T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYDINLATMADA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ: ENDÜSTRİ YAPISI ÖRNEĞİ

Şule YILMAZ ERTEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL

EDİRNE-2014

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Burcu ÖZGÜVEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL	
Yrd. Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI	
Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA	

Tarih: 02/09/2014

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

02/09/2014

Şule YILMAZ ERTEN

Yüksek Lisans Tezi
Şule YILMAZ ERTEN
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Enerji verimliliği konusu, her alanda olduğu gibi mimaride de önemini koruyarak yapılarda farklı kullanımlarla etkin hale gelmiştir. Çevreye duyarlı, enerji tasarrufu sağlayan, kaynakları tüketmeyen yaklaşımlarla geleceğin mimarisinde sürdürülebilir bir anlayış ile yapıların inşa edilmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda yapılarda bina performansının ve enerji etkinliğinin yükseltilmesi için ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme ve aydınlatma sistemleri önem kazanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, modellenen mekanın optimum aydınlatma gereksinimini sağlarken, yapay aydınlatmada kullanılacak olan elektrik enerjisini minimuma indirerek, planlama ve kullanılan ışıklık seçimiyle nitelikli ve işlevsel bir aydınlatma için enerjinin verimli kullanılmasını sağlamaktır.

Çalışma kapsamında Birinci Bölümde tezin konusu, amacı ve yönteminden söz edilmektedir. Kullanılan materyaller, programlar ve yöntemler tanıtılmıştır.

İkinci Bölümde, enerji verimliliği açısından aydınlatmanın önemi vurgulanarak Türkiye'nin bu konudaki yaklaşımı değerlendirilmiştir.

Üçüncü Bölümde, aydınlatma ve doğal/yapay aydınlatma kavramları ele alınmıştır. Doğal aydınlatmada enerji verimliliği açısından izlenebilecek yöntemlerden söz edilirken yapay aydınlatmada da geçmişte kullanılmakta olan ve günümüz teknolojisiyle şekillenen aydınlatma elemanları tanıtılmış, yöntem ve teknikleri açıklanmıştır.

Dördüncü Bölümde, enerji verimliliği konusunda aydınlatmanın önemli bir pay oluşturduğu endüstri yapılarından bir örnek yapı tanıtılarak, modellemede kullanılacak olan Dialux aydınlatma programı ile uygulama yapılmıştır. Endüstri kompleksinde aydınlatma enerjisi tüketiminin yüksek olduğu işleve ait bir atölye modellenerek aydınlatma enerjisi tüketim hesabı ve görselleştirmesi yapılmıştır. Dialux aydınlatma programıyla aydınlatma ve enerji tüketim hesapları açısından mevcut durum tespiti yapılmış ve öneri durum modellenerek karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde aydınlatmanın enerji verimliliği açısından önemi, örnek model üzerinde mevcut ve öneri durum karşılaştırılması yapılarak değerlendirilmiş olup, sektörel dağılımlarda bu tüketimi azaltıcı çözümlere dikkat çekmeye çalışılmıştır.

Yıl : 2014
Sayfa Sayısı : 100
Anahtar Kelimeler : Doğal Aydınlatma, Enerji Verimliliği, Yapay Aydınlatma.

Master's Thesis
Şule YILMAZ ERTEN
Trakya University Institute of Natural Sciences
Architecture

ABSTRACT

The issue of energy efficiency, preserving its importance in architecture as in all fields, became effective with different utilizations in buildings. It's inevidable to create buildings with a sustainability aspect in future's architecture via approaches that don't use up resources, save energy and are environmentally conscious. In this context, heating, cooling, ventilation, air conditioning and illumination systems have gained importance in order to increase energy efficiency and building performance. As examined according to the sectors, electrical energy is most consumed at industrial buildings. Accordingly, efficient usage of electrical energy at industrial buildings becomes important.

The aim of this thesis is to obtain the energy in an efficient way for a qualitative and functional illumination by planning and the selection of the utilized luminaire, while minimizing the electrical energy consumption for artificial illumination as supplying the modelled space with necessary illumination.

In the first chapter of this study; subject, aim and methodology of the thesis are given. The material, programs and methods that were used are introduced.

In the second chapter, the concepts of illumination and natural/artificial illumination are discussed. Methods of energy efficiency are discussed for natural illumination, and for artificial illumination, illumination devices of the past and that are developing with today's technoogy, methods and techniques are discussed.

In the third chapter, importance of illumination in terms of energy efficiency is emphasized and Turkey's approach to this subject is reviewed.

In the fourth chapter, one of the industrial buildings, in which the importance of energy efficiency takes a big share, is taken as a sample and introduced, and Dialux software that will be used for modelling is examined. Illumination energy consumption calculation and visualisation is done by modelling a space of the industrial building that has high consumption of illumination energy. Current situation is determined via illumination and energy consumption calculations by using Dialux software and the proposed condition is modeled for a comparison with the current situation.

In the fifth chapter, the importance of illumination for energy efficiency is evaluated by determining the current and the prorposed condition on the sample model, and pointing the attention to solutions to decrease this consumption in sectoral distributions was tried.

Year : 2014
Number of Pages : 100
Keywords : Natural Illumination, Energy Efficiency, Artificial Illumination.

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezimi hazırlarken özverili ilgisi, hoşgörüsü, bilgi ve deneyimleriyle bana ışık tutan sevgili danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Semiha KARTAL'a, tezimin başlama aşamasında, yön vermek adına değerli bilgi ve önerilerini esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA'ya, çalışma sürecimde fikir ve destekleriyle yanımda olan sayın bölüm hocalarım ve sevgili çalışma arkadaşlarıma, akademisyenliğe başladığımdan beri desteklerini ve ilgilerini bir an olsun esirgemeyen canım aileme,

Bu süreçte göstermiş olduğu sabır, destek ve yardımları için her anımda yanımda olan sevgili eşim Harun ERTEN'e,

Ve her zaman yanımda olduğunu bildiğim canım babam Mehmet Yaşar YILMAZ'a,

Teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZET i

ABSTRACT iii

TEŞEKKÜR v

ŞEKİL LİSTESİ ix

TABLO LİSTESİ xi

SİMGELER DİZİNİ xii

BÖLÜM 1. GİRİŞ 1

1.1.Tezin Konusu 3

1.2.Amacı ve Yöntemi 3

1.3. Literatür taraması 4

BÖLÜM 2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN AYDINLATMANIN ÖNEMİ 6

2.1.Enerji Verimliliğinin Tanımı 6

2.2. Enerji Verimliliği Açısından Türkiye'nin Günümüzdeki Durumu 7

2.3.Aydınlatmada Enerji Verimliliğinin Önemi 8

2.4.Aydınlatmada Enerji Kaybı 11

2.4.1.Işık Üretiminde Enerjinin Boşuna Harcanması 11

2.4.2 Işıklıklarda Işığın Boşuna Harcanması 12

2.4.3.Aydınlığın Boşuna Harcanması 13

2.5.Aydınlatma Kontrol Sistemleri 13

BÖLÜM 3. YAPILARDA KULLANILAN AYDINLATMA SİSTEMLERİ 15

3.1.Aydınlatmanın Tanımı 15

3.2.Aydınlatma Türleri 15

3.2.1.Doğal Aydınlatma ve Önemi 16

3.2.1.1.Doğal Işığın İnsan Performansı/Verimliliği Açısından Önemi 16

3.2.1.2.Doğal Işığın Enerji Tasarrufu Açısından Önemi 18

3.2.1.3.Doğal Işığın Bina İçine Alınma Yöntemleri 18

3.2.2.Yapay Aydınlatma 26

3.2.2.1.Lamba Tipleri 28

3.3.Genel Aydınlatma Teknikleri 32

3.3.1.Doğrudan Aydınlatma 32

3.3.2.Yarı Doğrudan Aydınlatma 32

3.3.3.Karma Aydınlatma 33

3.3.4.Yarı Dolaylı Aydınlatma 33

3.3.5.Dolaylı Aydınlatma 34

BÖLÜM 4. ENDÜSTRİYEL YAPILARDA UYGULANAN AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1.Dialux Programının Genel Özellikleri, 3d Görselleştirme ve Animasyon Özellikleri 35

4.2. Örnek bir Endüstriyel Yapı ve Aydınlatma Sisteminin İncelenmesi 41

4.3. Seçilen Yapının Dialux Programıyla Modellenmesi 46

4.3.1.Mevcut Durumun Modellenmesi 46

4.3.2.Öneri Durumun Modellenmesi 55

BÖLÜM 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 60

EK-I 66

EK-II 70

EK-III 74

KAYNAKLAR 78

ÖZGEÇMİŞ 82

ŞEKİLLER LİSTESİ

SAYFA NO

BÖLÜM 1

Şekil 1.1. Sektörlere Göre Enerji Dağılımı 1

BÖLÜM 2

Şekil 2.1. Yıllara Göre Türkiye'nin Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi 8

Şekil 2.2. Aydınlatma Kontrol Sistemleriyle Elde Edilen Enerji Tasarrufu 14

BÖLÜM 3

Şekil 3.1- 3.2. Doğal Aydınlatma Yöntemi Olarak Pencereler 19

Şekil 3.3. Çatı ışıklığı 21

Şekil 3.4. Sürekli çatı ışıklığı 21

Şekil 3.5. Eğimli pencereler 21

Şekil 3.6. Çatı feneri 21

Şekil 3.7. Atriumlu Ofis Binası 22

Şekil 3.8. Katlara göre günışığının ulaşma miktarı 22

Şekil 3.9. Çağdaş Aydınlatma Yöntemlerinin Şematik Gösterimi 23

Şekil 3.10. Heliostat Sisteminin Şematik Çalışma Prensibi 23

Şekil 3.11. Işık Tüpünün Şematik Aydınlatma Şekli 24

Şekil 3.12. Işık Tüpü 24

Şekil 3.13. Işık rafı uygulaması 25

Şekil 3.14. Prizmatik panjurlar 26

Şekil 3.15. Prizmatik Panjurların Şekilleri 26

Şekil 3.16. Doğrusal prizmatik Sistem 26

Şekil 3.17. Akkor Lamba 29

Şekil 3.18. Çubuk Fluoresan Lamba 30

Şekil 3.19. Kompakt Fluoresan Lamba 30

Şekil 3.20. Doğrudan Aydınlatma 32

Şekil 3.21. Yarı Doğrudan Aydınlatma 33

Şekil 3.22. Dağınık Aydınlatma 33

Şekil 3.23. Yarı Dolaylı Aydınlatma 34

Şekil 3.24. Dolaylı Aydınlatma 34

BÖLÜM 4
Şekil 4.1. Dialux Yanlış Renkler Gösterimi 38
Şekil 4.2. Pov-ray render penceresi 40
Şekil 4.3. Pov-ray render 41
Şekil 4.4, 4.5. Dokuma Atölyesi 42
Şekil 4.6, 4.7. Dokuma Atölyesi 44
Şekil 4.8. Modellenen Dokuma Atölyesi Şematik Planı 45
Şekil 4.9. Modellenen Dokuma Atölyesi Şematik Kesiti 45
Şekil 4.10. Doğal Aydınlatma 3D Görüntüsü 47
Şekil 4.11. Doğal Aydınlatmanın Yetersiz Olduğu Kısım 48
Şekil 4.12. Mevcut Durum Genel Aydınlatma Planı 49
Şekil 4.13. Mevcut Durum Işıklık parça listesi 49
Şekil 4.14. Mevcut durum için yanlış renkler gösterimi 50
Şekil 4.15. Mevcut durumda 500 lx Aydınlanma için Aydınlatma Planı 52
Şekil 4.16. Mevcut durumda 500 lx Aydınlanma için ışıklık parça listesi 53
Şekil 4.17. Mevcut durumda 500 lx Aydınlanma için yanlış renkler gösterimi 54
Şekil 4.18. Öneri modelde 500 lx Aydınlanma için Aydınlatma Planı 55
Şekil 4.19. Öneri modelde kullanılan lamba modeli 56
Şekil 4.20. Öneri modelin ışıklık parça listesi 56
Şekil 4.21. Öneri modelde 500 lx Aydınlanma için yanlış renkler gösterimi 57
BÖLÜM 5
Şekil 5.1. Aylık Enerji Tüketimi Karşılaştırması 63

TABLOLAR LİSTESİ

SAYFA NO

BÖLÜM 2

Tablo 2.1.Lamba Türlerinin Işık Verimi 12

Tablo 2.2.Dimmer Üniteleriyle Elde Edilen Enerji Tasarruf Yüzdeleri 14

BÖLÜM 3

Tablo 3.1.Günışığı Performansı İle İlgili Bir Anket Çalışması 17

BÖLÜM 4

Tablo 4.1. Aydınlatma Tekniği Sonuçları 39

Tablo 4.2. Enerji Değerlendirme Tablosu 39

Tablo 4.3. Endüstriyel Yapılarda Gerekli Aydınlık Düzeyleri 43

Tablo 4.4. Mevcut Durum Doğal Aydınlatma Hesabı 48

Tablo 4.5. Mevcut Durum Yapay Aydınlatma Hesabı 51

Tablo 4.6. Mevcut Durum Enerji Tüketim Hesabı 52

Tablo 4.7. Mevcut Durumda 500 lx Aydınlanma İçin Yapay Aydınlatma Hesabı 53

Tablo 4.8. Mevcut Durumda 500 lx Aydınlanma İçin Enerji Tüketim Hesabı 54

Tablo 4.9. Öneri Modelde 500 lx Aydınlanma İçin Yapay Aydınlatma Hesabı 57

Tablo 4.10. Öneri Modelde 500 lx Aydınlanma İçin Enerji Tüketim Hesabı 58

BÖLÜM 5

Tablo 5.1. Çalışmada Hesaplanan Flouresan ve Led Işıklık Değerleri 61

Tablo 5.2. Çalışmada Hesaplanan Flouresan ve Led Işıklık Tüketim Bedelleri 62

Tablo 5.3. Projenin Kendini Amorti Ettiği Sürenin Hesabı 62

SİMGELER DİZİNİ

Kısaltmalar

Em: Ortalama Aydınlanma

Emax : Maksimum Aydınlanma

Emin : Minimum Aydınlanma

Lx : lux (Aydınlatma birimi)

Ra: Renksel geriverim değeri

TEP: Ton Eşdeğer Petrol

UGRL : Kamaşma Değeri

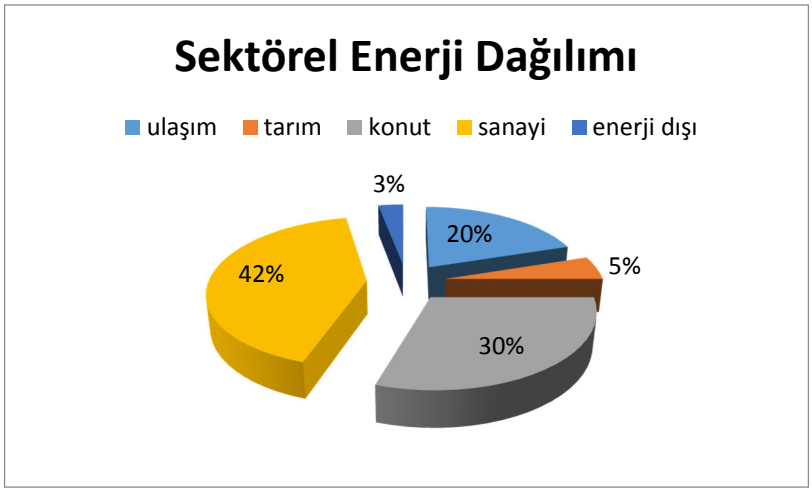
Uo: Aydınlatma homojenliği

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yüzyıllarda teknoloji ve sanayi alanındaki gelişmeler, enerji tüketiminde verimlilik konusunu ön plana çıkarmıştır. Sanayi alanında tüketilen enerjinin içinde aydınlatmanın payı yüksek olduğu için, bu alanda düşünülecek ve uygulanacak her türlü tasarruf önlemi giderek önem kazanmaktadır.

Ülkemizde tüketilen elektrik enerjisinin içinde aydınlatmanın payı %20-25 oranında olduğu bilinmektedir. Elektrik enerjisinin temin edilmesindeki zorluklar bu alanda yapılacak tasarrufu önem hale getirmektedir. CIE(Comission Internationale De L'Eclairage)'ye göre 2007 yılında aydınlatma için gereken elektrik enerjisi sanayi ülkelerinde %5-%15, gelişmekte olan ülkelerde %86, dünya genelinde %19 oranındadır **[1].** Sektörlere göre enerji dağılımına bakıldığında ise %42 oranla en yüksek enerji tüketiminin sanayi alanında olduğu görülmektedir. Endüstride elektrik enerjisi ve buna bağlı olarak aydınlatmanın payı, üretim proseslerine, günlük çalışma saatlerine göre değişmektedir. Elektrik enerjisinin maliyeti diğer enerjilere göre daha pahalı olduğundan çalışma bu alanda alınacak tasarruf önlemlerine yönünde eğilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Sektörlere Göre Enerji Dağılımı

Aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisinin büyük bir kısmı aydınlatmaya dönüşmeden kaybolmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketilmesiyle elde edilen enerjinin tükeneceği gerçeği bu kaynakların doğru ve verimli kullanmasını gerektirir. Bunun yanı sıra Türkiye'de sahası olan yenilenebilir enerji kaynaklarını doğru işletebilmek için ilgili ar-ge çalışmalarına önem verilmesi ve kullanıcıların bilinçlendirilmesi önemlidir. Aydınlatmada enerji tasarrufunu yüksek oranda sağlamak için öncelikle son kullanıcının bilinçlendirilmesi gerekir **[2].**

Enerjiden tasarruf sağlamak yeterli aydınlık düzeyini azaltmak anlamına gelmemekle birlikte bu durum kullanıcıların göz sağlığının bozulmasına da yol açabilecek bir etkene dönüşebilir **[3].** Aydınlatmada enerji tasarrufu sağlamak kirli armatürlerin temizlenmesi gibi basit şekilde alınacak önlemlerle bile mümkündür. Bu şekilde ışıklıklarda ışıklık kaybı olmadan veya daha az kayıpla aydınlanma elde edilebilir.

Yapıda doğal aydınlatmayla alınabilecek önlemlerin yanı sıra doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı durumlarda yapılacak her türlü yapay aydınlatmada ekonomik faktörler de büyük önem kazanmaktadır. Yapay aydınlatmada elektrik enerjisi tüketiminden elde edilecek tasarruf, tüketim giderlerinde somut bir şekilde farklılık gösterecektir. Dolayısıyla bu konu üzerinde üretilen programlar, yapılan hesaplamalar, simülasyonlar ve öneri senaryolar bu tüketimi en aza indirgemek konusunda oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, doğal aydınlatmanın endüstriyel yapılardaki kullanımını değerlendirerek, mekanın aydınlatılması için gerekli olan elektrik enerjisinden, aydınlatma ve enerji verimli bir armatür seçilerek işlevsel ve enerji tasarruflu bir aydınlatma sağlamaktır.

Günümüzün aydınlatma tasarımcılarına yön veren ve işlerini kolaylaştıran bilgisayar destekli aydınlatma simülasyon programları, hem aydınlatma hem enerji hesabı yaparken mekanı 3 boyutlu görselleştirebilme özelliklerini kullanarak uygulanacak olan bir aydınlatma planının sonuçlarını önceden görebilme ve buna bağlı olarak bir takım olumsuzluklara uygulamadan önce müdahele edebilme imkanı sağlar. Yapılan çalışma enerji tüketim hesabıyla kullanılan elektrik enerjisinden tasarruf

edilerek tükenmekte olan kaynaklardan elde edilen enerjiyi verimli kullanmak anlamında önemlidir.

Bu çalışmada doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma yöntemlerinden bahsedilerek aydınlatma ihtiyacının yüksek olduğu bir tekstil fabrikasının dokuma atölyesi, Dialux aydınlatma programıyla mevcut durumdaki doğal ve yapay aydınlatma durumu simüle edilerek sonrasında öneriler geliştirilmiştir.

1.1.Tezin Konusu

Enerji etkinliğinin günümüzdeki önemi içinde aydınlatmanın payı büyüktür. Mekanlarda aydınlatma tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri enerjinin verimli kullanılmasıdır. Doğal aydınlatmanın maximum tutulduğu bir aydınlatma tasarımı önerisinde, doğal ışığın yeterli olmadığı durumlarda yapay aydınlatmayla desteklenen bir aydınlatma tasarımında minimum enerji harcayarak mekan aydınlatmasını sağlamak araştırmanın temel problemidir. Çalışmada endüstri yapılarının tercih edilmesinin nedeni, kullanım amacına bağlı olarak aydınlatmanın önemli olduğu bir mekanı incelemektir. Bu mekanların yer aldığı yapılar arasında eğitim yapıları, ofis yapıları başta olmak üzere kütüphane yapıları, sanayi yapıları, hastane yapıları oldukça önemlidir.

1.2.Amacı ve Yöntemi

Günümüzde enerjinin verimli kullanılamıyor olması, artan enerji ihtiyacına paralel olarak dış ülkelere bağımlılığı giderek artırmaktadır. Bununla birlikte bir diğer etken yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükeniyor ve etkin kullanılamıyor olmasıdır. Gereksinim duyulan enerjinin önemli bir payının aydınlatmada tüketiliyor olması, güneş ışınları açısından avantajlı bir ülke için, mimaride bu amaca yönelik çözüm önerilerinin geliştirilmesini ve yaygınlaştırılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmanın amacı, doğal aydınlatma sistemleri ile günışığından yararlanılan zaman dilimindeki yararlanma oranını artırarak yapay aydınlatmaya olan gereksinimi azaltan çözüm önerilerini araştırmak, doğal aydınlatmanın yetersiz olduğu durumlar için ise yapay aydınlatma ile öneriler geliştirilerek enerji verimliliği maksimum olacak şekilde çözümler üretmektir.

Çalışma kapsamında; yapıda armatür değişikliği üzerinden enerji verimliliği incelenmiş olup, birinci adımda mevcut durumdaki aydınlatma senaryosu modellenmiş

ve enerji tüketimi hesaplanmıştır. Sonraki adımda programa eklenebilen çeşitli firma kataloglarından seçilmek üzere enerji verimli bir lamba tipi belirlenerek yeni bir aydınlatma model önerisi geliştirilmiş ve enerji tüketimi hesaplanmıştır.

1.3. Literatür Taraması

Aydınlatma ve enerji verimliliği konusunda günümüze kadar birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Aydınlatmada enerji verimliliği konusu, multidisipliner bir konu olduğundan mimarlık alanının dışında elektrik mühendisliği ve enerji alanlarında da bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Sirel, Ş., (1970) çalışmasında sanayi yapılarındaki aydınlatmayı hem planlama hem de aydınlık niteliği açısından ele almıştır. Ayrıca aydınlatmanın sanayi yapılarında çalışanların üzerindeki etkilerini ve buna uygun aydınlatmanın gerekliliğini vurgulamıştır **[4].**

Sirel, Ş., (1992) çalışmasında, yapay aydınlatma kavramlarından bahsederek ışığın fiziksel özelliklerini ele almıştır **[5]**.

Sirel, Ş., (1993) çalışmasında, aydınlatmanın endüstri yapılarında çalışanların verimliliği ve performansı üzerine etkilerini araştırmıştır **[6].**

Barrett, R., (2009) çalışmasında, günışığı aydınlatmasının yapılardaki öneminden söz ederek, doğal ışığın insanlar üzerindeki fiziksel ve ruhsal etkilerinin ve çalışanların performansına olan katkılarının altını çizmiştir **[7]**.

Dubois, M., v.d., (2011) çalışmasında, ofis yapılarında aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisi tüketimlerini göz önünde bulundurarak bu tüketimi azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmiştir. Bu yapılarda günışığı aydınlatmasından da söz ederek yapay aydınlatma kullanımının gerekliliğini vurgulamıştır **[8]**.

Stefano, J. D., (2000) çalışmasında, ele aldığı üniversite yapısının aydınlatma sistemi için tüketilen enerji miktarını ve CO2 salımını dört ayrı durum için hesaplamış ve daha az elektrik enerji tüketimi için öneriler geliştirmiştir **[9]**.

Küçükdoğu, M. Ş., (2003) çalışmasında, yapay aydınlatmada lamba seçimi ve aydınlığın niteliği konusundan söz ederek enerji verimliliği için gerekli şartlar ve

önerileri dile getirmiştir. Bunun yanı sıra aydınlatma kontrol sistemlerinin de enerji tasarrufundaki önemini vurgulamıştır **[10].**

Küçükdoğu, M. Ş., (2007) çalışmasında, enerji etkin aydınlatmada sistemi tasarım sürecini anlatarak hacim içinde henüz planlama aşamasındaki kurallar ve yapay aydınlatmada enerji verimliliği sağlayabilecek önlemleri vurgulamıştır **[3]**.

Ochoa, C. E., v.d., (2011) çalışmasında, aydınlatma simülasyon programlarından söz ederek, Dialux aydınlatma programının da içinde bulunduğu birçok aydınlatma programını incelemiş, örnek yapılar üzerinde bu programları uygulamıştır **[11]**.

Onaygil, S., v.d., (2009) çalışmasında endüstriyel aydınlatmada yapının fiziksel özelliklerine bağlı durumlardan dolayı aydınlatmanın daha verimli olması için uygulanması gereken birtakım kurallar önermiştir **[12]**.

Onaygil, S., v.d., (2009) çalışmasında sanayi yapılarında aydınlatmanın enerji tüketiminden söz ederek, alınabilecek tasarruf önlemlerini vurgulamıştır **[13]**.

Stokes, M., v.d. (2004) çalışmasında, iç mekan aydınlatmasında gereksinimlere göre bir model önerisi geliştirmiş, bu öneriye göre aydınlatma ve tüketilen enerji miktarını hesaplamıştır **[14]**.

Gökmen, M. R., (2010) çalışmasında**,** endüstri yapılarında aydınlatma konusunu incelemiştir. Bir cam fabrikasını örnek yapı olarak kabul etmiş ve bu fabrikanın farklı bölümlerinde mevcut aydınlatmayı tespit etmiş ve yeni getirdiği aydınlatma önerisi sonucunda elde edilecek olan enerji tasarrufunu belirtmiştir **[15]**.

Sirel, Ş., (1999) çalışmasında, aydınlatmada hangi aşamalarda enerji kayıplarının olabildiğini tespit etmiş ve buna uygun çözüm önerileri getirmiştir **[16].**

BÖLÜM 2

AYDINLATMADA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

2.1. Enerji Verimliliğinin Tanımı

Son yüzyılda sanayi ve teknolojide görülen büyük gelişmelere karşın doğal enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi ve enerji maliyetlerinin aşağı çekilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle; yaşam kalitesinde düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması, yani enerjide verimliliğin arttırılması gerekmektedir. Kısaca enerji verimliliği, enerji kaynaklarının üretimden tüketim aşamasına kadar tüm safhalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesini ifade etmektedir **[17].**

Enerji Verimliliği ise; "Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması" olarak tanımlanmıştır. Bu tanım ise aynı işi gerçekleştirmek için daha az enerji kullanmayı ifade eder. Enerji verimliliğinin insan sağlığı, çevre ve ekonomi başlıklarıyla birlikte değerlendirilmesi önemini daha da arttırmaktadır **[18, 19]**. Yeni teknoloji kullanma yoluyla üretimi, kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tasarrufu sağlanması ve enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesi konuları enerji verimliliğinin temel girdileridir **[20].**

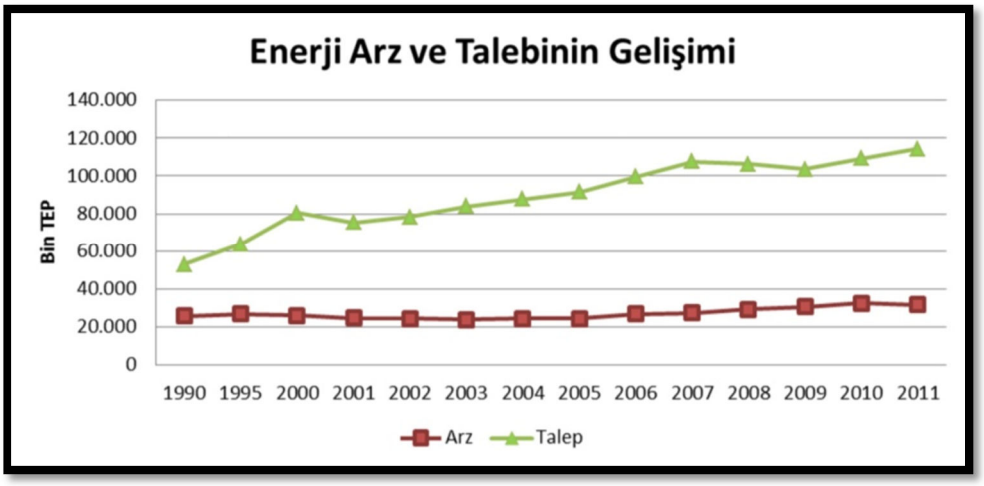
Fosil kaynakların tükeniyor olması, alternatif kaynakların henüz ekonomik olmaması, artan talep nedeniyle fiyatların artması ve değişken olması, yerli kaynakların ithal bağımlılığını önleyememesi ve ekolojik dengenin bozuluyor olması gibi konular enerji verimliliğine duyulan gereksinimin göstergeleridir **[17].**

Enerji verimliliği konusunun kapsadığı stratejilerin en önemlilerinden birisi enerji tasarrufudur. Türkiye'de EIE tarafından 1981 yılından beri bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla 1993 yılında Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi (UETM) kurulmuştur. 1995 yılı Kasım ayında çıkarılan yönetmelikle, enerji tüketimi yapan sanayi kuruluşlarında tasarruf imkan ve odaklarının tespiti, genel ve spesifik enerji tüketimi hedeflerinin belirlenmesi ve izlenmesi, mevcut durumdaki enerji tüketimi ve hedef rakamlara ulaşmak için plan ve programlar yapılarak Enerji Yönetim Sistemi'nin kurulması öngörülmüştür. Bu yönetmelikle, bazı enerji üretim ve dönüşüm uygulamalarının zorunlu hale getirilmesi, bunları uygulamayan işletmeler için ise yaptırımlar getirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, Enerji Verimliliği Yasası ile ilgili çalışmalarda, en az 500 TEP enerji tüketimi olan sanayi kuruluşlarının da Enerji Yönetim Sistemleri kurmalarının zorunlu hale getirilmesi öngörülmüştür **[17].**

2.2. Enerji Verimliliği Açısından Türkiye'nin Günümüzdeki Durumu

Türkiye gelişmekte olan bir ülke olup ekonomide yaşanılan zorluklar nedeniyle duraksamalar olmasına rağmen, enerji talebi ve tüketimi hızla artmaktadır **[20].**

1970'lerin öncesinde Türkiye için enerji bol ve ucuza temin edilen bir girdi iken, özellikle 1980'lerde sanayinin hızlı bir ilerleme göstermesi ile enerji gereksinimi artmış ve yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Türkiye geniş enerji potansiyeline sahip bir ülke olmasına rağmen, teknolojik yetersizlikler ve verimsiz kullanım nedeniyle dışarıdan enerji gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bu gereksinim için başta petrol ve doğal gaz olmak üzere, enerji ithali yapılmakta ve bu ülke hazinesine büyük bir yük getirmektedir (Şekil 2.1) **[17].**



Şekil 2.1. Yıllara Göre Türkiye'nin Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi

Enerji ihtiyacının yüksek olduğu bir ülke için her sektörde tüketime yönelik önlemlerin alınması kaçınılmazdır. Bu bağlamda yapılarda tüketilen enerji miktarının aydınlatma enerjisi için harcanan payını azaltabilmek için birtakım çözüm önerileri uygulanmaktadır. Türkiye'de de enerji verimliliği alanındaki çalışmalara örnek olarak 1995 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayınladığı "Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler" başlıklı yönetmeliğe göre enerji tüketimi 2000 TEP'e eşit ve büyük olan tüm fabrikalar, enerji tüketimi verimliliğinin arttırılması amacıyla Enerji Yönetimi Sistemini oluşturmaları gündeme gelmiştir **[21].**

2.3.Aydınlatmada Enerji Verimliliğinin Önemi

Enerji etkinliğinin günümüzdeki önemi içinde aydınlatmanın payı büyüktür. Mekanlarda aydınlatma tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri enerjinin verimli kullanılmasıdır. Doğal aydınlatmanın maximum tutulduğu bir aydınlatma tasarımı önerisinde minimum enerji harcayarak mekan aydınlatmasını sağlamak, günümüzde aydınlatmada optimum verim alınmasını sağlayacaktır. Bunun yanı sıra aydınlatma tasarımı yapılırken enerji verimliliği açısından dikkat edilmesi gereken belli hususlar vardır. Bunlara dikkat edildiği takdirde hem aydınlatmanın kişinin gözlerine zarar vermeden optimum olacak şekilde yapılması hem de enerjiden maksimum verim alınmasını sağlanacaktır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır:

- Lümen/watt oranı yani etkinliği, verimi yüksek olan lambalar kullanılmalıdır.
- Aydınlatma elemanlarındaki tozun, yayılan ışık miktarını engellememesi amacıyla aydınlatma elemanlarının düzenli olarak temizlik ve bakımları yapılmalıdır.
- Verimleri düşen lambalar, zamanı geldiğinde yenisiyle değiştirilmelidir.
- Enerji kaybını minimuma indiren flüoresan lambalar tercih edilmelidir. Akkor flamanlı lambalara göre kompakt flüoresan lamba ile yaklaşık %75 oranında tasarruf elde edilebilir.
- Henüz planlanma aşamasında, mekanların konumları günışığından maksimum yararlanacak şekilde yerleştirilmesi sağlanabilir. Çalışma alanları pencere kenarlarına konumlanarak ışık alması sağlanmalıdır.
- İç mekanlarda mümkün olduğunca açık renk boyalar tercih edilmeli, ışığın yansıması sağlanmalıdır.
- Çalışırken masa lambası kullanılmalıdır.
- Teknolojinin gelişimiyle daha düşük güç tüketimi ve daha yüksek verim sağlamak üzere üretilen led lambalar tercih edilmelidir **[22].**

İç aydınlatma sistemi tasarlanırken, enerjinin etkin kullanımı açısından bir takım etkenler göz önünde tutulmalıdır.

Bunlar;

• Yapay aydınlatma sisteminin seçimi,

• Lamba, aygıt ve yardımcı araçların seçimi,

• Aygıtların yerleştirilme yükseklikleri,

• Hesaplamalardaki doğruluk payı, kullanılan programlar ve

• Bakım faktörüdür **[23, 24].**

Aydınlatmanın yapılacağı mekanın kullanım amacına göre aydınlatma sisteminin seçilmesi esastır. Ortamın kullanım amacı, yapay aydınlatma sisteminin türünün seçiminde etkin rol oynar. Bir ofisin iç mekanıyla bir müzenin aydınlatma

tasarımı kriterleri birbirinden farklıdır. Bu mekanlara uygun olarak standartlaştırılmış aydınlatma değerleri mevcuttur. Bu değerlere uygun olarak aydınlatma elemanlarının seçilmesi ve tasarlanması enerjinin etkin kullanılması anlamında önemlidir.

Lamba, aygıt ve yardımcı araçların seçimi, enerjinin verimli kullanılmasındaki en önemli etkenlerden birisidir. Lamba seçimine bağlı olarak verim değerlerinde ve buna bağlı olarak da enerji giderlerinde çok önemli değişimler olabilir. Bir mekanın aydınlatılmasında ilk döşeme giderlerinde seçilen aydınlatma elemanlarına bağlı olarak çok önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Örneğin tayfsal ve renksel özellikleri bakımından tercih edilen akkor telli lambaların verimleri oldukça düşük ve enerji tüketimleri verimlerine oranla oldukça yüksektir. Buna karşılık tayfsal ve renksel özellikleri bakımından benzer şekilde üretilen kompakt flüoresan lambalar tercih edildiğinde daha çok verim elde edilerek daha az enerji tüketmek mümkündür **[25].**

Aygıtların yerleştirilme yükseklikleri, tavandan aydınlatma yapılan mekanlarda aygıtın vermesi beklenen ışık miktarını direkt olarak etkileyen bir etkendir. Aydınlık düzeyleri, aydınlatılan yüzeyin kaynağa olan uzaklığının karesi ile ters orantılı olarak değişir. Tavandan aydınlatılan bir mekanda, çalışma düzlemi ile aygıt arasındaki uzaklık ne kadar fazla ise, aygıtların vermesi gereken toplam ışık akısı o miktarda artacak, dolayısıyla enerji tüketimi de buna bağlı olarak artacaktır. Dolayısıyla tavandan aydınlatılan mekanlarda, aygıtın yüksekliği mümkün olduğunca minimuma indirilerek tüketilen enerji azaltılmalıdır **[24].**

Aydınlatma tasarımında kullanılan programlar günümüzde oldukça çeşitlenmiş, önemli verilerin pratik bir şekilde hesapların yapıldığı programlar haline gelmiştir. Birçok firmanın ürün kataloglarını bünyesinde bulunduran ve internet aracılığıyla güncel firmaların ürün kataloglarına da ulaşabilen programlar mevcuttur. Ancak ürün seçiminde ürünün fotometrik özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Fotometrik özelliği bilinmeyen ürünlerle yapılan hesaplamaların ve aydınlatma senaryoları gerçek durumu yansıtmayabilir. Bu nedenle bu tür hesapların yapılacağı programlar ve kullanılacak ürünler titizlikle seçilmelidir.

Bakım faktörü, armatürlerden kullanım ömürleri boyunca daha fazla verim elde etmek açısından oldukça önemlidir. Çünkü kullanılan armatürlerin belli bir süre sonra

çevresel etkiler nedeniyle (kir, toz, vs..) verimleri düşer. Bu etkilere maruz kalan armatürden çıkan ışık akısı, beklenen aydınlık değerini sağlayamaz. Bu değeri sağlaması için daha çok enerji tüketmesi gerekmektedir. Bu nedenle, mevcut sistemlerde armatürlerin bakımı periyodik olarak yapılmalıdır. Bakım esnasında arızalı armatürler de tespit edilerek yenisiyle değiştirilmelidir. Mevcut reflektörsüz armatürlere reflektör takılarak verimleri artırılmalıdır **[23, 25, 26].**

2.4.Aydınlatmada Enerji Kaybı

Aydınlatmada enerji verimliliğinin öneminden bahsedilirken aslında enerji kaybının hangi aşamalarda olduğunu tespit etmek önemli bir olgudur. İyi ve kaliteli bir aydınlatma sisteminden, aydınlatılması amaçlanan alanlara yeterli miktarda ışık göndermesi beklenilir. Kullanılmayan alanların aydınlatılması ya da kullanılan alanlarda gereğinden fazla aydınlatma yapılması enerji kaybına sebep olacaktır **[27].** Elektrik enerjisinin boşuna harcanmasını önlemek amacıyla Şazi Sirel 3 türlü boşuna harcamanın söz konusu olduğunu söylemiştir **[16].** Bunlar, düşük verimli lambalarda enerjinin, ışıklıklarda ışığın ve niteliği, biçimi, etütsüz bir aydınlık ile de aydınlığın boşuna harcanmasıdır.

2.4.1.Işık Üretiminde Enerjinin Boşuna Harcanması

Aydınlatmada kullanılan lambaların ışık verimleri yaklaşık 10 ile 180 lm/W arasında değişir. Buna bağlı olarak eğer yanlış lamba tercih edilirse boşuna harcanacak olan enerji elde edilen ışığın en çok 18 katını elde etmeye yetecek orana ulaşabilir. Lambalar tercih edilirken ilk etapta döşeme maliyeti, bakım ve kullanış kolaylığı, ışığın rengi, lamba boyutu ve gücü göz önünde bulundurulur. Bu seçim yapılırken yanlış lamba tercih edildiğinde gerekli enerjinin 18 kat olmasa bile 3-8 katına varan boşuna harcanması söz konusu olur (Tablo 2.1) **[16].**

Tablo 2.1. Lamba türlerinin ışık verimi

Lamba Türleri *(Standart Seri)*						
	Işık Verimi [lm/W]		Işık verimi düşme oranı	Ömür [saat]		Kuramsal ömür sonunda sönen lamba oranı
	Yeni iken	Kuramsal ömür sonuna		Kuramsal	İstatistiksel	
Akkor lambalar	8-16	7-15	0.93	1.000	500 – 1.500	0.50
Tungsten halojen lambalar	14-25	-	-	1.500 – 2.000	-	-
Halofosfat Flüoresan lambalar	48-74	37-58	0.78	8.000	7.000 – 16.000	0.05
Trifosfor Flüoresan lambalar	60-83	52-71	0.86	8.000	7.000 – 16.000	0.05
Özel katkı özdekli Flüoresan lambalar	45-60	-	-	8.000	-	-
Cıva buharlı lambalar	35-60	24-41	0.68	12.000	4.000 – 24.000	0.12
Metal halojenürlü lambalar	60-85	41-58	0.68	9.000	1.000 – 18.000	0.15
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar	70-135	61-117	0.87	12.000	4.000 – 24.000	0.11
Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar	100-180	-	-	20.000	-	-

2.4.2. Işıklıklarda Işığın Boşuna Harcanması

Lambalar, estetik kaygılarla, kamaşmayı ve darbeyi önlemek amacıyla aydınlatma armatürlerinin içinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla lambadan çıkan ışık belli engellerden geçtiğinden bu ışığın geriverimi söz konusudur. Geriverim, ışıklığın dışarı verdiği ışığın, içindeki lambadan aldığı ışığa oranıdır. İyi etüt edilmiş ışıklıkların geriverimleri, türlerine göre yaklaşık 0.45 ile 0.85 arasında değişir. Etütsüz, rastgele yapılmış ışıklıkların geriverimlerinin, ülkemizde yapılan bir araştırma ile, 0.07 ye kadar düştüğü saptanmıştır **[16].** Türkiye'de üretici firmaların üretim aşamasında bu tip hesaplamaları yapmamaları, ışıklık içinde kullanılan gereçlerin ışığı yansıtma ve geçirme çarpanlarının düşük olması ışıklıklarda ışığın boşuna harcanmasına sebep olmaktadır.

2.4.3.Aydınlığın Boşuna Harcanması

İyi görme koşullarının sağlanması iyi bir aydınlatmanın en önemli kuralıdır. İyi görme, nesnenin en ufak ayrıntılarını, biçimsel ve üç boyutsal özelliklerini, renk ve doku ayrımlarını, ve nesne konum ya da yer değiştiriyorsa, bu devingenliğin tüm özelliklerini, hiç zorlamadan, yorulmadan uzun süre rahatça görebilmek olarak tanımlanır. Aydınlatma elemanlarıyla elde edilen aydınlığın niteliği iyi görme koşullarına uygun olmadığı durumlarda en sık yapılan hata aydınlık düzeyini yükseltmek, daha çok ışık ve enerji harcamaktır. Bu görme koşullarını iyileştirmeyeceği gibi gereğinden fazla aydınlık parlamaya da sebep olur. Bu durumda aydınlık gerekli iyi görme koşullarını sağlayamadığından, boşuna harcanmış olur **[16, 22, 25].**

2.5.Aydınlatma Kontrol Sistemleri

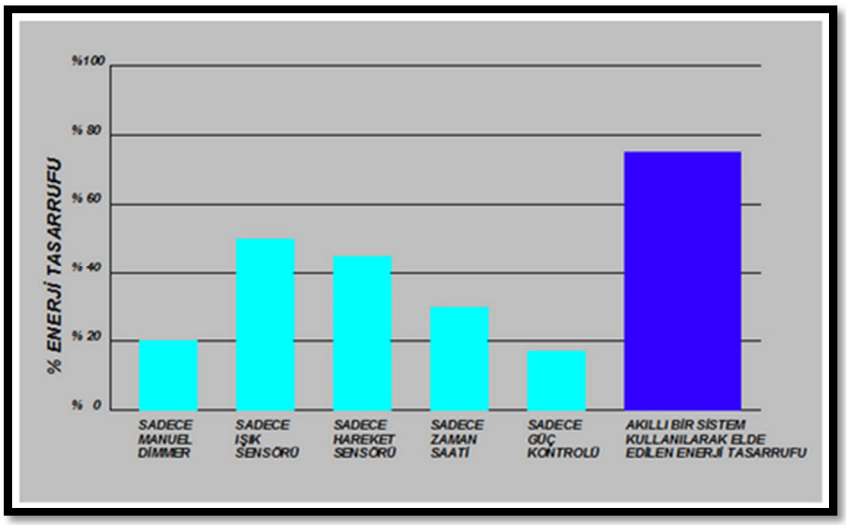
Aydınlatmada enerji verimliliği sağlamanın bir diğer yolu da aydınlatma kontrol sistemleridir. Aydınlatma birimlerinin kolay bir şekilde kontrolünü sağlamak ve aydınlatmayı etkili bir hale getirmek amacıyla kullanılan bu sistemde, iyi programlanmış bir aydınlatma otomasyon sistemiyle uzun süreli çalışma saatlerinin olduğu iş yerlerinde, çalışma saatlerine, gün ışığının konumuna ve yapılan işin niteliğine göre en uygun aydınlık düzeyi seçilerek, iş veriminin en yüksek seviyede olması sağlanabilir**.** Ayrıca aydınlatma otomasyon sistemleri, uzaktan kontrol edilebilir özellikte olmasından dolayı işyerleri, oteller, fabrikalar gibi büyük yerlerde aydınlatma kontrolünü çok basit bir hale getirdiğinden oldukça tercih edilir. Aydınlatma otomasyon sistemlerinde kullanılan dimmer üniteleri enerji tasarrufu yapmak açısından oldukça yararlıdır. Bu üniteler sayesinde, aydınlatmanın azaltıldığı oranda enerjiden tasarruf etmek ve ışık kaynaklarının ömrünü uzatmak mümkündür **[28].** Yüksek aydınlık düzeyi istenilen ortamlarda aydınlatma armatürleri anahtarlarla kademeli olarak kontrol edilebilir. Aynı ortamda alçak seviyelerde aydınlık düzeyine ihtiyaç duyulduğunda ise sistem, dimmerler ile sürekli kontrol edilmelidir. Böyle bir sistem tamamının sürekli kontrol edildiği bir sisteme göre çok daha ekonomiktir (Tablo 2.2)**[29].**

Tablo 2.2. Dimmer üniteleriyle elde edilen Enerji tasarruf yüzdeleri **[2].**

ENKANDESAN VE HALOGEN AMPULLER İÇİN DİMMER ÜNİTELERİ İLE ELDE EDİLEN ENERJİ TASARRUF TABLOSU		
IŞIK SEVİYESİ	ENERJİ TASARRUFU	AMPUL ÖMRÜ
% 90	% 10	x 2
% 75	% 20	x 4
% 50	% 40	x 20
% 25	% 60	>x 20

FLORESAN AMPULLER İÇİN DİMMER ÜNİTELERİ İLE ELDE EDİLEN ENERJİ TASARRUF TABLOSU		
IŞIK SEVİYESİ	ENERJİ TASARRUFU	AMPUL ÖMRÜ
% 90	% 10	x 1
% 75	% 25	x 1
% 50	% 50	x 1
% 25	% 75	x 1

Enerji tasarrufu sağlamak ve gün ışığından maksimum seviyede yararlanmak amacıyla içinde çalışan kimsenin bulunmadığı zamanlarda ışık sensörleri ve çevre aydınlatmalarını ekonomik şekilde programlayabilmek amacı ile astrolojik zaman saatleri aydınlatma otomasyon sistemi içerisine entegre edilerek maksimum düzeyde enerji tasarrufu sağlanabilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Aydınlatma Kontrol Sistemleriyle Elde Edilen Enerji Tasarrufu **[2].**

Ayrıca elektrik enerjisinin pahalı veya ucuz olduğu zamanlar için yapılacak farklı aydınlatma programlarının otomatik olarak devreye girmesi ile enerji tasarrufu yapılabilir **[25, 30, 31].**

BÖLÜM 3

YAPILARDA KULLANILAN AYDINLATMA SİSTEMLERİ

3.1. Aydınlatmanın Tanımı

Mekanlar ve içinde bulunan nesnelerin gerçek büyüklükleri ve doğal renkleri ile fark edilebilmesi için, nesnelerin üzerine doğal ve yapay aydınlatma araçları ile ışık göndererek görünmesini sağlayan sistemlere aydınlatma denir **[32].**

Aydınlatma bürolarda, okullarda, hastanelerde, fabrikalarda, trafikte, güvenlik konularında ve diğer konularda iyi görme koşullarının sağlanması için yapılır. Ancak aydınlatmanın amacı belli bir aydınlık düzeyi elde etmek değil, iyi görme koşulları sağlamaktır. İyi görme koşullarının sağlanması, gerekli aydınlık düzeyinin sağlanması ve aydınlığın niteliğinin görme konusuna uygun olması ile mümkündür.

Gereği gibi görülebilmeyi sağlayan aydınlatmanın temelde; nicelik ve nitelik olarak iki önemli boyutu vardır. Aydınlığın niceliği, sayısal değer olarak gerekli aydınlık düzeyinin saptanmasıdır. Bu saptamada yapılan işin özelliği, çalışma süresi, hız, çevre koşulları, çalışan kişilerin özelliği gibi etkenler önem taşır. Görsel algılamada aydınlığın az ya da çok olması yeterli değildir. Çünkü aydınlık düzeyleri, değişik ışık kaynakları, aydınlatma biçimleri, aydınlatma aygıtları seçerek, türlü aydınlatma düzenleriyle sayısız biçimde elde edilebilir. Ancak önemli olan yapılan işin, kullanılan hacimlerin niteliklerine göre "nasıl" bir aydınlatma olması gerektiği sorusunun yanıtını getirecek düzeni oluşturmaktır **[33].**

3.2.Aydınlatma Türleri

Mekanların aydınlatılmasında doğal ve yapay olmak üzere iki aydınlatma sisteminden yararlanılmaktadır **[32].** Bu iki tip aydınlatma aynı amaca hizmet etseler de birbirlerinden farklıdırlar. Aydınlatma bir işlevin görülebilmesi için gerekli aydınlık düzeyinin sağlanması olup, gün ışığının aydınlatmasının yeterli olmadığı ve

günışığından yararlanılamayan zaman diliminde enerji tüketilerek yapay aydınlatmanın kullanılmasıdır **[34].**

3.2.1.Doğal Aydınlatma ve Önemi

Doğal aydınlatmanın ana kaynağı gün ışığıdır. Mekanların doğal (günışığı ile) aydınlatılması, pencereler ve bazı durumlarda çatıdan gelen ışık yardımıyla sağlanmaktadır. Malzemenin cinsi ne olursa olsun, doğal aydınlatmanın doğru yapıldığı mekanlarda ışıksızlık (aydınlatma) problemi yaşanmaz. Günümüzde doğal aydınlatmanın tüm özelliklerini bünyesinde tutan bir aydınlatma elemanı henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle, gözü yormaması gibi üstün özelliği ile de mekanlarda mümkün olduğunca doğal aydınlatma tercih edilmelidir **[32].**

Güneş ışığı yüksek bir konfor düzeyine sahip olup, iş verimini artırabilir. Yapılarda doğal ışık ile elektrik tüketimini azaltarak, çevre kirliliğine de katkı sağlanır **[33].**

Günışığı yapı içine alındığında yalnız görmeyi değil, mekânın ve mekânı sınırlayan yapı elemanlarının algılanmasını da sağlar. Doğal ışık ile kullanıcı üzerinde yaratılmak istenilen duygu, günışığı kullanılarak etkili duruma getirilebilir **[23].**

Aydınlatmadaki gelişmeler ve bunun sonucu olarak ileri aydınlatma teknolojileri, mekan aydınlatma tasarımına yönelik yenilikçi yaklaşımların da gelişmesine sebep olmaktadır **[34].**

3.2.1.1. Doğal Işığın İnsan Performansı/Verimliliği Açısından Önemi

Günışığı çalışma mekanları için de temel ışık kaynağıdır. Gün boyunca konforlu ve verimli bir çalışma ortamı sağlanmasına katkıda bulunmalıdır. Yeterli seviyedeki günışığı elektrik aydınlatma sistemlerinin desteği ile görsel ve psikolojik konfor koşullarını sağlamaktadır. Böylece doğal (günışığı) aydınlatmanın görsel algıyı geliştirici, iş motivasyonunu arttırıcı ve çalışanların performansını ve iş üretkenliğini destekleyici özelliği olduğundan bahsedilebilir **[24].**

Günışığının yapılarda birincil ışık kaynağı olarak kullanılmasının enerji tüketiminin yanı sıra kullanıcı performansı açısından da birçok etkisi vardır. Bu etkilerden bazıları şu şekilde sıralanabilir;

- Günışığı fiziksel olarak insanın görsel ve 24 saatlik (circadian system) sisteminde etkili bir uyarıcıdır**.**
- Günışığı renk oluşturma sağlayan bir spektrum ile ulaşma eğiliminde olduğu için yapay aydınlatmaya göre görsel performansı maksimize etme olasılığı yüksektir **[35].**

Ayrıca yapay aydınlatmaya göre daha fazla aydınlatma şiddetine sahip olmasından dolayı gün ışığının insanlar üzerinde birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Güneşli bir günde açık havada aydınlatma şiddeti 100.000 lüks, gölgede ise 10.000 lüks değerinde olabilmektedir. Yapay aydınlatma ile işyerlerinde genellikle 500 lüks civarı aydınlatma şiddetine ulaşılabilmektedir **[36].**

İnsanlar üzerinde yapılan bir anket çalışmasında doğal ışığın psikolojik, fizyolojik, görsel vb. açılardan olumlu olduğu yönündeki sonuçlar Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Günışığı performansı ile ilgili bir anket çalışması **[35].**

Faktör	Günışığı daha iyi	Elektrik daha iyi	Fark yok	Kararsız
Fiziksel Konfor	88	3	3	6
Ofis görünümü ve memnuniyet	79	0	18	3
Genel sağlık	73	3	15	8
Görsel sağlık	73	9	9	9
İnsanların ve mobilyaların renk görünüşü	70	9	9	12
Çalışma performansı	49	21	27	3
İnce gözlem gerektiren işler	46	30	18	6

3.2.1.2.Doğal Işığın Enerji Tasarrufu Açısından Önemi

Doğru tasarlanmış doğal aydınlatma, kullanıcı sağlığı ve aktivitelerini desteklemekle birlikte, binanın enerji tüketimini azaltır ve ısıtma-soğutma yüklerinin dengelenmesini sağlar **[24].**

Hacimlerin günışığı ile aydınlatılması sırasında dikkat edilmesi gereken diğer etkenler;

- Günışığının etkin kullanımı ile olabildiğince düzgün bir aydınlığın sağlanması,
- Direkt güneş ışığından korunarak kamaşma kontrolü sağlanması,
- Dış çevre ile görsel ilişki kurulması,
- Dış aydınlık düzeyinin gün içindeki niceliksel ve niteliksel farklılıklarının hissedilmesi,
- İklim kontrolü ve gürültü kontrolü gibi diğer fiziksel çevresel konularla uyumlu bir tasarımın gerçekleştirilmesi,
- Yapma aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması olarak sıralanabilmektedir **[37].**

3.2.1.3. Doğal Işığın Bina İçine Alınma Yöntemleri

Yapı kabuğu opak ve saydam yüzeylerden oluşur. Opak kısımlar yapılarda saydam yüzeylerin ışık geçirgenliğini engellerken saydam kısımlar günışığının içeri alınmasını kontrol ederek hem yapay aydınlatmayı aza indirger hem de kontrollü günışığı aydınlatması sağlar.

Doğal ışığın bina içine alınması; geleneksel ve gelişen teknolojik yöntemlerle ışığın bina içine alınması şeklinde incelenebilir.

Yapılarda **geleneksel yöntemlerle ışığın bina içine alınması** pencereler, tepeden ışıklandırma ve atrium aracılığıyla olmaktadır. Bu üç yöntemin görüntü kalitesi, ışık etkisinin derinliği, göz kamaştırma potansiyelleri arasında farklılıklar vardır **[33]**. **Pencerelerle Aydınlatma**, günışığını içeri alarak etkin bir şekilde yararlanabilen geleneksel yöntemlerdendir. Her iklim bölgesi için uygun olup, tasarımın ilk aşamalarında ele alınmalıdır. Göz hizasında bulunan ve dış görüşü sağlayan görüş pencereleri ile dış görüşü sağlamayan yüksek pencereler (clerestories) bu başlık altında

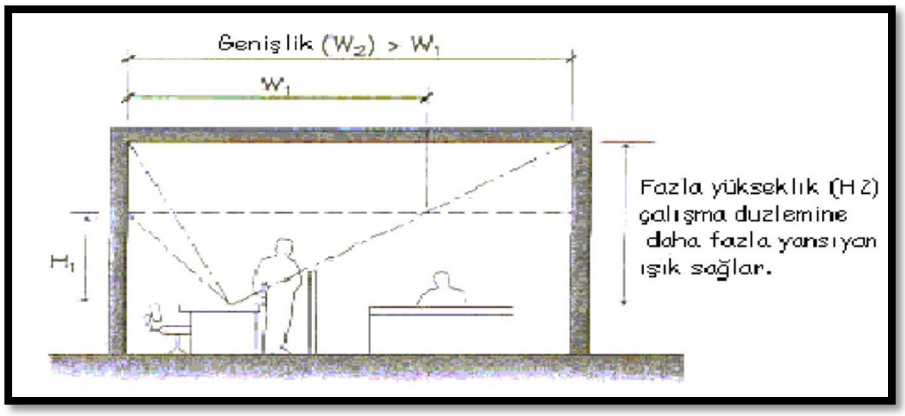
incelenebilmektedir**.** Göz hizasındaki pencerelerin en büyük özellikleri dış ortamla görsel bağlantıyı sağlamalarıdır. Bu pencerelerin en belirgin özelliği iç aydınlık düzeyinin pencereye yakın bölgelerden hacmin derinliklerine gidildikçe düşmesidir. Bu karakteristik dağılımda pencerenin baktığı yönün ve gök koşullarının niceliksel ve niteliksel etkisi büyüktür. Yüksek pencereler genellikle yerden 2.5m yükseklikte dış duvarda tasarlanan düşey pencerelerdir. Kuzeye veya güneye yönlendirilebilirler, güneye yönlendirildiğinde gölgeleme gerektirir **[37].**



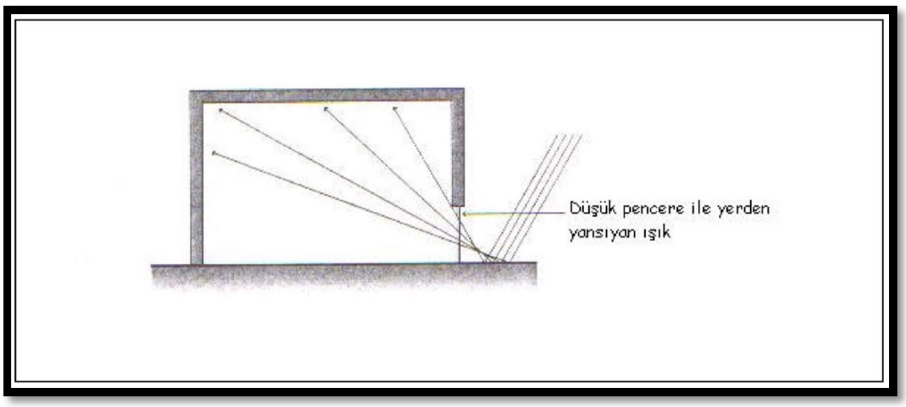
Şekil 3.1, 3.2. Doğal Aydınlatma Yöntemi Olarak Pencereler

Bir başka sınıflandırma ise pencere açıklığının yerine göre yapılmıştır. Bu açıklıklar ışık yansıtıcı ve tutucu yüzeyler, göz kamaştırması ve fazla ısıya neden olması göz önünde bulundurularak mimariye entegre edilmelidir. Çoğu durumlarda tavan yansıtılan ışığın alınması için en iyi yüzeydir. Işığı tavana yansıtma şekillerine göre;

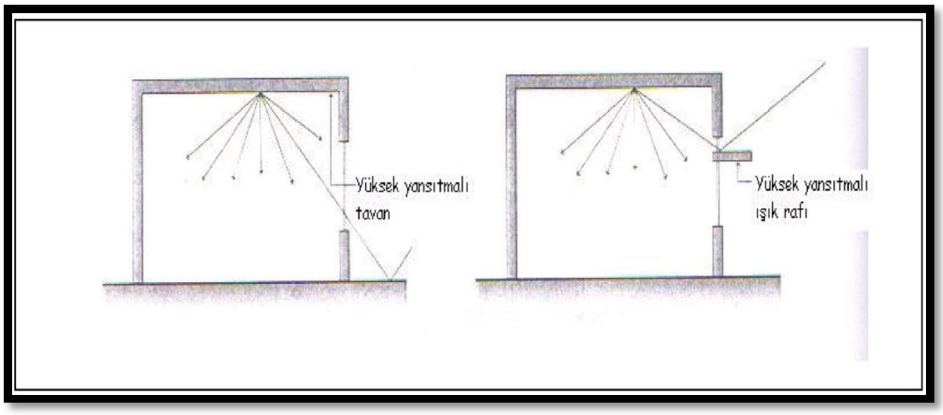
- Fazla yükseklik ile aydınlatma sağlanması



- Düşük pencere ile aydınlatma sağlanması



- Yüksek yansıtmalı yüzey ve ışık rafı ile aydınlatma sağlanması şeklinde sınıflandırılabilir **[33].**



Tepeden Işıklandırmanın (Çatı penceresi), uygulanışının en temel amaçlarından biri günışığının binaya girebilmesi olduğu için, boyutlarının ve konumunun tasarlanması, doğal aydınlatma tasarımına da doğrudan etki eder. Işık ne kadar yukarıdan (çatı ışıklıkları gibi) girerse o kadar dengeli ve ışıklı bir aydınlatma tasarımı elde edilir **[24].**

Çatı ışıklıkları, sürekli açıklıklar ve eğimli pencereler çatıda bulunan yatay açıklıklardır ve dış görüş sağlamayarak yalnızca yeterli ve kontrollü günışığı alınmasını hedeflemektedirler. Yatay açıklıklar düzgün bir aydınlatma sağlar ve hem günışığının hem de güneş ışığının kullanılabilmesine olanak verir. Direkt güneş ışığının kullanılmasında güneş kontrolü ve ışığın yaygınlaştırılması açısından önlemler alınmalıdır. Uygun şekilde seçilmiş ve monte edilmiş, enerji etkin bir çatı ışıklığı ısıtma, soğutma ve aydınlatma açılarından konforlu bir ortam yaratırken enerji kayıplarını da

minimize edebilmektedir. Binanın bulunduğu iklim bölgesi, binanın işlevi ve tasarım konsepti ile çatı ışıklığının uygun biçimde ilişkilendirilmesi gerekmektedir**[37].**



Şekil 3.3 Çatı ışıklığı



Şekil 3.4. Sürekli çatı ışıklığı



Şekil 3.5.Eğimli pencereler



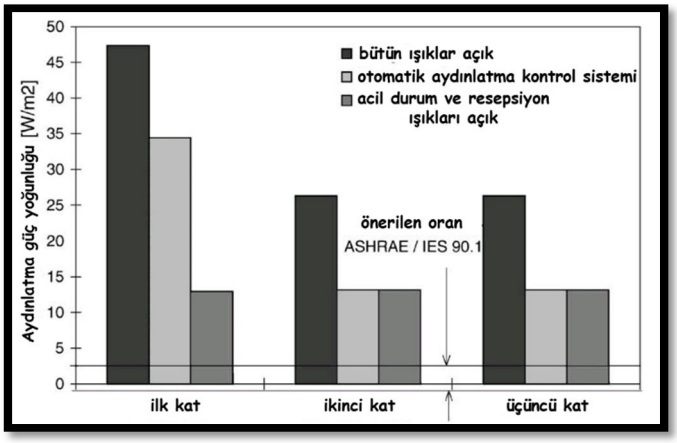
Şekil 3.6.Çatı feneri

Atrium, yapının merkezinde tasarlanan, camla korunan bir alan olduğundan yapının içinde ikinci bir görüş bölgesi yaratır. Atrium tasarlanmış yapılarda gün ışığı, büyük iç mekânlarda ışığın yüzeylerden yansıması sonucunda alt katlara kadar ulaşır. Atriumlar, maksimum enerji kazanımı, gün ışığıyla verimli çalıştığı, havalandırma sağladığı ve pasif ısıtma ve soğutma teknikleri için tasarlanmışlardır **[38].**

Gün ışığı atriuma girdikten sonra ilk olarak yan mekanların duvarlarını ve yer döşemelerini etkilemektedir. Bu nedenle bu yüzeylerin yansıtmaları mekan içerisindeki aydınlık düzeyine etki etmektedir. Işık kuyusu tarafında bulunan cam yüzeylerin alanları, yan mekanlardaki aydınlık düzeylerini etkiler. Işık kuyusuna bakan açıklıkların ve duvarların alanları, iç mekanlara ulaşan ışık miktarını etkiler (Şekil 3.8) **[33].**

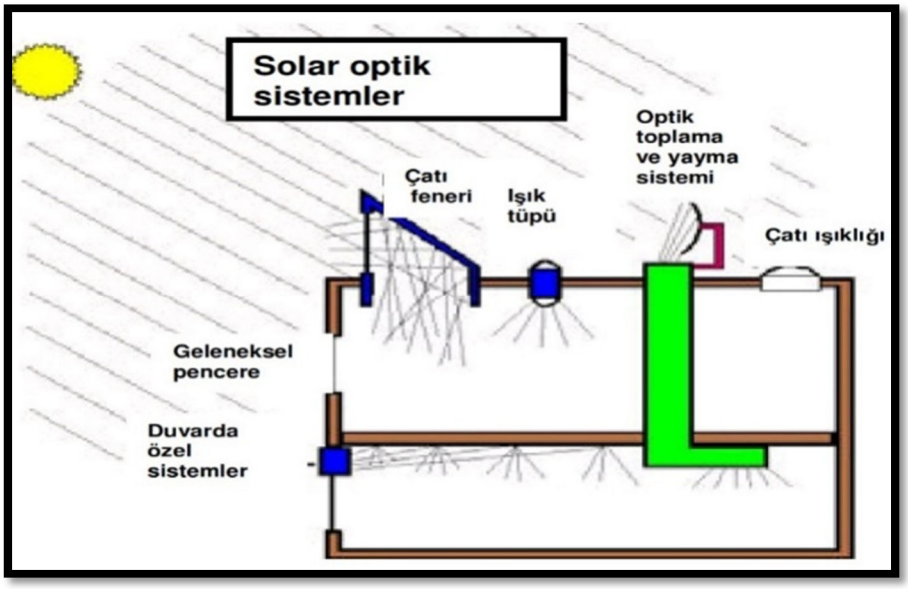


Şekil 3.7. Atriumlu Ofis Binası



Şekil 3.8. Katlara göre günışığının ulaşma miktarı **[38].**

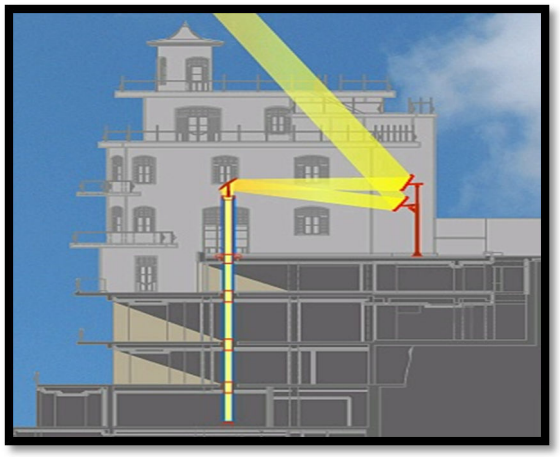
Geleneksel yöntemlerden düşey pencerelerle ışığın içeri alınma mesafesi pencereden uzaklaştıkça azalır ve yeteri kadar verim alınamaz. Daha geniş hacimlerde ise yeterli aydınlık düzeyi sağlayabilmek için açıklık sayısını arttırmak gereklidir ancak bu yöntem de binanın ısıtma-soğutma dengesini etkiler. Dolayısıyla bu noktada, gelişen teknolojiyle birlikte doğal ışığın yapı içine alınmasında **çağdaş yöntemlerle ışığın bina içine alınması (karma)** gibi yöntemler geliştirilmiştir (Şekil 3.9) **[33, 37].**



Şekil 3.9. Çağdaş Aydınlatma Yöntemlerinin Şematik Gösterimi

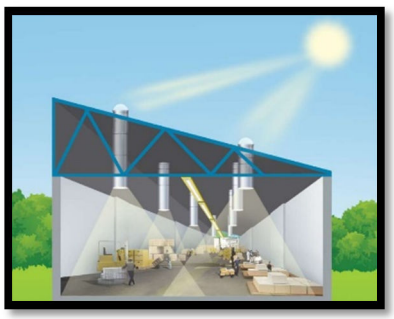
Işık Tüpleri, Çağdaş sistemlerden birisi olup, yandan ışıyan ve uçtan ışıyan ışık tüpleri olmak üzere 2 farklı şekilde tasarlanmaktadır:

Yandan ışıyan ışık tüpleri, çatıya ya da yapının dışına, güneşi takip edecek şekilde monte edilen ve günışığını yoğunlaştırmak için kullanılan bir "Heliostat" ünitesi, toplanan ışığı tüpe iletmek için tüpün giriş kısmına yerleştirilmiş ikincil bir ayna ve ışığı iletmek için kullanılan bir ışık borusu olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu tip sistemler her kata hizmet ettikleri için iletilen ışığın yoğunlaştırılması ve güçlendirilmesi gerekir. Bu nedenle, sistemi destekleyecek Heliostat ve ikincil bir ayna gibi hareketli yan elemanlardan destek alınmaktadır (Şekil 3.10) **[37].**

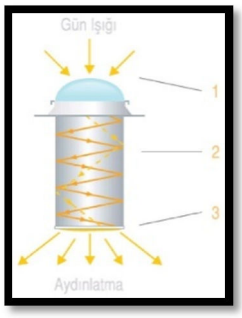


Şekil 3.10. Heliostat Sisteminin Şematik Çalışma Prensibi **[39].**

Uçtan ışıyan ışık tüpleri de üç ana bölümden oluşur. Bunlar; günışığını toplayıcı kısım, ışığı ileten yansıtıcı özellikteki metal kısım ve ışığın mekan içinde yayılmasını sağlayan dağıtıcı kısımdır. Ancak uçtan yansıyan ışık tüpleri tek katlı veya son kattaki yapılar için aydınlatma sağlar (Şekil 3.11, Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Işık Tüpünün Şematik Aydınlatma Şekli **[40].**



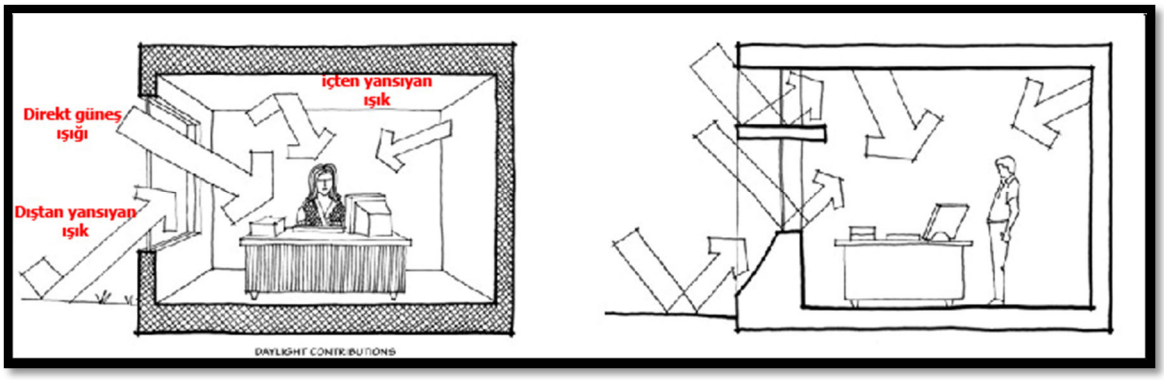
Şekil 3.12.Işık Tüpü

Çalışma prensibi, alınan gün ışığının yansıtıcı borularla hacmin içine taşınması şeklindedir. Isının hacme dağılımı, içte yer alan yayıcı elemanlarla sağlanır. Borunun içine veya yayıcı elemana yerleştirilen günışığına duyarlı yapma aydınlatma elemanı günışığı ile bağlantılı çalışabilmektedir. Bu şekilde düzenlendiğinde enerji tasarrufu bakımından olumlu sonuçlar verebilirler. Bu tip sistemler genellikle derin planlı kamu binalarının aydınlatılmasında tercih edilir. Bu yöntemle hem ışıktan tasarruf edilir, hem de çalışanların görsel konforu ve performansı arttırılabilir **[25, 33, 37].**

Hacmin yüksekliği, akrilik kubbenin yerleştirileceği alanın yönü, sistemde kullanılan yansıtıcı tüpün uzunluğu sistem performansını doğrudan etkilemektedir. Genellikle çatıya montajı yapılan kubbenin yönü, (duruma göre bina cephesine, bahçeye de montaj yapılabilmektedir) güneşin doğuşundan batışına kadar geçen sürede gün ışığını sağlıklı alabileceği (güney cephe), çevresinde gölgelemeye neden olacak bina ağaç vs. olmayan bir alana yapılmalıdır. Kurulumda kubbe yönü ve montaj yapılacak alanın doğru belirlenmesi, içeride elde edilecek ışık verimini artıracaktır **[41].**

Işık Rafları, gökyüzünden gelen ve yansıyan ışınlara kalkan görevi görerek, üst yüzeyde ışığa gölge yapmak ve yansıtmak için tasarlanır. Işık rafı, genellikle yataydır ya da, pencere cephesinin dışına ve içine yataya yakın şaşırtma yapılarak yerleştirilir. Işık rafları sayesinde gelen ışınlar daha derin yüzeylere aktarılabilir ancak bu raflar her yapıya özel odanın biçimine, pencerenin yönlenmesine ve binanın enlemine uygun

olarak tasarlanmalıdır. Bu şekilde tasarlanan ışık rafları daha etkin ve verimli bir aydınlatma sağlar (Şekil 3.13) **[33].**



Şekil 3.13. Işık rafı uygulaması**[25].**

Işık rafları cepheyle bütünleşik bir eleman olabileceği gibi sonradan monte edilen bir eleman da olabilir. Genellikle göz seviyesinin üstüne yerleştirilir ve bu sayede hem dış görüşü engellemez hem de gelen ışınları tavana yansıtma özelliğini sağlar **[37].**

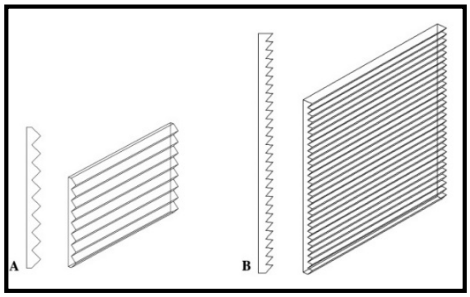
Işık rafları günışığını binaların derin iç hacimlerine iletmenin yanında pencereden gelen kamaşmayı azaltmaya da yardımcı olurlar. Bina dışında kullanılan ışık rafları daha fazla açılardan günışığına maruz kaldıklarından dolayı bina içinde kullanılanlardan daha verimlidirler. Tavandan yansıyan aydınlık özellikle iç hacimlerdeki gölgeleri ve yapay aydınlatmaya olan ihtiyacı azaltacak veya ortadan kaldıracaktır **[25].**

Prizmatik Sistemler, ince, düzlemsel, testere dişli açık akrilikten yapılmıştır. Ilıman iklimlerde kullanılır. Gün ışığını ya kırmaya ya da dolaylı olarak göndermeye yarar. Direkt gün ışığını kırmada gölgeleyici bir sistem olarak, tepe penceresinde ise ışığı geçirip yayıcı olarak kullanılır. Birçok farklı uygulanma yolları vardır. İster sabit, ister güneşi izleyen düzenekler şeklinde cepheler ve tepe pencerelerinde uygulanabilirler **[33].**

Sistem düşey pencerelerde kullanıldığında üzerine gelen direkt güneş ışığını yansıtıcı yüzeyinden yansıtarak prizmatik yapıdan geçirip tavana doğru kırmakta ve hacmin içine yönlendirmektedir. Direkt güneş ışığının yansıtılması sırasında kamaşma

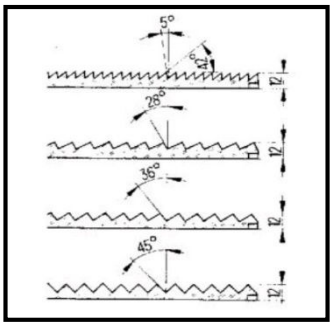
sorunu olabileceğinden sistemin pencerenin üst kısımlarına yerleştirilmesi doğru olacaktır **[42].**

Prizmatik panellerin gölgeleme elemanı olarak kullanılması ve gün ışığını yeniden yönlendirmesi şeklinde birbirinden tamamen ayrı iki işlevi vardır.

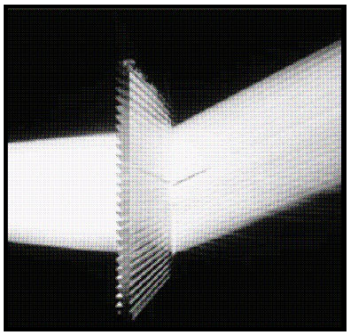


Şekil 3.14. Prizmatik panjurlar **[40].**

Günışığının kontrollü kullanımını sağlamak için prizmatik paneller, yansıma ve kırılmayı kullanırlar ve sistem, belli açılardan gelen ışığı yansıtıp farklı açılarla gelen ışığı içeri geçirecek şekilde tasarlanabilmektedir (Şekil3. 7) **[38].**



Şekil 3.15.Prizmatik Panjurların Şekilleri**[33].**



Şekil 3.16.Doğrusal Prizmatik Sistem **[33].**

3.2.2.Yapay Aydınlatma

Aydınlatma insanoğlunun varoluşundan bu yana çevresindekileri algılamak, görsel konfor gereksinimlerini karşılamak ve yaşamını sürdürmek için gerek duyduğu fizyolojik bir gereksinmedir. Doğal ışığın var olmadığı veya yeterli gelmediği durumlarda yapay aydınlatmaya gereksinim duyulur. Yapay aydınlatmanın büyük oranda enerji kaynağı elektriktir. Bu anlamda yenilenemeyen bir enerji türü olan elektrik enerjisinin yapay aydınlatmada verimli kullanılması konusu gündeme

gelmektedir. Bu konuda Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU, "Bir çevrenin doğru aydınlatılması ile fizyolojik ve psikolojik açılardan görsel konfor koşullarına ulaştırılması ne kadar önemliyse; bu koşulların eylem süresince en ekonomik şekilde sürdürülebilmesi de bir o kadar önemlidir. Bu nedenle, görsel konfor sağlamak amaçlanırken diğer bir yandan enerjinin etkin kullanımı da sağlanması gerekliliğini vurgulamıştır **[2].** Bu tez kapsamında yapay aydınlatma yöntemleri üzerinde durulmuş ve seçilen aydınlatma elemanları ve bunların tükettiği enerji miktarları, kullanım ömürleri gibi kavramlar yapay aydınlatmada verim alma ve enerji tasarrufu sağlama açısından değerlendirilimiştir.

Yapay aydınlatmadan bahsederken bu başlık altında açıklanması gereken birtakım kavramlar vardır. Bunlar Aydınlık, Alan, Işık akısı ve Aydınlık seviyesi, Etkinlik faktörü gibi kavramlardır.

Aydınlık, a/b gibi bir kavram olarak düşünülürse, payda olan b bir alanı, pay a ise bu alana düşen ışığı gösterir. Dolayısıyla a/b oranı belli bir alana düşen ışık miktarını verir.

Alan, düzlemsel, küresel ya da silindirik olabilir. Duruma göre, üst yarı küresel, alt yarı küresel, silindirsel, yarı silindirsel ya da düzlemsel aydınlıklardan söz edilir. Alan birimi m^2 dir **[5].**

Işık Akısı, sağlıklı normal gözün aydınlık görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre ışık olarak değerlendirilen enerji akısıdır. Alan gibi bir büyüklük, yani nicel bir kavram olup, birimi lümen(lm)'dir.

Aydınlık seviyesi, birim yüzeye düşen ışık akısının dik bileşenidir. 'E' harfi ile gösterilir. Birimi lux'tür.

Etkinlik Faktörü, bir lambadan çıkan toplam ışık akısının, lambanın gücüne oranıdır. Birimi lm/W' tır ve 'e' harfi ile gösterilir **[43].**

Parıltı, yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır. Işık yayan yüzey kendisi ışık üreten bir lamba veya ışık geçiren bir armatür yüzeyi gibi birincil ışık kaynağı olabileceği gibi, başka bir kaynaktan ulaşan ışığı yansıtan ikincil bir ışık kaynağı da olabilir. L harfi ile gösterilir. Birimi cd/m2'dir **[15].**

Kamaşma, parıltı olarak tanımlanan cd/m² değerinin aşırı derecede yüksek olmasına veya ışık kaynağından yayılan ışınımların direk olarak göz tarafından rahatsız edici olarak algılanmasıdır **[15].**

Aydınlık seviyesi, söz konusu olan aydınlığın niteliğidir veya aydınlığın niteliği, aydınlık seviyesi ile anlatılır denilebilir **[5, 43].**

Tüm bu yapay aydınlatma kavramları, aydınlatılacak olan mekanda kullanılan lamba tiplerine göre değişkenlik göstermekle birlikte lambalar, aydınlığın niceliğinde, niteliğinde ve enerji tüketiminde farklılıklar gösterir. Lamba tipleri elektrik enerjisini ışığa dönüştürme şekillerine göre 3 başlık altında toplanabilir **[44, 45].**

- Akkor ve akkor-halojen lambalardır.
- Deşarj lambalar; geniş bir spektrumu olan ışık kaynaklarını içerir. Flüoresanın tüm çeşitleri, sodyum buharlı ve metal halide lambalardır.
- Yarı iletken lambalar olan LED lambalardır.

Ayrıca kendisi ışık kaynağı olmayıp, diğer ışık kaynaklarından birini kullanarak ışığı ileten, fiber optik sistemler de bulunmaktadır.

3.2.2.1.Lamba Tipleri

Yapay aydınlatmada ana bileşenlerden birisi olan lambalar, kullanıldığı mekana göre, çalışma prensibine göre, enerji tüketimine göre, bakım maliyetine göre, sağladığı aydınlık düzeylerine göre farklı alanlarda kullanılabilir. Lambaların etkinlik faktörü, enerji kullanımı açısından oldukça önemli bir faktördür.

Akkor Lambalar

Enkandesan lamba olarak da bilinen akkor lambada ışık elde etme prensibi olan ısıl ışıma, tungsten telden geçen elektrik akımı teli ısıtarak akkor duruma getirir ve telin ısınmaya başlamasıyla elektrik enerjisi ışınım enerjisine dönüşür. Bu lambaların ışınımlarının çok büyük bir bölümü ısıya, küçük bir bölümü aydınlatmaya dönüşür. Bu nedenle, verimleri çok düşüktür (h=10-20 lm/W). Dolayısıyla etkinlik faktörü düşük olan bir lamba tipidir. Yaygın olarak kullanılmakta olan akkor flamanlı lambalar elektrik enerjisinin %95'ini ısıya çevirmekte, sadece düşük bir kısmını ışığa

dönüştürerek aydınlatma sağlamaktadır (Şekil 3.17)**.** Reflektörlü, dekoratif, çubuk ve özel enkandesan lamba olarak çeşitlenmişlerdir **[22, 43, 46].**



Şekil 3.17. Akkor Lamba

Akkor Halojen Lambalar

Akkor halojen lamba, akkor lambanın atmosferindeki gaz karışımının halojen çevrimi diye bilinen bir reaksiyonla değiştirilmesi (halojen eklenmesi) ile oluşturulmuş bir ısıl ışık kaynaktır. Bu reaksiyon lambanın ömrünün artmasını sağlar. Bu sayede akkor halojen lambaların etkinlik faktörü, renk sıcaklığı ve lamba verimi akkor lambalardan daha yüksektir**.**

Fluoresan Lambalar

Fluoresan lambalar tüpün iç cidarına flüoresan madde sürülmüş alçak basınçlı cıva buharlı lambalardır (Şekil 3.18). Işınım elde etme biçimi ısıl ışıma olan fluoresan lambalarda, alçak basınçlı cıva buharı ortamında lambanın iç yüzeyine sürülen fluoresan maddeden elektrik akımı geçirilmesi ile gerçekleştirilen 'elektrik deşarj' olayı ile ışınım oluşturulur. Fluoresan lambaların verimi temelde lamba gücü arttıkça artmaktadır. Fluoresan lambalar loşlaştırılabilirler, yatırım maliyeti orta işletme maliyeti ise ucuzdur. Ömrü ise açma-kapama sayısına ve sıklığına büyük ölçüde bağlıdır. Fluoresan lambalar da kendi içinde çubuk flüoresan lamba ve kompakt flüoresan lamba olarak çeşitlenmiştir **[43, 46, 47].**



Şekil 3.18 Çubuk Fluoresan Lamba

Kompakt Fluoresan Lambalar

Standart akkor lamba tüketimine göre %80 enerji tasarrufu sağlar. Bu lambalara enerji tasarruflu lambalar da denilmektedir. Sıkıştırılmış formu sayesinde dekoratif lambaların içinde kullanılabilir. Akkor lamba kullanılan hemen hemen her yerde kompakt fluoresan lambalar kullanılabilir. Örneğin 75 Watt'lık akkor flamanlı lamba yerine, 15 Watt'lık bir kompakt fluoresan lamba kullanarak, aynı aydınlatma %80 daha az enerji tüketimi elde edilir (Şekil 3.19) **[46, 47].**



Şekil 3.19. Kompakt Fluoresan Lamba

Enerji fiyatlarının artmasından dolayı son yıllarda oldukça tercih sebebi olan kompakt flüoresan lambalar kullanım ömürleri bakımından da akkor lambalara göre oldukça avantajlıdır. Başta akkor lambalara göre daha maliyetli görünseler de zaman içinde kullanıma bağlı olarak hem kullanım ömürleri hem de harcadıkları enerji bakımından akkor lambalara göre oldukça hesaplıdır.

Lamba tiplerinin enerji harcamaları kullanım ömürleri birbirlerine göre avantajlı olsa da her lamba tipinin tercih edildiği farklı alanlar vardır. Örneğin akkor flamanlı lambalar, kısa süreli çalışmalarda ve genel amaçlı yerlerde; halojen lambalar, yüksek

yoğunluklu aydınlatmada ve iyi renk geri verimi gereken yerlerde; tüp fluoresan lambalar, sürekli veya kesintili aydınlatmada ve genel amaçlar için, iyi renk geri verimi gereken yerlerde; kompakt fluoresan lambalar, iç ortamlarda ve yüksek kaliteli aydınlatma gereken yerlerde kullanılır **[30].**

Led Aydınlatma

Teknolojinin gelişimiyle birlikte aydınlatma sektöründe de önemli teknolojik gelişmeler olmaya devam etmektedir. Günümüze kadar var olan aydınlatma seçeneklerine ek yeni seçenekler üretilmeye başlanmış ve günümüzde de önemli bir noktaya gelinmiştir. Günışığına en yakın, etkinlik faktörü, kullanım ömrü, enerji tüketimi ve boyutları olabildiğince minimumda, geniş renk yelpazesi, sıcaklığı ve uzun vadede kullanıcısına düşük maliyet avantajı sunan led sistemler, bu cazip özellikleriyle son yıllarda tercih sebebi olmaktadırlar.

LED (Light Emitting Diode) 'ışık saçan diyot' anlamına gelen bu sistemler çok sayıda diyotun seri paralel guruplar halinde birleştirilmesiyle oluşturulan, yüksek ışık veren LED aydınlatma sistemleri her geçen gün daha yaygın biçimde kullanılmaktadır. Birkaç tipte üretilen LEDler birleştirilerek veya tek tek kullanılarak çok canlı ve parlak renklere sahip aydınlatma elemanları üretilmektedir **[46].** Birbirinden farklı ve geniş renk skalasıyla LED'ler mimarlara ve aydınlatma tasarımcılarına çok geniş olanaklar sağlamaktadır. Çok düşük enerji tüketimleri, cok uzun ömürleri (100.000 saat) ve darbe dayanıklılığı ile de kullanıcılarına maliyet bakımından oldukça avantaj sağlamaktadır.

Fiber Optik Aydınlatma

Bu sistem, aslında başlı başına bir aydınlatma aygıtı değildir. Aydınlatma sistemlerine yardımcı ek bir sistemdir. Kullanılan ışık taşıyıcı kabloya bağlı olarak bu adı almıştır. Cam veya plastik fiberlerinden yapılan fiber optikler, ışık dağılım eğrisini kumanda etmezler ancak ışığı klavuzlarlar. Fiber optiklerle ışığı, ışık kaynağının bulunduğu yerden 20m'ye kadar taşımak olanaklıdır. Fiber optik sistemlerin bir başka tercih sebebi ise çok esnek kullanım alanları sağlamasıdır. Bu sistemler girilemeyen yerlerin, patlama riski olan, ıslak veya nemli ortamların, lamba sıcaklığının zarar verebileceği müze teşhir dolaplarında ve çeşitli dekoratif aydınlatmalarda kullanılabilir.

Işık kaynağında üretilen ve fiber optik kablolar ile taşınan ışık soğuk olduğu için yakınındaki canlılara ve malzemelere zarar vermez **[43, 44].**

3.3.Genel Aydınlatma Teknikleri

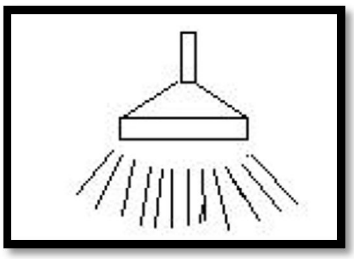
Genel aydınlatma, yapay ışık kaynağından gelen ışık akısının çalışma düzlemine ne oranda yansıyarak veya direkt olarak gelmesine bağlı olarak;

- Doğrudan aydınlatma,
- Yarı doğrudan aydınlatma,
- Karma ya da yayınık aydınlatma,
- Yarı dolaylı aydınlatma,
- Dolaylı aydınlatma

Olarak sınıflandırılmaktadır **[10].**

3.3.1. Doğrudan Aydınlatma

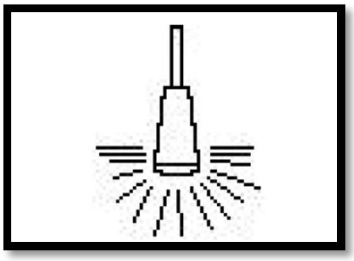
Doğrudan aydınlatmada aydınlatma aygıtından çıkan ışık akısının çalışma düzlemine direkt yönlendirildiği aydınlatma türüdür (Şekil 3.20). Işık kaynağı ile çalışma düzlemi arasında bir engel yoktur. Aygıttan çıkan ışık direkt çalışma düzlemine geldiğinden sistemin verimi yüksektir ancak bu tip aydınlatmada gölgeleme sorunu ve mekan içerisindeki aydınlık dağılımında farklılıklar ortaya çıkmaktadır **[10, 48, 49].**



Şekil 3.20. Doğrudan Aydınlatma

3.3.2.Yarı Doğrudan Aydınlatma

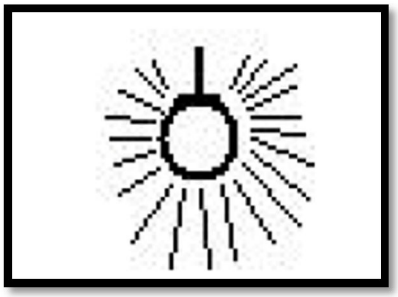
Aydınlatma aygıtından çıkan ışığın bir kısmı (%10 -%40) yansıtıcı yüzeylerden yansıyarak çalışma düzlemine gelir. Bunun sonucunda çalışma düzleminde elde edilen aydınlık, doğrudan aydınlatmanın bazı olumsuz özellikleri azaltılarak elde edilmiş olur (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Yarı Doğrudan Aydınlatma

3.3.3.Karma ya da yayınık (Dağınık) aydınlatma

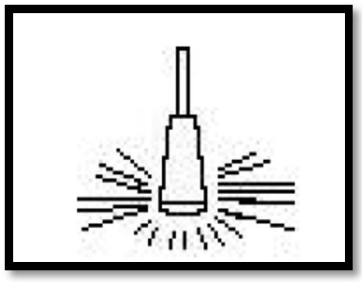
Hem dolaylı hem doğrudan aydınlatmanın bir arada görüldüğü aydınlatma türüdür. Aydınlatma aygıtından çıkan ışık neredeyse eşit olarak dolaylı ve dolaysız biçimde çalışma düzlemine ulaşır. Işık akısı çalışma düzlemine yansıyarak geldiğinden gölge oluşumu diğer aydınlatma tiplerine oranla daha azdır ve bu yüzden konutlarda tercih sebebidir. Sistemin verimi açısından yansıtıcı yüzeylerin bakımı ve temizliği düzenli olarak yapılmalıdır. Dağınık aydınlatmada, aydınlatma elemanları mekanın tamamına dengeli bir şekilde dağılmıştır. Dolayısıyla aydınlık değeri mekanın her noktasına neredeyse eşit değerde dağılır (Şekil 3.22) **[48, 49].**



Şekil 3.22. Dağınık Aydınlatma

3.3.4.Yarı Dolaylı Aydınlatma

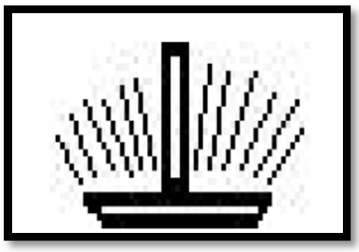
Aydınlatma aygıtından çıkan ışık akısının büyük bir kısmının (%60 - %90) dolaylı olarak çalışma düzlemine ulaştığı aydınlatmadır (Şekil 3.23)**.**



Şekil 3.23. Yarı Dolaylı Aydınlatma

3.3.5.Dolaylı Aydınlatma

Aydınlatma aygıtından çıkan ışık akısının tamamına yakınının, (%90-%100) dolaylı olarak çalışma düzlemine ulaştığı aydınlatmadır. Hacim içerisinde gölgelenme yok denecek kadar azdır ve oda içerisindeki aydınlık seviyesi dağılımı homojendir (Şekil 3.24). Yine yansıma sonucu elde edilen bir aydınlık söz konusu olduğundan sistemin verimi açısından yansıtıcı yüzeylerin bakımı ve temizliği düzenli olarak yapılmalıdır **[48].**



Şekil 3.24. Dolaylı Aydınlatma **[50].**

BÖLÜM 4

ENDÜSTRİYEL YAPILARDA UYGULANAN AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Endüstriyel yapılarda aydınlatma, üretim proseslerinin gelişiminden, ortaya çıkan ürünün kalitesine ve çalışanların günlük çalışma performanslarına kadar birçok aşamada önemli bir rol oynar. Endüstriyel üretimin, bir ülkenin gelişiminde ve kalkınmasındaki payının oldukça önemli olduğu çağımızda, aydınlatmanın işlevselliği ve uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla bir çok bilgisayar programı üretilmiştir. Bu programlardan bazıları sadece hesap yaparken bazıları da ileri görselleştirme teknikleriyle hem mekanı simüle edip hesap yaparak hem de 3 boyutlu görünüm sağlamaktadır. Bu çalışmada kullanılan Dialux 4.12 programı bahsedilen program türüne örnektir. Bu program ile çalışmada modellenen mekan simüle edilerek, gerekli aydınlık hesapları yapılmış ve mekanın görselleri oluşturulmuştur.

4.1.Dialux Programının Genel Özellikleri, 3d Görselleştirme Ve Animasyon Özellikleri

Dialux Programı, aydınlatma hesaplarını detaylı bir şekilde yapmak için tasarlanmış, armatür değişikliği ile hesap yapmaya olanak sağlayan bir CAD yazılım programıdır. Dialux ile uyumlu olarak çalışan Pow-Ray programı sayesinde ileri 3D görselleştirme yapılabilmektedir. Günümüzde birçok aydınlatma tasarımcısı tarafından profesyonel anlamda kullanılan programın, 4.12 versiyonu kullanılmıştır. Dialux'ün sağladığı olanaklardan bazıları;

- Basit veya profesyonel olarak aydınlatma planı yapılabilmekte,
- Kendini sürekli güncelleyen kütüphanesi sayesinde, lider aydınlatma firmalarının güncel kataloglarından seçilen armatürler kullanılabilmekte,

- Enerji tüketim analiz hesapları yapılabilmekte,
- Kullandığı ek programlarla ileri düzeyde görselleştirme yapılabilmektedir.

DIALux, seçilen lamba ve armatür bilgilerine, ortam özellikleri ve istenen aydınlık düzeyine göre aydınlatılan ortamda maksimum ve minimum aydınlık düzeyi olan bölgeleri, lamba çevrelerinde oluşan aydınlık düzeyini, hem sayısal olarak hem de bir izohips şeklinde veren bir aydınlatma programıdır **[51].**

Dialux 4.12 programı, Dialux ve Dialux light programı olarak 2 ayrı biçimde kullanılabilmektedir. Dialux Light programı, iç aydınlatmada, aydınlık hesaplarının ve görselleştirmenin hızlı bir şekilde yapılmasını sağlar. Dialux Light programıyla, Dialux programı hiç başlatılmadan hızlı bir şekilde yapay aydınlık hesabı yapılabilmektedir. Dialux Light Programı başlatıldığında sırasıyla;

- Proje bilgilerinin girilmesi
- Oda geometrisi, hesap parametreleri ve ışıklık seçimi
- Işıklıkların hesapla yerleştirilmesi ve sonuçların gösterilmesi
- Baskı seçeneklerinin belirlenmesi ve baskı alınması

adımları izlenir.

4.1.1.Dialux Programının Veri Girişi Özellikleri

Dialux 4.12 Programı başlatıldığında görünen ilk pencerede;

- Yeni iç proje, dış proje veya yol projesi seçenekleri
- Dialux yardımcıları
- Son proje veya bilinen bir projeyi açma seçenekleri sunulur. Yeni iç proje, dış proje veya yol projesi seçeneklerinden herhangi birisi seçildiğinde programın içine girilmiş olur. Dialux yardımcıları seçeneğinde Hızlı planlama, Profesyonel hızlı planlama ve Yol planlaması olmak üzere 3 seçenek sunulur. Bu seçeneklerin hepsi hızlı ve pratik bir şekilde mekan seçimi ve boyutları, zemin-duvar tipi, ve armatür seçimine olanak tanır. Yeni iç proje seçildiğinde **Proje** sekmesinden;
- modellenecek mekana ait boyutlar girilir.

- Yüzey koordinatları veya dünya koordinatları seçeneğiyle koordinat bilgisi girilebilir.
- Kullanılan ışıklıklar bu sekmede listelenir.

Nesneler sekmesinden;

- Mekana eklenmek istenen iç/dış mekan donatıları seçilip koordinat ve açı belirtilerek ekle butonuna basılıp eklenebilir.

Renkler sekmesinden;

- Modellenen mekanın duvar ve zemin malzemeleri, kapı, pencere ve mobilya yüzeylerinin dokuları ve renkleri seçilerek yansıma derecesi, saydamlık, pürüzlülük, ayna etkisi ve parlaklık davranışı gibi özellikler belirlenebilir.
- Kullanılan ışığın renk sıcaklıkları belirlenebilir.
- Renk süzgecinden kullanılan ışığın rengine göre süzgecin yüzde etkisi seçilebilir.
- Standart lamba görüngeleri seçeneğinden ise akkor, flüoresan ve yüksek basınç lambaları için renk sıcaklığı ve spektrum değeri belirlenebilir.

Işıklılık Seçimi sekmesinden,

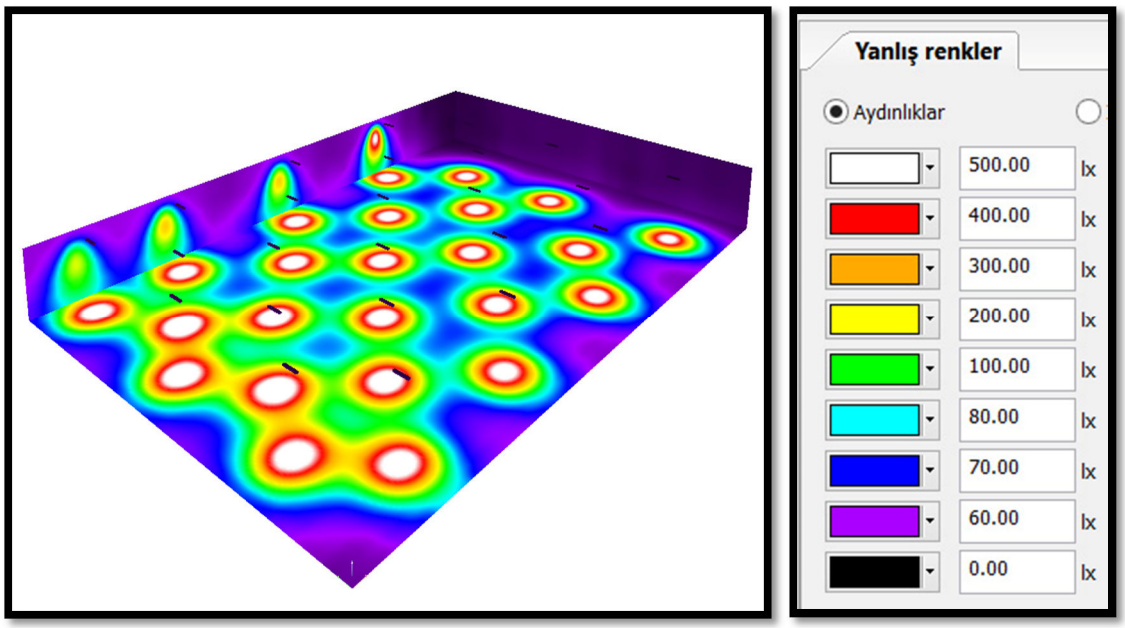
- Dialux lamba kataloğu içinden bir armatür seçilebilir.
- Online kataloglardan birisi seçilerek internet ağı üzerinden lider firmaların güncel kataloglarındaki armatürlere erişilebilir.
- İnternet sitesi üzerinden seçilen armatür ‘dialux’e gönder’ butonundan programa direkt olarak aktarılır veya programda yüklü olan katalogdan bir armatür seçilirse de bu armatür sürüklenerek çalışma alanına aktarılır.
- Seçilen armatürün ışık akısı, güç ve düzeltme katsayısı gibi teknik verilerine armatür seçiliyken üst barda beliren teknik sekmesinden müdahele edilebilir.
- Genel ve açıklama sekmelerinde ise armatürle alakalı firmanın vermiş olduğu bilgiler yer alır.

4.1.2.Dialux Programının Veri Çıkışı Özellikleri

Dialux programı, sonuç verilerini üç ayrı başlık altında toplamıştır. **Çıktı** sekmesinden bu verilere ulaşılır.

1. Proje Bilgileri
2. Kullanılan Işıklık Bilgileri
3. Oda Bilgileri

Proje bilgileri başlığı altında proje kapak sayfası, içindekiler bölümü ve kullanılan ışıklıkların listesi açıklamalı olarak yer almaktadır. Kullanılan ışıklık bilgileri, ışıklığın adının altında ışık veri yaprağı sayfasında ışıklığın teknik özellikleri ve firma tarafından verilen bilgiler yer almaktadır. Oda bilgilerinde ise oda ile ilgili tüm geometrik veriler, kullanılan nesneler ve bu nesnelerin her birinin koordinatları yer almaktadır. Yanlış renkler görüntülemesi başlığında ise, ışık dağılımına göre yapılan aydınlanma değerlerine göre belirlenen renk skalasındaki renkler gösterilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1.Dialux Yanlış Renkler Gösterimi

Esas yapılan hesabı gösteren aydınlatma tekniği sonuçlarıdır. Bu sayfada kullanılan aygıtların doğrudan, dolaylı ve toplamda ne kadar aydınlık sağladığı bilgisi zeminde, tavanda ve her bir duvar yüzeyinde detaylı olarak verilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1.Aydınlatma Tekniği Sonuçları

Oda 1 / Aydınlatma Tekniği Sonuçları

Toplam ışık akısı: 9530 lm
Toplam Güç: 216.0 W
Bakım çarpanı: 0.80
Sınır bölgesi: 0.000 m

Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx] doğrudan	dolaylı	toplam	Yansıma derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m²]
Çalışma düzlemi	236	57	293	/	/
Zemin	177	59	236	20	15
Tavan	0.00	59	59	70	13
Duvar 1	81	54	134	50	21
Duvar 2	37	45	82	50	13
Duvar 3	97	54	151	50	24
Duvar 4	85	63	148	50	24

Çalışma düzlemindeki eşyayılmışlık
E_{min} / E_m: 0.221 (1:5)
E_{min} / E_{maks}: 0.109 (1:9)

Özgül bağlantı değeri: 11.11 W/m² = 3.79 W/m²/100 lx (Zemin yüzeyi: 19.44 m²)

Bu programla enerji hesabı da detaylı olarak yapılabilmektedir. Bunun için programın ana sayfası açıkken sağ taraftaki barda, **günışığı** sekmesinin altında çalışılan yerin coğrafi bilgileri, pencere ve kapı boşlukları bilgileri girilir. Aynı bilgiler **Enerji Değerlendirme** sekmesinin altında da girilebilir. Bu bilgiler girildikten sonra enerji değerlendirme standardı seçilir. Bunun için TS EN 15193 ve DIN 18599 olmak üzere iki seçenek vardır. Bu seçeneklerden biri seçildikten sonra **enerji değerlendirme yap** butonuna basılarak enerji hesabı yapılır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Enerji Değerlendirme Tablosu

Enerji değerlendirme / Özet

Şu standarda göre enerji değerlendirme: EN 15193
Yer: türkiye, Boylam derecesi: 7.63°, Enlem derecesi: 51.22°

Sonuçlar

Toplam enerji Aydınlatma: 32400.00 kWh/a
LENI: 9.41 kWh/(a · m²)

Toplam enerji Görme görevi: 32400.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Toplam): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Bekleme): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Acil aydınlatmanın yüklenmesi): 0.00 kWh/a
Toplam yüzey: 3442.00 m²

Aylık sonuçlar

Ay	Aydınlatma [kWh]	[kWh/m²]	Görme görevi [kWh]	[kWh/m²]	Parazitik [kWh]	[kWh/m²]
Oca	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Şub	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Mar	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Nis	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
May	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Haz	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Tem	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Ağu	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Eyl	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Eki	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Kas	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Ara	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00

Katılan üst bölge kuşaklarının listesi:
- Bölge kuşağı 1
- Bölge kuşağı 2
- Bölge kuşağı 3

Dialux programı, enerjinin her ay ortalama eşit süre kullanıldığını göz önünde bulundurarak enerji hesabını yapar. Toplam tüketilen enerjiyi aylara böler ve her ay için eşit miktar enerji harcaması ortaya çıkar. Program yapay aydınlatma hesabını yaparken sadece gece yapay aydınlatma kullanılıyormuş gibi yapar. Yani gündüz kullanılan enerjiyi hesaba katmaz.

Çıktı sekmesinden enerji değerlendirme başlığına gelindiğinde bu başlık altında özet sayfasında enerji kullanımıyla alakalı doküman çıktı olarak alınabilir.

4.1.3.Dialux Programının 3D Görselleştirme Özellikleri

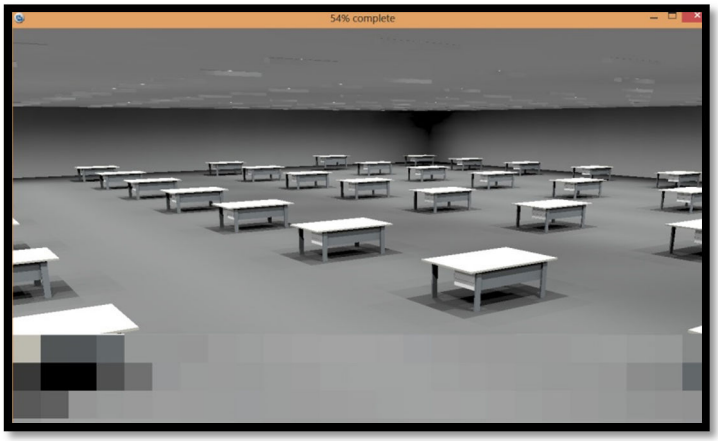
Dialux programı yayınım yöntemiyle mekan görselleştirmesi yapmaktadır, ancak bu şekilde yapılan görselleştirmelerdeki yüzeyler mat olarak kabul edilmektedir. Parlak yüzeylerin de görselleştirilmesini sağlamak amacıyla ışın izleme yöntemini kullanan pov-ray görselleştirme programı dialux programı ile entegre olarak kullanılabilir.

Pov-ray'i kullanmak için Dosya > Dışa aktar > CAD görünümünü Pov-ray ile hesapla yolu izlendiğinde resmi pov-ray ile görüntüle penceresi çıkar. Eğer Pov-ray programı Dialux'ün kurulumu esnasında kurulmamışsa pov-ray i şimdi kur seçeneği seçilerek anında kurulur ve kullanılabilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Pov-ray render penceresi

Resmi pov-ray ile görüntüle penceresinde hızlı ayarlama sekmesinden resmin büyüklüğü, aydınlatma ayarları yapılır. Render alındığında resmin kaydedileceği yer seçilir. Bu ayarlar yapıldıktan sonra tamam butonuna basıldığında render alma işlemine geçilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3.Pov-ray render

Render bittikten sonra resim bir paint penceresinde açılır ve buradan üzerinde düzeltilmek istenen renkler veya hatalar düzeltilebilir, eklenmek istenen nesneler eklenebilir. Bu şekilde görselleştirme işlemi tamamlanmış olur.

4.2. Örnek bir Endüstriyel Yapı ve Aydınlatma Sisteminin İncelenmesi

Endüstriyel yapıların aydınlatılması, hem ortaya çıkan ürün kalitesi hem çalışanların sağlığı hem de iş kazlarının önlenmesi gibi çok önemli nedenlerden dolayı titizlikle ele alınmalıdır. Aydınlatmaya gereken titizliğin gösterilmemesi sonucu çalışanlarda görsel ve sinirsel yorgunluk, kusurlu üretim oranında yükselme, kusurlu ürün ayıklamasında başarısızlık, üretimde verim ve kalitenin düşmesi, iş kazalarında artış, işçinin işinden soğuması gibi çeşitli olumsuzluklar yaşanabilmektedir **[6].**



Şekil 4.4, 4.5. Dokuma Atölyesi **[52].**

Bu olumsuzlukların yaşanmaması için dikkat edilmesi gereken hususlardan bazıları;

- Endüstri tesislerinde kullanılacak ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri yüksek ve ömürleri uzun olmalıdır. Kirlenmenin de fazla olduğu geniş hacimli üretim hollerinde tavan ve duvarlardan yansıyan ışığın katkısı yok denecek kadar az olduğu için armatürler direkt ışık dağılımlı olmalıdır. Armatürler ayrıca, ortamda olası toz, kir, nem ve patlayıcı gazlara karşı korunmalı, elle dokunulabilecek mesafelerde olanlar ise tamamen izole olmalıdır **[12].**
- Rengin önemli olduğu üretimlerde sürekli renk değiştiren gündüz ışığı kullanılmamalı, flouresan ışık kullanılmalıdır.
- Büyük alanları kaplayan sanayi yapılarında çoğu kez yan duvarlardaki pencereler aydınlatma açısından bir değer taşımaz ve çoğu zaman da hacmin fonksiyonu bakımından duvarlara pencere yapılamaz, ya da yandan gelen ışık zararlı olabilir. Yani büyük bir çoğunlukla çözüm tepeden aydınlatma yapılmalıdır **[53].**
- Parlak aletlerle çalışılan, ya da parlak boya, cila vb. uygulamalar yapılan endüstri birimlerinde, görsel algı konusu nesneler, doğrultulu ya da baskın doğrultulu ışık alanı içinde bulunmamalıdır.
- Devingen (dönen, gidip gelen, devinim yapan, hızla yer değiştiren, düşen vb.) parçaların yer aldığı üretim birimlerinde, stroboskopik etki mutlaka önlenmeli ve bu, özel ölçme aletleri ile denetlenmelidir **[6].**

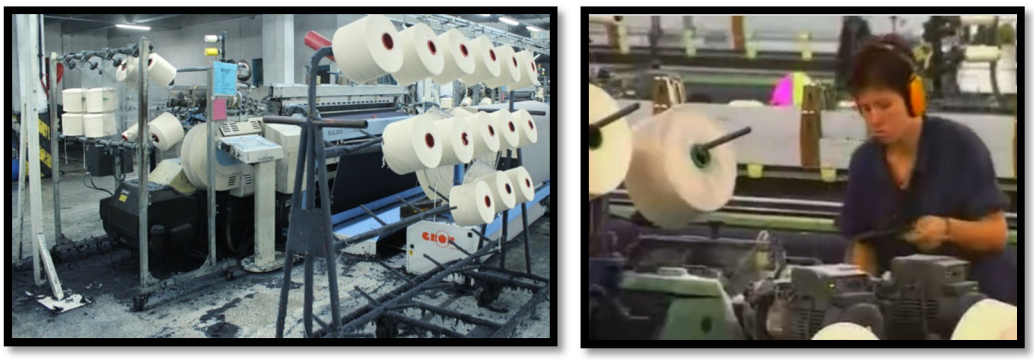
Aydınlatılacak olan yapı, CIE tarafından belirlenen minimum aydınlık düzeylerini sağlamalıdır. Tekstil fabrikalarında olması gereken minimum aydınlık düzeyleri Tablo 4.3.'te verilmektedir.

Tablo 4.3. Endüstriyel Yapılarda Gerekli Aydınlık Düzeyleri **[54].**

	Alan – Görev – Aktivite Türleri	**lx**	**UGRL**	**U0**	**Ra**	**Özel Durumlar**
5.23.1	İşleme amaçlı gelen balyanın açıldığı ve yıkandığı iş istasyonları	200	25	0,6	60	
5.23.2	Çırçır işleme, yıkama, ütüleme, patron çıkarma işlemi, çizim, penye, boyutlandırma, şablon kesme, ön-iplik, jüt ve kenevir iplikleme işlemleri	300	22	0,6	80	
5.23.3	İplik çekme, sarma, dolama, bobinleme	500	22	0,6	80	Stroskopik etkiler engellenmeli.
5.23.4 5.23.5 5.23.6	**Çözgü, örme, örgü motifeme, dokuma** Teyelleme, dikiş, ilmek açma, ince örme El tasarımı, çizim teknikleri Bitirme, boyama, apre	**500** 750 750	**22** 22 22	**0,6** 0,7 0,7	**80** 80 90	**Stroskopik etkiler engellenmeli** 4 000 K < TCp < 6 500 K
5.23.7		500	22	0,6	80	
5.23.8	Kurutma odası	100	28	0,4	60	
5.23.9	Otomatik kumaş baskı	500	25	0,6	80	
5.23.10 5.23.11	Nope, toplama, kırpma	1 000	19	0,7	80	
5.23.12 5.23.13	Kumaş control ve renk inceleme Gizli (görünmez) tamir (örme) Şapka imalatı	1 000 1 500 500	16 19 22	0,7 0,7 0,6	90 90 80	4 000 K < TCp < 6 500 K 4 000 K < TCp < 6 500 K

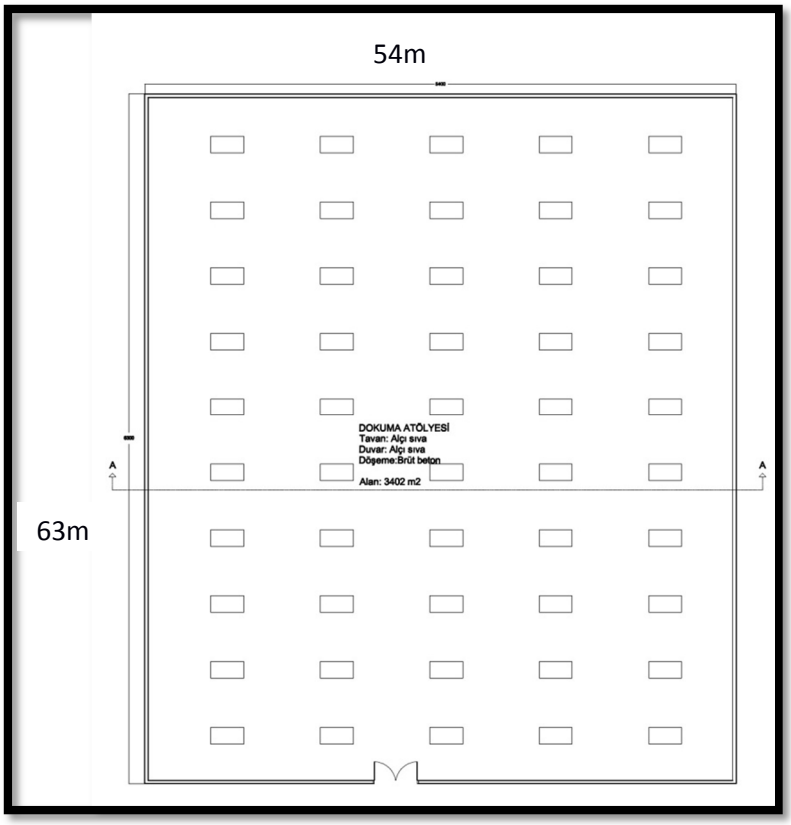
Yapılan bir çalışmada **[55]**, başlangıçta 100 lüksten az aydınlatma şiddetine sahip 15 işyerinde aydınlatma şiddetindeki artış sonucunda verimlilikte %4 - %35 oranında artış gözlenmiştir. Amerika'da pamuk eğirme fabrikasında yapılan başka bir çalışmada ise aydınlatma şiddeti 170 lüksten 340 lükse çıkarıldığında üretim %5 oranında artmış ve aynı zamanda hatalı üretim çok büyük ölçüde azalmıştır. Toplam aydınlatma ve üretim maliyeti %27,5 oranında azalmıştır. Bu sonuçlar yönetimi aydınlatma alanında daha fazla iyileştirmeye sevk etmiş ve aydınlatma şiddeti 750 lükse çıkarılmıştır. Bunun sonucunda ise üretim başlangıç değerine göre %10,5 artmış ve hatalı ürünlerden kaynaklanan maliyet %40 oranında azalmıştır. Aydınlatma şiddeti ve verimlilik bir noktaya kadar doğru orantılı olmakla beraber 1000 lüksün üzerindeki aydınlatmalarda yansımalar, koyu gölgeler aşırı kontrast ve göz kamaşması oluşumu nedeniyle bu değerin üzerindeki aydınlatma şiddetinin olumsuz etkilere sebep olduğu bilinmektedir. Çalışanların en çok tercih ettiği aydınlatma şiddeti değeri 400-850 lüks arasındadır **[55]**.

Tezde incelenmiş olan endüstriyel yapı, 1974 tarihinde kurulan bir tekstil fabrikası olup, Edirne-Kapıkule yolu üzerinde, 1 km² lik alan üzerine konumlanmıştır. İçerisinde dokuma atölyeleri, buhar kazanlarının bulunduğu ve enerjinin üretildiği bölümler, personel ofisleri ve yemekhanenin bulunduğu yapının dışında personelin vakit geçirebileceği rekreasyon alanları ve cami bulunmaktadır. Yaklaşık 740 kadar işçinin çalıştığı fabrika, 4 vardiyalı 3 zamanlı olarak 24 saat çalışmaktadır. Yapının genel olarak ısıtma-soğutma, havalandırma enerji yükleri kömürden elde edilmekte ve bu prosesler buhar basıncı ile sağlanmaktadır. Fabrikada dokuma yapılarak kumaş üretilmesi esnasında dokuma tezgahlarının üretim yapması için genel olarak buhar basıncı kullanılmaktadır. Buhar kazanlarında üretilen buhar istenilen sıcaklığa getirilerek ürüne uygulanmaktadır. Ancak bazı üretim proseslerinde, kumaşların ve/veya ipliğin cinsine bağlı olarak çok yüksek sıcaklıklar gerekmektedir. Bu sıcaklıklar buhar basıncıyla sağlanamayıp, kızgın yağ kazanlarıyla elde edilir. Bu süreçte kullanılan genel enerji türü kömürdür. Bunun yanısıra LPG, fuel gibi yakıt kaynakları da kullanılır.

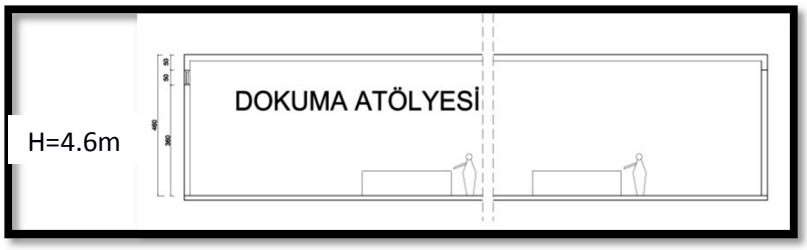


Şekil 4.6, 4.7. Dokuma Atölyesi **[42].**

Çalışmada ele alınacak olan 1 adet dokuma atölyesi, 54m x 63m boyutunda, 4.60m yüksekliğinde ve 3402 m² lik alana sahiptir. İçinde 50 adet dokuma tezgahı bulunur. Tezgahların çalışma düzlemi yüksekliği 0.85 m'dir. Atölyenin giriş cephesine bakan duvarında 0.50x0.50 boyutunda 3.60 kotundan başlayarak duvar boyunca sabit pencere bulunmaktadır (Şekil 4.8, Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Modellenen Dokuma Atölyesi Şematik Planı



Şekil 4.9. Modellenen Dokuma Atölyesi Şematik Kesiti

Ancak dokuma esnasında ortaya çıkan toz ve zamanla biriken kir, günışığının içeri nüfuz etmesine engel olmaktadır. Böyle yüksek hacimli sanayi yapılarında çoğu kez hava ve özellikle üst kotlar toz ve buharla doludur. Bu durumlarda pencere ve yayınık ışık veren aydınlatma araçlarından elde edilen ışık hemen difüzyona uğrar ve çalışma düzlemine inemez. Bu gibi durumlarda gündüz ışığıyla aydınlatmadan tümüyle vazgeçmek gerekir **[53].** Doğal aydınlatmanın lüksmetreyle ölçümü sonucunda yaklaşık

10 lx kadar aydınlık sağladığı tespit edilmiştir. Mevcut yapay aydınlatma planında ise 200 adet 2x36w flüoresan lamba bulunmaktadır. Toplamda lüksmetre ile ölçülen yapay aydınlık değeri yaklaşık 150 lx civarındadır. Mevcutta ölçülen değerler, dokuma işleminin yapılması için yetersizdir. Çalışmanın amacı, bahsi geçen dokuma atölyesi için CIE (Internetional Comission on Illumination) tarafından olması gereken aydınlık düzeyi olarak belirlenen 500 lx ün, yapıda fiziksel olarak bir değişiklik yapmadan, sadece yapay aydınlatma elemanları değiştirilerek sağlanması ve bunun enerji verimliliği çerçevesinde ele alınmasıdır.

4.3. Seçilen Yapının Dialux Programıyla Modellenmesi

Bir önceki bölümde anlatılan Dialux programının veri girişi, çıkışı ve 3D görselleştirilmesi, bu bölümde, belirlenen endüstriyel yapı örneklemi üzerinden uygulanacaktır. İlk aşamada mevcut durum modellenerek enerji tüketim hesabı yapılacak, bir sonraki aşamada modellenen endüstriyel yapıda mevcut durumda kullanılan armatürler, öneri modelde değiştirilerek enerji tüketim hesabı yapılacak ve aydınlatmada sadece armatür değişiminde bile enerjiden ne kadar tasarruf edileceği örneklenecektir.

4.3.1. Mevcut Durumun Modellenmesi

Modellemeye başlamadan önce çalışılacak dokuma atölyesinin mekânsal özellikleri ve boyutları incelenerek mevcut durumdaki kapı-pencere boşlukları, kullanılan armatür adedi, çalışılan tezgah adedi ve çalışma saatleri belirlenmiştir.

Fabrika mevcut durumda doğrudan aydınlatma tekniğiyle aydınlatılmaktadır. 2. Bölümde bahsedilen aydınlatma tekniklerinde doğrudan aydınlatmanın veriminin yüksek olduğu ancak ışığın çalışma düzlemine direkt olarak gelmesinden gölgeleme sorunu olacağından bahsedilmişti. Ancak dolaylı aydınlatmada aydınlatma aygıtından gelen ışık duvar ve tavan yüzeylerinden yansıyacaktır ve bu aydınlatmadan verim alınabilmesi için ışığın yansıyacağı bu yüzeylerin temiz tutulması gerekmektedir. Çalışmanın yapıldığı bölüm dokuma atölyesi olduğundan, ışığın yansıyacağı yüzeylerin sürekli temiz olması durumu söz konusu değildir. Bu yüzden dolaylı aydınlatma yerine doğrudan aydınlatma tercih edilerek fabrikada dokuma tezgahı ortamı için yeterli aydınlık düzeyinin sağlanması yeterli olacaktır.

Mevcut durumda var olan tavana çok yakın küçük boyutlu şerit pencereler bulunmaktadır. Ancak bu pencereler zamanla dokuma esnasında ortaya çıkan tozlardan dolayı oldukça tozla kaplanmış ve doğal aydınlatmaya katkısı bulunmamaktadır. İlk aşamada;

- Geometri bilgileri girilerek atölye mekanı oluşturuldu.
- Mekanda çalışılan tezgahlar koordinatlarına göre yerleştirildi.
- Mevcut durumda var olan şerit pencereler ve kapı işlendi.
- Mekana yerleştirilen her nesnenin yüzey dokusu, rengi, parlaklık ve matlık ayarları yapıldı.
- Mevcut durumdaki armatür sayısı kadar armatür, yaklaşık olarak mevcuttaki konumlarına göre yerleştirildi.
- Armatür seçimi yapılırken, mevcut durumda kullanılan 2x36w gücünde 200 adet flüoresan armatür kullanıldı.
- Genel aydınlatma planı ana hatlarıyla oluşturularak, öncelikle sadece gün ışığı aydınlatma hesabı yapıldı. Yapay aydınlatma çevresi hesaba katılmamıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Doğal Aydınlatma 3D Görüntüsü

Günışığı iç mekanda 6m den sonra etkisiz olduğundan, bu mesafeden sonra herhangi bir aydınlık vermez. Çalışmadaki atölyenin günışığının ilerleyeceği yöndeki uzunluğu 54 m olduğundan, kalan 48 m deki çalışma tezgahları için herhangi bir

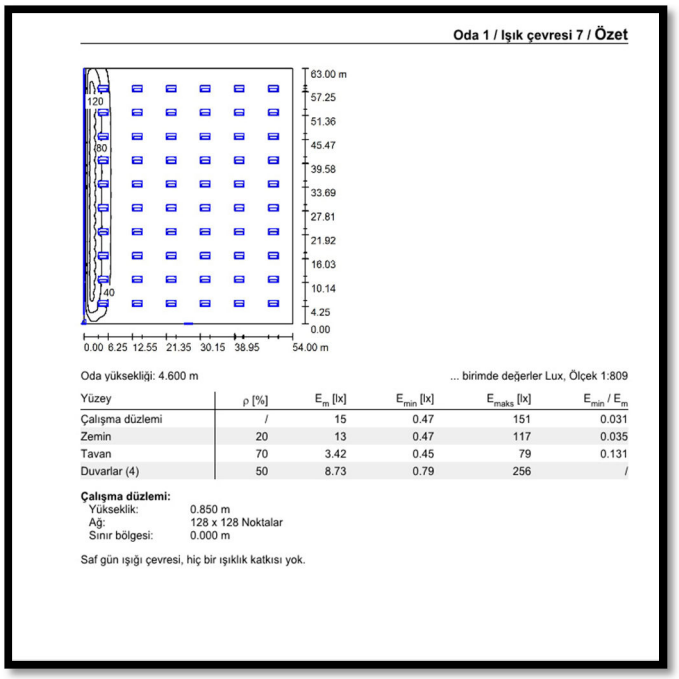
aydınlık sağlamayacaktır. Dolayısıyla bu kısımlarda gündüz vardiyasında da yapay aydınlatma kullanılması gerekmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Doğal Aydınlatmanın Yetersiz Olduğu Kısım

Tablo 4.4' e bakıldığında doğal aydınlatmanın yalnız başına 15 lux aydınlatma sağladığı görülmektedir .

Tablo 4.4. Mevcut Durum Doğal Aydınlatma Hesabı



Oda 1 / Işık çevresi 7 / Özet

Oda yüksekliği: 4.600 m

... birimde değerler Lux, Ölçek 1:809

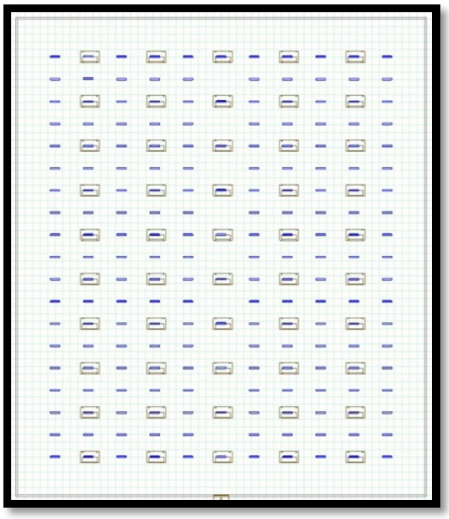
Yüzey	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m
Çalışma düzlemi	/	15	0.47	151	0.031
Zemin	20	13	0.47	117	0.035
Tavan	70	3.42	0.45	79	0.131
Duvarlar (4)	50	8.73	0.79	256	/

Çalışma düzlemi:
Yükseklik: 0.850 m
Ağ: 128 x 128 Noktalar
Sınır bölgesi: 0.000 m

Saf gün ışığı çevresi, hiç bir ışıklık katkısı yok.

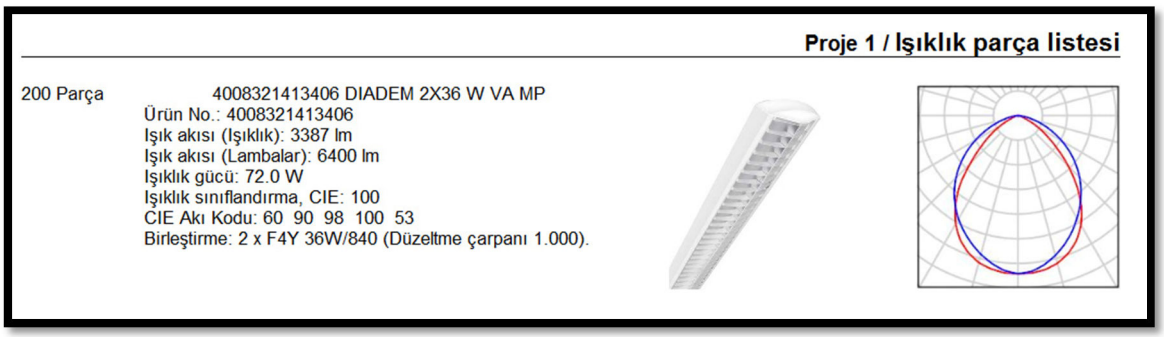
Hesaplamalara bakıldığında; doğal aydınlatmanın ilk 6 m yi aydınlattığı görülmektedir. Ancak daha öncede bahsedildiği üzere mevcut pencerelerin toz ve kir etkenlerinden dolayı ışığı geçirme yüzdeleri daha düşük olduğundan mevcut doğal aydınlık, olması gereken doğal aydınlık değerlerinden düşüktür.

Mevcut durum için doğal aydınlatma hesabı yapıldıktan sonra yapay aydınlatma hesapları yapılmıştır (Şekil 4.12).



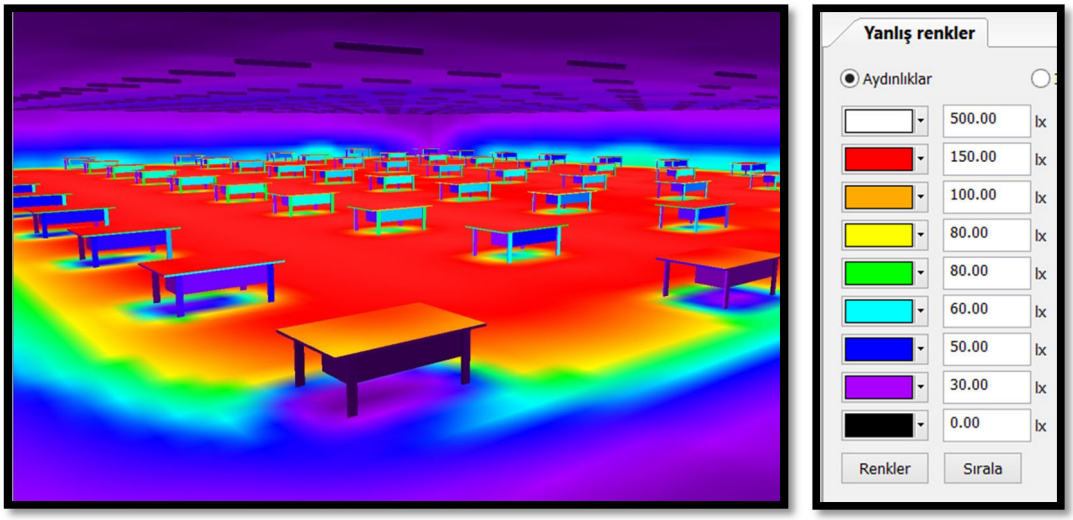
Şekil 4.12. Mevcut Durum Genel Aydınlatma Planı

Mevcut durum için enerji tüketim hesabı yapılarak fabrikanın ne kadar enerji tükettiği hesaplanmıştır. Şekil 4.13.' te, kullanılan ışıklık parça listesi ve adedi görülmektedir. Kullanılan ışıklık bir markanın 72W'lık flüoresan lambası olup, simetrik ışık yayınımı yapmaktadır. Beyaz ışık verir, tavana monte edilerek kullanılır. Büyük hangarlar, depolar, endüstriyel binalar, ofis yapıları ve yönetim yapıları gibi yapılarda kullanımı uygundur **[56].**



Şekil 4.13. Mevcut Durum Işıklık parça listesi

Yapay aydınlatma hesabında görüldüğü üzere çalışma düzleminde yani dokuma tezgahlarında ortalama aydınlık değeri, doğrudan aydınlatma ~130lx ve dolaylı aydınlatma ~20lx olmak üzere toplamda ~150 lx lük bir aydınlatma söz konusudur**.** Mevcut durumun yanlış renkler gösterimi şekil 4.14.'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Mevcut Durum İçin Yanlış Renkler Gösterimi

Yerinde lüksmetre ile ölçüm yapıldığında, yapılan simülasyon gerçek durumu doğrular nitelikte olup ölçüm sonucu yaklaşık 130lx olarak tespit edilmiştir. Sonuçlardaki farklılığın sebebi bahsedilen tozlanma ve bakım faktörüdür (Tablo 4.5).

Dialux programı enerji tüketim hesabı sonuçlarını yıllık tüketim olarak hesaplayarak eğer dağılımı aylık sonuç bölümleri olarak ver seçeneği işaretliyse her ay için eşit tüketim miktarına bölerek vermektedir.

Eğer seçenek işaretli değilse aylara bölünmüş tabloyu kaldırarak sadece yıllık tüketim miktarını gösteren sonuç tablosu alınabilir.

Tablo 4.5. Mevcut Durum Yapay Aydınlatma Hesabı

Oda 1 / Aydınlatma Tekniği Sonuçları

Toplam ışık akısı: 677394 lm
Toplam Güç: 14400.0 W
Sınır bölgesi: 0.000 m

Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx]			Yansıma derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m²]
	doğrudan	dolaylı	toplam		
Çalışma düzlemi	128	21	149	/	/
Zemin	117	20	137	20	8.75
Tavan	0.03	30	30	70	6.73
Duvar 1	3.40	16	20	50	3.14
Duvar 2	20	21	40	50	6.40
Duvar 3	17	20	38	50	5.99
Duvar 4	18	20	38	50	6.05

Çalışma düzlemindeki eşyayılmışlık
E_{min} / E_m: 0.080 (1:13)
E_{min} / E_{maks}: 0.056 (1:18)

Özgül bağlantı değeri: 4.23 W/m² = 2.84 W/m²/100 lx (Zemin yüzeyi: 3402.00 m²)

Enerji tüketim hesabına bakıldığında (Tablo 4.6), yıllık tüketim miktarının 32.400.00 kWh/a olduğu görülmektedir. Bu da aylara bölündüğünde aylık ortalama 2.700 kWh/a enerji tüketimi demektir. Dialux programı yapay aydınlatma hesabını mekanın sadece gece aydınlatıldığını düşünerek yani 12 saatlik dilim için yapmaktadır. Ancak çalışılan atölyede, bu bölümün başında da bahsedildiği üzere vardiyalı sistemle çalışılmaktadır. Yani üretim hem gündüz hem gece devam etmektedir. Bu şekilde hesaplandığında yıllık ortalama 64.800.00 kWh/a ve aylık 5400 kWh/a enerji tüketilmektedir. Yapay aydınlatma hesabı, günışığı veya herhangi ek bir çevre hesaba katılmadan yapılmıştır. Bu durumda, hesaplanan aydınlanma miktarı, dokuma atölyesi için yetersiz kalmaktadır.

Tablo 4.6. Mevcut Durum Enerji Tüketim Hesabı

Enerji değerlendirme / Özet

Şu standarda göre enerji değerlendirme: EN 15193
Yer: türkiye, Boylam derecesi: 7.63°, Enlem derecesi: 51.22°

Sonuçlar

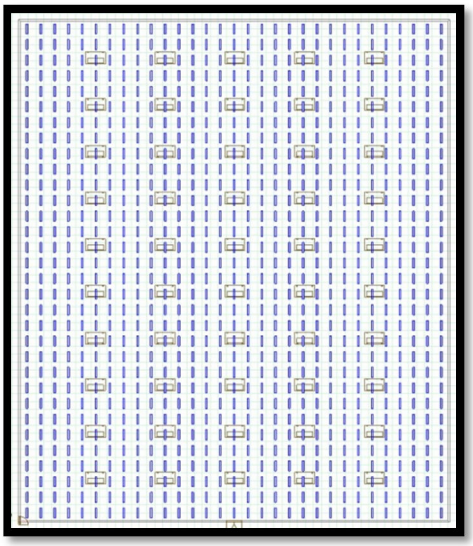
Toplam enerji Aydınlatma: 32400.00 kWh/a
LENI: 9.41 kWh/(a · m²)

Toplam enerji Görme görevi: 32400.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Toplam): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Bekleme): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Acil aydınlatmanın yüklenmesi): 0.00 kWh/a
Toplam yüzey: 3442.00 m²

Aylık sonuçlar

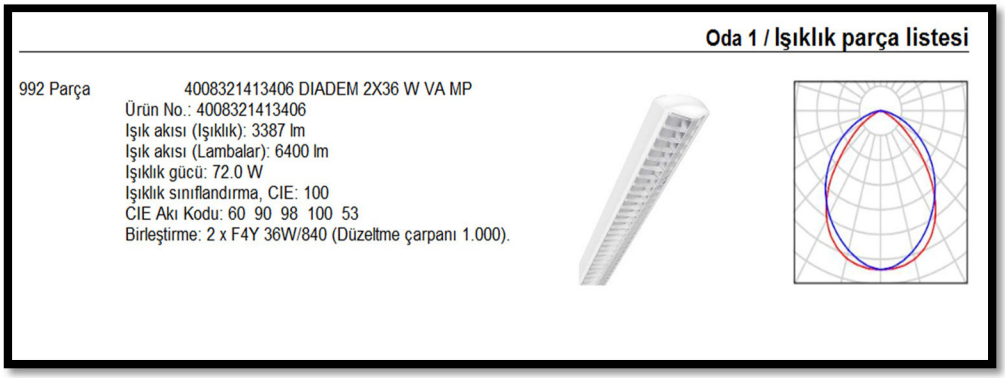
Ay	Aydınlatma		Görme görevi		Parazitik	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Oca	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Şub	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Mar	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Nis	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
May	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Haz	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Tem	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Ağu	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Eyl	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Eki	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Kas	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00
Ara	2700.00	0.78	2700.00	0.78	0.00	0.00

Yapılan hesaplamalar sonucunda min 500 lx aydınlanmayı sağlamak üzere mevcut durumdaki armatürle yapılan modellemede 992 adet 2x36W armatür kullanılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Mevcut durumda 500 lx Aydınlanma için Aydınlatma Planı

Yapıda mevcut durumda kullanılan ışıklık incelendiğinde, ışıklık ve lambanın ışık akısının birbirinden farklı olduğu ve ışıklığın ışık akısının lambanınkinin neredeyse yarısı olduğu görülmektedir. Bu da bölüm 3'te anlatılan ışıklıklarda meydana gelen ışık kaybının göstergesidir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Mevcut durumda 500 lx Aydınlanma için ışıklık parça listesi

Tablo 4.7.'de görüldüğü üzere çalışma düzleminde min 500 lx aydınlanma elde edilmiştir.

Tablo 4.7.Mevcut Durumda 500 lx Aydınlanma için Yapay Aydınlatma Hesabı

Oda 1 / Aydınlatma Tekniği Sonuçları

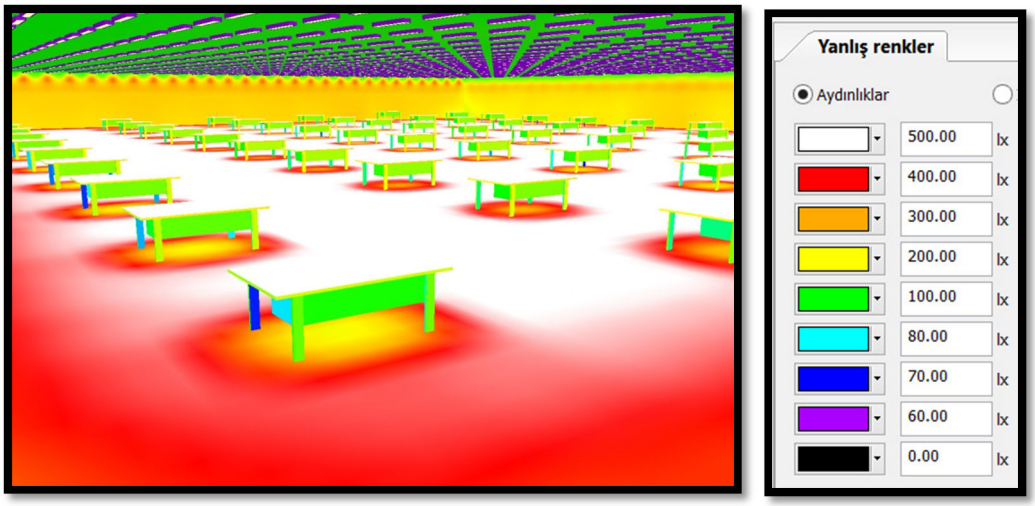
Toplam ışık akısı: 3359872 lm
Toplam Güç: 71424.0 W
Sınır bölgesi: 0.000 m

Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx]			Yansıma derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m²]
	doğrudan	dolaylı	toplam		
Çalışma düzlemi	452	81	533	/	/
Zemin	411	78	488	20	31
Tavan	0.00	110	110	70	25
Duvar 1	153	88	241	50	38
Duvar 2	129	91	220	50	35
Duvar 3	157	87	245	50	39
Duvar 4	126	86	212	50	34

Çalışma düzlemindeki eşyayılmışlık
E_{min} / E_m: 0.376 (1:3)
E_{min} / E_{maks}: 0.345 (1:3)

Özgül bağlantı değeri: 20.99 W/m² = 3.94 W/m²/100 lx (Zemin yüzeyi: 3402.00 m²)

Yanlış renkler gösterimiyle mekanın 500 lx için mevcut armatürle aydınlanma krokisi Şekil 4.15.'de verilmektedir.



Şekil 4.17. Mevcut durumda 500 lx Aydınlanma için yanlış renkler gösterimi

Bu halde enerji tüketim hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda 160704.00kwh/a enerji elde edilmiştir. Yıllık toplam tüketim daha önce de bahsedildiği üzere vardiyadan dolayı 321408.00 kWh/a dolayındadır (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Mevcut Durumda 500 lx Aydınlanma için Enerji Tüketim Hesabı

Enerji değerlendirme / Özet

Şu standarda göre enerji değerlendirme: EN 15193
Yer: türkiye, Boylam derecesi: 7.63°, Enlem derecesi: 51.22°

Sonuçlar

Toplam enerji Aydınlatma: 160704.00 kWh/a
LENI: 46.69 kWh/(a · m²)

Toplam enerji Görme görevi: 160704.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Toplam): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Bekleme): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Acil aydınlatmanın yüklenmesi): 0.00 kWh/a
Toplam yüzey: 3442.00 m²

Aylık sonuçlar

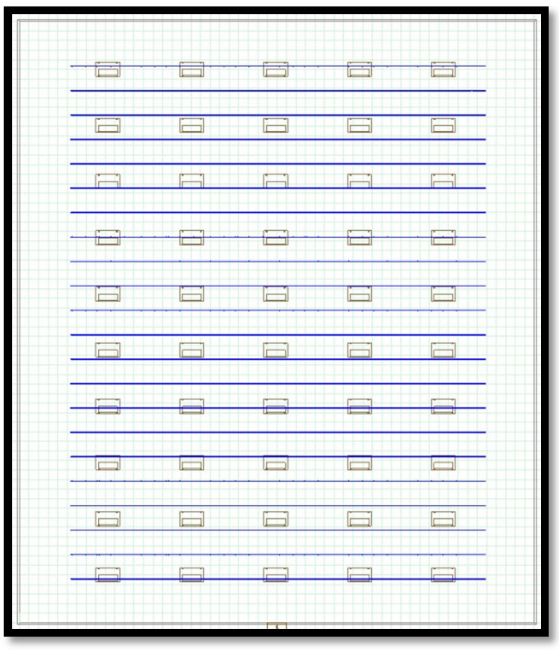
Ay	Aydınlatma		Görme görevi		Parazitik	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Oca	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Şub	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Mar	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Nis	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
May	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Haz	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Tem	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Ağu	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Eyl	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Eki	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Kas	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00
Ara	13392.00	3.89	13392.00	3.89	0.00	0.00

Katılan üst bölge kuşaklarının listesi:
- Bölge kuşağı 1
- Bölge kuşağı 2
- Bölge kuşağı 3

Doğal ışığın dezavantajlarından olan parlama, gölgeleme, gözü alma gibi faktörler endüstriyel yapılar gibi makinelerle üretim yapan yerlerde ve çalışanın bireysel olarak makineyi yönettiği durumlarda tehlike arz edebilmektedir. Çalışılan endüstriyel yapıdaki mevcut pencerelerde günışığı doğrudan mekan içine girmektedir. Bu tip mekanlarda günışığının yansıtılarak aydınlık sağlaması tercih edilmelidir ki bahsedilen dezavantajların etkisi azaltılabilsin. Öte yandan yine renk faktörünün önemli olduğu üretim süreçlerinde, doğrudan gelen doğal ışığın değişen renk ısısı, yeğinliği, parlama, kontrast gibi özelliklerinden dolayı renkler tam olarak algılanamayabilir. Bu sebeple bu ortamlarda günışığına en yakın nitelikte yapay aydınlık sağlayan günışığı lambaları tercih edilerek aydınlatma yapılması uygun olacaktır.

4.3.2.Öneri Durumun Modellenmesi

Öneri durumun modellenmesinde mekan modellenmesi tekrar yapılmayacak, var olan senaryo üzerinden armatür değişimi yapılarak aydınlatma ve enerji tüketimi hesabı yapılmıştır. Armatür seçimi bu noktada çok önemlidir. Seçilecek olan armatür, hem günışığına en yakın nitelikte, hem de enerji tasarrufu sağlayarak az enerji tüketip yüksek değerde aydınlık sağlayan ve kullanım ömrü uzun bir armatür olmalıdır. Bölüm 2'de anlatılan, günümüz teknolojisinde tüm bu özelliklere sahip olan led lambalar öneri modelde kullanılmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Öneri modelde 500 lx Aydınlanma için Aydınlatma Planı

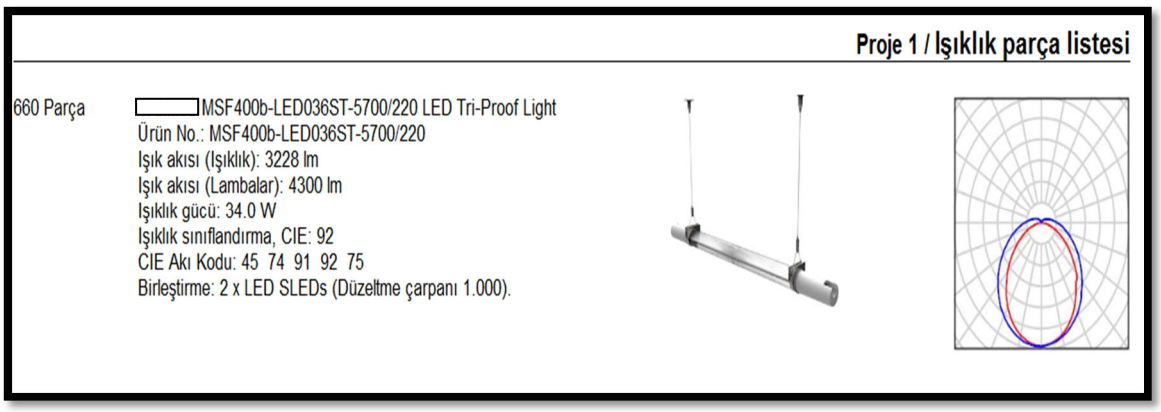
Kullanılan lamba bir markanın endüstriyel yapılar ve büyük depolar, hangarlar için kullanılan bir modelidir. Tavana asılı olarak kullanılan lamba 36w olup, ışık yayınımı simetriktir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Öneri modelde kullanılan lamba modeli

Işıklık led aydınlatma elemanıdır ve enerji tüketim sınıfı A+ tır, yaklaşık %70 oranında enerji tasarrufu sağlar. Bakım maliyeti düşüktür ve kirliliğin fazla olduğu alanlarda kullanılabilir niteliktedir. 35.000 saat kullanım ömrü vardır **[57].**

Yüzey alanı 3.402 m² olan atölyede min 500 lx aydınlatmayı sağlamak üzere 660 adet led ışıklık kullanılmıştır (Şekil 4.20). Buna göre elde edilen aydınlatma değerleri Tablo 4.9.'daki gibidir



Şekil 4.20.Öneri modelin ışıklık parça listesi

.

Tablo 4.9. Öneri Modelde 500 lx Aydınlanma için Yapay Aydınlatma Hesabı

Oda 1 / Aydınlatma Tekniği Sonuçları

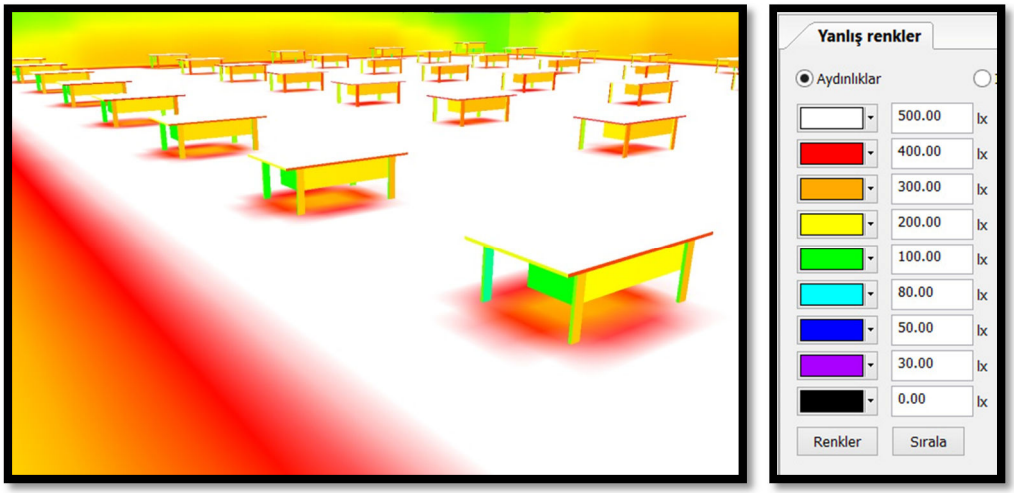
Toplam ışık akısı: 2130596 lm
Toplam Güç: 22440.0 W
Sınır bölgesi: 0.000 m

Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx]			Yansıma derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m²]
	doğrudan	dolaylı	toplam		
Çalışma düzlemi	499	120	618	/	/
Zemin	456	115	571	20	36
Tavan	41	129	170	70	38
Duvar 1	95	93	189	50	30
Duvar 2	152	86	238	50	38
Duvar 3	100	93	193	50	31
Duvar 4	143	80	223	50	36

Çalışma düzlemindeki eşyayılmışlık
E_{min} / E_m: 0.151 (1:7)
E_{min} / E_{maks}: 0.105 (1:10)

Özgül bağlantı değeri: 6.60 W/m² = 1.07 W/m²/100 lx (Zemin yüzeyi: 3402.00 m²)

Tablo incelendiğinde doğrudan 499 lx, dolaylı 120 lx olmak üzere çalışma düzleminde yaklaşık 620 lx aydınlatma elde edildiği görülmektedir. Öneri modelin yanlış renkler gösterimi şekil 4.21.' de verilmektedir.



Şekil 4.21. Öneri modelde 500 lx Aydınlanma için yanlış renkler gösterimi

Yapılan aydınlatma genel aydınlatma niteliğinde ve yeterli düzeydedir. Ancak kullanılan makinelerde daha çok ayrıntıyı daha titizlikle görmeyi gerektiren parçalar ve/veya bölümler olabilir. Bu bölümler için yerel olarak ek aydınlatma gerekebilir. Bu durumda genel aydınlatmaya ek olarak, sadece çalışılan tezgahta ek aydınlatma elemanı düşünülebilir.

Bu öneri için enerji tüketim hesabına bakıldığında, yıllık harcamanın 50490.00 kWh/a olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). Vardiyalı çalışma saatleri düşünülünce tüketim 100980.00 kWh/a dolayında olmaktadır.

Tablo 4.10. Öneri Modelde 500 lx Aydınlanma için Enerji Tüketim Hesabı

Enerji değerlendirme / Özet

Şu standarda göre enerji değerlendirme: EN 15193
Yer: türkiye, Boylam derecesi: 7.63°, Enlem derecesi: 51.22°

Sonuçlar

Toplam enerji Aydınlatma: 50490.00 kWh/a
LENI: 14.67 kWh/(a · m²)

Toplam enerji Görme görevi: 50490.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Toplam): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Bekleme): 0.00 kWh/a
Toplam enerji Parazitik (Acil aydınlatmanın yüklenmesi): 0.00 kWh/a
Toplam yüzey: 3442.00 m²

Aylık sonuçlar

Ay	Aydınlatma		Görme görevi		Parazitik	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Oca	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Şub	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Mar	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Nis	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
May	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Haz	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Tem	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Ağu	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Eyl	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Eki	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Kas	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00
Ara	4207.50	1.22	4207.50	1.22	0.00	0.00

Mekanda 500 lux aydınlatmayı sağlamak için gereken armatür sayısı, mevcut durumdaki armatür hesabıyla 992 adet iken, led ışıklık kullanıldığında sayı 660'a düşmüştür. 660 adet armatürün ilk döşeme maliyeti yüksektir ancak yılda tüketilen enerjiden %70 tasarrufla birkaç ayda bu giderler kendini amorti edecek ve bu süreden sonra kazanç sağlanmaya başlanacaktır.

Mevcut ışıklık 2x36w yani 72w iken, kullanılan led ışıklık 2x18w yani 36 watt'lıktır. Led armatürün aydınlık gücü, flouresanın aydınlık gücünün yarısı kadar olup verdiği aydınlık flouresanın 2 katı büyüklüğündedir. Buna karşın led ışıklıkla hesaplanan enerji tüketimi, flouresan lamba ile hesaplanan tüketimin neredeyse %70 i kadardır. Yani led lambalar kullanıldığında hem aydınlatmada verimlilik elde edilecek hem de enerjiden %50 oranında tasarruf sağlanacaktır. Bu da yıllık 220428.00 kWh/a daha az enerji harcamak anlamına gelir.

Bir firmanın ürün tanıtımında kullandığı araştırma sonuçlarına göre, Almanya'da 40 milyon ve daha fazla evde yalnız 1 adet enerji tasarruflu lambanın yılda 1000 saatlik kullanımı ile yıllık 3,2 milyar kWh enerji tasarrufu, 1,6 milyon daha az CO2 salımı ve

544 milyon euro daha az harcama yapılmaktadır **[45].** Yine aynı kaynağa göre, 3,2milyar kwh enerji üretmek için 800.000 ton ham petrole ihtiyaç vardır ve 1,6 milyon ton CO2'in absorbe edilmesi için, 80 milyon adet ağaca ihtiyaç vardır. Enerji üretiminin daha kısıtlı ve pahalı olduğu ülkemizde, bir endüstriyel yapıda sadece aydınlatma yükünden elde edilecek olan bu enerji tasarrufu azımsanamayacak ölçüdedir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Doğru ve sağlıklı bir aydınlatma, her alanda olduğu gibi sanayi alanında da önemlidir. Yeterli düzeyde ve nitelikli olarak tasarlanmış bir aydınlatma, konsantrasyon ve verimi olumlu yönde etkileyeceği gibi, ortaya çıkan ürün kalitesini de etkileyecektir. Doğal ve yapay aydınlatmanın entegre olarak kullanıldığı sanayi yapılarında her iki aydınlatma da çalışanları fiziksel ve ruhsal yönde farklı şekillerde etkilemektedir.

Yapıda günışığı faktörü hem çalışanların fiziksel ve ruhsal sağlığı hem de doğal aydınlatma kaynağı olan güneşten yararlanma açısından önemlidir. Yapıda mevcut pencereler, toz ve kir faktörünün dışında, günışığını doğrudan almaktadır. Ancak yapılan doğal aydınlatma hesaplarında görüldüğü üzere yeterli aydınlık düzeyini sağlayamamaktadır. Ancak yine de çalışanların mesai esnasında gece-gündüz ayırımını yapabilmeleri, mevsim, hava durumu gibi zaman içinde değişen etkenlerle zamanı görerek algılaması, çalışanların circadian sistem döngüsü açısından önemlidir.

Günışığı, yapının içine direkt olarak geldiğinde çok büyük ışıklılık farkları, kamaşma ve bunun gibi fiziksel olarak birtakım problemler yaratmaktadır. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla bu ışığın çeşitli yöntemlerle yayılması sağlanır ve gerekli minimum aydınlık hesaplarına katılmaz. Lamba ışığı ise ışık yeğinliği ayarlanabilen ve zaman içinde değişim göstermeyen, rengi(tayfsal yapısı) seçilebilen, doğrultululuk ve yayınıklık oranı kontrol edilebilen ve ayarlanabilen bir ışık olduğundan aydınlatma tekniği açısından büyük olanaklar sağlar ancak buna karşılık belirli oranlarda işletme giderlerini gerektirir **[53].**

Büyük alanları kaplayan sanayi yapılarında çoğu kez yan duvarlardaki pencereler aydınlatma açısından bir değer taşımaz. Ve çoğu zaman da hacmin fonksiyonu bakımından duvarlara pencere yapılamaz, ya da yandan gelen ışık zararlı olabilir. Yani büyük bir çoğunlukla çözüm tepeden aydınlatma şeklindedir **[53].** Bölüm

2'de anlatılan, tek katlı büyük fabrika yapılarında doğal aydınlatmadan faydalanmak için kullanılan ışık tüpleri bu yapı için tepeden aydınlatma prensibiyle oldukça uygundur. Yine yansıma prensibiyle çalışan heliostat sistemi de bu yapıda kullanılmak üzere düşünülebilir. Böylece gündüz aydınlatmadan tasarruf edilerek yapay aydınlatma sadece geceleri veya doğal aydınlatma yetersiz kaldığında kullanılabilir. Bu şekilde hem doğal ışığı kullanıp enerjiden tasarruf edilerek hem de yapay ışıkta tasarruf armatürler kullanılarak aydınlatma yükünün oldukça azalması söz konusudur.

Gündüz ışığının nicelik bakımından yetersiz kaldığı her durumda lamba ışığıyla aydınlatmada ekonomik faktör büyük önem kazanır**.** Buna bağlı olarak yapılan yapay aydınlatma hesaplarında tüketim bedeli, yapılan tasarruf oranı ve ekonomik boyutu tablolar halinde gösterilmiştir.

Dokuma atölyesinde 500 lx aydınlık değerini sağlamak için kullanılan flüoresan ve led ışıklık sayıları, güçleri ışık akıları ve yıllık tüketilen enerji miktarları Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çalışmada hesaplanan Flouresan ve Led ışıklık Değerleri

	Aydınlık Düzeyi (lx)	Armatür Sayısı (adet)	Güç (watt)	Işık Akısı (lumen)	Enerji Tüketimi (kwh/a)
Floresan	500	992	72	6400	321408.00
Led	500	660	34	4300	100980.00

Yapılan karşılaştırma sonucunda aynı mekanı aynı aydınlık değerinde aydınlatmak için flüoresan lambalardan 992 adet kullanılırken led lambalardan 660 adet kullanılmaktadır. Lambaların güçleri ve ışık akıları karşılaştırıldığında flüoresan lambanın değerleri led lambanın değerlerinden yaklaşık 2 katı fazla olmasına rağmen aynı aydınlık değerini led ışıklık daha az enerji tüketimiyle sağlamaktadır. Dolayısıyla led ışıklıkların flüoresan ışıklıklardan daha verimli olduğu görülmektedir.

Enerji tüketimleri birim fiyatı üzerinden çalışma süresine, saatlik ve aylık tüketime bağlı olarak enerji tüketim bedeli hesaplanmıştır. Tüketim bedelleri karşılaştırıldığında led ışıklıkların toplamda flüoresan ışıklıkların neredeyse ¼'ü oranında enerji tükettiği görülmektedir. Enerjinin günümüzdeki ortalama birim fiyatı

0,27 TL olarak alındığında aylık tüketim bedelinin 16 bin TL den 4 bin TL ye düştüğü görülmektedir. Enerji tüketiminin sanayi yapılarındaki payının %42 olması ve bu oranında yaklaşık %20 si kadarının aydınlatmaya harcandığı düşünüldüğünde aydınlatmadaki bu tasarruf oranı işyeri sahibi için azımsanamayacak orandadır.

Yapılan hesaplarda flüoresandaki balast kaybı minimum %10 olarak alınmış ve 72 watt'lık flüoresan lambanın gücü 85 watt olarak kabul edilerek hesaplar yapılmıştır. Led ışıklıklarda böyle bir sorun olmadığı için herhangi bir güç kaybı meydana gelmemektedir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Çalışmada hesaplanan Flouresan ve Led ışıklık tüketim bedelleri

Aydınlatma Ürünleri	Adet	Saatlik Tüketim (W)	Çalışma Süresi (Saat)	Aylık Tüketim (kWh)	Enerji Birim Fiyatı	Tüketim Bedeli
Mevcut Aydınlatma:						
2x36W Flüoresan Armatür (Mekanik Balast Kaybı min:%10)	992	85	24	60.710.400,00	0,27 TL	16.391.808 TL
Yeni Sistem:						
2x17W Led Tüp Armatür	660	34	24	16.156.800,00	0,27 TL	4.362.336,00 TL

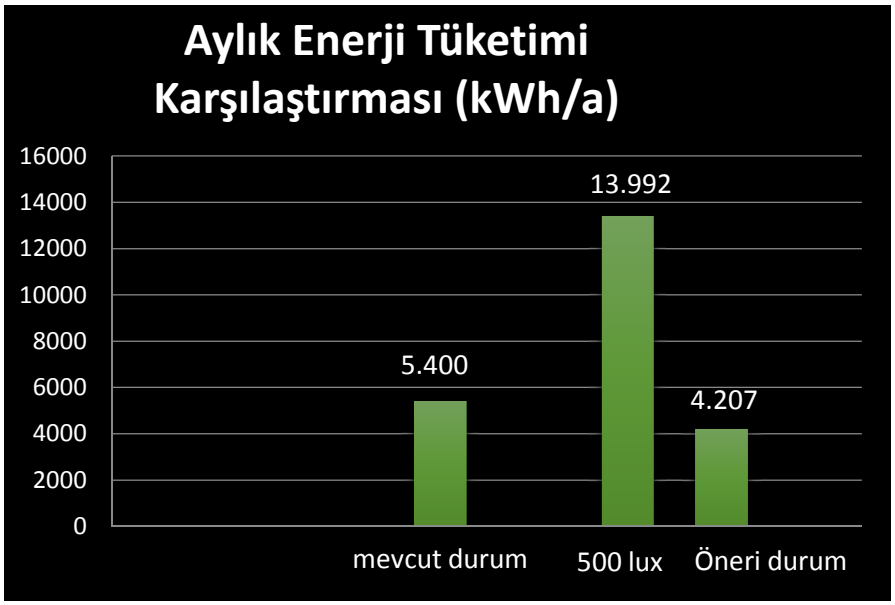
Tüketim bedellerinin karşılaştırılmasında yapılan projenin kendini ne kadar sürede amorti edeceğinin hesaplanması önemlidir. Hesaplanan tüketim kaynaklı kazanç miktarı 60 milyon kWh 'ten 16 milyon kWh'e düştüğü için 44 milyon kWh olarak hesaplanmıştır. Tüketim bedeli bazında bakıldığında ise aylık 12 bin TL oranında tasarruf sağlanmaktadır. Bu da yüzde olarak hesaplandığında %73,3 oranında tasarruf edildiği görülmektedir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Projenin Kendini Amorti Ettiği Sürenin Hesabı

		Kazanç Aylık (kWh)	Tasarruf (%)	Kazanç Aylık
Tüketim Kaynaklı		44.553.600,00 TL	%73.38	12.029.472,00 TL
İşletme Maliyeti				4.811.788,80 TL
Toplam				16.841.260,80 TL
Armatür Adedi	Birim Fiyat	Maliyet	Projenin Amorti Süresi (Ay):	
660	125,00 TL	82.500,00 TL	5 ay	

Projenin amorti süresi hesaplanırken ışıklık birim fiyatı 125,00 TL den hesaplanarak 660 adet led ışıklığın maliyeti 82.500 TL olarak hesaplanmıştır. Aylık tüketim kaynaklı kazanca işletme maliyeti eklenerek toplam aylık kazanç hesaplanmış ve toplam maliyet bu orana bölündüğünde projenin kendini 5 ay gibi kısa bir sürede amorti edeceği görülmektedir. Tasarruf oranları yüksek olduğu için, aydınlatma tesisatlarındaki iyileştirme çalışmalarının geri ödeme süreleri de kısa olmaktadır **[13].**

Modellenen durumların aylık enerji tüketim miktarları karşılaştırıldığında (şekil 5.1.), mevcut durumda mevcut fluoresan armatürlerle, 150 lux miktarındaki bir aydınlatma için 5.400 kWh/a enerji tüketimi, aynı armatürlerle 500 lux miktarındaki aydınlatmayı sağlamak için 13.992 kWh/a enerji tüketimi olduğu görülmektedir. Öneri durumda ise led armatür kullanılarak, 500 lux miktarındaki aydınlatma düzeyi sağlandığında aylık enerji tüketiminin 4.207 kWh/a' a düştüğü görülmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Aylık Enerji Tüketimi Karşılaştırması

Yapılan çalışmada flüoresan ve led ışıklık karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, led ışıklık flüoresan ışıklıktan daha verimli bir aydınlatma, daha hesaplı bir ekonomi ve daha nitelikli bir çalışma ortamı sağladığı görülmektedir. Günümüzde ilk döşeme maliyetleri flüoresan ışıklıklardan daha fazla olsa da teknolojinin ilerlemesiyle ve gün geçtikçe karşılanabilir bir bedel olarak karşımıza çıkacağı açıktır. İşletme sahipleri bu anlamda bilinçlenerek ve yapılan bu çalışmaları göz önünde bulundurarak koşulları iyileştirmek için değişime önem vermeli ve sonucunda alınacak ürün kalitesi, çalışanın sağlığı ve memnuniyeti, verimli aydınlatma ve ekonomik giderleri göz önünde bulundurmalıdır. İşyerlerinde aydınlatmada yapılan iyileştirmelerden sonra verimliliğin arttığına dair birçok çalışma bulunmaktadır. Aydınlığın belirli bir noktaya kadar artmasıyla doğru orantılı olarak artan ürün kalitesi ve azalan hatalı ürün sayısı toplam maliyet hesaplarına ek bir düşüş sağlayarak sadece aydınlatma enerjisinden değil aynı zamanda çalışan verimliliğinden kaynaklı hata payını azaltarak bu anlamda da bir tasarruf sağlamaktadır.

Ayrıca fluoresan lambalar çevreye ışık yayarken, kullandığı enerjinin bir kısmını ısıya dönüştürürler, dolayısıyla çevreye ısı yayarlar. Yayılan bu ısıyı ortadan kaldırmak için belirli bir oranda soğutma-havalandırma enerjisi tüketilecektir. Led lambalar ise kullandığı enerjinin %90'ını ışığa çevirirler. Fluoresan lambalarla karşılaştırıldığında, çevreye neredeyse hiç ısı yaymazlar. Bu sayede led lambaların kullanılması, aynı

zamanda soğutma-havalandırma için tüketilecek enerjiden de tasarruf edilmesini sağlayacaktır.

Aydınlatmada enerji verimliliği sağlamanın küresel anlamda da olumlu etkileri vardır. Daha az enerji kullanımı doğaya daha az karbondioksit gazı salımı anlamına gelir. Melbourne Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmaya göre Hindistan'da enerji verimliliği önlemlerinin benimsenmesiyle birlikte 2010 yılı itibariyle 87.700.000 ton CO_2 azaltma potansiyeline sahiptir ve son tahminler enerji verimliliği teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla 2060 yılına kadar insan kaynaklı CO_2 emisyonlarının yarıya indirilebileceği yönündedir **[9].**

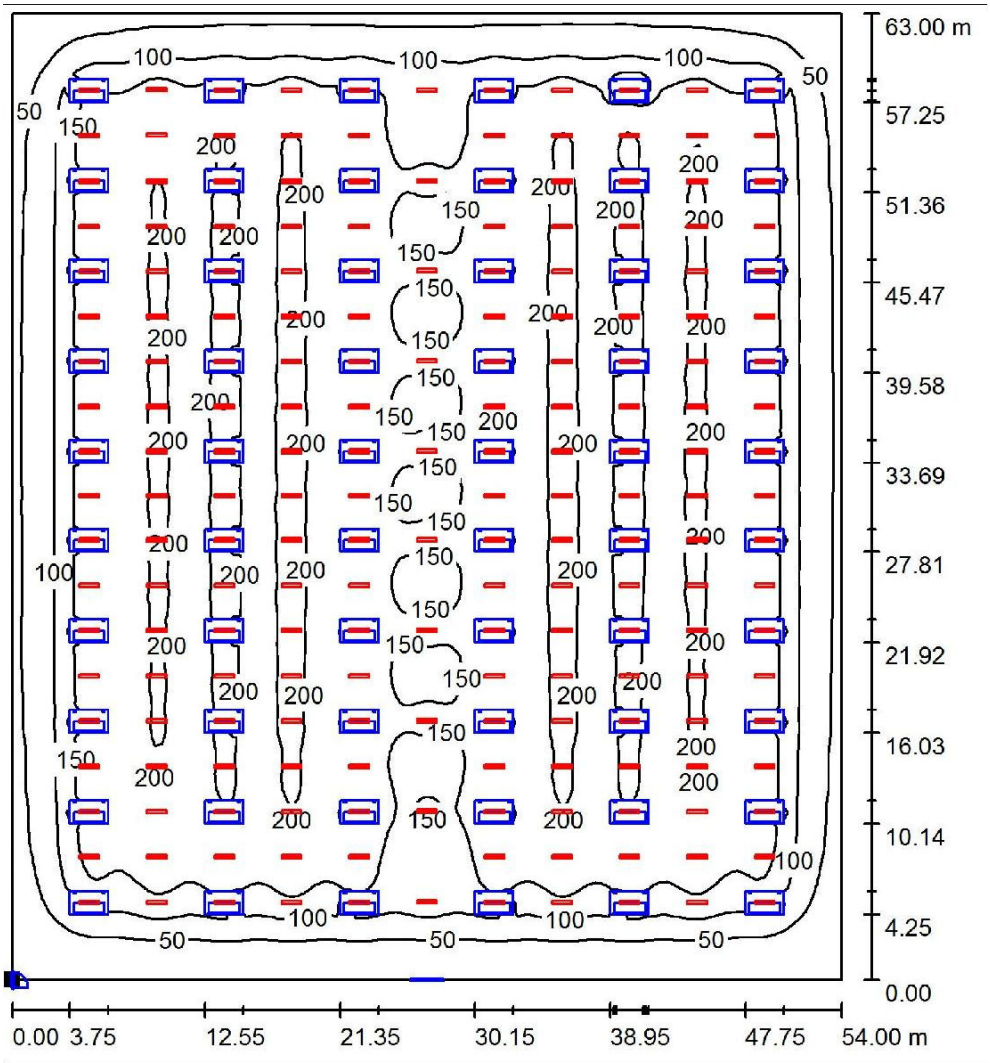
Bu çalışmada gerçekte var olan bir mekan modellenerek Dialux aydınlatma simülasyonu programıyla mekan simüle edilmiş ve aydınlatma hesapları mevcut durum ve öneri durum için modellenmiştir. Günümüzde kullanılan bu aydınlatma simülasyon programları sayesinde hem hesaplama hem de 3 boyutlu görselleştirme işlevleri tasarımcılara kolaylık sağlamaktadır. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte birçok yenilikçi firma teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek armatür ve ışıklık kataloglarını zenginleştirmişlerdir. Bu da tasarımcılara ışık kaynağını doğru ve verimli kullanabilme anlamında birçok görev ve sorumluluk yüklemiştir.

Günümüzün bilinçli meslek grupları ve bilim adamları bu alanda ar-ge çalışmalarına önem vermekte ve bu yenilikleri önümüze sunarak en verimli ışığın en tasarruflu şekilde çalışma düzlemimize düşmesini sağlamaktadır. Yapılan bu tür çalışmalar, teknolojiyi verimli kullanabilen ortamları yaratması açısından önemli olup diğer alanlar için de örnek oluşturabilir.

EKLER

EK-I Mevcut Durum İçin Aydınlık Değerleri

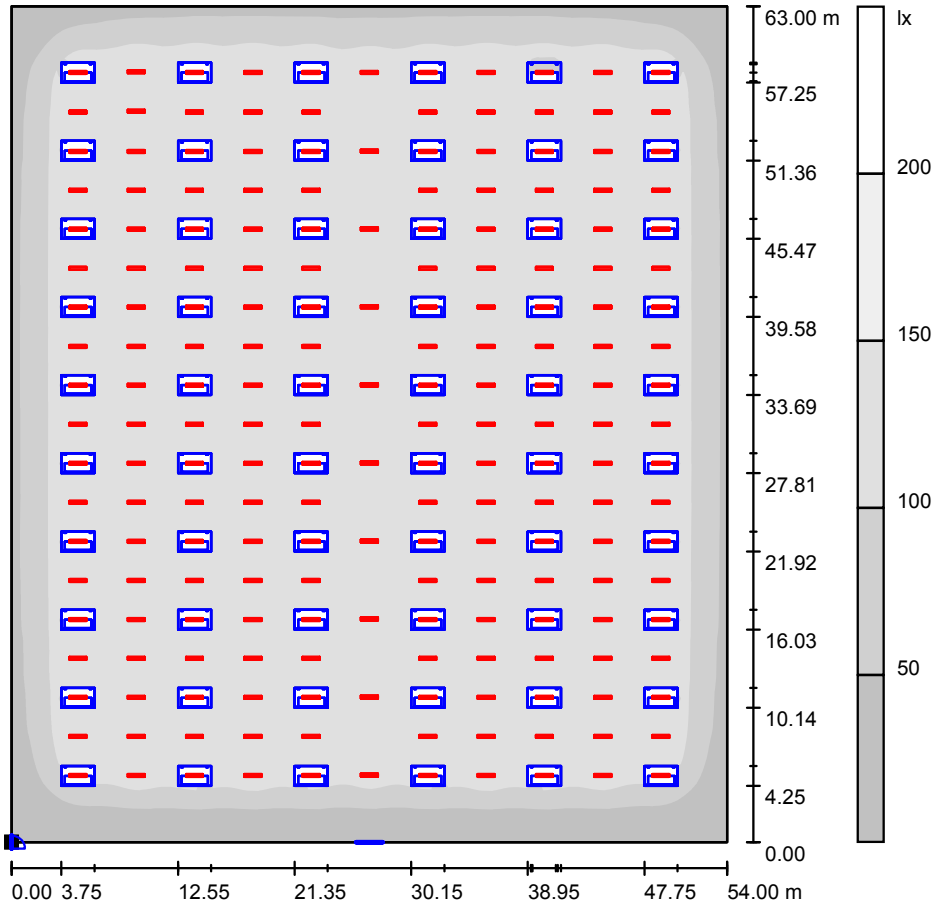
Oda 1 / Çalışma düzlemi / Değer eğrileri (E)



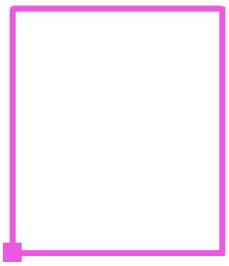
Yüzeyin odadaki konumu: İşaretlenmiş:

(0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Gri tonları (E)

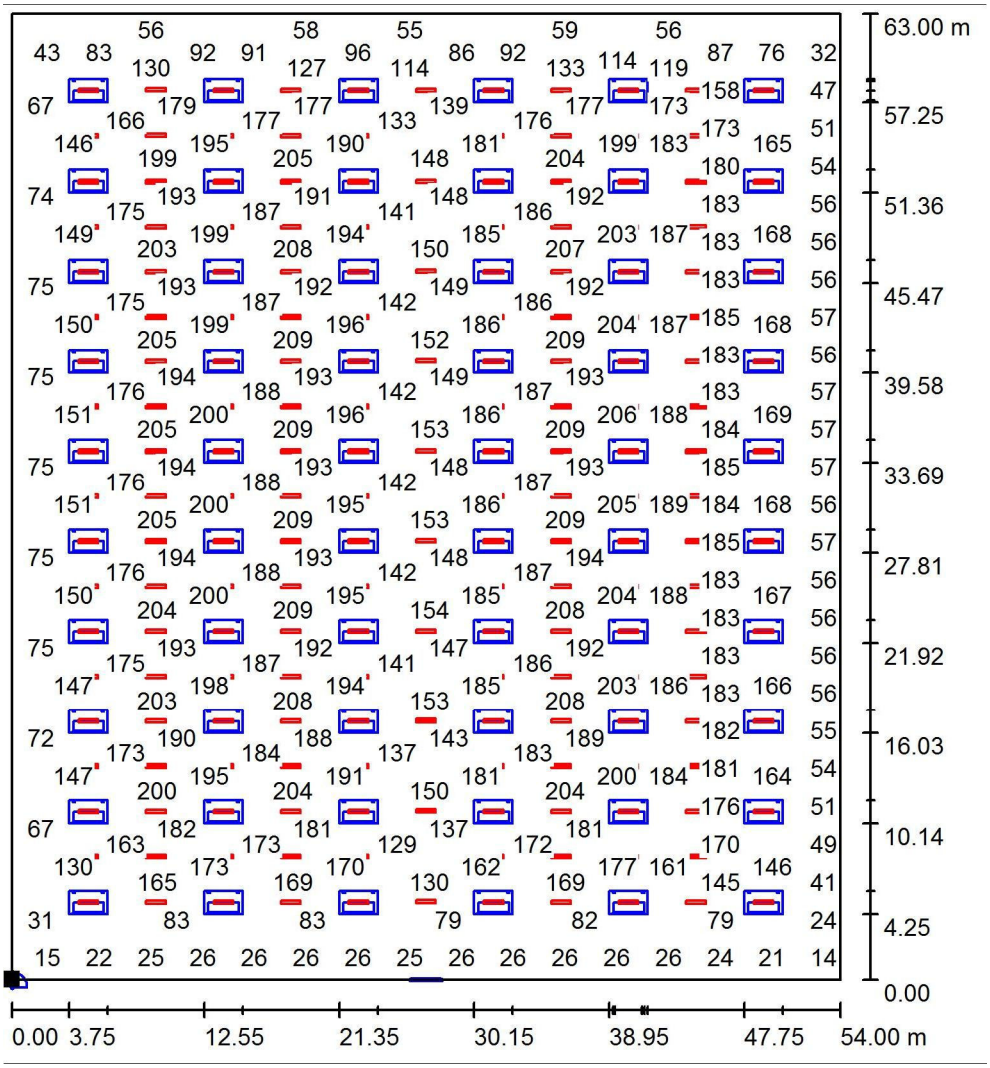


Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



...
birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 493
Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
149	12	214	0.080	0.056

Oda 1 / Bakım planı

Etkin bir aydınlatma tesisatı için düzenli bakım kaçınılmazdır, tesisatın sunulan ışık niceliğindeki yaşlanmaya bağı azalma yalnızca böyle sınırda tutulabilir.
EN 12464'de belirlenen minimum aydınlık değerleri bakım değerleridir, yani belirlenecek bir bakımdaki bir yeni değere (kurulumdaki) dayanır. Aynı durum DIALux ile hesaplanan değerler için de geçerlidir, bu nedenle bunlara yalnızca bu bakım planına sürekli uyulursa erişilebilir.

Genel oda bilgileri

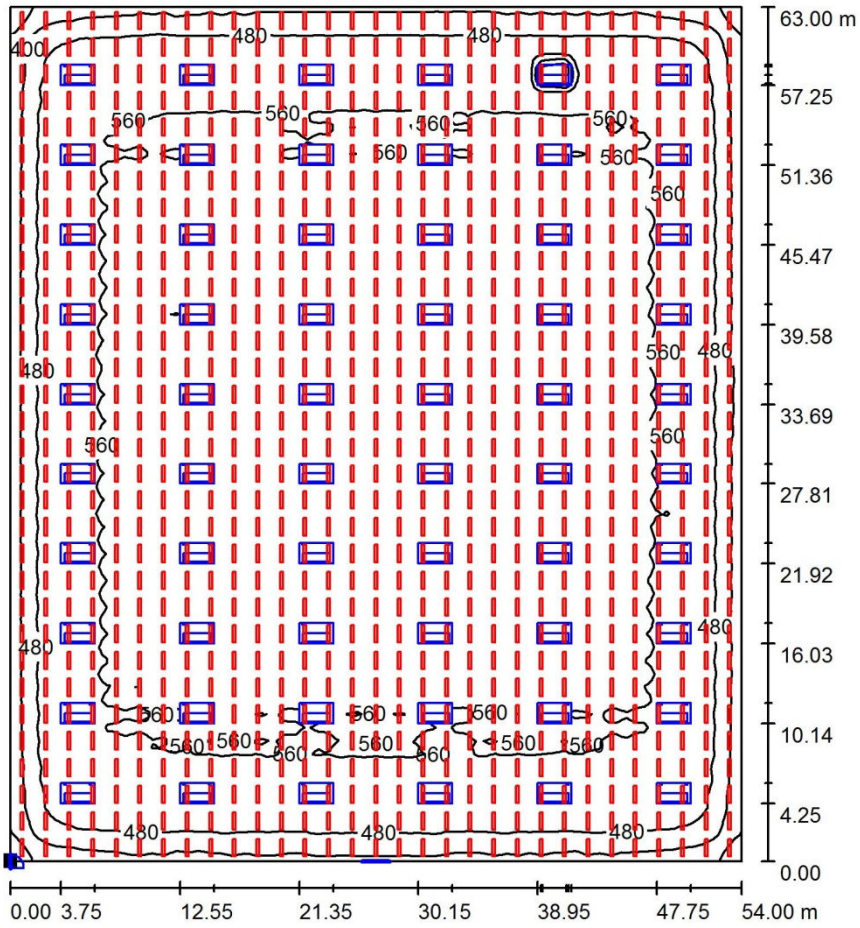
Odanın ortam koşulları:	Kirlenmiş
Odanın bakım aralığı:	Tüm 3.0 Yıllar.

Tek düzenleme / OSRAM 4008321413406 DIADEM 2X36 W VA MP

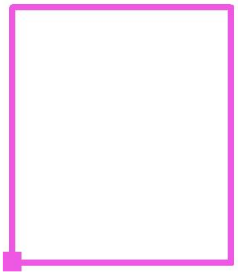
Oda yüzeylerinin yansıtma etkisi:	büyük (k > 3.75)
Aydınlatma türü:	Doğrudan
Işıklıkların bakım aralığı:	Yıllık
Işık tipi:	Kapalı IP2X (CIE'ye göre)
Yıllık işletme süresi (1000 saat olarak):	2.58
Lamba değiştirme aralığı:	Yıllık
Lamba tipi:	Üç sıralı flüoresan lamba (CIE'ye göre)
Bozuk lambaların gecikmeksizin değiştirilmesi:	Evet
Oda yüzeyi bakım katsayısı:	0.94
Işıklık bakım katsayısı:	0.77
Lamba ışık akısı bakım katsayısı:	0.93
Lamba ömür katsayısı:	1.00
Bakım çarpanı:	**0.67**

EK-II Mevcut Durumda 500 lux İçin Aydınlık Değerleri

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Değer eğrileri (E)



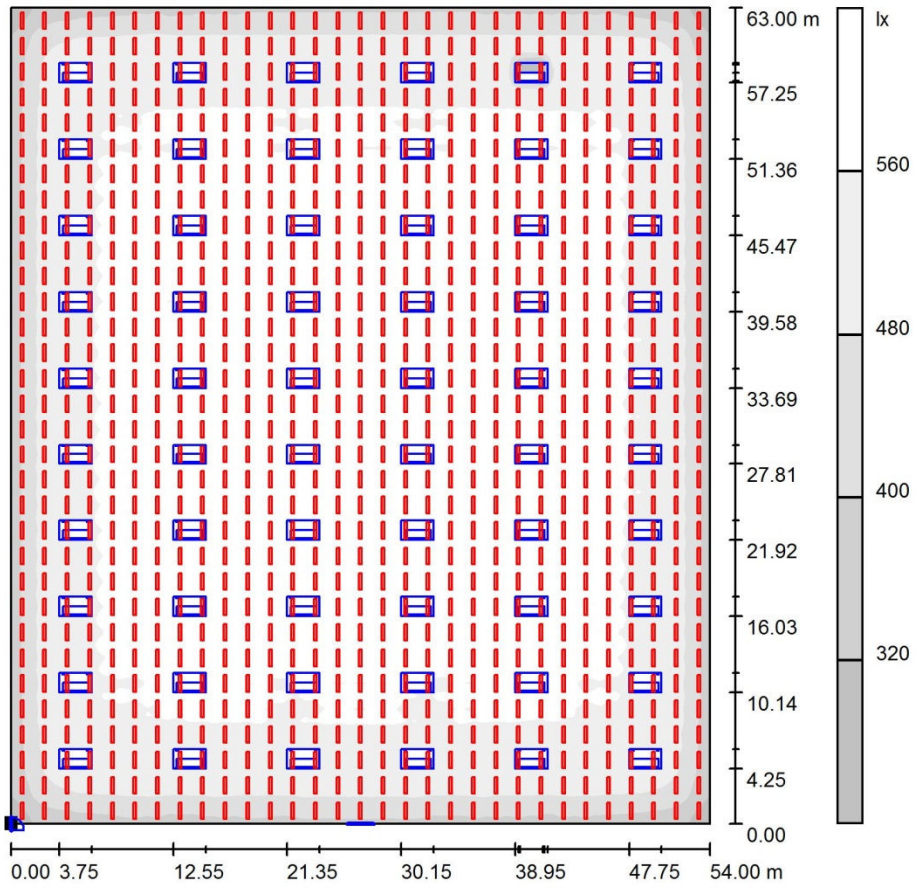
... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 493
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



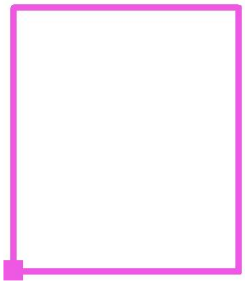
Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
533	201	581	0.376	0.345

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Gri tonları (E)



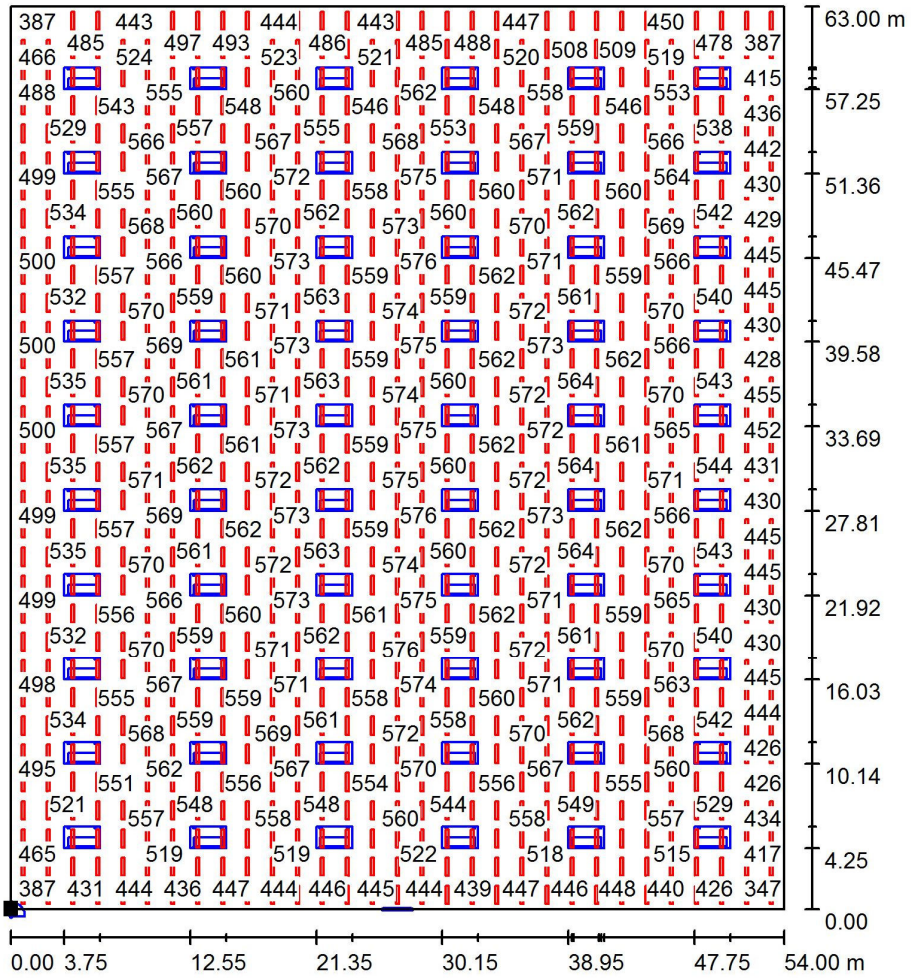
Ölçek 1 : 493
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
533	201	581	0.376	0.345

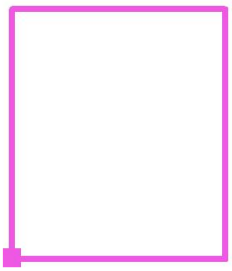
Oda 1 / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



..

. birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 493
Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
533	201	581	0.376	0.345

Oda 1 / Bakım planı

Etkin bir aydınlatma tesisatı için düzenli bakım kaçınılmazdır, tesisatın sunulan ışık niceliğindeki yaşlanmaya bağı azalma yalnızca böyle sınırda tutulabilir.
EN 12464'de belirlenen minimum aydınlık değerleri bakım değerleridir, yani belirlenecek bir bakımdaki bir yeni değere (kurulumdaki) dayanır. Aynı durum DIALux ile hesaplanan değerler için de geçerlidir, bu nedenle bunlara yalnızca bu bakım planına sürekli uyulursa erişilebilir.

Genel oda bilgileri

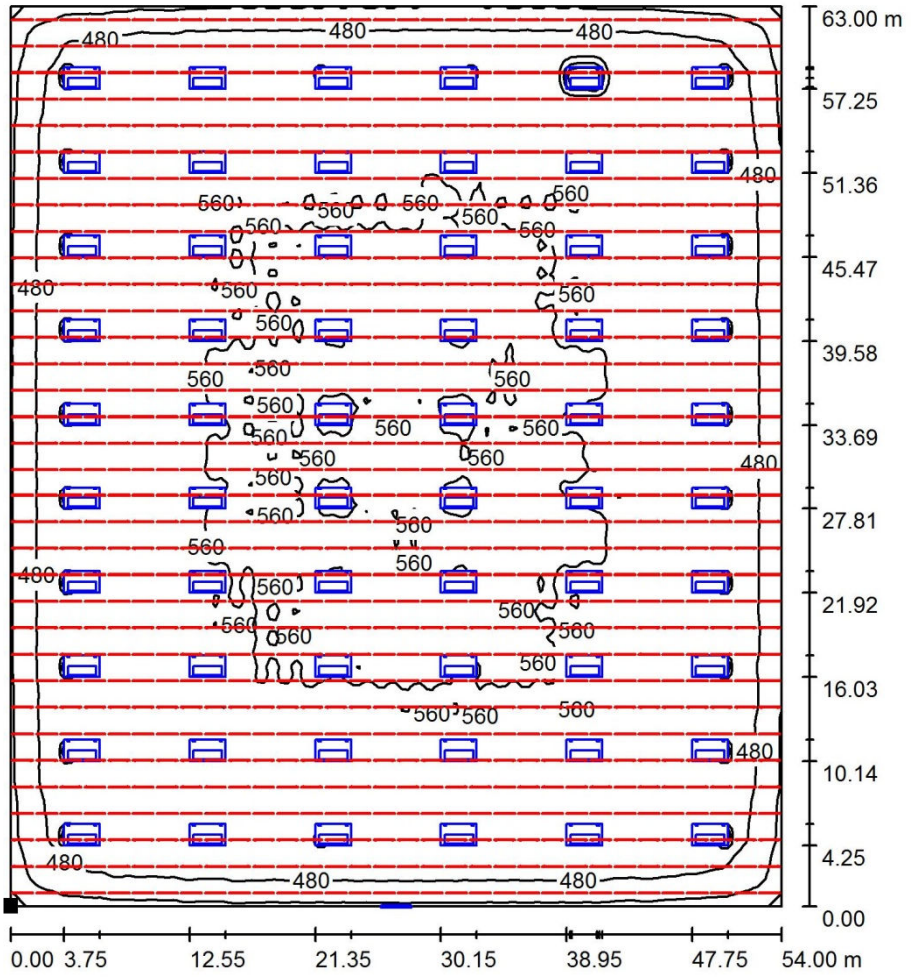
Odanın ortam koşulları:	Kirlenmiş
Odanın bakım aralığı:	Tüm 3.0 Yıllar.

Tek düzenleme / OSRAM 4008321413406 DIADEM 2X36 W VA MP

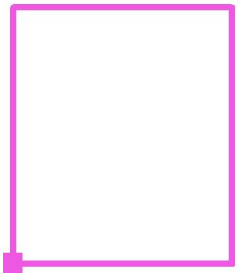
Oda yüzeylerinin yansıtma etkisi:	büyük (k > 3.75)
Aydınlatma türü:	Doğrudan
Işıklıkların bakım aralığı:	Yıllık
Işık tipi:	Kapalı IP2X (CIE'ye göre)
Yıllık işletme süresi (1000 saat olarak):	2.58
Lamba değiştirme aralığı:	Yıllık
Lamba tipi:	Üç sıralı flüoresan lamba (CIE'ye göre)
Bozuk lambaların gecikmeksizin değiştirilmesi:	Evet
Oda yüzeyi bakım katsayısı:	0.94
Işıklık bakım katsayısı:	0.77
Lamba ışık akısı bakım katsayısı:	0.93
Lamba ömür katsayısı:	1.00
Bakım çarpanı:	**0.67**

EK-III Öneri Modelde 500 lux İçin Aydınlık Değerleri

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Değer eğrileri (E)



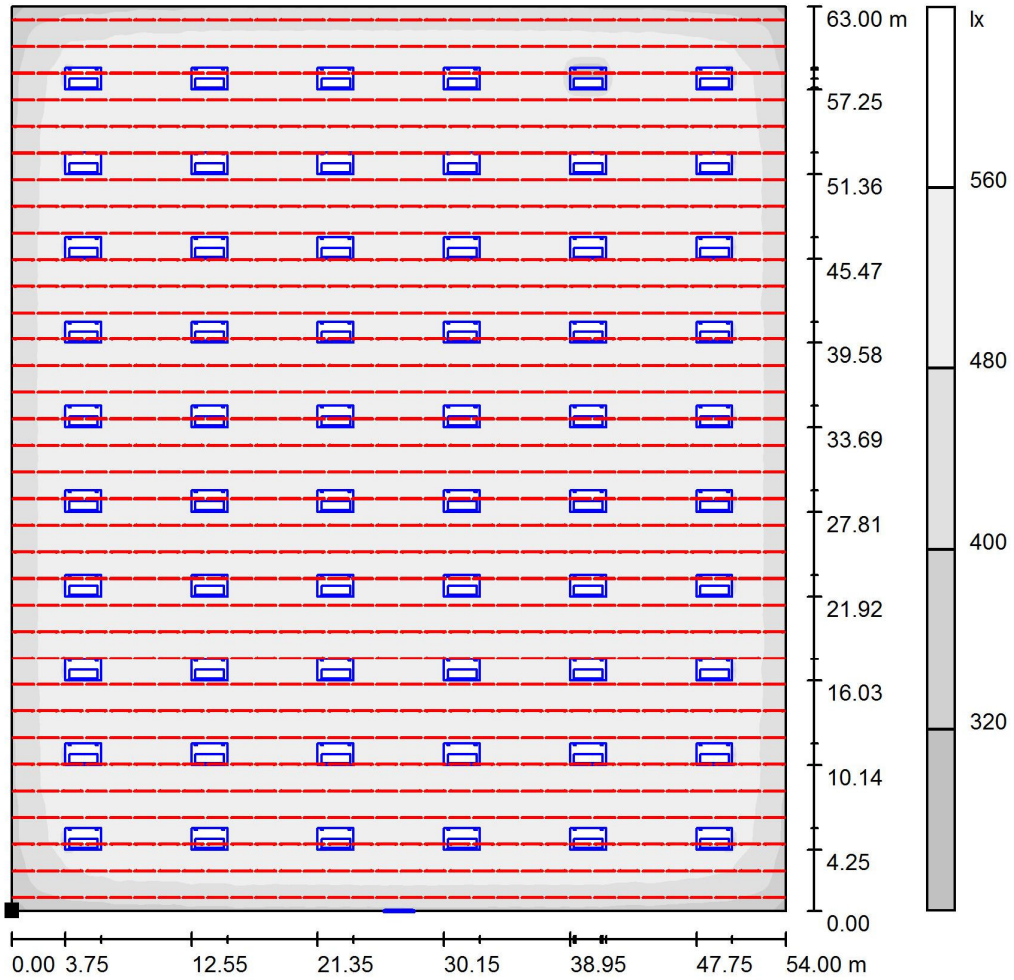
... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 493
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



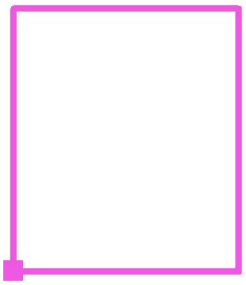
Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
530	187	573	0.353	0.326

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Gri tonları (E)



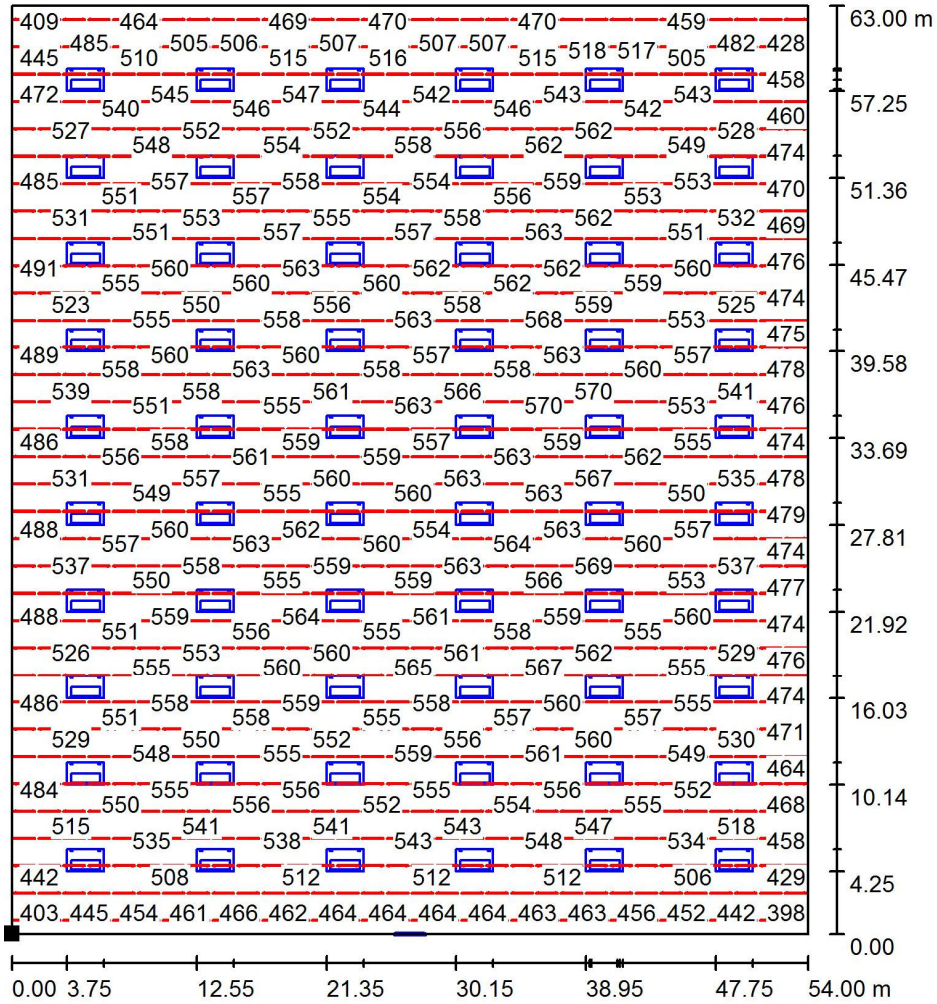
Ölçek 1 : 493
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

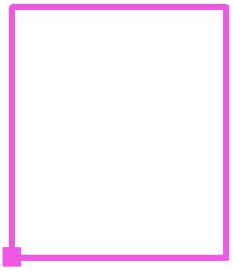
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
530	187	573	0.353	0.326

Oda 1 / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 493
Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
530	187	573	0.353	0.326

Oda 1 / Bakım planı

Etkin bir aydınlatma tesisatı için düzenli bakım kaçınılmazdır, tesisatın sunulan ışık niceliğindeki yaşlanmaya bağı azalma yalnızca böyle sınırda tutulabilir.
EN 12464'de belirlenen minimum aydınlık değerleri bakım değerleridir, yani belirlenecek bir bakımdaki bir yeni değere (kurulumdaki) dayanır. Aynı durum DIALux ile hesaplanan değerler için de geçerlidir, bu nedenle bunlara yalnızca bu bakım planına sürekli uyulursa erişilebilir.

Genel oda bilgileri

Odanın ortam koşulları:	Kirlenmiş
Odanın bakım aralığı:	Tüm 3.0 Yıllar.

Alan düzenleme / YAMING MSF400b-LED036ST-5700/220 LED Tri-Proof Light

Oda yüzeylerinin yansıtma etkisi:	büyük (k > 3.75)
Aydınlatma türü:	Doğrudan
Işıklıkların bakım aralığı:	Yıllık
Işık tipi:	Led
Yıllık işletme süresi (1000 saat olarak):	2.58
Lamba değiştirme aralığı:	Yıllık
Lamba tipi:	
Bozuk lambaların gecikmeksizin değiştirilmesi:	Evet
Oda yüzeyi bakım katsayısı:	0.94
Işıklık bakım katsayısı:	0.77
Lamba ışık akısı bakım katsayısı:	0.93
Lamba ömür katsayısı:	1.00
Bakım çarpanı:	**0.67**

KAYNAKLAR

[1] The CIE(Comission Internationale De L'Eclairage) Approach, ***Light Quality and Energy Efficiency,*** Page 12.

[2] İnternet Kaynağı: http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/gorsel-konfor-ve-enerji-tasarrufu-acysyndan-aydynlatma-sistemlerinin-yncelenmesi

SARI, A., GÖKOZAN, H., SUNAN, E., ***Görsel Konfor Ve Aydınlatma Sistemleri Açısından Aydınlatma Sistemlerinin İncelenmesi,*** 3e Elektrotech Dergisi.

Erişim tarihi: 22.07.2014.

[3] KÜÇÜKDOĞU M, Ş., ***Mühendislik ve Mimarlıkta Enerji Etkin Tasarım İlkeleri,*** Iv. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 2007.

[4] SİREL, Ş., ***Sanayi Yapılarında Aydınlatma,*** Mimarlık Dergisi, Sayı .., Syf 56-60, İstanbul, 1970.

[5] SİREL, Ş., ***Aydınlığın Niteliği***, 1.Baskı, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, İstanbul 1992.

[6] SİREL, Ş., ***Endüstri Yapılarında Aydınlatma ve Gürültü Denetimi***, Mart 1993.

[7] BARRETT, R., ***The Case For Daylighting in Architecture,*** Archnet-IJAR, Volume 3, Issue 2, July 2009.

[8] DUBOİS, M., BLOMSTERBERG, A., ***Energy Saving Potential and Strategies For Electric Lighting in Future North European, Low Energy Office Buildings: A Literature Review,*** Science Direct, Energy and Buildings 43(2011)2572-2582, 2011.

[9] STEFANO**,** J. D., ***Energy efficiency and the environment: the potential for energy efficient lighting to save energy and reduce carbon dioxide emissions at Melbourne University, Australia,*** Energy journal, Energy 25 (2000) 823–839, 1999.

[10]KÜÇÜKDOĞU M, Ş., Aydınlatmada ***Etkin Enerji Kullanımı***, II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Diyarbakır, 2003.

[11] OCHOA, C. E., ARIES, M.B.C., HENSEN, J.L.M., ***State of the Art in Lighting Simulation for Building Science: A Literature Review,*** Journal of Building Performance Simulation, January 2011.

[12] ONAYGİL,S., GÜLER, Ö.,ERKİN,E., CEBECİ,E., ***Endüstride Tavan yüksekliğine Bağlı aydınlatma Çözümleri,*** EMO V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 7-8 Mayıs 2009.

[13] ONAYGİL, S., GÜLER, Ö., ERKİN, E., CEBECİ, E., ***Sanayi Enerji Tüketiminde Aydınlatmanın Yeri ve Tasarruf Potansiyelleri,*** Türkiye 11. Enerji Kongresi, İzmir, 21-23 Ekim, 2009.

[14] STOKES, M., RYLATT, M., LOMAS, K., ***A Simple Model Of Domestic Lighting Demand,*** Science Direct, Energy and Buildings 36 (2004) 103–116, 2004.

[15] GÖKMEN, R, M., ***Endüstri Tesislerinde Enerji Verimli Aydınlatma Teknikleri Ve Örnek Çalışma,*** İTÜ Enerji Enstitüsü, Yükseklisans Tezi, İstanbul, 2010.

[16] SİREL, Ş., ***Aydınlatmada Enerji Kaybı***, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, Kitapçık No 3, İstanbul, 1999.

[17] BOZKURT, A.U, ***Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi***, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İZMİR, 2008.

[18] İnternet Kaynağı:http://www.emo.org.tr/ Erişim tarihi: 19.05.2013

[19]İnternet Kaynağı: www.sunvia.net/ Erişim tarihi: 19.05.2013

[20] ONAYGİL, S., ***Enerji Verimliliği : Tanımlar ve Kavramlar***, Temiz Enerji Günleri 2012 Konferansı, İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi, İdris Yamantürk Konferans Salonu, 2012.

[21] SÖĞÜT, Z., OKTAY, Z., ***Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi Ve Bir Uygulama,*** Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, ISSN-1302-3055, Sayı:10, Mayıs, 2006.

[22] PERDAHÇI, C., HANLI, U., ***Verimli Aydınlatma Yöntemleri***, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası 3.Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli üniversitesi, 2009.

[23] CORBUSIER, AALTO, A., ANDO, T., ***Gün İşığı Çalgıcısı Üç Mimar***, 2. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Diyarbakır. Sayfa 15-22, 8-10 Ekim 2003.

[24] KAZANASMAZ, T.Z., GÜNAYDIN, M., BİNOL, S., ***Bürolarda Günışığı Aydınlık Değerlerinin Öngörülmesi***, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sempozyum Bildirisi, sayfa 811-822., İzmir, 2009.

[25] GÖRGÜLÜ, S., KOCABEY, S., YÜKSEK, İ., DURSUN, B., ***Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılarda Doğal Aydınlatma Yöntemleri: Kırklareli Örneği***, Uluslararası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu, Kırklareli, 2010.

[26] SEVİM, C., ***Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği ve Paradigma Değişimleri***, Stratejik Araştırmalar Dergisi, Sayı 13 Sayfa 93-105, Mayıs 2009.

[27] ONAYGİL, S., ***Kent İçi Aydınlatma***, Kaynak Elektrik Dergisi, Sayfa 107-112, Haziran , 2001.

[28] KOCABEY, S., ***Dahili Ortamlarda Aydınlık Seviyesinin Kontrolü İle Enerji Tasarrufunun Sağlanması***, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1999.

[29] KADİRBEYOĞLU, M., ***Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Önemi***, 3E Electrotech Dergisi, Sayı 98, 2002.

[30] GENÇOĞLU, M.T., ***İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu***, III.Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 141-150, Ankara, Kasım, 2005.

[31] FİTOZ, İ., KÜÇÜKERMAN, Ö., ESEN,A.,***Aydınlatma Tasarım Laboratuvarı***, MEGARON YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, 2007.

[32] IŞIK, N., ***İç ve Dış Aydınlatmada Malzemenin Rolü***, Dicle Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, TMMOB II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Bildirileri, 2003.

[33] ÖZTÜRK, Ç., ***Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri***, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2006.

[34] ÖZTANK, N., HALICIOĞLU, F. H., ***Mekan Aydınlatma Tasarımında Yeni Yaklaşımlar***, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, s.159-163, 2009.

[35] BOYCE, P., HUNTER,C., HOWLETT, O., ***The Benefits Of Daylight Through Windows***, Lighting Research Center, New York, 12 th September, 2013.

[36] İnternet Kaynağı: http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG14-ofislerde_isg.pdf

Erişim tarihi: 05.06.2014

[37] YENER, A.K., ***Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler***, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sempozyum Bildirisi, Sayfa 231-241, 2008.

[38] KAZANASMAZ, T., FIRAT, P., TOSUN, M., ***Prizmatik Ve Lazer Kesim Panellerin Doğal Aydınlatma Performansı Açısından Değerlendirilmesi***, VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 24-25 Kasım 2011,44-56, İzmir.

[39] İnternet Kaynağı :http://www.heliobus.com/en/products/lightpipe

Erişim tarihi: 22.05.2013

[40] İnternet Kaynağı : www.yesilbina.com.tr Erişim tarihi: 25.05.2013

[41] İnternet Kaynağı : www.sunvia.com Erişim tarihi: 30.05.2013

[42] MANAV, B., KUTLU, R., KÜÇÜKDOĞU, M.Ş., ***Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi***, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Mayıs 2009.

[43] OZKAYA.M., TUFEKCİ.T., ***Aydınlatma Tekniği***, Birsen Yayınevi, İstanbul 2011.

[44]BECERİK, A., ***Yüksek Yapılar'da Elektrik Mühendisliği-IV , Aydınlatma Aygıtları***, EMO İzmir Şubesi, Aralık 2010.

[45] İnternetKaynağı: www.eie.gov.tr/verimlilik/document/Aydinlatmada_tasarruf_TR

Erişim tarihi: 17.06.2014.

[46] İnternet Kaynağı : http://www.eie.gov.tr/teknoloji/aydinlatma.aspx

Erişim tarihi: 17.06.2014.

[47] İnternet Kaynağı :http://www.pelsan.com.tr/dosyalar/katalog/Lambalar.pdf

Erişim tarihi: 25.06.2014.

[48] ÜNAL, A., ÖZENÇ, S., "***Aydınlatma Tasarımı Ve Proje Uygulamaları***", BİRSEN YAYINEVİ, İstanbul 2004.

[49] ATAÇ, F., ***Kütüphanelerde Doğal Ve Yapay Aydınlatma Kriterleri: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Kütüphanesinin Okuma Salonlarının İncelenmesi,*** Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**,** Yükseklisans Tezi, Ankara, 2013.

[50] İnternet Kaynağı: http://www.megep.meb.gov.tr Erişim tarihi: 17.07.2014.

[51] DURSUN, B., SARI, A., GÖKOZAN, H., ***Eğitim Kurumlarında Aydınlatma Özelliklerinin İncelenmesi İle İlgili Bir Uygulama***, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi,2.1(2006)1-8.

[52] Şule Yılmaz Erten Fotoğraf Arşivi.

[53] İnternet Kaynağı :www.dergi.mo.org.tr/dergiler/4/399/9013 Erişim tarihi: 21.06.2014.

[54] İnternet Kaynağı :www.emo.org.tr. Erişim tarihi: 20.06.2014.

[55] KÜRKÇÜ, E., ÇAKAR, İ., ZEYREK, S., ***İşyerlerinde aydınlatma***, ÇSGB, İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları Rehberi, s. 13-18, Ankara, 2014.

[56] İnternet Kaynağı :OSRAM Resmi internet sitesi Erişim tarihi: 30.06.2014.

[57]İnternet Kaynağı:http://www.yaminglighting.com/led Erişim tarihi: 30.06.2014.

ÖZGEÇMİŞ

Şule YILMAZ ERTEN, 1989 yılı İstanbul doğumludur. Aşağıda belirtilen tarihler arasında ilgili kurumlarda öğrenimini tamamlayarak 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2011 yılında mezun oldu. 2012 yılında Trakya Üniversitesi'nde yüksek öğrenimine başladı. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak girdi. Halen aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Evlidir.

EĞİTİM DURUMU:

1995-2003 İstanbul-Paşakapısı İlköğretim Okulu

2003-2007 İstanbul-Üsküdar Lisesi (YDA)

2007-2011 Trabzon-Karadeniz Teknik Üniversitesi

2012- Edirne-Trakya Üniversitesi