
Şekil 5.5. Endüstride Doğal Aydınlatma Uygulamaları	98
Şekil 5.6. Depo ve Rafli Sistemlerde Doğal Aydınlatma Uygulamaları	99

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Gün Işığının Aydınlik Düzeyleri	6
Tablo 2.2. İşyerlerinde Bazı İşlerde Gerekli Aydınlik Şiddeti Değerleri	10
Tablo 2.3. Akıllı Aydınlatma ile Günlük Sorunların Çözümü.....	15
Tablo 2.4. Akkor ve Floresan Ampullere Ait Elektriksel Parametreler.....	16
Tablo 2.5. Yeni Nesil LED Üretimi Yapan Bazı Firmalar	17
Tablo 2.6. 5 mm LED İçin Teknik Bilgiler.....	19
Tablo 2.7. LED Teknolojisi ve Verimlilik	20
Tablo 2.8. Ampul Tipine Göre Enerji Verimliliği	22
Tablo 3.1. Uygulama Türlerine Göre Nesnelerin İnterneti	29
Tablo 3.2. Piyasadaki Mevcut IoT Tabanlı Çalışan LED Lambaların Özellikleri..	31
Tablo 3.3. Aydınlatmaya İlişkin Veriler Temelinde Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri	42
Tablo 3.4. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Bileşenleri	44
Tablo 4.1. En Az Aydınlik Düzeyleri Tablosu	53
Tablo 4.2. Renksel Geriverim Kademeleri ve Ra Değerleri	55
Tablo 4.3. Modellemesi Yapılan Düzenekte Elektrik Tüketim Verileri.....	57
Tablo 5.1. Karbon Ayak İzi Hesaplama Tablosu.....	93
Tablo 5.2. Çalışma Yöntemi 1 ve Sarfiyat Miktarları.....	96
Tablo 5.3. Çalışma Yöntemi 2 ve Sarfiyat Miktarları.....	96

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Aydınlatma, Aydınlik Düzeyi, Nesnelerin İnterneti-Aydınlatma Kontrolü, Akıllı Sistemler, Akıllı Aydınlatma Sistemleri, LED Aydınlatma, Enerji Tasarrufu, LED Türleri ve Verimliliği,

Bu çalışma altı ana bölümden meydana gelmiştir. Birinci bölümünde, çalışmanın amacı, önemi, varsayımları, sınırlılıkları ve yöntemi üzerinde durulmuştur. Aynı zamanda, bölümler bazında çalışmanın içeriğinden de bahsedilmiştir.

İkinci bölümünde, kaynak araştırmasına yer verilmiştir. Aydınlatmanın tanımı, aydınlık düzeyi ve aydınlatma türlerinden bahsedilerek, geçmişten günümüze akıllı aydınlatma sistemleri kronolojik manada irdelenmiştir. Bunun yanında LED teknolojisi, türleri, teknik özellikleri, verimliliği, enerji tasarrufu avantajları ve dezavantajları sıralanmıştır. Üçüncü bölüm de ise nesnelerin interneti-aydınlatma kontrolü güncel teknolojik gelişmeler kapsamında incelenmiş ve geldiği nokta vurgulanmıştır. Burada otomatik kontrolü sağlayan; zaman anahtarlayıcılar, hareket algılayıcı sensörler ve gün ışığı sensörlerinden bahsedilmiştir. Aydınlik düzeyi kontrolü ele alınırken enerji etkin aydınlatma sistemlerine ilişkin yapı ve işleyiş, aydınlatma kontrol sistemleri ve güncel uygulamalara değinilmiştir. Dördüncü bölümde ele alınan deponun devreye alınmadan önce takip edilen algoritmadan ve aşamalarından bahsedilmiştir. Endüstriyel Aydınlatma, ekipman, tasarım kriterleri, kullanılan yazılım ve programlama mantığı hakkında bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde; devreye alındıktan sonra Kalite Yönetim Sistemleri kapsamında; İSG, Çevre ve Enerji Yönetim Sistemleri bakımından değerlendirmeye alınmıştır. Enerji tasarrufunun yanında, bakım, arıza ve işletme yöntemleri açısından da kolaylıklarından bahsedilmiştir. Tasarım öncesi ve sonrası geri dönüşüm, analiz ve örnekleme çalışmalarına yer verilmiştir. Amortisman hesabı ve enerji verimliliği ortaya konularak iyileştirme ve öneriler yapılmıştır.

Altıncı bölümünde, hedeflenenler, literatüre katkısı, ortaya çıkan neticeler ve sonuçlardan bahsedilmiştir. Örnek uygulama ile varılan sayısal ve görsel sonuçlar ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

LIGHTING AUTOMATION WITH LIGHTING LEVEL CONTROL AND A SAMPLE APPLICATION IN INDUSTRIAL FACILITIES

SUMMARY

Keywords: Lighting, Lighting Level, Internet of Things-Lighting Control, Smart Systems, Smart Lighting Systems, LED Lighting, Energy Saving, LED Saving, LED Types and Efficiency,

This study consists of six main sections. In the first part, the aim, importance, assumptions, limitations and method of the study are emphasized. At the same time, the content of the study on the basis of departments was also mentioned.

In the second part, the source research is given. By mentioning the definition of lighting, its level of illumination and types of illumination, smart lighting systems have been examined in chronological terms from past to present. Besides, LED technology, types, technical features, efficiency, energy saving advantages and disadvantages are listed. In the third part, internet of things-lighting control is examined within the scope of current technological developments and the point it has reached is emphasized. Providing automatic control here; time switchers, motion sensor sensors and daylight sensors are mentioned. While discussing the lighting level control, the structure and operation of energy efficient lighting systems, lighting control systems and current applications are mentioned. In the fourth chapter, the algorithm followed and its stages are mentioned before the warehouse is put into operation. Information was given about Industrial Lighting, equipment, design criteria, software used and programming logic. In the fifth part; Within the scope of Quality Management Systems after commissioning; It has been evaluated in terms of OHS, Environment and Energy Management Systems. In addition to energy savings, their convenience in terms of maintenance, malfunction and operating methods are also mentioned. Before and after the design, recycling, analysis and sampling studies were included. Improvements and suggestions have been made based on depreciation calculations and energy efficiency.

In the sixth part, the objectives, contribution to the literature, results and results are mentioned. Evaluations were made on the numerical and visual results obtained with the sample application.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Aydınlatma güncel hayatta birçok alanında gündeme gelmekte ve farklı aydınlatma türleri ile ortaya çıkmaktadır. Geçmişte basit ihtiyaçları karşılamak adına kullanılan aydınlatma sistemlerinin yanında, gelişen teknoloji ile beraber programlanabilir aydınlatma sistemleri ve kontrollü akıllı aydınlatma sistemleri kıyaslandığında hem enerjinin verimli kullanılması hem çevreci uygulamalar hem de tasarruf açısından birçok fark gündeme gelmektedir.

Bu araştırma da; aydınlatma, aydınlık düzeyi, nesnelerin interneti-aydınlatma kontrolü, akıllı sistemler, aydınlatma otomasyon sistemleri, LED aydınlatma, enerji tasarrufu, LED türleri ve verimliliği olguları temelinde ele almak mümkün görünmektedir.

Çalışmanın önemini, aydınlatma sistemlerinde kullanılan enerjinin, bu enerjiden elde edilecek tasarrufun ve insan yaşamının devamlılığındaki yerinin önemi ile doğru orantılı olarak ele almak mantıklı olmaktadır. Aydınlatma otomasyonu sayesinde aydınlık düzeyinin isteğe bağlı biçimde kontrolü ve ayarlanması sayesinde enerjiden etkin yararlanma ve enerji tasarrufu gibi kavramlar karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmanın içerisinde kaynaklara erişim konusunda herhangi bir sıkıntı söz konusu olmamıştır. Bu alanda yeterince kaynak erişime açık biçimdedir. Literatür tarandığında ise birçok eserin mevcut olduğu görülmektedir.

Çalışmanın varsayımları arasında;

- Aydınlık düzeyinin ayarlanması ile enerji tasarrufu arasında anlamlı bir ilişki söz konusu olmaktadır.

- Akıllı aydınlatma sistemleri ile aydınlatma kontrolü enerji verimliliğine pozitif katkı sağlamaktadır.
- LED teknolojisi ile enerji verimliliği arasında anlamlı bir ilişki ortaya çıkmıştır.

Araştırma boyunca tümevarım tekniğine başvurulmuştur. Burada parçadan bütüne gidilerek olgulardan yola çıkmak suretiyle araştırmanın bütününe gidilmesi öngörülmüştür.

Bu süreçte hem nicel hem de nitel yöntemlere başvurulmuştur. Konu bütünlüğünü sağlamak ve açıklamak amacıyla konuyla alakalı literatür taramasına gidilmiştir. Özellikle ana kaynaklara başvurulmasına özen gösterilmiştir. Bu noktada kitap, makale, tez, benzeri temel kaynaklar incelenmiştir.

Başlangıçta ağırlıklı olarak aydınlatma kavramı üzerinde durulmaktadır. Kavramın tanımlanması ve aydınlatma çeşitlerini; ışığın kaynağına göre, aydınlatılan yere göre ve ışığın yönlendirilmesine göre sınıflandırılmaktadır.

Nesnelerin İnterneti-Aydınlatma Kontrolünün genel manada değerlendirilirken, akıllı aydınlatma sistemlerinin analizi ise; oluşum süreci, arka planda gelişimini ve yerleşmesine olanak tanıyan unsurların incelenmesi, önem ve gerekliliği, etkileyen unsurlar ve ortaya çıkardığı sonuçların incelenmesine yer verilmektedir.

- Aydınlik düzeyi kontrollü ile aydınlatma otomasyon sistemleri;
- Enerji etkin aydınlatma sistemleri,
- Aydınlatma kontrol sistemleri,
- Günümüzdeki uygulamaları,
- Avantajları olarak araştırmaya tabi tutulmaktadır.

Aydınlik düzeyi kontrollü aydınlatma otomasyon sistemleri açıklanırken, LED türlerine ayrıntılı yer verilmekte ve ilaç deposunda aydınlatma kontrolü tasarımı

özelinde çeşitli değerlendirmelere gidilmektedir. Enerji ölçümleri ve standartlar neticesinde varılan sonuçlar değerlendirilerek öneri ve iyileştirmelere yer verilmiştir.

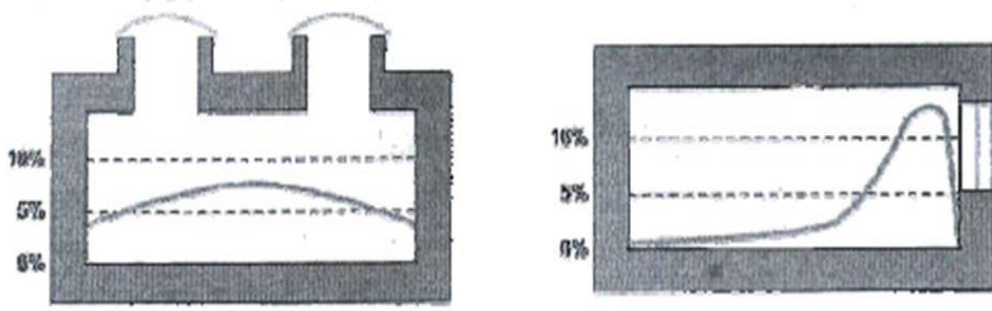


BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Aydınlatma ve Aydınlik Düzeyi

İyi bir aydınlatma sağlanabilmesi için bazı özellikler gereklidir. Bunlar sıralanacak olduğunda farklı parametreler ön plana çıkmaktadır. Örneğin yapılan işe yeterli ışığın sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında, ışık kaynağında veya işte, operasyon noktasında herhangi bir parlama ve göz kamaştırmaması gerekli görülmektedir. Homojen aydınlatma üzerinde durulmaktadır. İş ve arka planı arasında uygun kontrastın sağlanması zaruri kabul edilmektedir. Ayrıca, ışık kaynağı ve işin uygun renklerde olması maddeleri de ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır (Ilıcak, 1987).

Aydınlik düzeyi, yapılan işin niteliğine ve niceliğine göre değişmektedir. Örnek verilecek olduğunda, ince işlerin yapıldığı mekânlarda aydınlık düzeyinin daha fazla gerektiği görülmektedir. Yapılan çeşitli deneylerde, çalışma alanlarında min. 200 lm/m² aydınlık şiddetinin olması gerektiği kabul edilmektedir. Normal büro çalışma alanlarında 500 lm/m² aydınlık düzeyi gerekli görülmektedir. Bunun yanında, çizim yapılan bürolarda bu rakam 750-1000 lm/m² arasında değişmektedir. Bazen de çalışma alanlarında uygun değer 2000lm/m² olabilmektedir (Şerefhanoglu, 1991).



Şekil 2.1. Tepe Işıklarından Sağlanan Aydınlatmanın Hacim İçerisindeki Dağılımı (soldaki), Cephe Penceresinden Sağlanan Aydınlatmanın Hacim İçerisindeki Dağılımı (sağdaki) (Kesten, Eicker, Pietruschka, 2003)

Bir aydınlatma sistemi tasarlanırken başlangıçtaki ortalama aydınlık düzeyi ile çalışma süresi boyunca ortalama değer arasındaki orana yıpranma oranı (depresiasyon faktörü) diye adlandırılır. Bu oran df ile ifade edilir. $df = E_{ort1}/E_{ort}$ eşitliği ele alındığında df : yıpranma oranı E_{ort1} : İlk devreye alındığındaki aydınlık düzeyi E_{ort} : Kullanım periyodu sonundaki ortalama aydınlık düzeyi şeklindedir. (Kocabey vd. 2008).

Bir işletmede örneğin; 1.25 lik bir oran yıpranma olarak ifade edildiğinde sarfiyatta 1/5 oranında kayıp olması demektir. Buna göre kurulumda yakalanan aydınlık seviyesi gereğinden fazla çıkmakta ikinci periyod olan kullanım süresi sonunda azalarak yetersiz kalmaktadır. Aydınlatma düzeyindeki bu azalma tüketilen enerjide fark etmediğinden enerji maliyeti sabit kalmakta ama aydınlık düzeyi zaman geçtikçe giderek azalmaktadır. Bu da aydınlatma sistemlerinde iyi bir sonuç değildir. (Şahin vd. 2016).

2.1.1. Aydınlatma kavramının tanımlanması

Aydınlatma kavramı, ışık uygulaması olarak ifade edilebilmektedir. Burada nesnelerin ve şekillerin daha rahat biçimde algılanmasına imkan tanımak adına ışığın görselliğe uygun biçimde tasarlanması söz konusu olmaktadır (Çorakçı ve Kamacı, 2014).

Bir başka tanımlamaya göre aydınlatma, ortamın bütünü veya nesnelerin doğal büyüklükleri ve gerçek renkleriyle anlaşılabilmesi adına, üzerlerine doğal veya yapay çeşitli ışıkların tutulmasıyla sağlanan işlemlere denilmektedir (Yapar, 2007).

2.1.2. Aydınlatma türleri

Aydınlatma türleri; ışığın kaynağına göre, aydınlatılan yere göre ve ışığın yönlendirilmesine göre aydınlatma olarak 3 ana kategoride ele alınmaktadır.

2.1.2.1. Işık kaynağına göre aydınlatma

Işık kaynağına göre aydınlatma ise; doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal aydınlatma güneş ışığından yararlanmak sureti ile aydınlatma anlamına gelmektedir. Tablo 2.1.'de gün ışığının aydınlık düzeyleri belirtilmiştir. Yapay aydınlatmanın tersine, herhangi bir materyal kullanılmamaktadır. Örneğin büro yapısının cephelerinde cam yüzeylerin daha fazla olması gerektiği ortadadır. Bunun nedenleri ise (Varlı, 2004);

- Büro yapılarında çalışan kişinin fazlalığı,
- Görme koşullarının da yüksek ve verimli olması gerekliliğidir.

Bundan dolayı da, büro yapılarının dış biçimlenişinde giydirme cephe sistemi kullanılmaktadır. Büro yapılarında cam yüzeylerin fazla olması, mekan içinde dengesiz ısı, ışık ve buna bağlı olarak gölge, rutubet gibi sorunları ortaya çıkarmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre, pencere boşluğunun ölçüsü büro alanının en az %30'u olarak belirlenmektedir.

Tablo 2.1. Gün Işığının Aydınlatma Düzeyleri (Varlı, 2004)

Koşullar	Aydınlatma Düzeyleri
Dolaysız Gün Işığı (Öğlen Vakti)	64.000-87.000 lx
Gölgede Gün Işığı (Dışarıda Öğlen Vakti)	1.080-10.750 lx

Yapay aydınlatma ise suni aydınlatma olarak da isimlendirilmektedir. Bu aydınlatma türü elektrikli ışık kaynakları ile sağlanmaktadır. Suni aydınlatmanın konuları

içerisinde; suni ışığın üretilmesi, dağıtılması, tasarımı, ölçülmesi, ekonomisi ve insana olan etkileri yer almaktadır. Bütünleşik aydınlatma incelendiğinde, görsel manada doğal ışığın yeterli gelmediği noktalarda yapay ışıktan faydalanarak takviye sağlanan aydınlatma türü gündeme gelmektedir (Özkaya ve Tüfekçi, 2011).

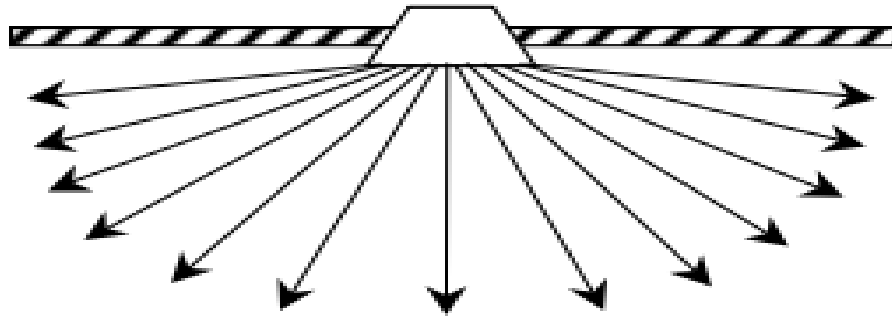
2.1.2.2. Aydınlatılan yere göre aydınlatma

Aydınlatılan yere göre aydınlatma türleri; iç ve dış aydınlatma olarak ikiye ayrılmaktadır. İç aydınlatma dış çevreden çeşitli yapısal öğeler aracılığı ile ayrılmış iç mekan aydınlatma sistemlerini ifade etmektedir. Dış aydınlatma ise, bina dışarısında olan farklı ölçeklerde bulunan yapma çevrenin aydınlatılmasına konu olan sistem olmaktadır (MEGEP, 2010).

2.1.2.3. Işığın yönlendirilmesine göre aydınlatma

Işığın yönlendirilmesine göre aydınlatma; direkt, yarı direkt, karma, endirekt ve yarı endirekt şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Direkt aydınlatmada, Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi lamba ile çalışma yüzeyi arasında herhangi bir gereç bulunmamaktadır. Direkt aydınlatmanın, atölyeler, depolar ve makine dairelerinde kullanıldığı görülmektedir (MEGEP, 2008).

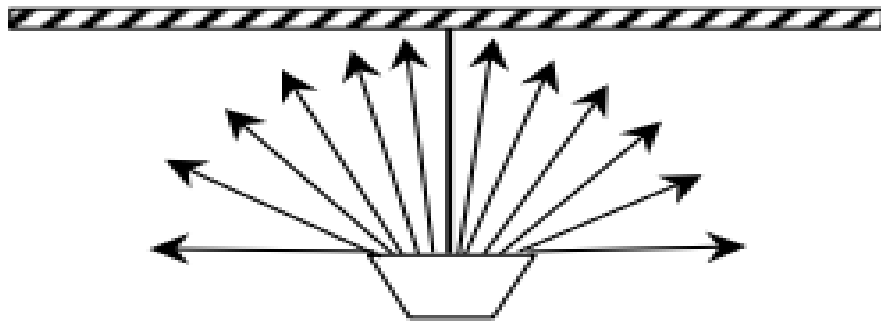


Şekil 2.2. Direkt Aydınlatma (Öncel, 1996)



Şekil 2.3. Tipik Sofra Aydınlatması (Sirel, 1991)

Endirekt aydınlatmada tavan ve duvar renklerinin önem taşıdığı açıktır. Şekil 2.4.'de ışığın % 0 ile % 10'u arasındaki kısmının aşağıya doğru, kalan ışığın ise tavana ve duvarın üst taraflarına gönderilerek aydınlatılması olarak ifade edilmektedir. Yansıtma faktörünün yüksek mekânlarda tercih edildiği görülmektedir (Dursun, 2005).

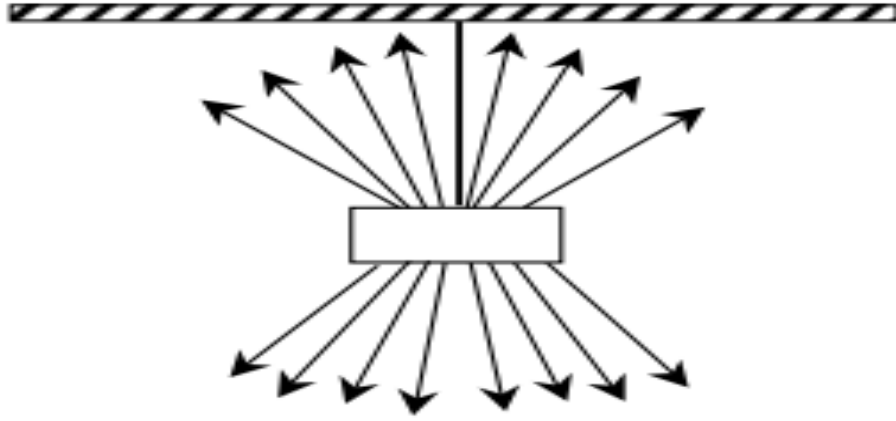


Şekil 2.4. Endirekt Aydınlatma (Öncel, 1996)

Karma aydınlatma modelinde ise, hem direk hem de indirekt aydınlatma sağlanmaktadır. Bu aydınlatma şekli ile hem aşağı hem yukarı ışık veren ve tavana asılı armatürlerin kullanıldığı görülmektedir. Yaygın olan endirekt aydınlatma ile

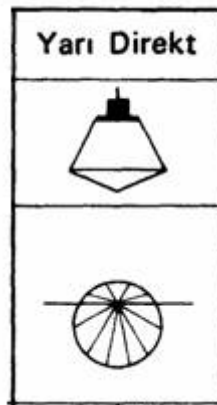
direkt aydınlatmadan daha sert olan modelleri ve gölge etkileri, yumuşatılmaktadır. Direkt, endirekt ve karma aydınlatma sistemleri ile ilgili olarak yapılan bir araştırmada, bilgisayar kullanan ofis çalışanlarının (Öncel, 1996);

- %50 ile %65'inin direkt aydınlatmayı,
- %50 ile %35 arasının da endirekt aydınlatmayı tercih ettiği ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.5. Karma Aydınlatma (Öncel, 1996)

Yarı direkt aydınlatmada ışığın % 60 ile % 90'lık kısmı aydınlatılacak olan düzleme yansıtılmaktadır. Tavan aydınlatmaları yarı direkt aydınlatmaya örnek olarak gösterilebilmektedir (Şahin vd., 2014).



Şekil 2.6. Yarı Direkt Aydınlatma

Yarı indirekt aydınlatmada Şekil 2.7.'de görüldüğü gibi ışığın % 10 ile % 40'lık kısmı aşağıya, kalan kısmı ise yukarıya yansıtılmaktadır. Burada amaçlanan huzur verici ve de loş bir ortamın kullanıcılara sunulması olmaktadır (Şahin vd., 2014).



Şekil 2.7. Yarı Endirekt Aydınlatma

2.1.3. Aydınlık düzeyinin tanımlanması

Aydınlık düzeyi, bir yüzeye düşen ışık miktarı ile ifade edilmektedir. Birimi ise lüktür. 1 lüks ise 1 lümen / m² ye eşittir. Açık havada gündüzleri 2000-100,000 lüks ve geceleri ise 50-500 lüks olarak değişiklik göstermektedir.

Tablo 2.2. İşyerlerinde Bazı İşlerde Gerekli Aydınlık Şiddeti Değerleri (Kürkçü vd., 2010)

Koridor ve Depolama Alanları	100
Ofis Çalışmaları	500
Yüzey Hazırlama ve Boyama	750
Montaj, Kalite Kontrolü ve Renk Kontrolü	1,000

2.1.4. Aydınlık düzeyinin gerekliliği

Aydınlık düzeyinin ayarlanması önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Aydınlık düzeyinin doğru biçimde ayarlanmasıyla birlikte birçok olumlu yansımadan bahsedilebilmesi mümkün olmaktadır. Düzgün bir biçimde ayarlanan aydınlık

düzeyle birlikte göz sağlığına iyi gelmesi, yapılan işin verimini arttırması, emniyeti yani güvenliği sağlaması, gözün görme kalitesini arttırması ve yaşam konforunu arttırması ön plana çıkmaktadır (Bayrakdar, 2016).



Şekil 2.8. Farklı Aydınlatma Düzeyi Örnekleri (MEGEP, 2010)

Bu gereklilikler yerine getirilmediği zaman insan sağlığı açısından rahatsızlıklar söz konusu olabilmektedir. Bu şikâyetler genelinde görsel konuları içermekte ve aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Aslan, 2019).

- Göz de yorgunluğun ortaya çıkması
- Göz de kuruluk
- Göz yaşarması
- Görmede bulanıklık meydana gelmesi
- Baş ağrısı
- Gözde kaşıntı ve tahriş

Bunların yanı sıra aydınlatmadan kaynaklı kamaşma durumu da ofis içerisinde çalışmayı engelleyen önemli bir unsurdur. Pencereleden kaynaklanan kamaşma çeşitli

nedenlerden meydana gelebilir. Kamaşmanın en temel kaynağı güneşin kendisidir. Daha az görülen nedenlerse; gökyüzündeki parlak bir renk değişimi, karşı binadan gelen yansıma, bir odanın içine sızan parlak bir güneş huzmesi, hatalı aydınlatma veya mat elemanlar yerine parlak elemanlar kullanmak olabilir.

Bu sonuçlarla beraber enerji verimliliği ve yeni aydınlatma teknolojilerinin yoğun gündem oluşturduğu bir dönemde artık bu gelişen teknoloji ile beraber fotobiyolojik, foto kimyasal ve foto termal reaksiyonlar hem göz sağlığı hem de cilt sağlığı açısından akut ve uzun süreli sonuçlar doğuracağı belirtilmekte ve bu konular bilimsel çalışmalara ve standartlara girmeye başlamıştır (Akıllı, 2019).

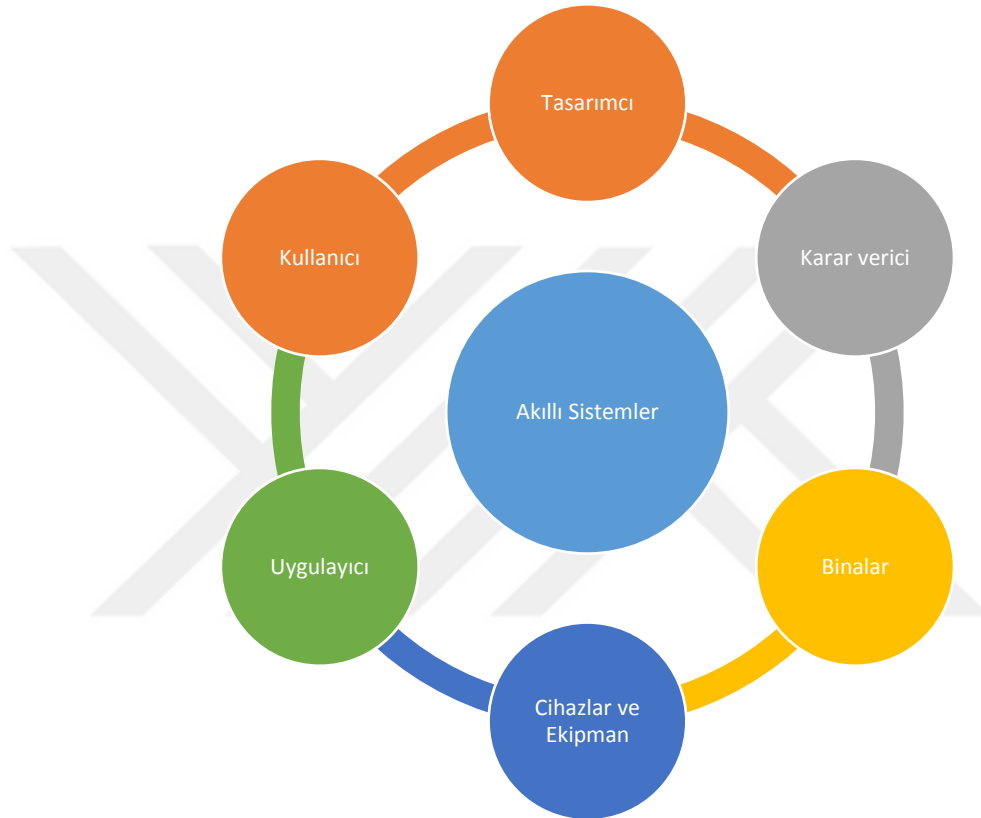
2.2. Akıllı Sistemler

Endüstri 4.0 kendiliğinden yapılandırma, otomatik denetleme ve kendini iyileştirme gibi otonomik özelliklere sahip akıllı sistemler tarafından yönlendirilen imalat ekosistemlerini içereceğinden büyük oranda kolaylık sağlayacaktır. Böylelikle, makine - insan işbirliğine ve simbiyotik ürün gerçekleştirimine dönük yeni tip ileri üretim ve endüstriyel süreçler ortaya çıkacaktır. Bütün bunların sonucunda daha önce eşi benzeri görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik elde edilmesine ve verimliliğin hızlandırılmasına izin verecektir (Thames ve Schaefer, 2016: 12-17).

Akıllı sistemlerin incelenmesi gerektiğinde öncelikle akıllı ev tasarımlarıyla alakalı bazı bilgileri sunmakta fayda görülmektedir. Akıllı Ev Sistemleri ev otomasyonu ve ev teknolojisi kavramlarıyla da adlandırılmaktadır. Ayrıca, ev tasarımı teknik yazınına yeni katılan kavramlardan bir tanesidir. Bu kavrama göre, evde bulunan birçok cihazın kontrolü, Akıllı Ev çatısı altında bir araya gelmektedir. Akıllı ev tasarımlarının geçmişinin 1970'lere kadar uzandığı bilinmektedir. Akıllı Ev Sistemleri, önceleri yalnızca aydınlatma ve ısıtma gibi yapıların denetiminde kullanılmaktadır. Zaman içerisinde sistemin yapısı ve faydalarında da artış gözlenmektedir (Yamazaki, 2006).

Akıllı ev teknolojinin pahalı olması, ekonomik ve sosyal getirilerinin fazla olmaması, tüm cihazları kapsayacak şekilde esnek yapıya sahip olmaması gibi nedenlerle bu

dönem içerisinde ev yaşamına dâhil olmamıştır. Daha sonraları 90'lı yıllarda teknolojinin ivme kazanması ve beraberinde yaşanan birçok cihazdaki gelişmeler, akıllı ev sistemlerindeki gelişmeleri de tetiklemiştir. Tüm bu gelişmelerle birlikte, neredeyse tüm elektriksel ve elektronik cihazlar, “Akıllı Ev Sistemi” kapsamına girmiş bulunmaktadır (Ricquebourg, 2006).



Şekil 2.9. Akıllı Sistemler

2.3. Akıllı Aydınlatma Sistemleri

Gelişen internet altyapısı ile beraber nesnelerin interneti kavramıyla hem mobil hem de web tabanlı uygulamalar sayesinde yakın gelecekte akıllı aydınlatma sistemi sosyal hayatta da daha çok kullanılmaya başlanacağı düşünülmektedir. Bu sektörün 2022 senesinde ortalama 20 Milyar \$ mertebelerine çıkacağı ve 2016 yılına göre yıllık ortalama %71'lik büyüme göstererek sisteme entegre edilmiş ekipman sayısının 1.3 Milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Bu artış ta en çok yol aydınlatması ve son kullanıcı ürünlerinde olacağı tahmin edilmektedir (Amy Nordum 2019).

Bu konjonktür üzerinden akıllı aydınlatmayı ele alırsak aşağıdaki konu başlıkları ile ifade etmek daha doğru olacaktır. (Chew I 2017).

- Ticari Akıllı Aydınlatma Sistemleri
- Enerji Tasarruflu Akıllı Aydınlatma Sistemleri
- Gelişmiş Akıllı Aydınlatma Sistemleri

Ticari akıllı aydınlatma sistemleri genelde son kullanıcı tarafından kolayca ulaşılabilen basit işlevleri olan açma/kapama, loşlaştırma ve izleme gibi fonksiyonelliğe sahip ürünlerdir. Örnek olarak evlerdeki kullanılan akıllı led aydınlatmalar verilebilir.

Enerji tasarrufu sağlayan uygulamalarda çoğunlukla bir senaryo ve yazılımı olan bir altyapı ile beraber varlık ve gün ışığı sensörleriyle tasarrufa odaklanmış sistemler olup endüstride ve ticari binalarda kullanımı yaygındır. %17 ile % 60 oranında verim oranlarına ulaşılır (B. Von Neida 2001).

Gelişmiş akıllı aydınlatma sistemlerinde yine tasarruf sağlayan ekipmanların yanında insan odaklı aydınlatma senörleri de ihtiva eder ve bunların kontrolü de akıllı algoritma ve yapay zeka uygulamaları ile sağlanır. Kullanım sahaları olarak endüstri alanında, tarımda, mimaride, bina yönetim sistemlerinde kullanılmakla beraber ışığın kalite kontrolü ve insan fizyolojisi üzerinde etkileri gibi çeşitli çalışmaların da beraberinde yapıldığı görülmektedir (H. Oh, S.J. Yang 2014). Bu alandaki uygulamalarda genelde etkinlik faktörünü yükseltmek (R.F. Karlicek 2012), ışığın kalitesini artırmak, sirkadiyen ritmini ayarlamak, bitkilerin büyüme hızını artırmak şeklindedir (G.D. Massa 2008).

Aşağıda Tablo 2.3.'de akıllı aydınlatma ile bazı sektörlerdeki sorunların çözümleri verilmiştir.

Tablo 2.3. Akıllı Aydınlatma ile Günlük Sorunların Çözümü (PLD Türkiye, 2017)

Perakende	Sağlık	İş Hayatı, Ofisler	Taşımacılık	Dış Mekan	Hizmet
Süpermarketlerde ürün bulabilir	Hastanelerdeki yüksek değerli ekipmanları bulabilir	Alan kullanımında optimizasyon sağlanır	Havaalanında tekerlekli sandalye bulmayı kolaylaştırır	Hava durumunu gözlemler	Acil durum aydınlatmalarını otomatik olarak test eder
Müşterilere promosyon sunabilir	Bekleme sırasındaki birikmeyi algılar	Temizlik ihtiyacının belirlenmesine yardımcı olur	Park yeri bulur	Polise silahlı çatışma uyarısı gönderir	Galeri ve müzelere bilgi akışı sağlar
Alışveriş daha eğlenceli hale gelebilir	Yaşlıların takibine yardımcı olur	Toplantı odalarının verimli kullanılmasına yardımcı olur	Şüpheli araçları belirler	Kötü hava şartlarına karşı planlamayı sağlar	Otomasyon sağlar ve odalar özelleştirilebilir
Mağazalardaki müşterileri takip edebilir	Hastanede yön bulmaya yardımcı olur	Çalışanların kendi aydınlatmalarını kişiselleştirmesine imkan sunar	Trafığı yönetebilir	Sokak lambasının arızalanacağı veya sürücünün hata yapacağını tahmin eder	Otel konuklarını daha fazla alıma teşvik eder
Yiyecek mağazasını daha hızlı hale getirebilir	Hastanelerdeki hırsızlığı azaltabilir	Güvenli internet bağlantısı sağlar	Uçak yolcularının ne zaman uçaktan ayrıldıklarını algılar	Çöp toplama faaliyetlerine yardımcı olur	Tatil bölgeleri ve otellerde maliyetleri düşürebilir

Akıllı aydınlatma sistemlerinin öne çıkan özellikleri arasında; uzaktan kontrol edebilmenin mümkün olduğu, kullanıcı tanımlı senaryolara göre akıllı zamanlama uygulaması, hem çevrimiçi hem de gerçek zamanlı izleme olanağı sunma, gelişmiş raporlama teknikleriyle birlikte kalan lamba ömrü ve cihazın durumunu içermeye, tüm cihazların konumlarının harita üzerinde görüntüleme, farklı marka ve modellerle uyumluluk ve birlikte çalışabilirliğinin bulunması, genişletilebilir ve ölçeklendirilebilir mimari tasarım ve ilave sensörlerle veri analizlerinin daha ayrıntılı yapılması söz konusu olmaktadır.



2.10. Akıllı Aydınlatma (Temoçin, 2020)

Akıllı aydınlatmanın teknik bileşenleri üzerinde durulduğunda (Şamioğlu, 2016);

- Saha Networkü: LCU, DCU ve armatürlerden meydana gelmektedir.
- WAN: Merkezi yazılım ile DCU' da toplanan verilerin iletişiminin sağlanmasıdır. DSL veya GSM olabilmektedir.
- Bulut Yazılım: Bulut tabanlı web yazılımı kullanılmaktadır.

2.4. LED Teknolojisi

LED teknolojisi son yıllarda oldukça tercih edilen bir uygulama olmaktadır. Enerji verimliliği adına en çok tercih edilen çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. LED uygulamasına ilişkin yerlere ait özellikler dikkate alınmadan, LED dışındaki aydınlatma türleri incelenmeden bu uygulama ile % 80 enerji tasarrufu sağlanacağına söylenmesi doğru bir konu değildir. Aydınlatma alanına LED'lerin girmesi ise dekoratif amaçlı ve farklı renkler ile aydınlatma amaçlı olarak kullanılmasıyla da uygulamalar yapılmaktadır. İlk olarak iç ve dış mekan aydınlatmalarında kullanılmamış ve bu durum da düşük ışık akılarından kaynaklanmaktadır. Verimliliğinin ve ışık akılarının artmasıyla birlikte genel aydınlatmada sık bir aydınlatma türü olarak kullanılmaya başlanmıştır (Onaygil, 2013).

Bu ilerlemeye bakıldığında bir önceki teknoloji olan floresan ampuller ile enkanadesan ampuller ve ışık akıları hakkında Tablo 2.5.'deki değerleri ifade etmek gerekebilir.

Tablo 2.4. Akkor ve Floresan Ampullere Ait Elektriksel Parametreler (Erol ve Canbolat, 2011: 240)

FLORESAN AMPULLER			ENKANDESAN AMPULLER		
Güç (W)	Ampul Akımı(A)	Işık Akışı (lm)	Güç (W)	Ampul Akımı (A)	Işık Akışı (lm)
14	0.07	1350	60	0.26	730
21	0.11	2100	75	0.32	960
28	0.13	2900	100	0.43	1380
35	0.17	3650	150	0.65	2200
18	0.37	1000			
36	0.43	2350			
58	0.67	3750			

Yarı iletken teknolojisi ve gelişim sürecine bakıldığında LED'lere ilişkin sıklıkla tercih edilen yarı iletkenler, ileri eğilimleme ve gerilim değerleri incelendiğinde bazı önemli veriler gündeme gelmektedir. Materyal olarak GaP, renk olarak yeşil, ileri gerilim olarak 2.2 v olmaktadır. Materyal olarak GaAsP, renk olarak turuncu, ileri

gerilim olarak 2.0 v şeklindedir. Materyal olarak GaAsP, renk olarak kırmızı, ileri gerilim olarak 1.8 v olmakta, materyal olarak GaN, renk olarak beyaz, ileri gerilim olarak 4.1 olmaktadır. Bunların yanı sıra, materyal olarak AlInGaP, renk olarak sarı, ileri gerilim olarak 2.1 v karşımıza çıkmaktadır (Çorakçı ve Kamacı, 2014).

LED teknolojinin gelişmesi ve kullanımının artmasıyla Tablo 2.4.'de verilen bir çok firma LED üretimde ön plana çıkmaya başlamıştır.

Tablo 2.5. Yeni Nesil LED Üretimi Yapan Bazı Firmalar (Erol ve Canbolat, 2011)

	http://www.cree.com
	http://www.nichia.co.jp
	http://www.osram.com
	http://www.samsungled.com
	http://www.philipslumileds.com
	http://www.seoulsemicon.com
	http://www.heliopto.com
	http://www.everlight.com
	http://www.edison-opto.com.tw
	http://www.avagotech.com
	http://www.kingbright.com
	http://www.luminus.com
	http://ce.citizen.co.jp/e
	http://www.bridgelux.com

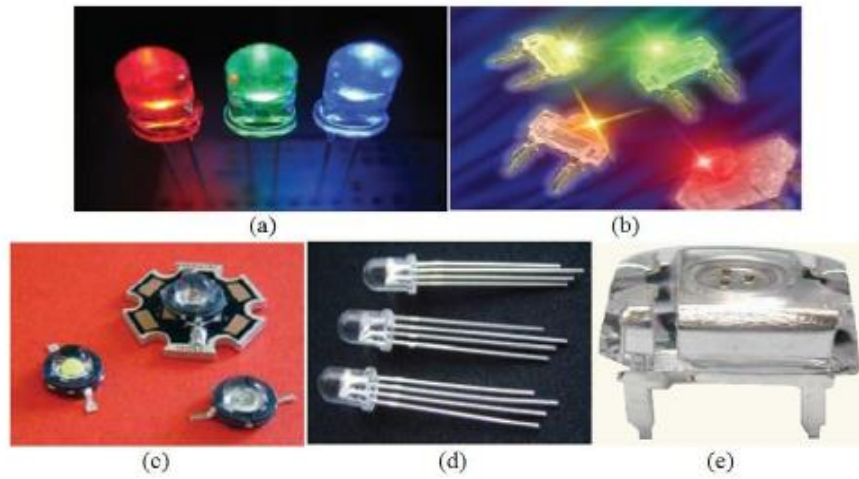
2.4.1. Türleri

LED teknolojisine ait türler sınıflandırılmak istendiğinde öncelikle Infrared yani Kızılötesi LED gündeme gelmektedir. Bu ışık gözle görülmez fakat bu ışığın oldukça yararlı kullanım alanları bulunmaktadır. Gece görüşüne sahip kameralarda tercih edildiği görülmektedir (İzgöl, 2017). Günümüzde elektronik devrelerde kullanılan 5 mm'li LED'ler ise sıklıkla güncel imalatlarda kullanılmaktadır. (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. 5 mm'lik Farklı Renklerde LED'ler (İzgöl, 2017)

Diğer LED türleri arasında; RGB LED, Şerit LED, Power LED, SMD LED ve COB LED yer almaktadır (İzgöl, 2017).



Şekil 2.12. (a) 5mm çaplı LED, (b) Flux LED, (c) Power LED, (d) RGB LED (e) Flux RGB LED (Çorakçı ve Kamacı, 2014)

2.4.2. Teknik özellikleri

LED teknolojisi incelendiğinde bazı önemli özellikler gündeme çıkmaktadır. Bunların arasında (By Teknoloji, 2011);

- LED ürünlerden tasarruf sağlanmaktadır. Burada;
 - a. Saf enerjiye ilişkin maliyetin % 70'inden fazlası,
 - b. Değişim de içerisinde olmak üzere maliyetlerin % 80'inden fazlası,

- Eşit yüzey aydınlatması temelinde;
 - a. LED hizalaması sabitlenmek suretiyle optimize sağlanmış ve yüzeyde eşit aydınlatma sağlanmış,
 - b. Ürünlere ilişkin aksesuarlar arasında en aza indirilmiş titreşim bulunmaktadır.
- Her yöne aydınlatma temelinde LED ampuller aracılığı ile her yöne ışık yayılmaktadır.
- Termal kontrol teknolojisi yardımıyla;
 - a. 50.000 ila 100.000 saat arasında bulunan kullanım ömründen ödün vermeden aydınlatma sağlamakta,
- Lens teknolojisi sayesinde özel lens kullanarak geniş aydınlatma spektrumunu için en iyi kurulum eğimini oluşturmaktadır.
- Füzyon teknolojisi bağlamında;
 - a. Füzyon teknolojisine en iyi örnek Plasmademeti Ion jeneratör ve Solar-LED Sokak lambası olmaktadır.

Tablo 2.6. 5 mm LED İçin Teknik Bilgiler (Çorakçı ve Kamacı, 2014)

Tip	Renk	I_{Fmax} (Ma)	V_{Fmin} (v)	V_{Fmax} (v)	V_{Rmax} (v)	Aydınlık Şiddeti (m/cd)	Dalga Boyu (nm)
Standart	Kırmızı	30.00	1.70	2.10	5.00	5.00	660.00
Standart	Sarı	30.00	2.10	2.50	5.00	5.00	590.00
Standart	Yeşil	25.00	2.20	2.50	5.00	5.00	565.00
Yüksek Yoğunluk	Mavi	30.00	4.50	2.50	5.00	5.00	430.00
Süper Parlaklık	Kırmızı	30.00	1.85	2.50	5.00	5.00	660.00
Düşük Akım	Kırmızı	30.00	1.70	2.00	5.00	5.00	625.00

2.4.3. Verimlilik

Aydınlatma konusunda verimlilikten bahsetmek adına neler yapılabileceği kısaca analiz edilmek istendiğinde (Onaygil, 2013: 4);

- Lamba değişimi,
- Yardımcı ekipmanların değişimi,
- Armatür değişimi,

- Yeni tasarım-yenilenebilir enerjinin entegrasyonu,
- Otomasyon sistemi olarak ifade edilir.

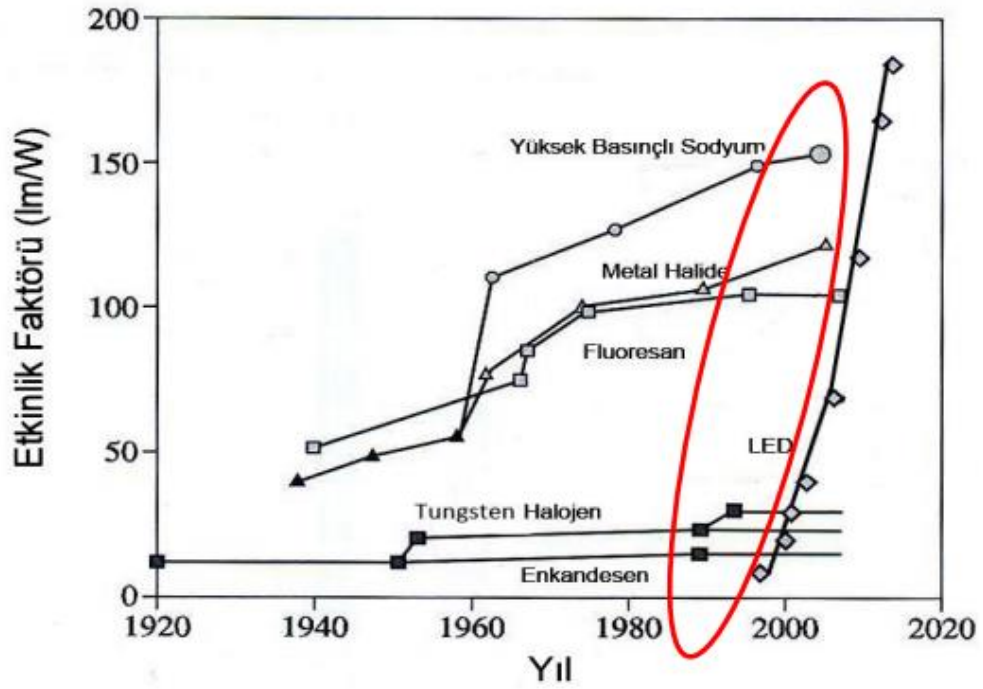
LED teknolojisindeki verimlilikten bahsetmeden önce Uluslararası LED aydınlatma standartlarını sınıflandırmak gerekmektedir. Bunlar; LED lamba ve modüller, LED kontrol elemanları, LED'li aydınlatma tesisatları, LED'li aydınlatma sistemlerinin EMF ve EMC ölçümleri, LED ışık kaynaklı armatürler, LED'li aydınlatma sistemlerinin ölçümleri şeklindedir (Yurtseven, 2012).

LED teknolojisine ait verimlilik merceğe altına alınmak istendiğinde Tablo 2.7.'deki tespitler öne çıkmaktadır.

Tablo 2.7. LED Teknolojisi ve Verimlilik (By Teknoloji, 2011)

Çevre Koruma
Cıva, manganez ve kurşun üretmez Global ısınmanın önlenmesi
Yüksek Uzun Dönem Avantajı
LED lambaların maliyeti cıvalı lambalara oranla % 20 daha düşüktür Ampul değiştirmeye son vermekte ve bakım maliyetini düşürür
Uzun Kullanım Ömrü
Cıvalı lambalardan çok daha üstün Renk Dönüşüm İndeksi (CRI)'ne sahiptir Hafif ışık akışı ve sabit elektrik akımına sahiptir 100.00 saatlik ömrü bulunmaktadır
Düşük Elektrik Tüketimi
Toplum bütçesinde tasarruf sağlanır Elektrik maliyetlerinde % 80'e kadar düşüş sağlar
Haşerelerin İlgisini Çekmeme
Böcek ve haşereler, UV ışınsız ışık olduğundan lambayla ilgilenmezler Kullanım ömrü uzarken, temizlik maliyetlerini de asgariye indirmektedir
Geniş Uygulama Çeşitliliği
İstenilen bir şema kullanılabilir Sabit kurulum şemalarıyla kısıtlanmadığından bu lambalar esnek biçimde kullanılırlar
Işık Kirliliğine Neden Olmama
Kontrol edilebilir özelliktedir. Böylelikle kademeli aydınlatma sağlanarak şehirlerdeki aydınlatma kirliliği minimuma indirilir

Endüstride geleneksel aydınlatmadan led aydınlatmaya doğru bir geçiş yaşanmaktadır. Enerji verimliliği ve maliyetlerde azalma sağlamak için yapılan çalışmalar yakın gelecekte fosforla dönüştürülmüş LED paketler 160 lm/W ile 255 lm/W etkinlik faktörüne (Şekil 2.13.) sahip olacaktır. (Pattison, Hansen ve Tsao, 2018).



Şekil 2.13. Etkinlik Faktörü ve Aydınlatma Gereksinimleri (Onaygil, 2013: 6)

Diğer bir yöntemde LED'leri daha verimli ve kullanışlı hale getirmek adına bazı LED kılıfları kullanılmaktadır. Bunlar Şekil 2.14.'de sınıflandırılarak gösterilmiştir.



Şekil 2.14. LED Kılıfları (Demir, 2011: 7)

2.4.4. Enerji Tasarrufu

Enerji tasarrufu, aynı işi yaparken daha az enerjinin kullanılmasıyla yapılması demektir. Enerji tasarrufu sağlanırken, işgücünde, konforda ve üretimde herhangi bir azalmaya gitmeden enerjiyi verimli kullanmak suretiyle tasarruf sağlamak yani

israftan kaçınmak söz konusu olmaktadır. Enerji tasarrufu sağlamanın gerekleri incelendiğinde ise Türkiye’de enerji tüketiminin fazlalığı ön plana çıkmaktadır. Böylelikle doğal kaynaklar bilinçsiz bir biçimde kullanılmaktadır. Bilinçsiz kullanılan enerji kaynaklarının meydana getirdiği atıklar da düşünüldüğünde, bu manada oluşan çevre kirliliği de önüne geçilmesi gereken bir problem halini almıştır. Tüm bunlardan dolayı da enerji tasarrufu daha büyük bir öneme kavuşmuştur (Arslan, 2016: 18).

Türkiye bazında inceleme yapılmak istendiğinde, toplam tüketilen elektriğin % 25’inin binalarda kullanıldığı görülmektedir. Elektrik faturalarının % 20’lik kısmı ise aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Ampul tipine göre enerji verimliliği kıyaslaması yapılmak istendiğinde ise Tablo 2.8.’deki veriler öne çıkmaktadır.

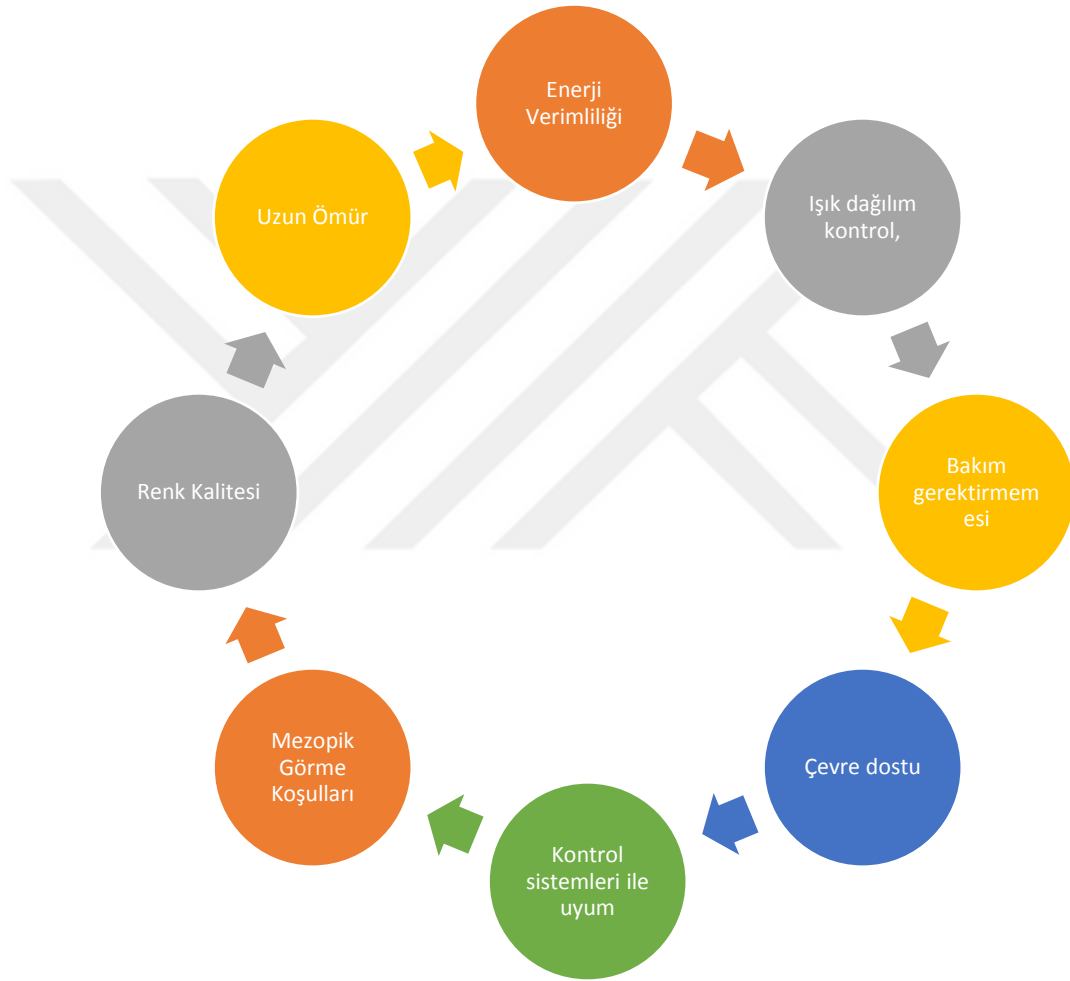
Tablo 2.8. Ampul Tipine Göre Enerji Verimliliği (Bulut, 2011: 23)

Ampul	Tipi	Ampul (lm/W)	Enerji Verimliliği Etiketi
Normal Flamanlı Ampul	Klasik	7.5.....16.5	E-F
Kompakt Floresan Ampul	Halojen	12.....24	D
	Doğrudan Değiştirilen	33.....65	A-B
	Ayrı bir elektronik balast ile birlikte kullanılan	50.....87.5	A
Floresan Tüp Ampul	38 mm çapında	59.5....78.5	B
	26 mm çapında	66.....100	A-B
	16 mm çapında	83.....104	A

2.4.5. Avantajları

Klasik ışık kaynaklarına bakıldığında, enerjilerinin büyük bir çoğunluğunu ısıya dönüştürdükleri görülmektedir. LED’lerde ise bahsedilen enerji kaybı çok daha düşük olmaktadır. Burada aynı aydınlatmada daha az enerji üretimi söz konusu olmaktadır. LED’lerin % 75 ile % 93 arasında enerji tasarrufu sağlamaktadır. LED’in avantajları arasında, ampullerin ömrüne ilişkin uzunluk da dikkat çekmektedir. Örneğin, gündelik kullanımlarda ampullerin ömrü 1000 ila 5000 saat arasında, endüstriyel amaçlarla kullanılan yerlerde ise 6000 ila 12000 saat arasındadır. LED kullanımında ise 50000 saatin üzerinde seyretmektedir (Perdahçı ve Hancı, 2009).

Aynı zamanda düşük gerilimle çalışması, elektriksel şok tehlikesinin önüne geçmektedir. Basit bir devre aracılığı ile ışık şiddeti ayarlanabilmektedir. Farklı renk seçenekleri söz konusu olduğundan dekoratif aydınlatmada da kullanılması mümkündür. Titreşime olan dayanıklılıkları nedeniyle otomotiv sektöründe de kullanılmaktadırlar (Doğan, 2020). LED'in üstünlükleri incelendiğinde ise Şekil 2.15.'deki döngü ön plana çıkmaktadır.

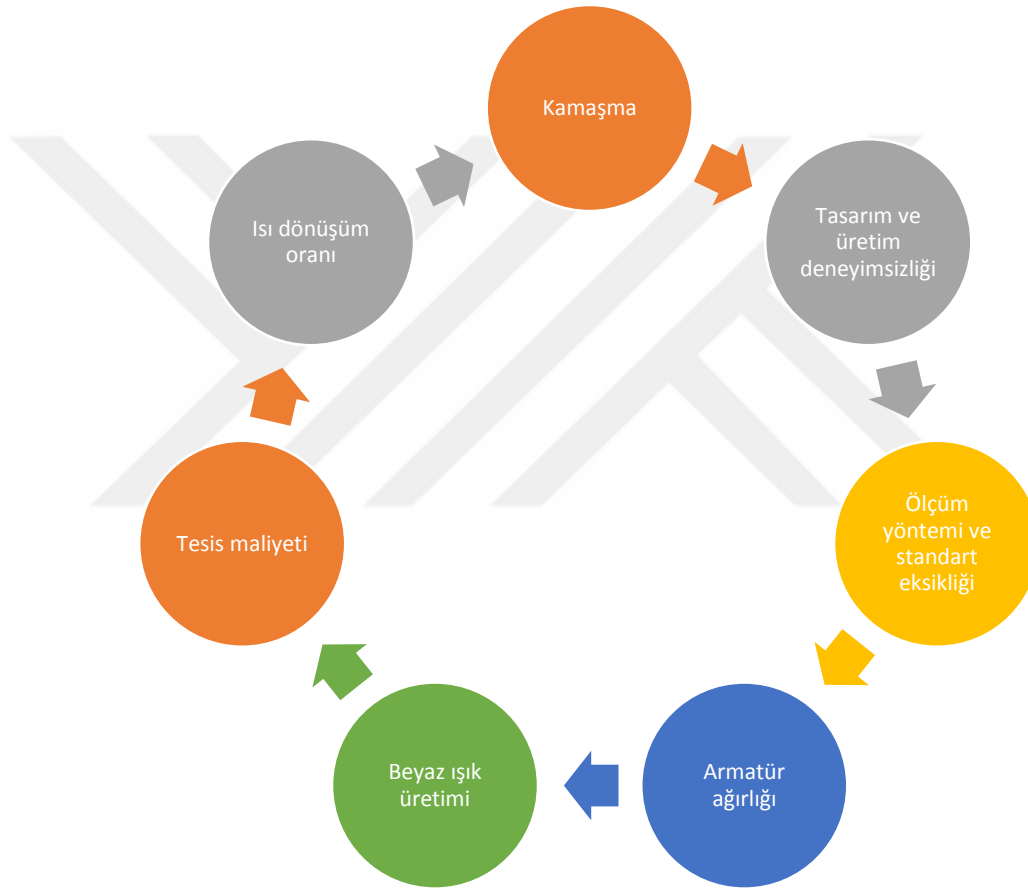


Şekil 2.15. LED'lerin Üstünlükleri (Onaygil, 2013: 12).

Kısaca LED lambaların avantajları toparlanacak olduğunda; enerji ve ışık verimliliği açısından avantaj sağlaması, sağlamlık, yüksek dayanıklılık, uzun ömürlülük, doğaya zarar verecek gazı barındırmaması ve farklı renklerde satışa sunulması ön plana çıkmaktadır (Ataç, 2013).

2.4.6. Dezavantajları

Konvansiyonel lambalara bakıldığında, optik elemanlar, lamba, armatür gövdesi ve yardımcı elemanlarla çalışmaktadırlar. LED'ler ise armatür devresini zorlaştıran birçok elemandan meydana gelmektedir. Bunlar arasında; güç devresi, sürücü devresi, optik elemanlar, armatür devresi, soğutucu elemanlar ve LED çip bulunmaktadır (Onaygil, 2013: 30).



Şekil 2.16. LED'lerin Sakıncaları (Onaygil, 2013: 13).

LED'lere ilişkin sakıncalar Şekil 2.16.'da ifade edildikten sonra diğer dezavantajlar arasında bazı anekdotlar öne çıkmaktadır. LED'lerin maliyetleri konvansiyonel ışık kaynaklarına göre daha yüksek olmaktadır. LED'ler DC gerilimi ile çalışmaktadırlar. Bu nedenle de AC ile uyumsuzdurlar (Doğan, 2020).

Ledlerin kullanımı artıkça da bu dezavantajlarından bir tanesi olan ortama ısı yaymasıdır ve bunla ilgili de çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan bir tanesi; özel bir elektronik devre ve termoelektrik jeneratörler aracılığıyla LED aydınlatma sisteminde kaybolan ısı enerjisini, yine LED aydınlatma sistemi tarafından tekrar kullanılabilir forma dönüştürerek verimliliğin artması için yapılan uygulamalardır (Akın, 2019).



BÖLÜM 3. AKILLI AYDINLATMA SİSTEMLERİ VE AYDINLATMA KONTROLLÜ

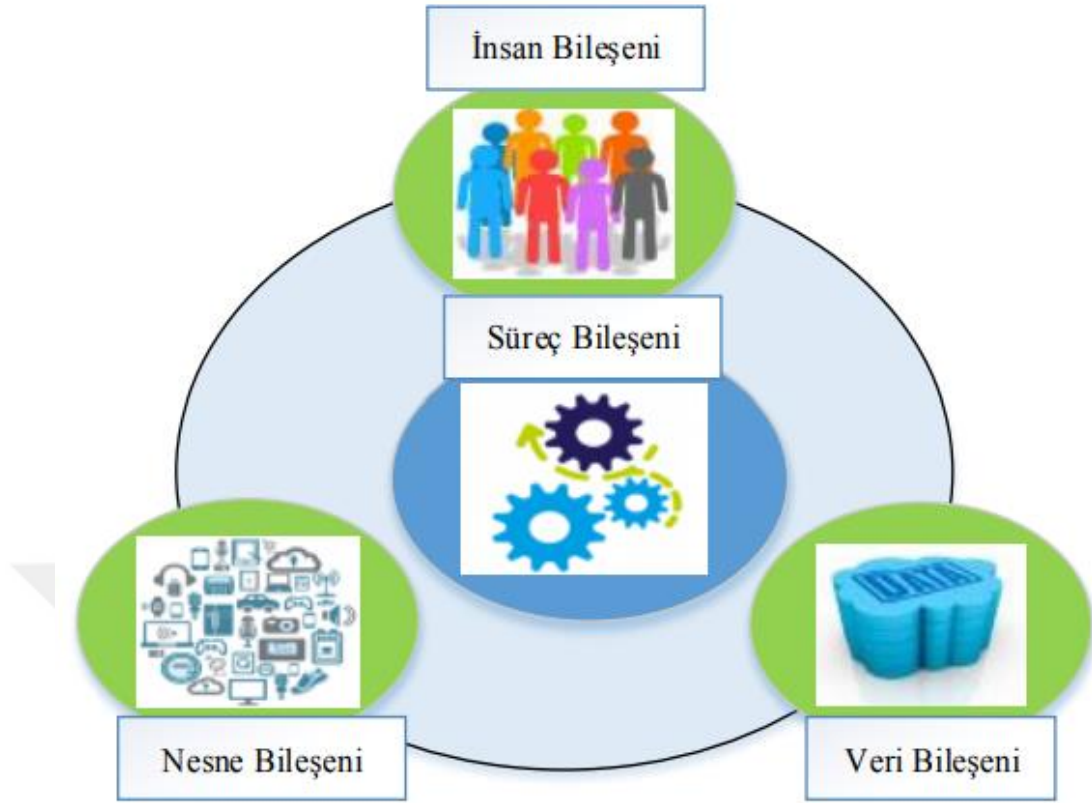
3.1. Nesnelerin İnterneti-Aydınlatma Kontrolü

Nesnelerin interneti konusu üzerinde durmadan önce internetin gelişim evreleri üzerinde durmak mantıklı olmaktadır. Bu süreci dört evrede ele almak mümkündür. Birinci evre 1990-1995 yılları arasında: bilgilerin dijital ortama aktarılması ve dijital erişimle bilgiye ulaşma dönemidir. İkinci evre 1990'lı yılların sonlarını ifade etmektedir. Bu evre: dijital ortama iletilmiş olan bilgilerin toplanması ve elektronik ticarete ilişkin faaliyetlerin başlamasını ifade etmektedir. 2000'li yılların başları ise üçüncü evreyi temsil eder. Bu evrede: etkileşimlerin dijitalleşmesi noktasında bulut bilişim, videoların sanal ortama aktarılması ve mobil medyanın kullanımı söz konusu olmaktadır. Günümüz koşullarında ise nesnelerin direkt olarak dijital ortama bağlanması şeklinde gündeme gelmektedir (Gündüz ve Daş, 2017: 327).



Şekil 3.1. İnternetin Gelişim Evreleri (Gündüz ve Daş, 2017: 328).

1999 yılında Nesnelerin İnterneti kavramı, Massachusetts Institute of Technology (MIT) Auto-ID Center kurucularından Kevin Ashton'ın sunum başlığı olarak gündeme gelmiştir (Ashton, 2009).



Şekil 3.2. Nesnelerin İnterneti Bileşenleri (Cisco, 2016).

Nesnelerin interneti kavramının yerine birçok kavram kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; Nesnelerin Ağı-Wot, Makineden Makineye-M2M, Her şeyin İnterneti-IeO, Her şeyin Ağı-WoE şeklindedir (Gözüaçık, 2015).

Nesnelerin interneti, farklı iletişim modları temelinde ele alınmak istendiğinde (Lee ve Crespi, 2010);

- İnsandan insana iletişim:
- İnsandan nesneye iletişim:
- Nesneden nesneye iletişim:

Şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil 3.3. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları (Erdoğan vd., 2016).

Nesnelerin interneti çeşitli katmanlardan meydana gelmektedir. Çevre katmanı; sıcaklık, konum, ağırlık ve benzeri elemanlardan oluşmaktadır. Cihaz katmanı; mobil cihaz, algılayıcılar, RFID etiketlerinden, iletişim katmanı; Wifi, Zigbee, RFID, Kızılötesi ve Bluetooth'tan, bilinç katmanı; büyük veri, yazılım dilleri, makine öğrenimi ve bulut bilişimden oluşmaktadır (Gökrem ve Bozuklu: 2016: 48).

Nesnelerin İnterneti, cihaz ve makinaların, insanların müdahalesine gerek kalmaksızın kendi aralarında veri iletişimi sağlamak suretiyle, bilgilerin paylaşılmasını sağlayan ve bu bilgiler ışığında karar veren ağlar olarak ifade edilmektedir. Nesnelerin interneti adına diğer tanımlamalar üzerinde durulmak istendiğinde birçok özelliğin ön plana çıktığı açıktır. Benzersiz şekilde adreslenen nesnelerin, yaygın biçimde kullanılan ağların ve bu ağda yer alan nesnelerin belirli protokoller aracılığı ile birbirleriyle iletişim sağlamalarından kaynak bulmaktadır. Gündelik yaşamda içinde kendine yer bulan bu nesneler, nesnelerin interneti vasıtasıyla veri alışverişi sağlayabilmektedir. Bu veriler, birbirleri ile tam bir eşleme içerisinde bulunmaktadır. Burada akıllı hizmet ve sistemlerden bahsedilmektedir. Nesnelerin interneti ile birlikte yaşam standartları yükseltilmektedir. Aynı zamanda, akıllı uygulamalar ile yaşam kolaylaşmakta ve hizmet ekosistemi söz konusu olmaktadır (Faruk vd, 2014).

Nesnelerin interneti bazı avantajları da gündeme getirmektedir. Bu avantajlar arasında genel iş süreçlerinin izlenmesi ön plana çıkmaktadır. Bir diğer avantaj ise müşteri

deneyimini geliştirmeye yardımcı olmak şeklindeyir. Nesnelerin interneti zamandan ve paradan tasarruf edilmesini de sağlamaktadır. Çalışan verimliliğini arttırdığı gibi iş modellerini entegre ederek uyarlamaktadır. Nesnelerin interneti ile daha fazla gelir elde etmek ve işe dair daha sağlıklı kararlar vermek mümkün olmaktadır (<https://proente.com/nesnelerin-interneti-nedir/>, 11.03.2020).

3.1.1. Güncel uygulamalar

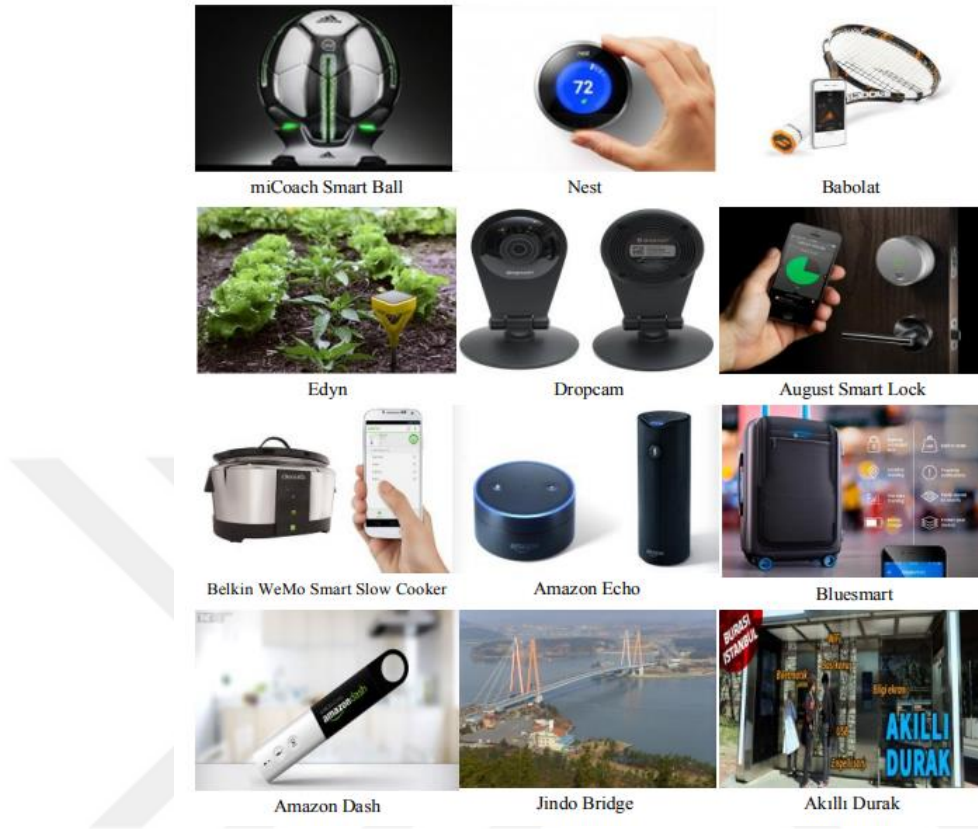
Konutlar adına geliştirilen nesnelerin interneti üzerinde durulmak istediğinde, elektrikli ev aletleri, aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi hızla yaygınlaşan sistemlerde kullanıldıkları görölmektedir. Konforun artırılmasını ve enerji tasarrufunu ön plana çıkaran priz çeşitleri, şekil 3.4.'de gösterilen akıllı aydınlatma ve akıllı oda termostatları önemli bir sektör haline gelmiştir. Kişi başına düşen cihaz sayısının 2003 yılında 0.08 olduğu, günümüzde ise on milyardan fazla olduğu kabul edilmektedir (Nordrum, 2017).

Gelişen teknolojiyle beraber güncel uygulamalar incelendiğinde nesnelerin interneti, farklı uygulama türlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar ifade edilmek istendiğinde Tablo 3.1. öne çıkmaktadır.

Tablo 3.1. Uygulama Türlerine Göre Nesnelerin İnterneti (Kesayak, 2017)

Ev ve bina otomasyonu
Kablosuz ve internet bağlantılı ışıklar, güvenlik-alarm sistemleri, akıllı aydınlatma, gaz ve duman algılamalı güvenlik sistemleri
Endüstride
Akıllı sensörler, akıllı denetleyiciler, gerçek zamanlı izleme kontrolü, yüksek hassasiyetli otomasyon güvenlik ve güvenilirliği üst düzeye çıkaran araçlar
Enerji sektöründe
Akıllı invertörler, gelişmiş ölçüm yapısı ve enerji tüketen aletlerin uzaktan kumanda sistemi
Medikal ve sağlık sistemlerinde
Acil bildirim sistemleri, uzaktan sağlık izleme, gerçek zamanlı bebek izleme ve giyilebilir IoT cihazlar
Ulaşımında
Akıllı park, güvenlik ve yol yardımı, akıllı trafik kontrolü, intra ve inter araç iletişimi, acil kurtarma adına otomatik şanzıman, insansız özerk navigasyon
Çevre analizinde
Toprak durum izleme uygulamaları, bulut tabanlı hava izleme, tsunami erken uyarı sistemi, yangın algılama sistemleri, gürültü ve hava kirliliği izleme

Birde Şekil 3.4.'de Nesnelerin interneti özellikli örnek uygulamalar gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Nesnelerin İnterneti Örnek Uygulamalar (Gündüz ve Daş, : 2017: 329).



Şekil 3.5. IoT LED Duy Başlığı Yapısı (soldaki), IoT Sensörlü LED Lamba Yapısı (sağdaki) (Torres ve Collon, 2007).

Nesnelerin internetini aynı zamanda aydınlatma ve LED üzerinden değerlendirilmek istendiğine yaygın olarak kullanılan Şekil3.5.'deki IoT tabanlı Led sistemler gösterilir ve Tablo 3.2.'de özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.2. Piyasadaki Mevcut IoT Tabanlı Çalışan LED Lambaların Özellikleri (Erkin ve Onaygil, 2017: 6)

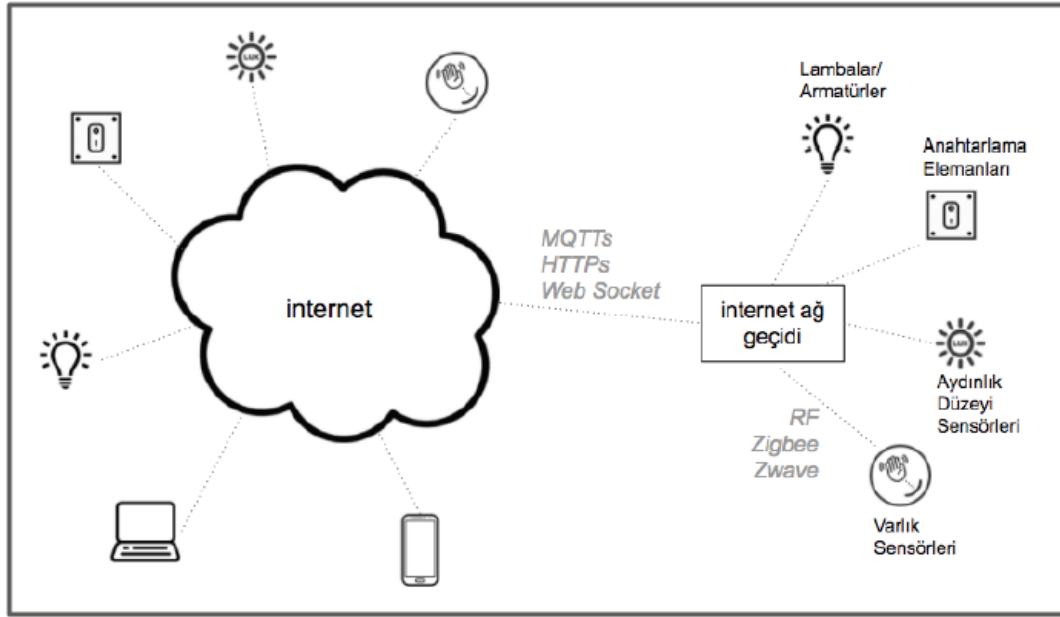
Marka/model	Philips HUE	Cree	GE	LIFX	Ikea Tradfri
Bağlantı Tipi	Zigbee	Zigbee	Zigbee	Wi-Fi	Wi-fi, Zigbee, Bluetooth
Entegrasyon	Alexa, Homekit, IFTTT, Nest	Alexa	Alexa	Alexa, Homekit, IFTTT, Nest	-
LED	Beyaz, RGB	Beyaz	Beyaz	Beyaz, RGB	Beyaz
Renk Sıcaklığı [K]	2000-6500	2700	2700	2500-9000	2200-4000
Işık Akısı [lm]	800	815	800	1055	980
Güçü [W]	10	11.5	12	11	12
Bağlantı Şekli	Ağ Geçidi	Ağ Geçidi	Ağ Geçidi	Direkt	Direkt
Loşlaştırma Özelliği	Var	Var	Var	Var	Var
Konum Tabanlı Kontrol	Var	Yok	Yok	Var	Yok
Haftalık Program	Var	Var	Var	Var	Var
Yaklaşık Fiyat (\$)	15	16	15	45	89

Bunun yanında öne çıkan İot Projeleri üzerinde durulmak istendiğinde (Şamioğlu, 2020);

- Landis+Gyr: İsveç'te bir milyon akıllı NB-Lot sayaç projesi devreye alınmıştır.
- ThyssenKrupp: Yüz binden fazla bağlı asansör 2020 yılında giriş yapmıştır.
- Tesla: Sokaklarda bulunan yarım milyon araçla uzaktan güncelleme ve benzeri uygulamalar yapmıştır.
- Maersk: Üç yüz seksen binden fazla olmak üzere bağlı buzdolabı ile öne çıkmıştır.

Nesnelerin interneti akıllı aydınlatmada da kullanılmaktadır. Akıllı aydınlatmalar hem evlerde hem de kamu binalarında uygulamaya konulmaktadır. Akıllı şehirlerin aydınlatılmasında ise IP tabanlı ışıklar kullanılmaktadır. Merkezi kontrol sisteminde ayarlanabilen akıllı aydınlatmalar, istenilen biçimde ayarlanabilen dış mekan LED armatürlerini de içermektedir (Kesayak, 2020).

Aydınlatma kontrolü, uygun kontrol ve teknik sistemleri kullanarak yapılmaktadır. Burada, ışık kalitesi ve miktarı açısından en uygun aydınlatmayı ifade etmektedir. Aydınlatmanın otomatik biçimde kontrolü ile tüketim ve harcamanın daha efektif biçimde kullanılmasına imkan sağlar. Böylelikle aktif enerji tasarrufu sağlanmış olmaktadır (Çolak, 2003; Yılmaz ve Erken, 2003).



Şekil 3.6. IoT Tabanlı Aydınlatma Kontrol Mimarisi (Erkin ve Onaygil, 2017)

Şekil 3.6.'da IoT tabanlı aydınlatma kontrol mimarisi görülmektedir. Burada aydınlatma kontrol sisteminin kısaca ifade edilmesi amaçlanmıştır.

Aydınlatma kontrol sistemleri; verimlilik, estetik, enerji tasarrufu ve esneklik gibi yararları söz konusu olmaktadır. Güvenlik açısından kritik kabul edilen yerlerde de sürekli olarak açık kalması ve denetiminin sağlanmasını da olanaklı kılmaktadır. Burada, acil çıkış yönlendiricileri, acil aydınlatma, güvenli dış aydınlatma ve benzeri kontrol sistemleri öne çıkmaktadır (Yapar, 2007: 28).

3.2. Aydınlatma Kontrol Sistemleri

Bu bölümde aydınlatma kontrolü 3 ana başlık altında incelendiğinde,

3.2.1. Anahtarlama yoluyla kontrol

Anahtarlama yoluyla kontrol sisteminde, klasik elektrik anahtarları kullanılmaktadır. Uygulama ise elle gerçekleştirilmektedir. Burada üç tür aydınlatma tekniğinden bahsedilmektedir. Bunlar (Kocabey, 1990);

- Lamba içinde kontrol: İki farklı güçte flaman bulunan lamba kullanılmaktadır. Üç ayrı aydınlık düzeyi kullanılmaktadır. Flamanlardan ya ikisi tek tek ya da birlikte kullanılarak üç farklı aydınlık düzeyi elde edilmektedir.
- Armatür içinde kontrol: Armatür içerisinde bulunan lambalar tek tek açılmakta ve sonra kapatılmaktadır. Aydınlık düzeyi ise lamba sayısı ile ölçülmektedir.
- Armatürlerin gruplar halinde kontrolü: Genel aydınlatma armatürlerinin ve pencerelere yakın armatürler lokal aydınlatma yapılan yerlerin kapatılması suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bahsedilen uygulamanın maliyete yük getirmediği gibi tasarruf sağladığı da bilinmektedir.

3.2.2. Sürekli ayarlamalı kontrol

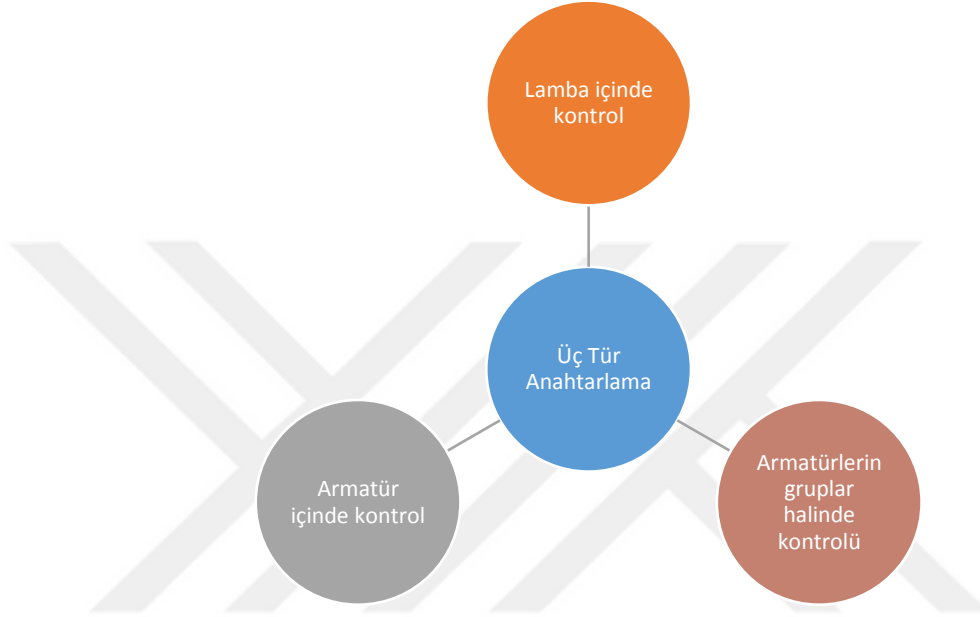
Aydınlatma teçhizatında özel yardımcı elemanlar kullanılarak oluşturulan sürekli ayarlamalı kontrol sistemi, eski dirençli tip dimmerler yerine güç kaybına yol açmayan dimmerler kullanılmaktadır. Burada aydınlık düzeyinin sürekli olarak kontrol edildiği bir sistemden söz edilmektedir. Sürekli bir biçimde yenilenen elektrik dimleme üniteleri kullanılmaktadır. Aynı zamanda üst düzeyde enerji tasarrufunun sağlandığı da görülmektedir. Bunu ise flüoresan lambaların % 1 ile % 100'e kadar karartma yapılmasıyla sağlamaktadır (Yılmaz ve Erken, 2003).

3.2.3. Anahtarlama ve sürekli ayarlamalı kontrol

Yüksek aydınlık düzeyleri baz alındığında insan gözünün bu ortamlara karşı oldukça hassas olduğu kabul edilmektedir. Burada armatürler anahtarlarla kademeli olarak kontrol edilmektedir. Aynı ortam içerisinde daha az ışığa ihtiyaç duyulduğu takdirde ise sistem loşluk anahtarı aracılığı ile sürekli kontrol halinde olmaktadır. Tamamının

sürekli olarak kontrol edildiği ortama göre bu yöntem daha ekonomik bulunmaktadır (Yılmaz ve Erken, 2003).

Dahili aydınlatma söz konusu olduğunda üç tür anahtarlama tekniği gündeme gelmektedir. Bunlar;



Şekil 3.7. Dahili Aydınlatmada Anahtarlama Türleri

Bu noktada sınıflandırmaya gidilmek istendiğinde (Kocabay, 1999);

- Anahtarlamanın lamba ile kullanımı:
 - a. İki farklı güçteki flaman kullanılmaktadır.
 - b. Üç farklı aydınlık düzeyi, tek tek veya ikisi bir arada kullanılmaktadır.
- Anahtarlamanın armatür ile kullanımı:
 - a. Lamba sayısı kadar aydınlık düzeyi elde edilmektedir.
- Anahtarlamanın armatür grupları ile kullanımı:
 - a. Lokal aydınlatma yapılan yerlerin dışındaki veya pencerelere yakın armatürlerin dışında bulunan genel aydınlatma armatürlerinin kapatılması suretiyle yapılmaktadır.
 - b. Aydınlatma düzgünlüğünün sağlanmasına ise ayrıca özen gösterilmektedir.

- c. Yüksek tasarruf sağlanmakta ve toplam maliyete fazla yük bindirmemektedir.

3.3. Aydınlatma Otomatik Kontrol Sistemleri

Gelişen teknoloji sayesinde insan gereksinimleri ve talepleri değişmekte ve bu değişim aydınlatma sistemlerinde düşünüldüğünde; otomatik biçimde kontrol edilebilen aydınlatma, kontrol edilemeyen bir aydınlatma sistemine tercih edilmektedir. Gün içinde kullanılan aydınlatmanın aydınlatma kontrol sistemleri ile kontrol edilmesi ve ayarlanmasıyla da aynı zamanda enerji tasarrufu sağlanmış olmaktadır.

Aydınlatma otomatik kontrol sistemlerinde çeşitli kumanda sistemleri söz konusudur. Bahsedilen kumanda sistemlerinin tamamı otomatik kumanda sistemleri olarak ifade edildiğinde aşağıdaki gibi çeşitleri de verilmiştir.

- Zaman Anahtarlayıcıları,
- Hareket Algılayıcı Sensörler,
- Gün Işığı Sensörleri,
- Bilgisayarlı kumanda .

Bu çeşitlerden zaman anahtarlayıcıları konu başlığı altında aşağıdaki detaylarına değinilmiştir.

3.3.1. Zaman anahtarlayıcıları

Merdiven otomatiği, zaman anahtarlayıcılarına iyi bir örnek olmaktadır. Bu sistem güncel uygulamalarda zaman saati olarak bilinmektedir. Az da olsa sokak aydınlatması sistemlerinde kullanılmaktadır.

Gün içerisinde belirli saatlerde aynı işlem devamlı olarak gerçekleştiriliyor ise aydınlatma sistemi, önceden girilen verilerle istenilen saat dilimlerinde aktive

olmaktadır. Bu noktada, aydınlatma sistemlerinin istenilen düzeyde ayarlanmasına da imkan tanınmaktadır.



Şekil 3.8. Gün İçerisindeki Zamanlama Planı (Yapar, 2007)

Şekil 3.8.'de gün içerisinde zamanlama planına yer verilmiştir. Burada, 08.00'dan 19.00'a değin yapılacaklar belirlenmiş ve aydınlatma sistemleri ve aydınlık düzeyleri önceden ayarlanmıştır. Her gün aynı saatte farklı uygulamalara ilişkin ayarlamalar yapılmış ve düzenli olarak devamlılık sağlanmıştır.

Zaman anahtarlayıcılarından bahsedildikten sonra aşağıda hareket algılayıcı sensörlere de değinilmiştir.

3.3.2. Hareket algılayıcı sensörler

Burada optimal bir aydınlatmadan söz edilmesi mümkün görünmektedir. Bu sistemler, ortamı kontrol etmek suretiyle ortamda insan olup olmadığını tespit etmekte ve aydınlatma sistemini otomatik biçimde kontrol etmektedir.

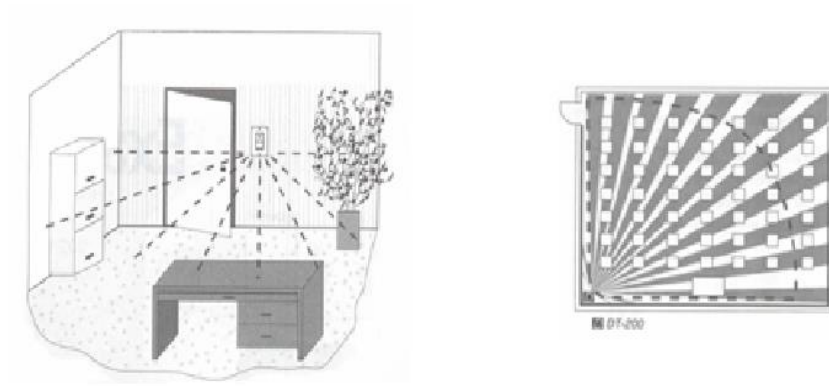


Şekil 3.9. Aydınlık Düzeyi Gerektiği Zaman Gerektiği Kadar Olmalı (Yapar, 2007).

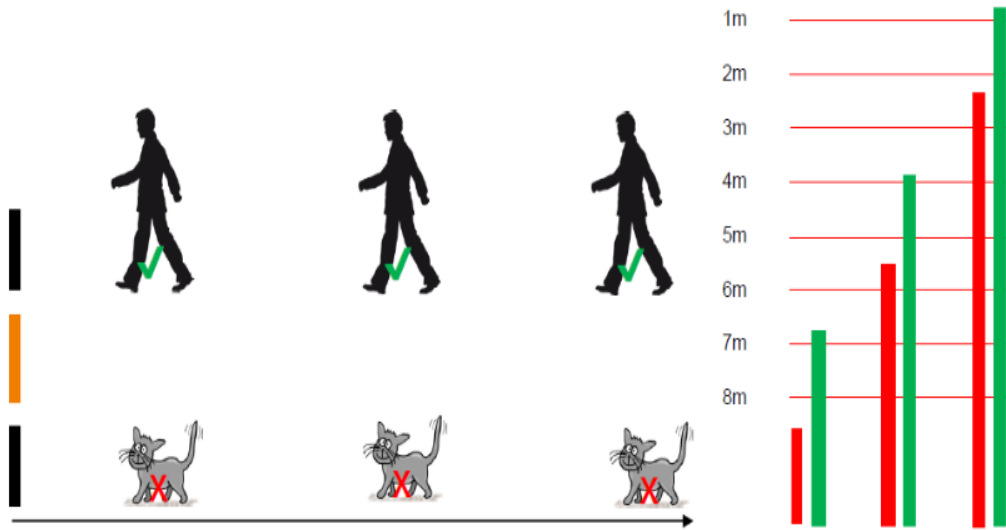
Hareket algılayıcı sensörler sayesinde farklı oranlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Örneğin;

- Açık ofislerde % 20'ye varan,
- Kişisel ofislerde % 60'a varan,
- Tuvaletlerde % 70'e varan,
- Depolarda % 40'a varan,
- Sınıflarda % 50'ye varan,
- Otel odalarındaki banyolarda % 65'e varan tasarruf sağlanmaktadır.

Bunun yanında Şekil 3.10. ve Şekil 3.11. de yerleri ve yöntemlerine göre uygulamaya göre değişim göstermektedir.



Şekil 3.10. Hareket Sensörünün Uygun Yere Monte Edilmesi (Yapar, 2007).



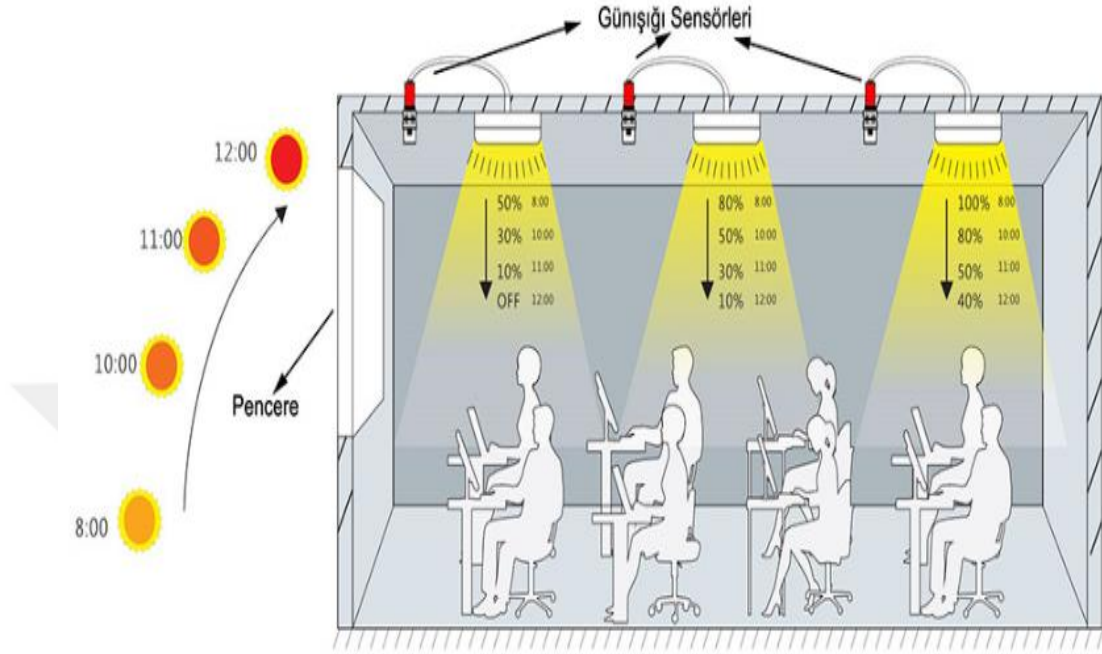
Şekil 3.11. İnsan Odaklı Hareket ve Varlık Algılama Sensörleri (Saos Teknoloji,2019).

Son olarak aşağıda gün ışığı sensörlerine yer verilmiştir.

3.3.3. Gün ışığı sensörleri

Gün ışığı yeterli olmadığı durumlarda, ortama elektrik aydınlatması takviyesi söz konusu olmaktadır. Pencereden uzaklaştıkça güneş ışığının etkisi azalmaktadır. Gün ışığı yetersiz olduğunda suni aydınlatmaya başvurulmaktadır. Burada gerçekleşen aydınlatmada aydınlık düzeyleri adaptasyonunda çeşitli farklılıklar gündeme

gelmektedir. Bu durum kişiler arasında da olumsuz neticeler oluşturmaktadır. Şekil 3.12.'de günışığı sensörü uygulamasına örnek verilmiştir.



Şekil 3.12. Günışığı Sensörü Uygulaması (Kocadağ, 2019).

Bu konuda yapılan araştırmalardan bir tanesinde ABD de farklı coğrafi bölgelerde yapılan tespitlerde binalarda % 50'nin altında kullanılan ışık geçirme oranına sahip camların sayısının artırılması enerji tasarrufunda yüksek etkinlikte olmadığı asıl gereklilik ışık geçirgenliği ve pencere alanı olduğu saptanmıştır. Bu sayede gün ışığına bağlı loşlaştırılabilir kontrol mantığı ile gün ışığı geçirgenliği ve pencere alanı daha büyük olması sonucu tasarruf oranlarında artış söz konusu olur. (Krarti 2005)

Gün ışığından maksimum yararlanmanın avantajlarından örnek bir çalışmada; ülkemizde Sakarya bölgesinde yapılan gün ışığına bağlı bir araştırma ve deneysel çalışmalar incelendiğinde tasarruf yüzdesi %40,78'e ulaşan sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan deneyde 345 günlük çalışmada güneşlenme süresinin en fazla olduğu gün 21 Aralık 2008 ve tasarruf %67,96 en kısa gün olan 21 Aralık 2008 de %14,56 seviyeleri tespit edilmiştir. Yine hava durumuna bağlı olarak ölçüm yapılan dönem içindeki günlerde yani havanın kapalı, karma ve açık olduğu dönemlerde sırasıyla %27,92 ;%38,15 ve %51,86 olarak sonuçlara varılmıştır. Bu sonuçlarla beraber aydınlatma da

enerji tasarrufuna katkı sağlayacak yeni binalardaki güneşlenme sürelerini uzatabilecek cam ve tasarım projelerine öncülük etmiştir (Yavuz, 2010).

3.4. Akıllı Aydınlatma Sistemleriyle Aydınlatma Otomasyonu

Akıllı aydınlatma sistemleriyle aydınlatma kontrolünün büyük faydaları söz konusu olmaktadır. Buna paralel işletmelerin aydınlatma otomasyon sistemlerinin kullanmaları bazı nedenlere dayandırılmaktadır. Bunlar arasında (Alsat, 2016);

- Sabit olan çalışan ve enerji giderlerini azaltmak ve bu sayede kar sağlamak,
- Giderek artan enerji maliyetleri,
- Yeşil binaların işletmelerin imajında olumlu etkiler yaratması,
- Enerji Verimliliği Kanunu ve gerek yerel gerekse merkezi yönetimlerin enerji verimliliği konusunda çıkardıkları yasa ve yönetmelikler,
- Çevreci baskıların yarattığı etkiler sıralanabilmektedir.

3.4.1. Enerji etkin aydınlatma sistemleri

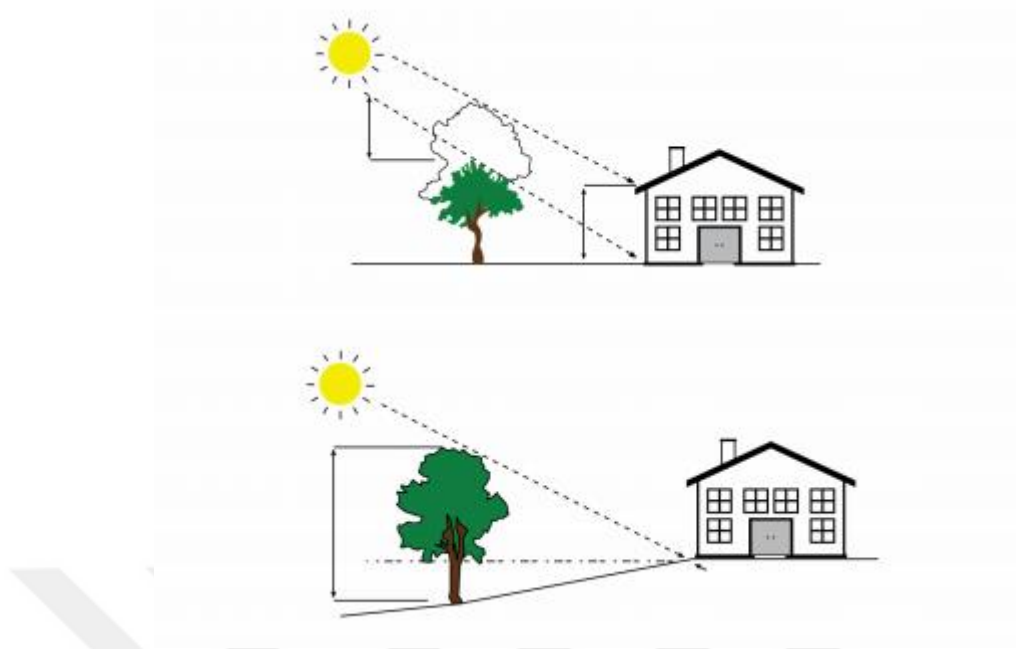
Enerji etkin aydınlatma sistemlerinden bahsetmeden önce yüksek performanslı binalardan ve özelliklerinden kısaca bahsetmekte fayda görülmektedir. Bütünleşik tasarım söz konusu olduğunda, gözetilen amaçlar doğrultusunda Şekil 3.13'deki gibi beş temel alt sistem gündeme gelmektedir.



Şekil 3.13. Yüksek Performanslı Bina (Harputlugil, 2016).

Burada bahsedilen alt sistemler sıralanmak istendiğinde;

- Yapı kabuğu:
 - a. Yapı bileşenlerinden iç ortam ile dış ortamı ayıran bileşenler,
- Servis sistemleri:
 - b. Elektrikli sistemler, güvenlik, düşey sirkülasyon ve HVAC, sıhhi tesisat,
- Taşıyıcı sistemler:
 - c. Binanın çeşitli yönlere (Yatay, düşey, hareketli ve durağan) stabilitesini sağlayan bina bileşenleri,
- İç yerleşim:
 - d. Bitirmeler, aydınlatma, mobilya, akustik, bölmeler ve aydınlatma,
- Arazi:
 - e. Bitki örtüsü ve otopark gibi bina çevresi ve peyzaj destek hizmetleri karşımıza çıkmaktadır.(Şekil 3.14.)



Şekil 3.14. Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü (Ulukavak Harputlugil, 2016: 20).

Aydınlatmaya ilişkin veriler temelinde enerji etkin aydınlatma sistemlerinden bahsetmek istenildiğinde; Tablo 3.3.'deki veriler ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.3. Aydınlatmaya İlişkin Veriler Temelinde Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri (Yılmaz, 2018: 12)

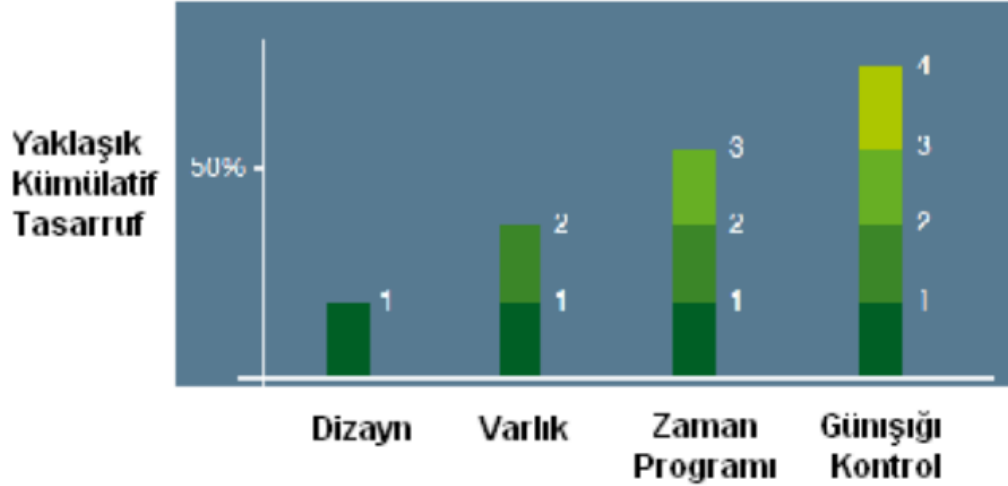
<p>Toplam elektrik enerjisi tüketiminin aydınlatmaya ayrılan kısmı % 20'dir. Her yıl 1.5 milyar TL'lik maliyeti söz konusudur. Türkiye gibi enerji ithal eden bir ülke adına tasarruf kaçınılmaz olmaktadır. LED kullanımının yanında bu uygulamaların akıllı otomasyon uygulamalarıyla tasarruf artırımına gidilmektedir.</p>
--

3.4.2. Aydınlatma otomasyon sistemleri

Aydınlatma otomasyon sistemleri kısaca incelendiğinde ve bazı özelliklerinin üzerinde durulmak istendiğinde (Alsat, 2016);

- Kendinden hareket dedektörlü bağımsız tip armatürler,
- Çevre aydınlatmalarında dış ortam ışık şiddetine göre çalışma durumu,
- Vitrin aydınlatmalarının zaman rölesine bağlı olarak kontrol edilmesi gündeme gelmektedir.

Aydınlatma otomasyon sistemlerinde üzerinde durulması gereken diğer bir nokta da tasarruf kalemleridir. Şekil 3.15. aracılığı ile bu kalemler ifade edilmektedir.

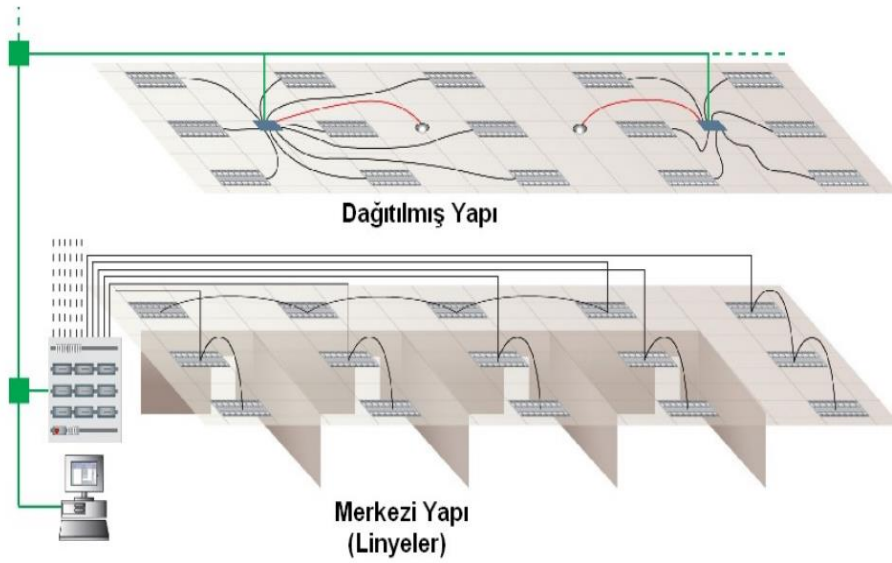


Şekil 3.15. Aydınlatma Otomasyon Sistemlerinde Tasarruf Kalemleri (Alsaf, 2016).

3.4.3. Güncel uygulamalar

Gelişen teknoloji ile beraber aydınlatma otomasyon sistemleri tasarlanırken ana hatlarda bazı sorular da ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında;

- Sistem bağımsız kontrollü cihazlarla veya basit hareket dedektörlü armatürler ile çözülebilir mi?
- Işık şiddeti ve dimmerin kontrol edilmesi gereken alanlar söz konusu mudur?
- Dimmer kontrolü sağlanacak sistemlerin armatürleri kontrole uygun mudur?
- Armatür beslemeleri hangi yapıda tasarlanmalıdır?
 1. Merkezi yapı,
 2. Dağıtılmış yapıdır.



Şekil 3.16. Dağıtılmış ve Merkezi Yapı (Alsat, 2016: 4).

Tüm bu bahsedilenlerin yanı sıra, aydınlatma kontrol sistemlerinin güncel uygulamalarda bazı bileşenleri bulunmaktadır. Bunlar Tablo 3.4.'de ifade edilmektedir.

Tablo 3.4. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Bileşenleri (Alsat, 2016: 5)

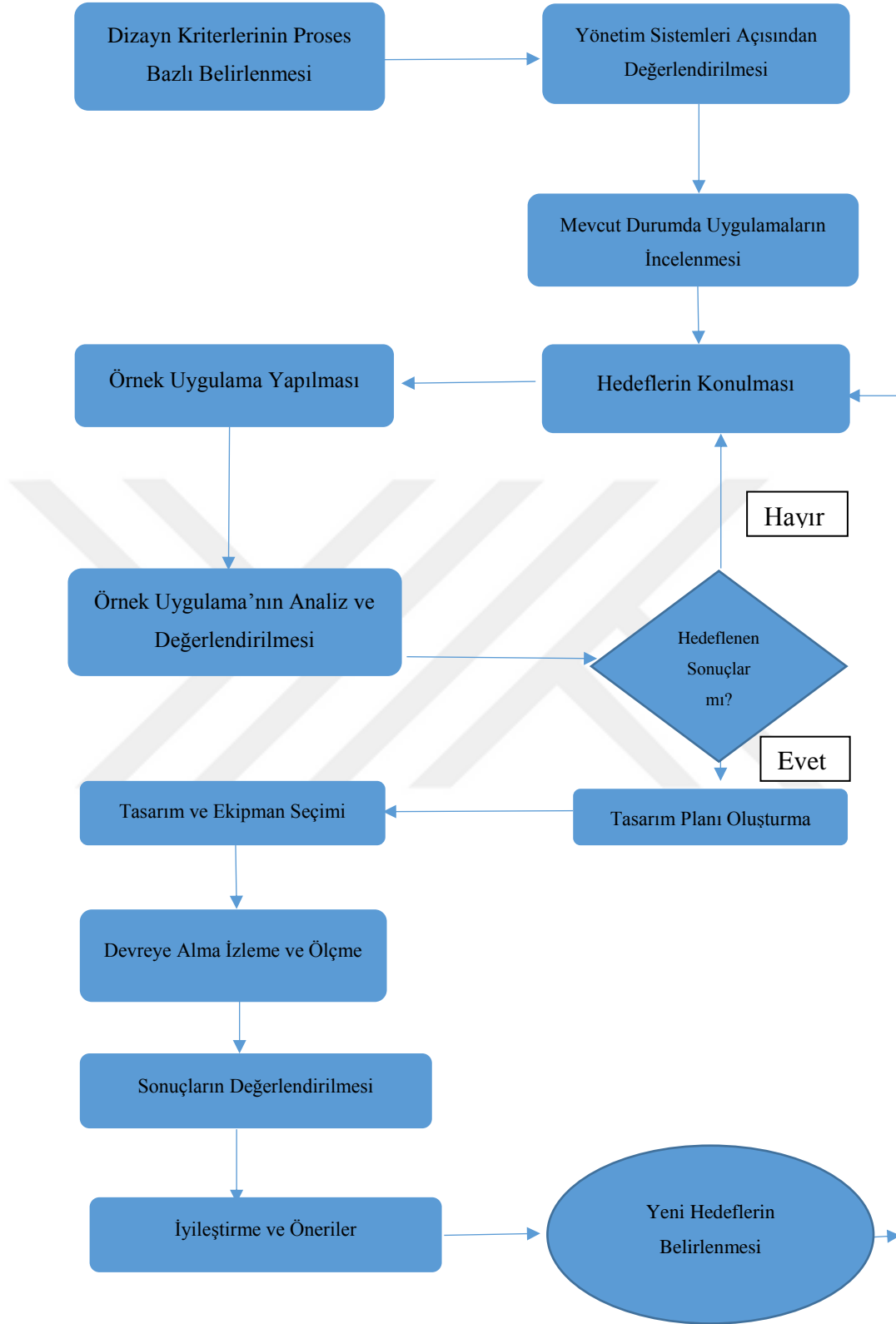
Kontrol cihazları
Saha algılayıcılar
Kontrol edilen ekipmanlar
Bilgisayar ve merkezi izleme yazılımı:
-Ağ üzerindeki herhangi bir giriş noktası,
-Çalışma senaryolarını oluşturma,
-Sistemin mimari proje üzerinde görselleştirilmesi,
-Sistemin izlenmesi ve kontrol edilmesi,
-Sistemden raporlar alınması (arıza, çalışma süresi, durum vd.),

Bu noktada, enerji etkin aydınlatma sistemleri, aydınlatma kontrol sistemleri, imkanları ve gündeme gelen teknolojilerle uygulamalarını değerlendirmek için yüksek tavanlı bir ilaç deposunda aydınlatma otomasyonu ve bu otomasyonun sağladığı avantajlarla beraber değerlendirilmesi bu çalışmayı daha etkin bir şekilde ortaya çıkarmıştır.

BÖLÜM 4. İLAÇ DEPOSU AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİ TASARIMI VE OTOMASYONU

Bu tezde tasarımından bahsedilen çalışma bir ilaç deposu aydınlatma otomasyon sistemidir. Yüksek tavanlı bir ilaç deposu olup güncel Endüstri uygulamalarında yüksek standart ve yönetim sistemleri ihtiva etmektedir. Bu uygulamada Şekil 4.1.'de verilen algoritma takip edilmiş ilgili basamaklar detaylandırılıp deneme ve üzerinde modelleme yapılmıştır. Yerel ve uluslararası kriterler hedef alınmış belli standartlar ve yönetim sistemleri baz alınıp belirlenen kriterler ışığında sistem devreye alınmıştır. Hedeflenen sonuçlar izlenip takip ve raporlanması sonucu değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

İlaç depolama yerleri belirtilen ortam koşullarını sağlayacak şekilde dizayna sahip olması gerekmektedir. İçerisinde hijyen koşullarını içerecek şekilde toz ve kir barındırmamalıdır. Depolanan ürünlerinin korunması için belirlenmiş olan ısı ve nem koşullarında saklanması sağlanmalı; hızlı ve pratik bir şekilde mal giriş, çıkış ve sevkiyat koşulları içermelidir (Şekil 4.2.). İSG açısından yüksek standartlara sahip deprem, yangın ve diğer felaketslere karşı otomatik ve izlenebilen yangın algılama ve söndürme süreçlerine sahip olması gerekmektedir. Sistem tasarlanırken minimum koşullar ve Kalite Yönetim Sistemlerinin gereklilikleri göz önünde bulundurulmuş olup Şekil 4.1.'de aşamalar takip edilmiştir.



Şekil 4.1. Deponun Tasarım Algoritması



Şekil 4.2. İlaç Deposu

Yüksek standarttaki ilaç depoları aynı zamanda aşağıdaki yönetim sistemlerini de içerir.

- SAP (Systems Analysis and Program Development): Mamül, ambalaj malzemesi ve hammadde stoklarının takibi, satış ve siparişlerinin girişi, FEFO ‘ya göre sipariş partilerinin belirlenmesi ve teslimatlarının oluşturulması, depolar arası transfer, irsaliye ve fatura düzenleme, iade numune ve imha işlemlerini içerir.
- WMS (Warehouse Management System): Mal kabul, adresleme, sipariş toplama, ilaç takip sistemleri ve sevkiyat çalışmalarını kapsar.
- Lojistik İnterface: İstifleme makinesi ile WMS/SAP arasındaki entegrasyon sayesinde kullanıcı operatör koridor arasında tek tuşa basarak istediği kat ve raf önüne otomatik olarak gider.
- Bina İzleme ve HVAC otomasyonu: Depo içi ilgili raf noktalarında bulunan sensörlerden sürekli veri (sıcaklık /nem bilgisi) alarak depoyu istenen optimum koşullarda tutmak buna göre havalandırma sistemini kontrol etmek, verileri işlemek, kaydetmek ve raporlamak. İlgili set ve alarm limitlerine ulaşıldığında mesaj veya mail yoluyla kullanıcıları bilgilendirmek.

- Otomatik Yangın Algılama ve Söndürme Sistemi: Depo içinde tasarlanan yangın algılama sistemlerinden gelen veriler ışığında raf aralarında ve tavan da kurulmuş olan sulu söndürme sistemiyle insandan bağımsız şekilde yangını algılayıp söndürme sistemini başlatmak gibi birçok ileri teknoloji ve otomasyon sistemi içeren kontrol sistemlerinin tamamına denir.

Dolayısıyla Endüstri 4.0 teknolojilerinin bahsedildiği bu yüzyılda artık insan faktörü minimize edilerek işletmelerde öncelik verimlilik esasına dayandırılmaktadır. Uzaktan kontrol edilebilme, izlenebilme, iş sağlığı ve güvenliği kriterlerine bağlı veri analizi ve depolama gibi birçok talep ve gerekliliği karşılayan sistemler ön plana çıkmakta ve hata ve riski azaltan işletmeye kazanç sağlayan tasarımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Aydınlatma da artık endüstrimizde önemli bir kalem tutmakta ve aydınlatma kontrolünün yukarıda belirttiğimiz yönetim sistemleri gibi işletmelerde önemi artmakla beraber gündemde daha çok yer almaya başlamıştır. Tasarımı gerçekleştirilen (Şekil 4.3.) deki depoda aşağıda listelenen algoritmadaki yöntem ve adımlar kullanılarak çalışmanın nasıl yapıldığı tüm açıklamalarıyla ve konu başlıkları altında verilmiş olup bir aydınlatma otomasyon sisteminin mimarisi ve nasıl yapılacağı detaylarıyla ele alınmıştır.

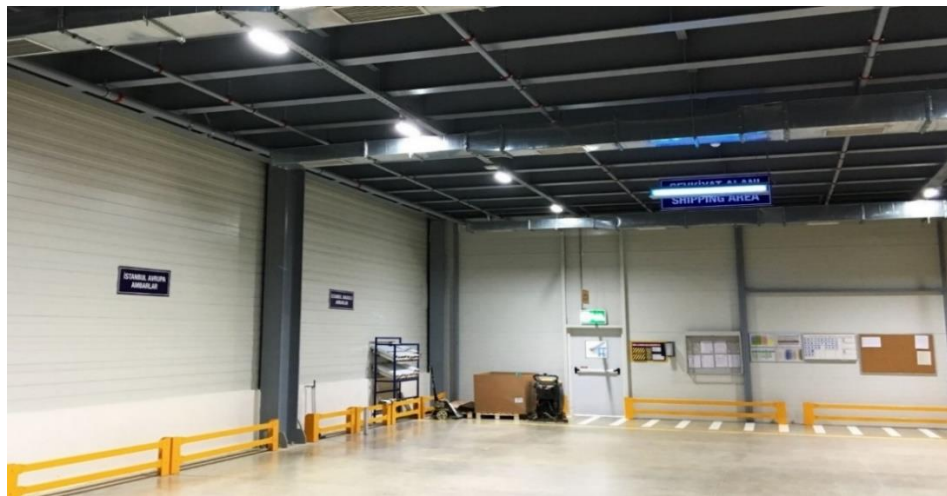
- Endüstriyel Aydınlatma ve ilaç Deposu Aydınlatma Kriterleri
- Devrede Olan Bir Depo Alanında Modelleme Yapılması
- Depo Aydınlatma Otomasyonunda Kullanılan Yazılım
- Depo Aydınlatma Otomasyonu Uygulaması ve Tasarım Algoritması



Şekil 4.3. İlaç Deposunda Yüksek Tavan Aydınlatma Uygulaması

4.1. Endüstriyel Aydınlatma ve İlaç Deposu Aydınlatma Kriterleri

Endüstriyel aydınlatma tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalar, çalışma alanları, makine parkur ve süreçlere göre farklı tasarım ve ihtiyaçlar düşünülerek yola çıkılmış dolayısıyla genel aydınlatma kriterleri haricinde alana ve prosese bağlı ihtiyaçlar da düşünülmüştür. Bunun yanında İSG ve Enerji Verimliliği kriterleri de hesaba katılmıştır. Örnek bir alan olan Şekil 4.4.'de sevkiyat hazırlama alanı gösterilmiştir.



Şekil 4.4. İlaç Deposu Sevkiyat Hazırlama Alanları Aydınlatma Otomasyonu Uygulaması

Bu kıstaslara bağılı kalınarak iyi bir aydınlatma sayesinde; hızlı sevkiyat yapılması, raflardaki ürünlerin ayırt edilebilirliğini üst düzeye çıkarmak, buradan kaynaklanabilecek hataları azaltmak, kamaşmayı engellemek ve iş kazaların önüne geçilmek hedeflenmiştir. Mevcut uygulamalarda hedeflenen noktalarda eksiklikler ve ihtiyaçlarında olduğu görülmüştür. Bu yüzden çalışanların kendini iyi hissedebileceği bir ortam oluşumunun sağlanması ve böylece yüksek üretim performanslarına kolay ulaşabilecekleri bir görsel konfor ve güvenlik düşünülerek iyi bir görsel performansla çalışan personelin uzun süreler boyunca ve farklı koşullar altında görsel görevlerini yerine getirebilmeleri hedeflenmiştir.

Bunu sağlamak içinse uygun ışık kaynağını tespit etmek, doğru armatür seçmek, gerekli aydınlık düzeyinin tespit etmenin yanında, nitelik ve nicelik açısından da ihtiyaçlar göz önünde bulundurulmuştur. Bu seçimlerde kamaşma minimize edilmiş, renksel geri verim endeksi yüksek armatürler seçilerek aydınlatma hesabı ile düzgünlük faktörü ortaya konulmuştur.

Olması gereken minimum aydınlık düzeyi (Em), maksimum kamaşma sınırlandırması (UGR) ve minimum renksel geri verim endeksi (CRI) - (Birimi: Ra) değerleri TS EN 12464-1 standardındaki değerler dikkate alınarak tasarım oluşturulmuştur. Aynı zamanda , “TS EN 12464 Işık ve Işıklandırma – İş Mahallerinin Aydınlatılması – Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri” standardında belirtilen depolarda karşılaşılan çalışma alanları için sağlanması gereken aydınlatma tasarım kriterlerine uygunluk sağlanmıştır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Dar Koridor Raf Arası Yüksek Tavan Armatürlerle Aydınlatma Çalışması

Bu tezde aydınlatması yapılan deponun parıltı dağılımı, aydınlık düzeyi, düzgünlük, kamaşma ve renksek geri verim başlıklarında aşağıda belirtilen hususlar paralelinde çalışma gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Parıltı dağılımının incelenmesi

Görme alanındaki parıltı dağılımı, iş görüne bilirliliğini etkileyen gözün adaptasyon seviyesini kontrol eder. Homojen bir dağılımla bu çalışmada iyi dengelenmiş bir adaptasyon parıltısı belirtilen üç fonksiyon için gereklidir.

- Görsel duyarlılık (Görmenin keskinliği),
- Kontrast hassaslığı (Küçük göreceli parıltı farklılıklarının ayrımı),
- Göze ait fonksiyonların verimliliği (Göz merceği uyumu, yakınsaklık, göz bebeğinin daralıp genişlemesi, göz hareketleri gibi).

Bu fonksiyonlarda görme kalitesi hedeflenmiş beraberinde görsel konfor kalitesi de düşünüldüğünde

- Kamaşmayı oluşturacak çok yüksek parıltılardan,
- Gözün adaptasyon sürekliliği nedeni ile yorulmaya neden olabilecek çok yüksek parıltı kontrastlarından
- Sönük ve uyarıcı olmayan çalışma alanlarına neden olabilecek çok düşük parıltılardan ve çok düşük parıltı kontrastlarından kaçınılmıştır.

Dolayısıyla tasarımda aşağıdaki belirtilen yansıtma faktörleri temel alınmıştır. Bu aralıklar aşağıda belirtilmiştir [TS EN 12464-1].

- Tavanlar için: 0,6 ile 0,9 arasında,
- Duvarlar için: 0,3 ile 0,8 arasında,
- Çalışma düzlemleri için: 0,2 ile 0,6 arasında,
- Zemin için: 0,1 ile 0,5 arasındadır

4.1.2. Aydınlık düzeyi standartlarının belirlenmesi

Çalışma alanında aydınlık düzeyleri çalışanların görsel konfor ve verimliliğini etkileyen önemli bir başlıktır. Dolayısıyla bu konuda standartlar bellidir ve minimum düzeyler TS EN 12464-1 standardın da kapalı alanlar için verilmiştir.

Buradaki değerler ortalama 30 yaşındaki bir kullanıcı temel alındığı için, kullanıcıların yaş ortalaması yüksek olduğunda aydınlık düzeyi değerinin de artırılmasına ihtiyaç duyulacaktır. Standart belirlenirken ortaya çıkan değerler için aşağıdaki belirtilen hususlar göz önüne alınmıştır.

- Görsel konfor ve iyi hissetme gibi psikolojik özellikler,
- Yapılacak iş için gereksinimler,
- Görsel ergonomi,
- Pratiksel deneyim,
- Güvenlik ve ekonomi

İhtiyaç duyulan aydınlık düzeyi değerleri aşağıdaki koşullar söz konusu olabileceği için ileride oluşabilecek ihtiyaçları karşılayabilmesi adına artırma gidilmiştir. Olası durumlar aşağı sıralanmıştır.

- Görsel işin kritik ve hata yapmanın risk taşıdığı durumlar,
- Hataların düzeltilmesinin maliyeti ve geri dönüşünün yüksek olması,
- Etiket okunmasında kesin ve yüksek performansa ihtiyaç duyulması
- Çalışanların görsel kapasitesi normalin altında veya yaş ortalaması yüksek olma ihtiyacı söz konusu olursa,
- Çalışma detayları normalden çok küçük veya düşük kontrastlı olması durumunda,
- Çalışmada uzun bir görsellik gerekiyor ise

Aydınlık düzeyi değerleri tam tersi aşağıdaki durumlar gerçekleştiğinde de azaltma yoluna gidilebilir.

- Çalışma detayları normalden çok büyük veya yüksek kontrastlı,
- Çalışma normalden kısa bir zaman için dikkate alındığında.

Bunlarda zaten aydınlık düzeyi kontrolü ile düşürülebilmektedir. Genellikle depolarla 50-100 lüks olarak tasarlanan aydınlık seviyesi otomasyonlu ve yüksek tavan içeren noktalar da Tablo 4.1.'de 200 lüks belirtilmiştir.

Tablo 4.1. En Az Aydınlık Düzeyleri Tablosu (EN 12464-1: 2011)

Ref. no.	Alan – Görev – Aktivite	Ix UGRL	U0 Ra	Özel Durumlar
5.5.1	Türleri İnsansız Alanlar	20-	0,40 40	Zemin seviyesinde aydınlatma
5.5.2	İnsanlı Alanlar Kontrol	150-22	0,40 60	Zemin seviyesinde aydınlatma
5.5.3	Noktaları Depolama	150-22	0,60 80	Dikey Aydınlatma, Taşınabilir ışık
5.5.4	rafının görünen tarafı	200-	0,40 60	kaynağı kullanılabilir.

İlaç depolarında sürekli sıcaklık ve nem kontrolü olduğu için tam kapalı ve ısı transferini engelleyen bir yapıda inşa edilmiş olup güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde doğal ışıktan mahrum alanlardır ve içerisinde yüksek raf ve dar koridorlar ihtiva eder. Bu yüzden dar ışık açısına sahip özel tasarım aydınlatma donanımları tercih edilir. Rafların aydınlatması önemli olup buralara ürün konulmasından dolayı

aydınlatmanın iyi olması, kolayca yerleştirilmesine ve daha sonra hızlı bir şekilde bulunmasına olanak sağlayacaktır. Yukarıdaki belirttiğimiz ihtiyaçlar düşünülerek ilaç deposunda minimum aydınlık düzeyi 250 lx olarak kabul edilmiştir.

4.1.3. Düzgünlük faktörünün değerlendirilmesi

Minimum aydınlık düzeyinin $E_{(min)}$ ortalama aydınlık düzeyine $E_{(ort)}$ oranı olarak hesap edilir. Aydınlatma tasarımında, tasarımın belirli bir ortalama düzgünlük değeri sağlaması istenir. İç aydınlatma uygulamalarında, çalışılan iş üzerinde ortalama düzgünlüğün 0.7' den, hacmin tamamında ise 0.5'ten büyük olması istenmektedir (CIE S 004/E:2001).Tasarımı yapılan bu depo da, hacimsel yaklaşım yapıldığı için, $E_{(ort)}= 0.5$ 'i sağlayacak şekilde hedef alınmıştır. Aydınlatma hesabıyla da ispatlanmıştır.

4.1.4. Kamaşma

Görme alanındaki parlak bölgeler tarafından üretilen bir duydur. Psikolojik ve fizyolojik olmak üzere değerlendirilir. Aynasal yüzeylerdeki yansımalar ile meydana gelen kamaşma ise genellikle örtü yansımaları veya yansımış kamaşma olarak bilinir. (TS EN 12464-1). Hatalardan, yorulmalardan ve kazalardan kaçınmak için kamaşmanın sınırlandırılması çok önemlidir. Bu tasarımda bu başlığı incelerken kamaşmayı önleyici düşük titreşim katsayısına (%1 in altında) sahip elektronik balastlar kullanılmasına karar verilmiştir.

4.1.5. Renksel geri verim

Renksel geriverim endeksi diye belirtilen değer bir referans kaynak ile çeşitli ışık kaynaklarının renksel geriverimleri ölçülebilmektedir. Bu ölçümlerde, sürekli tayfa sahip olan güneş ışığı referans alınmaktadır. Renksel geriverim kısaca İngilizce "Color Rendering Index" kelimelerin baş harflerinden türetilen CRI ile ifade edilmekte ve Ra ile gösterilmektedir. Renksel geriverim endeksinin birimi yoktur (CIE, 1995).

Bir ışık kaynağının renksel geri verim endeksi maksimum olan 100 değerine sahipse ($R_a=100$), bu o kaynağın tayfsal dağılımının alınan referans kaynak ile aynı olduğu anlamına gelmektedir. Yani güneşin altında görmek istediğimiz renkler $R_a=100$ olan bir ışık kaynağından ışık kaynakları altında da aynı algılanır.

Bu endeksler TS EN 12464-1 standardında ifade edilmiştir. Depo alanlarında birçok hacim için renksel geriverimi 80'nin üzerinde (Kademe 1A ve 1B) istenmektedir. Standartta belirtilen değerler Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Renksel Geriverim Kademeleri ve R_a Değerleri (EN 12464-1: 2011)

Kademe	Değerlendirme	CRI
1A	Çok iyi	$R_a > 90$
1B	Çok iyi	$80 < R_a < 90$
2A	İyi	$70 < R_a < 80$
2B	İyi	$60 < R_a < 70$
3	Orta	$40 < R_a < 60$
4	Kötü	$20 < R_a < 40$

Tasarlanan depoda armatürlerde $R_a = 85$ olup standartlara uygun ve yüksek renksel geri verime sahip seçilmiştir.

4.1.6. Acil durum aydınlatma ve yönlendirme ekipmanlarının standartları

Bu uygulama da önemli ve üzerinde dikkat çekilmesi gereken bir diğer konu ise Acil Durum Aydınlatmasıdır. Acil aydınlatmalar ve yönlendirmeler birçok endüstriyel binada tasarım ve montaj aşamasında düşünüldükten sonra üzerinde durulmayan periyodik kontrol ve bakımlarında hatalar, gecikmeler oluşan ve hatta fark edilmeyen sistemlerdir. Her bir aydınlatma ve yönlendirme bağımsız devreye alınmıştır. Birbirleriyle hiçbir bağlantısı yoktur ve her birisi tek tek bakım ve kontrole ihtiyaç duymaktadır. Büyük tesislerde sayıları fazla olduğu içinde bakım ve kontrolleri zorlaşır. Acil durum aydınlatmaları Türkiye'nin bulunduğu konum itibarıyla deprem bölgesinde olması ve belli aralıklarla bu afetlerin yaşanması işletme ve can güvenliği açısından dikkate alınması gereken bir noktadır.

Tasarlanan depoda bu durumun önüne geçilerek tesiste bulunan tüm acil durum aydınlatma ve yönlendirmelerin kontrol, izleme, arıza, tespit ve bakımlarının

gerçekleştirilebilmesi ve raporlanabilmesi sağlanmıştır. İSG açısından önemlidir ve personelin işletmeye olan güveni artırılmıştır.

Acil Aydınlatma Sisteminin TS EN 1838 standardına göre 2 metre genişliğine kadar olan kaçış yollarında, kaçış yolunun merkez hattı boyunca, döşeme seviyesi üzerinde, herhangi bir noktada acil aydınlatma aydınlık seviyesi en az 1 lx olmalıdır. Tasarımda bu koşul dikkate alınmıştır.

4.2. Devrede Olan Bir Depo Alanında Modelleme Yapılması

Son yıllarda enerji birim fiyatlarının artması ve teknolojiye duyulan ihtiyacın değişimi sayesinde yeni yapılan aydınlatma çözümlerinde led ve otomasyon sisteminin kullanımı sürekli artmakta ve ortaya çıkan yüksek verimlilik analizleri sayesinde otomasyon artık ilk tercih edilme sebebi olmaya başlamıştır. Halen önceki sistemlere bakıldığında depolarda metal halide ampuller ve aydınlatmanın otomatik kontrol dışı olup sadece ON /OFF anahtar ve sigorta üzerinden yapılmaya devam etmektedir. Bu yüzden devrede olan sistemler inceleme ve analize tabi tutularak birçok alanda LED dönüşüm ve otomasyon ilaveleri ile ciddi tasarruf fırsatları yakalanıp endüstriyel alanda kayda değer kazanç kalemleri elde edilebilir.

Bu çalışmada ele alınan ilaç deposu aydınlatma otomasyon sisteminin tasarımı yapılmadan önce ilgili tesisin önceden kurulmuş aynı maksatla hizmet veren bir deposunda aydınlatma otomasyonu test edilmiştir. Sistem verimliliği, çalışan üzerinde etkisini, kullanılabilirliği, yazılım led ve sensör performansını takip etmek ve özellikle enerji verimliliğini ispat etmek amacıyla bir düzenek kurulmuştur. Modelleme yapabilmek için 1 lamba ve 1 hareket sensörü kullanılmıştır. Yaklaşık 3 günlük (72 saat) teste tabi tutulmuş olup veriler kaydedilmiştir. Aynı çalışma aralığında aynı rafta personel otomasyonsuz olarak 3 vardiya da kendi davranışlarına göre çalışmıştır. Diğer denemede sensör ilgili alanda hareket gördüğünde devreye girmiş olup çalışma olmadığında lambayı devre dışı bırakmıştır. Buna göre alınan veriler ve sonuçlar aşağıda Tablo 4.3.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.3. Modellemesi Yapılan Düzenekte Elektrik Tüketim Verileri

	Çalışma Saati	Armatür Sayısı	Armatür Waat	Toplam Harcanan Güç (W)	Birim zamandaki Güç (W)
Otomasyon YOK	72	1	100	5760	80
Otomasyon VAR	72	1	100	1584	22
FARK VERİM					58 % 72,5

Bu hesaba göre sistem otomasyonla yani sadece hareket algılayıcı bir sensöre bağlı çalıştığında %72,5 bir tasarruf sağlanacağı ispatlanmıştır.

Bu verim hesabı sayesinde ilaç deposunun tasarım aşamasında otomasyon ekipmanlarını içeren ilk yatırım maliyetinin önceden yapılan amortisman hesabı aşağıdaki gibi çıkmıştır.

Otomasyon Maliyeti = 1 Armatür deki Elektriksel Tasarruf x Toplam Armatür Sayısı x Ortalama Enerji Birim Fiyatı x Saat x Gün

$$10.000 \text{ Euro} = 58 \text{ Watt} \times 180 \times 0,001 \times 0,04872 \text{ Euro} \times 24 \times \text{Gün}$$

Gün = 819,6 olarak hesaplanmıştır. Buda yaklaşık amortisman süresi olarak 2.24 yıldır. Sanayide enerji birim fiyatları sürekli artış gösterdiğinden amortisman süresinin ileriki aylarda daha da kısılacağı öngörülmüştür.

4.3. Depo Aydınlatma Otomasyonunda Kullanılan Yazılım

Endüstride ve yaşam alanlarında beklentilerin arttığı hem enerji tasarrufu hem de konfor odaklı ihtiyaçlar söz konusu olmakta ve bunları kontrol etme ihtiyacı doğmaktadır. Dolayısıyla otomasyon sistemlerine ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu ihtiyacı kolayca karşılanması ve herhangi bir teknik personel ve özel eğitime ihtiyaç duyulmadan yapılması önemlidir. Yoksa her yenileme ve bakım da uzmana ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle büyük tesislerde ve otomasyon ekipmanlarının fazla olduğu alanlarda kolay kurulum ve programlama ihtiyacı oluşmakta bunları dışarıdan bir

personel ya da uzman olmadan yapmak önemli hale gelmiştir. Bu yüzden modern aydınlatma yönetim sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu yazılım İlaç deposu firması tarafından otomasyon ekipmanları ile tedarik edilmiştir. Aynı zamanda internetten üzerinden de software kullanıcılarına açık ve ücretsiz indirme yapılabilmektedir. Aydınlatma Yönetimi olarak adı geçen bu yazılım önceden yüklenmiş donanım ve yazılım sayesinde farklı endüstriyel alanlarda test edilen ve kullanılan bir kavram olup, kolay devreye alma özelliklerine sahip ve kullanımı basittir. Farklı ışık ihtiyaçlarına ve kontrol özelliklerine sahip olan tesislerde sanal odalara bölünerek sensörler ile kontrol edilebilir. Bu sanal odalar web konfigürasyonundan kolayca devreye alınıp değiştirilebilir.

4.3.1. Yazılımın özellikleri ve kapasitesi

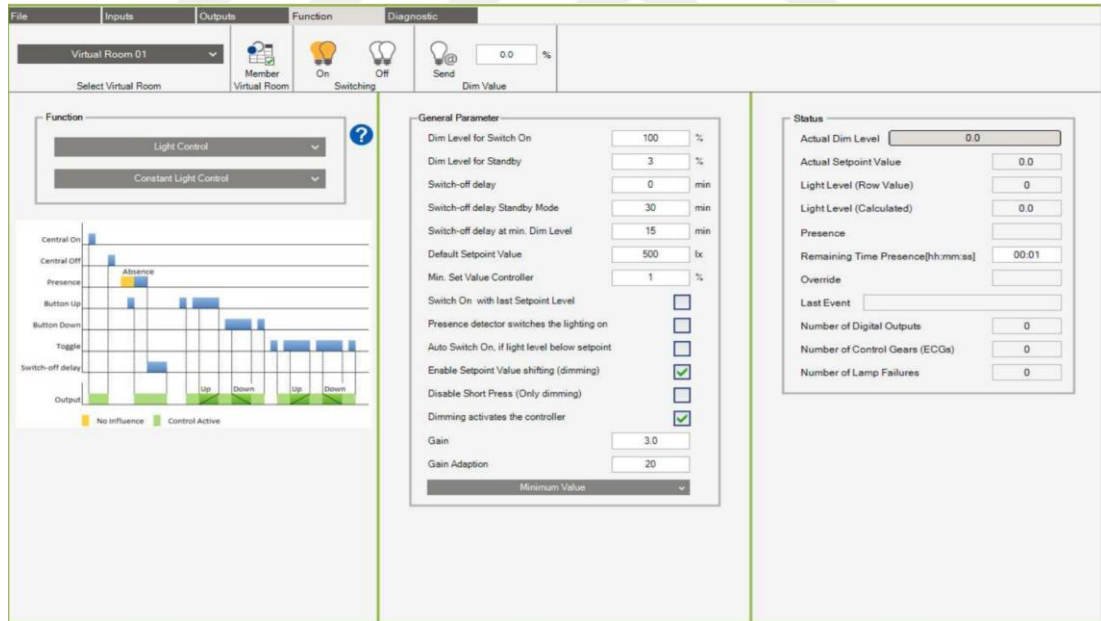
WAGO Aydınlatma Yönetimi, üretim tesisleri, depolar, hastaneler gibi büyük ve çok katlı birçok kontrol alanı içeren yapılar için kurgulanmış bir yazılımdır. Yeni aydınlatma sistemlerinin tasarım ve işletmeye alınmasını kolaylaştıran bir aydınlatma yönetimi sunar. Bu özellikleri sıralamak istersek;

- Hiçbir program yüklemesine bağlı kalmadan web arayüzü üzerinden kontrol
- Bilgisayar, tablet veya akıllı telefon ile kontrol
- Herhangi bir yazılım dili bilmeye gerek yok
- Mevcut yapının bakım personelleri rahatlıkla kullanabilme
- IP tabanlı sistem, istenirse internet üzerinden kontrol ve izleme
- Sabit ışık kontrolü
- Harekete duyarlı dimleme
- Soft açılış/kapanış - dimleme fonksiyonları
- Sahne modları, bağımsız armatür parlaklık seviyesi kontrolü
- GPS üzerinden saat güncelleme,
- Konfigürasyon ekranından bağımsız kontrol imkanı
- Görselleştirilebilir arka plan
- Açma/kapatma, sahne geçiş fonksiyonları

- EN standartlarında konfor düzeyi
- Dokunmatik panel desteği
- Kablosuz çözüm esnekliği
- Genişletilebilir modüler donanım yapısı
- Dahili arayüz ile yazılım yüklemeyen programlama

Bu arayüzle aydınlatmaların parlaklıklarını değiştirme, varlık ve hareket sensörleriyle beraber çalıştırma, gün ışığından faydalanma, sabit ışık fonksiyonu, takvim özelliği sayesinde özel ve resmi tatillerde otomatik açılma kapanma, mesai başlangıç ve bitiş ve öğlen arası saat dilimlerini yazılımcı olmadan kullanıcı tarafından yapılabilmektedir

Şekil 4.6.'da görseli sunulan web tabanlı arayüze sahip olan Aydınlatma Yönetimi yazılımını kullanıcı dostu olup, devreye alması ve işletmesi basit ayarlar içerir.



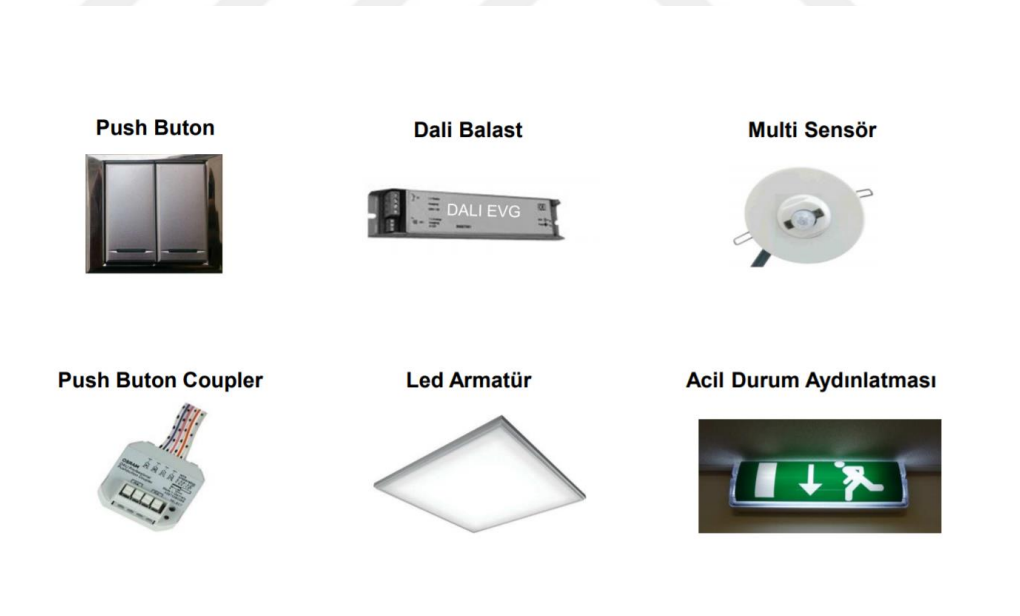
Şekil 4.6. Web Tabanlı Aydınlatma Kontrolü Arayüzü

Özel bir programlama dili ve mantığına gerek duyulmaz. Grafik kullanıcı arayüzüne tüm standart tarayıcılardan bağlanılabildiği için yazılımın yüklenmesi yapılmaz. HTML5 tabanlı web görüntülenmesi aydınlatma sisteminin oluşturulmasında kolaylık sağlar. İçeri dışarı aktarma özelliği ile ayarlanan parametre değerleri Microsoft Excel

e toplu işlenir. Aynı zamanda bu değerler SD karta veya SFTP üzerinden bir yedekleme sunucusuna kayıt edilebilir. Değerler MODBUS TCP IP üzerinden merkezi kontrol ağ ve sunucularına aktarılabilir. Giriş sayfasında varsayılan ayarlarla temel ekran maskeleri oluşturulan bu yapı; çalışma durumları, temel ayarları hazır halde bulunur.

4.3.2. Haberleşme protokolünün özellikleri

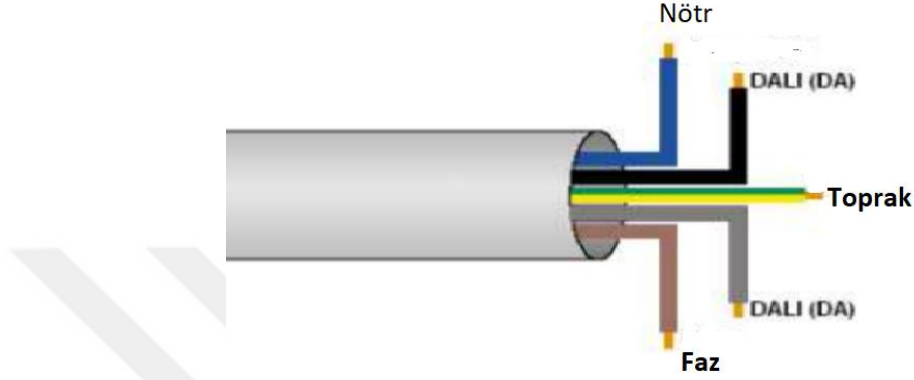
PLC ve aydınlatma kontrol yazılımında kullanılan haberleşme protokolü; DALI- Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü (Digital Addressable Lighting Interface) olarak tanımlanıp, IEC 62386 teknik standardına uygun bir protokoldür. DALI aydınlatma ekipmanlarını, akıllı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetebilmek için uluslararası IEC standardına uyumlu olan evrensel protokoldür. Standartla birlikte Şekil 4.7.'de görülen Dali kontrol sistemine sahip balast, acil aydınlatma kitleri, sensör ve anahtar gibi birçok parçanın izleme ve kontrolü gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 4.7. Haberleşme protokolüne sahip ekipmanlar (DALI,2020)

Kolay çalıştırma ve esnek çözüm sağlayabilmesinden dolayı birçok kullanıcı tarafından tercih sebebidir. Örneğin gün ışığı veya hareket sensörüne göre tek veya gruplandırılmış armatürler düşünülen senaryoya göre çalıştırılabilir. Bireysel durum

raporlama ve izleme sistemi, cihaz anlık çalışma durum bilgisi, anlık ışık seviyesi bilgisi, arızalı cihaz takibi sorgusu yapabilir.



Şekil 4.8. Haberleşme Protokolüne Uygun Kablo Yapısı (DALI,2020)

İletim oranlarına bağlı olarak özel tipte bir kabloya ihtiyaç yoktur. Yukarıdaki Şekil 4.8'de gösterildiği gibi 5 kutuplu kablo uygun olup polaritesi önemli değildir. Minimum kablo kesiti mesafeye göre değişebilir ama maksimum mesafe 300 metre olarak alınmıştır. Master modül ile hattın en uzak cihazı arasındaki mesafe 300 metreyi geçmemelidir.

Yine kullanılan haberleşme protokolünün avantajlarına sıralamak gerekirse;

- İki telli hat üzerinden dijital veri alışverişi
- Hat sonu direncine ihtiyaç olmaması
- Harici röleye gerek duymadan anahtarlama ON /OFF kendi üzerinden dijital yapabilmesi
- Grup oluştururken kabloları gerek duyulmaması ve sonradan kolayca değiştirilebilmesi.
- Hat başına 64 e kadar tekli ünite, 16 grup ve 16 sahne modu içermesi
- Çift yönlü veri alışverişi

Kullanılan protokol aynı zamanda ilgili gatewayler kullanılarak Bina Yönetim Sistemleri ile beraber de entegre olabilir. Bir DALI cihazı 64 adrese kadar adreslenebilir ekipmanı kontrol edebilir. Daha büyük sistemlerde ise yüzlerce hatta binlerce DALI cihazını birbiriyle haberleştirmek zorunda kalındığında gateway sağlanarak çoklu DALI alt ağlarını ana ağ içine aktarılabilir. Bu protokoller ise: ETHERNET (TCP/IP), BACNET, EIB/KNX ve LON gibi yapıları görülür. Bu ana yapılar, entegre bina kontrolü için bir omurga yapısı oluşturarak diğer kontrol sistemleri ile beraber çalışabilirler.

Bu depoda DALI haberleşme protokolünün tercih edilmesindeki nedenler ise;

- DALI dijital cihazlar için bir ara yüzün standart haline getirilmesidir.
- Bu protokole uygun ekipman üreten markalar, elektronik balast standardı olan IEC 60929 a göre tasarım yaparlar ve markadan bağımsız olarak cihazların kolayca diğer Dalı altyapısı kullanan markalardan tedarik edip birbirinin yerine kullanılabilmesini sağlamış ve garanti altına alınmıştır.
- Bu protokol hem fiyat hem de fonksiyonellik olarak kompleks tüm işletmelerde kendini ispatlamış olup bu projede bu sistemi kullanan fazla marka olduğu için kalite ve performanstan ödün vermeden alternatifli bir marka tedarik zincirine sahip olunmuştur.

4.3.3. Aydınlatma kontrolü ve iş akış şeması

Ele aldığımız bu depoda aydınlatma kontrolünde Şekil 4.9.'da gösterilen bir PLC ve aydınlatma kontrol modülleri kullanılmıştır. Burada seçim kriterleri açısından;

- Genişletilebilir modüler bir kontrol yapıya sahip olması
- İleride eklenebilecek yeni armatür, sensör, buton gibi ekipmanlar için sistem yenilemeye ihtiyaç duyulmaması
- PLC yanına ilave modüller eklenerek sistemin kolay genişletilebilir olması
- Modüler yapı sayesinde herhangi bir arızada sadece ilgili modülün değişimi ile arıza maliyetlerinde azalma şeklinde ön plana çıkmaktadır.

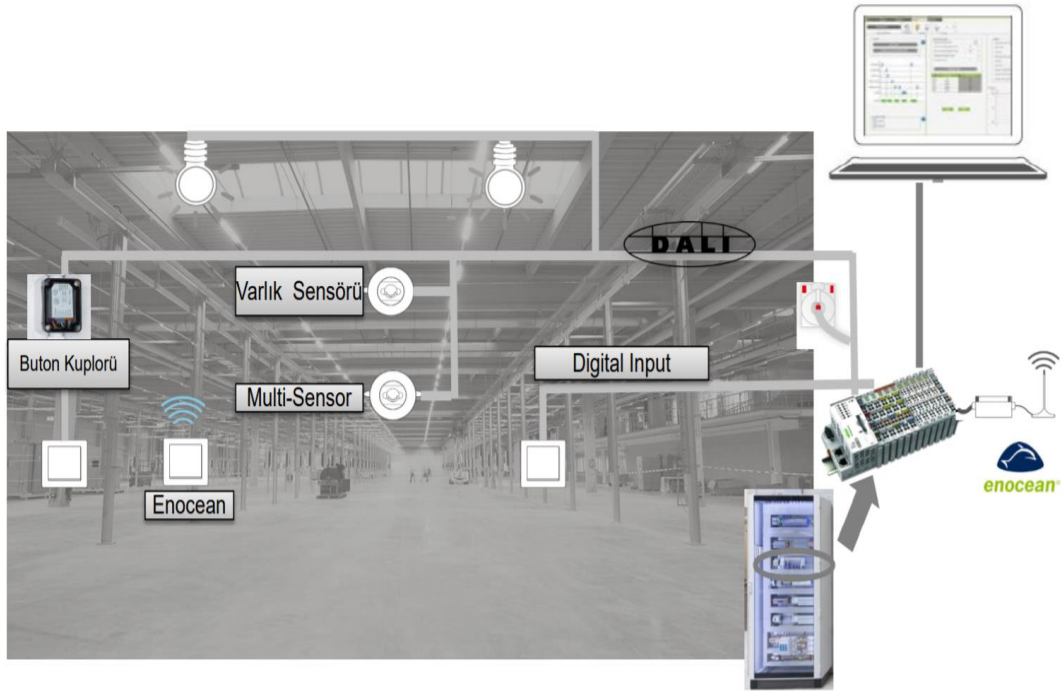


Şekil 4.9. DALI Haberleşme Kontrollü PLC (Aydınlatma Yönetimi ,2020)

Kullanılan Aydınlatma Kontrol Sisteminin donanım kapasitesi olarak

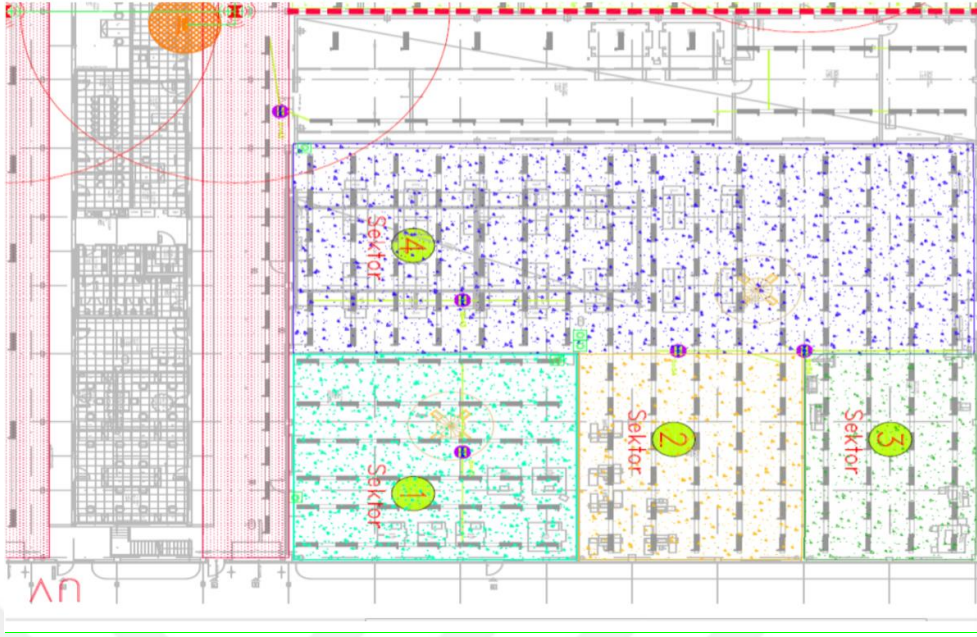
- Wago PLC Ana Kontrolör :1 x PFC 200 - 750-8202/000-012
- Dali Modül :10 x 753-647 DALI Master Modülü
- KNX Modül :1 x 753-646 KNX TP1 Module
- Dijital Giriş Modülü:64 x DI herhangi bir kombinasyonda
- Dijital Çıkış Modülü :32 x DO herhangi bir kombinasyonda
- Gerçek Zaman Modülü :1 x 750-640 RTC Modül
- RS 232/485 Serri Haberleşme modülü:1 x 750-652 (+EnOcean Gateway)
- Enerji Ölçüm Modülü:1 x 750-495
- Sonlandırma Modülü:1 x 750-600

Şeklinde belirtilmiştir.



Şekil 4.10. Dalı Modüllü Aydınlatma Kontrol Şeması (Aydınlatma Yönetimi ,2020)

Şekil 4.10.'daki altyapı izlenerek aydınlatma yönetimi yazılımında tesis bölümleri, faaliyet alanları ve departmanlar sanal odalara bölünür. Her bir sanal oda ayarlanan fonksiyonlara bağlı olarak atfedilen görevler için ideal aydınlık oranlarını otomatik üretmek için sensör ve aktüatörlerden sinyal alır. Ortamdaki lambalar tek tek adreslenip Şekil 4.11.'dekine benzer yapıda sanal odalara dönüştürülür ve bu odalarda ilgili sensörlere atanarak kontrol sağlanır. İleride dönüşüm ve yeniden düzenleme istendiğinde web konfigürasyonu sayesinde basitçe yapılır.



Şekil 4.11. Sanal Odalara Bölünmüş Bir Tesis Gösterimi (Aydınlatma Yönetimi ,2020)

Web üzerinden yapılan bu yazılımın tüm fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

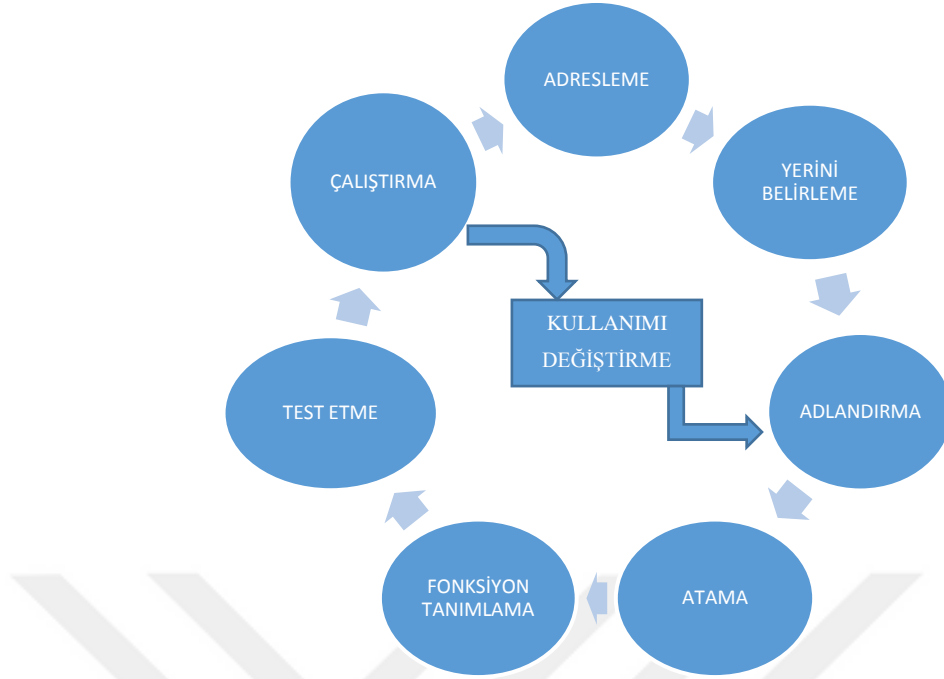
- Anahtarlama;
 - a. Geciktirme Rölesi
 - b. Anahtarlama (watchdog olsa da olmasa da)
 - c. Merdiven Fonksiyonu
 - d. Otomatik Işık (Hareket Dedektörü)
 - e. Düşük ışık anahtarı
- Dimleme;
 - a. Dimleme
 - b. Dimleme (varlık dedektörü ile)
- Aydınlatma Kontrolü;
 - a. Sabit ışık kontrolü
 - b. Anahtarlama ile gün ışığı kontrolü (dahili ve harici)
 - c. Merdiven fonksiyonu ile gün ışığı kontrolü
 - d. Gelişmiş günüışığı kontrolü
- Slave Fonksiyonları;
 - a. Harici sanal alan
 - b. Harici dimleme

- Zaman Fonksiyonları
 - a. Hafta, tatil, özel periyodik programlar
- Enerji Ölçümleri şeklindedir.

Kullanılan yazılımın kapasitesi irdelendiğinde

- 10 x 64 DALI EVGs
- 10 x 16 DALI Multi-Sensorler Sensor Tip 1 (Osram)
- 10 x 16 DALI Buskplör Sensor Tip 2 (DALI XC)
- 64 x EnOcean rockers
- 60 x KNX Switch
- 64 x Dijital Giriş
- 32 x Dijital Çıkış
- 64 x Modbus Giriş
- 16 x PLC ile haberleşebilme
- 20 x Takvimleme
- 60 x Sanal Oda

şeklinde ortaya çıkar. Şekil 4.12.'deki devreye alma iş akış şeması ile yönergeleri takip ederek yazılımın programlanması basit bir algoritmaya sahiptir.



Şekil 4.12. Devreye Alma ve İş Akış Şeması

4.4. Depo Aydınlatma Otomasyonu Uygulaması ve Tasarım Algoritması

Bu depoda aydınlatma uygulaması yapılırken takip edilen algoritma ve yapılan çalışmaların adımları aşağıdaki konu başlıkları altında verilmiştir. Sıralanmak istendiğinde;

- Aydınlatma Ekipmanının seçimi ve özellikleri
- Işıklık açısının seçimi
- Kontrol elemanın seçimi
- Kontrol elemanının uygulamaya göre ayarlanması
- Armatür yerleşimi
- Sensör yerleşimi
- Aydınlik düzeyi hesapları
- Acil durum aydınlatma ve yönlendirme ekipmanlarının tespiti ve yerleşimi
- Acil durum aydınlatmalarının aydınlık düzeyi hesabı
- Devreye alma çalışmaları

Şeklindedir.

4.4.1. Aydınlatma ekipmanının seçimi ve özellikleri

Led armatürler aydınlatmada daha öncede bahsedildiği gibi endüstride etkin rol almaya başlamış olup tüm sektör ve uygulama alanlarında öncelikli tercih edilmeye başlanmıştır. Uygulama yapılan depoda led armatürlerin seçiminde dikkat edilen hususların başında yüksek IP seviyesi ve buna bağlı tüm çalışma ömrü boyunca agresif bir ortam da kullanılabilmesi hedeflendi. Aynı zamanda yüksek kalitede ısı emici sisteme sahip olduklarından ısınma yapmalarının önüne geçildi. Tercih edilme sebepleri olarak kurulum ve bakım kolaylığı, uzun işletme ömrü ve kolay değişim, voltaj dalgalanmalarına karşı dayanıklılık, iklim koşullarına göre değişmeyen kullanım, ekolojik uyumluluk olarak değerlendirilmeye tabi tutuldu. Bunun yanında diğer aydınlatma çeşitlerine göre aşağıda avantajları belirtilmiştir.

- Sabit ışık seviyesi ve aydınlatma gücüne sahip olması ve bunu uzun süre koruyabilmesi.
- Yüksek etkinlik faktörü :120 lm/ W' dan fazla,
- Toplam ışık akısının tamamını verebilmesi,
- Kamaşmayı engelleyen düşük ışık titreşim katsayısı (% 1 den az),
- Renk oluşturma indeksi 85 Ra



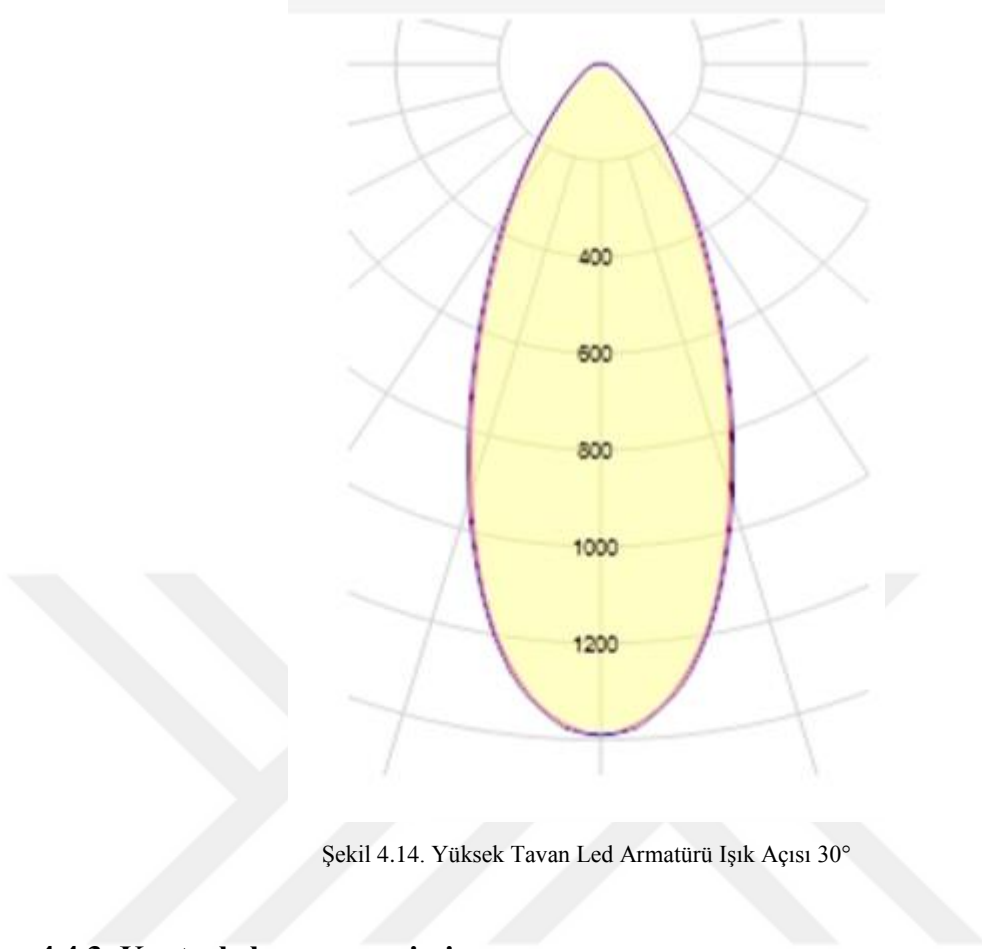
Şekil 4.13. Kullanılan Yüksek Tavan Led Armatür

Seçilen aydınlatmanın teknik verileri ise aşağıdaki gibidir.

- Işık Akısı: 13750lm
- Işıklık Gücü: 100 W
- Işıklık sınıflandırma: CIE: 99
- CIE Akı Kodu: 82 94 98 99 100
- Birleştirme: 192 X Samsung SF Serisi SMD Led
- Gövde: Alüminyum Ekstrüzyon
- Difüzör: Yüksek ışık geçirgenlikli Temperli Cam
- Optik: Akrilik Lens
- CRI : >80
- Birim Led Gücü: 1.5 W
- Armatürde bulunan Led sayısı: 192

4.4.2. Işıklık açısının seçimi

Depo tavan yüksekliği 12 metre olduğundan ışık açısı da 30° olarak Şekil 4.14.'deki gibi seçildi.



Şekil 4.14. Yüksek Tavan Led Armatürü Işık Açısı 30°

4.4.3. Kontrol elemanın seçimi

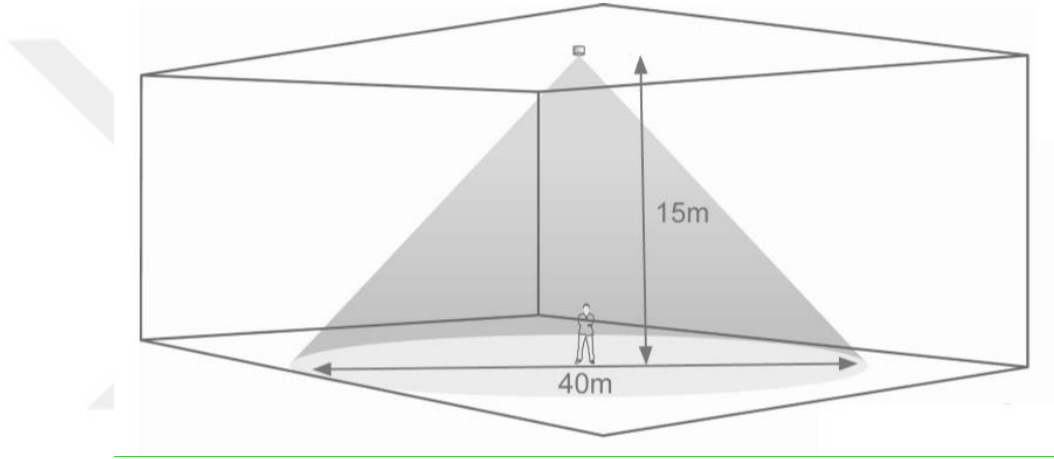
Depo sistemleri çok fazla kullanılmayan alan içerdiğinden ve özellikle bu alanlarında geniş alanlar olduğu düşünülürse buralarda aydınlatma ihtiyacına gerek olmadığı sonucuna varıldı. Bu yüzden de bu alanlarda kontrol hareket algılama sensörlerine bırakıldı. Çalışmada önemli nokta yazılım ve sensör ün özellikleri sayesinde yüksek tavan ve dar açılı bir raf aralığında aydınlatmayı kontrol edebilmektir. Bu sayede ihtiyaç olmayan aydınlatmalar hazırda bekletilmiş olup enerji tasarrufu hedeflenmiştir.

Bu çalışmada tavan yüksekliğine bağlı olarak kullanılan hareket (varlık) pasif kızıl ötesi hem otomatik hem de manuel olarak çalışabilen sensör seçildi. Şekil 4.15.'de görülen bu sensör yüksek algılama ve hassasiyete sahip bir PIR sensördür. İsteğe bağlı otomatik, manuel, gün ışığı kontrol ve haberleşme sistemleriyle uyum sağlamaktadır.

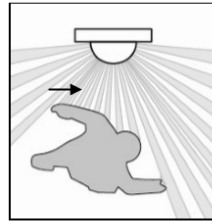


Şekil 4.15. Otomatik Kontrollü, Varlık PIR Dedektör

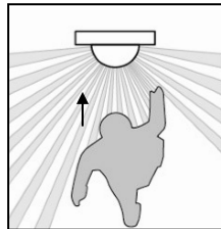
Algıma mesafesi, çalışma aralığı Şekil 4.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Yüksekliğe Bağlı Algılama Mesafeleri



Height	Range Diameter
15m	40m
10m	26m
6m	16m
3m	9m



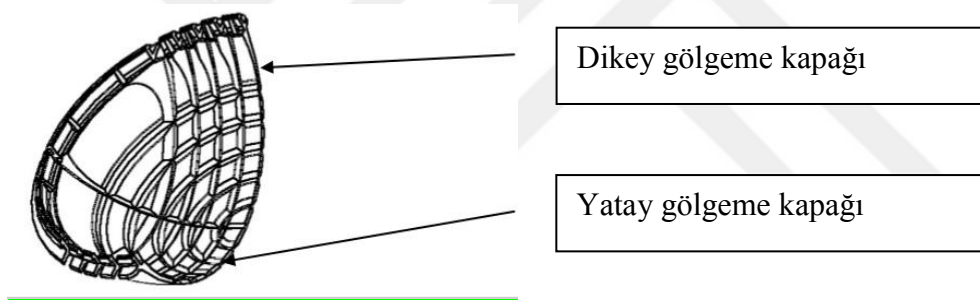
Height	Range Diameter
15m	30m
10m	20m
6m	12m
3m	8m

Şekil 4.17. Yürüme Açısına Göre Sensör Algılama Aralığı

Aynı zamanda Şekil 4.17.'de yüksekliğe bağlı algılama alanları belirtilmiştir. Üzerinde çalışma yapılan depoda raf aralığı 50 metre ve sensörün asılı olduğu noktadan yere kadar olan mesafe de 12 metredir. Buna bağlı olarak 12 metre için yukarıdaki tablo da belirtilen algılama çapına göre 2 adet sensör kullanılmasına karar verildi.

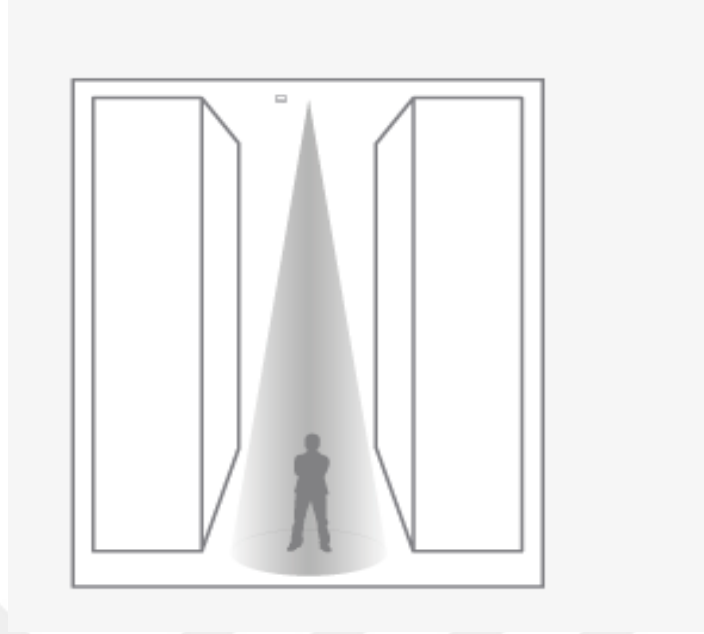
4.4.4. Kontrol elemanının uygulamaya göre ayarlanması

Tasarımda dar koridor da algılamayı özelleştirebilme adına sadece operatör ya da forklift çalışma alanında kontrol sağlamak amacıyla maskeleme kapağı kullanıldı. Sensör üzerine takılan maskeleme kapağı hem enine hem boyuna ayarlanarak 360 derece algılama alanı sadece ilgili raf alanına göre ayarlanıp yan taraftaki raflardan hareket algılanması engellendi.



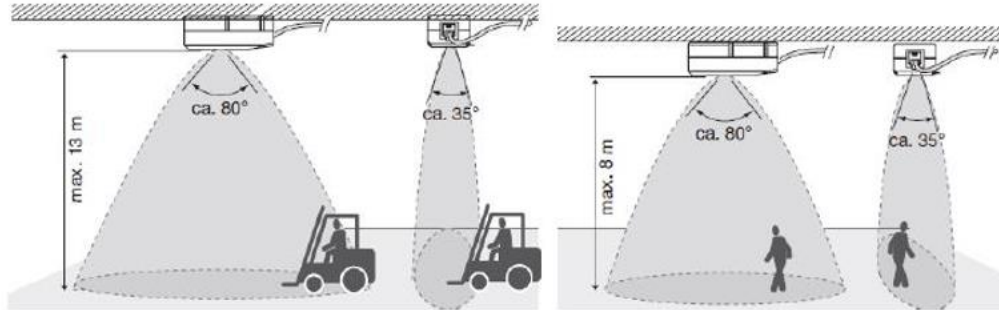
Şekil 4.18. Sensör Maskeleme Kapakları

Şekil 4.18.'de gösterilen dikey ve yatay gölgeleme kapakları kullanarak dar koridor sensörü hareket algılama açısı ayarlandı. Burada amaç koridor içine personel ya da forklift girmesi esnasında ilgili koridor üstü aydınlatma kontrolü yapmaktır. Diğer koridorlarda bir hareket olması durumunda yan koridordaki sensörün aktif olması engellenerek sadece çalışma yapılan raf arası kontrolü sağlanmıştır. Böylelikle gereksiz aydınlatmanın aktif olmasının önüne geçilmiş olup tasarruf, verim ve kontrolde başarı sağlandı. Sensör kapakları sayesinde algılama açısının son hali Şekil 4.19.'daki halini aldı.



Şekil 4.19. Dar Koridor Raf Arası Sensör Algılama Açısı

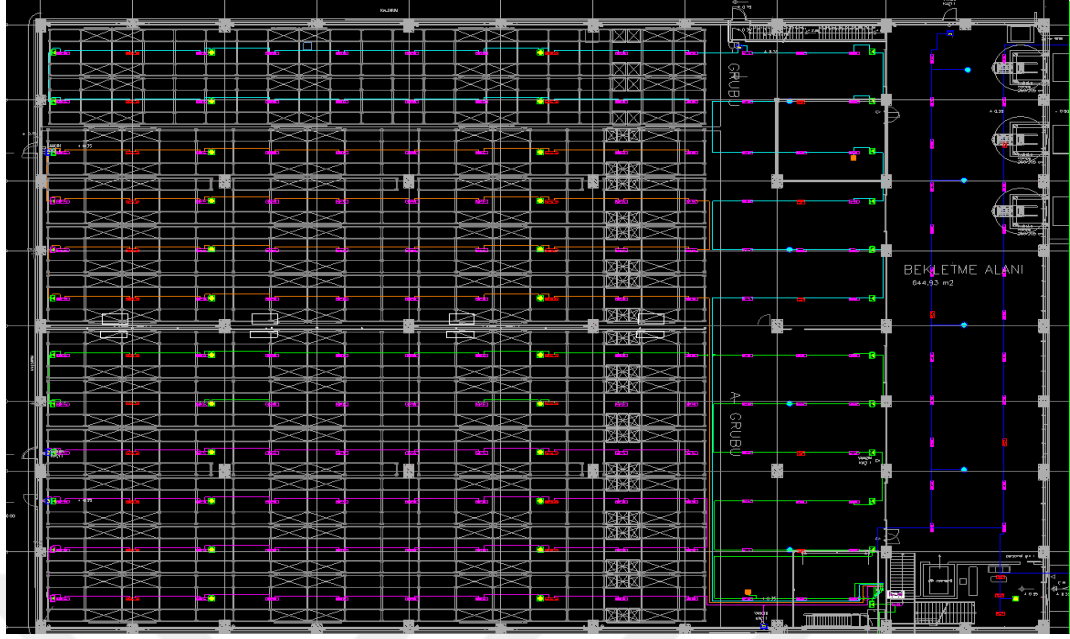
Kapaklar sayesinde depo içindeki hareketli algılama alanları Şekil 4.20.'de ifade edilmiştir.



Şekil 4.20. Sensör Algılama Açıları Forklift ve İnsan Hareketine Göre

4.4.5. Armatür yerleşimi

Aydınlatma kontrolünde kullanılacak ekipmanlardan lamba ve sensör için yerleşim Şekil 4.14.'deki gibi oluşturuldu.



100 Watt Acil Kitli Led Armatür = Raf arası 24 Adet

60 Watt Acil Kitli Led Armatür = Raf arası 8 Adet

100 Watt Led Armatür = Raf arası 96 Adet

60 Watt Led Armatür = Depo içi 52 Adet

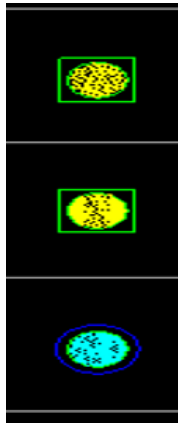
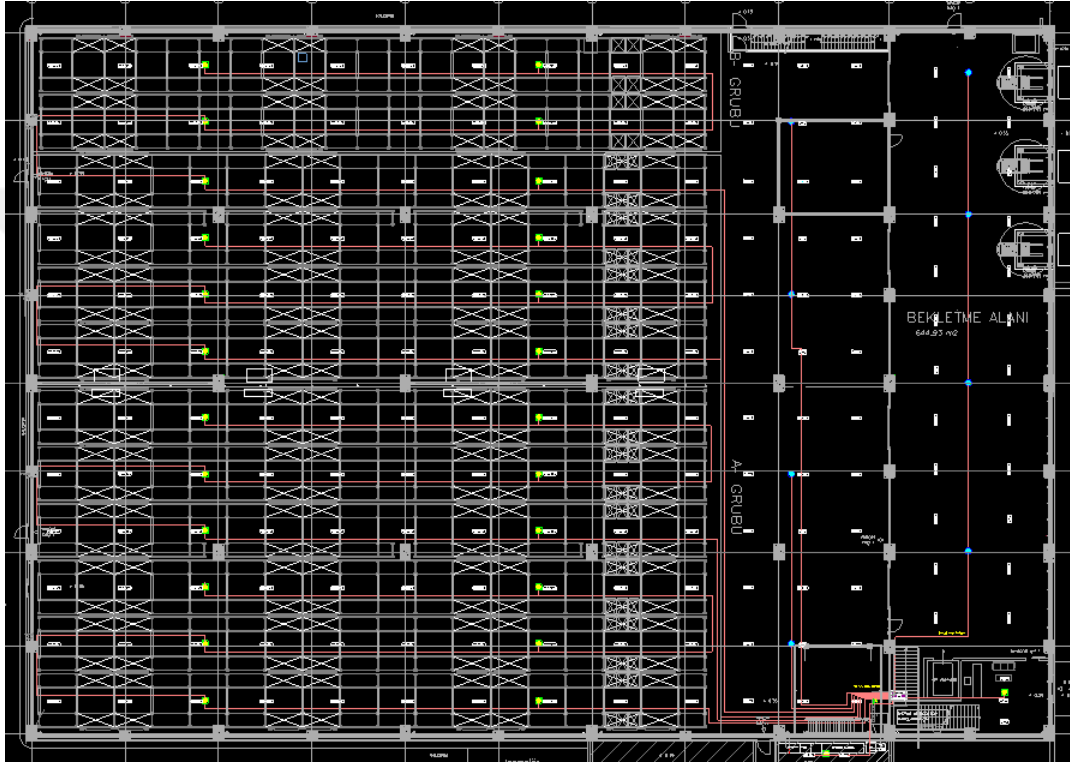
Şekil 4.21. Armatür Yerleşim Planı

Bu çalışmada led armatür sayıları verilmek istenirse;

- 12 Adet raf aralığı ve her raf aralığında 10 adet yüksek tavan led armatürü (100 W) kullanıldı. Toplam 120 Adet 100 watt led armatür.
- Raf önü bölgesinde ise 36 adet 60 watt yüksek tavan armatür kullanıldı.
- Bekleme alanı bölgesinde ise 24 Adet 60 watt armatür monte edildi.

4.4.6. Sensör yerleşimi

Aydınlatma kontrol elemanları olarak; Şekil 4.22.'de gösterildiği gibi 12 raf aralığında 24 adet olmak üzere raf arası alan daraltma lensli 360 derece hareket sensörü vardır. Aynı zamanda raf önünde ve bekleme alanında 4'er adet hareket sensörü olmak üzere toplamda depo içi 32 adet hareket sensörü monte edildi.



15mx40m (Yükseklik X Çap) Algılama Yapan Sensör =
Raf Önü (4 Adet)

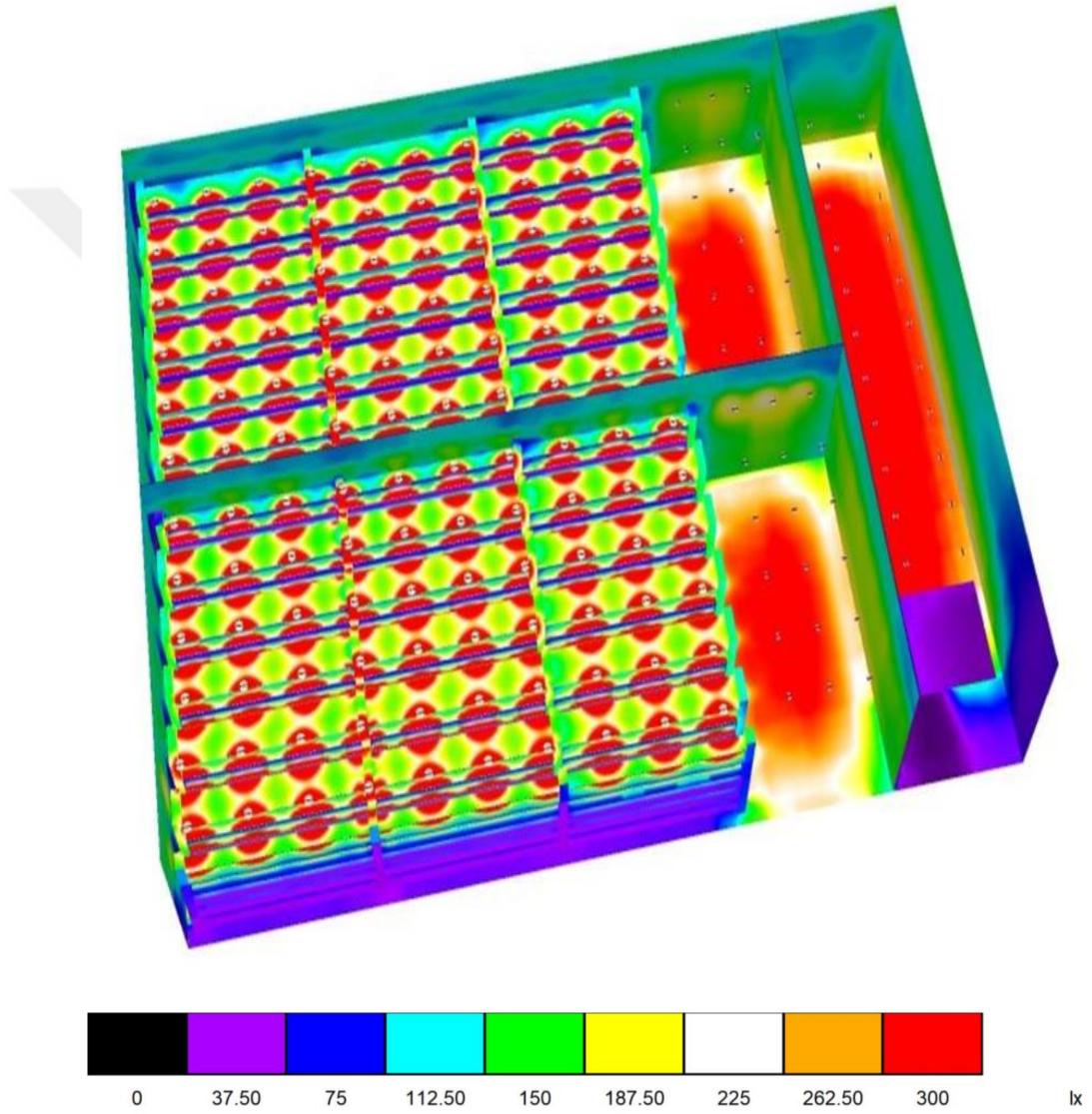
15mx40m (Yükseklik X Çap) Algılama Yapan Sensör =
Raf Arası (24 Adet)

8mx12m (Yükseklik X Çap) Algılama Yapan Sensör =
Bekleme Alanı (4 Adet)

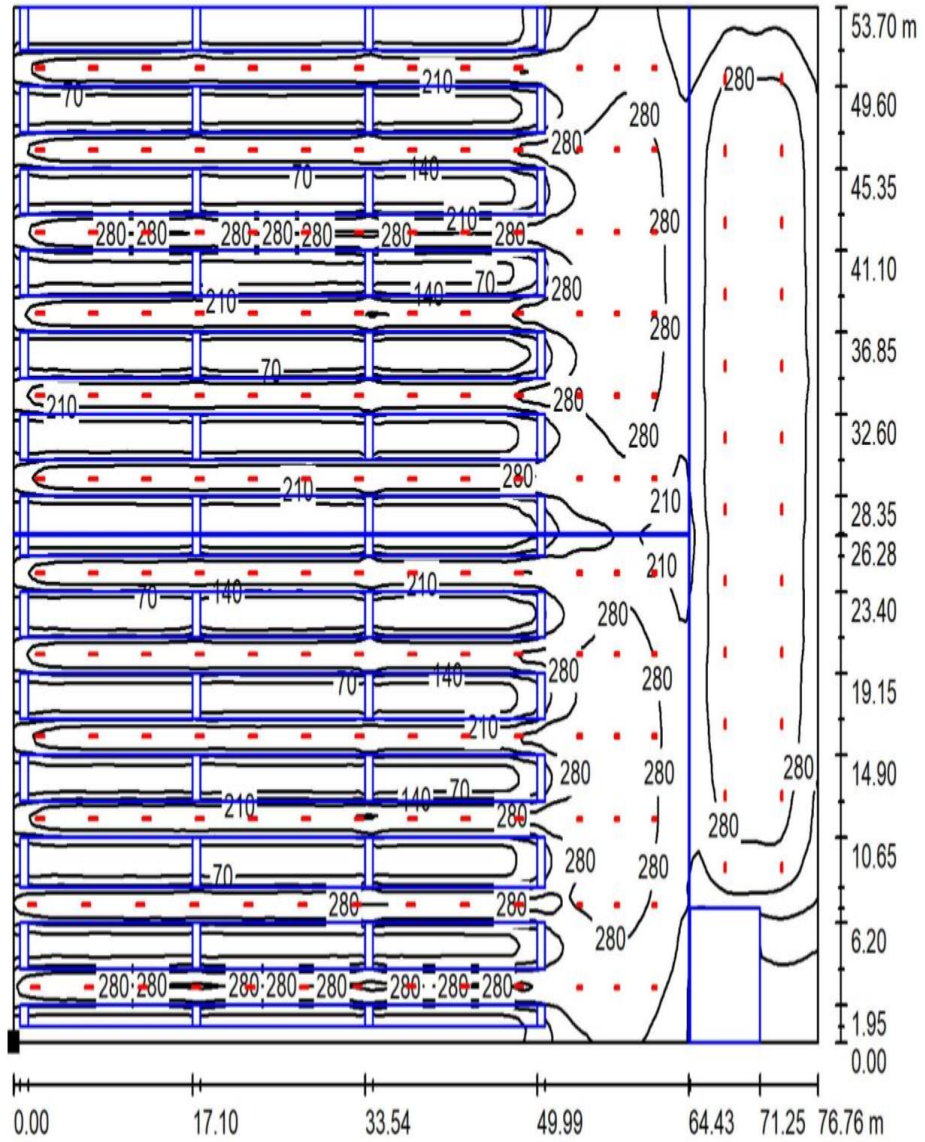
Şekil 4.22. Sensör Yerleşim Planı

4.4.7. Aydınlık düzeyi hesapları

İlgili tasarım kullanılarak Dialux programı üzerinden Şekil 4.23.'de verilen çıktı görüntülerine ve Şekil 4.24.'de aydınlık düzeyi değerleri çıkarılmıştır. Burada minimum aydınlık şiddeti olan 250 lüks ün üstünde veriler elde edilmiştir.



Şekil 4.23. Aydınlık Düzeyi Çıktıları

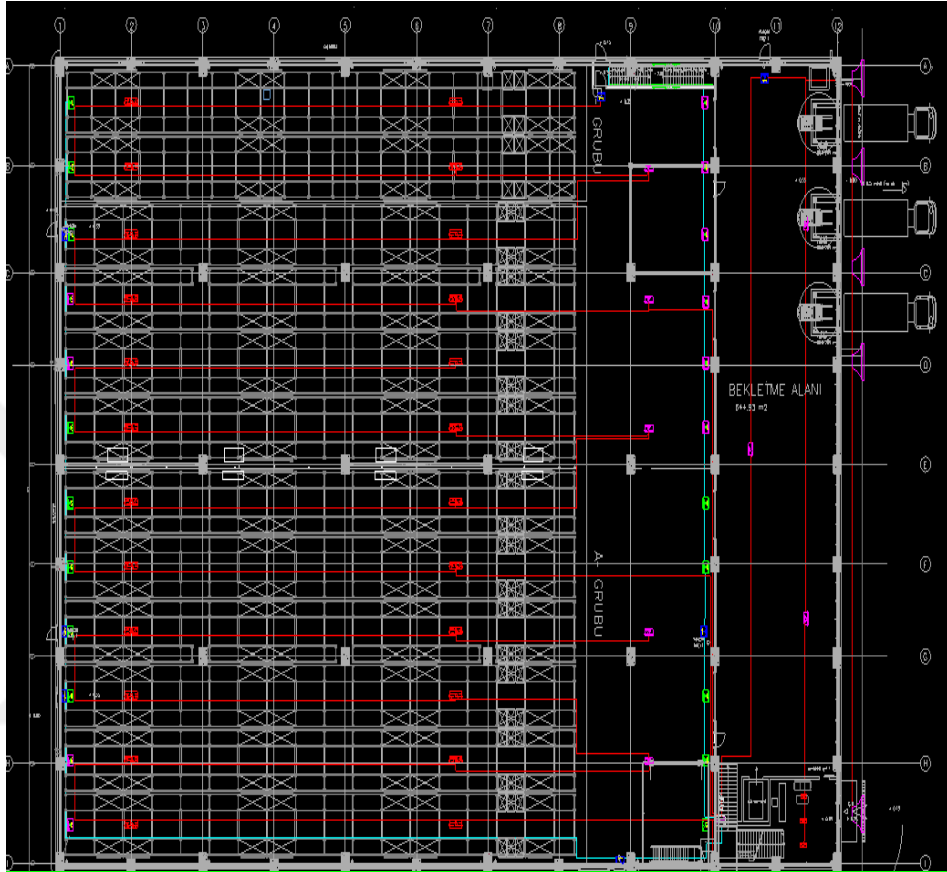


Şekil 4.24. Aydınlık Düzeyi Değerleri

4.4.8. Acil durum aydınlatma ve yönlendirme ekipmanlarının tespiti ve yerleşimi

Bu aydınlatma düzeneği acil aydınlatma LED armatür batarya kiti sayesinde gerçekleştirilmiştir. DALI haberleşme protokolüne sahip bu kit elektrik kesintisinde 3 saat boyunca devrede kalmıştır.

Yine acil aydınlatma ile beraber tasarlanan ve kaçış yollarına göre dizayn edilen TS EN 50172 ve TS EN 1838 standartlarına uygun acil yönlendirme tabelaları da Şekil 4.25.'deki gibi yerleşim yapılmıştır.



SOL TARAFTAN ACİL ÇIKIŞ = 10 Adt

SAĞ TARAFTAN ACİL ÇIKIŞ = 15 Adt

ASAĞI TARAFTAN ACİL ÇIKIŞ = 5 Adt

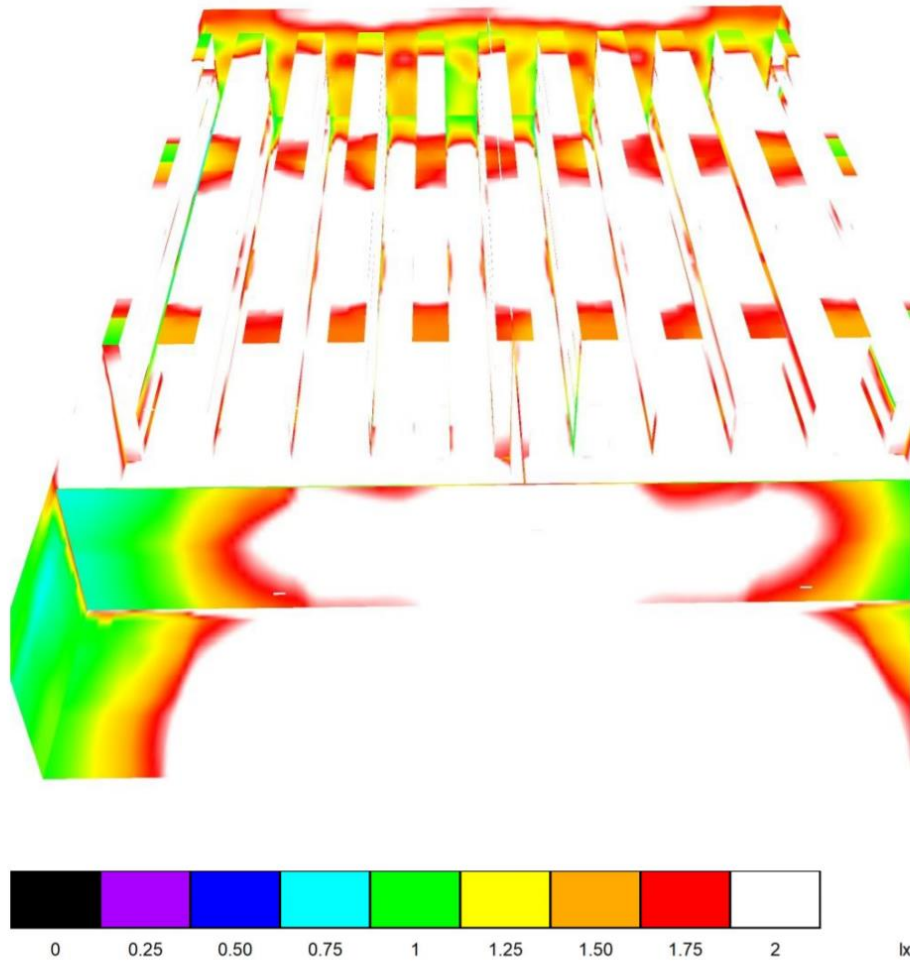
100 Watt ACİL AYDINLATMA = 27 Adt

60 Watt ACİL AYDINLATMA = 8 Adt

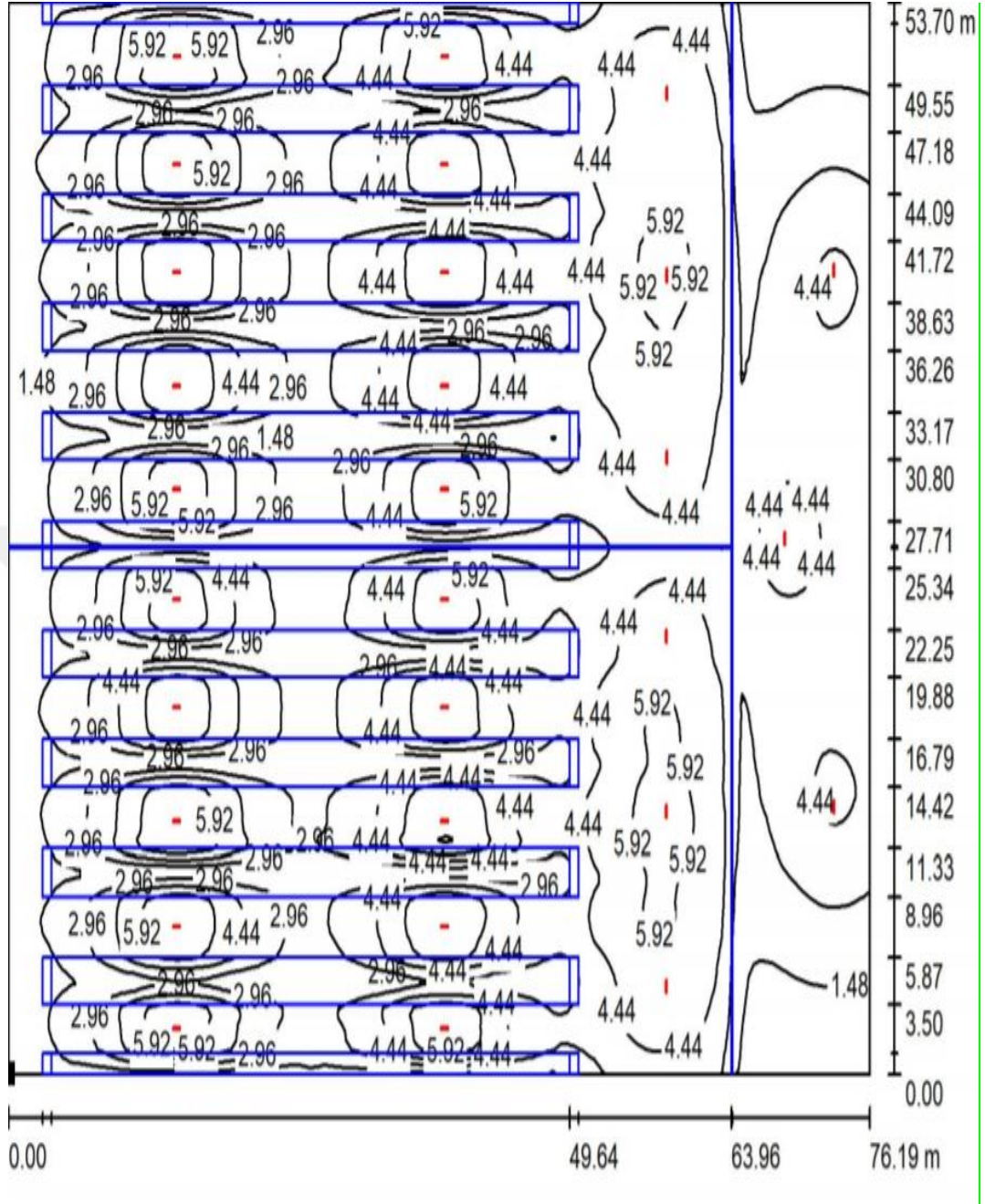
Şekil 4.25. Acil Durum Yönlendirme Tabelası ve Aydınlatması Yerleşimi

4.4.9. Acil durum aydınlatmalarının aydınlık düzeyi hesabı

Seçilen armatür ve yönlendirmelerdeki batarya kitler armatür gücünün %20 sine göre seçilmiştir ve DALI haberleşme altyapısına sahiptir. Minimum 1 lüks seviyesine göre oluşturulan aydınlık düzeyi çıktıları Şekil 4.26.'daki gibidir.



Şekil 4.26. Acil Durum Aydınlatması Aydınlık Düzeyi Çıktıları



Şekil 4.27. Acil Durum Aydınlatması Aydınlik Düzeyi Değerleri

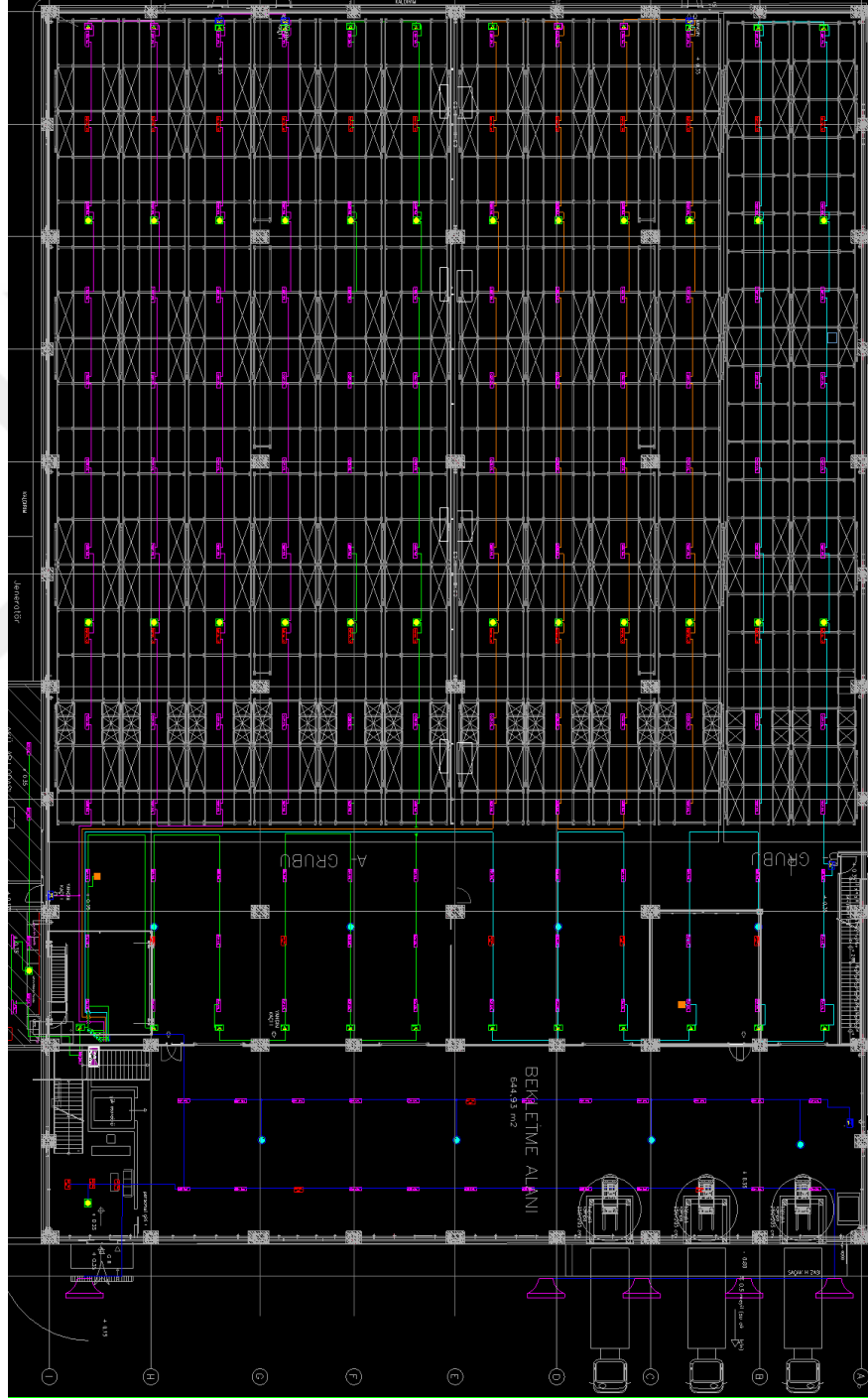
Aydınlik düzeyi değerleri ise Şekil 4.27.'deki şekliyle ortaya konulmuştur.

4.4.10. Devreye alma çalışmaları

Devreye alma çalışmaları aşağıdaki konu başlıkları altında detayları belirtilerek tamamlandı.

4.4.10.1. Ekipman montajı

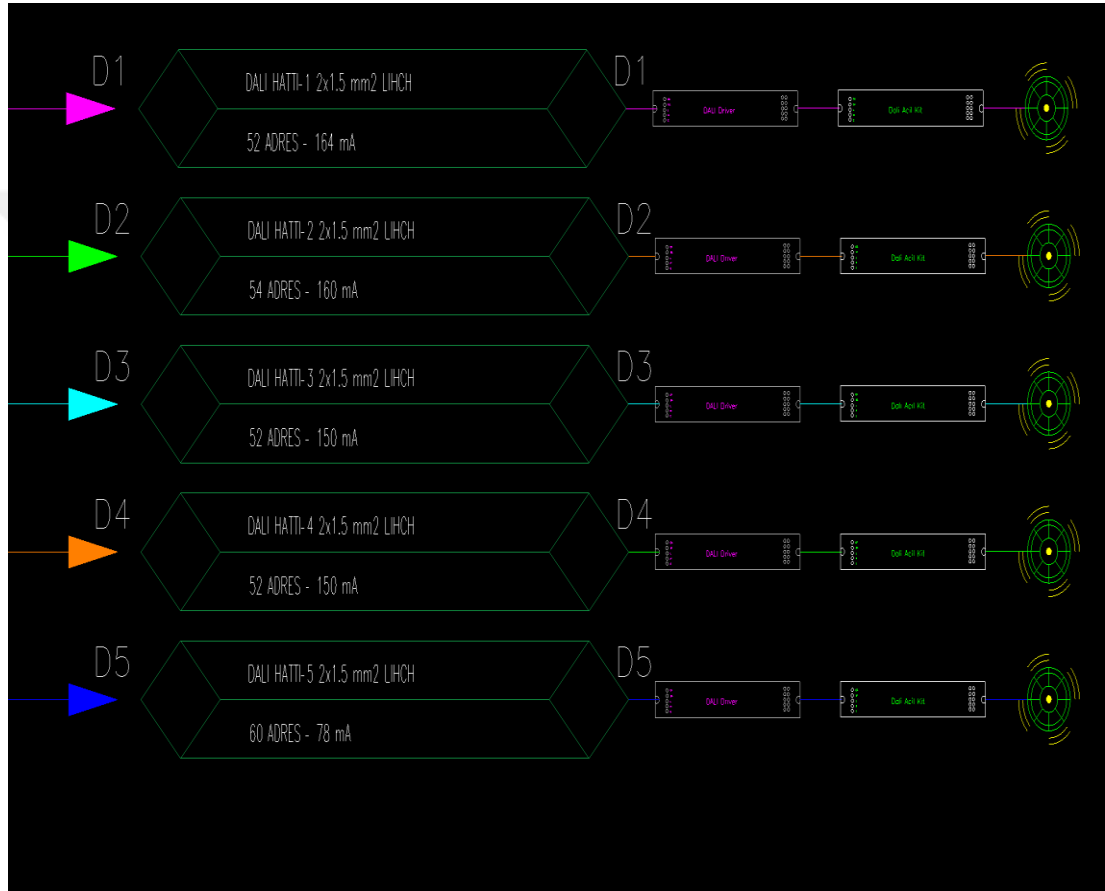
Tasarımı gerçekleştirilen tüm otomasyon ekipmanları Şekil 4.28.'deki gibi depoya yerleşimi yapıldı ve montajları tamamlandı.



Şekil 4.28. Ekipmanların Yerleşim Projesi

4.4.10.2. Haberleşme ve yazılım altyapısı

Sistemin altyapısı oluşturulurken kablo güzergâhı ve metraji hesaplandı ve maksimum haberleşme mesafesi olan 300 metre geçilmedi. Tek hatta bağlanan ekipman adres sayısı ise maksimum 64 dır. Bu kurallara istinaden 5 adet haberleşme hattı oluşturuldu ve ekipman sayısına göre Şekil 4.29.'daki gibi gruplandırıldı.

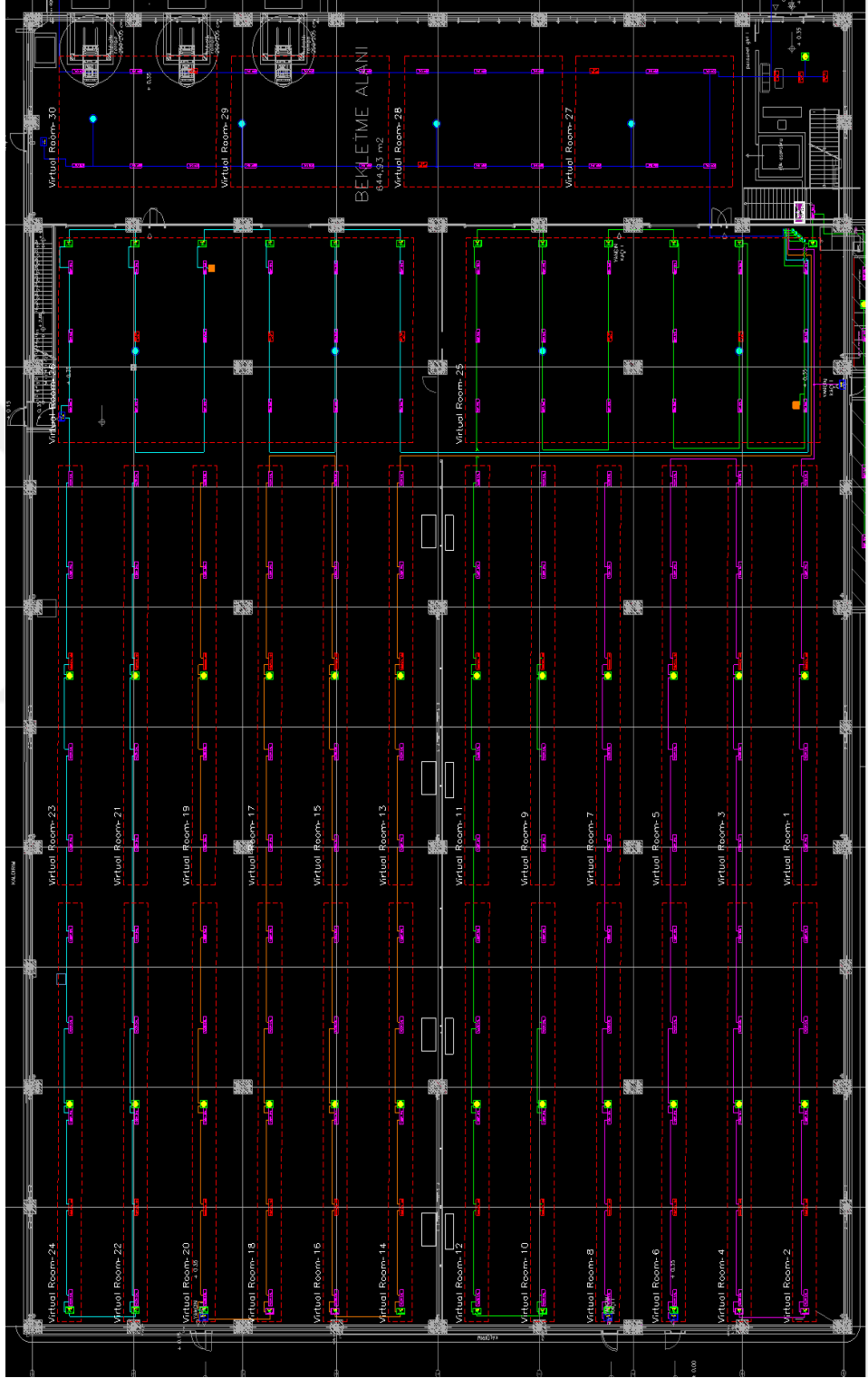


Şekil 4.29. Haberleşme Hatları ve Ekipmanları

Bir sonraki aşama olan her hatta haberleşme kablosu çekildi. Her gruba 2x1.5 mm2 LIHCH kablo ile ekipmanların bağlantıları yapılarak sistemin otomasyon altyapısı oluşturuldu. PLC ve haberleşme modül bağlantıları yapılarak devreye almaya hazır hale getirildi.

Bundan sonra programlama için çalışma mantığı oluşturulması gerekmektedir. Bunun için bir senaryoya ihtiyaç vardır. Senaryo oluşturma ve sahadaki hareket algılayıcı

sensörlerle çalışabilmesi için ekipmanlar Şekil 4.30.'daki gibi aydınlatma programının çalışma mantığı olan sanal odalar oluşturularak gruplandırıldı.



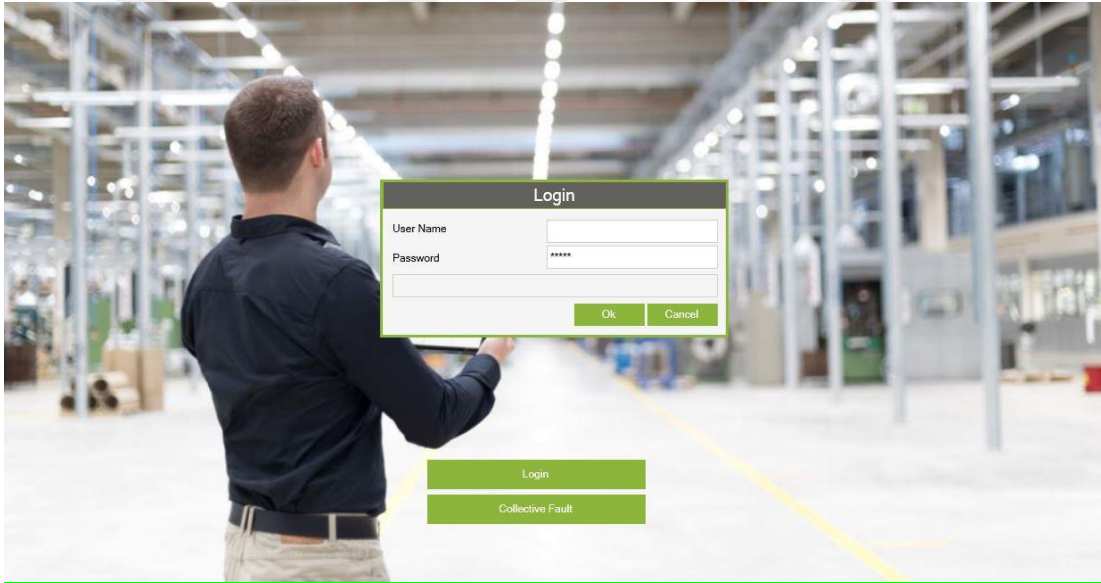
Şekil 4.30. Yazılım Senaryosu İçin Oluşturulmuş Sanal Odalar

Burada her bir raf arasında bulunan 10 adet armatür 2 sanal odaya bölünerek 5 armatürün kontrolü 1 sensör den yapıp 1 sanal oda oluşturuldu. Böylelikle 1 raf arası 2 sanal odadan yola çıkılarak raf araları için 24 adet sanal oda oluşturuldu. Raf önleri için 4 sensör 2 sanal oda ve bekletme alanı için 4 sensör ve 4 sanal oda ile armatürlerin dağılımı yapılarak toplamda 30 adet sanal oda ya bölündü. Yukarıda oluşturulan bu senaryo ve kontrol altyapısı kullanılarak programlama basamaklarına geçildi.

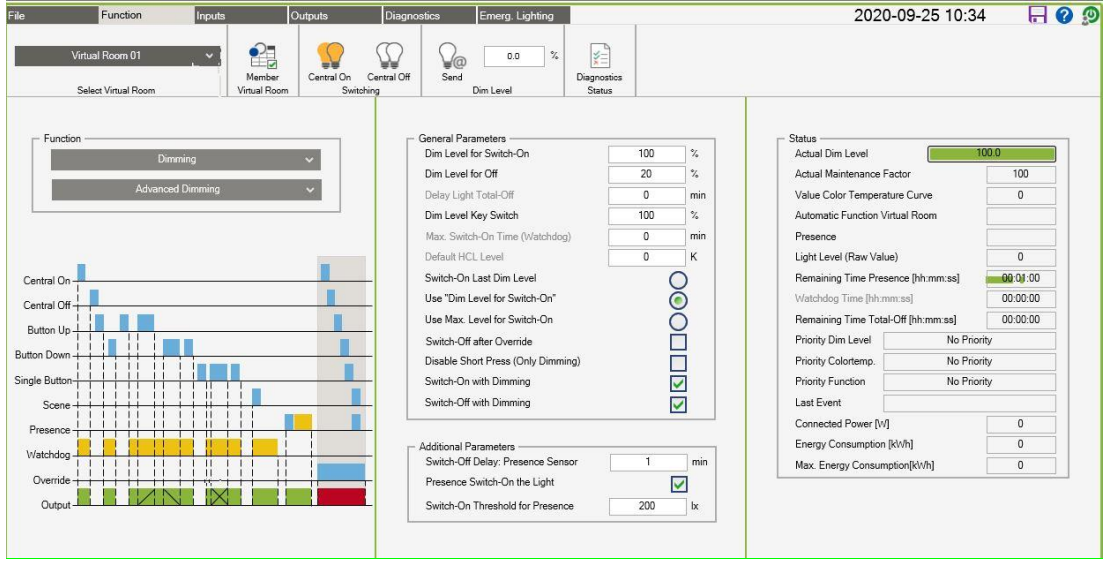
Programlama mantığı ve aşamaları aşağıda belirtilmiştir. Burada 1 adet sanal oda oluşturmadan bahsedildi. Çalışmadaki diğer 30 sanal odaya atanan haberleşme modülleri seçilerek aynı adımlarla oluşturulmuştur.

4.4.10.3. Programlama ve devreye alma

Yazılıma IP ile Web arayüzü üzerinden giriş yapılarak Şekil 4.31.'deki giriş ekranına kullanıcı adı ve şifre girilerek Şekil 4.32.'de gösterilen ana ekrana girilir.



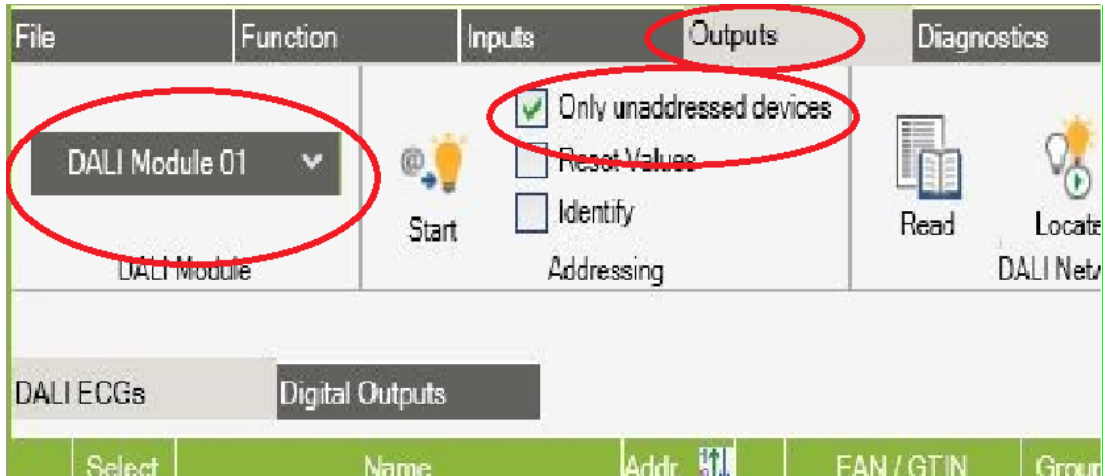
Şekil 4.31. Yazılım Giriş Ekranı



Şekil 4.32. Ana Ekran

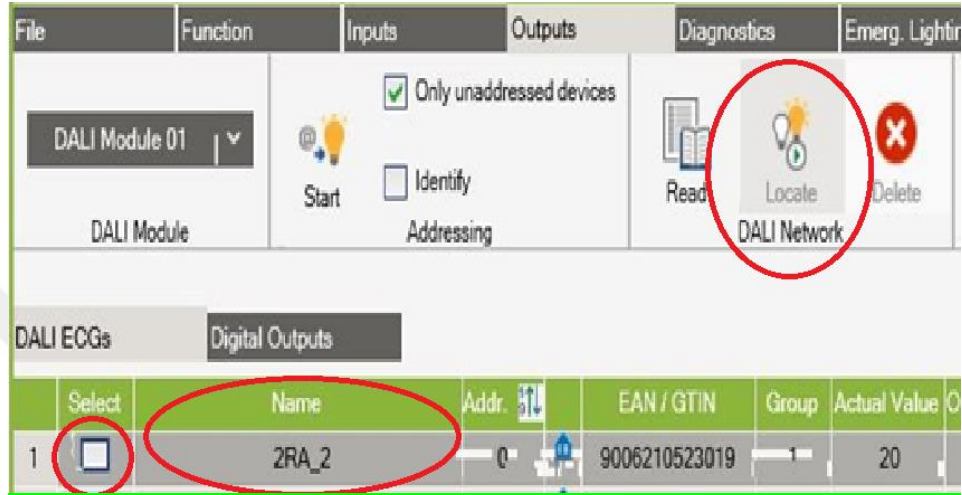
Programın ilk temel koşulu olan Sanal Oda oluşturularak ve bu sanal odaya bağlanan ekipmanlar adreslenir.

Bunun için Şekil 4.33.'de gösterilen ekranda adresleme yapacağımız "DALI Module 01" seçilir. Sonra kontrol edeceğimiz ekipmanların listelendiği "Outputs" çıkış sekmesine girilerek "Only unaddressed devices" kutucu işaretlenerek ilgili hatta adreslenmeyen ekipmanlar listelenir.



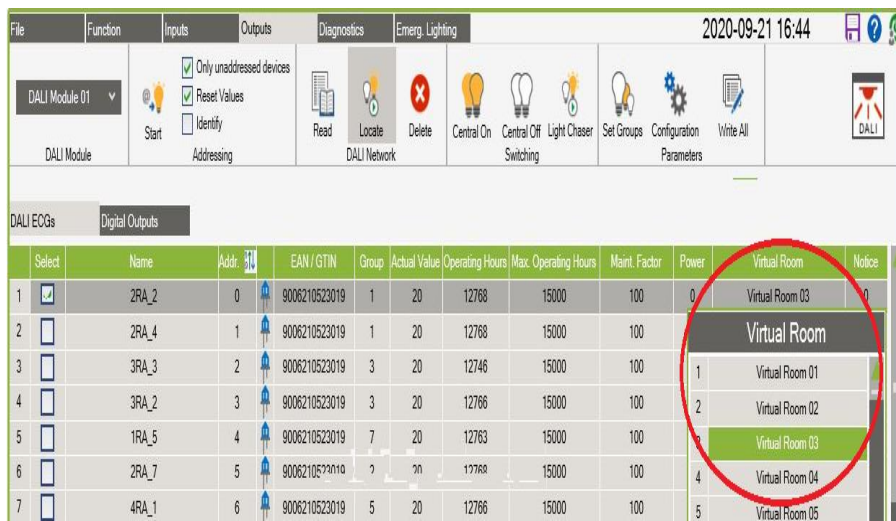
Şekil 4.33. Adresi Girilmemiş Ekipmanların Listelenme Adımı

Listelenen ekipmanlar sırasıyla Şekil 4.34.'deki ekranındaki “Select” seçim menüsündeki kutucuktan seçilerek “Locate” yani tespit menüsü aktif hale getirilir. Her aktif edildiğinde sahada lambanın yanıp sönmesi gerçekleştirilir. Böylelikle yerleşimdeki yeri ve adı tanımlanan ekipman bulunarak programda da aynı ismin verilmesiyle adresleme yapılır.



Şekil 4.34. Ekipman Tespit ve Adresleme

Adreslenen armatür Şekil 4.35.'deki “Virtual Room” sanal oda seçeneğinden Şekil 4.30.'da belirlenen sanal oda numaraları girilerek işlem sonunda kaydet seçimine basılarak belirlenen isimlerin yazılıma kayıt işlemi tamamlanmış olur.



Şekil 4.35. Sanal Oda Atama

Şekil 4.28.’deki verilen tüm ekipmanlar belirtilen 5 adet haberleşme hattına tek tek isim verilerek sanal odaları seçilir ve kayıt edilir.

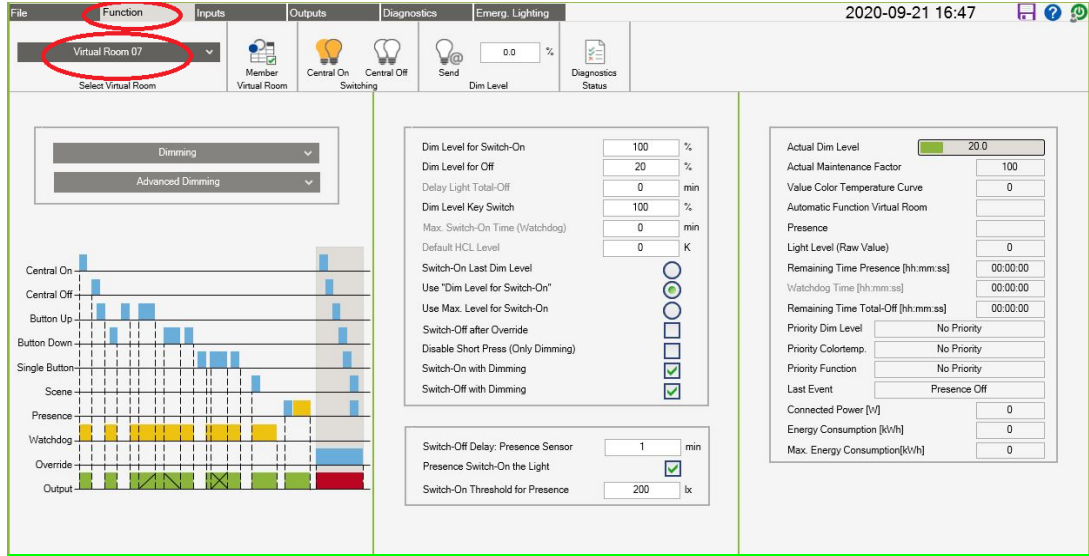
Benzer mantıkta hareket sensörlerini de Şekil 4.36.’daki gibi gösterilen “DALI Buttons” menüsüne girilir.

Select	Name	Addr.	EAN / GTIN	Value	Virtual Room T1 & T2	Button Type	Virtual Room T3 & T4	Button Type	Notice
<input type="checkbox"/>	1S_2	0	9006210614281		Virtual Room 02,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	4S_1	1	9006210614281		Virtual Room 07,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	3S_1	2	9006210614281		Virtual Room 05,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	2S_2	3	9006210614281		Virtual Room 04,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	3S_2	4	9006210614281		Virtual Room 06,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	2S_1	5	9006210614281		Virtual Room 03,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	4S_2	6	9006210614281		Virtual Room 08,	Presence		Button Up/Down	0
<input type="checkbox"/>	1S_1	7	9006210614281		Virtual Room 60,	Presence		Button Up/Down	0

Şekil 4.36. Hareket Sensörü Adresleme

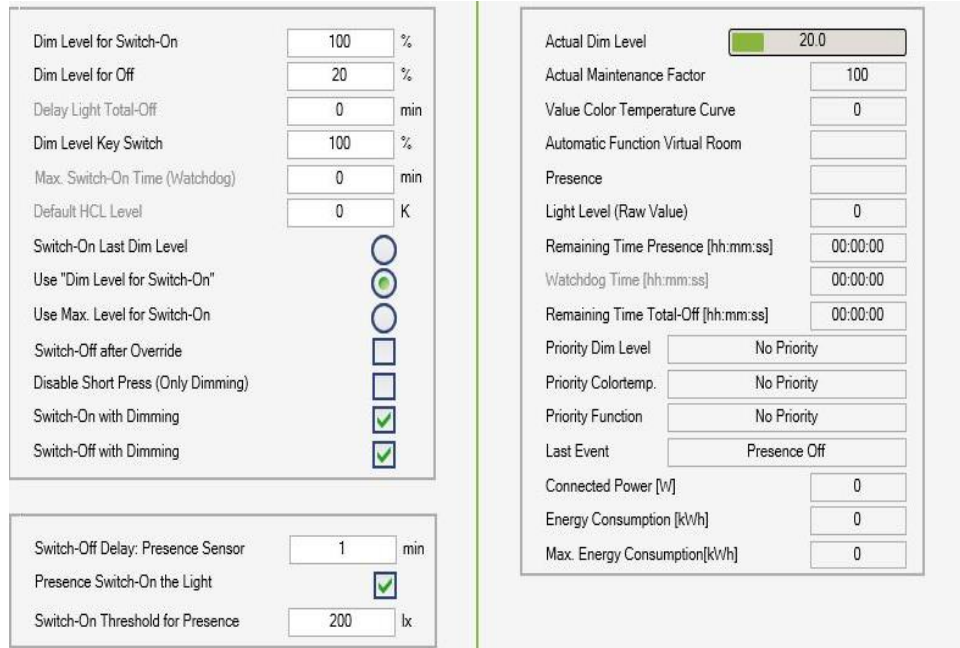
Armatür tanımlamadaki gibi Şekil 4.36.’daki işaretlenen seçimlere girilerek sensörler de adreslenir. Bu sefer yazılım sensörü bir girdi olarak algıladığı için ilgili haberleşme hattında yine adreslenmemiş ekipmanlar kutucuğu seçilerek ekipmanlar listenir. Sonrasında “Select” menüsü işaretlenerek “Locate” menüsü ile sensör aktif hale getirilerek üzerindeki led yanıp söndürülür. Bu sayede yerleşim planındaki ismi “Name” bölümüne yazılır ve aynı şekilde atanan sanal oda ise “Virtual Room” seçeneğinden seçilir. En sonunda kayıt tuşa ile adresleme tamamlanır.

Bundan sonra haberleşme hattına bağlı olan tüm sensörler bu şekilde adreslenip bir sanal oda ataması yapılmış hale getirilir. Bir sonraki adım ise artık yapılacak senaryo yu oluşturmaktır.



Şekil 4.37. Fonksiyon Atama ve Senaryo oluşturma

Senaryo için Şekil 4.37.'deki "Function" fonksiyon sekmesine girilerek oluşturulan sanal odalar seçilir. Bu odalara yapılacak olan atama ve çalışma özellikleri ilgili kutucuklar ve değerler girilerek otomasyonun çalışma düzeni ve mantığı oluşturulur. Bölüm 4.3.1'de yazılımın özellikleri ve kapasitesi başlığı altında bahsedilen bu özellikler Şekil 4.38.'de gösterilen menüden ilgili ekranlar ve veriler girilerek yapılır.



Şekil 4.38. Fonksiyonlar ve Ayarlar

Bu tasarımda dikkat çekilen bir diğer unsur olan acil yönlendirme ve aydınlatmalardır. Bu ekipmanların adreslenmesi için Şekil 4.39.'da gösterilen “Emergency Lighting” Acil Aydınlatma sekmesine girilir. Yukarıda anlatılan haberleşme protokolü kontrol arayüzlerin de belirtilen adresleme ve devreye alma kademeleri takip edilerek bu sistemde çalıştırılır.

Select	Name	Address	Status	Commissioned	Group	Schedule Emerg. Lighting	Location	ID	Virtual Room
<input type="checkbox"/>		1		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		3		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		7		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		8		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		10		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		11		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		13		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		16		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		17		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		21		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		23		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		29		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		30		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		34		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		41		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	
<input type="checkbox"/>		45		<input type="checkbox"/>	254			0/0/0	

Şekil 4.39. Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Arayüzü

BÖLÜM 5. TARTIŞMA ve BULGULAR

5.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Gözün görme eşiği aydınlık düzeyi, parlıltı ve düzgünlük değerine bağılı olduğundan ortamın ve aydınlatılan yerin fiziki şartlarına da bağılı olarak kamaşma ve gölge gibi unsurlarda etki etmektedir. Dolayısıyla gözün görme eşiğini artırabilmek için fizyolojik optik esaslara uygun bir aydınlatmaya ihtiyaç vardır. Bir örnek vermek gerekirse floresan lambaların kullanıldığı yerde parlıltının engellenememesi halinde dönen motorların sanki çalışmıyor veya ters yönde dönüyormuş gibi gözükmesine sebebiyet veren göz yanılmaları meydana gelir. Bu oluşan durumda personelin duruyormuş gibi gözükken iş makinelerine el, kol ve parmak gibi uzuvlarını kaptırmalarına neden olabilir.

Bir araştırmaya göre aydınlık düzeyi 300 lx den 500 lx e çıkarılması ile ağır işlerde %10 ve kolay işlerde %2.5 oranında verimliliğin arttığı tespit edilmiştir.(Kocabay, 1999)

Ele alınan bu tasarımda LED aydınlatma kullanımı ve aydınlık düzeyi kontrol edilebilmesiyle sabit ve istenilen lux min. 250 olarak ifade edildi. Bu sayede

- Göz yorulmasının önüne geçilerek, kamaşma ve parlıltı engellenerek görme hızı ve görüş keskinliği sayesinde işletmede kazaların önüne geçildi.
- Personellerden alınan görüşlerde uygulama yapılmayan depolara oranla çalışma verimi ve çalışma hızı arttığı belirtildi.

Bir diğere kazanım olan DALI kontrol modülü üzerinden devreye alınan Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Sistemi aşağıdaki işlevleri yapabilir hale geldi.

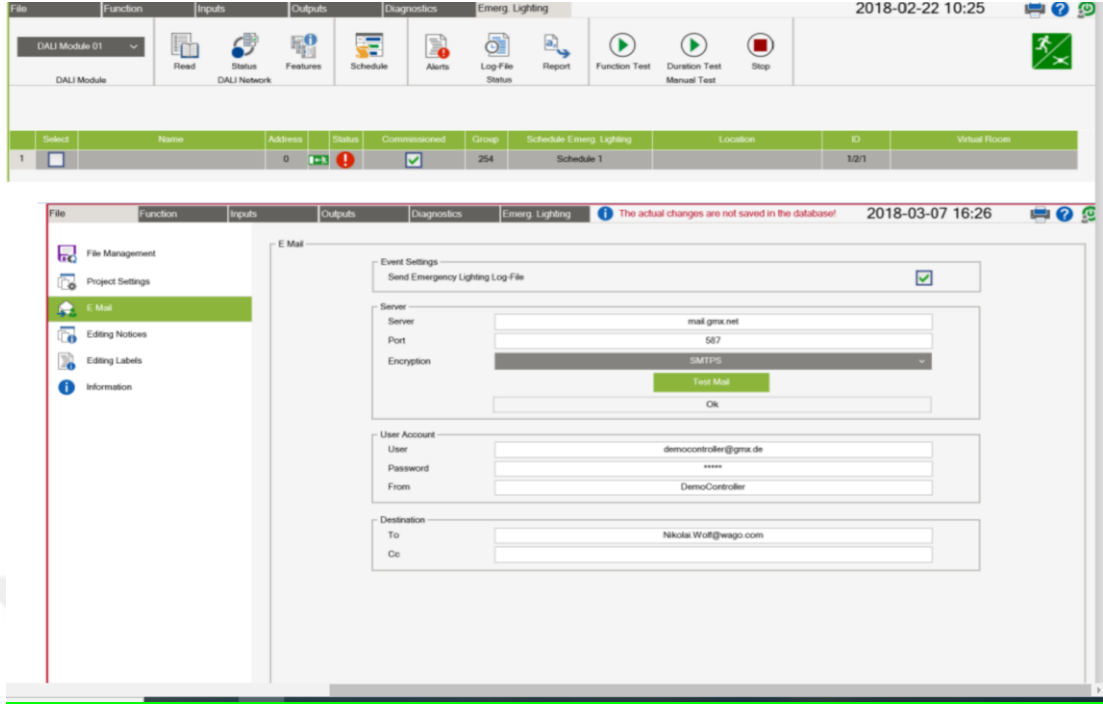
- Periyodik olarak akü şarj-deşarj testleri
- Aylık, yıllık fonksiyon testleri ve test sonuçlarının raporlanabilmesi (Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.)
- Aybaşından bir sonraki aybaşına kadar kayıt alabilmesi
- İlgil kayıtlar 4 yıl boyunca sistemde saklanabilmesi
- İstenildiğinde bu raporların seçilen mail adresine gönderilebilme (Şekil 5.2.'de gösterilmiştir.)

FunctionTestResults_2018_02.log

Print Initial Show 50 entries Search

Timestamp	Device Description	DAI Module	Address	Name	Location	EM Lighting Number	Virtual Room	EM Lighting Scheduler	Duration	Result
2018-01-13 15:19:06	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	10	Notbeleuchtung	EG Building 1	0/0/0	Virtual Room 01	Schedule 1	43 s	Test passed
2018-01-14 08:00:00	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	10	Notbeleuchtung	EG Building 1	0/0/0	Virtual Room 01	Schedule 1	15109952	Error while executing DAI-Command
2018-01-17 08:00:00	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	10	Notbeleuchtung	EG Building 1	0/0/0	Virtual Room 01	Schedule 1	15108544	Error while executing DAI-Command
2018-01-19 08:00:00	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	10	Notbeleuchtung	EG Building 1	0/0/0	Virtual Room 01	Schedule 1	15106272	Error while executing DAI-Command
2018-01-21 06:00:04	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	3	EG3	Room 1	1,0,1	Virtual Room 01	Schedule 1	15109320	Test passed
2018-01-21 06:00:05	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	7	EG7	Room 3	1,0,2	Virtual Room 03	Schedule 1	15109320	Test passed
2018-01-21 06:00:36	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	12	Emerg. Lighting 1	Room 1	1,0,0	Virtual Room 04	Schedule 1	38 s	Test passed
2018-01-21 06:00:38	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	14	Emerg. Lighting 3	Room 2	1,0,4	Virtual Room 02	Schedule 1	38 s	Test passed
2018-01-21 06:00:39	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	16	Emerg. Lighting 5	Room 3	1,0,5	Virtual Room 03	Schedule 1	37 s	Test passed
2018-01-22 06:00:03	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	3	EG3	Room 1	1,0,1	Virtual Room 01	Schedule 1	15107912	Test passed
2018-01-22 06:00:04	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	7	EG7	Room 3	1,0,2	Virtual Room 03	Schedule 1	15107912	Test passed
2018-01-22 06:00:37	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	12	Emerg. Lighting 1	Room 1	1,0,0	Virtual Room 01	Schedule 1	37 s	Test passed
2018-01-22 06:00:37	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	14	Emerg. Lighting 3	Room 2	1,0,4	Virtual Room 02	Schedule 1	36 s	Test passed
2018-01-22 06:00:38	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	16	Emerg. Lighting 5	Room 3	1,0,5	Virtual Room 03	Schedule 1	36 s	Test passed
2018-01-22 10:12:35	WAGO Lighting Management	DAI Module 01	0			1,0,1		Schedule 1	13 s	Test passed

Şekil 5.1. Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Sisteminin Akü ve Fonksiyon Test Raporu



Şekil 5.2. Kayıtların Seçilen Mail Adresine Gönderilmesi

Bu işlemlerin tamamı personel den bağımsız ister uzaktan ister kontrol merkezinden yapılarak hata payı ve risk minimize edilerek sistem güvenilirliği ve çalışabilirliği test edildi.

5.2. Çevre Yönetim Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi ve Karbon Ayak İzi

Bu çalışmada ilgili tasarım yapılırken Çevre Yönetim Sistemleri (ISO 14001) açısından hedeflenen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Lamba seçimi yapılırken doğal kaynak, enerji, hammadde ve iş gücü kullanımında israfı önlemek ve çevre kirliliğini azaltmak için yüksek verimli armatür kullanılmasına dikkat edilmiş lamba seçimleri en yüksek lümen/watt oranına (etkinlik faktörüne) göre yapılmıştır.
- Kullanılmayan ve gereksiz alanlarda aydınlatmadan kaçınılmıştır.
- Temizlenmeyen armatürler ışığın bir kısmını yutarak verimsiz aydınlatmaya neden olduğundan yazılım sayesinde periyodik bakım ve kontrolleri belirlenip; kirli ve tozlu armatürler temizleme periyodunu alınmıştır.

- Aydınlatma otomasyonu ve yapılan enerji verimliliği ve buna bağlı yukarıdaki etmenler sayesinde doğaya salınan karbondioksitte azalma, sınırlı enerji kaynakları kullanımında azalma, çevre ve ekolojik sistemin korunmasına katkı sağlanmıştır.
- Bir floresandaki cıva miktarı birçok kritere bağlı olmak koşuluyla 3.5 – 15 miligram arasındadır ve bu miktar 30 ton suyu kirletebilmektedir. LED lamba tercih edilmesiyle beraber floresan ampuller ve lambaların içerdikleri yüksek miktardaki cıva gibi çevreye zarar veren etmenler açığa çıkma riski ortadan kaldırılmıştır

Ele aldığımız bu depoda yapılan ölçümlerin sonucu Tablo 5.1.'de verilmiştir. Yıllık 69.413,76 kWh olarak hesaplanan tasarruf miktarıyla CO₂ salınımı 29,847 tondur ve doğaya salınımı engellenmiştir.

Tablo 5.1. Karbon Ayak İzi Hesaplama Tablosu

1kWh Elektrik Tüketimine karşılık gelen CO ₂ miktarı	Elektrik Enerjisinden Yapılan Tasarruf (Yıllık)	Atmosfere Salınan Sera Gazlarının Toplamı (Yıllık)
0,00043 ton	69.413,76	29,847 ton

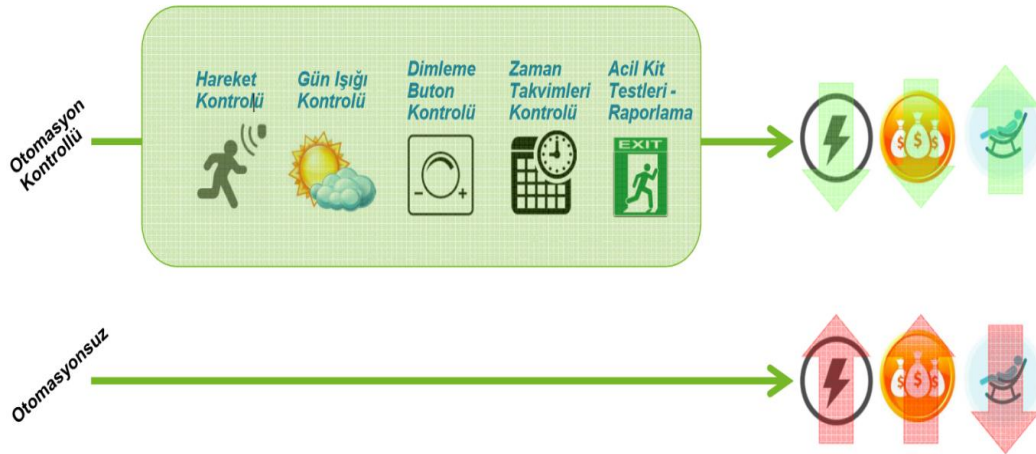
5.3. Bakım Arıza ve İşletme Yöntemleri Açısından Değerlendirilmesi

Bu çalışma da bir diğer önemli başlıklardan olan bakım, arıza ve işletme açısından aydınlatma otomasyonunun hangi kazanımları sağladığı işletme esnasında görülerek aşağıdaki gibi listelendi.

- Etkin ışık yönetimi sayesinde yaşam döngüsü maliyetlerinde azalma
- Kılavuzlu konfigürasyon ile kolay devreye alma,
- Fabrika personeli tarafından herhangi bir programlama çabası olmaksızın parametrelerinin kolayca değiştirilmesi,
- Standart web tarayıcısı üzerinden çalıştırma
- Endüstriyel veya bina çevrelerinden yönetim ve kontrol sistemlerine erişim,
- Planlı bakım çalışmalarına uygun yazılım içeriği
- Otomatik dokümantasyon - devreye almada kolaylık
- Yenileme ve yeni kurulumlar için kolay anlaşılabilirlik

- Anahtarlama, dimleme ve kontrol fonksiyonları için büyük işlevsellik
- Entegre zaman yönetimi ile esnek çalışma süresine uyum sağlama,
- Bakım zamanlarına, alarm tablolarına, durum göstergelerine ve çalışma saatlerine bağlı olarak ayrıntılı diagnostik sistemler
- 3 fazlı güç ölçüm modülü üzerinden enerji verisi hesaplama

İşletme Yönetimi ve Fonksiyonellik olarak uygulanan yazılımla Şekil 5.3.'de gösterilen sabit ışık kontrolü, harekete duyarlı dimleme, soft açılış/kapanış- dimleme fonksiyonları, sahne modları, bağımsız armatür parlaklık seviyesi kontrolü GPS üzerinden saat güncelleme, takvim kontrolü, acil kit testleri raporlama gibi çalışmaları da yürütülmeye başlanmıştır.



Şekil 5.3. Aydınlatma Otomasyon Kontrolü Fonksiyonları

5.4. Enerji Yönetim Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi

Enerji verimliliği sağlayan yöntemler kullanmak; buna göre bakım ve işletmesini yapmak işletmedeki tüm çalışanları ilgilendirmektedir. Ülkemizde işletmelerde belli bir enerji tüketim miktarı üzerinde olanlara Enerji Yöneticisi bulundurma zorunluluğu getirilmiştir. Buna uygun politikalar belirleme; ölçme ve izleme gibi uygulamaları zorunlu tutmuştur. Buna ilgili ISO 50001:2018 Uluslararası Enerji Yönetim Sistemleri kabul edilmiş olup ülke olarak bu konuda etkin politikalar izlemeye başlanılmıştır.

Günümüz teknolojisinde artık enerji tasarrufu iki ampulden birini kapatmak modelinden ilerlemiş olup ihtiyaçlar ve konfor şartları göz önünde bulundurarak fazladan tüketilen enerjiden tasarruf etmek halini almıştır. Bunu da otomasyon ve yeni teknolojilerle elde edilmeye başlanmıştır. Aynı zamanda otomasyon enerji tasarrufunun yanında konfor odaklı çalışma; işletme ve bakım kolaylığı da sağladığı görülmüştür.

Depo uygulamasında online olarak enerji izleme modülü sayesinde aşağıdaki veriler elde edilerek sarfiyat ve verimlilik hesabı yapılmıştır.

- 3 Faz enerji izleme,
- Aktif, reaktif, görünür güç izleme,
- Hem anlık, hem de toplam tüketilen enerji,
- Akım, voltaj ve güç faktörü izleme,

5.5. Uygulama Sonrası Yapılan Tasarruf ve Verim Hesabı

Tasarımı tamamlanan bu depoda tüketim yapan ekipmanları gözden geçirdiğimizde toplam da 120 Adet 100 watt LED armatür çalışmaktadır. Raf önü bölgesinde ise 36 adet 60 watt, bekleme alanı bölgesinde ise 24 Adet 60 watt armatür devreye alınmıştır. Toplamda kurulu güç 15.600 Watt' tır.

Bu çalışmada tasarlanan depo da iki farklı yöntem uygulanarak hem sabit aydınlık düzeyi (250 lüx) hem de hareket sensörü kullanarak tasarruf miktarı ve farkları ortaya konulmuştur. Ölçüm kriterleri aşağıda belirtilmiştir.

- İlgili ölçümler 7 günlük periyodlar halinde yapılmıştır.
- Aynı iş emri vardiya planı vardiya ve tatil günü ele alınmıştır.
- Her iki uygulamada hareket haricinde aydınlatmalar %20 seviyesinde emniyet aydınlatmasında bırakılmıştır.
- Referans ölçümde ise otomasyon çalıştırılmamış sadece 3 faz üzerinden enerji değerleri izlenmiş olup tüm kontrol ekipmanları devre dışı bırakılıp personele

sadece anahtarlama üzerinden kontrol imkanı sunulmuştur. Paydos yemek molası ve çalışma olmayan zamanlar da aydınlatmanın kapatılması personelin inisiyatifine bırakılmıştır.

- Ortam sıcaklık ve nem koşulları HVAC yazılımı sayesinde tüm ölçüm periyodlarında aynı değerler ayarlanmıştır.

Yapılan ölçümlerde Tablo 5.1. ve Tablo 5.2.'de sarfiyat miktarları olarak verilmiştir. Tüm sonuçlar alındıktan sonra çıkan toplam sonucun birim zamanda 1 saatlik dilimi hesaba katılarak aşağıdaki tablodaki sonuçlara varılmıştır.

Tablo 5.2. Çalışma Yöntemi 1 ve Sarfiyat Miktarları

Çalışma Yöntemi 1	Tüketilen Güç 1 Saat (kWh)	Toplam Aylık Tüketim (kWh)	Yıllık Tüketim (kWh)
Otomasyon Devre Dışı	11,018	7.932,96	95.195,52
Sensör Hareket Algılama	3,827	2.755,44	33.065,28
Fark kWh	7,191	5.177,52	62.130,24
Yüzdeler Tasarruf Oranı	%66		

Tablo 5.3. Çalışma Yöntemi 2 ve Sarfiyat Miktarları

Çalışma Yöntemi 2	Tüketilen Güç (kWh)	Toplam Aylık Tüketim (kWh)	Yıllık Tüketim (kWh)
Otomasyon Devre Dışı	11,018	7.932,96	95.195,52
Sensör Hareket Algıma + Aydınlık Düzeyi Kontrolü	2,984	2.148,48	25.781,76
Fark kWh	8,034	5.784,48	69.413,76
Yüzdeler Tasarruf Oranı	%73		

Bu ölçümler sonucu hareket sensörü ve/veya aydınlık kontrolü yapılarak yapılan tasarruf oranları tespit edilmiştir. Çalışma Yöntemi 1 ile sadece hareket sensörü devrede olup % 66 oranında bir tasarruf elde edildi.

Çalışma Yöntemi 2 hem varlık sensörü hem de 250 lüks sabit aydınlık seviyesi ayarlandı. Aydınlık seviyesi kontrolü ile tasarımda yapılan aydınlık seviyesi emniyeti ile beraber ihtiyaç fazlası aydınlık kullanılmamış olup maksimum verim elde edildi. Sabit aydınlık kontrolü ile konfor ve aydınlatma kalitesi artırılmış olup enerji tasarruf oranlarında ise % 73'lere varan tasarruf imkanı sağlandı.

Güncel 2020 yılı sanayide ortalama ilk ay için enerji birim fiyatı 0.45 TL alındı. Yıllık yapılan tasarruf miktarı 69.413,76 kWh olarak hesaplandı. Böylece bu yılki değerlere göre yıllık kazanç olarak 31.236,19 TL olarak karşımıza çıkmıştır. Sadece aydınlatma da yapılan otomasyon ile ciddi bir tasarrufun yapıldığı ispatlandı.

5.6. Amortisman Hesabı

Bu çalışmada depodaki otomasyonun ilk yatırım maliyeti ekipman olarak 10.000 Euro olarak hesaplanmıştır. Verimlilik hesabı yapılırken elde edilen sonuçlar üzerinden yola çıkılarak; %73 tasarruf oranı ve yıllık 69.413,76 kWh tasarruf miktarı ve 2020 sanayide ortalama enerji birim fiyatı ilk 6 ay 0.45 TL = 0.05625 Euro alındığında (1 Euro = 8 TL) Otomasyon Maliyeti = 1 Yıllık Tasarruf Miktarı x Birim Enerji (Euro) x Amortisman Süresi

$$10.000 \text{ Euro} = 69.413,75 \times 0,05625 \text{ Euro} \times \text{Amortisman Süresi}$$

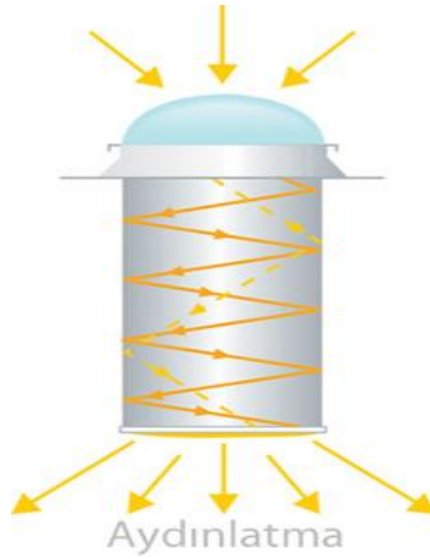
$$10.000 \text{ Euro} = 3.904,48 \text{ Euro} \times \text{Amortisman Süresi}$$

Amortisman Süresi = 2,56 yıl olarak ortaya çıkmıştır. Bu yatırım projeleri içerisinde iyi bir amortisman süresi olup diğer bakım kalite ve kontrol maliyetleri de düşünüldüğünde bu oranın daha da düşeceği aşikardır.

5.7. İyileştirme ve Öneriler

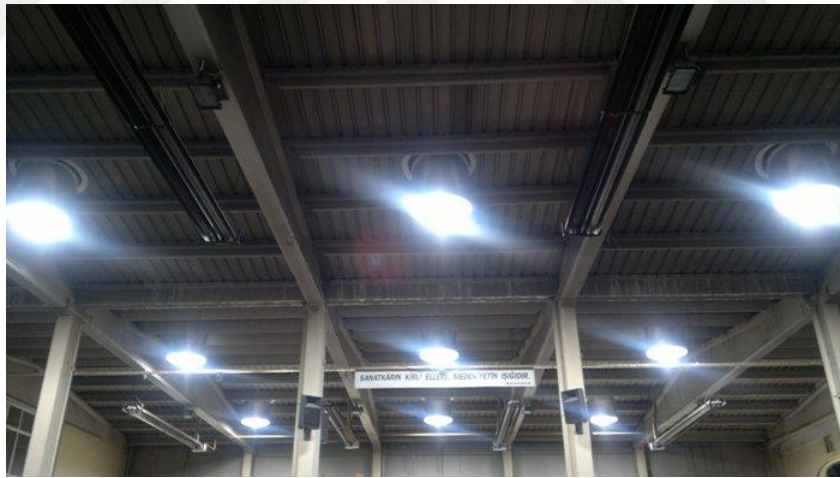
İlgili depoda öneri olarak Gün Işığı Uygulaması öngörülmüştür. Mevcut kurulmuş olan kontrol sistemine otomasyon anlamında hiçbir masraf olmadan entegre edilirse mevcut sensörler aydınlık şiddetini ölçebildiğinden gün ışığıyla beraber tasarruf oranlarında artış olması söz konusudur.

Uygulama şu şekilde tasarlanmaktadır. Çatı üzerine yerleştirilecek özel akrilik kubbeler sayesinde gün ışığı reflektif kanala aktarılır sonra bu kanal ve bu kanalın yüksek yansıtma özelliği sayesinde ışık ayna gibi yansıtılarak difüzöre iletilir.



Şekil 5.4. Akrilik Kubbe ile Doğal Aydınlatma Uygulaması

Bu difüzör Şekil 5.4.'deki gibi ise kendine gelen gün ışığını homojen bir şekilde uygulama yapılan alana dağıtarak doğal ve sıfır maliyet ile bir aydınlatma sağlar. Bunla ilgili yapılmış uygulamaları da Şekil 5.5. ve Şekil 5.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Endüstride Doğal Aydınlatma Uygulamaları



Şekil 5.6. Depo ve Rafly Sistemlerde Doğal Aydınlatma Uygulamaları

BÖLÜM 6. SONUÇ

Enerji tüketiminin büyük bir kısmının aydınlatma adına kullanıldığı düşünülürken, aydınlatma kontrolünün artan öneme sahip olduğu kabul edilmiştir. Hem maliyet hem de enerji verimliliği ile doğru orantılı olarak enerji dar boğazına sürüklenmemek adına uygulamaya konulması gereken bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

Teknolojik gelişmeler, bu gelişmelere bağlı olarak insanların ihtiyaç ve taleplerinin artması, günlük yaşam içerisindeki kompleks yapı ile birleştiğinde akıllı tasarım ve sistemler ön plana çıkmaya başlamıştır.

Akıllı evler, akıllı ofisler ve akıllı aydınlatma gibi daha birçok tasarımda akıllı sistemlerin güncel hayatta yerini almasıyla hem hayatı kolaylaştırıcı hem de tasarruflu ortamlar yaratmaya başlamıştır. Bu çalışmada aydınlık düzeyi kontrolü tahlil edilmekte ve yeni teknolojiler üzerinde durulmaktadır. Hangi aydınlatma türünün daha etkin, ortama uyum sağlayan, akıllı sistemler içerisinde kullanılan ve tasarruf sağladığı incelenmiştir.

Endüstride halen birçok alanda aydınlatma enerjisinin verimli şekilde kullanılmadığı ortadadır. Böylesine büyük bir enerjinin aydınlatmaya kullanılması, olası kötü senaryoları da beraberinde getirmektedir. Oysaki bu sorun en aza indirilebilmektedir. Bu da çeşitli aydınlatma kontrol sistemleri, akıllı aydınlatma sistemleri ve benzerleri ile sağlanabileceği ortaya konulmuştur.

Tüm bu açıklamalar ışığında yapılabilecek bazı uygulamalar bulunmaktadır. Bunlar arasında;

- Kompakt floresan lambaların akkor flamanlı lambalara tercih edilmesi önemli bir adım olarak kabul edilmektedir.
- Bunun yanında, mekana göre aydınlatma sistemlerinin tercih edilmesi de önemli bir ayrıntıyı teşkil etmektedir.
- Enerji tasarruflu LED lambaların daha yaygın olarak kullanılmasının sağlanması önem taşımaktadır.
- Enerji düzeyi kontrolü sağlayan sistemlerin geliştirilmesi ve gerek evlerde gerekse endüstriyel alanlarda kullanımının artırılması gerekli görülmektedir.
- Gün ışığından daha çok faydalanma buna uygun tasarım ve otomasyon uygulamalarıyla daha fazla tasarruf sağlanacağı ortaya konulmuştur

Çok katlı işyerlerinde otomasyon sistemi kullanımının artmasıyla birlikte, her alanda kullanılan enerjinin kontrolü de kolaylaşmıştır. Bu sistemler ile aydınlatma kontrolünün sağlanmasında da çeşitli kolaylıklar gündeme gelmektedir.

Özellikle aydınlatma kontrolü ayrı bir önem teşkil ettiği görülmektedir. Burada ışığın gözü rahatsız etmemesi gerektiği, göz sağlığı, eşit biçimde dağılmasının önemini, ışığın dağılımı ve ışığın şiddeti gibi etmenlerin ayırt ediciliğine dikkat edilmektedir. Çalışmamız içerisinde endüstriyel alanlarda çeşitli aydınlatma sistemleri ve uygulamalarından bahsedilmiştir. Son olarak aydınlık düzeyi kontrolü yapılan bir yüksek tavanlı ilaç deposu otomasyonu ele alınmıştır. Burada tüm tasarım algoritmasından, dizayn kriterlerinden, uygulanan standartlardan, aydınlatma ve aydınlatma hesaplarından, kurulum ve devreye alma aşamalarından, yazılım ve programlama mantığından, amortisman bedellerinden, yapılan enerji tasarrufundan, İSG, ÇYS, Bakım ve İşletme Yöntemleri açısından ve kazanımlarından bahsedilmiştir. İyileştirme ve öneriler sunularak farklı bir bakış açısıyla bu alanda gelecek senaryo ve yapılacak çalışmalara fikri altyapı oluşturulmuştur.

Bu tasarımdaki değerlendirme ve ölçümlerin neticesinde aşağıdaki belirtilen sonuçlara varılmıştır.

1. Hem enerji tasarrufu hem de konfor bakımından kullanılan hareket, gün ışığı sensörleri ve zaman saatlerini bir arada kullanarak optimum bir aydınlatma otomasyonu sağlanır. Fakat her kat, hatta her ofis odası için düşünüldüğünde kurulum ve kullanım aşamasında bir takım güçlükler doğurur. Bu yüzden aydınlatma firmalarının bir araya gelerek oluşturdukları DALI haberleşme protokolüyle bahsedilen uygulamaların çok basit bir şekilde kurulup birçok avantajları da içinde barındırıp konfordan ödün vermeden enerji tasarrufu sağladığı görüldü. Aynı zamanda sistemin basit, esnek ve geleceğe yönelik olduğu ve diğer yönetim sistemleriyle uyumu ortaya konuldu.
2. Dalı Haberleşme modülüyle beraber gelişmiş otomasyon yazılımları sayesinde kullanıcı, işletmecisi ve bakımcısı açısından birçok kolaylık ve imkan sunduğu beraberinde etkin ışık yönetimi sayesinde yaşam döngüsü maliyetlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür.
3. Aydınlatma Otomasyon Sistemleriyle Endüstride uyguladığımız Kalite Yönetim Sistemlerinin (Enerji Yönetim Sistemleri, İş Sağlığı ve Güvenliği Sistemleri ve Çevre Yönetim Sistemleri) zorunluluklarını ve ihtiyaçlarını aydınlatma alanında kolaylıkla sağlandığı görüldü. Bu çalışmada ele aldığımız kriterler ise örnek olarak aşağıda belirtilmiştir.
 - a. Enerji Ölçüm İzleme ve Kalite Analizleri
 - b. Verimlilik Artıcı Proje olarak ve /veya ISO 50001 Çalışmaları
 - c. Karbon Ayak İzi
 - d. İş Sağlığı ve Güvenliği açısından Aydınlatma Kriterlerinin Sağlanması
 - e. Acil Aydınlatma ve Yönlendirme Sistemlerinin bakım ve takip kolaylığı
4. İlaç deposu tasarım öncesi yapılan modelleme de amortisman süreleri ve maliyetleri incelendiğinde tasarım öncesi yapılan test düzeniyle elde edilen sonuç 2.24 yıldır. Tasarım sonrası yapılan verimlilik hesabına göre amortisman süresi 2,56 yıl olarak ölçüldü ve zaman olarak az bir farkla ortaya atılan hipotez doğrulanmıştır.
5. Aydınlık düzeyi ile yapılan kontrol ile beraber sadece hareket sensörü ile yapılan kontrolden daha fazla tasarruf yaptığı ölçüldü. Ölçüm sonuçlarına göre sadece sensör ile % 66 verim elde edilirken 250 lx sabit aydınlık düzeyi

kontrolü ile % 73 oranında tasarruf elde edildi. Bu yöntemle aynı zamanda yıllık yapılan tasarruf miktarı 69.413,76 kWh olarak hesaplandı.

Bu çalışma ile hedeflenen, aydınlatma otomasyon sistemlerinin farklılıklarını göstermek, kullanım kolaylıkları ve enerji tasarrufu konusunda ortaya çıkardıklarını ifade etmek ve bu konudaki gelecek senaryolarına ışık tutmaktan geçmektedir. Endüstriyel Tesislerde Aydınlik Düzeyi Kontrolü ile Aydınlatma Otomasyonu ve Bir Örnek Uygulama başlığı altında yapılan tespitler ve varılan sonuçlar bu konu ile alakalı yapılacak araştırmalara öncülük etmesi açısından ve yapılması planlanan çalışmalarını özendirilmesi açısından da önem taşımaktadır.



KAYNAKÇA

- Akıllı Sistemler, (2019). <https://docplayer.biz.tr/amp/7273062-Vrf-sistemlerde-enerji-ekonomisi-ve.html>, Erişim Tarihi: 23.02.2020.
- Akıllı Şehir Aydınlatma Yönetim Platformu, <http://www.netas.com.tr/media/102290/neosmartlightingmanagementbrosur-web.pdf>, Erişim Tarihi: 04.03.2020.
- Akıllı, Arslan Buğra (2019) Farklı Çalışma Ortamlarında Kullanılan Yapay Aydınlatma Kaynaklarının Spektral Analizi ve Çalışanlar Üzerindeki Etkileri Yüksek Lisans Tezi Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Tezi ,Ankara
- Akın ,Abdullah 2019 Led’li aydınlatma Sistemlerinde Termoelektrik Jeneratör Uygulaması ile Enerji Verimliliğinin Arttırılması Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- Alsat, C., (2016). Aydınlatma Otomasyonu ve Enerji Tasarrufu Sistemleri, EEC Entegre Bina Kontrol Teknolojileri A.Ş.
- Amy Nordrum, “Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated”, <https://spectrum.ieee.org/techtalk/telecom/internet/popular-internet-ofthings-forecast-of-50-billion-devices-by2020-is-outdated>, Erişim tarihi: 17.09.2019
- Arslan, M.A., (2016). Enerji Yönetimi, Ankara Üniversitesi, Ankara, s. 18, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/43622/mod_resource/content/0/Hafta2-Enerji%20tasarrufu%20ve%20y%C3%B6netimi.pdf, 08.03.2020.
- Ashton, K., 2009. That ‘ ‘Internet of Thing’ ’ thing, RFID Journal, 22(7), s. 97-114.
- Aslan, Emre, (2019) İşyerlerinde Aydınlatma Koşullarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi ,Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Tezi,İstanbul
- Ataç, F., 2013. Kütüphanelerde Doğal ve Yapay Aydınlatma Kriterleri: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Kütüphanesinin Okuma Salonlarının İncelenmesi, Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Aydınlatma Tekniği Nedir?, <http://www.yfu.com/yazilar/sistemdekor.pdf>, Erişim Tarihi: 17.03.2020.

- Aydınlatma Yönetimi 2020 Wago dan Akıllı Aydınlatma Yönetimi. Dijital Görsel , <https://www.wago.com/tr/bina-teknolojileri/ayd%C4%B1nlatma/aydinlatma-yonetimi> 29.07.2020 Erişim Tarihi 01.08.2020
- B. Von Neida, D. Manicria, A. Tweed, “An analysis of the energy and cost savings potential of occupancy sensors for commercial lighting systems”, J. Illum. Eng. Soc. 30 (2) (2001) 111–125.
- Bayrakdar, G. 2016. İşyerlerinde Aydınlatma Koşullarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB), Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Bulut, H., (2011). Günlük Yaşamda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, s. 23.
- By Teknoloji, 2011. Üstün Led Teknolojisi, Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi (KOSGEB), Ankara.
- Chew I, Karunatilaka D., Tan C. P., Kalavally V., “Smart lighting: The way forward? Reviewing the past to shape the future”, Energy and Buildings, 149 (2017), 180–191.
- CIE S 004/E:2001 Colours of light signals, 2001.
- Çolak, N., 2003. Aydınlatma Kontrolü ve Lambaları, Best Dergisi, Sayı 19.
- Çorakçı, C. ve Kamacı, İ.T. 2014. Akıllı Aydınlatma Denetim Sistemi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Lisans Bitirme Projesi, Trabzon.
- DALI, 2020 Aydınlatma Kontrolünde Standart –Dalı Dijital Görsel. <https://www.wago.com/tr/dali> 29.07.2020 Erişim Tarihi : 01.08.2020
- Demir, R., 2011.LED Teknolojisi, Açık hava Reklamcılığı Derneği (ARED), ARED Yayınları, s. 7, <http://www.deled.com.tr/UserFiles/File/PDF/LED.pdf>, Erişim Tarihi: 22.03.2020.
- Doğan, A., 2020. Işık Kaynakları ve Aydınlatma, https://em.erciyes.edu.tr/adogan/aydinlatma_slays.pdf, Erişim Tarihi: 10.03.2020.
- Dumlupınar Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, http://sadhunter.atSPACE.org/ayd_tip.htm, Erişim Tarihi: 01.03.2020.
- Dursun, B. 2005. Dahili Ortamlarda Aydınlatma Hesaplama Tekniklerinin Analizi ve Bir Uygulama Örneği, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Endüstriyel Aydınlatma, <https://www.sektorundergisi.com/endustriyel-aydinlatma/>, Erişim Tarihi: 11.06.2020.
- Erdoğan, P., 2016. Doğadan Esinlenen Optimizasyon Algoritmaları ve Optimizasyon Algoritmalarının Optimizasyonu, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, s. 293-304.
- Erkin, E. ve Onaygil, S., 2017. Konutlar İçin Yeni Nesil Aydınlatma Kontrol Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.

- Erol, Y. ve Canbolat, T., (2011). Aydınlatma Sektöründe Yeni Nesil Power LED Teknolojileri, Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu 2011, Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği (TMOOB) Elektrik Mühendisleri Odası.
- Evans, D., 2011. The Internet of Things, Cisco, https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf, Erişim Tarihi: 17.03.2020.
- Faruk, A., Celal, Ç., Yunus Emre E., 2014. Biyomedikal Uygulamaları İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama ve Analiz Sistemi, Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Kapadokya Nevşehir.
- G.D. Massa, H.-H. Kim, R.M. Wheeler, C.A. Mitchell, “Plant productivity in response to led lighting”, HortScience 43 (7) (2008) 1951–1956.
- Gökrem, L., ve Bozuklu, M., 2016. Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, Tokat, s. 48.
- Gündüz, M.Z., ve Daş, R., 2017. Nesnelerin İnterneti: Gelişimi, Bileşenleri ve Uygulama Alanları, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(2), s. 327.
- Günişığı Sensörü Nedir? Nasıl Çalışır?, 2019, <https://www.aydinlatma.org/gunisigi-sensoru-nedir-nasil-calisir.html>, Erişim Tarihi: 01.06.2020.
- Harputlugil, G. 2016 Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri. Dijital Görsel . <https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu845.pdf> Mayıs 2016 Erişim Tarihi :26.03.2020
- Ilıcak, Ş. 1987. Çevre-İşyeri Koşulları ve Ergonomik Yaklaşımlar, Birinci Ulusal Ergonomi Kongresi, Milli Produktivite Merkezi, İstanbul.
- İnsan Odaklı Hareket ve Varlık Algılama Sensörleri, 2019, <http://www.saosteknoloji.com.tr/tr/insan-odakli-hareket-ve-varlik-algilama-sensorleri/>, Erişim Tarihi: 02.06.2020.
- İzgöl, K., 2017. LED Nedir? Tüm LED Çeşitleri ve Özellikleri, <https://maker.robotistan.com/led/>, Erişim Tarihi: 27.02.2020.
- J.H. Oh, S.J. Yang, Y.R. Do, “Healthy, natural, efficient and tunable lighting: four-package white leds for optimizing the circadian effect, color quality and vision performance”, Light Sci. Appl. 3 (2) (2014) e141.
- Kesayak, B., 2017. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf, Erişim Tarihi: 17.03.2020.
- Kesayak, B., 2020. <https://www.endustri40.com/nesnelerin-interneti-ve-endustriyel-uygulamalari/>, Erişim Tarihi: 19.03.2020.
- Kesten, D., Eicker, U., Pietruschka, D. 2003. Ofis Binalarında Cephe Tasarıma Bağlı Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kocabey, S., 1999. Dahili Ortamlarda Aydınlik Seviyesini Kontrolü ile Enerji Tasarrufunun Sağlanması, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

- Kocabey, S., 2008. İç Hacimlerde Aydınlik Düzeyi Dağılımının Bulunması ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kocadağ , N. 2019 .Gün ışığı senörü nedir ,nasıl çalışır ?.Dijital Görsel <https://www.aydinlatma.org/gunisiigi-sensoru-nedir-nasil-calisir.html> 7 Haziran 2019 Erişim Tarihi : 25.03.2020
- Krarti, M., Erickson, P.M., HILLMAN, T.C.2005 A simplified method to estimate energy savings of artificial lighting use from daylighting, Building and environment, 40, 6, pp. 747-754, 2005
- Kürkçü, E.A., İlknur, Ç., Zeyrek, S. 2010.İşyerlerinde Aydınlatma, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM), Ankara.
- LED'lerin Kılıflandırılması ve LED Türleri, <http://www.deled.com.tr/led-aydinlatma/3-led-turleri-nelerdir.aspx>, Erişim Tarihi: 01.03.2020.
- Lee,G., ve Crespi, N., 2010.Shaping Future Service Environment with the Cloud and Internet of Things: Networking Challegens and Service Evolution, Leveragign Aplications of Formal Methods, Verification and Vadilation, s. 399-410.
- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi (MEGEP), 2008. Sanat ve Tasarım, Aydınlatma Elemanları, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi (MEGEP), 2010. Aydınlatma Tekniği, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Nesnelerin İnternedi Nedir? IoT Ne İşe Yarar?, 2020. <https://proente.com/nesnelerin-interneti-nedir/>, Erişim Tarihi: 11.03.2020.
- Nordrum, A., 2017. Popular Internet of Things Forcecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated, <https://spectrum.ieee.org/techtalk/telecom/internet/popular-internet-ofthings>.
- Onaygil, S., (2013). Yenilenebilir Enerji ve LED Teknolojileri, Aydınlatma Türk Milli Komitesi (ATMK), s. 4.
- Onaygil, S., 2013.Aydınlatma Enerji Verimliliği: LED Teknolojisi, Elektrik Mühendisliği, Sayı 244.
- Öncel, A.İ. 1996. Ofis Aydınlatması, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özkaya, M. ve Tüfekçi, T., 2011. Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Pattison, P. M., Hansen, M. and Tsao, J. Y. (2018). LED lighting efficacy: Status and directions. *Comptes Rendus Physique*, 19(3), 134-145.
- Perdahçı, C., ve Hancı, H., 2009. Verimli Aydınlatma Yöntemleri, EVK 2009, III. Enerji Verimliliği ve Verimliliği Sempozyumu, Kocaeli.
- PLD Türkiye 2017 .Mimari Aydınlatma Tasarım Portalı. <https://pldturkiye.com/akilli-aydinlatma-iot-ile-gunluk-sorunlarin-cozumu/> adresinden Kasım 2017 Erişim Tarihi :15.03.2020
- R.F. Karlicek, "Smart lighting-beyond simple illumination," 2012 IEEE Photonics Society Summer Topical Meeting Series, IEEE (2012) 147–148.

- Ricquebourg, V., Menga, D., Durand, D., Marhic, B., Delahoche, L., Loge, C., The Smart Home Concept: Our Immediate Future E-Learning in Industrial Electronics, 2006 1st IEEE International Conference , 23 – 28, 18–20 Dec. 2006.
- Saos Teknoloji 2019. İnsan Odaklı Hareket ve Varlık Algılama Sensörleri, <http://www.saosteknoloji.com.tr/tr/insan-odakli-hareket-ve-varlik-algilama-sensorleri/>, 19.12.2019 Erişim Tarihi: 25.03.2020
- Sirel,Ş. 1991. Aydınlatma Tekniği Nedir, <http://www.yfu.com/yazilar/sistemdekor.pdf/> Erişim Tarihi : 26.02.2020
- Şahin, M., Oğuz, Y., and Büyüktümtürk, F., 2016. ANNbased Estimation of Time-dependent Energy Loss in Lighting Systems', Energy and Buildings, 116, 455-467
- Şamioğlu, S., 2016. Akıllı Aydınlatma Teknik Bileşenleri, <https://akillisebekeler.com/2016/12/20/akilli-aydinlatma-teknik-bilesenleri/>, Erişim Tarihi: 05.03.2020.
- Şamioğlu, S., 2020. Nesnelerin İnterneti (IoT); 2019 Özet, <https://akillisebekeler.com/2020/01/09/nesnelerin-interneti-iot-2019-ozet/>, Erişim Tarihi: 17.03.2020.
- Şerefhanoglu, M. 1991. Büro Yapılarında Gürültü Denetimi, Ofis 91.
- Temoçin, E., 2020. Akıllı Binaların Önceliği Enerjiden Tasarruf Etmek, <http://hvac360tr.com/akilli-binalarin-onceligi-enerjiden-tasarruf-etmek/>, Erişim Tarihi: 26.02.2020.
- Thames, L. and Schaefer, D., 2016. “Software- defined cloud manufacturing for industry 4.0.”, Procedia CIRP, vol. 52, pp. 12-17.
- Torres, C. ve Collon, A., 2007. The Best Smart Light Bulbs, <https://www.pcmag.com/article2/0,2817,2483488,00.asp>, Erişim Tarihi: 05.03.2020.
- TS EN 12464-1, Işık ve Işıklandırma – İş Mahallerinin Aydınlatılması – Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ocak 2004.
- Ulukavak Harputlugil, Gülsu, (2016). Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Yamazaki, T., Beyond the Smart Home, Hybrid Information Technology, 2006. ICHIT'06. Vol 2. International Conference Volume 2, 350 – 355, Nov. 2006.
- Yapar, T. 2007. Aydınlatma Otomasyonu ile Enerji Tasarrufu, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yavuz, Cenk 2010. Günışığına Bağlı Aydınlatma Kontrolü ile İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufunun ve İlişkili Parametrelerin Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya
- Yılmaz, E., (2018). LED Teknolojisi, Akıllı Aydınlatma ve Enerji Tasarrufu, s. 12, <http://www.elder.org.tr/Content/etkinlikler/LED%20Teknolojisi,%20Ak%C4%B1ll%C4%B1%20Ayd%C4%B1nlatma%20ve%20Enerji%20Tasarrufu.pdf>, Erişim Tarihi: 04.06.2020.
- Yılmaz, Ö., ve Erken, N., 2003. İç Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Tasarrufu, 3E Dergisi, Sayı 111.

Yurtseven, M.B., 2012. LED Teknolojileri ve Standartları, 47. Grup Aydınlatma Donanımları Sanayii Genişletilmiş Sektör Toplantısı, Aydınlatma Türk Milli Komitesi (ATMK).



ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Gürcan Gür, 24.10.1980 de Sakarya’da doğdu. İlköğretimi Pamukova Merkez İlköğretim okulunda, Ortaokul ve Lise öğrenimini ise Sakarya Anadolu Lisesinde tamamladı. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başlayıp 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında EKS Proma Elektronik Kontrol Sistemleri firmasında iş hayatına atıldıktan sonra 2008 yılında Neutec İlaç bünyesinde görev almaya başladı. Halen Neutec İlaç firmasında Enerji Yöneticisi olarak çalışmaktadır.