

# İŞYERLERİNDE AYDINLATMA

Esin A. Kürkçü<sup>1</sup>, İlknur Çakar<sup>1</sup>, Serap Zeyrek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı, İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü (İSGÜM)

İşyerlerinde güvenli bir çalışma ortamı sağlanmasında, görsel işlerin kolaylıkla yapılmasında ve uygun bir görüş alanı oluşturulmasında en önemli faktörlerden biri aydınlatmadır. Güvenli çalışma ortamının sağlanması en önemli önceliklerden biridir ve iş güvenliği koşullarının iyileştirilmesi işyerindeki tehlikelerin görünür kılınması ile sağlanacaktır. Aydınlatmanın görsel etkisinin yanında çalışanın kendini iyi hissetmesi, moralinin yüksek olması ve yorgunluk hissetmemesi gibi biyolojik ve psikolojik etkileri de bulunmaktadır.

İşyerlerinde aydınlatma iş verimini de çok büyük ölçüde etkilemektedir. Aydınlatma öncelikle, yapılan iş ve işlemlerde tüm detayın görülebilmesi için gereklidir. İş sağlığı ve güvenliği açısından ise aydınlatmanın işin uygulanan kalite standartlarının gerektirdiği şekilde yapılmasını ve hata oranlarının azaltılmasını sağlamasının yanında iş kazalarının önlenmesinde de büyük bir etkisi bulunmaktadır.

Aydınlatma açısından uygun çalışma ortamı sağlanırken mümkün olduğu ölçüde gün ışığından faydalanılmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda ilerleyen bölümlerde bahsedilen aydınlatma kriterlerine uygun bir yapay aydınlatma sistemi kurulmalıdır. Gün ışığı ve yapay aydınlatma sistemlerinin birlikte, dengeli olarak kullanılması uygulanabilirlik açısından en uygun çözümdür.

## Aydınlatma Kriterleri

**1.Aydınlatma Şiddeti (Illuminance):** Bir yüzeye düşen ışık miktarına aydınlatma şiddeti denir. Aydınlatma şiddetinin birimi lüktür.

1 lüks = 1 lümen/ m<sup>2</sup> (lümen lüminesans akı birimidir)

Aydınlatma şiddeti açık havada gündüzleri 2.000-100.000 lüks arasında, geceleri ise 50-500 lüks arasında değişmektedir.

TS EN 12464 nolu "Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri" standarttında belirtilen işyerlerindeki bazı alanlarda ve işlerde gerekli aydınlatma şiddeti değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 1. İşyerlerinde bazı alanlarda ve işlerde gerekli aydınlatma şiddeti değerleri

|   | <b>Aydınlatma Şiddeti (lüks)</b> |
|---|----------------------------------|
| Koridorlar ve depolama alanları         | 100                              |
| Ofis çalışmaları                        | 500                              |
| Yüzey hazırlama ve boyama               | 750                              |
| Montaj, kalite kontrol ve renk kontrolü | 1000                             |

**2. Lüminesans:** Lüminesans bir yüzey tarafından yansıyan ya da emilen ışık miktarıdır. Birimi Kandela (cd) / m<sup>2</sup>'dir.

Duvarlar, mobilya ve diğer nesnelere görünen ışık bu yüzeylerin yansıtma ve absorbe etme özelliğine bağlıdır.

300 lüks aydınlatma şiddetine sahip bir ofiste bulunan bazı nesnelere lüminesans değerleri örnek teşkil etmesi için aşağıda verilmektedir;

Tablo 2. Lüminesans Değerleri

|                             | <b>Lüminesans Değerleri</b>   |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Cam yüzeyler                | 1000-4000 cd / m <sup>2</sup> |
| Masa üzerindeki beyaz kağıt | 70-80 cd / m <sup>2</sup>     |
| Masa yüzeyi                 | 40 -60 cd / m <sup>2</sup>    |

65 watt gücündeki floresan bir lambanın lüminesans değeri 10.000 cd / m<sup>2</sup> 'dir.

**3. Yansıtma oranı (Reflectance):** Farklı yüzeyler gelen ışığı farklı büyüklüklerde absorbe eder. Koyu renk bir yüzey açık renk bir yüzeye göre daha fazla ışık absorbe eder, yani daha az ışık yansır. Yansıtma oranı yansıyan ışığın gelen ışığa oranıdır. Aydınlatma şiddeti ve lüminesans değerleri ile yansıtma oranı hesaplanabilir.

$$\text{Yansıtma oranı (\%)} = (\text{Lüminesans/Aydınlatma Şiddeti}) * \pi * 100$$

Aydınlatma dağılımında etkili olan yüzeylerin yansıtma oranları TS EN 12464 nolu standartta verilmiştir.

Tablo 3. Aydınlatma dağılımında etkili olan yüzeylerin yansıtma oranları

|                   | <b>Yansıtma Oranları*</b> |
|-------------------|---------------------------|
| Tavan             | 0,6 – 0,9                 |
| Duvarlar          | 0,3 – 0,8                 |
| Çalışma yüzeyleri | 0,2 – 0,6                 |
| Zemin             | 0,1 – 0,5                 |

\*Yansıtma oranları hesaplanırken siyah rengin 0,1 ve beyaz rengin 1 yansıtma oranına sahip olduğu varsayılmıştır.

**4. Doğrudan ve Dolaylı Aydınlatma (Direct – Indirect Lighting):** Doğrudan aydınlatma bir yüzeyin bir kaynaktan düz bir hat üzerinde gelen ışık ışınları ile aydınlatılmasıdır. Doğrudan aydınlatma lokal olarak yüksek lüminesans oluşturmakla birlikte ışığın geliş yönünde bulunan nesnelerin arkasında koyu gölgeler oluşturmaktadır. Çok yüksek lüminesans gözde kamaşma (glare) yaratır, rahatsızlık vericidir.

Doğrudan aydınlatma işyerlerinde sadece iki durumda tavsiye edilir: aydınlatma şiddeti “rölatif” kamaşma yaratmayacak kadar yüksek olması ya da yapılan işin gerektirmesi halinde.

Doğrudan aydınlatma işyerlerinde özellikle kalite kontrol işleri gibi yüksek düzeyde görünürlük gerektiren işler için kullanılmaktadır.

Dolaylı aydınlatma ışık akısının en az %90’nını tavana veya duvarlara dağıtan ve bu yüzeylerden geri yansıyan ışık ile aydınlatmadır. Enerji verimliliği açısından duvarları ve tavanın açık renklere boyanmış olması gerekmektedir. Dolaylı aydınlatmada dağınık ışık oluşmakta ve gölgeler oluşmamaktadır. Genelde yüksek aydınlatma şiddeti yaratarak kamaşma riskini en aza indirir ancak ofislerdeki parlak duvar ve tavanlar ekranlar yüzeyinde yansımaya neden olarak “rölatif” kamaşma oluşturabilir.

İşyerindeki kapalı ortamlarda doğrudan ve dolaylı ışığın iyi dengelenmiş olması gerekmektedir.

**5. Göz Kamaşması:** Göz kamaşması doğrudan (dolaysız) veya yansıyarak (dolaylı) gelen ışıktan kaynaklanabilir. Dolaysız göz kamaşması (glare) ışık kaynağına direkt bakıldığında oluşur ve yapılan görsel çalışma önemli ölçüde olumsuz olarak etkilenir. Dolaylı göz kamaşması (flicker) çok güçlü yansıtıcı yüzeylerden ışığın yansımaları sonucu oluşur ve yapılan işi olumsuz etkiler. Bu nedenle işyerlerinde göz kamaşmasına neden olacak durumlar azaltılmalıdır. Göz kamaşmasını önlemek için ışık kaynağının önüne perdeleme düzenekleri yerleştirilebilir.

**6. Işığın Renk Sıcaklığı (Colour Appearance):** Işığın renk sıcaklığı, bir ışık kaynağından yayılan görünür ışıktır. Işığın renk sıcaklığı sıcak, orta ve soğuk olarak üçe ayrılmaktadır. Işığın tayfsal kompozisyonu göz önüne alındığında “sıcak” ışık daha fazla kırmızı ışık bileşenlerinden oluşmaktadır ve birçok insan tarafından huzurlu ve konforlu bulunmaktadır. “Orta” ışık tayfsal kompozisyonda daha az kırmızı ışık bileşenlerinden oluşmakta ve daha soğuk ve beyaz görünmektedir. “Soğuk” ışık tayfsal kompozisyonda en az kırmızı ışık bileşeni içeren ışıktır ve 1000 lüksün altında çok soğuk ve rahatsız edici gözükmektedir. Işığın renk sıcaklığı seçimi daha çok psikolojik ve estetik bir konudur. TS EN 12464 nolu standartta ışığın rengi, rengin sıcaklığı ile tanımlanmıştır.

Tablo 4. Işığın renk sıcaklığı ile ilişkili K° cinsinden renk sıcaklığı değerleri

| Işığın Renk Sıcaklığı | İlişkili Renk Sıcaklığı (K°) |
|-----------------------|------------------------------|
| Sıcak                 | 3300 K° altı                 |
| Orta                  | 3300 ve 5300 K° arası        |
| Soğuk                 | 5300 K° üstü                 |

**7. Renk Yansıtma (Colour Rendering):** Bir lambanın renk yansıtma indeksi çevrenin, nesnelerin ve insan derisinin ne kadar doğal ve doğru bir şekilde betimlendiğini göstermektedir. Renk yansıtma indeksinin mümkün olan en yüksek değeri 100'dür ve renk yansıtma kalitesi azaldıkça azalmaktadır.

**8. Gün ışığı (Daylight):** İşyerlerinde gün ışığından mümkün olduğu ölçüde faydalanmak gerekmektedir. Gün ışığının insanlar üzerinde birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Bir neden, yapay aydınlatmaya göre daha fazla aydınlatma şiddetine ulaşılmasıdır. Güneşli bir günde açık havada aydınlatma şiddeti 100.000 lüks, gölgede ise 10.000 lüks olmaktadır. Yapay aydınlatma ile ise işyerlerinde genellikle 500 lüks civarı aydınlatma şiddetine ulaşılmaktadır. Gün ışığı yapay aydınlatmaya göre daha iyi renk yansıtmaya sahiptir. Gün ışığının seviyesi ve tayfsal kompozisyonu da gün içinde değiştiğinden bu dinamik yapının çalışanları canlandırıcı bir etkisi vardır. Ayrıca gün ışığından kaynaklanan doğrudan göz kamaşması yapay ışığa göre daha az rahatsız edicidir. Ancak gün ışığının tüm işyerlerinde ve tüm zamanlarda yeterli miktarda olmaması nedeniyle işyerlerindeki aydınlatmanın uygun olarak seçilmiş yapay ışık ile desteklenmesi gerekmektedir.

İşyerlerinde aydınlatmanın uygun bir şekilde sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesi için aşağıdaki parametreler göz önüne alınmalıdır;

- Çalışma alanındaki aydınlatma şiddeti seviyesi,
- Çalışma alanında bulunan parlak yüzeylerin dağılımı,
- İş ekipmanlarının ve çalışan nesnelerin büyüklüğü,
- İşyeri ortamında bulunan nesnelere ışığın ne kadar yansıdığı,
- İşyerindeki nesneler ve çevresindeki alan/arka plan arasındaki kontrast oranı,
- Çalışma ortamında görülmesi gereken nesnelerin ne kadar zamanda fark edildiği,
- Çalışanın yaşı.

Çalışanın yaşı uygun aydınlatma şiddeti seviyesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Standartlarda bahsedilen değerler genç çalışanlar üzerinden belirlenmiştir. Buna göre 20-25 yaş arasındaki çalışanın ihtiyaç duyduğu aydınlatma şiddeti çarpanını 1 kabul edersek;

40-50 yaş için 1,2

51-65 yaş için 1,6

65 yaş üzeri için 2,7 kabul edilir.

Örneğin yapılan işe göre standartta verilen aydınlatma şiddeti 200 lüks ise bu değer 40-50 yaş arası çalışanlar söz konusu olduğunda 240 lüks olmalıdır.

### **İşyerinde Aydınlatma ve İş Kazaları**

Aydınlatma şiddeti ve işyerindeki dağılımının çalışanın görsel bir işi ne kadar hızlı, güvenli ve rahat algılayıp gerçekleştirdiğinde büyük bir etkisi vardır. Aydınlatma şiddeti arttıkça yapılan işin ince detaylarının fark edilmesi o kadar kolay olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar, yüksek aydınlatma şiddetinin konsantrasyon ve motivasyonunun artmasına ve bunun çalışanın performansının %50 oranında artmasına sebep olduğunu göstermektedir. Çalışanın hata yapma oranı azaldığı için, yüksek aydınlatma şiddeti olan işyerlerinde iş kazaları da azalmaktadır. İş kazalarının büyük bir oranı aydınlatma şiddetinin 200 lüks den az olduğu işyerlerinde gerçekleşmektedir.

Amerikan Ulusal Güvenlik Konseyinin raporuna göre kötü aydınlatma tüm iş kazalarının %5'inin sebebidir ve bu oran kötü aydınlatmadan kaynaklanan göz yorgunluğu ile birlikte değerlendirildiğinde iş kazalarının %20'sine ulaşmaktadır. 1950'lerde Amerika'da ağır sanayi endüstrisinde bir fabrikada aydınlatma alanında yapılan iyileştirme çalışmaları iş kazaları ve aydınlatma arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu çalışmada fabrikadaki montaj hattında aydınlatma şiddetinin 200 lükse yükseltilmesinden sonra kaza oranında %32'lik bir düşüş sağlanmıştır. Bir sonraki adım olarak kontrastı azaltmak ve daha dengeli bir aydınlatma sağlamak için duvarlar ve tavan açık renge boyanmıştır. Bunun sonucunda kaza oranında ek olarak %16,5'lük bir azalma gözlenmiştir. Benzer çalışmalar İngiltere ve Fransa'da yapılmış ve özellikle tersaneler, döküm sanayi, büyük montaj hatları ve atölyelerde iş kazalarında büyük azalma gözlenmiştir.

### **İşyerinde Aydınlatma ve Verimlilik**

İşyerlerinde aydınlatmada yapılan iyileştirmelerden sonra verimliliğin arttığına dair birçok çalışma bulunmaktadır. Bu artış, işin görsel açıdan daha hızlı yapılması şeklinde olan direkt etki ve göz yorgunluğunun azaltılması şeklinde olan dolaylı etkiden kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çalışmada başlangıçta 100 lüksten az aydınlatma şiddetine sahip 15 işyerinde aydınlatma şiddetindeki artış sonucunda verimlilikte %4 - %35 oranında artış gözlenmiştir. Amerika'da pamuk eğirme fabrikasında yapılan başka bir çalışmada ise aydınlatma şiddeti 170 lüksten 340 lükse çıkarıldığında üretim %5 oranında artmış ve aynı zamanda hatalı üretim çok büyük ölçüde azalmıştır. Sonuç olarak toplam maliyet %27,5 oranında azalmıştır. Bu sonuçlar yönetimi aydınlatma alanında daha fazla iyileştirmeye sevk ederek aydınlatma şiddeti 750 lükse çıkarılmıştır. Bunun sonucunda ise üretim başlangıç değerine göre %10,5 artmış ve hatalı ürünlerden kaynaklanan maliyet %40 oranında azalmıştır. Aydınlatma şiddeti ve verimlilik bir noktaya kadar doğru orantılı olmakla beraber 1000 lüksün üzerindeki aydınlatmalarda yansımalar, koyu gölgeler aşırı kontrast ve göz kamaşması oluşumu nedeniyle bu değer üzerindeki aydınlatma şiddetinin olumsuz etkilere sebep olduğu bilinmektedir. Çalışanların en çok tercih ettiği aydınlatma şiddeti değeri 400-850 lüks arasındadır.

Benzer alışmalar İngiltere, Fransa, Almanya ve diğer başka ülkelerde yapılmıştır. Aydınlatma şiddetindeki artış sonucunda verimlilikte artma, hatalı ürünlerde ve iř kazalarında azalma görülmüştür.

## REFERANSLAR

1. Kroemer K.H.E, Grandjean E. (2005). *Fitting the Task to the Human*, 5th Edition, Taylor and Francis, London
2. Weston H.C. (1962). *Sight Light and Work*, 2nd Edition, H.K Lewis & Co. Ltd., London
3. Calleja A.H., Perez F.R., *Conditions Required For Visual Comfort*, ILO Encyclopedia
4. Smith N.A., *General Lighting Conditions*, ILO Encyclopedia
5. TS EN 12464 nolu "Işık ve Işıklandırma - İř Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İř Mahalleri" Standartı