

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DIŞ ORTAM AYDINLATMASINDA ARMATÜR MONTAJ KONUMLARININ VE  
DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEHMUS TURAN

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ NAZIM İMAL

BİLECİK, 2022

10489676

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DIŞ ORTAM AYDINLATMASINDA ARMATÜR MONTAJ KONUMLARININ VE  
DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEHMUS TURAN

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ NAZİM İMAL

BİLECİK, 2022

10489676

## BEYAN

‘‘Dış Ortam Aydınlatmasında Armatür Montaj Konumlarının ve Dağılımlarının Belirlenmesi’’ adlı yüksek lisans yeterlik tezi yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.		
<b>DESTEK ALINMIŞTIR</b>	<input type="checkbox"/>	<b>DESTEK ALINMAMIŞTIR</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Destek alındı ise;</b>		
<b>Destekleyen kurum;</b>		
<b>Desteğin Türü</b>	<b>Proje Numarası</b>	
<b>1-</b>		
<b>Diğer;.....</b> .....		
<b>ETİK KURUL onayı var ise;</b>		
<b>ETİK KURUL karar tarih/sayı:</b>	...../..... .....	

Şehmus Turan

Tarih

.....

İmza

.....

## ÖN SÖZ

Aydınlatmanın esas maksadı, gereksinimlere dair mümkün olan mükemmel görme düzeyini karşılayabilmektir. Spor alanları, tüneller, parklar, yollar ve meydanlarda aydınlatma, kişisel ihtiyaçların yanı sıra toplumsal olarak da değerlendirildiklerinden büyük bir öneme sahiptirler.

Çalışmalarında her aşamada beni destekleyen Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nazım İMAL'a, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi ve Siirt Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün derslerini aldığım değerli öğretim üyelerine ve projenin sonlanmasındaki değerli katkıları adına sayın jüri üyelerine teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak bu günlere ulaşmamdaki emekleri adına değerli aileme teşekkür ederim.

**Şehmus Turan**

**2022**

## ÖZET

### DIŞ ORTAM AYDINLATMASINDA ARMATÜR MONTAJ KONUMLARININ VE DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Dış aydınlatma uygulamalarında tercih edilen aydınlatma düzeyi, aydınlatma verimliliği, ışığın renksel ve grafiksel kalitesi, optimum aydınlatma yönteminin seçimi, armatür ve lamba dağılımı, gerçekleştirilen tasarım ve hesaplamalar için belirleyici faktörlerdir. Aydınlatma düzeyi ve renk kalitesine aydınlatılacak ortamın sosyal, kültürel ve ekonomik bakımdan değerlendirilmesi ile karar verilir. Aydınlatma düzeyindeki ve renk kalitesindeki artış, kurulacak aydınlatma alt yapısının ilk kurulum maliyetini arttırdığı gibi işletme maliyetini de artıracaktır. Sonraki aşamada ise karar verilen normlarda, mühendislik ve mimari bakımdan uygun olan aydınlatma yöntemi, armatür/lamba türü ve armatür/lamba dağılımı ile uygulama gerçekleştirilir.

Burada gerçekleştirilen çalışmada; yol, meydan, park ve stadyum tarzı dış ortamlarda gerçekleştirilen aydınlatma uygulamalarında, armatür konumlandırılmalarının sıklığı üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Burada, referans alınan 100 adet armatür ve referans alan dikkate alınarak; aynı yükseklikten, fakat farklı askı noktası dağılımlarında, aydınlatma düzeyleri karşılaştırılmaktadır. Armatür/lamba dağılımlarının gerçekleştirildiği askı noktası sayıları 1'den 100'e kadar artırılarak, aydınlatma dağılımlarına etkileri ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Ele alınan bilgisayar destekli tasarım ortamı, dış aydınlatma için üst düzlemde armatürlerin askıda olduğunu esas alarak hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen tasarım hesaplamalarında, hem referans alanda olmamaları, hem de bu yüzden hesaplama sonuçlarını olumsuz etkilemeleri nedenleriyle hesap ağındaki en dış noktalar dikkate alınmamaktadır. Elde edilen hesaplama sonuçlarında yer alan aydınlatma ortalamaları ve aydınlatma dağılım katsayılarından yararlanılarak, istenilen askı noktası sayısında aydınlatma yapmayı sağlamaya yönelik olarak, son kullanıcıların tercihlerinde kolaylık sağlanması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dış Aydınlatma, Aydınlatma Yöntemi, Tasarım.

## ABSTRACT

### IN OUTDOOR LIGHTING, DETERMINATION OF ARMATURE MOUNTING LOCATIONS AND DISTRIBUTIONS

In this study, in outdoor lighting applications, preferred lighting level, lighting efficiency, color and graphical quality of light, selection of optimum lighting method, luminaire and lamp distribution are the determining factors for the design and calculations. The lighting level and color quality are decided by evaluating the environment to be illuminated in terms of social, cultural and economic aspects. The increase in lighting level and color quality will increase the initial installation cost of the lighting infrastructure to be installed, as well as the operating cost. In the next stage, the application is carried out with the lighting method, luminaire/lamp type and luminaire/lamp distribution that are appropriate in terms of engineering and architecture, in the decided norms.

In the study carried out here; A study was carried out on the frequency of luminaire positioning in lighting applications carried out in road, square, park and stadium-style outdoor environments. Here, taking into account the reference 100 luminaires and reference areas; lighting levels are compared from the same height, but at different suspension point distributions. The number of suspension points where armature distributions are realized is increasing from 1 to 100, and their effects on lighting distributions are discussed in detail. The computer-aided design environment discussed is calculated on the basis that the armatures are suspended on the upper plane for exterior lighting. In the design calculations, the outermost points in the calculation network are not taken into account because they are not in the reference area and therefore not affect the calculation results negatively. By making use of the lighting averages and lighting distribution coefficients in the calculation results obtained, it is aimed to facilitate the preferences of the end users in order to provide lighting at the desired number of suspension points.

**Keywords:** Outdoor Lighting, Lighting Method, Design.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür İncelemesi.....	3
1.2. Tezin Amacı ve Yapısı.....	4
1.3. Yöntem.....	5
2. DIŞ ORTAM AYDINLATMASI VE IŞIKLIKLARIN BELİRLENMESİ.....	6
2.1. Aydınlatma Kavramı.....	6
2.2. Lambalar, Armatürler ve Özellikleri.....	6
2.2.1. Enkandesan Armatürler.....	7
2.2.2. Halojen Armatürler .....	7
2.2.3. Floresan Lambalar.....	8
2.2.4. Deşarj Lambalar .....	9
2.2.5. Yüksek Basıncılı Deşarj Lambalar.....	9
2.2.6. LED Lambalar .....	10
2.3. Işık ve Parıltı .....	11
2.4. Kontrast.....	12
2.5. Işık Verimi.....	13
3. DIŞ ORTAM AYDINLATMASI VE AYDINLATMA KALİTESİ .....	14
3.1. Dış Aydınlatmada Aydınlatma Tanımları ve Aydınlatma Dağılımları.....	14
3.1.1. Park ve Bahçe Aydınlatmaları.....	14

3.1.2. Yol ve Otopark Aydınlatması .....	148
3.1.3. Tünel Aydınlatması.....	19
3.1.4. Spor Sahaların Aydınlatması.....	21
3.2. Dış Aydınlatma Kalitesi .....	21
3.2.1. Aydınlatma Dağılım Katsayıları.....	22
<b>4. DIŞ ORTAM AYDINLATMASINDA OPTİMUM IŞIKLI ARMATÜRLERİN KONUMLARININ BELİRLENMESİ.....</b>	<b>23</b>
4.1. Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Parametreler .....	23
4.2. Referans Ortam ve Parametrik Ölçütler .....	24
4.3. Üst Düzlemde Tek Noktadan Çok Noktaya Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri .....	24
4.3.1. Armatürlerin Üst Düzlemde Nokta Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması.....	29
4.4. Üst Düzlemde Tek Diziden Çok Diziye Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri.....	31
4.4.1. Armatürlerin Üst Düzlemden Dizi Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması.....	36
4.5. Yan Düzlemde Tek Noktadan Çok Noktaya Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri .....	38
4.5.1. Armatürlerin Yan Düzlemden Nokta Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması.....	41
4.6. Yan Düzlemde Tek Diziden Çok Diziye Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri.....	42
4.6.1. Armatürlerin Yan Düzlemde Dizi Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması.....	45

<b>4.7. Parıltı Analizi .....</b>	<b>48</b>
<b>4.8. Lamba Gücü ve Sayısı Esaslı Enerji Verimliliği Analizi .....</b>	<b>48</b>
<b>4.9. Dış Ortam Aydınlatmasındaki Elektrik Tesisatı .....</b>	<b>49</b>
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>52</b>

## TABLolar LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 3.1.</b> Aydınlatmada Armatürlerin Aydınlik Seviyelerinin Tablosu .....	<b>22</b>
<b>Tablo 4.1.</b> Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Üst Düzlemde Nokta Dağılım Türü Tablosu .....	<b>30</b>
<b>Tablo 4.2.</b> Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Üst Düzlemde Dizi Dağılım Türü Tablosu .....	<b>37</b>
<b>Tablo 4.3.</b> Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Yan Düzlemde Nokta Dağılım Türü Tablosu .....	<b>41</b>
<b>Tablo 4.4.</b> Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Yan Düzlemde Dizi Dağılım Türü Tablosu .....	<b>45</b>
<b>Tablo 4.5.</b> Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatür Verilerinin Değerlendirilme Tablosu.....	<b>47</b>
<b>Tablo 4.6.</b> Aydınlatmada Çeşitli Güçteki Lambalar Ve Işık Akılarının Tablosu.....	<b>48</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Aydınlatmanın Geçmişi İle Armatür/Lamba Gelişimi .....	7
Şekil 2.2. Enkandesan Lamba .....	7
Şekil 2.3. Halojen Lamba.....	8
Şekil 2.4. Floresan Lamba.....	8
Şekil 2. 5. Deşarj Lamba.....	9
Şekil 2. 6. Yüksek Basıncılı Deşarj Lamba.....	10
Şekil 2.7. LED Lamba.....	11
Şekil 2.8. Işık Ve Parıltı Görseli .....	12
Şekil 2.9. Kontrast Görseli.....	13
Şekil 3.1. Park Ve Bahçe Aydınlatması Görseli - 1 .....	15
Şekil 3.2. Park Ve Bahçe Aydınlatması Görseli - 2.....	16
Şekil 3.3. Park Ve Bahçe Aydınlatması Görseli - 3.....	18
Şekil 3.4. Yol Ve Otopark Aydınlatması Görseli .....	19
Şekil 3.5. Tünel Aydınlatması Görseli.....	20
Şekil 3.6. Spor Sahalarının Aydınlatması Görseli .....	21
Şekil 4.1. 100 W Elektriksel Güç Ve 10.000 Lümen Işık Akılı Referans Armatür/Lamba ....	23
Şekil 4.2. 117 Noktalı Hesap Ağı .....	24
Şekil 4.3. Armatürlerin Üst Düzlemde Tek Noktadan Konumlandırılması.....	25
Şekil 4.7. Armatürlerin Üst Düzlemde Beş Noktadan Konumlandırılmaları .....	27
Şekil 4.8. Armatürlerin Üst Düzlemde Altı Noktadan Konumlandırılmaları .....	27
Şekil 4.9. Armatürlerin Üst Düzlemde Sekiz Noktadan Konumlandırılmaları .....	28
Şekil 4.10. Armatürlerin Üst Düzlemde On Noktadan Konumlandırılmaları .....	28
Şekil 4.11. Armatürlerin Üst Düzlemde Yüz Noktadan Konumlandırılmaları.....	29
Şekil 4.12. Aydınlatmada Üst Düzlemde Nokta Dağılım Kat Sayıları.....	30
Şekil 4.13. Armatürlerin Üst Düzlemde Noktadan Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma Ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri .....	31
Şekil 4.14. 117 Dizili Hesap Ağı .....	32
Şekil 4.15. Armatürlerin Üst Düzlemde Tek Diziden Konumlandırılması.....	32
Şekil 4.16. Armatürlerin Üst Düzlemde İki Diziden Konumlandırılması .....	33
Şekil 4.17. Armatürlerin Üst Düzlemde Üç Diziden Konumlandırılması .....	33
Şekil 4.18. Armatürlerin Üst Düzlemde Dört Diziden Konumlandırılması .....	34

<b>Şekil 4.19.</b> Armatürlerin Üst Düzlemde Beş Diziden Konumlandırılması.....	<b>34</b>
<b>Şekil 4.20.</b> Armatürlerin Üst Düzlemde Altı Diziden Konumlandırılması.....	<b>35</b>
<b>Şekil 4.21.</b> Armatürlerin Üst Düzlemde Sekiz Diziden Konumlandırılması.....	<b>35</b>
<b>Şekil 4.22.</b> Armatürlerin Üst Düzlemde On Diziden Konumlandırılması.....	<b>36</b>
<b>Şekil 4.23.</b> Aydınlatmada Üst Düzlemde Dizi Dağılım Kat Sayıları.....	<b>37</b>
<b>Şekil 4.24.</b> Armatürlerin Üst Düzlemde Dizi Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma Ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri .....	<b>38</b>
<b>Şekil 4.25.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Tek Noktadan Konumlandırılması.....	<b>39</b>
<b>Şekil 4.26.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde İki Noktadan Konumlandırılması .....	<b>39</b>
<b>Şekil 4.27.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Üç Noktadan Konumlandırılması .....	<b>40</b>
<b>Şekil 4.28.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Dört Noktadan Konumlandırılması .....	<b>40</b>
<b>Şekil 4.29.</b> Aydınlatmada Yan Düzlemde Nokta Dağılım Kat Sayıları.....	<b>41</b>
<b>Şekil 4.30.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Nokta Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma Ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri .....	<b>42</b>
<b>Şekil 4.31.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Tek Diziden Konumlandırılması .....	<b>43</b>
<b>Şekil 4.32.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde İki Diziden Konumlandırılması .....	<b>43</b>
<b>Şekil 4.33.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Üç Diziden Konumlandırılması .....	<b>44</b>
<b>Şekil 4.34.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Dört Diziden Konumlandırılması .....	<b>44</b>
<b>Şekil 4.35.</b> Aydınlatmada Yan Düzlemde Dizi Dağılım Kat Sayıları .....	<b>45</b>
<b>Şekil 4.36.</b> Armatürlerin Yan Düzlemde Dizi Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma Ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri Grafiği .....	<b>46</b>
<b>Şekil 4.37.</b> Armatürlerin Üstten, Yan Düzlemde Dört Diziden Konumlandırılması.....	<b>48</b>
<b>Şekil 4.38.</b> LED Armatür Yapılı Lambalarda $\Phi=f(P_L)$ Grafiği .....	<b>49</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<b>E</b>	: Aydınlık Düzeyi
<b>CIE</b>	: Commission Internationale de l'éclairage ( Uluslararası Aydınlatma Komisyonu )
<b><math>\Phi</math></b>	: Işık Akısı
<b>c</b>	: Işık Hızı
<b>U1</b>	: $E_{\min} / E_{\max}$
<b>U2</b>	: $E_{\min} / E_{\text{ort}}$
<b><math>E_{\min}</math></b>	: Minimum Aydınlık Düzeyi
<b><math>E_{\text{ort}}</math></b>	: Ortalama Aydınlık Düzeyi
<b><math>E_{\max}</math></b>	: Maksimum Aydınlık Düzeyi
<b><math>\lambda</math></b>	: Dalga Boyu
<b>V</b>	: Gerilim, Volt
<b>I</b>	: Akım
<b>e</b>	: Elektron
<b>Cd</b>	: Kandela
<b>W</b>	: Watt
<b>K</b>	: Renk Sıcaklığı
<b>Lux</b>	: Aydınlık Düzeyi Birimi
<b>Ra</b>	: Renksel Geri Verim
<b>L</b>	: Parıltı

## 1. GİRİŞ

Aydınlatmanın esas maksadı, gereksinimlere dair mümkün olan mükemmel görme düzeyini karşılayabilmektir. Spor alanları, tüneller, parklar, yollar ve meydanlarda aydınlatma, kişisel ihtiyaçların yanı sıra toplumsal olarak da değerlendirildiklerinden büyük bir öneme sahiptirler. Gece gerçekleştirilen spor müsabakalarının daha kaliteli izlenmesi, meydanlarda daha ferah bir etki sağlanması, tünellerden araç geçişlerinin daha güvenli sağlanması için aydınlatma önemli bir yere sahiptir. Herhangi bir armatür/lamba tercihi ve konumlandırılması ile güzel bir ışıklandırma olması mümkün olmamaktadır. Günümüzde, istenilen kalite arttığından, kriterlere uygun bir aydınlatma sağlamak için bilgisayar destekli inceleme ve diğer hesaplama işlemlerine gereksinim duyulmaktadır.

Dış aydınlatma uygulamalarında tercih edilen aydınlatma düzeyi, aydınlatma verimliliği, ışığın renksel ve grafiksel kalitesi, optimum aydınlatma yönteminin seçimi, armatür ve lamba dağılımı, gerçekleştirilen tasarım ve hesaplamalar için belirleyici faktörlerdir.

Aydınlatma düzeyi ve renk kalitesine aydınlatılacak ortamın sosyal, kültürel ve ekonomik bakımdan değerlendirilmesi ile karar verilir. Aydınlatma düzeyindeki ve renk kalitesindeki artış, kurulacak aydınlatma alt yapısının ilk kurulum maliyetini arttırdığı gibi işletme maliyetini de artıracaktır. Sonraki aşamada ise karar verilen normlarda, mühendislik ve mimari bakımdan uygun olan aydınlatma yöntemi, armatür/lamba türü ve armatür/lamba dağılımı ile uygulama gerçekleştirilir.

Aydınlatma tasarımlarının gerçekleştirilmelerinde; hesaplama işlemleri, geçerli armatür/lamba, armatür/lamba montajı yapılan direk boyları, direkler üzerindeki armatür/lamba sayısı ve armatür/lamba odak noktaları göz önünde bulundurularak aydınlatılacak bölgeler, tüneller, parklar, yollar ve meydanlarda kullanım amacı ve yaşam kalitesi gibi farklı kriterler esas alınır. Bu çalışmada; dış aydınlatma esas olarak, spor alanlarının, tünellerin, parkların, yolların ve meydanların suni aydınlatma kaynaklarıyla ışıklandırılmasına ilgili tercih kriterleri, teorik veriler ve kaliteli hesaplama yöntemleri dikkate alınarak verilmektedir.

Dış ortam aydınlatmasının da armatür montaj konumlarının ve dağılımlarının belirlenmesin de tasarımda kullanılan parametreler, referans ortam ve parametrik ölçütleri, üst düzlemde tek noktadan çok noktaya kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri, üst düzlemde tek diziden çok diziyeye kadar konumlandırılmış ışıklıklar için

aydınlatma analizleri, yan düzlemde tek noktadan çok noktaya kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri, yan düzlemde tek diziden çok diziye kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri yapıldı. Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; üst ve yan düzlemde tek noktadan ve diziden başlayarak yüz noktaya ve diziye kadar olan armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır. Armatürlerin üst düzlemde nokta konumuyla gerçekleştirilen aydınlatma için elde edilen verilerin aydınlatma kalitesi esaslı yorumlanması niteliği incelenmektedir.

Armatür veya lambaların konumlandırılmaları, aydınlatmanın yatay ve düşey dağılımlarını etkilediği kadar aydınlatılacak bölgelerdeki parlıltı değışimlerini de etkiler. Bir aydınlatma tasarımında lamba veya armatürlerin tek noktadan konumlandırılmaları ile çok noktadan konumlandırılmaları arasında teknik ve geometrik bakımdan önemli farklılıklar mevcuttur.

Bu çalışmada aydınlatılan alan, armatür yüksekliği, armatür sayısı, lamba gücü ve ışık akısının sabit olduğu bir algoritma da armatür konumlarının aydınlatma tasarımına etkileri ele alınmaktadır. Tüm armatürlerin tek noktadan toplanmasından, her bir armatürün dengeli dağılım oluşturmasına kadar, çeşitli armatür yerleşimlerinin aydınlatma tasarımına etkileri; yatay ve düşey aydınlatma dağılımları, yatay ve düşey aydınlatma dağılım katsayıları ve parlıltı etkileri bakımından ele alınmaktadır.

Çalışma da kapalı oda ortam yerine dış ortam tercih edilerek, duvar ve tavan yansımalarının aydınlatma düzeylerine sağlayacağı etkilerin ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Çalışmada sadece armatür dağılımlarının etkilerinin incelenmesi esas alındığından, armatür ışık dağılımı olarak dar veya geniş olmayan bir ışık akısı dağılımına sahip armatür tercih edilmiştir.

Burada optimum aydınlatma dağılımının, hangi armatür/lamba dağılımında gerçekleşeceğinin bulunması amaçlanmış olup, aydınlatma kalitesi kadar aydınlatma verimliliği (Lümen/Watt) dikkate alınmıştır. Her ne kadar çok sayıda noktadan yapılan aydınlatmanın kalitesinin daha az sayıda noktadan yapılacak aydınlatmaya göre daha iyi seviyelerde olduğu öngörülse de; gerek kablolama maliyeti, gerekse de aydınlatma veriminde ki azalma bu tür tasarımların kısıtlayıcı etkenlerini oluşturmaktadır.

## 1.1. Literatür İncelemesi

İncelemeler sonucu ışıklandırma tasarımları yapılırken refah bir ortam ve güzel duyuyu belirleyecek analizler genel standartlara uygunluğu bakımından öne çıkmıştır. Işıklandırma bir meydana lambaların herhangi bir yerlere konumlandırılmaları için değil Işıklandırmanın faydalı bir tasarım yapılması ve meydanın aydınlatma gereksinimini karşılaması için sağlanmaktadır. Aslı gaye iyi bir aydınlatma sağlanmasıdır. (Gençoğlu, 2005: 72]. Uygun yerde ışıklandırma yapılmasında milletler arası standartlar ön tarafta kullanılmalıdır. Aydınlatmanın iyi konumlandırılması geniş alanlarda kullanılmasının yanında kaliteli bir malzeme olacağına dikkat edilmelidir.

Doğru armatür/lamba seçimi, ne amaçla ve nerede kullanılacağına bağlıdır. Armatür/Lamba seçiminde aydınlatma seviyesi, açık kalma süresi ve değiştirilme kolaylığı gibi faktörlerin yanı sıra göz sağlığı ve refah bir ortam göz önüne alınmalıdır. (Gençoğlu ve Özbay, 2007: 58).

Konu ile ilgili çalışmalar ele alındığında, Lewin ve Fies'in 1999 yılında yayınladıkları "Lamp color and visibility in outdoor lighting design. In Conference of the Institution of Lighting Engineers" (Lewis ve Fies, 1999: 51) adlı çalışmalarında dış aydınlatma uygulamalarında ışık akısı parlaklığı ve renksel kalitenin artırılmasına yönelik yaklaşımları açıkladıkları görülmektedir.

İyi bir ışıklandırma yapılması farklı düzeylerde yararları olduğu incelemeler eşliğinde meydana çıkmıştır. (Şenyurt, 2011: 45) 'e göre doğru bir ışıklandırma göz yapısının sağlığını koruma, ışıklandırma yapılacak bölgelerdeki ve bu alanlardaki objelerin görülmesiyle kazaların oluşmaması ve bu bölgelerdeki çalışmaların performansının yükseleceği görülmektedir.

Johansson ve arkadaşlarının 2011 yılında yayınladıkları "Individual factors influencing the assessment of the outdoor lighting of an urban footpath" (Johansson vd., 2011: 40) adlı çalışmalarında ise dış aydınlatmanın insanlar üzerinde oluşturduğu memnuniyet ve memnuniyetsizlik etkileri üzerinde durulmaktadır. Burada gerçekleştirilen çalışma da, dış aydınlatma ortamında kullanılan armatürlerin konumlarının az zararlı etkiyi oluşturmaya yönelik olarak, armatür dağılımlarının en optimum şartlarda gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir

Işıklandırma kullanımlarında elektrik mühendislerine fazla bir mesuliyet gerekmektedir. Elektrik mühendislerinin büyümeleri ile kanuni tertiplerinin takibi ile

olmaktadır. Şöyle bir meselede literatür çalışmasında verilerin amacı ve kullanım kademelerindeki bireylerin kanuni kullanımları becerili ve uygun gereksinimleri öne alması aşamalarındaki bireyselliklerini amaçlamışlardır. (Erkin vd., 2009: 32) Işıklandırma çift anabilim dalları içinde bir bilim kısmı olduğu için mühendislik ve mimarlık birlikteliği olması lazımdır. Proje numuneleri farklılıklarına bakıldığında mühendislik ile mimarlık birlikteliği esası ortaya çıkan neticeler ve çabalarda güzel bir ışıklandırma ortaya çıktığı ve getirileri iyi olduğu anlaşılmıştır.

## **1.2. Tezin Amacı ve Yapısı**

Işıklandırma hayatımızın çoğu yerinde bir gereksinim haline gelmiştir. Bu gereksinimler yapılan işlerin, çalışmaların ve hayatımızda yer alan çoğu kavramlar için ışıklandırma tasarımı ve ışıklandırmalarla hayatımızın her alanında bulunmaktadır.

Işıklandırma alanı çok yönlü olması ile inceleme, birleşim ve müzakere yapılması gerektiği amaçlanmıştır. Dış ortam aydınlatmasında armatür montaj konumlarının ve dağılımlarının belirlenmesinde ışıklandırma tasarımı, aydınlatılacak bölgeler, tüneller, parklar, yollar ve meydanlardaki aydınlatmalar, ışıklandırma tesisatı tasarımı kullanım amacı ve yaşamda kullanılan aydınlatmalar sınıflandırılmıştır.

Dış ortam aydınlatmasında armatür montaj konumlarının ve dağılımlarının belirlenmesinde verilerini elde ederken uygulama esnasında yapılacak analizler, şekiller, semboller ile incelemelerimi aydınlatacak olan bilgilere ilk önce Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) kurumsal sitesi, internet verileri, tez çalışmaları, aydınlatma kitapları, dergi yayınlarına ulaşım sağlanmıştır. Bilgisayar destekli programlar ile ileri hesaplama yöntemleri kullanılarak ışıklandırma projelerinin kullanılabilirliği sağlanmıştır. Araştırılan kaynaklar neticesinde aydınlatma verilerinin alt zemin oluşturulmuştur. Bu veriler ile dış ortam aydınlatmasında armatür montaj konumlarının ve dağılımlarının belirlenmesi için ihtiyaç duyulan ve aydınlatma projelerinde sıklıkla kullanılan DIALux aydınlatma programı kullanılmıştır.

İşlem olarak DIALux aydınlatma programı tercih edilmesinin sebebi hatalı uygulamaların basit bir şekilde düzenlenmesi, aydınlatma verilerin analizinin en iyi şekilde yapılması, zamandan tasarruf edilmesi ve uygulama projelerinin alt zemininin maliyetlerinin minimize edilmesidir.

DIALux verileri dahilinde malzemeler ve miktarlar gösterilmiştir. Görsel ve tablo ile bu verilerin analizleri yapılmıştır. Tabloda yer alan başka bir veri de aydınlatma hesaplarının

nasıl yapılacağı ile ilgilidir. Aydınlatma hesabı yapılırken armatürün montaj konumu göz önünde bulundurulmuştur

### **1.3. Yöntem**

Burada gerçekleştirilen çalışmada; yol, meydan, park ve stadyum tarzı dış ortamlarda gerçekleştirilen aydınlatma uygulamalarında, armatür konumlandırılmalarının sıklığı üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Burada, referans alınan 100 adet armatür ve referans alan dikkate alınarak; aynı yükseklikten, fakat farklı askı noktası dağılımlarında, aydınlatma düzeyleri karşılaştırılmaktadır. Armatür/lamba dağılımlarının gerçekleştirildiği askı noktası sayıları 1'den 100'e kadar arttırılarak, aydınlatma dağılımlarına etkileri ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Dış aydınlatma da armatür üst düzlemde nokta, üst düzlemde dizi, yan düzlemde nokta ve yan düzlemde dizi konumlandırmaları incelendi. Ele alınan bilgisayar destekli tasarım ortamı, dış aydınlatma için üst düzlemde armatürlerin askıda olduğunu esas alarak hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamalarda aydınlatma verileri, ışıklıklar ve değer grafiğindeki dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri ve dağılım katsayıları verilerinden faydalanmaktadır. Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından, armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır. Gerçekleştirilen tasarım hesaplamalarında, hem referans alanda olmamaları, hem de bu yüzden hesaplama sonuçlarını olumsuz etkilemeleri nedenleriyle hesap ağındaki en dış noktalar dikkate alınmamaktadır. Elde edilen hesaplama sonuçlarında yer alan aydınlatma ortalamaları ve aydınlatma dağılım katsayılarından yararlanılarak, istenilen askı noktası sayısında aydınlatma yapmayı sağlamaya yönelik olarak, son kullanıcıların tercihlerinde kolaylık sağlanması hedeflenmektedir.

## 2. DIŞ ORTAM AYDINLATMASI VE IŐIKLILARIN BELİRLENMESİ

Dış ortam ışıklandırmaları ile ışıklıkların belirlenmesinde; aydınlatma kavramı, armatür ve özellikleri, ışıklıklar, ışıklık (parıltı) kontrastı ve ışıklık verimi konuların niteliklerine bakılmaktadır.

### 2.1. Aydınlatma Kavramı

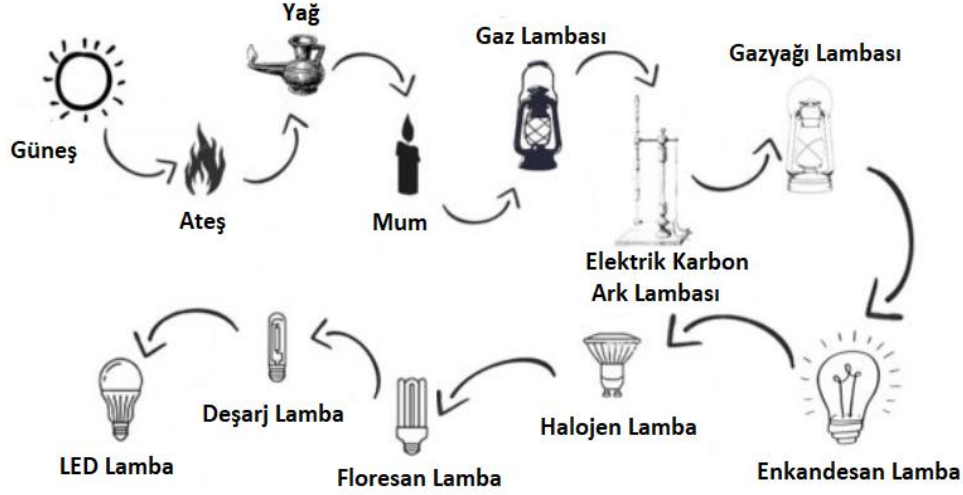
Aydınlatma bir ışık kaynağından bir nesneyi veya bir objeyi aydınlatarak onun görünürlüğünü sağlanması durumunu ifade etmektedir. Aydınlatma da insan gözünün ışık, renk algılaması, armatürlerin, aydınlatma elemanı ekipmanlarının özelliklerini, yüzey, ışık yansıtma ve ışık geçirme özelliklerinden yararlanılan bir elektrik birimidir. Bu ifadelere bağılı olarak aydınlatmanın amacı; ışık kaynağının değıl bu kaynağın aydınlatacağı çevre ve objelerin görünür duruma gelmesidir.

İyi bir aydınlatma işletme şartlarına uygun olarak gerçekleştirilmelidir. Görme şartlarına uygun iyi bir aydınlatma yapıldığında;

- Gözün algılama ve iyi görmesi artar.
- Göz sağlığı korunumu artar.
- Göz bozukluğu önlenmiş olur.
- Görsel verim iyi olacağından, yapılan işlerin verimi ve ticari varlık artacaktır.
- Psikolojik bakımdan görsel performans iyi olur.

### 2.2. Lambalar, Armatürler ve Özellikleri

Gece ve günışığından yararlanılmadığında, aydınlatma kavramı, lamba ve armatürlerle birlikte anılan bir mühendislik bilimidir. Lamba ve armatür özelliklerine bakıldığında enkandesan armatürler, halojen armatürler, floresan lambalar, deşarj lambalar, yüksek basınçlı deşarj lambalar ve LED lambalar, armatür yapıları ile birlikte ele alınmalıdır. Şekil 2.1.'de aydınlatmanın geçmişı ile armatür/lamba gelişimi gösterilmektedir.



**Şekil 2.1** Aydınlatmanın Geçmişi İle Armatür/Lamba Gelişimi

### 2.2.1. Enkandesan Armatürler

Enkandesan armatür, ısı olarak radyasyon oluşturan ve rezistansın ısınması ile ışıldama ile ışık oluşturur. Şekil 2.2.'de Enkandesan lamba örneğine bağlı olarak bu ışık kaynağı bir tungsten filaman ve bir cam kısımdan oluşur. Bu cam kısım; armatürün cinsine bakarak havası alınmış vakum alan veya Nitrojen (N) veya Argon (Ar) gazlarına benzer soygaz ile doldurulur.



**Şekil 2.2.** Enkandesan Lamba

### 2.2.2. Halojen Armatürler

Şekil 2.3.'te gösterilen Halojen armatürler Enkandesan armatürlerin geliştirilmiş halidir. Bu armatürlerin cam kısımları içinde halojen gazı ile sıkıştırılmıştır. Armatür de oluşan halojen gazı tungsten buharı ile reaksiyona girerek tungsten halojenür formülü oluşur. Oluşan bu gaz cam kısım içinde sıcaklığın yüksek kalmasını sağlar. Bu halojenür element, cam kısım içerisindeki filaman etrafından geçerken filaman sıcaklığı dolayısıyla tungsten,

halojenürden koparak filaman üstünde toplanır. Bu esnada filamanın daha yüksek sıcaklıklara dönüştürülmesine olanak sağlar ve armatür ömrünü de uzun sürdürmesini sağlar.



**Şekil 2.3.** Halojen Lamba

### **2.2.3. Floresan Lambalar**

Floresan armatürler düşük basınçlı deşarj armatürleridir. Bu armatürler, 3 veya 5 yüksek kademeli renk spektrum alanını kapsar. ( Kırmızı, Mavi ve Yeşil alanlarda ) bu nitelik floresan armatürlerin renksel geriverim niteliklerinin dolu dolu olmasını sağlamaktadır.

Şekil 2.4.'te gösterilen Floresan lambanın, armatür kanalının iç katmanında UV radyasyonu görünür ışığa dönüştüren kimyasal bir kısım mevcuttur. Bu kimyasal kısmında, armatür rengini ve renksel geriverim niteliklerini gösterir.T8 (T26) Floresan armatürler ışık verimi yüksektir. T5 (T16) Floresan armatürler daha yüksek ışık verimine sahiptirler T5 Floresan armatürler sadece elektronik balast ile çalışmaktadır.



**Şekil 2.4.** Floresan Lamba

#### 2.2.4. Deşarj Lambalar

Deşarj armatürleri, armatür içinde yer alan gazın veya metal buharın iyonize olarak meydana çıkması ile elektriksel deşarj ile ışık oluşturan armatürlerdir. Şekil 2.5.'te Deşarj lamba gösterilmiştir. Deşarj tüpünde yer alan gazın cinsi göz önünde bulundurularak; direk olarak gözün bakabileceği ışık meydana gelir veya UV radyasyonu, armatür tüpü kısmında kimyasal bir madde olarak değerlendirilen, gözün algılayacağı ışığa yönelerek armatürden yararlanır.

Alçak basınçlı ve yüksek basınçlı armatürler, tüp kısmında bulunan gazın basınç değerine göre farklılık oluşturmaktadır. Deşarj armatürler, işlevlerini yerine getirmek için balasta gereksinim duyarlar. Balast armatür kısmında oluşan akımı kısıtlarlar. Bu deşarj armatürünü çalıştırmak için, starter veya ateşleyici armatür devresine gereksinim duyulur. Devre için kullanılacak ekipmanlar; yüksek voltaj, deşarj tüpü kısmındaki iyonize olan gaz tabakasını tahrik ederek armatürün iç kısmı ateşlenmesiyle ışık oluşur.



Şekil 2. 5. Deşarj Lamba

#### 2.2.5. Yüksek Basınçlı Deşarj Lambalar

Yüksek basınçlı deşarj armatürleri mühim olanları; metal halide armatürler ile yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürlerdir. İçinde fazla metalin birlikteliği ile meydana gelen halojenürlerin basıncı ile metal halide armatürlerin ışık verimi ve renksel geriverimleri fazladır. Armatürler iki uçlu, tüp olarak, elips biçiminde, büyük bir yoğunluğa ve uzun süreli bir şekilde sıcak-beyaz ile soğuk-beyaz ışık renkleri olarak üretilmektedir. Neredeyse bütün metal halide armatürlerde UV radyasyonu tutucu bir şekilde cam kısmında yer alır.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürler birbirinden ayıran mühim nitelik, UV kapsamayan sıcak ışık rengine dahil olması ile yüksek ışık akısı önemli bir yeri kapsamaktadır. Metal halide armatüre benzer iki uçlu, tüp olarak, elips biçiminde üretilmektedir. Şekil 2.6.'da Yüksek basınçlı deşarj lamba gösterilmiştir. Buna bağlı olarak renksel geriverimi düşük bir armatür çeşidi ( $Ra \leq 59$ ) cadde ışıklandırmaları için fayda oluşturmaktadır. Renksel geriverimi düzeltilmiş olan armatürler çeşitleri ( $Ra \leq 69$ ) üstünlükle endüstriyel alanların ışıklandırmaları gibi güzel bir renksel geriverime hakim olan armatürler ise ( $Ra \geq 80$ ) süsleyici kullanımlar için salonlarda öne çıkarılan ışıklar ile sağlıklı bir aydınlatma uygundur.

Metal halide armatürler ve yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürler ile balast ve ateşleyiciye ihtiyaç vardır. Bütün armatürler elektronik balast ile çalıştırılmaktadır. Armatürler DİM yapılması için renk uyumu sağlanması açısından problem oluşturabilmektedir. Şimdilerde ise bu armatürler çeşitleri ise DİM yapılabilmesi için elektronik balastlar kullanılır.



**Şekil 2. 6.** Yüksek Basınçlı Deşarj Lamba

### **2.2.6. LED Lambalar**

LED ( Light Emitting Diodes ) içeriği N ile P tipi yarıiletken tabakalar ortasında sıkıştırılmış aktif bir katman tabakasından ve bunların elektriksel irtibatları meydana gelen elektronik bir ekipmandır. LED'ten doğru bir istikamette geçen akım elektronlar aktif bir tabakaya etki ederek ışık oluşturur. Bu oluşturulan aydınlatma direk olarak veya aynalı bir katmandan yansımali olarak yayılır.

Şekil 2.7.'de gösterilen LED'ler aktif bir tabakadaki malzeme ile doğru olarak yapılabilir ışık tayfının sınırlı bir kısmında aydınlatma oluştururlar. Farklı bir şekilde tek renk ışık yapılır ve aktif tabakada yapılan malzeme LED ışığın rengini oluşturur. Büyük bir

kısımda olan renkli ışık LED'lerde aktif tabaka şeklinde farklı malzemeler kullanılır. LED'lerle beyaz ışık oluşturmak için 2 farklı yöntem ile oluşturulmaktadır.

1. Yeşil, mavi ve kırmızı üç farklı LED'i kap kısmında bulundurarak beyaz ışık oluşturulur.
2. Mavi LED yapılacak olan ışığın fosfor katmanına benzeterek beyaz ışık oluşturulur.

LED'ler ışığı doğru akım ile oluşturur. LED'ler devrelerde standart diyotlara benzemektedir.



**Şekil 2. 7. LED Lamba**

### **2.3. Işık ve Parıltı**

Parıltı veya parlaklık gibi aydınlatma ile aydınlatılmış bir cisim yüzeyinde herhangi bir noktanın, rasgele bir yöndeki ışıklığı, üzerine konuşulan noktayı kapsayan sonsuz küçük yüzey alanından, oluşan istikametteki ışık odağı, o yüzey bölgesindeki yöne dik bir düzlem kısmındaki iz düşüm kapsamına oranıdır. Şekil 2.8.'de ışık ve parıltı görselindeki aydınlatma armatüründen veya herhangi yüzeyden yayılan ışık parıltı olarak tariflenir.

Parıltı üst kısımdaki birim alanında ve bir yönde oluşan aydınlatma şiddeti ile aydınlatmanın gözde oluşan görme olayını etkileyen kısımdır. Parıltı 'L' harfi ile gösterilir ve 'cd/m<sup>2</sup>' birim olarak kullanılır.

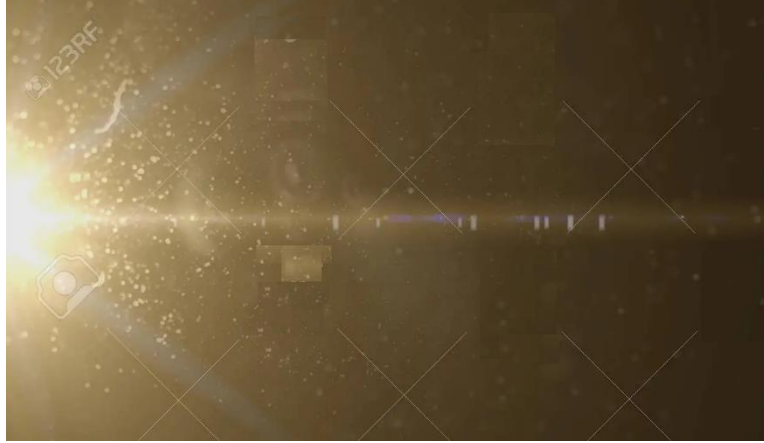


**Şekil 2. 8.** Işık ve Parlaklık Görseli

#### **2.4. Kontrast**

Kontrast, bir cisimden yansıyan ışık ışınları ile cismin yan yüzeylerinden yansıyan ışık ışınlarının aydınlatma düzeyi olarak oransallığı olarak tanımlanabilir ve kontrast (karşıtlık), herhangi bir objenin üstündeki parlaklık ile yanındaki çevrenin etrafındaki ışıklık yoğunluğu olarak tanımlanır. Bir objenin görünmesi için öncelikle bu objenin aydınlık ve karanlık arasındaki görünmesine bağlıdır.

Şekil 2.9.'daki Kontrast görseline bağlı olarak; Görünebilirlik, → Ekipman büyüklüğü, → Görünme açısı, → Objeye ile alan arasındaki kontrast, → alanın ışıklılığı, → görme zamanı, → alanın rengi ve yapısı, → objenin gölgesi ve karmaşıklığı, → görme keskinliği, → alandaki renkler gibi etmenlere göre farklılık gösterir. Bu farklılıklar birer birer ışıklandırma için önem arz etmektedir. Göz bir objeyi, diğer bir objeye göre farklı aydınlıkta ve ayrı renkte görüldüğü için fark edilir. Görme, aydınlık ve renk kontrastı ile meydana gelir. Alçak renk kontrastı veya her açıdan eşit seviyede ışıklandırılmış omalası durumunda, bir objenin yapısını ve ağırlığını fark edip ve görmek çok zordur. Kontrast aydınlıkta önem arz etmektedir. Yüksek kontrast gözün görme olayını yavaşlatır ve gözde yorgunluğa sebep olur. Örneğin; karanlık bir alanda ekranı olan bir objeye ( PC ve TV ) bakmak göz yapısını ve işlevini yitirmesine neden olabilir.



**Şekil 2.9.** Kontrast Görseli

## **2.5. Işık Verimi**

Işık ile oluşan aydınlatmanın, ışık kullanımı ile oluşturduğu birim enerji başına çıkardığı ışık akışı miktarıdır. Nesnelerin belirginleşmesi, nesnelerin büyüklüğü, ışıklık ve renk kontrastı, görme zamanı ve aydınlık düzeyi ile orantılıdır. Göz bir objeyi başka bir objeye göre değişik ışıklıkta ve değişik renkte bulunduğu için görür. Şöyle ki görme ışıklık ile renk kontrastı ile meydana gelir. Örneğin; kâğıt ve yazı arasında ışıklık veyahut renk kontrastı yok ise yazılar görünmez veyahut her taraftan aynı taraftan aydınlatılmış bir obje biçimi ve yapısını fark etmek zordur. Işık verimi armatürlerde kullanılan bütün enerjinin belli bir kısmı kayıplar olarak değerlendirilir. Işık verimindeki “verim” ifadesi, armatürlerin enerji verimlerini karşılaştırmada kullanılabilir ancak uygulamada reel değerler ile ifade edilir. Aydınlatmada ışık verimi, sınırlayıcı şartlar ile ölçülü bir şekilde çalışan bir ışık kaynağının birim zaman da kullandığı enerji (ışık akışı ) değeri Lümen/Watt’ tır.

### **3. DIŞ ORTAM AYDINLATMASI VE AYDINLATMA KALİTESİ**

Dış ortam ışıklandırması ile ışıklıkların kalitesinin belirlenmesi için; dış aydınlatmada aydınlatma tanımları, aydınlatma dağılımları, aydınlatma dağılım katsayıları ve dış aydınlatma kalitesi konuların nitelikleri incelenecektir.

#### **3.1. Dış Aydınlatmada Aydınlatma Tanımları ve Aydınlatma Dağılımları**

Dış aydınlatmada aydınlatma tanımları ve aydınlatma dağılımlarının belirlenmesi için park ve bahçe aydınlatmaları, yol aydınlatması, tünel aydınlatması, otopark aydınlatması ve spor sahaların aydınlatması konularının nitelikleri incelenecektir.

##### **3.1.1. Park ve Bahçe Aydınlatmaları**

Park ve bahçelerin ıŐıklandırılmasın da ileri gelen dizayn esasları, park ve bahçelerde kullanılan yapı ve görünüm ilkelerinin ıŐıklandırılmalarındaki ögeler burada ele alınmaktadır. Gün ışığı zamanlarında türlü ihtiyaçlarımızı tamamlayan parklar, Őehir hayatımıza değer kazanımları, Őehrin tamamlayan manzaralar ile yararlı dış etkileri sağlam bir Şekilde yapılan ve ayrıca asayıő, güvenlik, gereklilik gibi farklı hedefleri bakımından gece kullanımlarındaki ıŐıklandırmalara park aydınlatması denir. Parklar sadece insanların korunumuna yönelik ıŐıklandırmalar için yeterli görülmemektedir. ışıklandırma dizaynları, parklar da geçirilen sürelerde rahatlatıcı, gülünçlü, meraklı yerlerin var oluşları ile iyi bir nitelik oluşmaktadır ve Şekil 3.1.-2.-3.'te Park ve bahçe aydınlatmasındaki görselleri gösterilmiştir.

Yararlı bir ışıklandırma yöntemi, emniyet ile güzel bir nitelik oluşturmanın ötesinde parkın akőam görünümüne gündüz olan güneő ıŐıklarından bambaőka bir ilgi odağı ve güzel bir nitelik taşımaktadır. Farklı ışıklandırma yöntemleri ile gün ıŐıđında ilgi çekmeyen güzellikler gece sürelerinde farklı ve ilgi odağı oluştururlar. Aydınlatma ile nesnelere bulunan bağlantılardan faydalanılarak aydınlatma sanatsal bir hale dönüşür.



**Şekil 3.1.** Park ve Bahçe Aydınlatması Görseli - 1

Bütün bu işlevler oluşurken elektrik enerjisi kazançlı bir biçimde yapılmalıdır. Enerjinin geçerli ve uygun bulunmaları ile tabii yaşamı negatif tesirli bir aydınlatma kirliliği ile lüzumsuz enerji kullanımı engellenmiş olacaktır. Parklar da iyi bir ışıklandırma parkın her yerinde rasgele bir ışıklandırma yapılmamalıdır. Park ve bahçe ışıklandırması görsel ihtiyaçları tamamlamayı ve ışıklandırma yöntemlerine göre, doğal bir ışıklandırma ahengi yapılması esasına dayanır. Işıklandırma dizaynı seri bir şekilde ön dizayn, dizayn, kullanım projesi diye üç kısımda oluşturulur. Park ve bahçe ışıklandırmasının dizaynında dikkat edilmesi zorunlu hususlar şu şekilde sıralanabilir;

İyi bir ışıklandırma yapılması için ışık kaynağı saklanmalı ve sadece ışın tesirinden yararlanılmalıdır.

- Işıklandırmada cihaz tercihi ve konumlandırılacak alanın ışıklandırılması gayeye yeterli ve yerinde sağlanmalıdır. Parkın ve bahçenin yapısı niteliklere ters düşmemeli ve kullanıldığı alanlarda çevreye güzel bir aydınlatma sağlanmalıdır.
- Işıklandırmada cihaz tercihinde bitkilerin ebatı ve park ve bahçenin dahilinde yerleşik bir tertip ön kısımda olması, büyüklük park ve bahçe kapsamında eşit bir bitki büyüklüğü ile aynı olmalıdır.

- Işıklandırmada cihazında bulundurulacak armatür tercihi hesaplı bir süre olması, aydınlatma rengi, aydınlatma renginin bitkilerin rengine tesirine benzerliği ile aynı olmasına bakılmalıdır.

Vurgu Aydınlatmasında bitkilerin, genel olarak odak noktası ile başka niteliklerini belirtmek için düz cihazlarda uygulanır. Ön kısımdan arka kısma veya arka kısımdan ön kısma gibi bir ışıklandırma da farklı teorilerde su da, zemin kotunda veya tesis üstündeki gibi fazla alternatifli imalat montaj yapılarak vurgu ışıklandırması yapılır. Vurgu ışıklandırması aydınlatılması gereken cisim üstüne etkili bir aydınlatma yaparak uygulanır. Ön taraflarda gereksiz gölgelerin yapılmaması ve odak noktası etrafında aydınlatmanın iyi yapılması ile cihazların özenli bir biçimde yerleştirilmesi gerekmektedir.



**Şekil 3.2.** Park ve Bahçe Aydınlatması Görseli - 2

Şekil 3.2. Park ve bahçe aydınlatmasının görsel-2'deki kenardan aydınlatmada, ışığın kullanıldığı cismin yeri ile aydınlatmanın cephesini etkilemesi ile ifade eden bir aydınlatma çeşididir. Işıklandırılacak olan nesnenin yanına konumlandırılan eleman ile bu nesnenin bir kısmından diğer kısmı ile oluşur. Işıklandırma ön cepheden arka cepheye doğru ışıklandırma gibi üst tarafı ve yapısı güçlü olan, uzun ışın çözümlerine sahip spot armatürler ile yapılır.

Kenardan ışıklandırma yakın kısımda yapılan ışıklandırma ya nazaran daha iyi bir aydınlatma sağlamaktadır.

Spot ışıklandırma da, vurgu ışıklandırması ile benzer bir aydınlatma teorisidir. Ağaç, abide veya heykele benzer bir tesise hakim cisimler, spot armatürler kullanıldığı iyi ışıklardır. Işıkların, tesislere yakın imalat montajı yapılması ile kamaşma engellenebilir. Zemin kota imalat montajı yapılan ışıkların kullanımı çalılık ve ağaçlar ile saklanılabilir.

Bu teoride bir tesisin, bitkinin veya küçük bir çalılığın gölgesi bitki yakınına montajı yapılan spot aydınlatma desteği ile ortada bulunan bir duvar yüzüne yansıtılır. Gölge teorisinde gücü zayıf, uzun aydınlatma dağılımına hakim iğne gibi keskin uçlu bir cisim içine spot armatür kullanılır. Aydınlatma kaynağı ile ışıklandırılacak objenin ortasındaki genişlik oluşumu duvar üstünde yansımaları ile görüntünün ebatını değiştirir.

Park ve bahçelerdeki Mimari ve peyzaj ışıklandırması, park ve bahçe çevresindeki veya park ve bahçe içindeki ışıklandırma düzenine bağlıdır. Mimari ve peyzaj öğeleri ışıklandırması öncelikli amacı ekipmanın güvenliğini sağlamaktır. Doğru ışıklandırılmış bir park ve bahçedeki mimari ve peyzaj öğeleri ziyaretçilerin ilgisini çekerek bulunan tesise doğru yönelimini sağlar.

Mimari mekânlarda ışıklandırma, emniyet ve güzelliği hedeflenmesi ile ışıklandırma dizaynı yapılırken, yollar, merdiven ve mimari öğelere benzer bir bölgede yapılan güvenlik gereksinimleri belirgin olmaları için ışıklandırma çeşitleri mimari mekân ışıklandırması olarak tariflenebilir. Mimari mekân ışıklandırmasında armatürler, ışıklandırılacak olan yerin de süsleyici bir etki içinde olmasını olanak sağlar.

Şekil 3.3. Park ve bahçe aydınlatmasının görsel-3'deki çardaklar ve pergola ışıklandırılırken armatür kamaşma oluşturmayacak düzende yapılır. Çardaklar ve pergola ön kısımdan arka kısma doğru, arka kısımdan ön kısma doğru veya ay ışığıyla ışıklandırılması kenar aydınlatılmasından daha iyi bir yöntemdir. İç mekânda yukarı yönden aşağı yöne doğru bir ışıklandırma, Süsleyici zemin ayrıntılarını belirtmek için tasarlanabilir. Çardaklar ve pergola, halojen bir aydınlatma kaynağı ile olduğunda, iğne uçlu lambalar, zemine montajlı lambalar veya spot armatürler ile ışıklandırılabilirler.



**Şekil 3.3.** Park ve Bahçe Aydınlatması Görseli - 3

### **3.1.2. Yol ve Otopark Aydınlatması**

Yol ışıklandırması, güvenli ve rahat görüş imkânları oluşturularak, yollar ve bölgelerde karanlık bir yerde doğru ve iyi bir aydınlatma yapılması hedeflenmektedir. İhtiyaç duyulan ışıklık düzeylerinin alt kısmında yer alan, sadece doğrusal şartlarını olanak sağlayamayan yol ışıklandırması, şoförlerde hareket hatalarına, fazla yorgunluklar ile neticesinde riskli kazalara oluşturmaktadır. Bunlardan dolayı çok büyük risklerin olduğu kent içi yol ışıklandırmalarında yeni tasarı ve bilgilerle yönetmelik ve şartnameler göz önünde bulundurularak hazırlıklar saplanılır. Şekil 3.4.'teki Yol ve otopark aydınlatması görseli gibi doğru bir dış alan ışıklandırması bütün alanların tam bir biçimde ışıklandırma ile değil, ışıklandırılmış ufak ölçekli bölgelerin tümü ile olanaklı olabilir.

Yayalar amacıyla oluşacak ışıklandırmaların hedefi akşamları yaya yollarını güvenli bir alan olmalarını amaçlamaktadır. Yaya yolları çoğunlukla 2,5-4 m ebatlarında fazla ışıklandırma ile 0,5-1,5 m ebatlarında düşük ışıklandırma ekipmanları uygulanmaktadır.

Aydınlatma direği olmayan yerlerde yönü aşağıya çevrilmiş ışıklandırma cihazları ile uyumlu aydınlatma yapılır ve yaya yolları bu biçimde yol uzunluğunda dolaylı ışıklandırılabilir.

▪ Yaya alanlarının ışıklandırma tasarım ölçüleri

Aydınlatma teçhizatları ve lambalar, yollar ve park bölgelerinde bir bütün olarak tasarlanmalıdır. Aydınlatma biçimi, yol bölgelerine yaygınlaşmalarını yapan ve bol miktarda yapılmalı. Aydınlatma renk tesiri olması durumu olağan aydınlığa benzer olmalıdır. Aydınlık kaynağını üreten tesis, sağlam ekipman ve bakımı basit olmalıdır.



**Şekil 3.4.** Yol ve Otopark Aydınlatması Görseli

Otopark ışıklandırmaları iyi dağılmış bir ışıklık elde edilebilir. Aydınlatma, vasıtaların rahat park etmelerini imkân verebilmelidirler. Otopark bölgeleri 4 m'den fazla montaj imalatları yapılmış lambalar ile ışıklandırılmalı. Otopark ışıklandırması park bölgesi üstünde gösteriş öğeleri ile yararlı olmaktadır.

### **3.1.3. Tünel Aydınlatması**

Karayolundaki yolculuklarında yer alan uzaklıkları daha kısa bir hale getirmek için ve şoförleri zorlayan, sıkıntıya sokacak, tabiat şartlarının faaliyetlerine göre aracı süren şoförün

kaza risklerine karşı rampa ve yokuşları minimize eden yol boyu engebeler bakımından olmayan engebelerin içinden tüneller yapılarak güvenli yolculuklar yapılmaktadır.

Şekil 3.5.'teki Tünel aydınlatması görselindeki tünel ışıklandırmaları; eşik, geçiş, iç, çıkış aydınlatmaları olarak dört farklı ışıklandırma alanı ile tasarlanır. Tünel alanlarının genişliği, trafiğin akış hızına göre belirlenir ve bu alanların ışık şiddeti, tünel çevresindeki ışıklık kademesine göre gündüz saatlerinde farklılık gösterir. Tünel girişinde, gözün fark edeceği 20° bir açıda bulunan ve geride bulunan üst kısım hesaba katılır. Uzun tünellerde ise yukarıda bulunan aydınlık ışıkları vasıtanın ön cephesinde parçalı parçalı etkileri vasıta şoförünü sıkıntıya sokacağı armatürlerin mesafesindeki açıklıkları hesaba katmaları gerekmektedir. Vasıtaların tünellere girmesiyle üstü açık alanda duvar karanlık olması gözün uyum sağlaması rahatlatıcı ve ışıklıklarda elektrik enerjisini azaltma durumu söz konusudur. Sabah saatlerinde tünele giren vasıta şoförünün gözü ışıksızlığa alışma süresinde güzel göremez. Bu durumu minimize olmasını sağlamak için gizlenmiş lambalar tünellerde sınırlı mesafelerde tünel tavanına imalat montajları yapılır.



**Şekil 3.5.** Tünel Aydınlatması Görseli

### 3.1.4. Spor Sahalarının Aydınlatması

Birçok insan tarafından her tür spor alanları için tek tip alanlar, optimal ışıklık düzeyi ve aydınlık dağılım simgeleri düzenlenir. Spor sahaları aydınlatılmasında armatür faaliyetleri basit olacağı için fazla tercih edilirler. Yaygın olarak armatürler montajı yapılırken yükseklik minimum toprak hizasında 6 m 'dir. Yüksekte yapılan spor müsabakaları için 9-12 m yüksekliğe aydınlatma direği imalat montajı yapılması gerekmektedir. Şekil 3.6.'daki Spor sahalarının aydınlatması görseli bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Spor Sahalarının Aydınlatması Görseli

### 3.2. Dış Aydınlatma Kalitesi

Aydınlatma kalitesini belirleyen temel faktörler; ışık akısının yeterliliği, flicker etkisi, renksel geri verim kalitesi, yeterli parlaklığın sağlanması ve kontrast etkisi gibi ışıksal parametreler olduğu kadar, yeterli aydınlatma düzeyinin ve dağılımlarının sağlanması olarak tasarımsal parametreler olarak da açıklanmalıdır. Tüm parametrelerin yeterli düzeyde sağlanmasını sağlama bakımından, uygun kalitede lamba ve armatür seçimi kadar lambalara enerji sağlayan güç sistemlerinin de yeterli kalitede olmaları büyük önem arz eder. Kullanılan lambaların, yeterli ışık akılarına sahip olmaları, renk ve renksel geri verim kalitelerinin

yeterliliği, rahatsız edici flicker etkisi oluşturmamaları önem arz etmekle birlikte çalışma içerisinde lamba ve armatür yerleşimleri ele alınmaktadır.

Diğer bir ifade ile burada özellikle aydınlatma kalitesini belirleyicilik bakımından armatür dağılımları üzerinde durulmaktadır. Aydınlatma kalitesinin yeterliliğinin sağlanması bakımından, armatürlerin yerleştirilme konumları farklılaştırılarak, uygulama verileri program destekli olarak elde edilmektedir.

Armatür dağılımlarının etkisini ele almaya yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmalarda, üst düzlemde ve yan düzlemdeki tek noktadan başlayarak çok sayıda noktaya ve tek diziden başlayarak çok sayıda dizideki armatürleri konumlandırmaya yönelik yaklaşımlar simülasyon olarak değerlendirilerek, aralarındaki farklılıklar ele alınmaktadır.

### 3.2.1. Aydınlatma Dağılım Katsayıları

Hesaplama da, armatürlerin yerleştirilme sıklığı esaslı olarak minimum ve maksimum aydınlatma düzeyleri, aydınlatma ortalamaları ve aydınlatma dağılım katsayıları ele alınmaktadır.

Aydınlatma dağılım katsayılarında;

$$U_1 = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (3.1)$$

$$U_2 = \frac{E_{min}}{E_{ort}} \quad (3.2)$$

Dış aydınlatma uygulamalarında,  $U_1$  ve  $U_2$  katsayılarının alabileceği minimum seviyeler, kullanım yerlerine göre Tablo 3.1.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Aydınlatmada Armatürlerin Aydınlık Seviyelerinin Tablosu

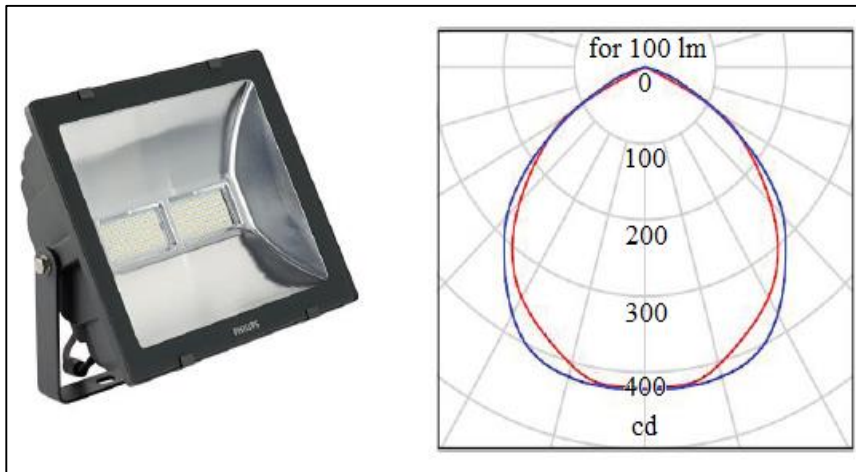
Kullanım Alanı	E (Lux)	U1	U2
Genel Alanlar	20-50	0,1	0,15
Basit Gösterim Alanları, Kısa süreli geçiş Yolları	50-100	0,15	0,2
Özel alışma Alanları	100-150	0,2	0,3
Amatör Spor Alanları	150-250	0,3	0,4
Alt Seviye Spor Müsabaka Alanları	250-500	0,4	0,5
Orta Seviye Müسابaka Alanları	500-1000	0,5	0,6
Profesyonel Düzey Müsabaka Alanları	1000-2000	0,6	0,7

#### 4. DIŞ ORTAM AYDINLATMASINDA OPTİMUM IŞIKLI ARMATÖRLERİN KONUMLARININ BELİRLENMESİ

Dış ortam ışıklandırmasında optimum ışıklı armatörlerin konumlarının belirlenmesinde; aydınlatma tasarımında kullanılan parametreler, referans ortam ve parametrik ölçütler, üst düzlemde tek noktadan çok noktaya kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri, üst düzlemde tek diziden çok diziye kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri, yan düzlemde tek noktadan çok noktaya kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri, yan düzlemde tek diziden çok diziye kadar konumlandırılmış ışıklıklar için aydınlatma analizleri konularının nitelikleri incelenmektedir.

##### 4.1. Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Parametreler

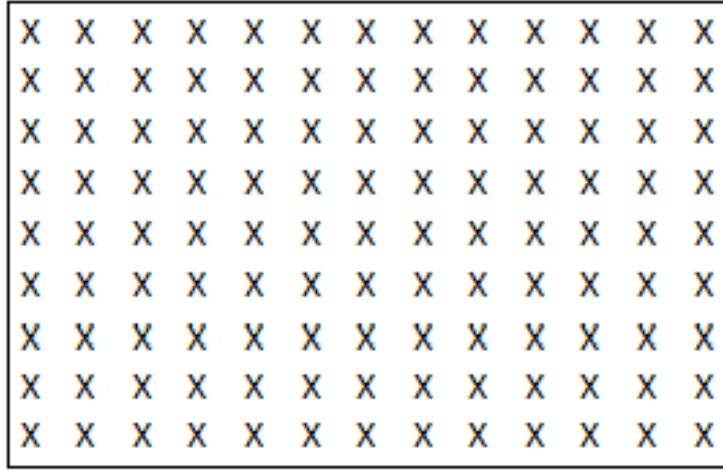
Aydınlatma armatür dağılımlarının inceleneceği birim olarak, duvar ve tavan yansıtma katsayılarının etkisi dikkate alınmadığından, açık alanda 30 m boyunda ve 20 m eninde ve 7 m yüksekliğinde bir alan kullanılmaktadır. Bu alanı aydınlatmaya yönelik olarak, her biri 100 W elektriksel güce ve 10.000 lümen ışık akısına sahip 100 adet LED armatür kullanımı referans alınmaktadır. Burada, aydınlatma düzeyleri dağılımlarını inceleme asıl gaye olup, aydınlatma düzeyi hesaplama asıl amaç olmadığından armatür seçimi yapılırken, güç ve ışık akısı tercihi tek tip armatür ve lamba esaslı olarak gerçekleştirilmektedir. Böylece, Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi sadece armatür dağılımları etkilerinin incelenmesi ele alınması amacıyla, yeterli aydınlatma düzeyini de sağlayabilecek biçimde, ışık dağılımı homojen olarak kabul edilebilecek bir armatür seçimi tercih edilmektedir.



Şekil 4.1. 100 W Elektriksel Güç ve 10.000 Lümen IŞık Akılı Referans Armatür/Lamba

## 4.2. Referans Ortam ve Parametrik Ölçütler

Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; üst düzlemde ve yan düzlemdeki tek noktadan başlayarak çok sayıda noktaya ve tek diziden başlayarak çok sayıda dizideki armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır. Bu kapsamda, yazılım ve tasarım destekli olarak gerçekleştirilen aydınlatma simülasyonu ile elde edilen veriler incelenmekte ve yorumlanmaktadır. Burada, armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.2.'de görülen 0 m zemin yüksekliğinde konumlu 117 noktalı hesap ağından faydalanılmaktadır. Hesaplama, armatürlerin yerleştirilme sıklığı esaslı olarak minimum ve maksimum aydınlatma düzeyleri, aydınlatma ortalamaları ve aydınlatma dağılım katsayıları ele alınmaktadır.



Şekil 4.2. 117 Noktalı Hesap Ağı

Aydınlatma dağılım katsayılarında;

$$U_1 = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (4.1)$$

$$U_2 = \frac{E_{min}}{E_{ort}} \quad (4.2)$$

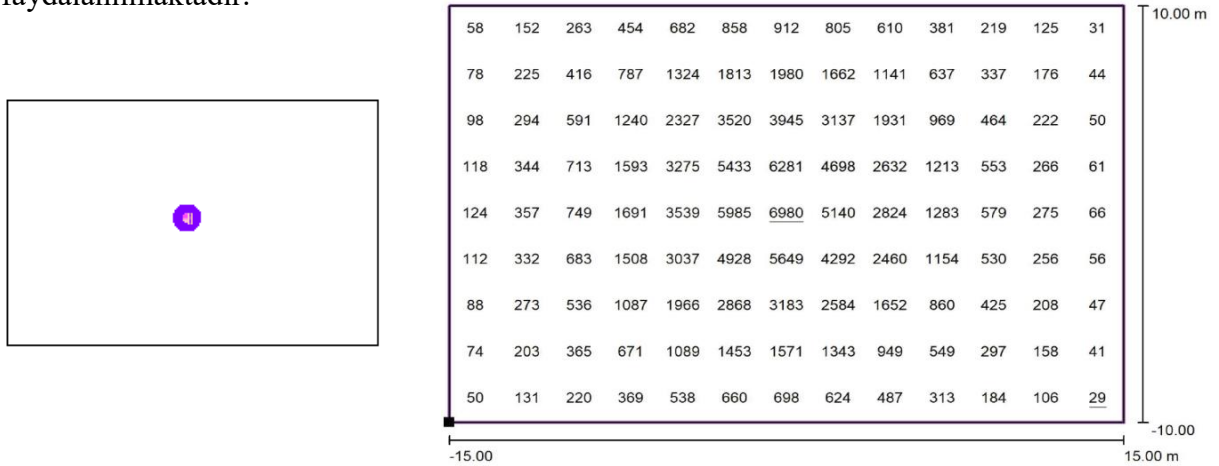
## 4.3. Üst Düzlemde Tek Noktadan Çok Noktaya Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri

Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; üst düzlemde tek noktadan başlayarak yüz noktaya kadar olan armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır.

Armatürlerin üst düzlemde nokta konumuyla gerçekleştirilen aydınlatma için elde edilen verilerin aydınlatma kalitesi esaslı yorumlanması niteliği incelenecektir.

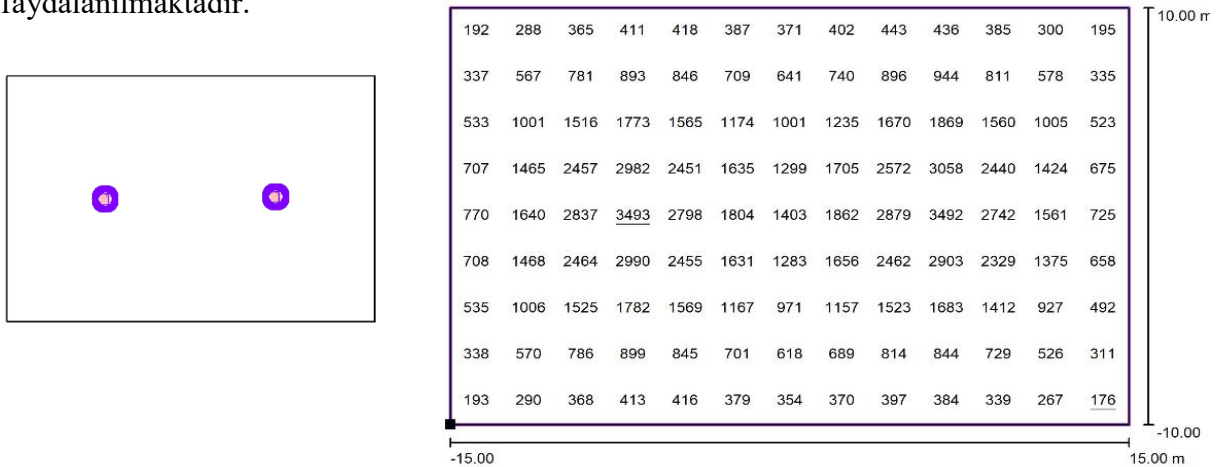
Şekil 4.3. ile Şekil 4.11. arasındaki şekiller incelendiğinde, armatürlerin üst düzlemde tek noktadan yüz noktaya kadar olan farklı durumlardaki aydınlatma düzeyleri gösterilmektedir.

Burada, armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.2.'de görülen 0 m zemin yüksekliğinde konumlu 117 noktalı hesap ağından faydalanılmaktadır.



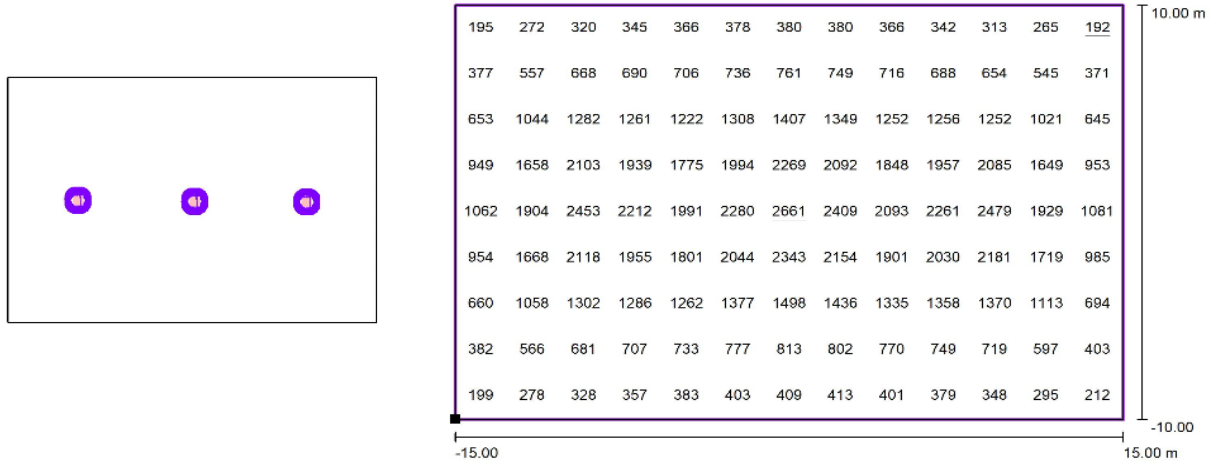
Şekil 4.3. Armatürlerin Üst Düzlemde Tek Noktadan Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde tek farklı noktadan konumlandırılmış 1x100=100 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.3.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 29$  Lux,  $E_{max}= 6980$  Lux,  $E_{Ort}= 1749$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,02$  ,  $U_2= 0,09$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



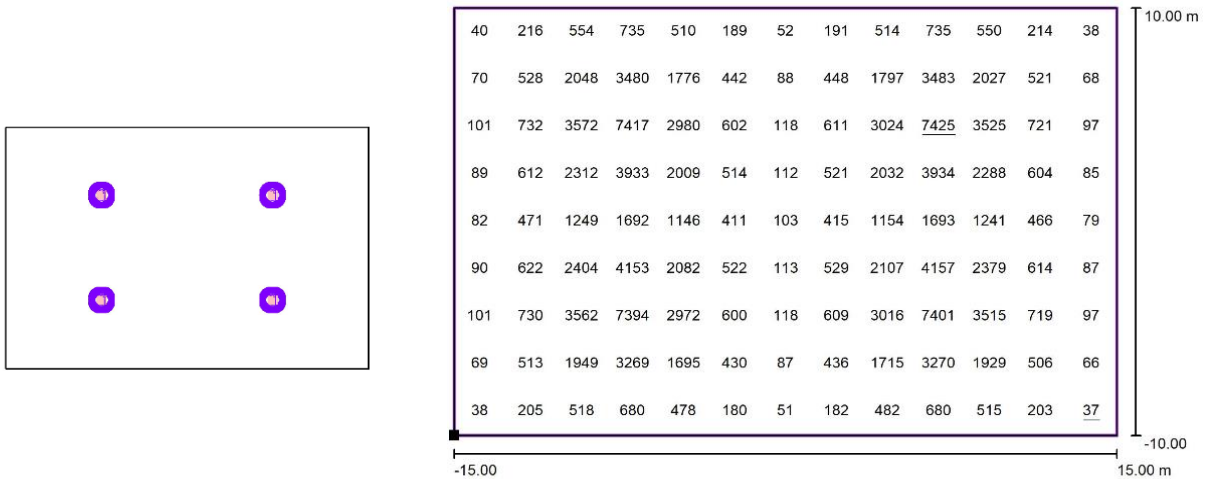
Şekil 4.4. Armatürlerin Üst Düzlemde İki Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde iki farklı noktadan konumlandırılmış  $2 \times 50 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.4.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 173$  Lux,  $E_{max} = 3581$  Lux,  $E_{Ort} = 1677$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,08$  ,  $U_2 = 0,19$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



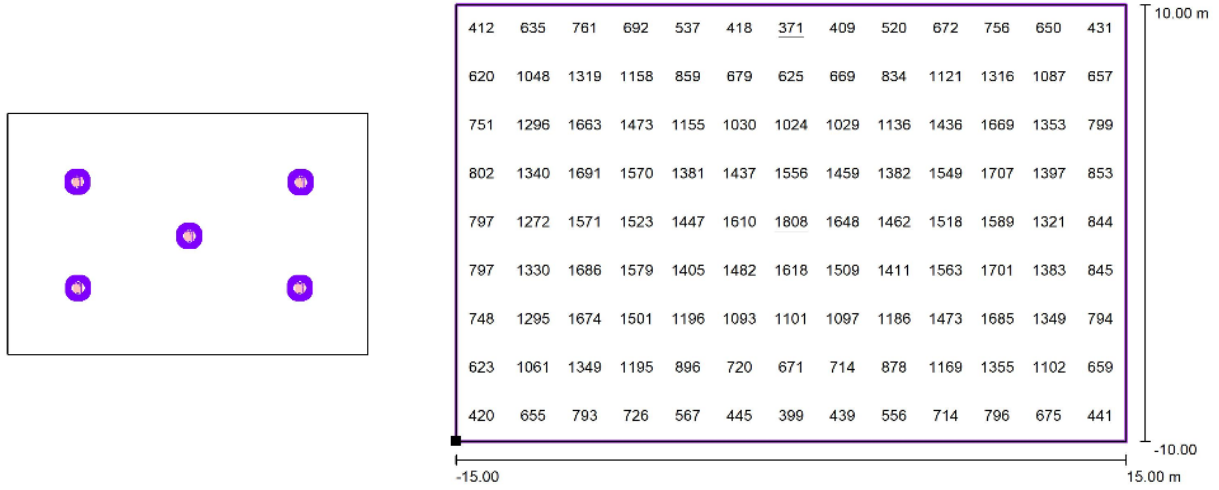
Şekil 4.5. Armatürlerin Üst Düzlemde Üç Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde üç farklı noktadan konumlandırılmış  $3 \times 33 = 99$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.5.'de görülen ışıklıklar (Konum Planı) ve değer grafiği (E, Yatay) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 208$  Lux,  $E_{max} = 2887$  Lux,  $E_{Ort} = 1238$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,57$  ,  $U_2 = 0,71$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



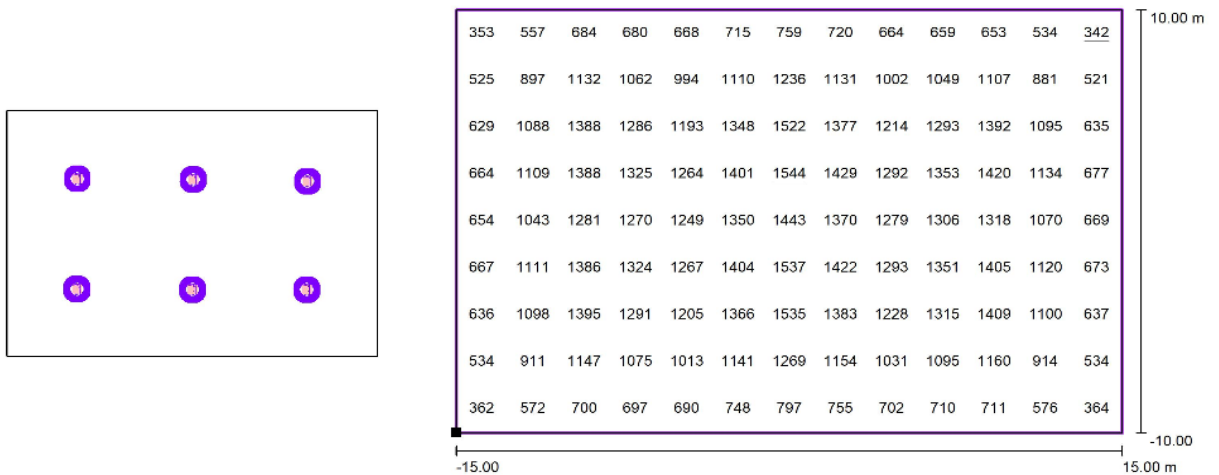
Şekil 4.6. Armatürlerin Üst Düzlemde Dört Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde dört farklı noktadan konumlandırılmış 4x25=100 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.6.'de görülen ışıklıklar ( konum planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 248$  Lux,  $E_{max}= 2011$  Lux,  $E_{ort}= 1363$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,35$  ,  $U_2= 0,51$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



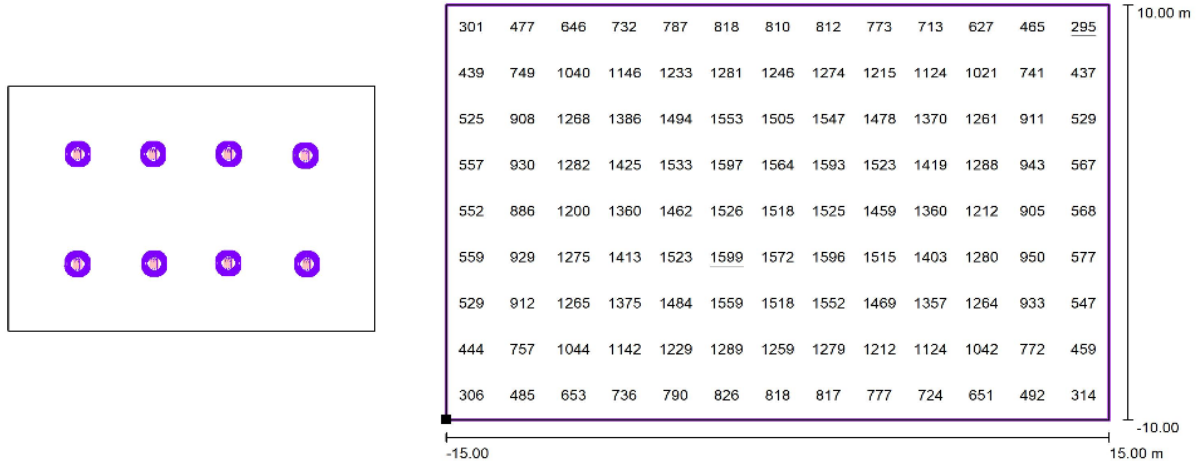
Şekil 4.7. Armatürlerin Üst Düzlemde Beş Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde beş farklı noktadan konumlandırılmış 5x20=100 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.7.'de görülen ışıklıklar ( konum planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 371$  Lux,  $E_{max}= 1808$  Lux,  $E_{ort}= 1307$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,35$  ,  $U_2= 0,48$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



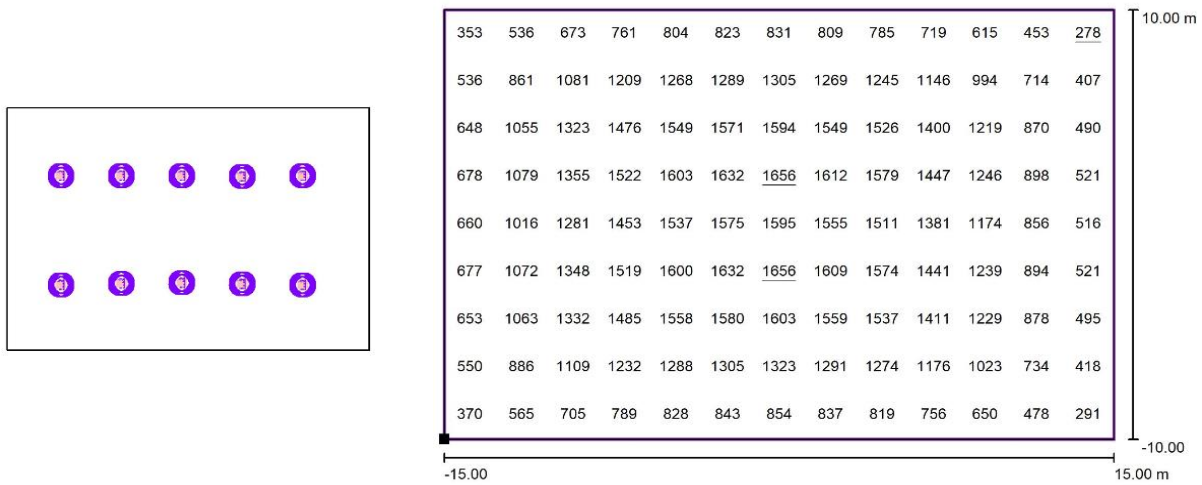
Şekil 4.8. Armatürlerin Üst Düzlemde Altı Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde altı farklı noktadan konumlandırılmış 6x16=96 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.8.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 370$  Lux,  $E_{max}= 1675$  Lux,  $E_{Ort}= 1289$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,57$  ,  $U_2= 0,71$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



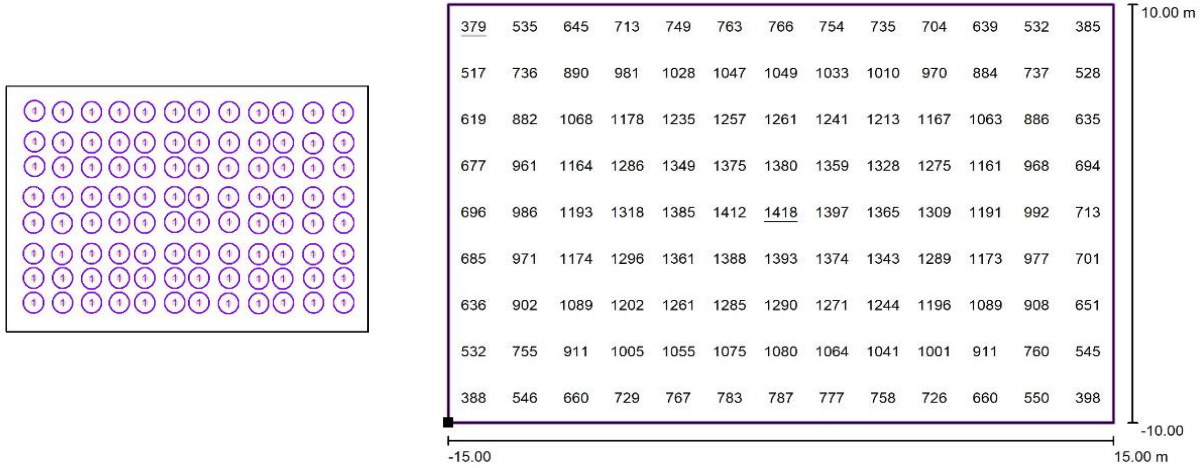
Şekil 4.9. Armatürlerin Üst Düzlemde Sekiz Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde sekiz farklı noktadan konumlandırılmış 8x12=96 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.9.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 319$  Lux,  $E_{max}= 1735$  Lux,  $E_{Ort}= 1328$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,46$  ,  $U_2= 0,58$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



Şekil 4.10. Armatürlerin Üst Düzlemde On Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde on farklı noktadan konumlandırılmış  $10 \times 10 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.10.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği ( E, Yatay) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 278$  Lux,  $E_{max} = 1656$  Lux,  $E_{Ort} = 1319$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,43$  ,  $U_2 = 0,54$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.11.** Armatürlerin Üst Düzlemde Yüz Noktadan Konumlandırılmaları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde yüz farklı noktadan konumlandırılmış  $100 \times 1 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.11.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği ( E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 411$  Lux,  $E_{max} = 1538$  Lux,  $E_{Ort} = 1187$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,52$  ,  $U_2 = 0,65$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

#### 4.3.1. Armatürlerin Üst Düzlemde Nokta Konumuyla Gerçekleştirilen

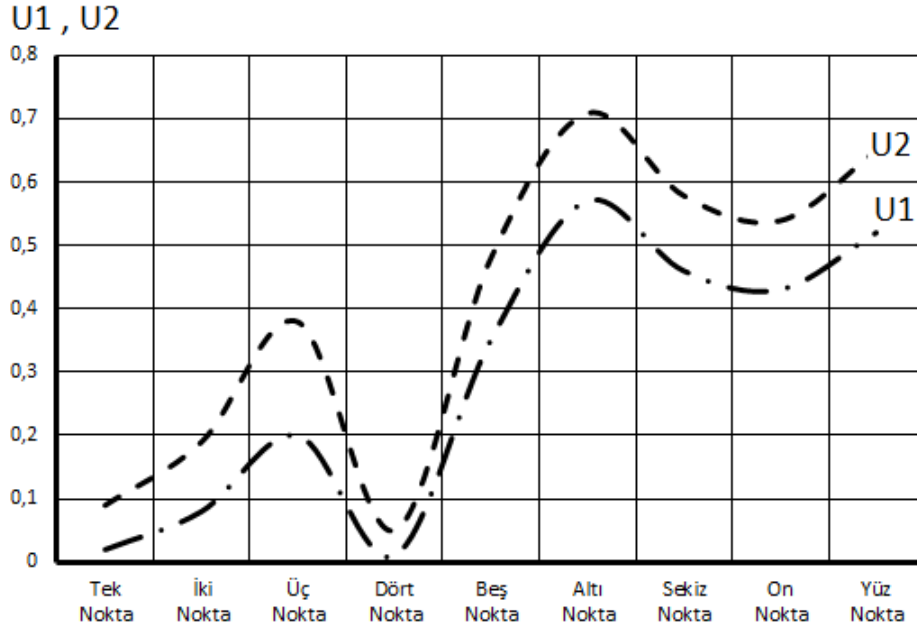
##### Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması

Dış aydınlatmada armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde, armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; aydınlatmada kalite esaslı armatürlerin nokta dağılım türü tablosu, aydınlatmada nokta dağılım kat sayıları grafiği ve armatürlerin noktadan konumlandırıldığı maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri grafikleri gösterilmektedir.

**Tablo 4.1.** Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Üst Düzlemde Nokta Dağılım Türü Tablosu

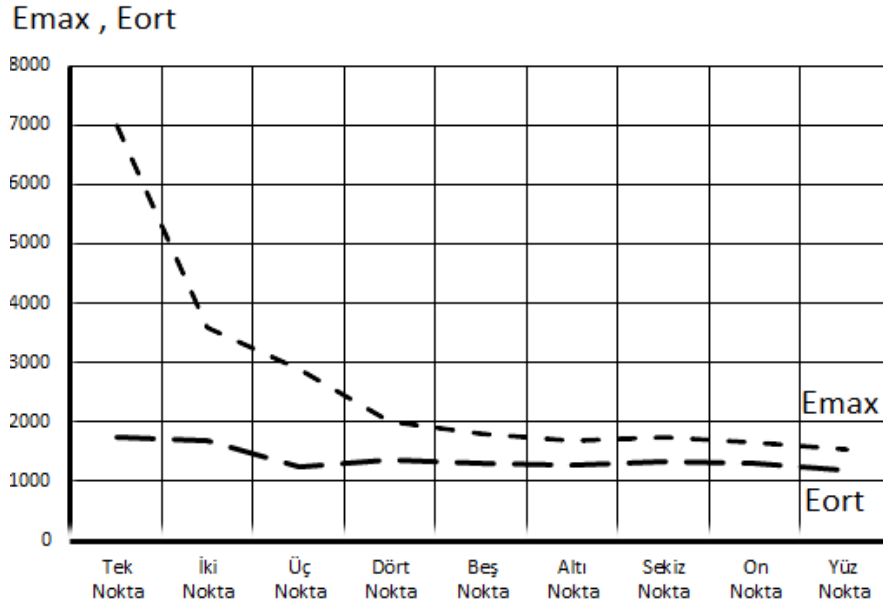
Dağılım Türü	Emin	E <sub>max</sub>	E <sub>ort</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>
Tek Nokta	29	6980	1749	0,02	0,09
İki Nokta	173	3581	1677	0,08	0,19
Üç Nokta	208	2887	1238	0,57	0,71
Dört Nokta	248	2011	1363	0,35	0,51
Beş Nokta	371	1808	1307	0,35	0,48
Altı Nokta	370	1675	1289	0,57	0,71
Sekiz Nokta	319	1735	1328	0,46	0,58
On Nokta	278	1656	1319	0,43	0,54
Yüz Nokta	411	1538	1187	0,52	0,65

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde nokta konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Tablo 4.1.'de görülen dağılım türü tablosunda yer alan verilerin aydınlatma şiddetleri ( $E_{min}$ ,  $E_{max}$ ,  $E_{ort}$ ) ve aydınlatma dağılım katsayıları ise ( $U_1$ ,  $U_2$ ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.12.** Aydınlatmada Üst Düzlemde Nokta Dağılım Kat Sayıları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde nokta konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.12.'de görülen aydınlatma dağılım katsayıları (  $U_1$  ,  $U_2$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



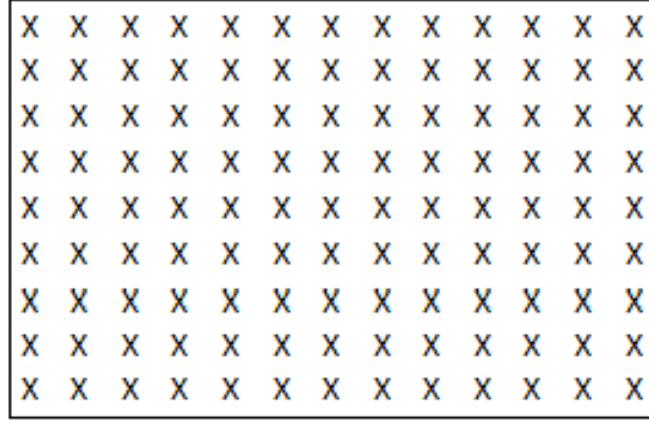
**Şekil 4.13.** Armatürlerin Üst Düzlemde Noktadan Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde nokta konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.13.'de görülen maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri katsayıları (  $E_{max}$  ,  $E_{ort}$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

#### 4.4. Üst Düzlemde Tek Diziden Çok Diziye Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri

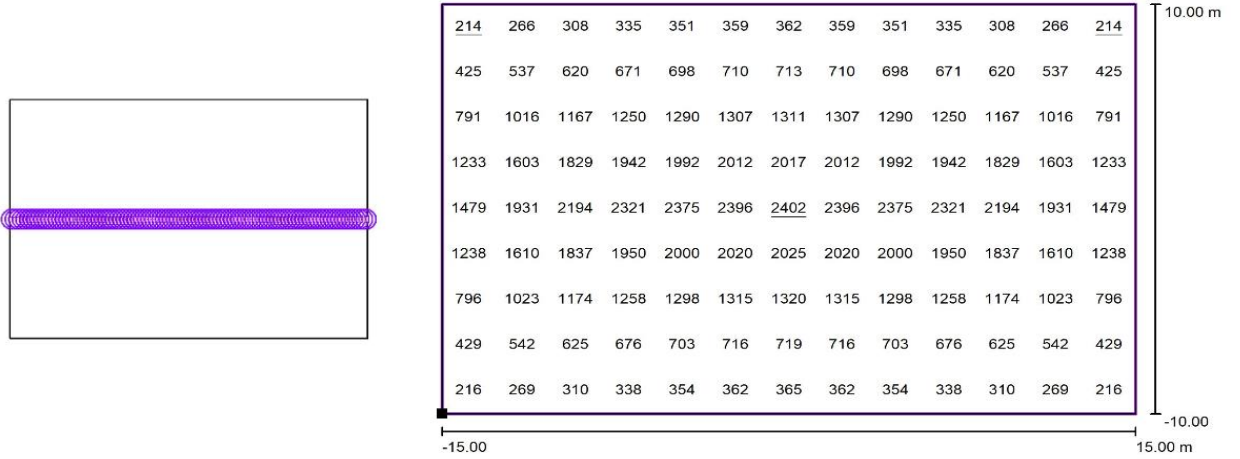
Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; üst düzlemde tek diziden başlayarak yüz diziye kadar olan armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır. Armatürlerin üst düzlemde dizi konumuyla gerçekleştirilen aydınlatma için elde edilen verilerin aydınlatma kalitesi esaslı yorumlanması nitelikleri incelenecektir.

Şekil 4.15. ile Şekil 4.23. arasındaki şekiller incelendiğinde, armatürlerin üst düzlemde tek diziden homojen yerleştirilmesine kadar olan farklı durumlardaki aydınlatma düzeyleri gösterilmektedir.



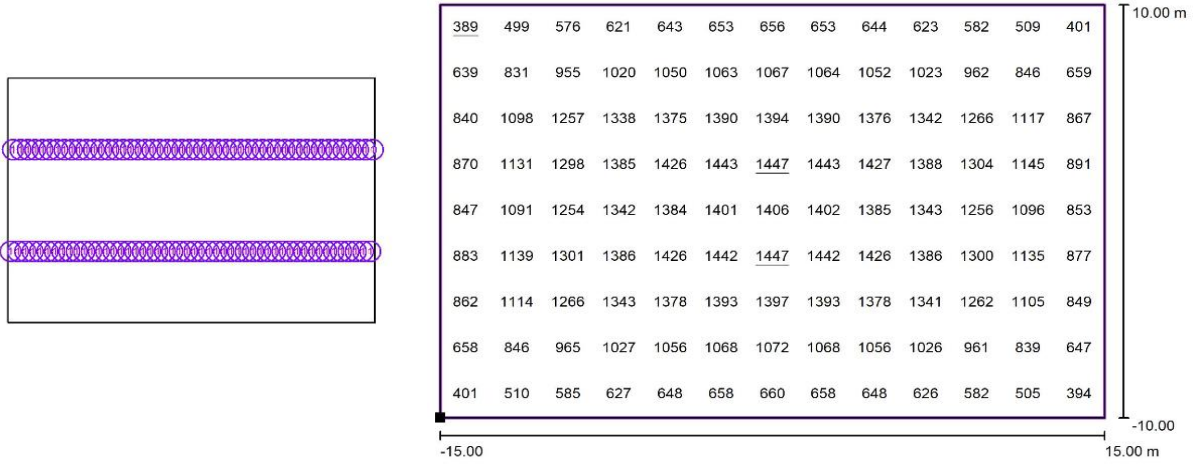
**Şekil 4.14.** 117 Dizili Hesap Ağı

Burada, armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.12.'de görülen 0 m zemin yüksekliğinde konumlu 117 noktalı hesap ağından faydalanılmaktadır.



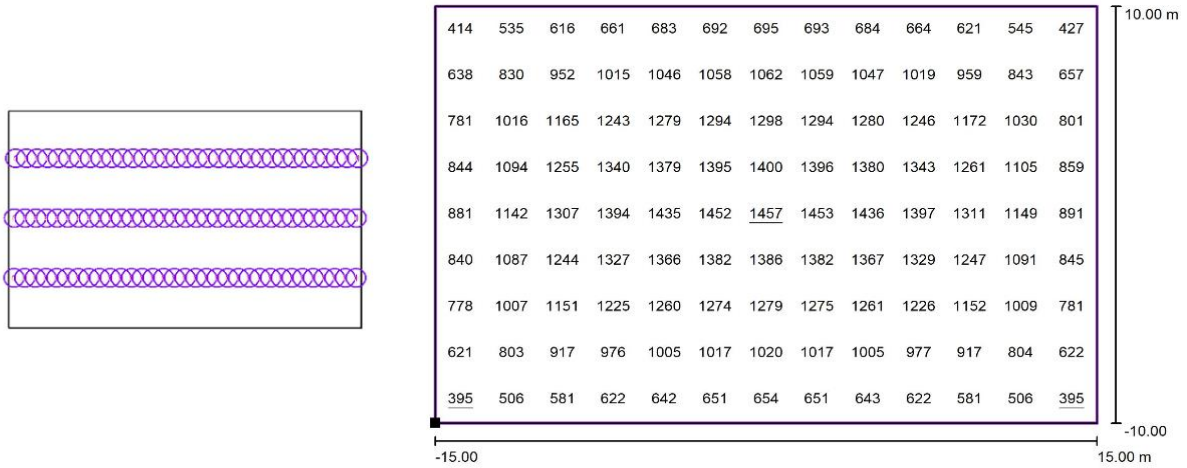
**Şekil 4.15.** Armatürlerin Üst Düzlemde Tek Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde tek farklı diziden konumlandırılmış  $1 \times 100 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.15.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği ( E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 214 \text{ Lux}$ ,  $E_{max} = 2402 \text{ Lux}$ ,  $E_{ort} = 1099 \text{ Lux}$  ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,09$  ,  $U_2 = 0,20$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



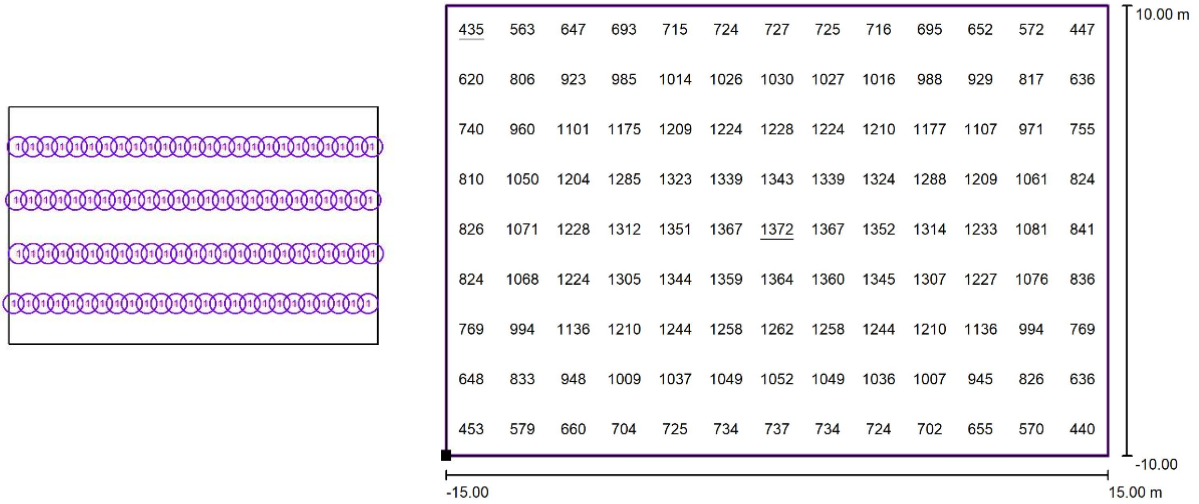
**Şekil 4.16.** Armatürlerin Üst Düzlemde İki Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde iki farklı diziden konumlandırılmış  $2 \times 50 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.16.'de görülen ışıklıklar (Konum Planı) ve değer grafiği (E, Yatay) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 389$  Lux,  $E_{max} = 1447$  Lux,  $E_{Ort} = 1033$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,27$ ,  $U_2 = 0,38$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



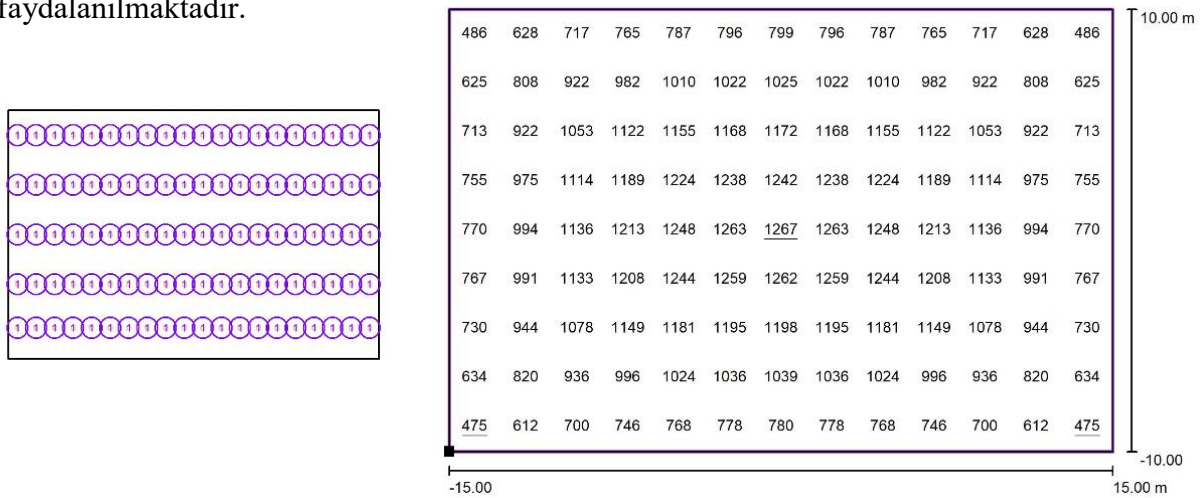
**Şekil 4.17.** Armatürlerin Üst Düzlemde Üç Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde üç farklı diziden konumlandırılmış  $3 \times 33 = 99$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.17.'de görülen ışıklıklar (Konum Planı) ve değer grafiği (E, Yatay) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 395$  Lux,  $E_{max} = 1457$  Lux,  $E_{Ort} = 1004$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,27$ ,  $U_2 = 0,39$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



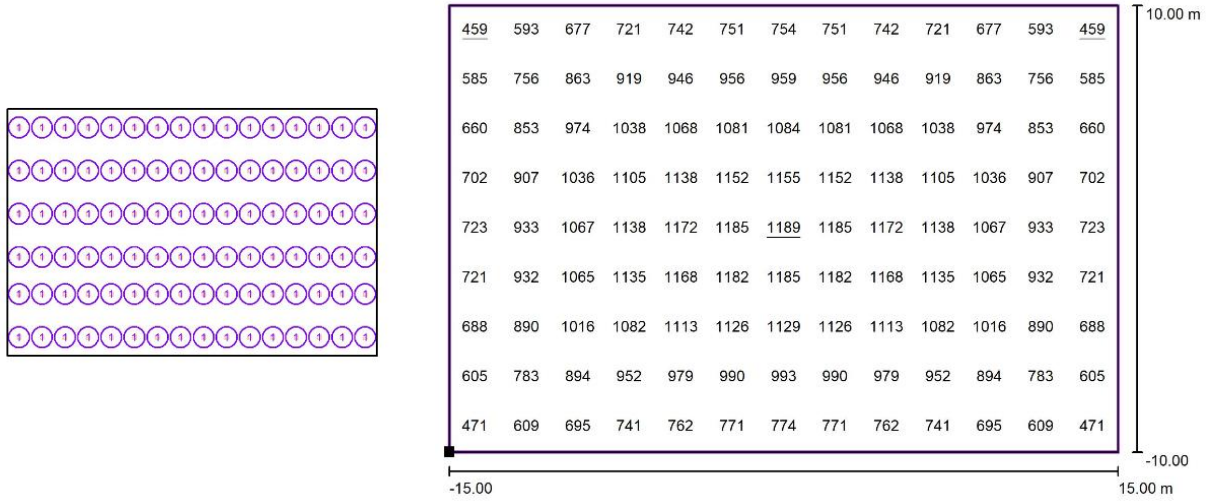
**Şekil 4.18.** Armatürlerin Üst Düzlemde Dört Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde dört farklı diziden konumlandırılmış  $4 \times 25 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.18.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 435$  Lux,  $E_{max} = 1372$  Lux,  $E_{Ort} = 991$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,32$  ,  $U_2 = 0,44$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



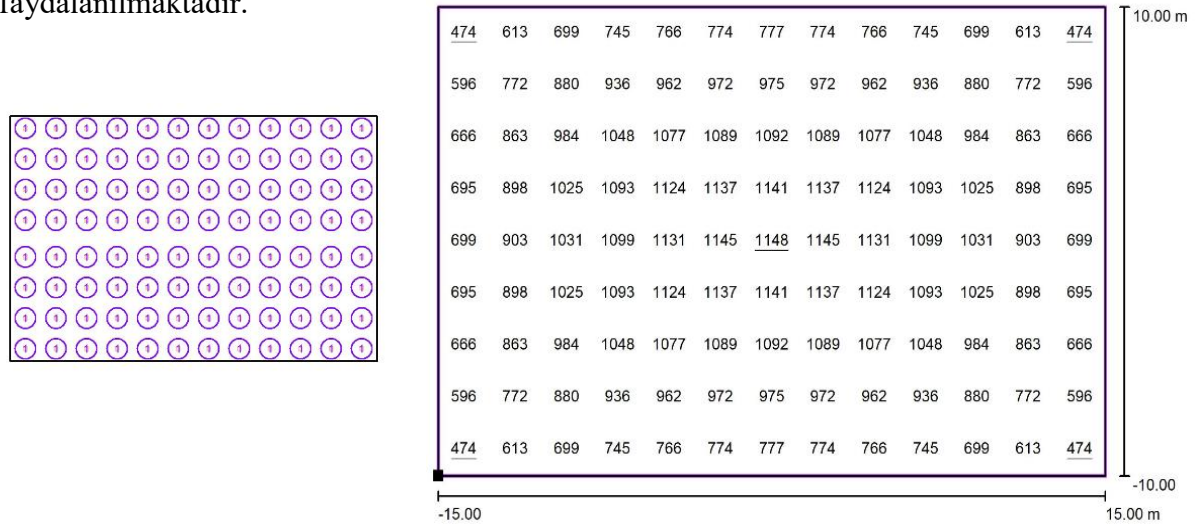
**Şekil 4.19.** Armatürlerin Üst Düzlemde Beş Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde beş farklı diziden konumlandırılmış  $5 \times 20 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.19.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 475$  Lux,  $E_{max} = 1267$  Lux,  $E_{Ort} = 959$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,37$  ,  $U_2 = 0,50$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



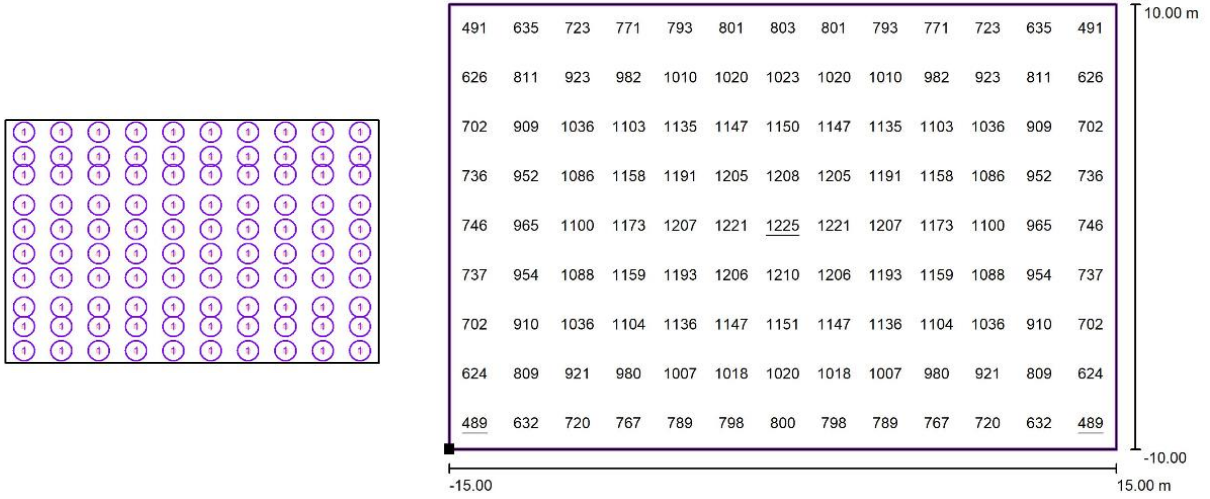
**Şekil 4.20.** Armatürlerin Üst Düzlemde Altı Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde altı farklı diziden konumlandırılmış 6x16=96 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.20.'de görülen ışıklıklar (Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 459$  Lux,  $E_{max}= 1189$  Lux,  $E_{Ort}= 904$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,39$  ,  $U_2= 0,51$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.21.** Armatürlerin Üst Düzlemde Sekiz Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde sekiz farklı diziden konumlandırılmış 8x12=96 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.21.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 474$  Lux,  $E_{max}= 1148$  Lux,  $E_{Ort}= 895$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,41$  ,  $U_2= 0,53$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.22.** Armatürlerin Üst Düzlemde On Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde on farklı diziden konumlandırılmış  $10 \times 10 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.22.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 489$  Lux,  $E_{max} = 1225$  Lux,  $E_{Ort} = 941$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,40$  ,  $U_2 = 0,52$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

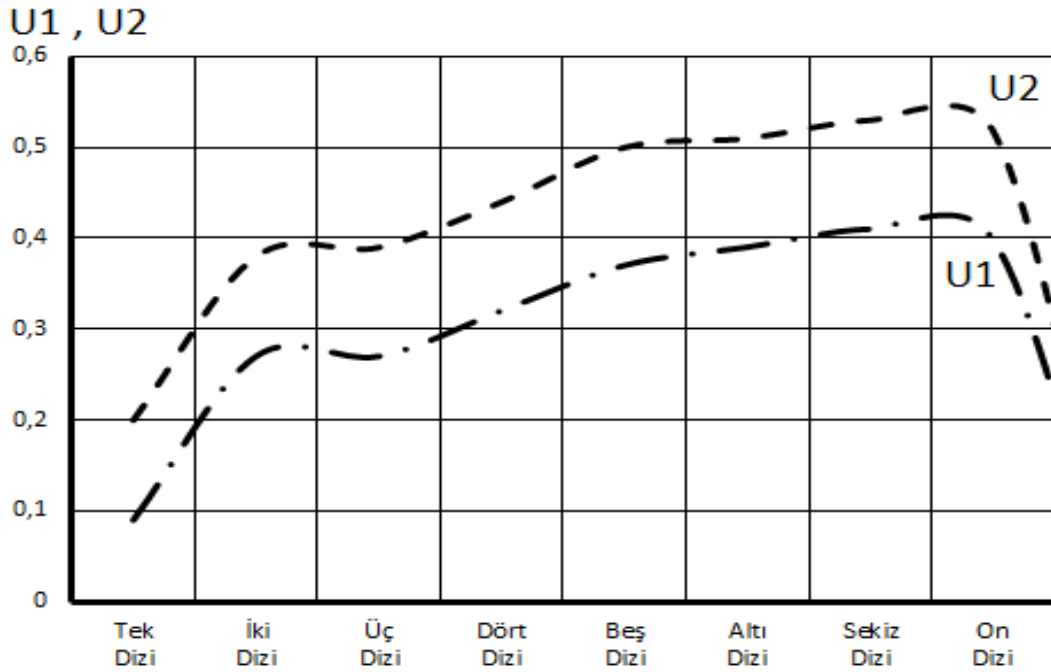
#### 4.4.1. Armatürlerin Üst Düzlemden Dizi Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması

Dış aydınlatmada armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde, armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; aydınlatmada kalite esaslı armatürlerin dizi dağılım türü tablosu, aydınlatmada dizi dağılım kat sayıları grafiği ve armatürlerin dizi konumlandırıldığı maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri grafikleri gösterilmektedir.

**Tablo 4.2.** Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Üst Düzlemde Dizi Dağılım Türü Tablosu

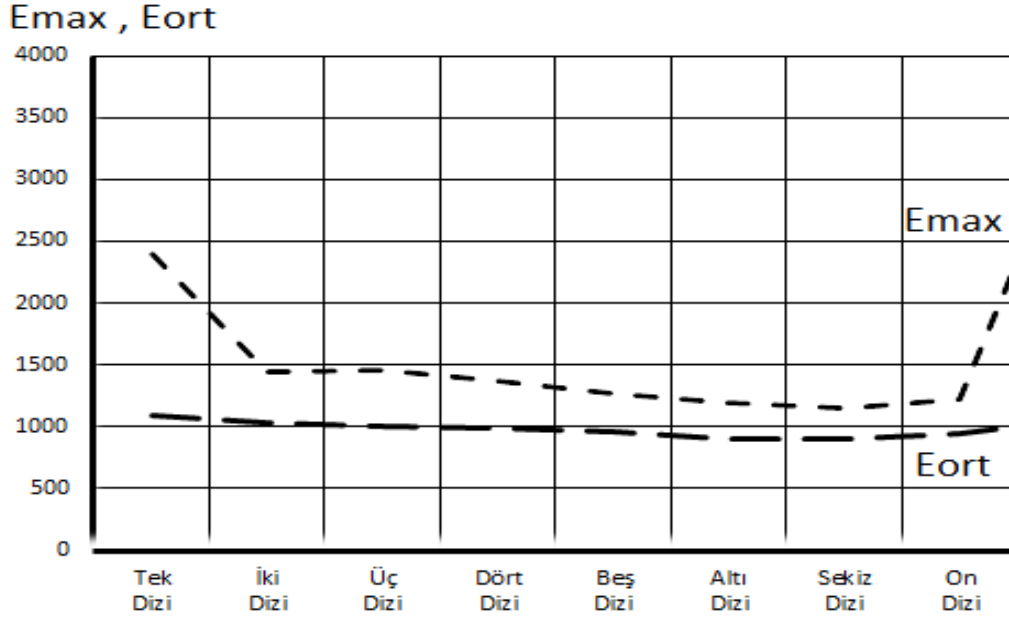
Dağılım Türü	Emin	E <sub>max</sub>	E <sub>ort</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>
Tek Dizi	214	2402	1099	0,09	0,20
İki Dizi	389	1447	1033	0,27	0,38
Üç Dizi	395	1457	1004	0,27	0,39
Dört Dizi	435	1372	991	0,32	0,44
Beş Dizi	475	1267	959	0,37	0,50
Altı Dizi	459	1189	904	0,39	0,51
Sekiz Dizi	474	1148	895	0,41	0,53
On Dizi	489	1225	941	0,40	0,52

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde dizi konumlandırılması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Tablo 4.2.'de görülen dağılım türü tablosunda yer alan verilerin aydınlatma şiddetleri ( $E_{min}$ ,  $E_{max}$ ,  $E_{ort}$ ) ve aydınlatma dağılım katsayıları ise ( $U_1$ ,  $U_2$ ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.23.** Aydınlatmada Üst Düzlemde Dizi Dağılım Kat Sayıları

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde dizi konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.23.'de görülen aydınlatma dağılım katsayıları (  $U_1$  ,  $U_2$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



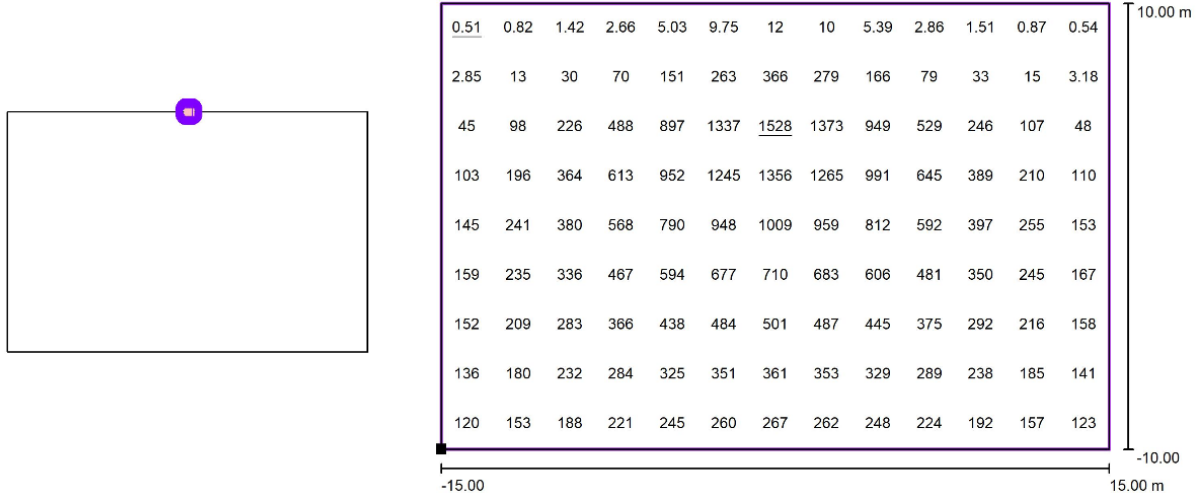
**Şekil 4.24.** Armatürlerin Üst Düzlemde Dizi Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri

Dış aydınlatmada, armatür üst düzlemde dizi konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.24.'de görülen maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri katsayıları (  $E_{max}$  ,  $E_{ort}$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

#### 4.5. Yan Düzlemde Tek Noktadan Çok Noktaya Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri

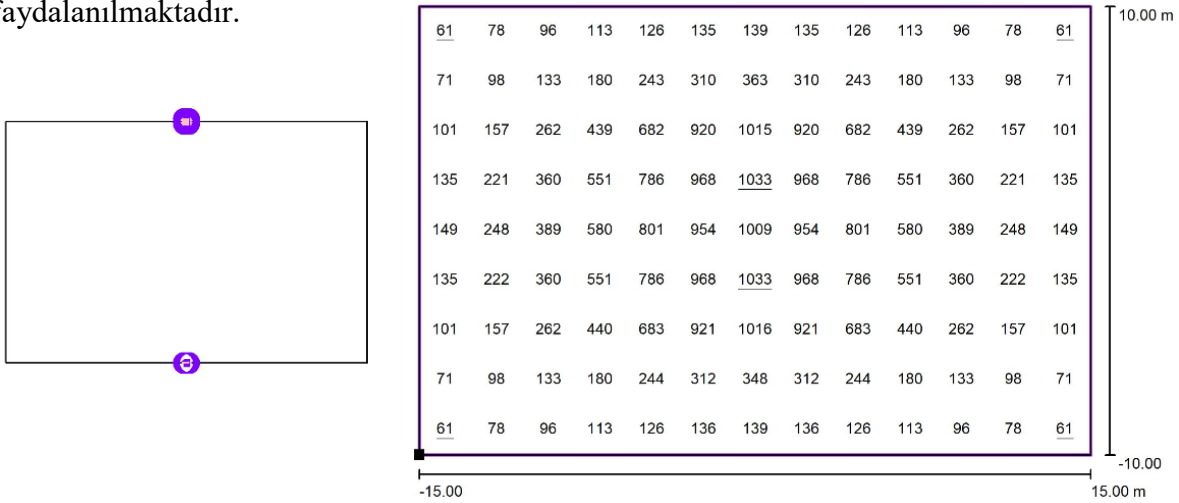
Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; yan düzlemde tek noktadan başlayarak dört noktaya kadar olan armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır. Armatürlerin yan düzlemde nokta konumuyla gerçekleştirilen aydınlatma için elde edilen verilerin aydınlatma kalitesi esaslı yorumlanması nitelikleri incelenecektir.

Şekil 4.25. ile Şekil 4.28. arasındaki şekiller incelendiğinde, armatürlerin yan düzlemde tek noktadan homojen yerleştirilmesine kadar olan farklı durumlardaki aydınlatma düzeyleri gösterilmektedir.



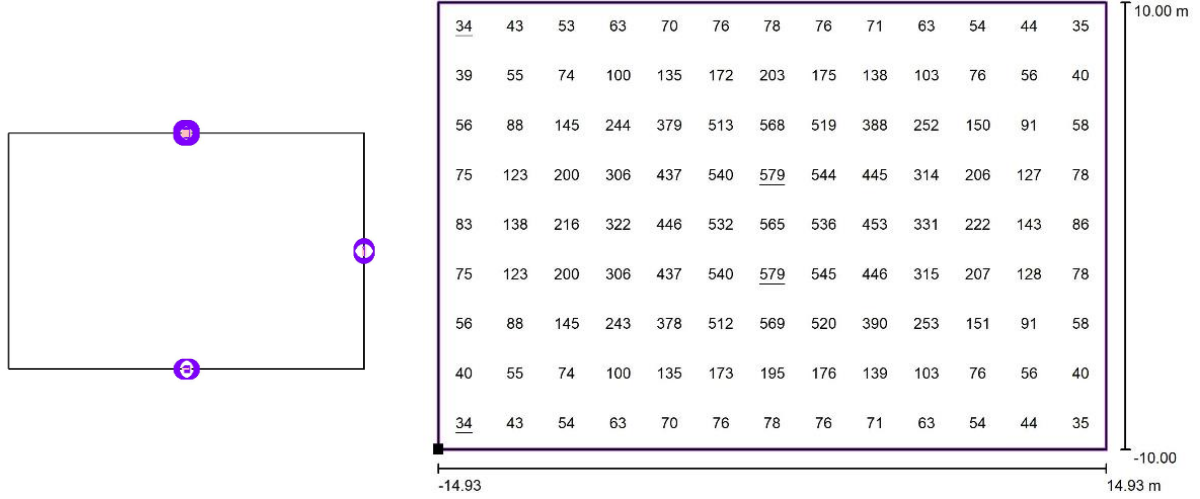
**Şekil 4.25.** Armatürlerin Yan Düzlemde Tek Noktadan Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde tek farklı noktadan konumlandırılmış  $1 \times 100 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.25.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 0$  Lux,  $E_{max} = 1528$  Lux,  $E_{Ort} = 353$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,00$  ve  $U_2 = 0,00$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



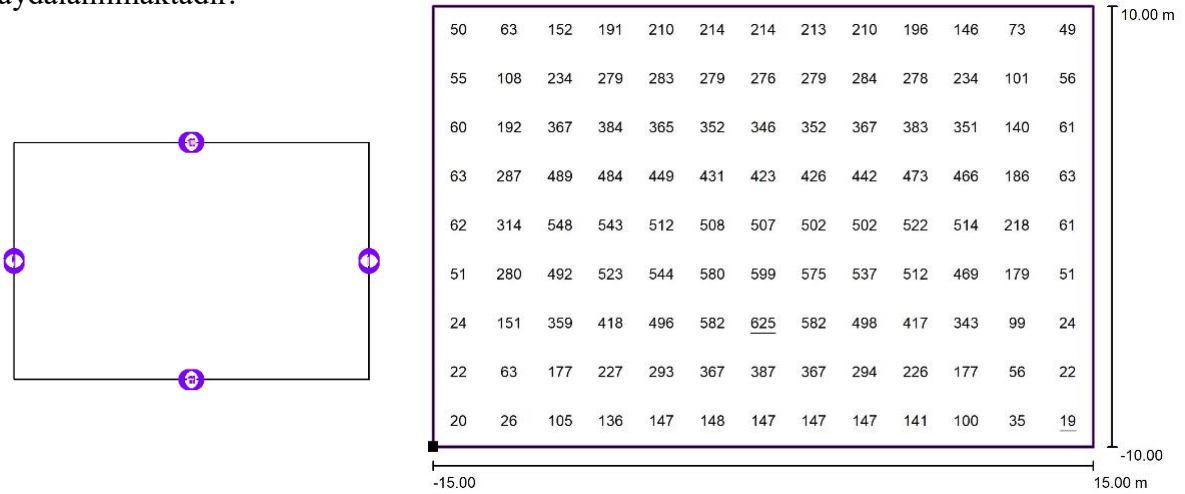
**Şekil 4.26.** Armatürlerin Yan Düzlemde İki Noktadan Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde iki farklı noktadan konumlandırılmış  $2 \times 50 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.26.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 61$  Lux,  $E_{max} = 1033$  Lux,  $E_{Ort} = 353$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,06$  ve  $U_2 = 0,17$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.27.** Armatürlerin Yan Düzlemde Üç Noktadan Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde üç farklı noktadan konumlandırılmış  $3 \times 33 = 99$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.27.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 34$  Lux,  $E_{max} = 579$  Lux,  $E_{Ort} = 198$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,06$  ve  $U_2 = 0,17$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.28.** Armatürlerin Yan Düzlemde Dört Noktadan Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde dört farklı noktadan konumlandırılmış  $4 \times 25 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.28.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 19$  Lux,  $E_{max} = 625$  Lux,  $E_{Ort} = 277$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,03$  ve  $U_2 = 0,07$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

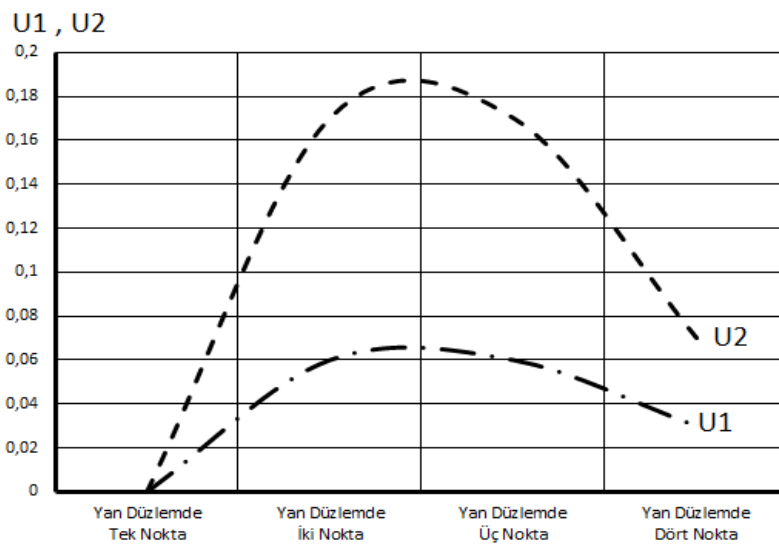
#### 4.5.1. Armatürlerin Yan Düzlemde Nokta Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması

Dış aydınlatmada armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde, armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; aydınlatmada kalite esaslı armatürlerin nokta dağılım türü tablosu, aydınlatmada nokta dağılım kat sayıları grafiği ve armatürlerin nokta konumlandırıldığı maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri grafikleri gösterilmektedir.

**Tablo 4.3.** Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Yan Düzlemde Nokta Dağılım Türü Tablosu

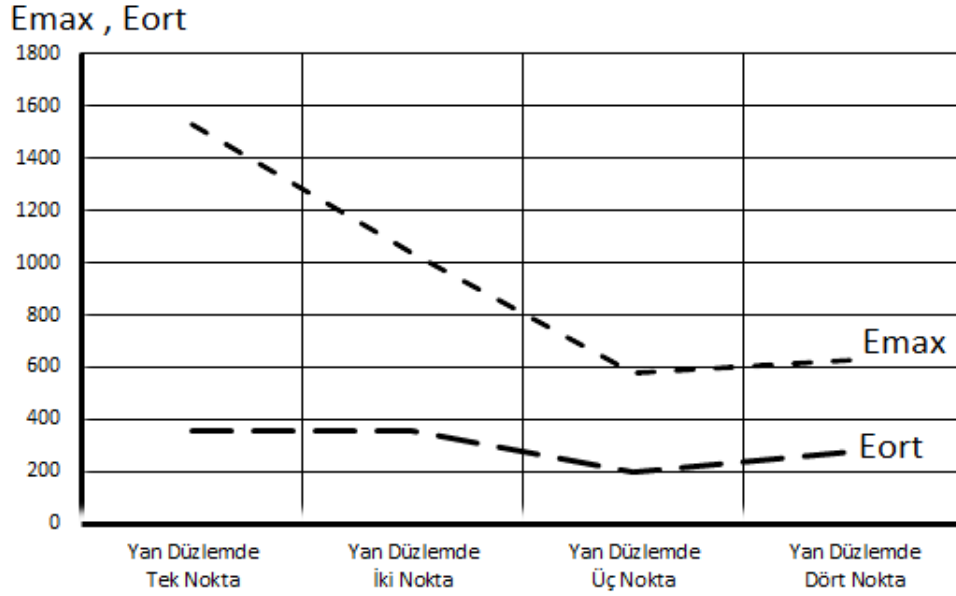
Dağılım Türü	Emin	E <sub>max</sub>	E <sub>ort</sub>	U1	U2
Yan Düzlemde Tek Nokta	0	1528	353	0	0
Yan Düzlemde İki Nokta	61	1033	353	0,06	0,17
Yan Düzlemde Üç Nokta	34	579	198	0,06	0,17
Yan Düzlemde Dört Nokta	19	625	277	0,03	0,07

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde nokta konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Tablo 4.3.'de görülen dağılım türü tablosunda yer alan verilerin aydınlatma şiddetleri ( $E_{min}$ ,  $E_{max}$ ,  $E_{ort}$ ) ve aydınlatma dağılım katsayıları ise ( $U_1$ ,  $U_2$ ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.29.** Aydınlatmada Yan Düzlemde Nokta Dağılım Kat Sayıları

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde nokta konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.29.'da görülen aydınlatma dağılım katsayıları (  $U_1$  ,  $U_2$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



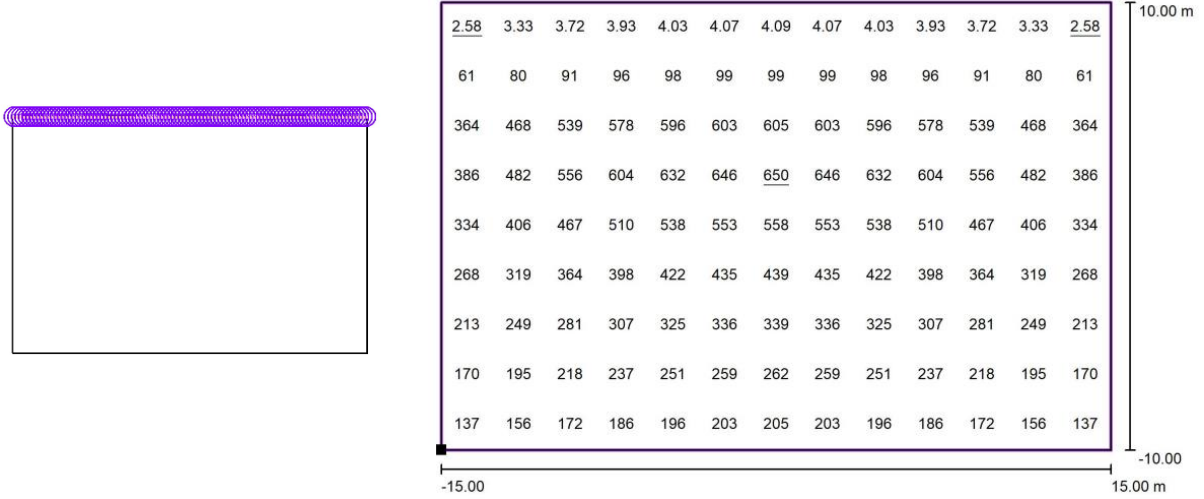
**Şekil 4.30.** Armatürlerin Yan Düzlemde Nokta Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde nokta konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.30.'de görülen maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri katsayıları (  $E_{max}$  ,  $E_{ort}$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

#### 4.6. Yan Düzlemde Tek Diziden Çok Diziye Kadar Konumlandırılmış Işıklıklar için Aydınlatma Analizleri

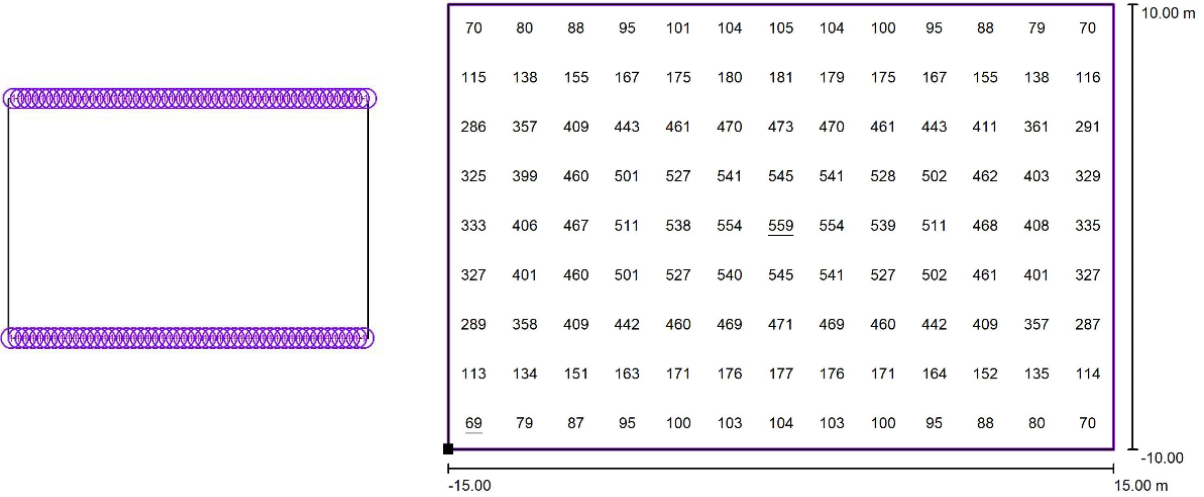
Dış aydınlatmada armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; yan düzlemde tek diziden başlayarak dört diziyeye kadar olan armatürler ele alınarak aydınlatma hesaplama verileri burada ele alınmaktadır. Armatürlerin yan düzlemde dizi konumuyla gerçekleştirilen aydınlatma için elde edilen verilerin aydınlatma kalitesi esaslı yorumlanması nitelikleri incelenecektir

Şekil 4.31. ile Şekil 4.34. arasındaki şekiller incelendiğinde, armatürlerin yan düzlemde tek diziden homojen yerleştirilmesine kadar olan farklı durumlardaki aydınlatma düzeyleri gösterilmektedir.



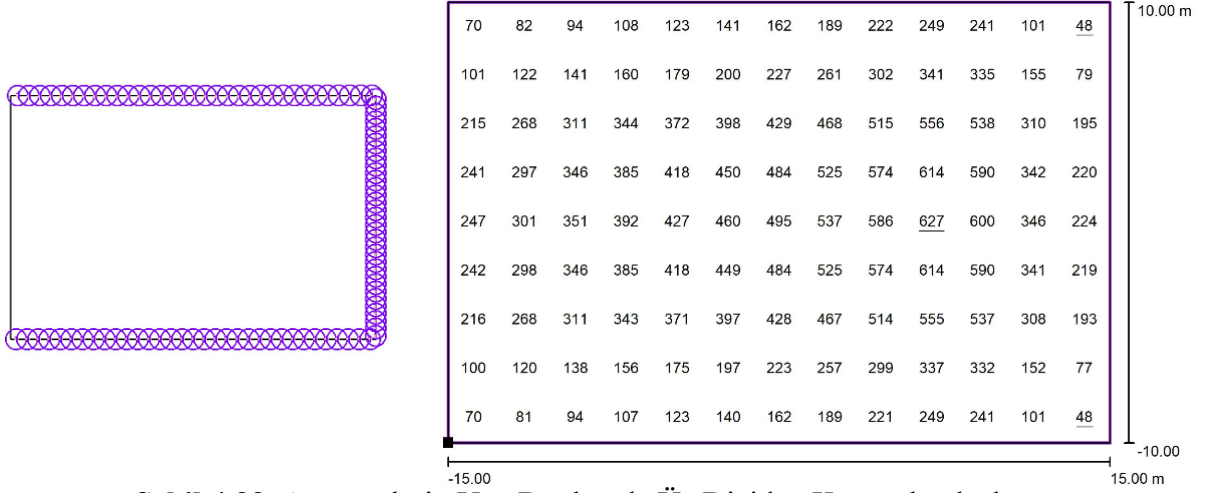
Şekil 4.31. Armatürlerin Yan Düzlemde Tek Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde tek farklı diziden konumlandırılmış  $1 \times 100 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.31.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 3 \text{ Lux}$ ,  $E_{max} = 650 \text{ Lux}$ ,  $E_{Ort} = 302 \text{ Lux}$  ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,00$  ve  $U_2 = 0,01$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



Şekil 4.32. Armatürlerin Yan Düzlemde İki Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde iki farklı diziden konumlandırılmış  $2 \times 50 = 100$  adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.32.'de görülen ışıklıklar ( Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min} = 69 \text{ Lux}$ ,  $E_{max} = 559 \text{ Lux}$ ,  $E_{Ort} = 302 \text{ Lux}$  ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1 = 0,12$  ve  $U_2 = 0,23$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



Şekil 4.33. Armatürlerin Yan Düzlemde Üç Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde üç farklı diziden konumlandırılmış 3x33=99 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.33.'de görülen ışıklıklar (Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 48$  Lux,  $E_{max}= 627$  Lux,  $E_{Ort}= 301$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,08$  ve  $U_2= 0,16$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



Şekil 4.34. Armatürlerin Yan Düzlemde Dört Diziden Konumlandırılması

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde dört farklı diziden konumlandırılmış 4x25=100 adet armatürün aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.34.'de görülen ışıklıklar (Konum Planı ) ve değer grafiği (E, Yatay ) şekilleri ile armatürlerin nokta dağılım türü verilerinin aydınlatma şiddetleri  $E_{min}= 54$  Lux,  $E_{max}= 515$  Lux,  $E_{Ort}= 305$  Lux ve aydınlatma dağılım katsayıları ise  $U_1= 0,10$  ve  $U_2= 0,18$  olarak verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

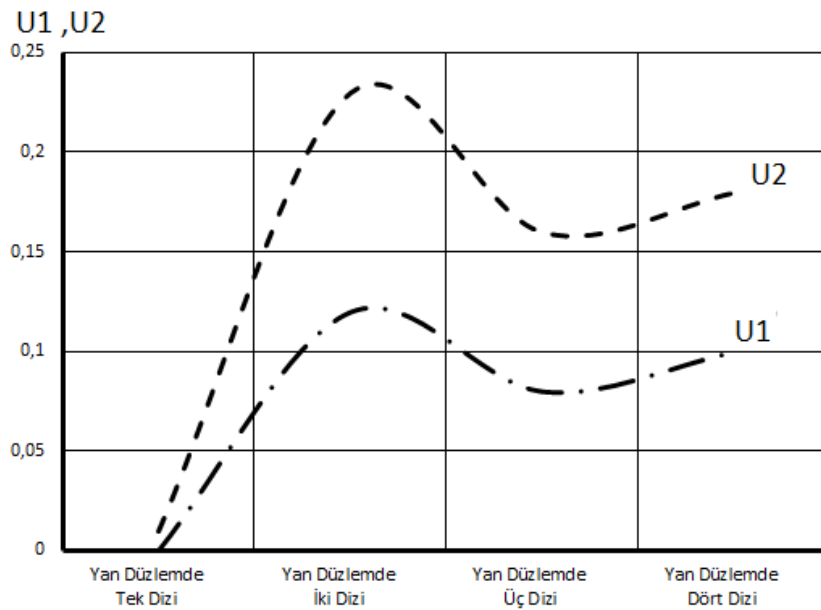
#### 4.6.1. Armatürlerin Yan Düzlemde Dizi Konumuyla Gerçekleştirilen Aydınlatma İçin Elde Edilen Verilerin Aydınlatma Kalitesi Esaslı Yorumlanması

Dış aydınlatmada armatür yerleştirilme sıklığı esaslı aydınlatma verilerinin incelenmesinde, armatürlerin konumlandırılmaları, aydınlatma düzeyi ve dağılımı kalitesini göstermesi bakımından; aydınlatmada kalite esaslı armatürlerin dizi dağılım türü tablosu, aydınlatmada dizi dağılım kat sayıları grafiği ve armatürlerin dizi konumlandırıldığı maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri grafikleri gösterilmektedir.

**Tablo 4.4.** Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatürlerin Yan Düzlemde Dizi Dağılım Türü Tablosu

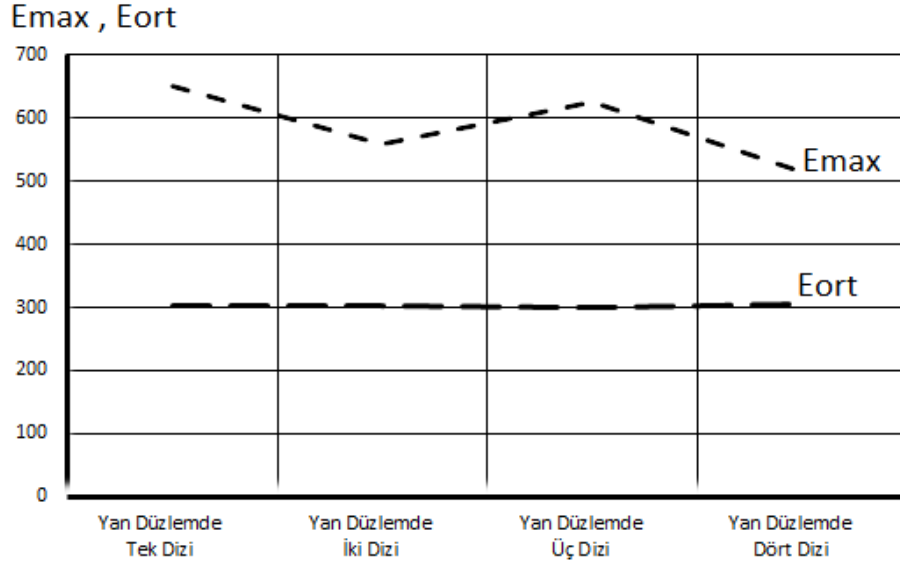
Dağılım Türü	Emin	E <sub>max</sub>	E <sub>ort</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>
Yan Düzlemde Tek Dizi	3	650	302	0	0,01
Yan Düzlemde İki Dizi	69	559	302	0,12	0,23
Yan Düzlemde Üç Dizi	48	627	301	0,08	0,16
Yan Düzlemde Dört Dizi	54	515	305	0,1	0,18

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde dizi konumlandırması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Tablo 4.4.'de görülen dağılım türü tablosunda yer alan verilerin aydınlatma şiddetleri ( $E_{min}$ ,  $E_{max}$ ,  $E_{ort}$ ) ve aydınlatma dağılım katsayıları ise ( $U_1$ ,  $U_2$ ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.35.** Aydınlatmada Yan Düzlemde Dizi Dağılım Kat Sayıları

Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde dizi konumlandırılması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.35.'de görülen aydınlatma dağılım katsayıları (  $U_1$  ,  $U_2$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.



**Şekil 4.36.** Armatürlerin Yan Düzlemde Dizi Konumlandırıldığı Maksimum Aydınlatma Ve Aydınlatma Ortalamaları Düzeyleri Grafiği

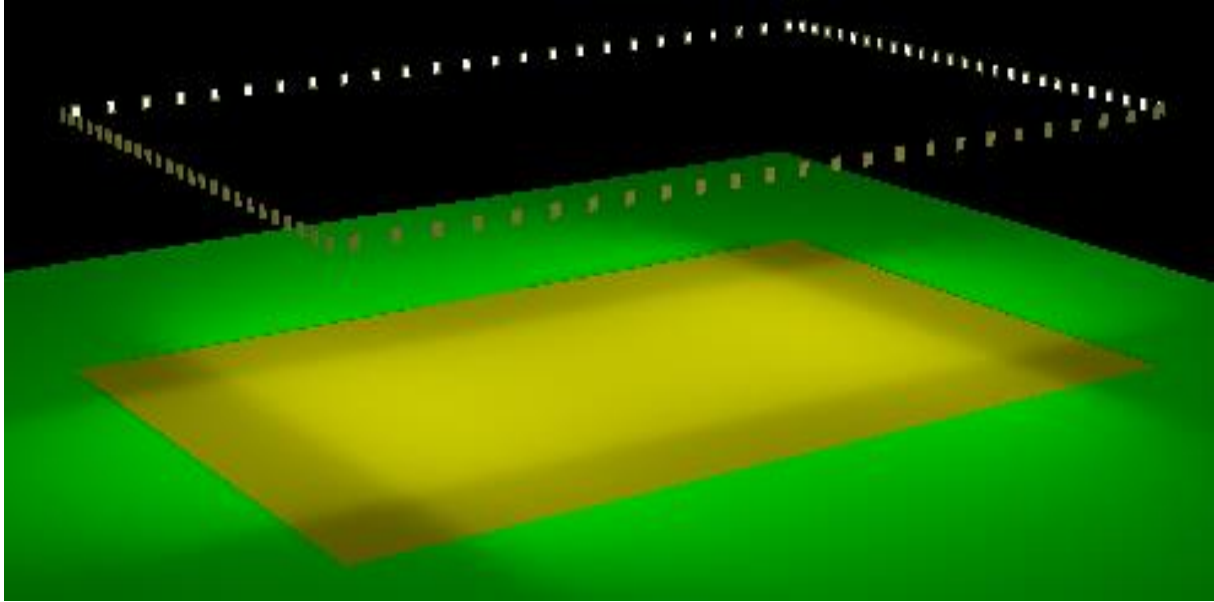
Dış aydınlatmada, armatür yan düzlemde dizi konumlandırılması ile aydınlatma verilerinin incelenmesinde Şekil 4.36.'de görülen maksimum aydınlatma ve aydınlatma ortalamaları düzeyleri katsayıları (  $E_{max}$  ,  $E_{ort}$  ) verilerin analizinden faydalanılmaktadır.

**Tablo 4.5.** Aydınlatmada Kalite Esaslı Armatür Verilerinin Değerlendirilme Tablosu

Dağılım Türü	Emin (Lux)	Emax (Lux)	Eort (Lux)	U1	U2	Lmax (cd/m <sup>2</sup> =>Nit)
Tek Nokta	29	6980	1749	0,02	0,09	538
İki Nokta	173	3581	1677	0,08	0,19	136
Üç Nokta	208	2887	1238	0,57	0,71	121
Dört Nokta	248	2011	1363	0,35	0,51	157
Beş Nokta	371	1808	1307	0,35	0,48	138
Altı Nokta	370	1675	1289	0,57	0,71	121
Sekiz Nokta	319	1735	1328	0,46	0,58	124
On Nokta	278	1656	1319	0,43	0,54	121
Yüz Nokta	411	1538	1187	0,52	0,65	108
Tek Dizi	214	2402	1099	0,09	0,20	183
İki Dizi	389	1447	1033	0,27	0,38	112
Üç Dizi	395	1457	1004	0,27	0,39	111
Dört Dizi	435	1372	991	0,32	0,44	106
Beş Dizi	475	1267	959	0,37	0,50	97
Altı Dizi	459	1189	904	0,39	0,51	91
Sekiz Dizi	474	1148	895	0,41	0,53	88
On Dizi	489	1225	941	0,40	0,52	94
Yan Düzlemde Tek Nokta	0	1528	353	0	0	117
Yan Düzlemde İki Nokta	61	1033	353	0,06	0,17	80
Yan Düzlemde Üç Nokta	34	579	198	0,06	0,17	45
Yan Düzlemde Dört Nokta	19	625	277	0,03	0,07	49
Yan Düzlemde Tek Dizi	3	650	302	0	0,01	50
Yan Düzlemde İki Dizi	69	559	302	0,12	0,23	43
Yan Düzlemde Üç Dizi	48	627	301	0,08	0,16	49
Yan Düzlemde Dört Dizi	54	515	305	0,1	0,18	40

#### 4.7. Parıltı Analizi

Çalışma kapsamında tüm armatür konumlamalarının gerektirdiği parıltı düzeyleri de ayrıca ele alınmıştır. Şekil 4.37.'de görülen armatürlerin, üstten yan düzlemde dört dizi olarak yerleştirildiği durumda parıltı düzeyi en az rahatsızlık verici düzeye inmektedir.



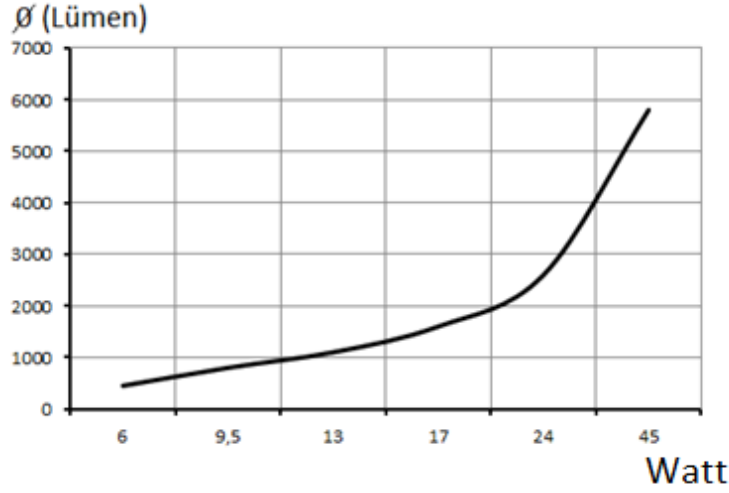
Şekil 4.37. Armatürlerin Üstten, Yan Düzlemde Dört Diziden Konumlandırılması

#### 4.8. Lamba Gücü ve Sayısı Esaslı Enerji Verimliliği Analizi

Armatürlerin ya da lambaların yerleştirilme dağılımı ne kadar fazla noktadan yapılırsa, aydınlatma dağılımı ve kalitesinde bir iyileştirme olmakla beraber, bu durum bazı sakıncalarla da kısıtlıdır. Çok sayıda armatür ya da lamba kullanımında, daha düşük güçte lambaların kullanımı gerekmektedir. Bu durumda, Tablo 4.6'de ve Şekil 4.38' da görüldüğü gibi düşük güçte kullanılan lambaların ışıklılık verimlerinin (lümen/watt) daha küçük olduğu unutulmamalıdır. Örneğin 6 W'lık led lamba için 90 Lümen/Watt ışıklılık verimi söz konusu iken, 45 W'lık led lamba için 128,88 Lümen/Watt ışıklılık verimine ulaşılmaktadır.

Tablo 4.6. Aydınlatmada Çeşitli Güçteki Lambalar Ve Işık Akılarının Tablosu

Lamba Türü	Lamba Işık Akısı					
	450 Lümen	800 Lümen	1100 Lümen	1600 Lümen	2600 Lümen	5800 Lümen
LED	6 W	9,5 W	13 W	17 W	24 W	45 W
Kompakt Floresan	8,5 W	13,5 W	18,5 W	23 W	40 W	85 W
Halojen	29 W	43 W	53 W	72 W	150 W	300 W
Enkandesan	40 W	60 W	75 W	100 W	150 W	300 W



**Şekil 4.38.** LED Armatür Yapılı Lambalarda  $\text{Ø}=\text{F}(\text{P}_L)$  Grafiği

Çok sayıda armatürün dağınık esaslı montajı ile her armatürün ayrı ayrı kablolama gerekliliği, hem ilk kurulum maliyetini, hem de işletme maliyetini arttırıcı bir özelliktir. Bu kapsamda, aydınlatma dağılımının üst düzlemde 8 dizi olarak uygulandığı tasarım, aydınlatma özellikleri için olduğu kadar, kablolama esaslı olarak da uygun gözükmemektedir.

#### 4.9. Dış Ortam Aydınlatmasındaki Elektrik Tesisatı

Dış ortam aydınlatmasında armatür montaj konumlarının ve dağılımlarının belirlenmesiyle birlikte elektrik tesisatı da önemli bir konuya sahiptir. Özellikle park, bahçe, yol, tünel, otopark ve spor sahalarının aydınlatmasındaki elektrik tesisatında kullanılan aydınlatma ekipmanlarının dış ortam şartlarına uygun olması gerekmektedir. Dış ortamda kullanılan ekipmanların korunumunun, dış ortam şartlarına uygun olmasıyla birlikte maliyetleri de artmaktadır.

- Üst düzlemde tek, iki, üç, dört, beş, altı, sekiz, on ve yüz noktadan konumlandırmalarındaki elektrik tesisatı tek noktadaki 100 adet armatür ile yüz noktadaki 1 adet armatür için kullanılacak olan elektrik tesisatındaki kablo maliyeti daha yüksektir.
- Üst düzlemde tek, iki, üç, dört, beş, altı, sekiz ve on diziden konumlandırmalarındaki elektrik tesisatı tek dizideki 100 adet armatür ile on dizideki 10 adet armatür için kullanılacak olan elektrik tesisatındaki kablo maliyeti düşüktür.
- Yan düzlemde tek, iki, üç ve dört noktadan konumlandırmalarındaki elektrik tesisatı tek noktadaki 100 adet armatür ile dört noktadaki 25 adet armatür için kullanılacak olan elektrik tesisatındaki kablo maliyeti daha yüksektir.

- Yan düzlemde tek, iki, üç ve dört dizi ile konumlandırmalarındaki elektrik tesisatı tek dizideki 100 adet armatür ile dört dizideki 25 adet armatür için kullanılacak olan elektrik tesisatındaki kablo maliyeti düşüktür.

Park, bahçe, yol, tünel, otopark ve spor sahalarının aydınlatmasındaki elektrik tesisatında elektriksel bağlantılarının güvenilir olması çok önemlidir. Günümüzde dış ortam aydınlatmasındaki elektrik tesisatında kullanılan ekipmanlarının su, nem, toz vb. dış ortam koşullarına karşı ‘‘IP68 Koruma’’ ibaresi olması gerekmektedir. Bu durumda korumanın yapılması için genellikle IP67 veya IP68 koruma olan termoplastik bağlantı kutuları ile yapılmaktadır. Ancak zaman geçtikçe bu kutulardaki elektrik tesisatında kullanılan kabloların giriş kısmında yaşanan deformasyonlar sebebi ile kutu iç kısmına su sızması ile kutunun içindeki kablo bağlantıları suyun etkileşimi ile arızalanmalara neden olmaktadır. Bu arızaların olmaması için termoplastik kutu içinde jel izolasyon dolgu malzeme gibi yenilikçi yöntemler kullanılmaktadır.

## 5. SONUÇ

Aydınlatma tasarımlarında, ışık kalitesi ve gerekli ışık akısının belirlenmesi önemli olduğu kadar, ışık kaynaklarının dağılımları da büyük önem arz eder. Işık kaynaklarının bir noktadan ya da toplu yerleştirilmeleri ile dengeli aydınlatma sağlanamayacağı gibi aşırı parlaklığa da neden olabilirler. Burada, duvar, tavan ya da diğer objelerin yansıtma etkilerinin olmadığı örneklem bir alan içerisindeki referans alan için dış ortam aydınlatması esaslı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Referans alanın boyutları Referans alanda, askı yüksekliği ve toplam ışık akısının sabite olduğu yazılım destekli bir uygulama gerçekleştirilerek, armatür dağılımının değişkenliğinin aydınlatma düzeyine etkileri ele alınmıştır.

Burada; yol, dış ortamlarda gerçekleştirilen aydınlatma uygulamalarına yönelik olarak armatür konumlandırılmalarının dağılımı üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Referans olarak alınan 100 adet armatür dikkate alınarak; aynı yükseklikten, fakat farklı askı noktası dağılımlarında, aydınlatma hesaplamaları bilgisayar destekli olarak Dialux yazılımı ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen aydınlatma düzeyleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda, armatür/lamba dağılımlarının gerçekleştirildiği askı noktası sayıları 1'den 100'e kadar arttırılarak, aydınlatma dağılımlarına etkileri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Aydınlatma tasarımlarında, üst düzlemde armatürlerin askıda olduğu esas alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen tasarım hesaplamalarında, hem referans alanda olmamaları, hem de bu yüzden hesaplama sonuçlarını olumsuz etkilemeleri nedenleriyle hesap ağındaki en dış noktalar dikkate alınmamıştır. Elde edilen hesaplama sonuçlarında yer alan aydınlatma ortalamaları ve aydınlatma dağılım katsayılarından yararlanılarak, istenilen askı noktası sayısında aydınlatma yapmayı sağlamaya yönelik olarak, son kullanıcıların tercihlerinde kolaylık sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler ele alındığında, armatürleri toplu olarak merkezi bir konuma yerleştirmenin aydınlatma dağılım katsayılarını son derece olumsuz olarak etkilediği ortaya çıkmaktadır. Armatür konum sayısı arttırıldıkça, dağılım katsayılarında artış gerçekleşirken, köşelere yakın 4 noktada konum noktaları belirlemenin, dağılım katsayılarında bir miktar azalma yapabildiği orta çıkmaktadır. Dört nokta, sekiz nokta gibi olumsuzluk oluşturan yerleşim sayıları dışında üç, beş, altı ve üzerindeki yerleşim noktası sayılarında, dağılım katsayılarının daha olumlu sonuçlar ortaya koyabildiği ortaya çıkmıştır. Armatür konumlandırma sayısı çok daha fazla arttırılarak, aydınlatma dağılım katsayılarını daha da iyileştirebilmek mümkün olmakla beraber, montaj noktası ve kablolu maliyetlerinin artmasına yol açacaktır.

## KAYNAKÇA

- Albayram, & Alper, M.** (2009). Aydınlatma tasarımı ve simülasyonu.
- Boyras, Y.** (2011). Spor alanlarında uygulanan aydınlatma kriterlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi.
- Erdem, S.** (2007). "Aydınlatma mühendisliğinde ileri yöntemlerle çözüm teknikleri 13-26.
- Erkin, E., Manav, B., Kutlu, R. & Küçükdoğu, M. Ş.** (2009). Avrupa birliğine uyum sürecinde ülkemizde iç aydınlatma konusu ile ilgili yasal mevzuatın değerlendirilmesi, EMO V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 7-10 Mayıs. s. 30-35.
- FIFA,** " Guide to the artificial lighting of football pitches ", Zürich
- Gençoğlu, M. T.** (2005). İç aydınlatmada enerji tasarrufu, EMO III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 23-25 Kasım. s. 69-74
- Gençoğlu, M. T. & Özbay, E.** (2007) "Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri", XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir. s. 52-60
- Atolye** (2022). [Erişim Tarihi: 24.05 2022, <https://atolyestore.com/>]
- Innes, M.** (2012). Series: Portfolio Skills. Interior Design, Interior design. London: Laurence King Publishing
- Johansson, M., Rosén, M., & Küller, R.** (2011). Individual factors influencing the assessment of the outdoor lighting of an urban footpath. *Lighting Research & Technology*, s. 31-43.
- Karlen, M., Spangler, C., & Benya, J. R.** (2017). *Lighting design basics*. John Wiley & Sons.
- Küçükklıç, Ö. E., Ünver, F. R., & Aydın, P.** (2019). Parkların Dış Aydınlatma Ölçütleri Açısından Nesnel ve Öznel Değerlendirmesi: Koşuyolu Yaşam Parkı Örneği. *Megaron*.
- Lewin, I., & Fies, L. C.** (1999). Lamp color and visibility in outdoor lighting design. In Conference of the Institution of Lighting Engineers. s. 40-59.
- Loe, D., Watson, N., & Rowlands, E.** (1999). (ED431290), Veritabanı: ERIC
- Oxholm, E., Hansen, E. K., & Triantafyllidis, G.** (2018). *EAI Endorsed Transactions on Creative Technologies*. Vol. 5 Issue 15, p1-7. 7p. DOI: 10.4108/eai.10-4-2018.154452. , Veritabanı: Central & Eastern European Academic Source.
- Özkaya, M.** (1990). "Yol Aydınlatması" İTÜ publication No:1413,

- Steffy, G.** (2002). Architectural lighting design. John Wiley & Sons.
- Şedziwy, A.** (2016). A new approach to street lighting design. Leukos,
- Skowranek, R., & Bielefeld, B.** (2017). Series: Basics. Basel: Birkhäuser. eBook., Veritabanı: eBook Academic Collection (EBSCOhost)
- Şenyurt, Ö.** (2011). Bilgisayar destekli proje II ders notları, Ordu Üniversitesi, Elektrik ve enerji bölümü elektrik programı. s. 40-51
- Şahin, D.** (2012). Aydınlatma tasarımının kullanıcı üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri açısından incelenmesi. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Torgovnick, L.** (2019). *Successful Meetings*, Vol. 68 Issue 4, p8-8. 1p. , Veritabanı: Business Source Ultimate
- Toy, Ö. F. & Sarı, H.** (2015). LED tabanlı yol aydınlatma armatürleri için optik tasarım (Doctoraldissertation, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı).
- Turan, Ş., Minaz, M. R., Kuncan, M. & Torzak, İ.** (2018). ‘‘Siirt University Football Field Lighting Analysis and Desing’’ İnternational Engineering And Technology Symposium IETS‘‘18 main theme Energy and petroleum — Siirt University, Siirt, Turkey.
- UEFA.** (1978). ‘‘Regulation and Recommendation for lighting of Football Grounds’’, Bern.
- Ünver, M.U. & İmal, N.** (1999). ‘‘Lighting Design For A Football Field’’, ELECO’99, Bursa.
- Wilkins, A. J.** (2016). A physiological basis for visual discomfort: Application in lighting design. Lighting Research & Technology.