

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKLERİNİ DEĞERLENDİRME İLKELERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Faruk UYAN**

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

OCAK 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKLERİNİ DEĞERLENDİRME İLKELERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Faruk UYAN
(502071703)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Alpin KÖKNEL YENER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL (İTÜ)
Prof. Dr. Rengin ÜNVER (YTÜ)**

OCAK 2010

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın ilk ortaya çıkışından son noktasına kadar, sürecin tümünde yardımlarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Alpin Köknel Yener başta olmak üzere;

Yüksek Lisans dönemi boyunca katıldığım derslerin yürütücülerine;

Tez sürecindeki destek ve sabırlarından dolayı arkadaşlarıma;

ve Aileme teşekkür ederim.

Aralık 2009

Faruk Uyan

(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. MİMARLIKTA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI	5
2.1 Sürdürülebilirlik - Sürdürülebilir Kalkınma.....	5
2.1.1 Sürdürülebilir kalkınmanın geçmişi.....	6
2.1.2 Günün gereksinimleri ve gelecek kuşakların olanakları	9
2.2 Sürdürülebilir Mimarlık	12
2.2.1 Bugünün mimari gereksinimleri ve olanaklar.....	14
3. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	17
3.1 Aydınlatma Sistemlerinin İşlevi - Görsel Konfor	17
3.2 Sürdürülebilir Aydınlatma Sistemine İlişkin Tanımlar	22
3.2.1 Enerji tüketiminin minimize edilmesi.....	23
3.2.2 Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı	24
3.2.3 Sera gazı salımlarının önlenmesi veya düşürülmesi	26
3.2.4 Kullanım - geri dönüşüm - atık yönetimi.....	27
3.3 Aydınlatma Enerjisi Tüketimini Etkileyen Parametreler	28
3.3.1 Doğal tasarım parametreleri.....	30
3.3.2 Fiziksel tasarım parametreleri	30
4. BİNA SERTİFİKALANDIRMA PROGRAMLARINDA AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	37
4.1 LEED Ve Aydınlatma Konuları	38
4.2 BREEAM Ve Aydınlatma Konuları	42
4.3 CASBEE Ve Aydınlatma Konuları.....	45
4.4 GreenStar Ve Aydınlatma Konuları	49
4.5 Ele Alınan Modellere İlişkin Genel Değerlendirme.....	51
5. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA İLE İLGİLİ YÖNETMELİK VE STANDARTLAR.....	57
5.1 ABD Standartları.....	57
5.1.1 Binalarda enerji standardı (90.1 - 2007)	57
5.1.2 Yüksek performanslı yeşil binalar standardı (Standard 189.1P).....	60
5.2 AB Ülkelerinde Yönetmelik ve Standartlar	63
5.2.1 Binalarda enerji performansı yönetmeliği (2002/91/EC).....	63
5.2.1.1 EN 15193: Aydınlatma için enerji gereksinimleri standardı.....	65
5.2.1.2 EN 12464-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması standardı.....	67
5.2.2 Enerji sınıflandırma yönetmeliği (92/75/EC)	69

5.2.2.1 Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği (98/11/EC).....	70
5.2.3 Eko-tasarım gereksinimleri yönetmeliği (2005/32/EC)	72
5.2.3.1 Lamba, balast ve aydınlatma elemanları için eko-tasarım gereksinimleri (245/2009).....	73
5.3 Türkiye’de Yönetmelik ve Standartlar	75
5.3.1 Binalarda enerji performansı yönetmeliği	76
5.3.1.1 Aydınlatma enerjisi gereksinimleri belirleme yöntemi.....	79
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	83
KAYNAKLAR.....	89

KISALTMALAR

AESG	: Aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi
ANSI	: American National Standards Institute - Amerikan Standartlar Enstitüsü
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers - Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Kurumu
BM	: Birleşmiş Milletler
BREEAM	: British Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	: Comprehensive Assessment System for Built Environmen Efficiency
CFC	: KloroFloroKarbon
CH₄	: Metan
CIBSE	: Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CO₂	: KarbonDiOksit
EPC	: Enerji Performansı Sertifikası
HFC	: Hidroflorokarbon
IBEC	: Japonya Bina Çevre ve Enerji Koruma Enstitüsü
IESNA	: Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Kurumu
ILE	: Aydınlatma Mühendisleri
JGC	: Japonya Yeşil Binalar Konseyi
JSBC	: Japonya Sürdürülebilir Binalar Konsorsiyumu
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LENI	: Lighting Energy Numeric Indicator
LPD	: Lighting Power Density - Aydınlatma güç yoğunluğu
Mtep	: Milyon ton eşdeğer petrol
N₂O	: Azotoksit
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PFC	: Perflorokarbon
SF₆	: KükürtHekzaFlorid
T5	: 16 mm çapında floresan lamba
T8	: 26 mm çapında floresan lamba
UNESCO	: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
USGBC	: Amerika Yeşil binalar Komisyonu
GBCA	: Avustralya Yeşil Binalar Konseyi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Sürdürülebilir kalkınma karşısındaki başlıca zorluklar [11].....	10
Çizelge 2.2 : Ajanda21 'de sürdürülebilir kalkınma için gerekli eylemler [12], [13].	11
Çizelge 3.1 : EN 12464-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması standartında, bazı hacim türleri için görsel konfor gereksinimleri sınır değerleri [26].	22
Çizelge 3.2 : Türkiye' deki enerji talebi ve yerli üretim değerleri - öngörülleri [38].	26
Çizelge 3.3 : Aydınlatma enerjisi tüketimini etkileyen parametreler.	29
Çizelge 4.1 : Yeni yapılar için düzenlenmiş LEED 2009 sisteminde konulara bağlı puanlar ve yüzdeleri	39
Çizelge 4.2 : BREEAM sisteminde konulara bağlı puanlar ve yüzdeleri.....	43
Çizelge 4.3 : CASBEE sisteminde konulara bağlı puan yüzdeleri.....	46
Çizelge 4.4 : GreenStar sisteminde konulara bağlı puanlar ve yüzdeleri.....	49
Çizelge 4.5 : İncelenen modellerde aydınlatmaya ilişkin puanlar ve yüzdeleri.	52
Çizelge 5.1 : “Binalarda enerji standardı 90.1-2007”de bina tipolojilerine göre izin verilen en yüksek sınır aydınlatma güç yoğunluğu değerleri.....	59
Çizelge 5.2 : Ele alınan AB yönetmelikleri.	63
Çizelge 5.3 : “Çalışma mekanlarının aydınlatılması standardı: EN 12464-1”de, ofis mekanları için önerilen sınır değerleri.....	67
Çizelge 5.4 : “Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği: 98/11/EC”de lambaların enerji sınıfı kriterleri.....	71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Aynı düzeyde koyu olmalarına rağmen sağdaki gri çizgiler daha koyu algılanmaktadır [30].	20
Şekil 3.2 : Yapma aydınlatma elemanlarında kamaşma önleyici aparat örnekleri [31].	21
Şekil 3.3 : Birincil enerji kaynağının, binada kullanılan elektriğe (net enerjiye) dönüşme sürecindeki kayıplar [35].	24
Şekil 3.4 : Dünyadaki toplam enerji üretimi ve tüketimi [36].	25
Şekil 3.5 : Sürdürülebilir yapılarda malzemelerin yaşam döngüsü [41], [42].	27
Şekil 3.6 : E27 duya sahip enkandesan lamba ve günümüzdeki alternatifi kompakt floresan lamba [43].	28
Şekil 3.7 : EnergyPlus tabanlı DesignBuilder programında örnek bir dersliğin modellemesi(1) ve bu dersliğe ait yıllık analiz sonuçları(2).	33
Şekil 3.8 : Dialux programında örnek bir derslikte, iç mekan simülasyonu görünümü(1), aydınlık düzeyi dağılımını gösteren teknik çıktı(2) ve enerji performansı değerlendirmesi (3).	34
Şekil 4.1 : Çalışmada ele alınan sertifika programları ve hazırlandıkları ülkeler.	38
Şekil 4.2 : Ele alınan modellerde ‘Günlüğü ve Dış Görüş’ konusu.	53
Şekil 4.3 : Ele alınan modellerde ‘Işık Kirliliğinin Azaltılması’ konusu.	53
Şekil 4.4 : Ele alınan modellerde ‘Aydınlatma Kontrolü’ konusu.	54
Şekil 4.5 : Ele alınan modellerde ‘Kamaşma Kontrolü’ konusu.	54
Şekil 4.6 : Ele alınan modellerde ‘Aydınlatma Enerjisi’ konusu.	55
Şekil 4.7 : Ele alınan modellerde ‘Aydınlık Düzeyleri’ konusu.	55
Şekil 5.1 : “Yüksek Performanslı Yeşil Binalar Standartı: 189.1P”de çatı ışıklıklarına bağlı günlük bölümleri.	62
Şekil 5.2 : “Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği: 98/11/EC”nin tanımladığı lambaların enerji etiketi.	71
Şekil 5.3 : “Lamba, balast ve aydınlatma elemanları için eko-tasarım gereksinimleri: 245/2009”un öngördüğü T5 ve T8 lambalar için en düşük verim değerleri.	74
Şekil 5.4 : Binalarda enerji performansı yönetmeliğinde tanımlanan, enerji kimlik belgesi [64].	82

BİNALARDA AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKLERİNİ DEĞERLENDİRME İLKELERİ

ÖZET

Binalarda aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilir olması, günümüzde teşvik edilmekte ve çeşitli yasal düzenlemelerle bu konuya ilişkin zorunluluklar getirilmektedir. Görsel konfor gereksinimlerinin, gelecek kuşakların olanaklarını sınırlandırmadan karşılanması ana fikrine dayanan sürdürülebilir aydınlatma, mimarlıkta sürdürülebilirlik kapsamında önemli bir yer tutmaktadır. Binaların tüm enerji tüketimlerinin yaklaşık %20'sinden sorumlu olan ve buna bağlı olarak yüksek düzeyde sera gazı salımına sebep olan aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlikleri, değerlendirme yolu ile kontrol altına alınmalıdır. Bu çalışma, bina aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesi için ele alınacak konuları ilke düzeyinde belirlemeyi amaçlamaktadır.

Bu doğrultuda, günümüz aydınlatma sistemlerinin binalardaki işlevi, görsel konfor gereksinimleri incelenmiştir. Görsel konfor gereksinimlerini; enerji tüketimini minimize ederek, yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak, sera gazı salımına sebep olmadan, kullanım-geri dönüşüm atık yönetimi planlarına sahip olarak karşılayan aydınlatma sistemleri, sürdürülebilir sistemler olarak gösterilebilmektedir.

Binaların sürdürülebilirliklerini değerlendiren, bina sertifika programlarından LEED, BREEAM, CASBEE ve GreenStar modellerindeki bina aydınlatma sistemlerine ilişkin parametrelerinin araştırılması ile, sürdürülebilir bina değerlendirmelerinde aydınlatmaya bakış açıları incelenmiştir.

ABD, AB ülkeleri ve Türkiye'deki görsel konfor gereksinimleri, bina sistemlerinin enerji tüketimleri, aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimleri ve aydınlatma aygıtlarının ve lambaların sınıflandırılması ile ilgili yönetmelik ve standartlar araştırılmış, bu dökümanlarda ele alınan konular derlenmiştir.

Sertifika programları, yönetmelik ve standartların incelenmesin sonucunda derlenen bu ilkeler yorumlanmış; standartlarını yenileme sürecinde olan ve henüz ulusal bir sertifika programı bulunmayan Türkiye'de binalardaki aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesi için yapılacak çalışmalarda, bu ilkelerin ele alınabileceği, ancak yerel şartlara uyumlu duruma getirilmeleri gerektiği üzerinde durulmuştur.

SUSTAINABILITY ASSESSMENT PRINCIPLES OF LIGHTING SYSTEMS IN BUILDINGS

SUMMARY

Sustainability of the lighting systems in buildings are being encouraged and various regulations related to this issue are being brought today. Sustainable lighting which is based on the idea of meeting the requirements of visual comfort needs without restricting the abilities of next generations has a very important place in sustainable architecture. The sustainability of lighting systems, which are responsible for approximately 20% of the overall building consumption, therefore causing high levels of greenhouse gas emissions, should be controlled by assessment method. This study aims to indicate the principles of the assessments which should come up in sustainability of lighting systems in buildings.

Accordingly, visual comfort needs which are the role of today's lighting systems in buildings, are examined. Lighting systems can be shown as sustainable systems if they can meet the visual comfort needs with minimizing the energy consumption, using renewable energy sources, not causing greenhouse gas emission and having usage-recycling-waste management plans.

By researching the lighting criteria of building certification program models which are assessing sustainability of buildings like LEED, BREEAM, CASBEE and GreenStar, their lighting viewpoints have been analyzed.

Visual comfort needs, the energy consumption of building systems, energy consumption of lighting systems and lighting devices, and lamp classification in the regulations and standards of USA, EU countries and Turkey have been studied and the issues discussed in this documentations have been gathered.

Principles gathered during the examination of the certification programs, regulations and standards have been interpreted; with the standards being in a renewal process and not yet having a certification program, in the studies about sustainability assessment of building lighting systems in Turkey, this principles can be discussed. However it is emphasized to focus on their adaptation to the local circumstances.

1. GİRİŞ

Güncel bir kavram olan sürdürülebilirlik, her alanda olduğu gibi mimarlık alanında da oldukça yaygınlaşmaktadır. Bugünün insanların, gelecek kuşakları da düşünüyor olması, kulağa hoş gelen ve teoride duyarlı bir davranış olarak algılanmaktadır. Ancak, kapsamı tam olarak tanımlanamadığı, herkesin üzerinde farklı fikir yürütebildiği ve hakkında öznel yargıların bolca bulunduğu sürdürülebilirlik kavramının gereksinimi olarak, bu duyarlılığın ne derecede istendiği de net olarak bilinmemektedir. Bugünün gereksinimlerinin, gelecek kuşakların olanaklarını engellemeden karşılanması fikrine dayanan sürdürülebilirliğin anlamını, zaman zaman bir pazarlama olgusuna dönüştürerek, gelecek için çok şey vaad eder görünen ancak bugünün gereksinimlerinden taviz veren anlayışlar doğabilmektedir. Aynı şekilde bu kavramın belirsiz içeriği ve öznel yargılara ortam hazırlayan düzeyde net olamayışı, tam tersi bir duruma; kendi gereksinimlerini en üst düzeyde kabul eden ve geleceği kendi istediği şekilde yorumlayan örneklere de fırsat verebilmektedir. Bu haliyle farklı yorumlara açık olan sürdürülebilirlik konusu içinde net çerçeveler çizebilmek gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik kelimesi, uluslararası konferanslarda sürdürülebilir kalkınma konusunun işlenmesi sonunda yaygınlaşmıştır. Savaşlar, ekonomik krizler, enerji krizleri gibi tetikleyici durumlar dünya genelinde bir iletişimi zorunlu kılmış ve krizleri aşacak olan kalkınma modeli olarak “sürdürülebilir kalkınma” tezi kabul görmüştür. Sürdürülebilir kalkınma, bugünkü toplumlar arasındaki ve kuşaklar arasındaki eşitliği şart koşturmaktadır. Buna göre, bugün yaşayanların tümü, temel gereksinimlerini karşılayabilmeli ve aynı zamanda gelecek kuşaklara da kendi temel gereksinimlerini karşılayabilecekleri bir dünya bırakmalıdırlar. Temel gereksinimlerden biri olan “barınma” kavramı ile de ilk kez sürdürülebilir kalkınma, mimarlıkla ilişkilendirilmiştir.

Artık günümüzde kentsel yerleşim ölçeğinden, binalarda kullanılan malzemeye kadar geniş bir yelpazede sürdürülebilirliğin işlendiği mimarlık konusunun, bir parçası olarak aydınlatma sistemlerinin de sürdürülebilirlikleri önem kazanmıştır.

Bu çalışma, mimarinin önemli bir parçası olan aydınlatmanın, sürdürülebilirlik kaygısıyla ele alınmasının yaygınlaşmasına hizmet etmek üzere; aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliklerinden söz ederken, gereksinimleri karşılama ve kaynak tüketimi dengesinin ne düzeyde olacağını belirleyen etkenleri, ilkeler düzeyinde belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma sürecinde belirlenen ilkelerin her birinin irdelenebilir olması ve daha sonra yapılacak çalışmaların ana başlığı olabilir nitelikte olması sebebiyle; sürdürülebilir aydınlatma ile ilgili ileride yapılacak gelişmeler için hem bir çıkış noktası, hem de yazılı bir kaynak olması da çalışmanın amaçları arasındadır.

Çalışma binalardaki aydınlatma sistemlerini kapsamaktadır ve “bina” kelimesi altında tüm tipolojiler için aydınlatma sistemleri genel olarak araştırılmış, işlevlere göre ayrı bina tipolojileri ele alınmamıştır.

Bina aydınlatma sistemleri bu çalışmada şu bileşenleriyle ele alınmıştır; yapma aydınlatma elemanları ve lamba, aygıt - kablolama gibi alt sistemler, günışığını binada kullanmak için gerekli yatay - düşey açıklıklar, camlar, gelişmiş günışığı yöntemleri gibi sistemler, doğal ışık - yapma ışık birlikteliğini sağlayacak kontrol sistemleri ve alt elemanları.

Tüm bileşenlerin her birinin ve aydınlatma sisteminin tümünün sürdürülebilir olabilmesi için dikkate alınması gereken konular araştırılmıştır. Bu konuları dikkate alarak tasarlanan aydınlatma sistemlerini “sürdürülebilir” olarak tanımlayabilmek için sistemleri değerlendirmek gerekmektedir. Çalışmanın kapsamı, söz konusu değerlendirme sürecine yön verecek başlıkları içermektedir.

Aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliklerini değerlendirmek için kullanılan ölçütlerin hesaplama yöntemleri, sayısal sınırları veya her hangi bir değerlendirme şartı bu çalışmada önerilmemiştir. Bina aydınlatma sistemlerinde sürdürülebilirlik için gerek duyulan konular araştırılmış, şimdiye kadar işlenenler belirtilmiş ve yeni öneriler getirilmiştir. Değerlendirme ölçütlerinin detaylarına, bu çalışmayı çıkış noktası kabul edip devamını getirecek, teknolojik gelişmeler doğrultusunda belli dönemlerde güncellenecek yeni çalışmalarla inilebilecektir.

Sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir kalkınmanın bir gereğidir. Ekonomiye gözetken, teknik yeterliliğe sahip, çevreye zarar vermemenin ötesinde çevreyi koruyan ve toplumların kültürel birikimlerine katkı sağlayan mimari anlayış sürdürülebilir

mimarlığa ortam hazırlayabilmektedir. Bina aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilir olması ise, sürdürülebilir mimarlığın gereksinimlerinden biridir. Bu ilişki sebebiyle, çalışma tümden gelim yöntemiyle kurgulanmış; sürdürülebilir kalkınma - sürdürülebilir mimarlık - sürdürülebilir aydınlatma sistemleri sırası takip edilmiştir.

İkinci bölümde sürdürülebilir kalkınmanın tanımı yapılmış, ortaya çıkış sebepleri belirtilmiş ve 1960'lı yıllardan günümüze kadarki süreçteki tarihsel gelişimi incelenmiştir. Günün gereksinimleri ve gelecek kuşakların olanakları dengesi üzerine kurulmuş olan bu kalkınmanın, mimari boyutunu oluşturan “mimarlıkta sürdürülebilirlik” kavramı da bu bölümde yer almıştır. Endüstri devriminden sonra hızla gelişen yapı sektörü, gelişen teknolojilerle birlikte çevreye zarar veren bir hal almıştır. Çevreye olan zararını azaltmak amacıyla mimarlığın; ekolojik mimarlık, yeşil mimarlık gibi tanımlar altında işlendiği bilinmektedir. Ancak sürdürülebilir mimarlık, bu tanımlardaki gibi sadece çevreyi dikkate alan tek yönlü değil; çevresel konuların yanında kültürel ve teknik konuları da ele alan çok yönlü bir anlayışa sahiptir.

Avrupa Birliği ülkelerinde yapı sektörünün, toplam enerji tüketiminin %40'ından, aydınlatma sistemlerinin ise binaların enerji tüketimlerinin %19'luk bölümünden sorumlu olmaları, bu sistemlerin enerji tüketimine dikkat çekmektedir [1]. Enerji tüketimlerinin azaltılması ve enerji tüketimi ile bağlantılı olan sera gazı salımlarının önlenmesi, sürdürülebilir mimarlığın günümüzdeki en önemli teknik konularıdır. Ancak bu konulara önem verirken, bugünün konfor gereksinimlerini de göz ardı etmemek gerekmektedir. 3. Bölümde, bina aydınlatma sistemlerinin işlevi ve kullanıcılar için görsel konfor gereksinimleri birlikte ele alınmıştır. Görsel konfor gereksinimlerinin yanında sürdürülebilir aydınlatma sistemine ilişkin tanımlar; enerji tüketiminin minimize edilmesi, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, sera gazı salımlarının önlenmesi ve kullanım-atık yönetimi konuları yine bu bölümde incelenmiştir. Bu alanda öne çıkan enerji konusu bölüm 3.3' de detaylı ele alınmış, aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimlerini etkileyen doğal tasarım ve fiziksel tasarım parametreleri araştırılmıştır.

Belirledikleri ölçütlerle binaların sürdürülebilirliklerini değerlendiren, uygulanmaları zorunlu olmayan fakat sonucuyla binalara prestij kazandıran, böylece yapı sektörünü sürdürülebilirlik konusunda teşvik eden bina sertifikalandırma programlarındaki aydınlatma ölçütleri, aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlikleriyle ilgili

değerlendirme yapmaktadır. Dördüncü bölümde, bina sertifika programlarından yaygın kullanıma sahip dördü; ABD’ de hazırlanan LEED programı, İngiltere’ de hazırlanan BREEAM programı, Japonya’ da hazırlanan CASBEE programı ve Avustralya’ da hazırlanan GreenStar programındaki aydınlatma sistemlerine ilişkin ölçütler incelenmiştir.

Sertifika programları gibi ölçütleriyle binaları değerlendiren, ancak bu kez uygulanmaları zorunlu olan yönetmelik ve standartlardan, aydınlatma ile ilgili olanları beşinci bölümde araştırılmıştır. Bu araştırmanın kapsamında şu yönetmelik ve standartlar bulunmaktadır; ABD’de uygulanan, “Binalarda enerji standardı: ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007” ve “Yüksek performanslı yeşil binalar standardı: ASHRAE/USGBC/IESNA 189.1P”, AB yönetmelikleri, “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği:2002/91/EC”, “Enerji Sınıflandırma Yönetmeliği:92/75/EC”, “Eko-tasarım Gereksinimleri Yönetmeliği: 2005/32/EC” ve ilgili standartlar ve Türkiye’deki “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ve “Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri Belirleme Yöntemi”.

Böylece, sürdürülebilir kalkınmanın geçmişinin incelenmesi ile başlayan, sürdürülebilir mimarlığın gereği olan sürdürülebilir aydınlatma ile ilgili tanımların ele alınmasıyla devam eden ve sertifika programları, yönetmelik ve standartlardaki aydınlatma sistemlerini sınavan ölçütlerin saptanması ile sonlandırılan araştırma sürecinin sonucunda, binalardaki aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliklerinin değerlendirmesi için gerekli ilkeler derlenmiş ve yorumlanmış olmaktadır.

2. MİMARLIKTAKİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Mimarlar olarak, dünyanın tüm çevresel sorunlarını çözemeyiz; ancak binaların yeri ve işlevi, esnekliği ve ömrü, yönelmesi, formu ve strüktürü, ısıtma ve havalandırma sistemleri, malzemeleri, yapım - kullanım için tüketilen enerji konularını dikkate alarak, şu anki enerji düzeylerinin altında bir kullanıma sahip binalar tasarlayabilir ve kentsel planlama ile ulaşım ağlarına etki edebiliriz [2].

Mimarlık alanında günümüzün en güncel konuları, sürdürülebilirlik başlığı altında yer almaktadır. Bu günün sorunlarına çözümler üretmek, gelecek kuşaklara sorunlar yerine, sorunları aşabilme yöntemleri bırakmak sürdürülebilirlik konusunu önemli kılmaktadır. Yapı sektöründe sürdürülebilirlik, dünya kamuoyunun geçtiğimiz 40 yılda hemfikir olduğu sürdürülebilir kalkınma fikrinin bir gereğidir. Gerek bugünkü insanlar arasındaki eşitsizliği gidermek, gerekse kuşaklar arası eşitliği garantiye almak amacıyla ortaya çıkan bu akım, uluslararası konferanslarda çoğunluk tarafından kabul görmüş, sorunların kaynağına yani insanların temel gereksinimlerine inerek çözüm üretmeye çalışmıştır. İnsanların temel gereksinimlerinden biri olan “barınma” konusu ile de sürdürülebilir kalkınmanın, mimarlık ile ilişkisinin temeli atılmıştır. Dolayısıyla, sürdürülebilir mimarlık konusu üzerine yapılacak çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma fikrinin ve sürecinin kavranması ile başlamalıdır. Bu yolla tümünden gelim sağlanarak; büyük ölçekli hedefleri gerçekleştirecek, özgün yöntemler geliştirilebilecektir.

2.1 Sürdürülebilirlik - Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilirlik, dünya genelinde ortaya çıkan çeşitli ekonomik, sosyal ve çevresel olumsuzluklara önlem ihtiyacı ile yakın geçmişte yaygınlaşmaya başlayan bir kavramdır. Bu olumsuzlukların temelinde, 1960’lı yıllarda dünyada verimlilik ve karların artış hızının düşmesi ve sermaye birikimlerinin daralması ile kapitalist sistemin uzun süreli bir kriz dalgasına girmesi, krizden çıkış yolu olarak da “sermaye özgürlüğü” yani en kolay nemalanılacak alanlara girip çıkabilme olanaklarının yaratılması yatmaktadır. Bu olanaklarla “ulus ötesi nitelik” kazanan sermaye, yatırım

ve üretim kararlarında geleceği yok sayan bir tavır ile kısa dönemli hareketlerle dünya ölçeğinde bir kaynak sömürsü sistemi oluşturmuştur. Bugünkü krizi aşmak için gelecek kuşakların geleceğini tehlikeye atan bu eğilim, “sürdürülebilir kalkınma” kavramını tartışmaya açan en önemli sebep olmuştur [3].

Kalkınma, günümüz toplumlarında kişi başına düşen gelirin artırılması olarak tanımlanmakta; bireylerin satın alma gücünün artırılmasının, ekonomik aktivitenin de artmasını sağlayacağı öngörülmektedir. Bu model, sınırsız üretim ve sınırsız tüketime dayanmakta; bu da yeryüzü kaynaklarının sınırsız kullanımı ve sınırsız tüketim sonucu ortaya çıkan atıkların çevreye zarar vermesi anlamına gelmektedir. Sınırsız kaynak tüketimi ve atık sorunlarının küreselleşme ile geri kalmış ülkelerdeki yatırımlarla çözülmeye çalışılması sosyal sorunlara sebep olabilmektedir [4]. Sürdürülebilir kalkınma bu çok yönlü durumu ile 1987’de Brundtland Raporu’nda en yaygın bilinecek tanımını kazanmıştır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından oluşturulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun bu raporunda sürdürülebilir kalkınma; “bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama yeteneğinden taviz vermeden karşılayan kalkınma” olarak tanımlanmıştır [5].

2.1.1 Sürdürülebilir kalkınmanın geçmişi

Sürdürülebilir kalkınmanın 1987’deki tanımını irdelemek için konunun geçmişini incelemek ve yaşanan süreci bu tanımla birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Bhamra ve Lofthouse (2007), Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Enstitüsü kaynakları ve BM kaynakları sürdürülebilir kalkınmayı etkileyen çalışmaların geçmişini 1960’lara dayandırmakta ve günümüze kadarki yarım yüz yıllık süreçte şu önemli olaylara işaret etmektedirler [6], [7], [8]:

1962’de Rachel Carson, kitabı “Silent Spring”de, kullanımı yaygın olan ve tarımdaki verimliliği artıran DDT böcek ilaçlarının çevreye ve doğal yaşama olan zararlarını açıklamıştır.

1968’de UNESCO tarafından “Biyosferin Makul Kullanımı ve Korunması” konulu hükümetlerarası bir konferans düzenlenmiş; bir yıl sonrasında ise “Friends of the Earth” adlı kar gütmeyen, gezegeni çevresel bozulmalardan korumaya, biyolojik, kültürel ve etnik çeşitliliğin devamını sağlamaya adanmış bir örgüt kurulmuştur.

1970’de ABD’ de 20 milyon katılımcıyla ilk “Dünya Günü” düzenlenmiş; 71’de Kanada’ da Greenpeace, çevresel zararları durdurmak üzere örgütlenmiş ve aynı yıl İngiltere’ de “Uluslararası Çevre ve Kalkınma Enstitüsü” kurulmuştur.

Birleşmiş Milletler, 1972’de Stockholm’ deki “İnsan Çevresi” konulu konferansında, Kuzey Avrupa’daki kirlenme ve asit yağmurları tartışılmış; aynı yıl “Club of Rome”, büyümenin yavaşlamaması halinde korkunç sonuçlar doğuracağına dair çok tartışılan “Limit to Growth” raporunu yayınlamıştır.

1973’de Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü’nün (OPEC), ABD ve birçok ülkeye uyguladığı petrol ambargosu dünya genelinde enerji krizine yol açmış; 1974’ de M. J. Molina ve F. S. Rowland CFC gazlarının (KloroFloroKarbon) ozon tabakasına zararlarını inceledikleri bir çalışma yayınlamışlardır.

Dünya Koruma Birliği 1980’de “Dünya Koruma Stratejisi”ni yayınlamış ve sürdürülebilir kalkınmaya dair bölümde, habitatı tehlikeye atan unsurlar olarak; fakirlik, nüfus artışı, sosyal eşitsizlik ve ticari şartlar gösterilmiştir.

1983’ de BM tarafından “Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu” kurulmuş; 4 yıl sonra 1987’de bu komisyon tarafından Brundtland Raporu olarak da bilinen “Ortak Geleceğimiz” (Our Common Future) raporu yayınlanmıştır. Bu raporda sosyal, ekonomik, kültürel ve çevresel konular bir arada incelenmiş, dünya çapında çözümler üzerinde durulmuş ve sürdürülebilir kalkınma terimi ön plana çıkarılmıştır.

Kanada’ da 1990 yılında “Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Enstitüsü” kurulmuştur.

1992 yine önemli bir kilometre taşıdır. BM “Çevre ve Kalkınma Konferansı”, Rio de Janeiro’da gerçekleştirilmiş; biyolojik çeşitlilik ve iklim değişiklikleri gibi konularda “Ajanda 21” adlı eylem planı oluşturulmuştur. Ertesi yıl bu konferans sonrasında, ortak çalışmaları arttırmak ve hükümetlerarası karar alma kapasitesini rasyonelleştirmek amacıyla, “BM Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu” kurulmuştur.

1994’ de BM tarafından “Gelişmekte Olan Küçük Ada Devletlerinin Sürdürülebilir Kalkınması için Eylem Programı” yayınlanmış ve sonraki yıl, Kopenhag’ da uluslararası toplumun, yoksulluğun yok edilmesi için ilk kez vaatte bulunduğu “Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya Zirvesi” toplanmıştır.

Sera etkisine neden olan gazların salınımlarının azaltılmasını hedefleyen “Kyoto Protokolü” 1997 yılında imzalanmış; aynı yıl BM tarafından Ajanda 21 kararlarının çok küçük kısmının yerine getirilmekte olduğu belirtilmiş ve bu kararlar hatırlatılmıştır.

1999’da dünyada ortak sürdürülebilir çalışmaları izlemek amacıyla ilk “Global Sürdürülebilirlik Endeksi” kurulmuştur. Aynı yıl, İngiltere’nin “Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi” yayınlanmış ve sürdürülebilir kalkınmanın hedefleri şöyle tanımlanmıştır; herkesin ihtiyaçlarını tanıyan sosyal ilerleme, çevrenin etkili korunması, doğal kaynakların ölçülü kullanımı ve ekonomi ve istihdamdaki yüksek seviyelerin korunması.

2002’ de, dünya ekonomisi ve politikasına yeni bir yön kazandıracak ABD’ deki 11 Eylül terör saldırısından bir yıl sonra, Johannesburg’ da “İkinci Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi” gerçekleştirilmiştir. Zirvede, su-temizlik, enerji, küresel ısınma, doğal kaynaklar, biyolojik çeşitlilik, ticaret, insan hakları ve sağlık konularında fikir birliğine varılmıştır.

2005 yılında sekiz yıl önce imzalanan Kyoto Protokolü yürürlüğe girmiş, aynı yıl 95 ülkeden 1360 uzmanın üzerinde çalıştığı ve ekosistemdeki değişikliklerin insanlar üzerindeki etkilerini inceleyen “Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi” yayınlanmıştır.

2007’ de ABD eski başkan yardımcılarında Al Gore, iklim değişikliği üzerine hazırladığı “Uygunsuz Gerçek” belgeseli ile akademi ödülü almış ve “Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli” ile Nobel Barış Ödülüne layık görülmüştür.

Sürdürülebilir kalkınmanın bu süreci, 3 dalga şeklinde özetlenmekte ve günümüzde 4. Dalganın yaşandığı belirtilmektedir [9]:

1960’lardaki ilk dalga, sivil toplum örgütlerinin başı çektiği toplulukların çevresel sorunlara karşı yerel yönetimlerden beklenti içine girmeleri ve soğuk savaş dönemine denk gelen bu süreçte, yerel yönetimlerin kendi ekonomilerini, kültürlerini ve çevrelerini korumaya yönelik önlemler alması şeklinde gerçekleşmiştir.

80’li yılların sonu ile 90’lı yılların başında gerçekleşen ikinci dalgada, soğuk savaşın çevresel ve sosyal açıdan felaketlerle son bulması sonucunda, sürdürülebilir kalkınmanın gündemi genişletilmiştir.

Üçüncü dalga, küreselleşme çabalarının yaşandığı bir süreç olup; ABD'deki 11 Eylül saldırısı ile son bulmuştur.

Günümüzde ise, 2008 ekonomik krizinin de etkisi ile sürdürülebilirlik konusunda girişimci çözümler için tasarım ve yenilikçi düşüncelerin önemini öne çıkaran dördüncü dalga yaşanmaktadır.

2.1.2 Günün gereksinimleri ve gelecek kuşakların olanakları

Yukarıda söz edilen, sürdürülebilir kalkınma kavramının keşfedilme süreci, dünya genelindeki ekonomik, sosyal ve çevresel bozulmaların sebepleri ve çözümlerinin aranması ile gelişmiştir. Uluslararası toplantılarla bu ekonomik, sosyal ve çevresel bozulmaların, insanların temel gereksinimlerini karşılayabilme yetisinin önüne geçmesini önlemek için çözümler üretilerek sürdürülebilir kalkınma konusu bugüne dek işlenmiştir. Brundtland raporundaki sürdürülebilir kalkınma tanımında belirtilen, bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama yeteneğinden taviz vermeden karşılama yöntemlerini belirleyebilmek için bugünün ve geleceğin gereksinimleri ile olanaklarını doğru tespit etmek gerekmektedir. Brundtland raporunda “insanların temel gereksinimleri” olarak; geçim, yiyecek, enerji, barınma, su temini, sıhhi tesisler ve sağlık hizmetleri gösterilmiştir [5]. 1995 Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya Zirvesi'nde ise, bu gereksinimlere istihdam, eğitim gereksinimi, sosyal - kültürel haklar eklenmiştir [10]. Öyleyse, bu iki uluslararası toplantıdan çıkarımla, sürdürülebilir kalkınma tanımı cümlesinin ilk bölümü, yani günün gereksinimleri, şu şekilde sıralanabilir:

- Yiyecek
- Barınma
- Geçim
- İstihdam
- Temiz içme suyu ve sıhhi tesisler
- Temel sağlık hizmetleri
- Enerji
- Sosyal eşitlik
- Kültürel haklar

Bu gereksinimleri karşılama yetimizi engelleyen faktörler, birbiri ile sıkı ilişkili üç çerçevede; ekonomik, sosyal ve çevresel faktörler olarak incelenmektedir. Bir alandaki bozulma, diğer iki alanı da tetiklediğinden çalışmalarda bu üç alan çoğunlukla birlikte ele alınmaktadır. Nedenlere ekonomik, sosyal ve çevresel çerçevede bakabilmek için; toplumları ekonomik gelişmişliklerine göre gruplayan, bu ekonomilerin, sosyal olanakları nasıl etkilediğini ve çevre ile nasıl ilişki kurduğunu inceleyen çalışmalar mevcuttur. Bu bağlamda, insanların temel gereksinimlerini karşılamalarına engel olacak, yani sürdürülebilir kalkınmanın şartının önündeki başlıca zorluklar Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Sürdürülebilir kalkınma karşısındaki başlıca zorluklar [11].

Gelişmişlik Durumu	Nüfus artışı	Tüketim	Fakirlik
Gelişmiş ekonomiler	Sera gazı salımları Zehirli malzeme kullanımı Kirlenen yaşam alanları	Malzeme kıtlığı Yetersiz geri dönüşüm	Kırsallarda işsizlik
Gelişmekte olan ekonomiler	Sanayide gaz salımları Kirlenmiş sular Yetersiz atık su tesisleri	Yenilenebilir kaynakların sömürülmesi Aşırı sulama suyu kullanımı	Şehirlere göç Kaliteli işçi eksikliği Gelir eşitsizliği
Az gelişmiş ekonomiler	Yakacak olarak gübre ve odun kullanımı Yetersiz sıhhi tesisat Kalkınma sonucu ekosistem tahribatı	Ormanların yok olması Hayvanları aşırı otlatma Toprak kaybı	Nüfus artışı Kadınların düşük statülü olması Göç

Sebepleri irdelenen ekonomik, sosyal ve çevresel bozulmalara karşı, uluslararası toplantılarda birçok kez çözümler üretilmiştir. 1987’de tanımlanan sürdürülebilir

kalkınmanın yol haritası 1992’de Ajanda21 ile çizilmiş, hem küresel hem de yerel ölçekte yapılması gerekenler belirtilmiştir. Bugünün şartlarının karşılanması ve bunu yaparken gelecek kuşaklar için en az bugünkü kadar olanakları miras bırakmayı öngören ilkeler Çizelge 2.2’de özetlenmiştir:

Çizelge 2.2 : Ajanda21’de sürdürülebilir kalkınma için gerekli eylemler [12], [13].

Konu	Gerekli Eylemler
Çevresel	Kaynak tüketiminin azaltılması Her türlü zararlı atık maddenin ve üretimlerinin azaltılması Atık maddelerinin tümünün geri dönüşümünün sağlanması Yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılması Toksik içeren maddelerin kullanımının engellenmesi
Ekonomik	Uluslar ve kuşaklar arasındaki eşitliğin desteklenmesi Eşit olmayan alış verişten kaçınılması Bir toplumun zenginliği için bir diğerinin yoksullaştırılmaması Fiyatlandırmanın gerçek maliyet üzerinden yapılmasının sağlanması Yatırım ve kaynak sağlama politikalarının etik boyutlarının sağlanması Harcama ve kazançların eşit dağılımının sağlanması Yerel ekonomilerin desteklenmesi
Toplumsal	İnsan yaşamının niteliğinin artırılması Sosyal eşitliğin tüm insanlık için sağlanması Kültürel ve toplumsal bütünleşmenin sağlanması Kendini gerçekleştirme ve kendi kararlarını vermenin önemsenmesi Toplumlara yetki ve kapasite artırımına olanak verilmesi

Türkiye’nin de üyesi olduğu Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ise 2001’de yayınladığı sürdürülebilir kalkınma raporunda, sürdürülebilir kalkınmanın, “bugünkü eşitlik”, “çevresel haklar”, “kuşaklar arası eşitlik” ve “idare” olmak üzere dört temel ilkesine vurgu yapmaktadır. Yani, bugün yaşayan farklı toplumların ekonomik ve sosyal eşitliği; ırk, gelir ve sınıf farkı gözetmeksizin herkesin temiz çevreden faydalanma ve doğa felaketlerinden korunma hakkının olması; bugünkü toplumlarla gelecek nesiller arasındaki hak ve imkan eşitliği ve son olarak insanlar dışındaki tüm canlılar için sorumluluk almak bu dört ilkeyi oluşturmaktadır [14].

Böylece günün gereksinimleri ve önündeki engeller ve bu engelleri, geleceğin olanaklarını tehlikeye atmadan aşma yöntemleri ile sürdürülebilir kalkınmanın yöntemi irdelenmiş olmaktadır. Bu araştırmanın, dünya genelinde ve ülkeler bazında yapılması ve “global düşün, bölgesel hareket et” sloganıyla desteklenen, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin geliştirmesi gerekmektedir.

2.2 Sürdürülebilir Mimarlık

Sürdürülebilir kalkınma tanımlanırken, “gereksinimler - gereksinimleri karşılama yolları - gelecek kuşakların gereksinimleri” ilişkisinin kurulması, bu kalkınmanın yöntemini ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, önceki bölümlerde bahsedilen, “günün temel gereksinimlerinden” barınma ihtiyacı, bu ihtiyacın nasıl karşılanacağı, bunun çevreyle ilişkisi, toplumların barınma gereksinimleri arasındaki değişkenlikler ve bu konunun ekonomik boyutu bir arada düşünüldüğünde mimarlık konusunun da sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde düşünülmesi gerektiği görülmektedir. Zaten Ajanda21’de de, sürdürülebilir kalkınma için eylem planı oluşturulurken mimarlıkla ilişkili şu kararlar alınmıştır [12]:

- Yeterli barınma.
- Kentsel yerleşim yönetimlerinin iyileştirilmesi.
- Sürdürülebilir arazi kullanımı ve yönetimini teşvik etmek.
- Enerji etkin teknolojiler, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilir ulaştırma sistemlerinin teşvik edilmesi.
- Doğal afet eğilimli ülkeler için, doğal afetlerden korunma planları yapımının sağlanması.
- Sürdürülebilir yapı sektörü çalışmalarının teşvik edilmesi.

Sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir gereği olan sürdürülebilir mimarlık, çeşitli çalışmalarda şu şekilde tanımlanmıştır:

“Sürdürülebilirlik, bir moda değil hayatta kalma meselesidir. Sürdürülebilir mimarlık basitçe, en çok işi en az kaynakla yapmak şeklinde tanımlanabilir” [2].

“Sürdürülebilir mimarlık, gelecekteki durumlar için planlama, tasarım ve etkinlik bağlamındaki tüm çözümleri en iyi şekilde gerçekleştirmekle ilgilidir. İyi tasarlanmış, enerji etkin olan ve kullanıcıları için esneklik sağlayan binaları tercih eder” [15].

“Sürdürülebilir mimarlık, tasarım süreci boyunca yapılan seçimlerle ilgilidir. Binanın çevreyle nasıl etkileşime girdiğini inceler; bu farkındalık, enerji etkinliği, çevreyi rahatsız etmeme ve bina içinde-dışında kullanılacak malzemelerin seçimi ile ilgili

düşünceleri şekillendirir. Büyük resmi görmek için düşünce sürecimizi değiştirmemiz gerekmektedir” [16].

“Sürdürülebilir tasarım, bugünün gereksinimlerinin, gelecek kuşaklara kalacak doğal kaynak stokunu riske sokmaksızın karşılanmasıdır. Şehirlerin ve binaların çevresel etkileri ve enerji kullanımı gibi spesifik konularının yanı sıra, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik konularını da içermelidir. Anahtar konuları, düşük enerji, tasarım esnekliği ve kaynak etkinliğidir” [17].

Doğa, ekonomi, kültür konuları, tarih boyunca dönemin şartları doğrultusunda farklı şekillerde mimari ile ilişkilendirilmiştir. Sürdürülebilir mimarlık konularının izlerinin yakalandığı bu ilişkilendirme süreci, endüstri devrimi öncesi ve sonrası olarak iki dönemde incelenebilir.

Endüstri devrimi öncesinde, mimarinin doğa - kültür - teknik boyutlarıyla ilgilenildiğine dair yazılı kaynak bulabileceğimiz en eski dönemler Roma dönemidir. Roma döneminde Vitruvius tarafından yazılan “Mimarlık Üzerine On Kitap”, o dönemin mimari gereksinimlerini ve olanaklarını ortaya çıkaran bir kaynaktır. Vitruvius, bu kitaplarda; yapılar için arazi seçimi, doğru yönelme, kent yerleşimlerinde arazi seçimi, yönler, iklim özellikleri, rüzgar ilişkileri, cephe - günışığı ilişkileri gibi mimarinin doğa ile ilgili konularının yanında, malzeme seçimi, yapının ekonomik olması gibi mimarinin teknik boyutu ile ilgili konuları ve kent yerleşimlerinde kültür ile ilgili konuları işlemiştir. Bu örnek sürdürülebilirliğin tanımından doğan, “günün ihtiyaçları - günün olanakları” çiftinin, roma dönemi yansıması olmuştur:

“...Yatak odalarında ve kütüphanelerde doğu ışığı, kışın hamamlar ve kış odaları için batı ışığı, resim galerileriyle düzgün ışık gereken yerlerde de kuzey ışığının-kullanılmasında doğal bir uygunluk vardır. Çünkü gün boyunca gökyüzünün bu kesimi güneşin yönünden etkilenmediğinden fazla aydınlık veya karanlık olmaz...”

“...Kent surları inşa edildikten sonraki adım, sur içerisinde konut arsalarının ayrılması ve iklim koşullarına göre sokakların belirlenmesidir. Ara sokaklarda rüzgârların önlenmesi önceden düşünülürse sokakların tasarımı doğru olacaktır...”

“...Özel konutlar için tasarımlarımızın doğru olması bakımından işe başlarken, yapıldıkları ülke ve iklim koşullarını gözlememiz gerekir. Belli bir konut biçimi Mısır için uygun görünürken, bir diğeri ise İspanya, Pontus, Roma ve başka yöreler ve

iklimler için geçerlidir...”

“...Ekonomi, malzemenin ve arazinin doğru kullanımının yanında, yapım işlerinde maliyetin ölçülü ve akıllıca olmasını içerir. Bu da, her şeyden önce, mimarın büyük harcamalara mal olmadan bulunamayacak veya yapılamayacak şeyleri istemekten kaçınması ile gerçekleşebilir...” [18].

Günümüzdeki duruma ışık tutması açısından asıl üzerinde durulacak olan Endüstri Devrimi sonrası dönemde, gelişen teknoloji ile mimarlık alanındaki olanaklar değişmiş, böylece temel ilkeler aynı kalsa da yeni bakış açıları gelişmiştir. 18. yy da Endüstri Devrimi ile sanayi üretimleri hızla artmış ve ham madde kaynaklarına yakın yerlerdeki şehirler çok hızlı büyümüştür. Kömür kaynakları, ulaşım ağları, ücretli yollar ve demir yolları inşa edilmiştir. Gelişen teknolojinin mimariye katkısı, betonarme, demir, cam gibi malzemelerin binalarda kullanılması olmuştur. Bunun sonucunda fabrika, hastane, hapisane gibi büyük yapılar yapılmış, fakat bu binaların da kullandığı yakıtların maliyetleri yüksek olmuştur. Yüksek enerji maliyetleri binalarda gün ışığının kullanımı ve binaların doğal havalandırılmalarının önemini artırmıştır. Teknolojinin ilerlemesinde itici güç olan I. ve II. Dünya savaşları sonrası dönemlerde, savaş izlerini silmek ve savaş psikolojisini atlatmak için Avrupa’da her alanda daha insancıl anlayışlar hakim olmuş ve daha sağlıklı yapılar yapmak adına, binalarda doğal ışık kullanımı, cam cepheler, iç mekan kalitesi, temiz hava konuları zamanla önem kazanmıştır [19].

2.2.1 Bugünün mimari gereksinimleri ve olanaklar

Mimarlık konusunu, sürdürülebilir kalkınma başlığı ile ilişkilendirdiğimizde oluşan yeni bir kavram olan “sürdürülebilir mimarlık”, daha önceleri, ekolojik mimarlık, eko-yapı, yeşil bina, sıfır enerjili yapı benzeri isimlerle tanımlanmaktaydı. Fakat sürdürülebilir mimarlık, günümüzde bu sayılan tanımlar gibi sadece ekoloji veya doğa konusuna odaklanmış değildir; doğanın yanında kültürel ve teknik konuları da ele alan bir bakış açısına sahiptir [20]. Sürdürülebilir mimarlığın günümüzdeki ilgi alanını, kentlerin ve yapıların, belirtilen bu üç konu (doğa, kültür, teknik) ile karşılıklı etkileşimi belirlemektedir.

Sürdürülebilir mimarlığın doğa boyutu; çevresel yaşam alanı, ekosistemler, sağlık ve doğa ile uyum konularıyla ilgilenmektedir. Daha önceleri çevre şartlarından korunmanın temel hedef olduğu durum, bugün sürdürülebilir mimarlık kavramıyla

birlikte çevrenin korunması, yapıların çevreye zarar vermemesi durumuna dönüşmüştür [20]. Günümüzde, malzemelerin kullanılabilirliğinden bir şey kaybetmeksizin faydalı bir formdan bir başka faydalı forma dönüşmesi durumunu değerlendiren “yaşam döngüsü” ile binaların doğadan ne aldığı ve doğaya ne kattıkları, yaşamları boyunca incelenmektedir.

Sürdürülebilir mimarlığın kültürle olan ilişkisi, mimarlığı; kültürel çevre, insanlar arasındaki etkileşimler, kültür farklılıkları, kültürlerin sürdürülebilirliği ve kültürel dönüşüm gibi konularla bağlamıştır [20], [21]. Tarihi çevrelerin korunumu, kültürel birikimin tasarıma katkısı, yerel tasarımların önemi, gelecek için yaşam tarzı öngörülleri, mimarlık ve kültür ilişkisinde önemli olmaktadır.

Sürdürülebilir mimarlığın teknik boyutu; mimarlıktaki sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlara karşı teknik çözümler geliştirmektedir. Ölçülebilir sonuçların bulunduğu, hava koşulları, aydınlatma, ses-akustik, kaynak tüketimi-korunumu, maliyetler gibi konular ile ilgilenmektedir [20]. Bugünün sürdürülebilir mimarlığının ilgilendiği konuların başında, enerji harcamalarının azaltılması, alternatif enerji kaynaklarının araştırılması, enerji kullanımı sonunda oluşan atıkların geri dönüşümü, enerji konusunda yeni teknolojilerin üretilmesi gibi konular bulunmaktadır.

3. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Mimarlığın tüm ilgili konularında olduğu gibi, aydınlatma konusunda da tarih içerisinde, gereksinimler ve olanaklar her dönem farklılaşmış ve yeniden tanımlanmıştır. Geçmiş zamanlardaki güneşe bağımlı durumdan, günümüzdeki ileri teknoloji aydınlatma sistemlerine ulaşana kadarki süreçte, insanların ışık kaynağından beklentileri de değişiklik gösterebilmiştir. Bugün, uzun yıllar binalarda kullanılan enkandesan lambalar, sürdürülebilirlik kaygılarıyla tartışmalı bir şekilde AB ülkelerinde yasaklanmakta, böylece bugün için yeni aydınlatma teknikleri araştırılmakta ve yeni lambalardan beklentilerimiz yeniden şekillenmektedir.

Günümüz binalarında aydınlatma amacıyla tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminin önemli bir bölümünü oluşturmakta ve yaklaşık olarak dağılımı konutlarda %28, servis sektöründe % 48, endüstride % 16 ve dış aydınlatmada %8 olarak verilmektedir [1]. Bu orana sahip enerji tüketiminin daha etkin hale getirilmesi, yenilenebilir kaynakların araştırılması, teknolojik yeniliklerin uygulanması, bunları yaparken de kullanıcı gereksinimlerinden ödün verilmemesi veya yeniden tanımlanması, sürdürülebilir mimarlığın şartlarına girmektedir. Bu özellikleriyle dönemin şartlarına uyan ve gelecek dönemler için de kabul edilebilir olan aydınlatma sistemlerinin tasarım parametrelerinin belirlenmesi faydalı olacaktır.

3.1 Aydınlatma Sistemlerinin İşlevi - Görsel Konfor

Binalarda aydınlatmanın işlevi, tarih boyunca ana hatlarıyla aynı kalmakla birlikte, dönemlerin olanaklarıyla paralellik göstererek zaman zaman bazı değişimlere uğramış, teknolojik gelişmelerle birlikte bazı beklentiler daha ön plana çıkmış, bazı gereksinimler göz ardı edilmiştir.

Elektrik enerjisinin henüz aydınlatma amacıyla kullanılmaya başlanmasından önceki zamanlarda insanlar yaşantılarını gündüz saatlerine göre ayarlamakta, geceleri ancak ateş veya mumla görebilmekte ve gündüz saatlerinde bina içerisine doğal ışığı alabilmeyi hedeflemekteydi. Antik Yunan’ da binalardaki açıklıklar, iç mekandaki önemli heykellerin üzerine doğal ışığın gelebilmesi, böylece mekan genelinde ışık -

gölge karşıtlıkları oluşturarak ışığa anlamlar yükleme amacıyla kullanılmıştır. Helenik dönem yapılarının formları, silme ve sütunların doğal ışıkla tanımlanması fikri üzerine oluşturulmuş, yani ışık, mimari tasarım ögesi olarak yapıda yer almıştır. Yine ortaçağ katedrallerinin doğal ışığı içeriye daha yumuşak alma amacının tasarıma yansması, süslü iç mekanlara sahip barok yapılarda doğal ışık ve mimarinin ilişkisi, aydınlatma işlevlerinin tarihsel gelişimlerini yansıtmaktadır. 18. yüzyılda dış mekan ile iç mekandaki kontrast farkını dengelemek için pencere tasarımında gelişmeler olmuştur. İlerleyen dönemlerde fabrika, ofis, okul gibi binalardaki yüksek düzeyli aydınlatma ihtiyacı enkandesan lambanın bulunması ile çözülmeye çalışılmıştır. Daha sonraları bu yapma ışık kaynaklarının güçlerini artırmak için reflektör ve aygıt tasarımları geliştirilmiş, floresan lambaların bulunmasıyla da bu amaca daha da yaklaşılmıştır [22].

Floresan lambaların kullanılmaya başlandığı 1940'lı yıllar sonrasında, aydınlatmanın işlevsel özelliği ön plana çıkıp, aydınlığın niteliksel özelliği ve estetik açıdan beklentilerin daha arka planda yer aldığı bir dönem yaşanmıştır. Aydınlık düzeyi, kamaşma, renk gibi daha çok fonksiyonel özelliklerin dikkate alındığı bu dönemi, 1960'larda Richard Kelly'nin ambiyans aydınlatması, odak aydınlatması ve ışık oyunlarını, aydınlatmada kalite gereksinimi olarak göstermesi izlemiştir. Yine aynı yıllarda William Lam, görsel iş aydınlatması ve insanların psikolojik gereksinimlerini karşılayacak görsel çevreyi oluşturacak aydınlatmayı ayrı ayrı ele almıştır [23]. Böylece sadece fonksiyonel olmaktan kurtulan aydınlatma, insanın psikolojik özelliklerine de önem veren ve mekan içinde farklılaşabilen bir anlayışa geçiş yapmıştır.

Yapma aydınlatmanın yaygınlaşması mimarların tasarımlarında özgürleşmesini sağlamış fakat 1973 enerji krizi sonrası yapma ışık kaynaklarının tükettiği elektrik enerjisi sorgulanmaya başlamıştır. Enerji kaynaklarının bilinçli tüketilmesinin gerekliliğiyle birlikte günışığının etkin kullanımı ve aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yönelik çözümlerin üretilmesi günümüz mimarlığının en önemli konularından bir tanesi haline gelmiştir [24].

Günümüzde, bina aydınlatma sistemlerinden beklentiler; görsel konfor şartlarının sağlanması, bina mimarisinin parçası olması, enerji tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunması, bir bina bileşeni olarak çevreye olumsuz etkisinin minimum düzeyde olması ve bu amaçlar doğrultusunda teknolojik gelişim göstermesidir.

Bu beklentileri karşılayacak olan, yapma aydınlatma elemanları ve lamba, aygıt, kablolama gibi alt sistemler, günışığını binada kullanmak için gerekli yatay - düşey açıklıklar, cam türleri, gelişmiş günışığı yöntemleri gibi sistemler, doğal ışık - yapma ışık birlikteliğini sağlayacak kontrol sistemleri ve alt elemanlarını, bina aydınlatma sistemleri olarak tanımlayabiliriz.

Aydınlatma sistemlerinin temel görevi olan görsel konfor gereksinimlerinin karşılanması; sürdürülebilirlik, enerji korunumu ve çevreye daha az zarar vermek adına göz ardı edilmemeli, işleve bağlı olan bu gereksinimlerin gerçekleştirilmesi öncelikli olarak sağlanmalıdır.

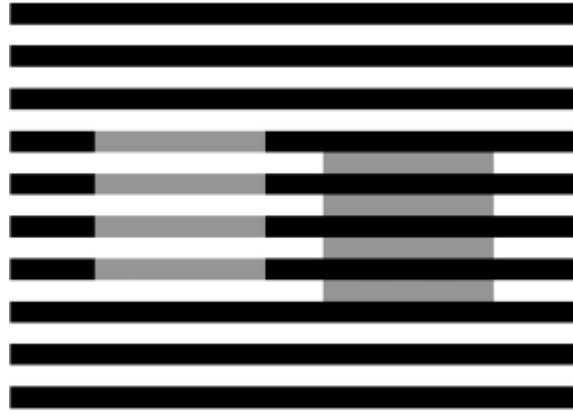
Konfor durumu, fizyolojik açıdan insanın çevresine minimum düzeyde enerji harcayarak uyum sağlayabildiği ve psikolojik açıdan çevresinden hoşnut olduğu koşullar takımı olarak tanımlanabilir. Bina içinde konfor koşullarının gerçekleştiği durumlarda insanın fizyolojik, fiziksel ve entelektüel performansı maksimum düzeye erişir [25].

Kullanıcının, mekanın algılanması ve mekanın kullanımında hoşnutsuzluk duyulması açılarından psikolojik, eylemin yerine getirilmesi açısından da fizyolojik gereksinimlerini karşılayacak ışığın nicelik ve nitelik bakımından karşılaması gereken değerleri etkileyen etkenler; aydınlık düzeyi, parlılık ve renksel özellikler olarak sıralanabilir [25].

Aydınlık düzeyi, birim alana düşen ışık akısı (şiddeti) olarak tanımlanmakta ve “lux” birimi ile ifade edilmektedir. Görsel işin çeşidi, nesnelerin ışık yansıtma katsayıları, nesne ile çevresi arasındaki kontrast farkı, görsel algılama süresi ve kişinin yaş durumu gibi verilere göre, sağlanması gereken sınır aydınlık düzeyi değerleri çeşitli standartlarda yayınlanmıştır. Çizelge 3.1’de, çalışma mekanlarının aydınlatılması ile ilgili AB standardı EN 12464-1’de verilen bazı yapı tipi ve hacim türleri için görsel konfor gereksinimleri sınır değerleri içerisinde aydınlık düzeyi değerleri örnek olarak gösterilmiştir [26].

Farklı aydınlık düzeylerinin kabul edilebilirliğini inceleyen pek çok çalışmanın sonuçları, tavsiye edilen değerlerden daha yüksek aydınlık düzeylerinde artan memnuniyet derecelerini, yüksek aydınlık düzeylerinde ise memnuniyette düşüşleri göstermektedir. Yüksek aydınlık düzeyleri daha iyi görsel performans sağlayabilmekle beraber, görsel konforsuzlukları da beraberinde getirmektedir [27].

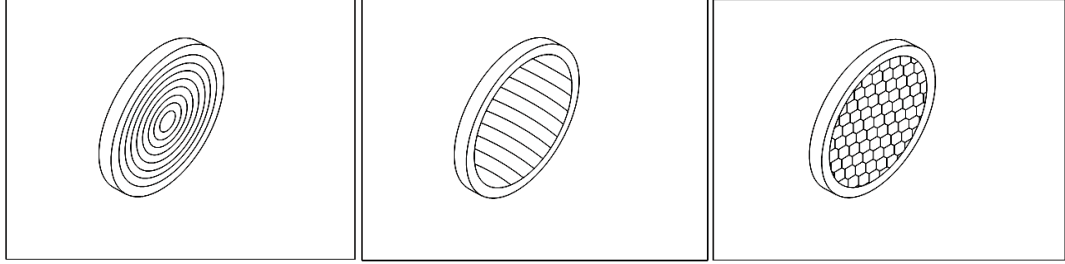
Aydınlık düzeyinin yanı sıra, aydınlatma sisteminin sağladığı parıltı değerlerinin de kabul edilebilir olması gerekmektedir. Parıltı, yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır. Işık yayan yüzey kendisi ışık üreten bir lamba veya ışık geçiren bir aygıt yüzeyi gibi birincil ışık kaynağı olabileceği gibi, başka bir kaynaktan ulaşan ışığı yansıtan ikincil bir ışık kaynağı da olabilir [28]. Parıltı değerleri farkı, odaklanmayı sağlarken, dikkat dağınıklığını önler ve görünürlüğü artırır. Tasarımcılar, mekandaki parıltı dağılımları ile oynayarak görsel çevre üzerine büyük ölçüde etki edebilirler. Görülen parıltı göreceli ve öznel olup, yüzeylerin parıltı farklılıklarına göre algılanan değerler de değişmektedir [29]. Şekil 3.1’ de görülen örnekte, aynı renkteki gri çizgilerden, sağdakiler daha koyu algılanmaktadır.



Şekil 3.1 : Aynı düzeyde koyu olmalarına rağmen sağdaki gri çizgiler daha koyu algılanmaktadır [30].

Büyük parıltı kontrastları ise, gözün görme yeteneğini azalttığı gibi bir huzursuzluk ve konforsuzluk uyandırabilir. Parıltı kontrastlarının bu yönden değerlendirilmesi, kamaşma indisi büyüklüklerinin hesaplanarak, standartlarda çeşitli işlevdeki binalar ve mekanlar için belirtilen sınır değerleri ile karşılaştırılması sonucu yapılabilmektedir. Tasarım sürecinde hedeflenmesi gereken; birincil ışık kaynağı durumunda olan ışık kaynaklarının parıltı değerlerinin düşürülmesi ve ikincil ışık kaynağı durumunda olan çevremizdeki tüm yüzeylerin parıltı değerlerinin yükseltilip kamaşma indisi sınır değerlerinin yakalanmasıdır [25]. Kamaşma indisi sınır değerlerine örnek olarak Çizelge 3.1’de, çalışma mekanlarının aydınlatılması ile ilgili AB standardı EN 12464-1’de verilen bazı yapı tipi ve hacim türleri için görsel konfor gereksinimleri sınır değerleri içerisinde kamaşma indisi sınır değerleri örnek olarak gösterilmiştir [26]. Günümüz aydınlatma sistemlerinde birincil ışık kaynağı olarak, yapma ışık kaynakları olan aydınlatma elemanları ve doğal ışığı mekan içerisine alan

açıklıklar ele alınmaktadır. Yapma aydınlatma elemanlarında bu önlemler, doğru reflektör tasarımı ve ürün üzerinde çözölen kamaşma önleyici aparatlarla sağlanabilmektedir. Şekil 3.2’ de yapma aydınlatma elemanlarındaki çözüme örne olarak, ışığın istenen alan dışına çıkmasına engel olan kamaşma önleyici aparat tipleri görölmektedir.



Şekil 3.2 : Yapma aydınlatma elemanlarında kamaşma önleyici aparat örnekleri [31].

Aynı şekilde günışığından kaynaklanabilecek kamaşmanın önlenmesi de; doğru cephe tasarımı, dışarıda veya içeride gölgeleme elemanı kullanımı, bu amaca uygun cam türü tercihi ve iç mekanda açıklıklara uzak alanlara da günışığını ulaştıracak sistemlerle mümkün olmaktadır.

Görsel çevreyi oluşturan yüzeylerin parıltı değeri istenen düzeye getirmek, yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları ile buna bağılı olarak da renkleri ile ilişkilidir. Aydınlatma sistemi için önemli bir kriter olan renk konusu, hem yüzey renkleri hem de ışık kaynaklarının renksel özellikleri bazında ele alınmaktadır. Yüzey renkleri, mekandaki ışık yansımalarını etkileyip, mekan içerisindeki ışığın yayılımını, yüksek parıltı farklılıklarının giderilmesini ve enerji tüketimini etkileyebilmektedir. Işık kaynaklarının renksel özellikleri ise, renksel geriverim ve renk sıcaklığı olarak ele alınmakta ve yüzey renklerinin algılanmasını etkileyen bir faktör olmaktadır. Çizelge 3.1’de, çalışma mekanlarının aydınlatılması ile ilgili AB standartı EN 12464-1’de verilen bazı yapı tipi ve hacim türleri için görsel konfor gereksinimleri sınır değeri içerisinde, mekan türünde kullanılacak ışık kaynakları için renksel geriverim sınır değeri örnek olarak gösterilmiştir [26]. Bir yüzeyin renksel görünümü, yüzeyi aydınlatan ışık kaynağının renksel özellikleri (tayf eğrisi), aydınlanan yüzeyin renksel özellikleri (tayfsal yansıtma çarpanları eğrisi) ve insan renk görme sistemi olmak üzere üç bileşene bağılı olarak değişim gösterir. İnsan görme sisteminin değişmediğı varsayıldığından, binalarda algılanan renkler yüzey ve ışık kaynaklarının tayfsal eğrileri ile belirlenmektedir [32]. Örneğin, bünyesinde kırmızı

renge denk gelen dalga boyunu bulundurmayan bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış bir kırmızı yüzey, gerçek rengi kırmızı olmasına rağmen gri olarak görülecektir [33]. Görsel konforun hem nitelik hem de niceliği üzerinde etkili olan, aynı zamanda yapının mimari kararlarının bir parçası durumundaki renk konusu üzerine çalışırken bu değişkenlerin dikkatle ele alınması gerekmektedir.

Çizelge 3.1 : EN 12464-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması standartında, bazı hacim türleri için görsel konfor gereksinimleri sınır değerleri [26].

Yapı Tipi	Hacim Türü	$E_{istenen}$ (lx)	Ra değeri	UGR
Eğitim Binaları	Derslikler (anaokulu)	300	80	19
	Derslikler (ilkokul)	300	80	19
	Derslikler (lise, üniversite, vb)	500	80	19
	Derslikler (Teknik Çizim Odaları)	700	80	16
	Aktivite odaları	300	80	22
	Koridorlar (dimmerlenmiş)	100	80	25
	Genel kullanım odaları	300	80	-
	Kürsüler	300	80	-
	Personel odaları	300	80	19
	Spor Salonları	300	80	22
	Yemekhane	500	80	22
	Öğretmenler odası	300	80	19
	Fotokopi odası	300	80	19
	Mutfak	500	80	22
	Kütüphane	200	80	19
Otel ve Restoranlar	Giriş holü, lobi	300	80	22
	Koridor			25
	Yemek holü, kafeterya	-	80	-
	Mutfak	500	80	22
	Konferans Salonu	500	80	19
	Depo	200	80	-

3.2 Sürdürülebilir Aydınlatma Sistemine İlişkin Tanımlar

Sürdürülebilirliğin tanımından yola çıkarak, sürdürülebilir aydınlatma sistemlerinin kullanıcıların bugünkü gereksinimlerini karşılarken, gelecek kuşakların olanaklarını

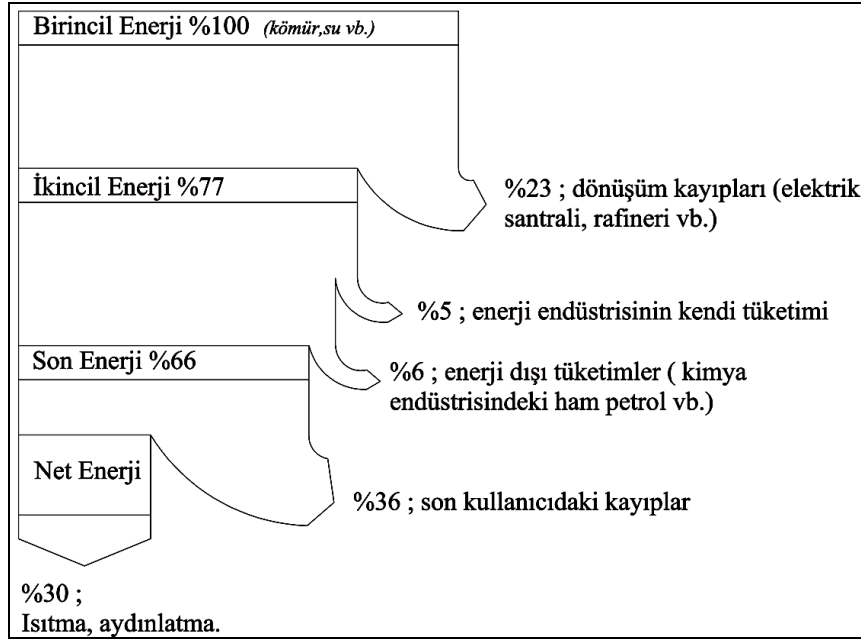
da kısıtlamaması gerekmektedir. Başka bir deyişle, görsel konfor gereksinimlerini zaten karşılayabilmesi gereken her aydınlatma sisteminin, kaynakları verimli kullanması ve çevreyi koruyucu bir anlayışla tasarlanması o sistemin sürdürülebilir olabildiğini sağlayacaktır. Bu doğrultuda sürdürülebilir aydınlatma sistemlerinin, enerji tüketiminin minimize edilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, sera gazı salımlarının önlenmesi veya azaltılması, geri dönüşüm - atık yönetimi konularında yeterli olması gerekmektedir. Söz edilen bu konular, sistemlerin ön tasarım süreçlerindeki fikirlerle sağlanabilecektir. Günümüzde aydınlatma sistemlerine dair aydınlığın niceliği, enerji tüketimleri ve sera gazı salımlarının ön tasarım aşamasında kontrol edilebileceği simülasyon programlarının kullanımı da sürdürülebilir sistemlerin tasarımları için yardımcı olmaktadır.

3.2.1 Enerji tüketiminin minimize edilmesi

AB ülkelerinde yapı sektörü, toplam enerji tüketiminin %40' ı üzeri bir kısmından sorumludur ve bu enerji tüketiminin %19'luk bölümünü aydınlatma için tüketilen enerji oluşturmaktadır [1]. ABD' de ise bu oran %23' e çıkmaktadır [34]. Sürdürülebilir aydınlatma sistemine ilişkin çeşitli etkenlerden sadece bir tanesi olan enerji tüketimi, kolay ölçülebilir olması nedeniyle günümüzde üzerinde en çok durulan konulardan olmuştur. Aynı şekilde, tükettiği elektrik enerjisini, ışığa, yani gözle görülebilir bir sonuca dönüştüren aydınlatma sistemi, enerji korunumu konusunda bu görülebilirliği ile de bir simge durumundadır. Aydınlatma sistemlerinde, enerjinin etkin kullanımına rağmen gereksinimlerin karşılanabiliyor olması gerek kullanıcı gerekse tasarımcılar tarafından diğer sistemlere göre daha kolay anlaşılacak, hem de bu denli yüksek oranlara sahip enerji tüketimini azaltarak kaynakların korunumuna katkıda bulunacaktır.

Binalarda aydınlatma sistemlerinde tüketilen son ürün olan elektrik enerjisinin, kömür vb. ilk ham madde üründen son kullanıcının hizmetine sunulduğu aşamaya kadar geçen dönüşüm sürecinde önemli bir kayıba uğramaktadır. Şekil 3.3'de de görüldüğü gibi, son ürün olan binada kullanılan elektriğin dönüşüm süreci boyunca %70'lik bir kayıp meydana gelmektedir [35]. Diğer bir bakış açısıyla, bina kullanıcılarının tüketeceği enerjinin yaklaşık 3 katı kadar birincil enerji kaynaklarının üretime katılması gerekmektedir. Bu kayıplar göz önünde bulundurulduğunda, aydınlatma enerjisinin minimize edilmesiyle ilgili 3 etken önem kazanmaktadır:

- Gereksinimler kadar enerji kullanımı, yüksek düzeyde enerji tüketen sistem ve ürünlerden kaçınılması.
- Hedeflenen amaç için daha etkin bir enerji dönüşümü sağlanması.
- Yenilenemeyen kaynakların azalması ve sera gazı salınımlarının artmasına önlem olarak yenilenebilir kaynakların kullanımının yaygınlaştırılması.



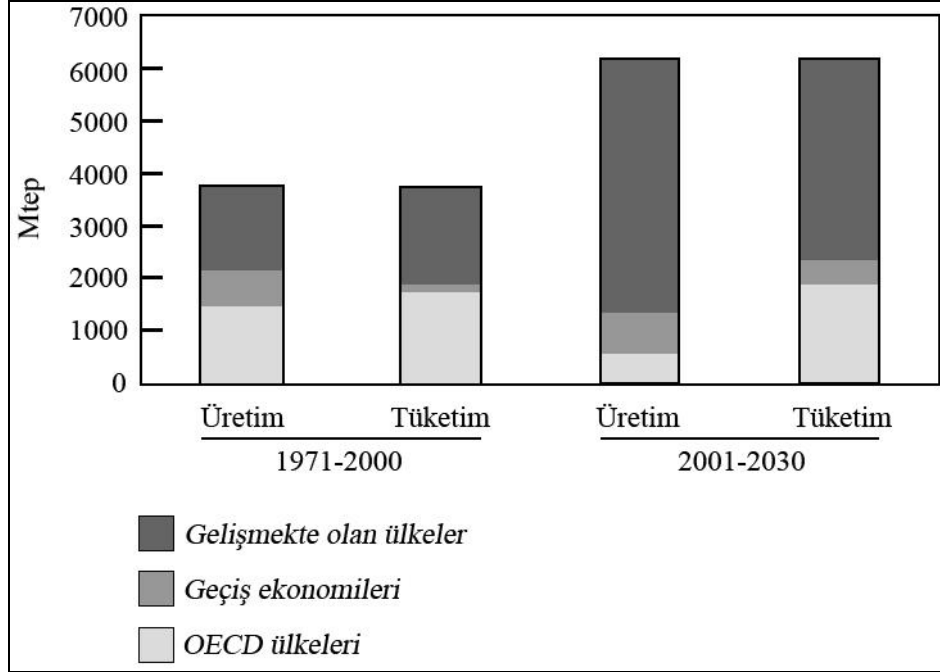
Şekil 3.3 : Birincil enerji kaynağının, binada kullanılan elektriğe (net enerjiye) dönüşme sürecindeki kayıplar [35].

3.2.2 Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı

Dünyadaki enerji gereksinimi son otuz yılda önemli bir artış göstermiş ve enerji krizi sonunda bu gereksinimi karşılamak üzere yeni kaynakların araştırılması önem kazanmıştır. 1971 yılından itibaren 30 yıllık sürece bakıldığında, dünyadaki toplam enerji üretiminde %84' lük bir artış görülmektedir. 2001'e gelindiğinde toplam enerji üretimi yaklaşık 10000 milyon ton eşdeğer petrole (Mtep) ulaşmıştır. Türkiye'nin üyesi olduğu OECD ülkelerinin enerji üretimi bu süreçte, yaklaşık %40'lık bir artış göstermesine rağmen dünya genelindeki oranı 2001'e ulaşıldığında %62.3' den %53.2' ye düşmüştür. Bunun sebebi olarak başta Çin olmak üzere Asya ve Latin Amerika ülkelerindeki enerji üretimindeki artış gösterilmektedir [34]. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi, enerji üretimi ve tüketimindeki bu artışın bir sonraki 30 yıllık süreçte daha da hızlanarak artacağı öngörülmektedir.

Türkiye ise, enerji kaynakları bakımından net ithalatçı bir ülke konumunda olup yerli

kaynaklarının talebi karşılamada yetersiz olması nedeniyle 2007 yılında enerji arzının toplam %74'lük bölümü ithalat ile karşılanmıştır [37]. Çizelge 3.2'deki verilere göre, aynı politika ile devam edilirse yakın gelecekte de yerli üretimin toplam enerji arzının ancak %30' unu karşılayabileceği öngörülmektedir.



Şekil 3.4 : Dünyadaki toplam enerji üretimi ve tüketimi [36].

Gerek dünyadaki enerji talebindeki artış gerekse Türkiye' deki dışa bağımlılık sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, ömrü tükenme sürecindeki yenilenemeyen kaynakların kullanımından kaçınılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Yenilenemeyen kaynakları, kömür, petrol, doğal gaz, yanıcı doğal kaynaklar ve nükleer kaynaklar oluştururken, yenilenebilir enerji kaynakları ise; hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır [39]. 2000 yılında dünya elektrik enerjisine katkıları %20 olan yenilenebilir kaynakların, Türkiye' deki kullanımı toplam elektrik gücü yanında ihmal edilebilir düzeydedir. Ancak Türkiye, özellikle rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklar başta olmak üzere yenilenebilir kaynaklar bakımından yüksek potansiyele sahip bir coğrafyadadır.

Bina aydınlatma sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, aydınlatma elemanı ölçeğinde, bina ölçeğinde ve yerleşim ölçeğinde alınacak kararlarla mümkün olmaktadır. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüp kullanan iç ve dış mekan aydınlatma elemanları, bina ölçeğinde kullanılan solar

paneller ile bina elektrik gereksinimini karşılamaya katkı yapacak çözümler, büyük ölçekli solar paneller - rüzgar türbinleri gibi yerleşim bazında binalara hizmet edecek sistemler, bina aydınlatma sistemlerinin enerji gereksinimini belli düzeylerde karşılayabilecek çözümler olabilmektedir. Aydınlatma sistemlerinde yenilenebilir kaynaklarla elde edilecek en önemli kazanç ise tasarım aşamasında verilecek doğru kararlarla binalarda günışığından maksimum yararlanarak, yapma ışık kaynaklarının gündüz saatlerinde minimum kullanımını sağlayabilmektir.

Çizelge 3.2 : Türkiye’deki enerji talebi ve yerli üretim değerleri - öngörülleri [38].

	<i>2002</i>	<i>2010</i>	<i>2020</i>
Enerji Talebi	78.4 Mtep	126 Mtep	222 Mtep
Yerli Üretim	24.6 Mtep	37 Mtep	66 Mtep
%	%31	%29	%30

3.2.3 Sera gazı salımlarının önlenmesi veya düşürülmesi

Enerji konusunda olduğu gibi, sera gazı salınımlarının da kolay ölçülebilir olması, bu konuyu sürdürülebilir mimarlığın en önemli çevresel konularından biri durumuna getirmiştir. Sera etkisi oluşturan gazların normalden fazla salınımları, yer yüzeyine ulaşp geri yansıyan ışınlamaların tutulmasına neden olarak “küresel ısınma” olarak da adlandırılan iklimsel değişikliklere yol açarlar. İklim değişikliğine neden olan başlıca altı sera gazı; KarbonDiOksit (CO₂), Metan (CH₄), Azotoksit (N₂O), Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbon (PFC) ve KükürtHekzaFlorid (SF₆) olarak sıralanmaktadır. Bunların içinde %80’lik payı ile en önemlisi CO₂ gazıdır [40]. Sera gazları başlıca, fosil yakıtların yakılması, sanayi, ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, katı atık yönetimi ve tarımsal etkinliklerden kaynaklanmaktadır [41].

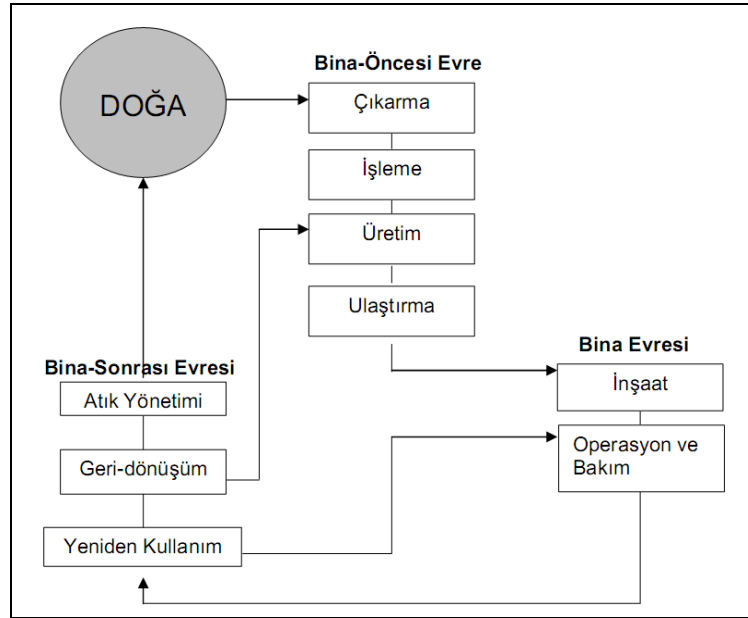
Bina aydınlatma sistemlerinin sera gazı salımları ile ilişkisi en belirgin olarak enerji tüketimi ile gerçekleşmektedir. 1 kWh elektrik tüketimi için yaklaşık 527 g CO₂ gazı çevreye salınmaktadır [21]. Aydınlatma sistemlerinin CO₂ salımlarını azaltmasını sağlamak için bu sistemlerin toplam elektrik tüketimini minimum düzeyde tutan sistemler olarak tasarlanması gerekmektedir.

Tüm sistemin enerji tüketiminin yanında, sistemi oluşturan her bir elemanın da enerji

etkin olması, kullanılan elemanların yakın gelecekte işlevsizleşmeyecek şekilde esnek olabilmesi, tüm yapısal ürünler gibi aydınlatma elemanlarının da yerel olması ile ulaşım sırasındaki salımların minimum düzeyde tutulması, geri dönüşümlü ürünler ve geri dönüşümlü paketlemelere sahip ürünlerin seçim sürecinde öncelikli olması gibi kararlar da aydınlatma sistemlerinin sera gazı salımlarına etkisini belirlemektedir.

3.2.4 Kullanım - geri dönüşüm - atık yönetimi

Sürdürülebilir yapılarda, yapının kendisinin ve tüm alt sistemlerinin tasarım - yapım - kullanım - geri dönüşüm süreçleri yaşam döngüsü düşüncesi ile gerçekleştirilmelidir. Malzemelerin kullanılabilirliğinden bir şey kaybetmeksizin faydalı bir formdan bir başka faydalı forma dönüşmesi üzerine kurulu olan yaşam döngüsü, binalarda, bina-öncesi, bina ve bina-sonrası evreler olarak kategorize edilir. Şekil 3.5’de belirtildiği gibi, bina öncesi evrede, malzemelerin doğadan temini, işleme, üretim ve ulaştırma, bina evresinde uygulama ve kullanımları, bina sonrası evrede ise atık olarak doğaya bırakılması, geri dönüşümü ve yeniden kullanımı yer almaktadır.



Şekil 3.5 : Sürdürülebilir yapılarda malzemelerin yaşam döngüsü [41], [42].

Aydınlatma sistemlerinin, bina öncesi evresindeki işleme-üretim-ulaşım konularındaki sürdürülebilirlik kararları, enerji tüketiminin minimize edilmesi ve sera gazı salımları ile doğrudan ilgili olduğundan, daha önce de belirtildiği gibi,

sistemi oluşturan ürünlerin seçiminde bu kaygıları taşıyan ürünlerinin öncelikli olması gerekmektedir.

Bina evresi, yani kullanım süresinin mümkün olduğunca uzun olması bu döngüyü uzatacağı için hem çevreye geri dönecek malzemelerin daha az olmasını sağlayacak hem de yeni üretim-ulaşım süreçlerini engelleyerek çevreye karşı yeni etkileri önleyecektir. Aydınlatma sistemlerinin kullanım sürelerinin uzun olması, sistemlerin yeni teknolojilere uyum sağlayabilmesi, yeni beklentileri karşılayabilmesi, güncellenebilir olması ve esnekliği ile mümkündür. Örneğin, etkinlik değeri düşük olan enkandesan lambaların yerine, aynı duya sahip kompakt floresan lambaların, aydınlatma sistemlerinde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılabilir olması, bu yeni lambaların günümüzde aydınlatmada enerji etkinliğinin tartışmalı da olsa simgesi olmasını sağlamıştır (Şekil 3.6).

Sistemlerin özellikleri ve kullanımları hakkında kullanıcıya yönelik bilgilendirme yapılması da kullanım süresini uzatabilecek bir etkidir.



Şekil 3.6 : E27 duya sahip enkandesan lamba ve günümüzdeki alternatifi kompakt floresan lamba [43].

Bina sonrası evrede, kullanım sonrası malzemelerin doğaya atık olarak geri dönmesinin engellenmesi ve bu malzemelerin yeniden alt bileşenler olarak sistemlere katılması önem kazanmaktadır. Aydınlatma sistemlerinin kullanım süreci sonrasında geri dönüşümleri, kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilir olmasını gerektirmektedir. Aydınlatma sistemlerinde kullanım süreci biten elemanların onarılarak yeniden sistemlere dahil olması durumu genellikle mümkün olmayıp, ancak atıkların geri dönüşümü sağlanabilmektedir. Kompakt floresan lambaların kullanım süreleri sonunda her bileşeninin, metal duyu, cam tüp, cıva ve fosforun, ayrıştırılıp yeniden kullanımı bu duruma örnek gösterilebilir [44].

3.3 Aydınlatma Enerjisi Tüketimini Etkileyen Parametreler

Binalarda günışığı kullanımı, konforlu bir çevre için gerekli olmasının ve aydınlatma

enerjisi tüketimini düşürmesinin yanında, yapma ışık kaynaklarına göre ısıtma yüklerine daha az katkı yaparak ısıtma-soğutma enerjisi tüketimini de daha az etkilemektedir. Aynı aydınlık düzeyi için gerekli yapma ışık kaynakları, günışığına göre daha fazla ısı üretmektedir. Bina aydınlatma tasarımının enerji etkinliği bakımından görevi; hacimdeki günışığını artırmak, günışığının ulaşamadığı hacimlerde veya saatlerde yapma ışık kaynakları ile gerekli aydınlatmayı yapabilmektir [35].

Görsel konfor gereksinimlerinin karşılanması ve aydınlatma enerjisi korunumu açılarından kontrol altına alınmış hacim düzeyinde bir yapma çevrenin oluşturulmasında Çizelge 3.3’de gösterilen tasarım parametreleri etkili olmaktadır. Bu tasarım parametreleri, aydınlatma tasarımından sorumlu kişinin kontrolü dışında olan, yıl ve gün içinde değişim gösteren “doğal tasarım parametreleri” ve tümüyle yapma çevreye ilişkin olan, tasarımcının kontrolündeki “fiziksel tasarım parametreleri” olarak iki grupta ele alınmaktadır [25]. Doğal ve fiziksel tasarım parametreleri, hacimdeki günışığının ve yapma ışığın özelliklerini belirleyerek, aydınlatma enerjisi tüketimini etkilemektedirler.

Çizelge 3.3 : Aydınlatma enerjisi tüketimini etkileyen parametreler.

Doğal	Göğün parıltı dağılımı ve aydınlığı
Tasarım	Güneşin durumu, parıltı ve aydınlık etkisi
Parametreleri	Yer örtüsünün ışık yansıtma özelliği Doğal dış engeller (boyut, konum, yansıtma özellikleri)
Fiziksel	Yapma dış engeller (boyut, konum, yansıtma özellikleri)
Tasarım	Pencerelerin baktığı yön
Parametreleri	Pencerelerin boyut, biçim ve yerleşimleri Pencerelerin ışık geçirme özellikleri Hacim boyutları İç yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları Yapma ışık kaynaklarının nitelik ve nicelikleri Yapma aydınlatma elemanlarının nitelik ve nicelikleri Yapma ışık kaynak ve elemanlarının yerleşimleri Yapma aydınlatma araçlarının donatım ve kontrolü

3.3.1 Doğal tasarım parametreleri

Göğün parıltı dağılımı ve aydınlığı, bina içerisindeki günışığına dayalı aydınlatma sistemlerinin tasarımında belirleyici rol oynamaktadır. Gökyüzünün şartları, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından 3 gök modeli ile standartlaştırılmıştır ve mekana gelen günışığının düzeyi ile ilgili hesaplamalar bu 3 model olan, “açık gök”, “kapalı gök” ve “tekdüze gök” modelleri ile yapılmaktadır. Açık gök modelinde bulutsuz, engelsiz bir gökyüzünün varlığı kabul edilmekte, kapalı gök modelinde ise bulutlu, günışığının düzgün yayıldığı, yönlerin önemini ortadan kaldıran bir durum ele alınmaktadır [45]. Örneğin, ışık rafı, gölgeleme elemanları gibi sistemlerin açık gök şartlarında, çatı ışıklığı gibi sistemlerin ise kapalı gök şartlarında uygun olması tasarım kararlarını şekillendirebilmektedir [24].

Güneşin durumu, görsel konfor açısından hacim içerisinde gerekli düzeylerde olması gereken parıltı ve aydınlık düzeyini etkilemektedir. Hacim içine dolaysız olarak gelen güneş ışığı, hacmin bulunduğu enleme, baktığı yöne göre değişmektedir. Dolaysız güneş ışığı, hacimlerde genellikle yüksek parıltı düzeylerine sebep olduğu için, gölgeleme elemanlarının kullanımını gerekli kılarak tasarım kararlarına yön vermektedir.

Yer örtüsünün ışık yansıtma özelliği, açık gök modelinde dolaysız güneş ışığının yer yüzeyinden yansıyarak hacim içerisine gelişini, kapalı gök modelinde ise gök ışığına etki ederek hacimdeki günışığı düzeyini değiştirebilen bir parametre olarak hesaplara katılmaktadır. Yer örtüsünün pürüzlülüğü ve rengi, ışık yansıtma özelliğini belirlemektedir.

Tasarımcının kontrolü dışında olan bir diğer parametre olan doğal dış engeller, gerek dolaysız güneş ışığını engellemesi, gerekse yansıtma özellikleri ile hacim içerisindeki aydınlık üzerinde değiştirici olmaktadır. Dış engellerin boyutları, konumları, yansıtma özellikleri ve mevsimsel değişkenlikleri, hacim içine alınan günışığı miktarında etkili olmaktadır.

3.3.2 Fiziksel tasarım parametreleri

Yapma dış engeller, dış çevredeki yapılar, aydınlatma sistemi tasarlanan binanın cephe şekillenmesinden doğan engeller (balkon, saçak, çıkma gibi) ve cepheye uygulanan gölgeleme elemanlarından oluşmaktadır. Yapma dış engeller, hacim içerisine dolaysız girebilecek ışığı engelleyebilir veya kısmen keserek, içerideki

ışıksal büyüklüklere etki ederler [46]. Bu dış engellerin ışıksal büyüklükler üzerindeki etkisini belirleyen faktörler, engellerin büyüklükleri, konumları, sabit veya hareketli olma durumlarıdır.

Pencerelerin baktığı yön açık ve karma gök koşullarında etkili olup, bu gök koşullarının güneşin gün ve yıl içerisindeki hareketlerine bağlı olarak değişmesi sebebiyle, pencere yönleri, boyut, biçim ve yerleşimleri, hacimdeki ışık büyüklüklerine büyük ölçüde etki etmektedir [45]. Bu özelliği ile pencere yönleri sadece aydınlatma için tüketilen enerji değil, iklimsel konfor gereksinimleri için tüketilen enerji üzerinde de etkili olmaktadır.

Pencerelerden hacim içine alınacak olan dolaysız güneş ışığı, yerden yansarak gelen güneş ışığı, gök ışığı ve yerden yansarak gelen gök ışığı miktarını, pencerelerin ışık geçirme özellikleri değiştirebilmektedir. Pencerelerin ışık geçirme durumunu kullanılan camın cinsi, kalınlığı, doğrama alanı ve kirliliği belirlemektedir [45].

Hacim boyutlarının, özellikle hacim içerisinde günışığından optimum düzeyde faydalanabilmek için doğru belirlenmesi gerekmektedir. Pencerelerden alınan günışığı düşünüldüğünde hacim derinliği, yerden yansarak gelen güneş ışığı düşünüldüğünde hacim yüksekliği önemli olmaktadır.

Renklerle ilişkili olan iç yüzeylerin ışık yansıtma katsayılarına, bölüm 3.1’de görsel konfor gereksinimleri, parıltı değerlerini kabul edilebilir sınırlara çekebilme açısından değinilmiştir. Kamaşmaya sebep olmayan, yansıtma katsayıları yüksek yüzeylerin, günışığını ve yapma ışık kaynaklarından gelen ışığın hacim içinde daha verimli kullanılmasını sağlamasıyla enerji tüketimine de olumlu etkisi olmaktadır.

Yapma ışık kaynaklarının niteliği, ışık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarı ile ilgili olan ışık akısı (birimi; lümen) ve birim zamanda belli bir doğrultuda yayılan ışığın yoğunluğu ile ilgili olan ışık şiddeti (birimi; candela) ile belirlenmektedir. Işık kaynaklarının bu özellikleri hacimdeki yapma ışık kaynaklarından oluşan aydınlık düzeyine etki etmektedir [28]. Işık kaynaklarının etkinlik değeri olan birim zamandaki ışık akısının tüketilen enerjiye oranı (lümen/watt), aydınlatma enerjisi tüketiminin belirleyici bir etkenidir.

Aynı şekilde yapma aydınlatma elemanlarının da etkinliğini belirleyen faktörler, bu elemanların kullandığı ışık kaynakları, reflektör tasarımları, kamaşma önleyici

aparatlarının özellikleri, ışık kırıcı yüzeyleri (cam, pleksi. vb) gibi bileşenleridir. Bu bileşenleriyle birlikte yapma aydınlatma elemanlarının tasarımları enerji tüketimini etkileyen bir parametredir.

Aydınlık düzeyi hesap yönteminden yola çıkarak, yapma ışık kaynakları ve elemanlarının sayıları, yerleşimleri, yükseklikleri de bu değer üzerinde etkili olarak enerji tüketimi ile ilişkilenebilir. Genel aydınlatma ve görsel iş aydınlatmasının ayrı tasarlanması ile ışık kaynaklarının sayıları azaltılabilmekte ve çalışma düzlemine daha yakın yükseklikte kullanılan ışık kaynaklarının düşük ışık akısına sahip lambalar olmasına imkan sağlanabilmektedir.

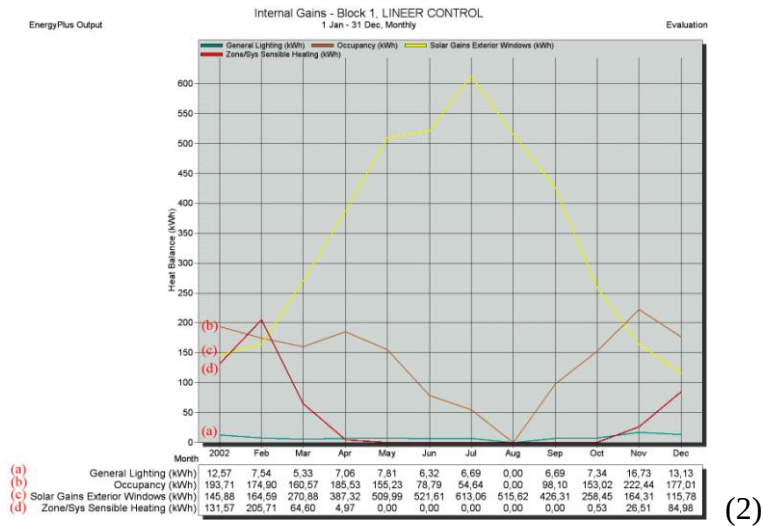
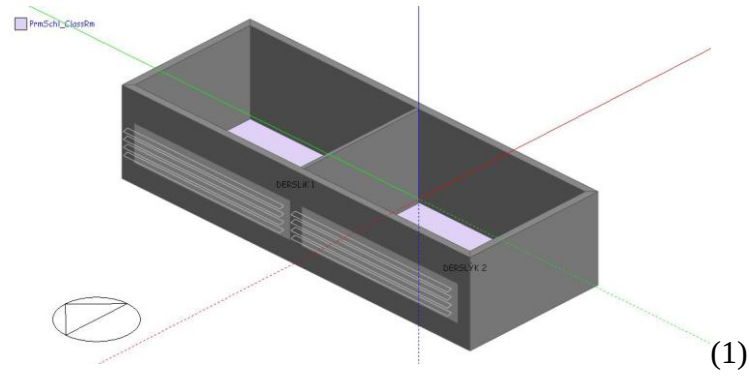
Binalarda aydınlatma enerji gereksiniminin önemli bir parametresi kurulu gücün, kullanılabilir alana oranı, yani W/m^2 , dir. Kurulu aydınlatma gücü, aydınlatma aygıtları, lambalar, trafo-balast gibi yan ürünler, kablolar, elektronik sistemler, kontrol sistemleri ve bileşenleridir [35]. Tüm bu bileşenlerin enerji tüketimleri, aydınlatma sisteminin enerji etkinliği üzerinde etkili olmaktadır.

Başta görsel konfor gereksinimleri olmak üzere, doğal ve fiziksel tasarım parametrelerinin etkilediği enerji tüketimi ve 3. bölümde belirtilen diğer konuların birlikte ele alınacağı düşünüldüğünde, sürdürülebilir aydınlatma sistemlerinin tasarım süreçlerinin bir çok detayı içerdiği görülmektedir. Bu detaylı ve uzun süreci kısaltan ve tasarımın sonuçlarının önceden görülebildiği simülasyon programları günümüzde tercih edilmektedir. Mimarların tasarımlarına birçok yönden yol gösteren simülasyon programları günümüzde binaların genişliği ile ilişkileri, solar analizler, aydınlatma tasarımı, termal performans, havalandırma ve akustik analizleri de yapabilmektedir. Olası çevresel şartlar önceden görülebilmekte ve bu analizler doğrultusunda bina tasarımlarında enerji optimizasyonu sağlanabilmektedir. Aydınlatma simülasyonu programları da, görsel konfor gereksinimlerinin karşılanmasının kontrolü ve enerji tüketimi öngörülerini için kullanılmaktadır [46].

Günümüzde simülasyon programlarının kullanımları, bina sertifikalandırma sistemlerinde teşvik edilmekte ve bazı standartlarda zorunlu kılınmaktadır. Bölüm 4.1’de incelenen, ABD’de hazırlanan LEED sertifika modelinde, genişliği hesaplamaları için simülasyon programları önerilmektedir [48]. Bölüm 5.1.1’de incelenen ASHRAE/USGBC/IESNA 189.1P “yüksek performanslı yeşil binalar” standartında ise yine genişliği ile ilgili simülasyonlar zorunlu tutulmakta ve bu

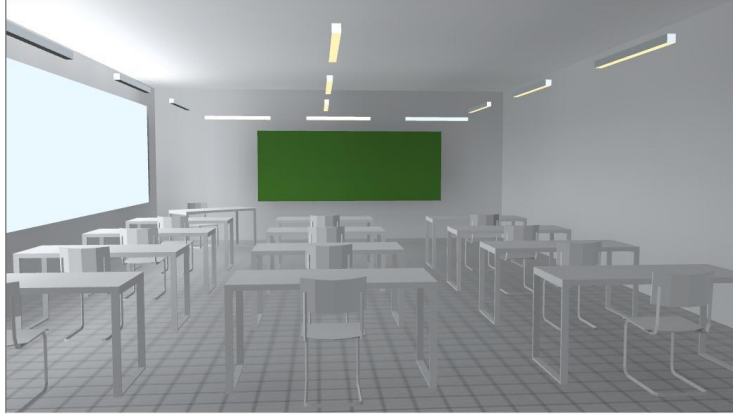
programların çıktılarının belgelenmesi istenmektedir [56].

Aydınlatma simülasyonları, binaların tüm sistemlerinin modellendiği programlar veya sadece aydınlatma sistemlerinin modellendiği programlar ile yapılabilmektedir. Yaygın kullanıma sahip, Dialux, Relux, Radiance programları aydınlatma sistemleri için özelleşmiş programlara örnek gösterilebilmektedir. Bu programlarda iç mekan veya dış mekanlardaki günışığı ve yapma ışık kaynakları ile ilgili hesaplarla, görsel ve teknik sonuçlar alınabilmektedir. Böylece, görsel konfor gereksinimlerinin kontrolü, aydınlatma konsepti öngörülmesi ve enerji tüketimi değerlendirmeleri, tasarım aşamasında alternatifleriyle ve hızlıca yapılabilmektedir. Şekil 3.8’de örnek olarak; Dialux programında modellenmiş bir derslikteki günışığı ve yapma aydınlatma elemanlarının birlikte kullanımına dair görüntü, modelleme sonunda alınan teknik çıktılarından biri olan 85 cm’ deki çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi değerleri ve bu dersliğin yıllık enerji tüketimi öngörüsü görülmektedir.

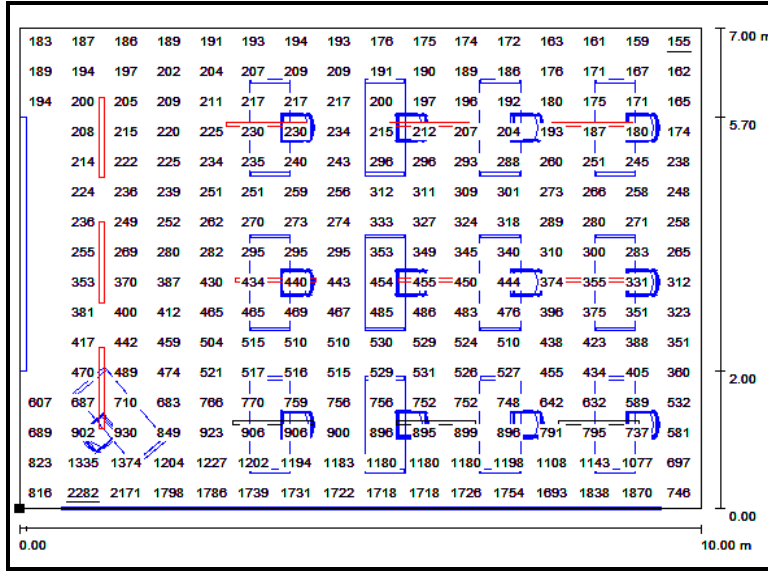


(a) Genel aydınlatma (b) Kullanım (c) Solar kazanımlar (d) Isıtma

Şekil 3.7 : EnergyPlus tabanlı DesignBuilder programında örnek bir dersliğin modellemesi(1) ve bu dersliğe ait yıllık analiz sonuçları(2).



(1)



(2)

Enerji değerlendirme / Özet							
Şu standarda göre enerji değerlendirme: EN 15193							
Yer: İstanbul, Boylam derecesi: 29.00°, Enlem derecesi: 41.00°							
Sonuçlar							
Toplam enerji Aydınlatma: 504.34 kWh/a							
LENİ: 7.20 kWh/(a · m²)							
Toplam enerji Görme görevi: 380.18 kWh/a							
Toplam enerji Parazitik (Toplam): 124.16 kWh/a							
Toplam enerji Parazitik (Bekleme): 54.08 kWh/a							
Toplam enerji Parazitik (Acil aydınlatmanın yüklenmesi): 70.08 kWh/a							
Toplam yüzey: 70.00 m²							
Aylık sonuçlar							
Ay	Aydınlatma		Görme görevi		Parazitik		
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	
Oca	44.73	0.64	34.38	0.49	10.35	0.15	
Şub	42.51	0.61	32.16	0.46	10.35	0.15	
Mar	41.23	0.59	30.88	0.44	10.35	0.15	
Nis	40.59	0.58	30.24	0.43	10.35	0.15	
May	40.43	0.58	30.08	0.43	10.35	0.15	
Haz	40.43	0.58	30.08	0.43	10.35	0.15	
Tem	40.43	0.58	30.08	0.43	10.35	0.15	
Ağu	40.75	0.58	30.40	0.43	10.35	0.15	
Eyl	41.23	0.59	30.88	0.44	10.35	0.15	
Eki	42.51	0.61	32.16	0.46	10.35	0.15	
Kas	44.11	0.63	33.76	0.48	10.35	0.15	
Ara	45.53	0.65	35.18	0.50	10.35	0.15	

(3)

Şekil 3.8 : Dialux programında örnek bir derslikte, iç mekan simülasyonu görünümü(1), aydınlık düzeyi dağılımını gösteren teknik çıktı(2) ve enerji performansı değerlendirmesi (3).

Sadece aydınlatmaya özelleşmiş programlardan farklı olarak, tüm bina sistemlerini analiz eden, aydınlatma sisteminin yanında termal, havalandırma, akustik hesaplamalar da yapan programlar da kullanılabilir. Bütüncül modelleme gerektiren bu programlara, yaygın kullanıma sahip Ecotect ve EnergyPlus programları örnek gösterilebilmektedir. Şekil 3.7’de, örnek bir dersliğin, EnergyPlus programı üzerine geliştirilmiş olan DesignBuilder programında modellenmesi ve yıllık analizi görülmektedir. Analizde; dünya üzerindeki yeri, yönü ve boyutları belirlenmiş, pencereye paralel ve ayrı anahtarlanmış 3 sıra floresan lamba ile aydınlatılan bir dersliğin 1 yıl süresince, aydınlatma sisteminin tükettiği enerji, kullanım miktarı, pencereler yoluyla gerçekleşen solar kazanımlar ve ısıtma sisteminin enerji tüketimi bulunmaktadır.

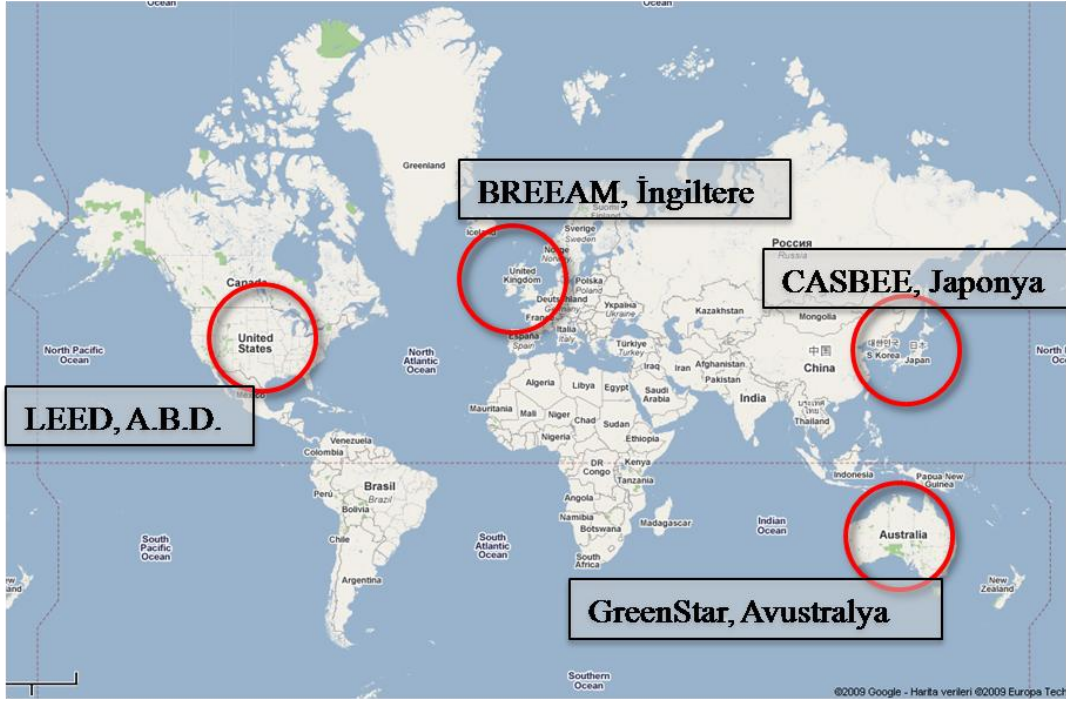
4. BİNA SERTİFİKALANDIRMA PROGRAMLARINDA AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde, binalarda enerji verimliliği çalışmaları kapsamında enerji tüketimini azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelmek ve sürdürülebilir gelişmeyi sağlamak amacıyla çeşitli sertifikalandırma modelleri geliştirilmiştir [47]. Bu modeller, belirledikleri ölçütlerle binaların sürdürülebilirliklerini değerlendiren, zorunlu olmayan fakat sonucuyla binalara prestij kazandıran, böylece yapı sektörünü sürdürülebilirlik konusunda teşvik eden sistemlerdir. Binaların birçok sistemlerinin değerlendirildiği sertifika programları, farklı disiplinlerdeki profesyonellerle, ülkelerin kendi örgütlenmeleri tarafından, o ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanmakta ve geliştirilmektedir. Kendi yeşil bina sertifika programı henüz bulunmayan ülkelerde ise kullanımı yaygın, bir başka ülkede hazırlanmış sertifika programının binalar üzerinde uygulandığı da görülebilmektedir. Ülkemizde de, Amerika’ da geliştirilmiş LEED sertifika modelini kazanmak için başvurmuş binaların sayısı her geçen gün artmaktadır. İlk kez ABD’de Yeşil Binalar Konseyi tarafından başlatılan çalışmalar sonunda 1998’de hazırlanan LEED modeli ile sertifikasyon süreci başlamıştır. Bu bölümde, LEED ile başlayan bu sürecin devamında gelen ve dünya üzerinde farklı coğrafyalarda uygulanan sertifika modellerinden, Şekil 4.1’de de gösterilen; ABD’de hazırlanan LEED programı, İngiltere’de hazırlanan BREEAM programı, Japonya’da hazırlanan CASBEE programı ve Avustralya’da hazırlanan GreenStar programı ele alınmıştır.

Yeşil bina sertifika programları, farklı yapı tipleri için kendi içinde farklılaştırılarak, ele alınan yapı tipinin taşıması gereken özelliklerin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Ana başlıkları çoğunlukla aynı olan bu sistemlerin, hastane veya ofis gibi farklı binalar için değişkenlik gösteren alt başlıkları ve ölçütleri bulunmaktadır. Ele alınan sertifika programlarından üçü, LEED, BREEAM ve CASBEE için “yeni binalar” modelleri incelenmiş; GreenStar’da ise böyle bir model bulunmadığı için “ofis” modeli incelenmiştir. Ölçütler değişkenlik gösterse de, sürdürülebilir bir aydınlatma

sistemi için gerekli olan ana fikirleri, bu ana başlıklarla derlemek mümkün olmuştur.

Bu amaçla, binaların sürdürülebilirliklerini değerlendirmek için tüm bina sistemlerine dair ölçütlerin bulunduğu bu programlardaki, aydınlatma sistemleri ile ilgili ölçütler belirlenmiş ve incelenmiştir.



Şekil 4.1 : Çalışmada ele alınan sertifika programları ve hazırlandıkları ülkeler.

4.1 LEED Ve Aydınlatma Konuları

ABD Yeşil Binalar Konseyi (U.S. Green Building Council - USGBC) tarafından 1998’de hazırlanan LEED Modeli (Leadership in Energy and Environmental Design), binalarda sürdürülebilirliğin insan ve çevreye olan duyarlılıkla ilgili olması prensibine dayanan sürdürülebilir yerleşim yeri tasarımı, suyun etkin kullanımı, enerji etkinlik, doğa ile dost malzeme seçimi ve iç mekan çevresel kalite ölçütlerini temel alan bir yapı üzerine şekillendirilmiştir [48]. Bu sistemde, tasarlanan yapma çevrelerin farklılaşan gereksinimlerine cevap verebilmek amacı ile bina tipolojilerine göre gruplandırma gerçekleştirilmiş ve yapılacak sertifikalandırma için yeni yapılar, mevcut yapılar, ticari mekanlar, kabuk – çekirdek, okullar, satış yapılan mekanlar, sağlık yapıları, konutlar, kentsel gelişim alanları olmak üzere 9 farklı seçenek sunulmuştur. Her tipoloji için oluşturulan değerlendirme sisteminde yapının sertifikalandırılabilmesi için gereken puanlar birbirinden farklı olup, ölçütlerin her

biri için belirli bir değer bulunmaktadır. Çizelge 4.1’ de, yeni yapılan binaların değerlendirilmesi için düzenlenmiş sistemin 2009’ da yenilenen en güncel modelinin puan aralıkları örnek olarak verilmiştir. Toplam 100 puan üzerinden gerçekleştirilen bu değerlendirmede, tasarımdaki yenilikler ve bölgesel önceliklere göre de 10 ilave puan alma şansı bulunmaktadır. Değerlendirme sonunda binalara 40 üzeri puanlarda LEED sertifikası verilmektedir. 50 ile 59 puan arası “gümüş”, 60 ile 79 puan arası “altın” ve 80 puan veya üzeri bir sonuca ulaşan binalar ise “platin” düzeyinde sertifika alabilmektedir.

Çizelge 4.1 : Yeni yapılar için düzenlenmiş LEED 2009 sisteminde konulara bağlı puanlar ve yüzdeleri

Bölümler	Puan	Yüzde %
Sürdürülebilir yerleşim yeri tasarımı	26	24
Suyun etkin kullanımı	10	9
Enerji etkinlik	35	32
Malzeme seçimi	14	13
İç mekan fiziksel çevre kalitesi	15	14
Tasarımda yenilik	6	5
Bölgesel öncelik	4	4
Toplam	110	100

Sistemdeki ölçütler için belirtilen özelliklerin karşılanması durumunda, bina o ölçüte ilişkin puanı alabilmektedir. Toplamda elde edilen puanlar, binanın LEED puanını oluşturmaktadır. Puanların yanı sıra bazı ölçütlerde “gerekli” ibaresi de yer almakta ve bu koşulun sağlanamaması halinde sertifikalandırma gerçekleştirilememektedir.

LEED programında bulunan aydınlatma konuları, ışık kirliliğinin minimuma indirgenmesi, aydınlatma sistemlerinin kontrolü, günışığından en etkin şekilde yararlanma ve dış görüş başlıkları altında incelenmiştir ve bu başlıklar, bina tipolojilerinin değişen aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarına göre farklı oranlarda kredilendirilmiştir. Örneğin konutlar için hazırlanan sistemde aydınlatma bölümünün ağırlığı %3 iken ticari yapılarda bu değer % 15’e ulaşmaktadır. LEED sistemleri altında aydınlatma ile ilgili ölçütler aşağıda verilmiştir:

- “Işık kirliliğinin azaltılması”; bu ölçüt LEED’de tüm tipolojiler için yer almakta ve ışık kirliliğinin azaltılmasına yönelik öneriler içermektedir. Sürdürülebilir çevreler ana başlığı altında yer alan bu ölçüt, gece gökyüzünün görünür olmasını sağlamak için kamaşmanın engellenmesi ve iç mekandaki ışık kaynaklarının bina dışına ışık kaçırmaması durumunun denetlenmesi temeline dayanmaktadır. İstenen koşulların sağlanması 1 puan değerindedir. İç mekanlar için; güvenlik aydınlatmaları hariç dışarıdan görünen iç mekandaki aydınlatma ürünlerinin en az % 50’ sinin saat 23:00 ile 05:00 arasında otomatik kontrolle kapatılması veya güvenlik aydınlatması için kullanılanlar dışındaki tüm açıklıkların yine aynı saatler için otomatik kontrolle perdelenmesi / kapatılması gerekmektedir. Dış mekanlar bu maddede karanlık alanlar (park ve kırsal alanlar), düşük derecede aydınlatılan alanlar (konut çevreleri), orta derecede aydınlatılan alanlar (ticari, endüstri) ve yüksek derecede aydınlatılan alanlar (kent meydanları) olmak üzere 4 bölgede incelenmektedir. Bu bölgelere ilişkin aydınlatma ölçütleri ele alınırken güvenlik aydınlatmasından ödün vermeksizin dış aydınlık düzeylerinin minimum olması gerektiği vurgulanmakta ve ASHRAE/IESNA 90.1-2007 standardındaki, aydınlatma güç yoğunluğu, aydınlatma kontrolü ve diğer dış aydınlatma ölçütlerinin sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır [49]. Ticari yapılar gibi prestij binaları için dış cephe aydınlatmasının veya iç aydınlatmanın dış mekana etkisinin ışık kirliliğine yol açmaması hedefine yönelik olarak tasarlanmış aydınlatma aygıtlarının kullanılması önerilmektedir.
- “Aydınlatma sistemlerinin tasarımı ve kontrolü”; iç mekan fiziksel çevre kalitesi ana başlığı altında yer alan bu bölümde yüksek düzeyde bir aydınlatma kontrol sisteminin gerekliliği üzerinde durulmaktadır ve 1 puan olan krediyi elde etme koşulu, aydınlatma elemanlarının en az %90’ının kullanıcı tarafından kontrol edilebiliyor olmasını sağlamaktır. Çok işlevli mekanlarda kullanıcıların aydınlatma sistemine müdahale edebiliyor olması gerekliliğine değinilmekte, harekete duyarlı sensörlerin kullanılması önerilmektedir. Eğitim binaları gibi farklı işlevlere cevap veren yapılarda idari kısımlarının en az %90’ında kullanıcıya bağlı aydınlatma kontrolü önerilirken, derslik hacimlerinde ise farklı senaryolara hizmet edecek bir

aydınlatma sisteminin tasarlanması gerektiği belirtilmektedir.

- “Günişığı ve dış görüş: Günişığı”; kullanıcıların hacimde, dış ortam ile görsel temas kurabilmesi ve binaya günişığı alınmasını değerlendiren ölçüttür ve iç mekan fiziksel çevre kalitesi ana başlığı altında yer almaktadır. Kullanılan mekanların %75’inde 25 footcandles (yaklaşık 250 lux) değerinde günişığı aydınlığının öngörülmesi halinde bu bölümden 1 puan alınabilmektedir. Bu kontrol, bilgisayar simülasyonu, hesaplama, ölçüm veya bu üç yöntemin bir arada kullanılması ile 4 farklı yöntemle yapılabilmektedir. Aydınlatma simülasyonunun açık gök koşullarında ekinoks tarihinde, döşemeden 76 cm yüksekte bulunan çalışma düzleminde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Günişığının bina içerisine alınması sırasında günişığını yönlendirici ve kamaşmayı önleyici sistemlerin dikkate alınması önerilmektedir. Günişığı stratejileri arasında; yönlendirme, bina aralıkları, gölgeleme elemanları, günişığı duyarlı sensörler ile kontrol konuları yer almakta ve bilgisayar ile gerçekleştirilen hesaplamalarının önemi vurgulanmaktadır.
- “Günişığı ve dış görüş: Dış görüş”; bu ölçüt, hacimlerin %90’ında dış görüş sağlanıyor olması durumunu ele almaktadır. Zeminden 75cm - 230cm arasında dışarıyı doğrudan görüşe olanak tanıyacak pencerelerin olması durumunda, 1 puan alınabilmektedir. Günişığı ve dış görüşün sürdürülebilir bina tasarımındaki önemi vurgulanarak gölgeleme elemanları kullanımının ve fotosensörler ile aydınlatma kontrolünün gerekliliğine bu başlık altında yer verilmiştir.
- “Aydınlatma enerjisi”; ticari mekanlar için hazırlanan puanlandırma sisteminde Enerji ve Atmosfer bölümü altında yer alan bu başlık, aydınlatma enerjisi ihtiyacının konfor koşullarından ödün verilmeksizin minimize edilmesini amaçlamaktadır. Mekanların istenen düzeyde aydınlatılabilmesi için gerekli olan aydınlatma enerjisinin hesaplanmasında kullanılan ASHRAE /IESNA90.1-2007 Standardı Aydınlatma Enerjisi Hesap Yöntemine göre sağlanan değerlerin %15 azaltılması 1 puan, %25 azaltılması 2 puan ve %35 azaltılması ise 3 puan olarak değerlendirilmektedir [49].

- “Enerji performansının optimize edilmesi - aydınlatma kontrolü”; “enerji ve atmosfer” başlığı altında yalnızca ticari mekanlar için hazırlanan puanlandırma sisteminde değinilen aydınlatma kontrolü ile ilgili bu ölçütte, pencereye 4,5 m uzaklıkta bulunan bölgede ve çatı ışıklıklarının altlarında günışığına duyarlı sensör sistemlerinin kurulması durumunda 1 puan kazanılmaktadır.
- “Güneşe yönelme”; “yeşil binalar ve yapı bileşenleri” başlığı altında, “kentsel geliştirme alanlarının değerlendirilmesine yönelik olarak hazırlanan bu maddede binaların enerji etkin olarak tasarlanabilmesinde yönelmenin önemi üzerinde durulmuş ve güneye yönelmiş cephelerin yapılan hesaplama veya simülasyonlarla 21 Aralık tarihinde %25’den fazla gölgelenmemesi gerektiği belirtilmiştir. Bu ölçüt 1 puan değerindedir. Konutlar Kategorizasyonu’nda, Yenilik ve Tasarım başlığı altında yer alan bu ölçüt, güneye yönelmiş cephelerden aydınlatma ve ısıtma amacına yönelik olarak faydalanılabilmesi ve yaz koşullarında kontrol sağlanmasına yönelik bir tasarımın gerçekleştirilmesi konusunu ele almaktadır. Bu nedenle güney cephelerin en az % 90’ının 21 Haziran’da tamamen gölgeli ve 21 Aralık’da ise tamamen gölgesiz olması durumunun yapılan hesaplama veya simülasyonlarla ispatının sağlanması koşulu ile 1 puan alınabilmektedir.

4.2 BREEAM Ve Aydınlatma Konuları

İngiltere’de Building Research Establishment (BRE) tarafından geliştirilmiş olan BREEAM değerlendirme yöntemi (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), tek binaların ve yerleşmelerin çevresel etkilerinin tasarım aşamasında veya yapım sonrasında belirlenebilmesi için kullanılmaktadır [50]. Yöntem yeni teknolojilere göre güncellenmekte, yeni binalar, yenilenen binalar ve ek binalar BREEAM tarafından değerlendirilebilmektedir. 2008 yılında güncellenmiş durumuyla BREEAM; ofis, eğitim, endüstri, sağlık, satış, hapishane ve adalet binaları için uygulanabilen aşağıda verilmiş olan 9 kategoride değerlendirme yapabilmektedir. Çizelge 4.2’ de bu bölümlere ilişkin puanlar ve tüm sistem içindeki yüzdeleri verilmektedir. Toplam 102 puan üzerinden gerçekleştirilen değerlendirme sonunda, 30 puan alabilen binalar sertifika alabilmekte; 44 ile 54 puan arasında binalara “iyi düzey”, 55 ile 69 puan arasında “çok iyi düzey”, 70 ile 84 puan arasında

“mükemmel düzey” ve 85 puan üzerinde “seçkin düzey” sertifikaları verilmektedir.

Çizelge 4.2 : BREEAM sisteminde konulara bağlı puanlar ve yüzdeleri

Bölümler	Puan	Yüzde %
Yönetim	10	12
Sağlık ve konfor	14	15
Enerji	21	19
Ulaşım	10	8
Su	6	6
Malzeme	12	12.5
Atık	7	7.5
Arazi kullanımı ve ekoloji	10	10
Kirlilik	12	10
Toplam	102	100

Ofis, eğitim, endüstri, sağlık, satış, hapishane ve adalet binaları için uygulanabilen versiyonlarda yer alan aydınlatma sistemine ilişkin değerlendirme ölçütleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- “Günlüğü”; sağlık ve konfor ana başlığı altında yer almaktadır, her hacmin %80’inde yeterli günlük sağlanıyorsa 1 puan alınabilmektedir. Yeterli günliğin sağlanması %2 Günlük Faktörü ve 0.4 düzensizlik (minimum Günlük Faktörü %0.8) olarak tanımlanmaktadır. Çatı ışıklıklarında bu değerler minimum Günlük Faktörü %1.7 ve düzensizlik 0.7 olarak verilmektedir. Günlük Faktörü, CIE Kapalı Gök Koşulları’nda hacimde ele alınan bir noktada gerçekleşen günlük aydınlığının dış aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanmaktadır. Yeterli günlük sağlanmasının bir başka ölçütü olarak; %2 Günlük Faktörü, çalışma düzleminde gökyüzünün görülmesi ve uygun hacim derinliğinin sağlanması gerekmektedir. Maksimum hacim derinlikleri, hacim genişliği, pencere üst kenarının yerden yüksekliği ve hacmin arka bölümünün ortalama ışık yansıtma katsayısına bağlı olarak verilmiştir.

- “Dış görüş”; sağlık ve konfor ana başlığı altında yer almaktadır, yeterli dış görüş varsa 1 puan alınabilmektedir. İlgili alanların dış görüş sağlayan pencereye en fazla 7m uzaklıkta olması ve saydamlık oranının minimum %20 değerini sağlaması olarak tanımlanmaktadır.
- “Kamaşma kontrolü”; kullanıcı tarafından kontrol edilebilir gölgelemenin sağlanması 1 puan değerindedir.
- “Yüksek frekanslı aydınlatma”; yüksek frekanslı balastların kullanılması 1 puan değerindedir ve bu koşul, değerlendirmenin yapılabilmesi için mutlaka sağlanması gerekli bir koşuldur.
- “İç ve dış aydınlık düzeyleri”; görsel konfor sağlanması için CIBSE Code for Lighting 2004’de önerilen değerlerin sağlanması gereklidir ve bu durumda 1 puan alınabilmektedir [51].
- “Aydınlatma alanları ve kontrolü”; aydınlatma kontrolünün alanlara bölünmüş olması ve kullanıcılar tarafından yapılabilmesi 1 puan değerindedir. Ofis binalarında sirkülasyon ile çalışma alanlarının ayrılmış olması, en fazla 4 çalışma masasına kadar bağımsız kontrol edilebilen alanların oluşturulması, pencere kenarı ile diğer alanların ayrılması, konuşmacı ve dinleyici alanlarının ayrılması, okullarda dersliklerde öğretmen tarafından manuel kontrol olanağı sağlanması gerekmektedir.
- “Dış aydınlatma”; enerji etkin aydınlatma sistemi ve günışığı duyarlı kontrol sisteminin bulunması 1 puan olarak değerlendirilmektedir. Bina dışı alanların ve otoparkların aydınlatılmasında kullanılan lambaların renk sıcaklıklarına bağlı olarak önerilen minimum etkinlik değerlerini sağlaması gerekmektedir.
- “Işık kirliliğinin azaltılması”; kirlilik başlığı altında dış aydınlatmanın ışık kirliliğine neden olmaması 1 puan değerindedir. Dış aydınlatma tasarımının Lighting Engineers (ILE) Guidance notes for the reduction of obtrusive light, 2005 kaynağına uygun tasarlanması gerekmektedir. Güvenlik dışındaki dış aydınlatma 23.00-07.00 saatleri arasında kapatılmalıdır [52].

BREEAM modelinde yukarıda açıklanan ölçütlerde aydınlatma sistemine ilişkin değerlendirmeler yapılırken, bazı başlıklarda tüm binaya ilişkin aşağıdaki koşullar verilmekte, ancak aydınlatma sistemi tasarımı da bu puanlamayı etkilemektedir:

- “CO₂ emisyonu düşürülmesi”; enerji başlığı altında toplam 15 puan değerindeki bu ölçütte ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su temini ve aydınlatma amaçlı enerji tüketiminde ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarının sıfır olması gerekmektedir. Alınacak puanın belirlenmesi binaların CO₂ emisyonlarının Energy Performance Certificate (EPC Rating) ile karşılaştırılması ile belirlenmektedir. CO₂ emisyonu sıfır ise 15 puan alınabilmektedir.
- “Enerji tüketiminin bağımsız ölçülmesi”; enerji tüketen sistemlerin ayrı sayaçlara bağlanarak değerlendirilmesinin sağlanması gerekmektedir, 1 puan değerindedir.
- “Düşük veya sıfır karbon teknolojileri”; karbon emisyonlarının düşürülmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sağlanmalıdır, 3 puan değerindedir.
- “Asansörler”; asansörlerin enerji etkin tasarlanması gerekmektedir, enerji etkin lambaların kullanımı da bu ölçütün bir bölümünü oluşturmaktadır, 2 puan değerindedir.

4.3 CASBEE Ve Aydınlatma Konuları

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency), ilk kez 2002 yılında “Japonya Bina Çevre ve Enerji Koruma Enstitüsü (IBEC)” tarafından yayınlanan ve “Japonya Yeşil Binalar Konseyi (JGC)” ile “Japonya Sürdürülebilir Binalar Konsorsiyumu (JSBC)” tarafından desteklenen, binaların çevresel etkinliğini değerlendiren bir sertifika programıdır [53]. 2002 yılından itibaren; Konutlar, Yeni Yapılar, Mevcut yapılar, Yenileme, CASBEE for HI (Heat Island) ve Kentsel Gelişim başlıkları altında farklı versiyonlar olarak yayınlanmıştır. CASBEE yapıyı, Q (yapının çevresel kalitesi) ve L (yapının çevresel yükleri) olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirmektedir. Bu iki ana başlık altındaki her bir ölçüt 5 puan üzerinden puanlandırılmakta ve sahip olduğu ağırlık katsayısıyla genel puanlandırmaya katılmaktadır. Böylece elde edilen Q ve L puanlarının oranı aşağıdaki formül ile yapının BEE puanını ifade etmektedir **(4.1)**:

$$BEE = Q (YapıYapÇevresel Kalitesi) / L (YapıYapÇevresel Yükleri) = \frac{25 \times (Q Puanı - 1) / 25 \times 5 - L Puanı}{(4.1)}$$

Binalar elde ettikleri BEE puanına göre şu şekilde derecelendirilmektedir; 0,5 puan altında C düzeyi (çok düşük), 0,5 ile 1,0 puan arası B- düzeyi (düşük), 1,0 ile 1,5 puan arası B+ düzeyi (iyi), 1,5 ile 3 puan arası A düzeyi (çok iyi) ve 3,0 puan üzeri ve Q puanı 50 üzerinde ise S düzeyi (mükemmel).

CASBEE’de yer alan değerlendirme kategorileri ve sistemdeki puan yüzdeleri Çizelge 4.3’ de verilmektedir.

Çizelge 4.3 : CASBEE sisteminde konulara bağlı puan yüzdeleri

Bölümler	Yüzde %
Q1 İç mekan çevresel şartları	Q puanının %40
Q2 Servis kalitesi	Q puanının %30
Q3 Dış çevre şartları	Q puanının %30
L1 Enerji	L puanının %40
L2 Kaynak ve Malzemeler	L puanının %30
L3 Yerleşim dışı çevresel şartlar	L puanının %30
Toplam	100

CASBEE’nin tümü içinde aydınlatma ile ilgili konu başlıkları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- “Günüşiği”; bu konu “Q1. İç mekan çevresel şartları” bölümünde, Aydınlatma başlığı altında yer almaktadır. Günüşiği faktörü, açıklıkların yönleri ve günüşiği elemanları alt başlıklarını içermektedir ve toplam Q puanının %3’ünü etkilemektedir. Günüşiği faktörünün, ofis, okul, hastane, otellerin genel mekanlarında %2,5’in üzerinde olması durumunda 5 puan üzerinden tam puan alınabilmektedir. Hastane ve otellerde yatak odalarında bu değer %1,25 iken, konutlarda %2,0 değeri önerilmektedir. Günüşiği faktörünün, pencere boyutlarına ve hesap noktasının pencereye uzaklığına bağlı olarak hesaplanabilmesi için geliştirilmiş grafikler verilmektedir. Yalnızca apartmanlarda yapılan bir değerlendirmede ise açıklıkların yönleri kontrol

edilmekte, yapının güney penceresi yoksa 1, güney penceresi varsa 3 ve hem güney hem de doğu penceresi varsa bu bölümden 5 puan alınmaktadır. Işık rafları, ışık tüpleri, jaluzi ve fiber optik sistemlerin yapıda kullanımını değerlendiren günışığı elemanları başlığında; günışığı elemanı yoksa 3, birden çok günışığı elemanı varsa 5 puan alınmaktadır. Yalnızca ofis, okul ve fabrikalarda bir günışığı elemanına 4 puan verilmektedir.

- “Kamaşma kontrolü”; aydınlatma başlığı altında, aygıtlardan ve güneş ışığından kaynaklanan kamaşmanın önlenmesini değerlendiren bu başlığın Q puanındaki ağırlığı %3’ tür. Aydınlatma aygıtlarından kaynaklanan kamaşmanın kontrolünde; yatay bakış doğrultusunda ışık kaynağının görüş alanına girmesi ve aydınlatma aygıtının kamaşmayı engellememesi 1 puan, yatay bakış doğrultusunda ışık kaynağının görüş alanına girmemesi ve aydınlatma aygıtının kamaşmayı önlemesi 3 puan, aydınlatma aygıtında kamaşmayı önleyen ışık yansıtıcı veya yaygınlaştırıcı elemanlar kullanılması durumunda 5 puan verilmektedir.

Günışığı kontrolü bölümünde, günışığının iç mekana kontrollü bir şekilde alınması değerlendirilmekte, bu değerlendirme yapının orijinal hali için gerçekleştirilmekte, kullanıcıların sonradan eklediği elemanlar göz ardı edilmektedir. Yapıda güneş kontrolü bulunmaması durumunda 1 puan; perde, gölgelik ve saçak gibi elemanlarla kontrol durumunda 2, 3 veya 4 puan ve otomatik kontrollü güneş kontrol araçlarının kullanılması durumunda ise bu bölümden 5 puan alınmaktadır.

- “Aydınlık düzeyleri”; farklı kullanım alanları için gerekli aydınlık düzeylerinin verildiği bu bölüm Q puanının %1,5’luk kısmını oluşturmaktadır. Bu bölümde verilen aralıklar kullanım alanlarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin ofis, fabrika ve hastane muayene odalarında puanlandırma 500lux – 1500lux arasında iken okullarda 400lux – 1000lux arasındadır. Konutlarda sadece 100lux altına 1puan ve 100lux üstüne 3puan verilmektedir. Hastanelerde bekleme odası ve hasta odalarında 150 lux altına 1 puan ve 150 lux üstüne 3 puan verilmektedir. Yine bu başlık altındaki aydınlatmanın düzgünlüğü bölümünde, hacimlerde aydınlatmanın düzgün dağılımı ve çalışma düzlemi ile hacimdeki genel parıltı düzeylerinin oranlarına göre 5 puan üzerinden değerlendirme yapılmaktadır.

- “Aydınlatma kontrolü”; binadaki aydınlatma kontrol sisteminin ayrıntılı olması durumunun değerlendirildiği bu bölüm, toplam Q puanının %2,5’una etki etmektedir. Binada aydınlatma kontrolü yoksa 1 puan, basit bir aydınlatma kontrolü varsa 3 puan ve detaylı bir aydınlatma kontrolü varsa 5 puan verilmektedir.
- “Doğal ışığın kullanımı”; “L1. Enerji” ana başlığı altında, “L1.2.Doğal enerjinin kullanımı” başlığı ve bunun alt konusu olan “doğal enerjinin direkt kullanımı”, toplam L puanının %4’ ünü oluşturan, doğal enerjinin doğrudan kullanımı başlığı altındaki 4 konudan biridir ve böylece toplam L puanında %1’lik ağırlığa sahiptir. Binaların, ışık rafı, çatı ışıklığı, yüksek pencereler gibi doğal ışığı doğrudan kullanan sistemlere sahip olması, binaya bu puanı kazandırmaktadır.
- “Aydınlatma sistemleri”; “L1. Enerji” ana başlığında “L1. Yapının servis sistemlerinin etkinliği” başlığı altındaki bu konu; bina aydınlatma sisteminin, Japonya’daki enerji korunumu yasasında yer alan, aydınlatma sistemlerinin enerji kullanımı için öngörülen değerlerin içinde kalabilmesini değerlendirmektedir. Bu değerlendirmeye ek olarak, binadaki aydınlatma sisteminde kullanılan elemanlar hakkında bilgi verilmesi ve bu yolla yanlış kullanımdan doğacak kayıpların önüne geçilmesi de önerilmektedir. Bu konu, toplam L puanının %3,4’lük kısmını oluşturmaktadır.
- “Işık kirliliği”; “L3.3 Çevresel etkiler” başlığı altındaki ışık kirliliği bölümü toplam L puanının %1,98’lik kısmını oluşturmaktadır. Dış aydınlatmanın ve içeriden kaçan ışığın değerlendirilmesinde, Japonya Çevre Bakanlığının yayınladığı “Light Pollution Countermeasure Guidelines” isimli yayında verilen gereksinim listesindeki ölçütlerin karşılanmasına bağlı olarak puanlama yapılmaktadır [54].

Bu başlıktaki bir diğer değerlendirme ise, güneş ışığının binaların cepheleri tarafından çevre binalara kontrolsüz şekilde yansıtılması ile ilgilidir. Bina cephesinden yansıyan güneş ışığının çevre binaları büyük ölçüde etkilemesi 1 puan, büyük ölçüde etkilememesi 3 puan ve hiç etkilememesi 5 puan değerindedir.

4.4 GreenStar Ve Aydınlatma Konuları

Avustralya Yeşil Binalar Konseyi (GBCA) tarafından, yeşil binaların ölçümlerinde bir standart belirlemek, bu konuda ortak bir dil ortaya koymak, bütüncül bir yapı tasarımını teşvik etmek ve yeşil binaların faydaları hakkında farkındalık oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır. GreenStar programı için, İngiliz BREEAM ve Amerikan LEED programları temel alınmış ve Avustralya'ya özgü bir model oluşturulmuştur. Yapılan araştırmalar sonunda Avustralya'daki ticari binaların toplam sera gazı salımlarının %40'ının ofisler ve hastaneler tarafından gerçekleştirildiği görülmüş ve öncelikle bu yapı tiplerine yönelinmiştir. GreenStar, ofis ve hastane binaları gibi alışveriş merkezleri, eğitim yapıları ve konut yapıları için ayrı modellere sahiptir. Binalar, Çizelge 4.4' deki farklı ağırlık katsayılarına sahip konulardaki kriterlerle değerlendirilmekte; 100 puan üzerinden kazandıkları puanlarla, 10 – 19 puan arası 1 yıldız, 20 – 29 puan arasında 2 yıldız, 30 – 44 puan arasında 3 yıldız, 45 – 59 puan arasında 4 yıldız, 60 – 74 puan arasında 5 yıldız ve 75 – 100 puan arasında 6 yıldız ile kategorize edilmektedir. GreenStar sertifikası sadece 4, 5 ve 6 yıldız kategorisine ulaşmış binalara verilmektedir [55].

Çizelge 4.4 : GreenStar sisteminde konulara bağlı puanlar ve yüzdeleri

Bölümler	Puan	Yüzde %
Yönetim	12	12
İç mekan Fiziksel Çevre Kalitesi	27	15
Enerji	29	19
Ulaşım	11	8
Su	12	6
Malzeme	22	12.5
Arazi kullanımı ve Ekoloji	8	7.5
Sera gazı salımları	16	10
Yenilikler	5	10
Toplam	142	100

GreenStar programında aydınlatma ile ilgili, g n ş ğ , kamaşma kontrolü, yüksek frekanslı balast kullanımı, aydınlık düzeyleri, enerji başlığı altında aydınlatma konuları ve ışık kirliliğ  konularını içeren ölçütler bulunmaktadır.

- “G n ş ğ ”; bu ölçüte göre çalışma düzleminde g n ş ğ  faktörünün %2’ den az olmaması durumunun veya g n ş ğ  aydınlık düzeyinin en az 250 lux olması durumunun; toplam alanın %30’ unda gerçekleşmesi binaya 1 puan, %60’ında gerçekleşmesi 2 puan ve %90’ında gerçekleşmesi 3 puan kazandırmaktadır.
- “G n ş ğ  kamaşma kontrolü”; tüm açıklıklar ve atriyumlar için sabit gölgeleme elemanlarının, çalışma düzlemine direkt güneş ışınlarının gelmesini çalışma saatlerinin %80’inde engelleyebilmesi durumu veya jaluzi ve perdelerin direkt güneş ışınlarının tümünü engellemesi, otomatik kontrol edilebilmeleri, kullanıcılar tarafından da ayarlanabilir olmaları ve %10’dan düşük ışık ge irgenliğ ine sahip olmaları durumunda 1 puan kazanılmaktadır.
- “Yüksek frekanslı balastlar”; tüm kullanım alanlarının en az %95’ inde floresan lambaların, yüksek frekanslı balastlar ile kullanılması durumunda 1 puan kazanılmaktadır.
- “Aydınlık düzeyi” başlığ ında, tüm kullanım alanlarının %95’inde aydınlık düzeyinin 400 lux ve altında olması durumunda binaya 1 puan verilmektedir.
- “Dış görüş”; binanın %60’ında dışarıyı doğrudan görüş sağlanabiliyorsa 1 puan, bu durum binanın %80’ninde gerçekleşiyorsa 2 puan kazanılmaktadır.
- “Enerji  l  mleri”; binadaki sabit enerji harcamalarının sistemlere göre ayrı ayrı ölçülmesi ve bu ölçümlerin g sterilebileceğ i etkin mekanizmaların olması durumunda 1 puan; bununla birlikte her kat veya kullanıcı için aydınlatma harcamalarının ve diğer enerji harcamalarının ayrı ayrı ölçülerek gösterilmesi ve su kullanımının izlenebileceğ i mekanizmanın olması durumunda 2 puan kazanılmaktadır.
- “Aydınlatma güç yoğunluğu”; tüm kullanım alanlarının %95’ inde 72 cm’ deki çalışma düzlemi ve 0.8 kullanım faktörü kabulüne göre, aydınlık düzeyinin 100 Lux olması için 2,5W/m² miktarında enerji kullanımı 1 puan, 2,0W/m², 2 puan ve 1,5W/m², 3 puan kazandırmaktadır.

- “Aydınlatma bölgeleri”; tüm kullanım alanlarının %95’ inde, 100 m²’ yi geçmeyen her özel mekanın ayrı anahtarlanmış olması ve bu anahtarların kullanıcıların rahat ulaşabileceği düzende yerleştirilmesi 1 puan kazandırmakta; bunun yanında tüm kullanım alanlarının %90’ında adreslenebilir aydınlatma sistemleri kullanılması 2 puan kazandırmaktadır.
- “Işık kirliliği”; binanın içinden dışarıya ışık kaçıışı olmaması ve dış aydınlatmadan kaynaklanan gökyüzüne yönelen ışık kaçıışı olmaması durumunda 1 puan; aydınlatma tasarımının AS4282-Control of the Obtrusive Effects of Outdoor Lighting” standardı ile uyumlu olması ve dış mekanların %95’ inin AS1158 standardındaki aydınlık düzeyin karşılması durumunda 2 puan kazanılmaktadır [56], [57].

Ayrıca, “enerji” konusu altında yer alan ve 20 puanlık bir değerlendirmeye sahip olan “sera gazı salımları” ölçütü de aydınlatma amaçlı kullanılan enerjinin bu değerlendirmede etkili olması sebebiyle incelenmiştir. Bu ölçüte göre, yıllık metrekaşe başına 110 kg CO₂ salımı değerinin aşılmaması gerekmektedir ve bu değer ne kadar düşerse 20 üzerinden o kadar yüksek puan alınmaktadır.

4.5 Ele Alınan Modellere İlişkin Genel Değerlendirme

Bu bölümde ABD, İngiltere, Japonya ve Avustralya’da geliştirilmiş olan sürdürülebilir bina değerlendirme modellerinde aydınlatma sistemlerinin ele alınma biçimine ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Bu bilgiler incelendiğinde genel olarak aşağıdaki konuların her modelde ortak olarak işlendiği görülmektedir.

- Çevresel etkiler açısından ışık kirliliğinin azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması.
- Nicelik ve nitelik olarak istenen değerlerin gerçekleştirilerek görsel konfor koşullarının sağlanması (gerekli aydınlık düzeyi, aydınlığın düzgün dağılımı, kamaşma kontrolü).
- Güneş ışığının etkin kullanılması.
- Dış görüşün sağlanması.
- Güneş ışığı veya kullanıcı duyarlı kontrol sistemlerinin kullanılması.
- Aydınlatma sistemlerinin tasarımında CO₂ salımlarının düşürülmesi.

- Verimli aydınlatma aygıtı ve bileşenlerinin kullanılması.
- Aydınlatma ve diğer bina alt sistemlerinin enerji tüketimlerinin ayrı ayrı ölçülmesi.

Bu değerlendirme modellerinde toplam puanlama içinde aydınlatma sistemine ilişkin puanların ağırlıkları ve modellerin konuya yaklaşım biçimi değişebilmektedir. Ele alınan modellerde aydınlatmaya ilişkin puanların ağırlıkları Çizelge 4.5’de yer almaktadır.

Çizelge 4.5 : İncelenen modellerde aydınlatmaya ilişkin puanlar ve yüzdeleri.

Sertifika modeli	Toplam puan	Aydınlatmaya ilişkin puan	Yüzde %
LEED (Yeni yapılar)	110	4	5.8
BREEAM (Yeni yapılar)	102	8	7.8
CASBEE (Yeni yapılar)	Q: 100 L: 100	Q: 10 L: 6.4	8.2
GREENSTAR (Ofisler)	142	15	10,5

Dört modeldeki aydınlatma ile ilgili konuların genel puana oranları arasındaki farkın sebebi bu modellerin aydınlatma sistemlerini ele alış yöntemleri arasında değişiklik olmasıdır. Örnek olarak; incelenen GreenStar (Ofisler) modelinde aydınlatma ile ilgili birçok konu ayrı ayrı incelenip puanlandırılırken, LEED (Yeni yapılar) modelinde 19 puan alınabilen “bina enerji performansı” başlığı altında aydınlatma enerjisi değerlendirmesi tüm bina içerisinde yapılmaktadır. Böylece bu puanlar ayrılamayarak çizelgeye dahil edilememiştir. Ayrıca bina tiplerine göre değişen modeller arasında da aydınlatma kriterlerinde farklılıklar yer almaktadır. Dört sertifika modelindeki aydınlatma sistemlerine ilişkin ortak konulardaki kriterler Şekil4.2 - Şekil4.7’deki gibi karşılaştırmalı olarak gruplanmıştır:

Güneşliği ve Dış Görüş

LEED	CASBEE™	breeam	GreenStar
- Kullanılan mekanların %75'inde yaklaşık 250 lux düzeyinde güneşliği (25fc). - Mekanın %75 veya %90'ında dış görüş sağlanması. - Güneşliğini yönlendirici ve kamaşmayı önleyici sistemler. - Yönlendirme, bina aralıkları, gölgelendirme elemanları, foto sensörler ile kontrol. - Bilgisayar ile gerçekleştirilen hesaplamaların önemi.	Güneşliği faktörü, pencere boyutları ve hesap noktasının pencereye uzaklığının değerlendirilmesi. Açıklıkların yönleri, güney pencereleri. - Işık rafları, ışık tüpleri, fiber optik gibi sistemlerin yapıda kullanımı.	- Her hacmin % 80'inde yeterli güneşliği sağlanması: %2 Güneşliği Faktörü (minimum %0.8) 0.4 Düzgünlük - İlgili alanların, dış görüş sağlayan pencereye en fazla 7m uzaklıkta olması. Saydamlık oranının minimum %20 değerini sağlaması.	- Çalışma düzleminde güneşliği faktörü: %2 - Güneşliği aydınlık düzeyinin en az 250 lux - Binanın en az %60'ında dışarıyı doğrudan görüş sağlanabiliyorsa 1 puan, bu durum binanın %80'inde gerçekleşiyorsa 2 puan
% 2,8	Q PUANI : %3	% 2	% 3,5

Şekil 4.2 : Ele alınan modellerde ‘Güneşliği ve Dış Görüş’ konusu.

Işık Kirliliğinin Azaltılması

LEED	CASBEE™	breeam	GreenStar
- Dış aydınlık düzeylerinin güvenlik aydınlatmasından ödün verilmeksizin minimumda tutulması. Gece gökyüzünün görünür olması için ; - İç mekandan bina dışına ışık kaçmaması. - Bu amaçla üretilmiş aydınlatma aygıtlarının kullanımı. - Dışarıdan görülebilecek lambaların 23:00-05:00 arası %50 düzeyinde loşlaştıran veya kapatan otomatik bir sistem	Dış aydınlık düzeylerinin kontrolü. - Bina cephelerinin güneş ışınlarını çevre binalara kontrolsüz ışık yansımaları ile ilgili denetimler. - İç mekandan bina dışına ışık kaçmaması. - Japonya “Light Pollution Countermeasure Guidelines” kaynağındaki referans değerler.	- Dış aydınlatmada gereksiz ışık kullanımından kaçınılması, ulusal standartlardaki değerlerin uygulanması. - Dış aydınlatmaların 23:00-07:00 saatleri arasında kapatılması.	- Binanın içinden dışarıya ışık kaçı olmaması ve dış aydınlatmasından kaynaklanan gökyüzüne yönelen ışık kaçı olmaması. - Aydınlatma tasarımının AS4282-Control of the Obtrusive Effects of Outdoor Lighting standardı ile uyumlu olması - Dış mekanların %95' inin AS1158 standardındaki aydınlık düzeyini karşılaması.
% 1	L PUANI : %2	% 1	% 1,5

Şekil 4.3 : Ele alınan modellerde ‘Işık Kirliliğinin Azaltılması’ konusu.

Aydınlatma Kontrolü

 LEED	 CASBEE	 BREEAM	 GreenStar
• Çok işlevli mekanlarda kullanıcıların aydınlatma sistemine müdahale edebilmesi. • Harekete duyarlı sensörler. • Eğitim binalarında, idari kısımlarının en az %90'ında kullanıcıya bağlı aydınlatma kontrolü bulunması. • Dersliklerde farklı senaryolara hizmet edecek bir aydınlatma sistemi.	• Binadaki her mekanda aydınlatmanın kontrol edilebilmesi. • Harekete duyarlı sensörler. • Odalarda aydınlatma kontrol panellerinin bulunması	• Kontrol sistemlerinin alanlara bölünmüş olması ve kullanıcı kontrolü. • Ofislerde, sirkülasyon ile çalışma alanlarının ayrılmış olması, en fazla 4 çalışma masasının bağımsız kontrol edilebilmesi. • Okullarda, dersliklerde öğretmen tarafından manuel kontrol olanağı sağlanması. • Dış aydınlatmada, güneşiği duyarlı sistemler.	• 100 m2'yi geçmeyen her özel mekanın ayrı anahtarlanmış olması ve bu anahtarların kullanıcıların rahat ulaşabileceği düzende yerleştirilmesi • Tüm kullanım alanlarının %90'ında adreslenebilir aydınlatma sistemleri kullanılması.
% 1	Q PUANI : %2,5	% 2	% 1,5

Şekil 4.4 : Ele alınan modellerde 'Aydınlatma Kontrolü' konusu.

Kamaşma Kontrolü

 LEED	 CASBEE	 BREEAM	 GreenStar
• Güneşiği konusu altında : Güneşin bina içerisine alınması sırasında güneşin yönlendirici ve kamaşmayı önleyici sistemlerin dikkate alınması. • Konutlarda, güney cephelerin en az % 90'ının 21 Haziran'da tamamen gölgeli; 21 Aralık'da ise tamamen gölgesiz olması. • Güneye yönelmiş cephelerin yapılan hesaplama veya simülasyonlarla 21 Aralık tarihinde %25'den fazla gölgelenmemesi.	• Yapının orjinal hali için, güneşin iç mekana kontrollü bir şekilde alınmasının değerlendirilmesi. • Tasarım aşamasında düşünülen perde, gölgelik, saçak, otomatik kontrollü güneş kırıcılar. (kullanıcıların eklemeleri değerlendirme dışı) • Aydınlatma aygıtlarının kamaşmaya sebep olmayacak şekilde tasarlanmış olması.	• Kullanıcı tarafından kontrol edilebilir gölgelemenin sağlanması.	• Tüm açıklıklar ve atriyumlar için sabit gölgeleme elemanlarının, çalışma düzlemine direkt güneş ışınlarının gelmesini çalışma saatlerinin %80'inde engelleyebilmesi. • Jalu ve perdelerin direkt güneş ışınlarının tümünü engellemesi. • Otomatik kontrol edilebilmeleri, kullanıcılar tarafından da ayarlanabilir olmaları.
% 1,5	Q PUANI : % 3	% 1	% 1

Şekil 4.5 : Ele alınan modellerde 'Kamaşma Kontrolü' konusu.

Aydınlatma Enerjisi

 LEED	 CASBEE	 BREAM	 GreenStar
- Aydınlatma enerjisi ihtiyacının konfor koşullarından ödün verilmeksizin minimize edilmesi. - Binadaki aydınlatma güç yoğunluklarının, ASHRAE /IESNA90.1-2007 Standartına uygun olması (ön şarttır) - Aydınlatma güç yoğunlukları bakımından, bu standarttaki değerlerin altına inilmesi durumunda 1-3 puan.	- Aydınlatma sisteminin enerji tüketiminin, Japonya'daki enerji korunumu yasasında öngörülen değerlerin içinde kalabilmesi Doğal ışığın doğrudan kullanımı: ışık rafı, çatı ışıklığı, yüksek pencereler. - Aydınlatma sisteminde kullanılan elemanlar hakkında bilgi verilmesi.	- Dış aydınlatmada, enerji etkin aydınlatma sistemi ve günüşi duyarlı kontrol sisteminin bulunması. - Bina dışı alanlarda, otoparklarda minimum etkinlik değerini sağlayan lambaların kullanımı. Yüksek frekanslı balastların kullanımı. (ön şarttır)	- Binadaki sabit enerji harcamalarının sistemlere göre ayrı ayrı ölçülmesi. - Her kat veya kullanıcı için enerji tüketimlerinin ayrı ölçülmesi. Yüksek frekanslı balastların kullanımı. (1 puandır) - Tüm kullanım alanlarının %95'inde çalışma düzleminde; aydınlık düzeyinin 100 Lux olması için 2,5W/m2 miktarında enerji kullanımı 1 puan, 2,0W/m2, 2 puan ve 1,5W/m2, 3 puan.
% 3	Q PUANI : % 4,4	% 2	% 4,2

Şekil 4.6 : Ele alınan modellerde ‘Aydınlatma Enerjisi’ konusu.

Aydınlık Düzeyleri

 LEED	 CASBEE	 BREAM	 GreenStar
Görsel konfor sağlanması için gerekli aydınlık düzeylerinin sağlanması. (IES)	- Farklı kullanım alanları için gereken aydınlık düzeylerine göre puanlandırma. - Aydınlığın düzenli dağılımı ve çalışma düzlemi ile hacimdeki genel parıltı düzeylerinin oranlarına göre puanlama.	Görsel konfor sağlanması için gerekli aydınlık düzeylerinin sağlanması için iç ve dış aydınlık düzeylerinin CIBSE Code for Lighting 2004 dökümanındaki değerleri sağlaması. (İngiltere dışında, Avrupa ülkeleri için EN-12464 standartındaki değerler referans alınmaktadır)	Tüm kullanım alanlarının %95'inde yapma aydınlatma ile sağlanan aydınlık düzeyinin en fazla 400 lux olması.
	Q PUANI : % 1,5	% 1	% 1

Şekil 4.7 : Ele alınan modellerde ‘Aydınlık Düzeyleri’ konusu.

5. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA İLE İLGİLİ YÖNETMELİK VE STANDARTLAR

Sürdürülebilir bina sertifika modellerinin yanı sıra, binalar tarafından karşılanması zorunlu olan bazı yönetmelikler ve ilişkili standartlar bulunmaktadır. Bu yönetmelik ve standartlarla, günümüz şartlarına göre aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilir olmaları hedeflenmektedir. Çalışmada, ABD, AB ve Türkiye’deki yönetmelik ve standartlar ele alınmış ve özetlenmiştir.

5.1 ABD Standartları

Bu çalışma kapsamında ABD’ de kullanılan Amerikan Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute - ANSI), Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Kurumu (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers - ASHRAE) ve Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Kurumu (Illuminating Engineering Society of North America - IESNA) tarafından hazırlanan ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007 “Alçak Katlı Konutlar Dışındaki Binalar İçin Enerji Standartı” ve 2010 yılında kullanılmaya başlanacak olan ASHRAE, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) ve IESNA tarafından hazırlanan ASHRAE/USGBC/IESNA 189.1P “Alçak Katlı Konutlar Dışındaki, Yüksek Performanslı Yeşil Binalar İçin Tasarım Standartı” incelenmiştir [49], [56].

1975 yılında ilk kez hazırlanan 90.1 enerji standardı, 2007’de en güncel durumuna kavuşmuş ve 189.1P standardına da temel olmuştur. 189.1P standardı, diğer standartta yer alan ve her binanın zaten karşılaması gereken değerlerin daha iyisine ulaşan binaları yeşil bina olarak değerlendirmektedir.

5.1.1 Binalarda enerji standardı (90.1 - 2007)

İlk kez 1975’ de kabul edilen ve tam adı, “Alçak Katlı Konutlar Dışındaki Binalar İçin Enerji Standartı” olan bu standart belirli dönemlerde güncellenerek 2007’de son halini almıştır. Amacı söz konusu bu binaların enerji etkin tasarımlarında en düşük

gereksinimleri belirlemek olup; bunu yeni yapılacak bina ve sistemler, binalarda yeni yapılacak bölümler ve sistemleri ile var olan binalara yeni yapılacak sistemler için ortaya koymaktadır. Standartın öngörülerinin, binanın kabuğu ve aşağıda belirtilen sistemlerinin alt bileşenleri üzerinde, güvenlik, sağlık ve çevresel gereksinimlerden ödün vermeden uygulanacağı belirtilmektedir;

- Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri
- Su ısıtma sistemleri
- Elektrik gücü dağılımları ve ölçümleri
- Elektrik motorları
- Aydınlatma sistemleri

Aydınlatma başlığında, standardın kapsamında olan konular; binaların iç mekanları, cephe, aydınlatılmış çatılar, giriş ve çıkışlar, saçaklar gibi binaların dış bileşenleri ve binadan beslenen dış aydınlatmalar olarak tanımlanmıştır. Binaların normal kullanımlarında devre dışı olan acil durum aydınlatmaları, konutlardaki aydınlatmalar, sağlık veya güvenlik yönetmeliklerine göre tasarlanmış binaların aydınlatmaları ve dekoratif gaz lambalı sistemler standart kapsamı dışında tutulmuştur.

Var olan aydınlatma sistemlerinin bakım ve yenilenmelerinde, aydınlatma elemanlarının %50'sinden fazlasının değiştirilmesi durumunda, yeni sistem standartta verilen aydınlatma güç yoğunluğu (Lighting Power Density - LPD) sınırlarında tutulmalıdır.

Kurulu iç mekan aydınlatma gücünün, aydınlatma elemanları, lambalar, balastlar ve kontrol aygıtlarını içerdiği belirtilmekte ve aydınlatma ürünlerinin güçleri ile ilgili hesaplamalarda; enkandesan veya halojen lamba kullanan aygıtlarda maksimum lamba gücü hesaba katılırken, raylı aydınlatma sistemlerinde ray üzerinde her 1 metre için yaklaşık 100W güç hesaba girmektedir.

Bu standart, binalardaki aydınlatma sistemlerinin güçlerinin kullanılan alan ile oranı olan “aydınlatma güç yoğunluğu” değerlerini kontrol etme üzerine kurulmuştur. Alternatif olarak sunulan iki yöntemden birincisi, “bina alanı metodu”, değerlendirilen binanın aydınlatma sisteminin, o bina tipolojisi için izin verilen en yüksek aydınlatma güç yoğunluğu değerlerinin içerisinde kalmasını kontrol

etmektedir. Sınır değerlerin verildiği tablo Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : “Binalarda enerji standardı 90.1-2007”de bina tipolojilerine göre izin verilen en yüksek sınır aydınlatma güç yoğunluğu değerleri.

Bina Tipolojisi	W/ft ²	W/m ²	Bina Tipolojisi	W/ft ²	W/m ²
Otomotiv tesisleri	0,9	9,7	Çok aileli konutlar	0,7	7,5
Kongre merkezi	1,2	12,9	Müze	1,1	11,8
Mahkeme	1,2	12,9	Ofis	1	10,8
Yeme-içme (bar,dinlenme)	1,3	14,0	Kapalı otopark	0,3	3,2
Yeme-içme (fastfood)	1,4	15,1	Cezaevi	1	10,8
Yeme-içme (restoran)	1,6	17,2	Tiyatro	1,6	17,2
Öğrenci yurdu	1	10,8	Polis merkezi / İtfaiye	1	10,8
Egzersiz salonu	1	10,8	Postane	1,1	11,8
Spor salonu	1,1	11,8	Dini yapılar	1,3	14,0
Klinik	1	10,8	Alış veriş yapıları	1,5	16,1
Hastane	1,2	12,9	Okul / Üniversite	1,2	12,9
Otel	1	10,8	Spor sahaları	1,1	11,8
Kütüphane	1,3	14,0	Belediye binası	1,1	11,8
Üretim tesisleri	1,3	14,0	Ulaşım yapıları	1	10,8
Motel	1	10,8	Depolar	0,8	8,6
Sinema	1,2	12,9	Atölyeler	1,4	15,1

İkinci yöntem olan “mekan-mekan metodu” ise, farklı bina tipolojilerinde yer alabilecek mekan tipleri için izin verilen en yüksek sınır aydınlatma güç yoğunluğu değerlerini vererek, binadaki her bir mekanın bu değerler içerisinde kalmasını kontrol etmektedir. Bu yöntem, mekanlar arasında değer alış verişine izin vermekte ve dekoratif aydınlatma ürünlerini, ek aydınlatma güçleri olarak ayrıca hesaba katmaktadır. Buna göre, dekoratif ürünler, avizeler. vb için 11W/m² değeri üst sınır kabul edilmiştir. İç mekandaki kurulu aydınlatma güçleri hesaplanırken, standarta göre şu durumlarda ışık kaynakları kapsam dışında bırakılmaktadır;

- Galeri ve müzelerdeki vurgu aydınlatmaları
- Dekoratif ürünlerde, üretici tarafından ürüne entegre edilmiş ışıklar
- Sağlık servisleri için özel tasarlanmış aydınlatma sistemleri
- Buzdolabı ve dondurucuların ışıkları
- Yemek hazırlama ve ısıtma aletlerinin ışıkları
- Bitki yetiştirme amaçlı ışıklar
- Görme bozuklukları ve yaşla ilgili özel tasarımlarda
- Alışveriş alanlarında vitrin aydınlatmaları
- Tescilli tarihi binaların iç mekan aydınlatmaları
- Yönlendirici işaretlerin ışıkları
- Satılmak üzere sergilenen veya aydınlatma ile ilgili eğitim uygulamalarında kullanılan aydınlatma elemanları
- Performans, sahne, film yapımı, video yapımı amaçlı aydınlatmalar
- Sportif faaliyetlerde tv çekimi için gerekli ışıklandırma
- Casino ve oyun alanlarındaki aydınlatma

Aydınlatma sistemlerinin kontrollerinin, mekanların kullanılmadığı zamanlarda aydınlatmaların kapanması, her mekanda en az bir adet görülebilen bir yerde kontrol aygıtının bulunması ve dış aydınlatmaların günüşiğının yeterli olduğu zamanlarda otomatik kapanmasını sağlayacak şekilde tasarlanması istenmektedir.

Lambaların kablolamasının atlamalı olarak yapılması gerektiği üzerinde durulmuş ve buna yönelik kriterler belirtilmiştir.

Dış aydınlatmalar için, 100W üzeri lambalar için en az 60 lm/W etkinlik sınırı istenmekte ve tüm dış aydınlatmaların güç yoğunluklarının verilen tabloya uygun olması gerekmektedir.

5.1.2 Yüksek performanslı yeşil binalar standardı (Standard 189.1P)

2010'da yürürlüğe girmesi planlanan bu standart, Mayıs 2009'da yorum almak üzere üçüncü kez taslak olarak sunulmuştur. Standardın amacı şu şekilde tanımlanmıştır:

“Çevresel sorumlulukları, kaynakların etkin kullanımını, kullanıcı konforunu ve halk

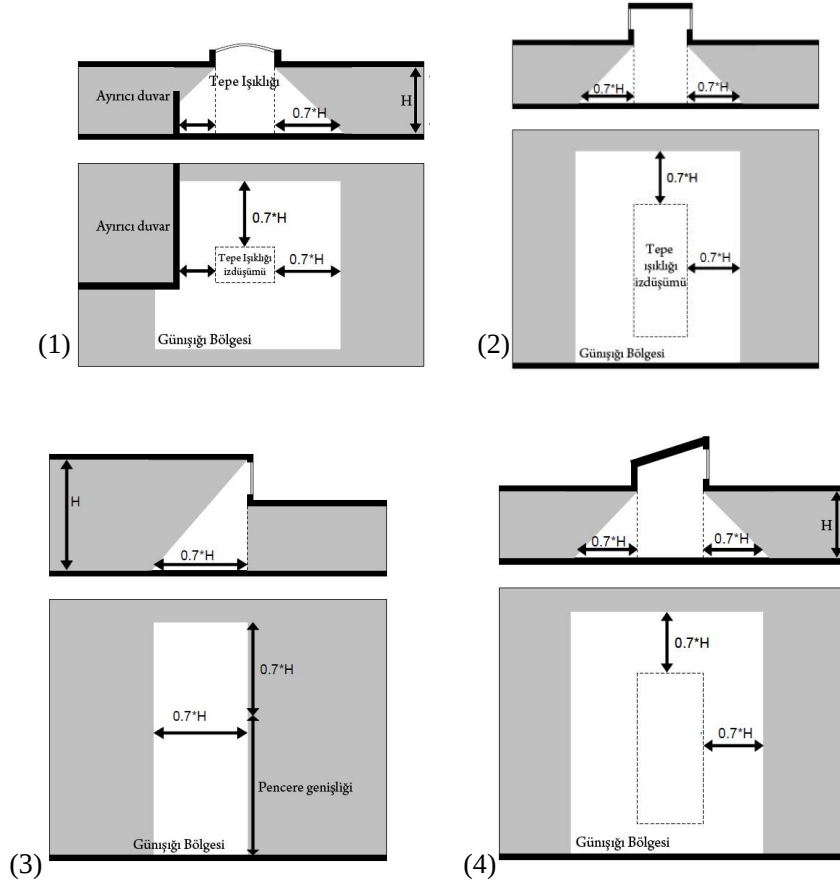
duyarlılığını oluşturmak, bunun yanında, bugünün gereksinimlerini gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yetisine engel olmadan karşılayan kalkınma hedeflerini desteklemek amacıyla; yüksek performanslı yeşil binaların, yerleşimi, tasarımı, yapımı ve işletme planları için en düşük gereksinimleri belirlemek.”

Standart, yeni binalar ve sistemleri, binaların yeni bölümleri ve sistemleri ile var olan binaların yeni sistem ve ekipmanları için; sürdürülebilir yerleşim, etkin su kullanımı, enerji etkinliği, iç mekan çevresel kalite ve binaların atmosfere etkisi konusunda kriterler sunmaktadır.

Sürdürülebilir yerleşim yeri başlığında, dış aydınlatma ile ilgili ışık kirliliğini önlemeye yönelik kriterler bulunmaktadır. Işık kirliliğini önlemek için; binanın dış aydınlatmalarının toplamda izin verilen aydınlık düzeyi değerleri içerisinde kalması, dış aydınlatma elemanlarının zemin dışındaki bölgelere izin verilen düzeyden fazla ışık kaçırmaması, kamaşma sınır değerlerine uyulması, bina arsası dışına kaçan ışıkların belirtilen düzeylere uygun olması (ki bu değerler en fazla 15 lx olarak belirlenmiş), geçici kullanım için 250W altındaki aydınlatma elemanları veya toplam 2000W altında bir aydınlatma sisteminin kullanılması, özel izinler olmadıkça gökyüzüne sonsuz ışık atışı yapan aygıtların ve lazer ışık atışlarının yasaklanması ve 200000 lümen veya 2000000 cd altındaki lambaların kullanılmasını gerektiren kriterler belirtilmiştir.

Enerji etkinliği başlığında, aydınlatma güç yoğunluğunun, “binalarda enerji performansı (90.1-2007)” standardında belirtilen değerlerin en fazla 0,9 katı değerlerine ulaşmış olması, yani standart değerden yaklaşık %10 daha düşük bir değerde olması gerektiği yer almaktadır. Ayrıca söz konusu binalarda kullanıcı duyarlı aydınlatma kontrolleri kullanımı, dış mekanlar için otomatik açma-kapama kontrolü ve günışığı bölgelerinde günışığı duyarlı kontrol sistemleri kullanımı gerekmektedir. Ayrıca bu başlık altında, bina alt sistemlerinin enerji tüketimleri ayrı sayaçlarla ölçülmesi gerektiği de belirtilmiştir. Binaların tasarımda öngörülen ve standardın o bina için öngördüğü enerji performanslarının, bina enerji simülasyonu yazılımları ile hesaplanması istenmektedir. Bu hesaplamalarda çıkan sonuçlara göre, standardın istediği düzey ile tasarımda öngörülen düzey karşılaştırılmaktadır. Simülasyonda, aydınlatma gücüne tasarımda ele alınan tüm iç mekandaki lambalar, balastlar, aydınlatma elemanları, otopark alanı ve cephe aydınlatmaları ile aydınlatma kontrollerinin olumlu etkileri dikkate alınacaktır.

Günişliğin binalarda kullanımı ile ilgili, yatay ve düşey açıklıklara yönelik, gerekli pencere oranları ile ilgili kriterler verilmiştir. 2000 m² alana sahip binalar için çatı ışıklıkları kriterleri belirtilmiş ve bu kriterler çatı ışıklığı ile günişliğin oranları üzerinedir. Ayrıca günişli bölümleri için en düşük yüzey ışık yansıtma oranları verilmiştir. Günişli bölümleri ise Şekil 5.1’deki oranlarla tanımlanmıştır.



Şekil 5.1 : “Yüksek Performanslı Yeşil Binalar Standartı: 189.1P”de çatı ışıklıklarına bağlı günişli bölümleri.

Gölgeleme elemanlarının kullanımı istenmiş, bu elemanların dışarıdan veya içeriden uygulanabileceği belirtilmiştir. Çevre binalar ve ağaç, bitki gibi doğal engeller bu değerlendirmenin dışında tutulmaktadır.

Ofis ve sınıflarda günişli ile ilgili aydınlatma simülasyonu yapılması ve şu iki durumun belgelenmesi istenmektedir;

- Günişli bölümlerinin %75’inde, zeminden 1m yükseklikteki çalışma düzleminde 300 lux düzeyi (ekinoks tarihleri, öğle saati).
- Mekanın %20’sinden fazlasına direkt güneş ışığı gelmemesi durumu (ekinoks tarihleri, gün boyu).

5.2 AB Ülkelerinde Yönetmelik ve Standartlar

Bu çalışma kapsamında AB ülkelerinde kullanılan; “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC)”, “Ev Aletlerinin Enerji Ve Diğer Kaynakları Tüketiminin Sınıflandırma Ve Standart Ürün Bilgileri Yoluyla Belirtilmesi Yönetmeliği (92/75/EC)” ve “Enerji Kullanan Ürünler İçin Eko-Tasarım Gereksinimlerini Belirleme Yönetmeliği (2005/32/EC)” ele alınmıştır [57], [58], [59]. Bu yönetmeliklerin referans olarak gösterdiği ve aydınlatma sistemleri ile doğrudan ilişkili bazı standartlar da kapsam içerisine dahil edilmiştir. Çizelge 5.2’de AB ülkelerinde kullanılan ve bu çalışmada incelenen yönetmelikler ve ilişkili oldukları yönetmelikler (veya standartlar) gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : Ele alınan AB yönetmelikleri.

Yönetmelikler	İlişkili yönetmelik veya standartlar
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC) [57].	•EN15193: Aydınlatma için enerji gereksinimleri standardı [60]. •EN12464-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması standardı [26].
Enerji sınıflandırma yönetmeliği (92/75/EC) [58].	•Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği (98/11/EC) [61].
Eko-tasarım gereksinimleri yönetmeliği (2005/32/EC) [59].	•Lamba, balast ve aydınlatma elemanları için eko-tasarım gereksinimleri (245/2009) [62].

5.2.1 Binalarda enerji performansı yönetmeliği (2002/91/EC)

Aralık 2002’ de kabul edilen “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”, AB ülkelerinde tüketilen enerjinin %40’ından sorumlu olan binaların, enerjiyi daha verimli kullanmaları için düzenlenmiştir. Geçmiş tarihli yönetmeliklerin enerji korunumu konusunda olumlu sonuçlar verdiği ancak üye ülkelerin enerji korunumları arasında büyük farklılıkların olduğu, buradan yola çıkarak da ülkeler arasında ortak bir yöntemin geliştirildiği belirtilmektedir.

Madde 1’ de yönetmeliğin amacı; iç ve dış mekan iklim koşullarını, maliyet etkinliğini ve bölgesel şartları dikkate alarak, AB içerisinde binaların enerji performanslarını artırmayı teşvik etmek olarak açıklanmaktadır. Bu amaca yönelik olarak şu uygulamalar gerekmektedir;

- Ortak bir yöntemle binaların bütüncül enerji performansının hesaplanması.
- Yeni binalar için en düşük enerji performansı gereksinimlerinin belirlenmesi.
- Yenilenecek büyük ölçekli binalar için en düşük enerji performansı gereksinimlerinin belirlenmesi.
- Binaların enerji sertifikasyonu.
- Binalarda kazan ve havalandırma sistemlerinin denetlenmesi.

Madde 2’de yönetmelikte bulunan, “bina”, “bir binanın enerji performansı”, “enerji performans sertifikası”, “CHP (ortak ısı ve güç)”, “havalandırma sistemi”, “kazan” ve “ısı pompası” gibi kavramların tanımı yapılmaktadır. Madde 3’de, üye ülkelerin ülke veya bölge bazında bir enerji performansı hesaplama yöntemi uygulayacakları ve bu yöntemin şu ilkeler doğrultusunda geliştirileceği belirtilmektedir:

- Binaların ısı karakterleri
- Isıtma ve sıcak su sistemleri ile bu sistemlerin yalıtım özellikleri
- İklimlendirme sistemleri
- Havalandırma
- Aydınlatma sistemleri (konut sektörü dışında)
- Binaların konum ve yönelmeleri
- Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma
- Doğal havalandırma
- Tasarlanmış iç mekan iklim şartları

Ayrıca uygun olan durumlarda, şu durumların olumlu katkıları da hesaplamaya dahil edilmelidir:

- Aktif güneş sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan ısıtma ve elektrik sistemleri

- Birleşik ısı ve güç yöntemi ile elektrik üretilmesi
- Yakın yerleşim ölçeğinde ısıtma ve soğutma sistemi
- Doğal aydınlatma

Her iki sene sonunda tekrar gözden geçirilecek bu ilkeler doğrultusunda hazırlanacak olan hesaplama yöntemi sonunda, binaların CO₂ salım göstergesini de içeren, enerji performansı sonuçlarının şeffaf bir şekilde ortaya konması gerektiği belirtilmektedir. Madde 7’de bu hesap sonuçlarının bulunduğu binaların enerji performansı sertifikaları tanımlanmaktadır. Bu sertifikalar, binalar yapılırken, satılırken veya kiralanırken hazır bulundurulacak ve süreleri 10 seneyi aşmayacak şekilde yenileneceklerdir. Sadece bilgilendirme amaçlı olacak bu sertifikaların, açık şekilde gösterimleri ile binalar arasında karşılaştırma yapılacak ve enerji performanslarının artırılması bu şekilde teşvik edilecektir. Madde 8’de kazanların, Madde 9’da ise iklimlendirme sistemlerinin denetimleri ile ilgili bilgilere yer verilmiş ve Madde 10’da, gerek bu denetimlerin gerekse binanın sertifikalandırılmasının, bu iş için yetkili bağımsız uzmanlar tarafından yapılması gerekliliği üzerinde durulmuştur.

5.2.1.1 EN 15193: Aydınlatma için enerji gereksinimleri standardı

2006’ da kabul edilen bu standart, “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” gereğince bina aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimlerinin belli sınırlar içerisinde kalmasını hedeflemekte ve bunun için bir hesap yöntemi olarak ortaya konmaktadır. Bu standartla birlikte, aydınlatma sistemine dahil olan her alt sistemin enerji tüketiminin hesaplanması ile aydınlatma kontrollerinin etkinliği hakkında da daha belirgin sonuçlar ortaya konmaktadır. Aynı zamanda, doğru bir aydınlatma için bu standardın yanı sıra “EN 12646-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması” standartının da gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Ofisler, eğitim yapıları, hastane, oteller, restoranlar, spor tesisleri, ticari yapılar ve üretim tesisleri bu standart kapsamındadır.

Standardın hesap yöntemi ile binada aydınlatma için harcanan toplam güç, bu gücün yıllık değeri ve yıllık değerlerin bina alanına oranı olan LENI değeri hesaplanmaktadır. LENI değeri binanın aydınlatma enerjisi göstergesi olup, benzer işleve sahip farklı büyüklükteki binaların aydınlatma enerji tüketimlerinin karşılaştırılabilmesini sağlamaktadır. Standarda göre bir binanın belli bir zaman dilimi için toplam aydınlatma enerjisi şöyle hesaplanmaktadır (5.1) - (5.3):

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ [kWh]} \quad (5.1)$$

- $W_{L,t}$: Belli bir zaman dilimindeki, aydınlatma işlevi için gerekli enerji
- $W_{P,t}$: Belli bir zaman dilimindeki, parazit enerji harcaması (aydınlatma ürünlerinin bekleme durumunda harcadığı enerji, acil durum aydınlatmalarının batarya şarjları gibi)

$$W_{L,t} = \sum \{ (P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)] \} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (5.2)$$

$$W_{P,t} = \sum \{ \{ P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{em} \times t_{em}) \} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (5.3)$$

- P_n : Hesaplanan alandaki aydınlatma elemanlarının toplam gücü (watt)
- P_{pc} : Hesaplanan alandaki aydınlatma kontrollerinin toplam gücü (watt)
- P_{em} : Hesaplanan alandaki acil durum aydınlatmalarının şarj güçleri (watt)
- F_c : Toplam kurulu aydınlatma gücünün kullanım süresi ile ilişki parametre
- F_o : Kullanım süresine bağlı, toplam kurulu aydınlatma gücünün kullanımı ile ilişkili parametre
- F_D : Mekandaki günışığına bağlı, toplam kurulu aydınlatma gücünün kullanımı ile ilişkili parametre
- t_y : Standard yıllık zaman (8760 saat olarak hesaba girmekte)
- t_D : Günışığı alınan zamanda, mekanın kullanım süresi (saat)
- t_N : Günışığı alınamayan zamanda, mekanın kullanım süresi (saat)
- t_{em} : Acil durum aydınlatmalarının şarj süreleri (saat)

Formülde kullanılan parametrelerden anlaşılabacağı üzere, hesaplanan alandaki aydınlatma sisteminin enerji tüketiminin, yapma aydınlatma elemanları, acil durum aydınlatmaları, aydınlatma kontrol sistemi, mekandaki günışığı ve tüm bu girdilerin sürelerine bağlı olduğu kabul edilmektedir. Günışığı ile ilgili hesaplamalarda, binanın günışığına göre bölümlenmesi, günışığı temini, düşey açıklıklar, çatı ışıklıkları ve günışığına bağlı kontrol sistemleri hesaba katılmaktadır. Formüllerin zaman parametresinin (t) yıl olarak kabul edilmesi ve hesaplanan toplam aydınlatma gücünün (W), kullanım alanıyla (m²) oranlanması sonunda LENI değeri elde

edilmektedir (5.4):

$$LENI = W/A [kWh/(m^2 \times yıl)] \quad (W = WL + WP). \quad (5.4)$$

LENI değeri, binanın toplam yıllık tüketimine dahil edilerek o binanın enerji performansının belirlenmesinde etkili olmaktadır.

5.2.1.2 EN 12464-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması standardı

2002’ de kabul edilen standart, insanların görsel işlerini etkin ve eksiksiz yerine getirebilmeleri için yeterli ve doğru bir aydınlatmaya gereksinim duyulduğunu belirterek bu amaçla çalışma mekanları ve ilgili diğer mekanların aydınlatma gereksinimlerini vermektedir. Bu standardın özel çözümler sunmadığı, tasarımcıların yeni teknikler keşfetme özgürlüklerini sınırlamadığı ve yenilikçi ekipmanların kullanımını engellemediği konusuna dikkat çekilmiştir.

Çizelge 5.3 : “Çalışma mekanlarının aydınlatılması standardı: EN 12464-1”de, ofis mekanları için önerilen sınır değerleri.

Mekan ve iş türü	$E_m (lx)$	UGR	R_a	Notlar
Dosyalama, kopyalama	300	19	80	
Yazma, okuma, bilgi işlem	500	19	80	Monitörler için standarda bakın
Teknik çizim	750	16	80	
CAD çalışma merkezi	500	19	80	Monitörler için standarda bakın
Seminer ve toplantı odaları	500	19	80	Aydınlatma kontrol edilmeli
Resepsiyon bankosu	300	22	80	
Arşiv	200	25	80	

“Görsel iş”, “iş alanı”, “çevreleyen alan”, “en düşük aydınlık düzeyi”, “siperlik açısı”, “aydınlığın düzgünlüğü” kavramları tanımlanmıştır. Aydınlatma şartları, insanların 3 temel gereksinimi; görsel konfor, görsel performans ve güvenlik konuları dikkate alınarak belirlenmiş ve şu başlıklarda incelenmiştir:

- Işık dağılımı: Gözün adaptasyonunu etkileyen ışık dağılımının, görsel netlik, kontrast hassaslığı ve gözün fonksiyonlarını artıracak özellikte olması gerektiği; görsel konfor için kamaşmayı artıracak çok yüksek-çok alçak aydınlık düzeyleri ve çok yüksek-çok alçak kontrast farklarından kaçınılması gerektiği belirtilmektedir. İç mekan yüzeyleri için uygun yansıtma katsayıları aralıkları verilmiştir.

- **Aydınlık düzeyi:** Görsel iş ve yakın çevredeki aydınlık düzeyleri ele alınmış ve her mekan tipi için gerekli aydınlık düzeyleri tablo ile belirtilmiştir. Belirtilen bu gerekli aydınlık düzeylerinin ayrıca verilen aydınlık düzeyi skalasındaki bir düşük değer veya bir yüksek değeri yakalama şartları belirtilmiştir.

20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 - 5000(lx)

Örneğin, tabloda 300 lx aydınlık düzeyi gerekli gösterilen bir alanda yapılacak iş kritikse, o noktadaki aydınlık düzeyi 500 lx olmalıdır. Bu skala aynı zamanda, kontrast değerini belirlerken yakın çevredeki aydınlık düzeylerinin belirlenmesinde de kullanılmalıdır. Görsel iş için 300 lx aydınlık düzeyi öngörülen bir çalışma alanının yakın çevresi, skaladaki bir düşük değer olan 200 lx düzeyi ile aydınlatılmalıdır.

- **Kamaşma:** Her mekan türü için kamaşma sınır değerlerinin verildiği tabloya uyulması gerektiği, kamaşma değerinin hesap yöntemi, aydınlatma elemanlarında kamaşma önleyici siperlikler için gerekli açılar ve yüzey-aygıt yansımaları kamaşma başlığı altında incelenmiştir.
- **Yönlendirilmiş ışık:** Objeleri ön plana çıkarmaya, dokuları göstermeye ve kullanıcıların görünümelerini artıran yönlendirilmiş (spot) ışığın, sert gölgeler oluşturacak kadar dik açılı ve modelleme özelliğini kaybedecek kadar yaygın şekilde olmaması gerektiği belirtilmiş, ancak herhangi bir sayısal ölçüt ortaya konmamıştır.
- **Renk sıcaklığı ve renksel geriverimi:** İki kategoride ele alınan renk konusu ile ilgili, lamaların renk sıcaklıklarının 3 grup dahilinde olması gerektiği belirtilmiştir. Bunlar; sıcak (3300K altı), orta (3300-5300K) ve soğuk (5300K üzeri) olarak tablolanmıştır. Renksel geriverim özellikleri bakımından da Ra: 80 altındaki değere sahip lambaların insanların uzun süreler çalışacağı veya kalacağı iç mekanlarda kullanılamayacağı belirtilmiştir.
- **Titreme:** Lambalarda düşük frekanslı besleme yapılması sonucunda oluşan titreme etkisinin, baş ağrısı gibi fizyolojik rahatsızlıklara sebep olacağı bu nedenle lambaların yüksek frekanslı balastlarla kullanılması gerektiği belirtilmektedir.
- **Günişliği:** Günişliğinin avantajlarından bahsedilmekte ve günişliğini mekan içine

alacak açıklıklar önerilmektedir. Pencereleer ile dış görüş sağlanması ve açıklıklarda kamaşmayı önleyecek gölgelemelerin üzerinde durulmaktadır.

Standartta, lambaların bakım faktörlerinin de hesaba katılmasıyla oluşturulan her mekan türü için sınır aydınlatma değerleri verilmiştir. Çizelge 5.3’de ofis mekanları için verilen sınır değerler örnek olarak gösterilmiştir.

5.2.2 Enerji sınıflandırma yönetmeliği (92/75/EC)

Tam adı, “Ev Gereçlerinin Enerji Ve Diğer Kaynakları Tüketiminin Sınıflandırma Ve Standart Ürün Bilgileri Yoluyla Belirtilmesi Yönetmeliği” olan yönetmelik, Eylül 1992’ de kabul edilmiş ve Aralık 2008’de eklentilerle bugünkü halini almıştır [58]. Madde 1’ de belirtilen şekliyle amacı; kullanıcıların enerji etkin ürünleri seçebilmesi için, ev gereçlerinin enerji ve diğer kaynakları tüketimlerinin sınıflandırma ve teknik bilgilendirme yoluyla standardize edilmesidir. Yönetmelik kapsamında bulunan ev gereçleri;

- Buzdolabı, dondurucular ve uyumlu aletler
- Çamaşır makineleri, kurutucular ve uyumlu aletler
- Bulaşık makineleri
- Fırınlar
- Su ısıtıcıları ve sıcak su depolama ürünleri
- Işık kaynakları
- Havalandırma ürünleridir.

Madde 1’de, yönetmelikte yer alan, pazarlayan kişi, üretici, bilgilendirme sayfaları, su ve kimyasallar gibi elektrik dışındaki diğer kaynaklar gibi kavramların tanımları yapılmıştır. Madde 2’de ev gereçlerinin elektrik tüketimlerine dair bilgilerin etiketleme ile kullanıcıya bildirilmesi gerektiği ve bu etiketleme ile ilgili detayların her ürün grubuna özel geliştirilmiş yönetmeliklerde bulunacağı

belirtilmiştir. Bilgilendirme amaçlı bu etiketin içeriği şu şekilde açıklanmıştır;

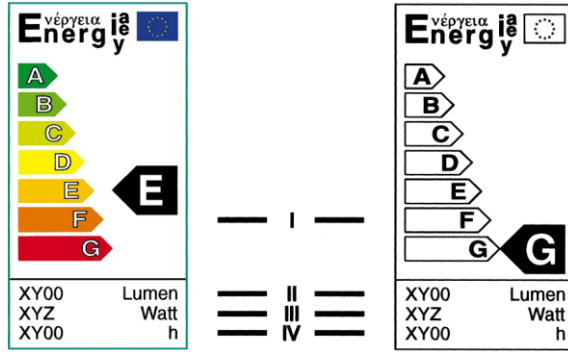
- Ürün hakkında genel bir tanıtım
- İlgili tasarım hesaplarının sonuçları
- Ürünler hakkında test raporları

Madde 3'e göre, tüm üreticilerin bu yönetmelik ve ürün grupları ile ilgili diğer yönetmelikler doğrultusunda etiketleme sağlaması ve etiketlemenin yanı sıra da, tüm ürün broşürlerinde bulunacak olan ürün bilgi fişi hazırlaması gerekmektedir. Üreticiler bu etiket ve ürün fişinin doğruluğundan sorumlu olacak ve bilgilerin yayınlanmasına izin vermiş sayılacaklardır. Ürünlerin sergilemesi ile ilgili olan Madde 4'de, satıcıların ürünün sergilenmesi sırasında enerji etiketini ürüne eklemesi gerektiği, üreticilerin bu etiketleri satıcılara ücretsiz tedarik etmeleri gerektiği ve Madde 5'te de, kullanıcıların ürünleri görmeden sipariş vermeleri durumunda (e-posta, katalog yoluyla gibi), satın almadan önce bu etiketlerin alıcıya gösterilmesi gerektiği belirtilmektedir. Madde 7'ye göre, yanıltıcı etiketlemeler yasaklanmıştır. Madde 8'de yönetmeliğe uyumlu her ürünün piyasaya sunulmakta serbest olduğu ve ülke yönetimleri tarafından engellenemeyeceği veya sınırlandırılmayacağı, karşıt bir delil olmadığı sürece bu ürünlerin etiket ve fişlerinin yönetmeliğe uygun olduğu kabul edileceği belirtilmektedir. Diğer maddeler, yönetmeliğin işleyişine dair bilgiler içermekte, ürün gruplarına özel yönetmeliklerin hazırlanacağı, yönetmeliğin yenilenme süreleri, bu yönetmeliğin kabulü ile iptal olan geçmiş yönetmelikler ve üye ülkelerin bu yönetmeliğe uyum sürelerine değinilmektedir.

1998'de, bu yönetmeliğin kapsamına giren ışık kaynaklarına dair sınıflandırma ve etiketleme kriterlerini içeren 98/11/EC yönetmeliği kabul edilmiştir.

5.2.2.1 Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği (98/11/EC)

Enerji sınıflandırma yönetmeliğini destekleyen bu yönetmeliğin kapsamında, (ev kullanımı dışında olsalar dahi) kompakt ve lineer floresan lambalar bulunmaktadır. 6500 lümen üzerinde ışık akısına sahip lambalar, 4W altında güce sahip lambalar, reflektörlü lambalar, bataryalı lambalar ise kapsam dışında bırakılmıştır. Yönetmelik, lambaların enerji etiketlerinin her bir ürün paketinin üzerinde olmasını, katalog gibi yayınlarda bulunmasını gerektirmektedir. Lambaların enerji etiketleri Şekil 5.2' de gösterildiği şekilde tanımlanmıştır. Bu etikete göre, lambaların paketleri üzerinde; lambanın yönetmelikte belirtilen kriterlere göre belirlenen enerji sınıfı, ışık akısı, gücü ve saat cinsinden ömrünün gösterilmesi gerekmektedir. Etiketler, renkli ve siyah-beyaz olarak sunulmakta ve etiketin grafiği ile ilgili renksel ve boyutsal değerler verilmektedir. Etiketler, ürün bilgi fişi yerine de kullanılabilir.



I. Enerji sınıfı. II. Işık akısı. III. Lamba Gücü. IV. Lambanın kullanım ömrü (saat).

Şekil 5.2 : “Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği: 98/11/EC”nin tanımladığı lambaların enerji etiketi.

Yönetmeliğin Ek 4. dokümanı, lambaların enerji sınıfı kriterlerinin bulunduğu dokümandır ve A sınıfı kriterlerini şu şekilde belirlemiştir (5.5) - (5.7):

- Entegre balastsız floresan lambalar için;

$$W \leq 0,15 \sqrt{\Phi} + 0,0097 \Phi \quad (5.5)$$

- Diğer lambalar için;

$$W \leq 0,24 \sqrt{\Phi} + 0,0103 \Phi \quad (\Phi : \text{Işık akısı } W : \text{Lamba gücü}) \quad (5.6)$$

A sınıfı kriterlerini karşılayamayan lambaların sınıflandırılması ise, lamba gücünün (W), referans bir güçle (W_R) olan oranının bulunması ve bu oranın yönetmelikte verilen tabloda (Çizelge 5.4) karşılığının kabul edilmesi ile gerçekleştirilmektedir:

$$W_R = 0,88 \sqrt{\Phi} + 0,049 \Phi \quad (\Phi > 34 \text{ lümen ise})$$

$$W_R = 0,2 \Phi \quad (\Phi \leq 34 \text{ lümen ise}), (\Phi : \text{Işık akısı})$$

$$W / W_R = E1 \quad (5.7)$$

Çizelge 5.4 : “Evlerde kullanılan lambaların enerji etiketleri yönetmeliği: 98/11/EC”de lambaların enerji sınıfı kriterleri.

Enerji etkinlik sınıfı	Enerji etkinlik
B	$E_1 < \%60$
C	$\%60 \leq E_1 < \%80$
D	$\%80 \leq E_1 < \%95$
E	$\%95 \leq E_1 < \%110$
F	$\%110 \leq E_1 < \%$
G	$E_1 \geq \%130$

5.2.3 Eko-tasarım gereksinimleri yönetmeliği (2005/32/EC)

Tam adı, “Enerji Kullanan Ürünler İçin Eko-Tasarım Gereksinimlerini Belirlemek İçin Çerçeve Kurma Yönetmeliği” olan bu yönetmelik Temmuz 2005’ de kabul edilmiş, 2008 yılındaki eklemelerle de son halini almıştır. Amacı, enerji kullanan ürünlerin enerji tüketimlerini ve çevreye olumsuz etkilerini azaltmak üzere üreticileri tasarım aşamasında yönlendirmek olan yönetmelikte, enerji kullanan ürünler şöyle tanımlanmıştır; “tasarımı nedeniyle, servis vermek için elektrik, fosil yakıt veya yenilenebilir enerji kaynağı gibi girdilere bağımlı olan bir ürün”. Ulaşım daire ürünler (taşıtlar gibi) dışındaki tüm enerji kullanan ürünler, yönetmeliğe tabi tutulmakta ve bu ürünlerin özellikle servis vermedikleri bekleme durumundaki enerji tüketimlerinin düşürülmesine öncelik verilmektedir. Yönetmelikte referans verilen standartlarda, üreticilerin ürünlerini piyasaya sürebilmeleri için mutlaka karşılamaları gereken kriterler bulunmaktadır. Yönetmelikte ürünlerin yaşam döngülerine ait aşağıdaki süreçler tanımlanmıştır:

- Ham malzeme seçimi ve kullanımı
- Üretim
- Paketleme, ulaşım ve dağıtım
- Uygulama ve bakım
- Kullanım
- Kullanım süresi sonu

Bu süreçlerde şu çevresel etkiler değerlendirmeye tabi tutulmaktadır:

- Malzemelerin, enerjinin ve diğer kaynakların (su gibi) öngörülen tüketimleri.
- Havaya, suya veya toprağa gaz salınımlarının öngörülmesi.
- Gürültü, titreşim, ısınım, elektromanyetik kaynaklı kirlenme öngörülmesi.
- Beklenen atık malzeme oluşumu.
- Malzeme ve enerjinin yeniden kullanımı, dönüşümü veya korunumu ile ilgili olasılıklar.

Yönetmelikte, üreticilerin kullanıcıları bilgilendirmesi konusunda ürünler hakkında standart bilgilerin paket üzerinde yer alması öngörülmüş ve gerekli kriterleri

sağlayan ürünlerin üzerinde CE belgesinin olması gerektiği belirtiliyor. 2010 yılında etkileri gözden geçirilecek olan yönetmeliğin, bina aydınlatma sistemlerine ilişkin kriterleri, 2009 yılında yayımlanan 245/2009 numaralı yasa ile belirlenmiştir.

5.2.3.1 Lamba, balast ve aydınlatma elemanları için eko-tasarım gereksinimleri (245/2009)

Eko-tasarım gereksinim yönetmeliği için hazırlanan bu yasa Mart 2009’ da kabul edilmiştir ve tam adı, “entegre balastsız floresan lambalar, yüksek deşarjlı lambalar ve balastlar ve bu lambaları kullanan aydınlatma elemanları ile ilgili olarak 2005/32/EC yönetmeliğini uygulama yasası” dır. Doğal ışık yerine kullanılan ve genel aydınlatma görevi olan yapma aydınlatma ekipmanları bu yasa kapsamındadır ve bu ekipmanların çevreye etkileri yasada, kullanım süresindeki enerji kullanımı ve lambaların içerdiği cıva miktarı üzerinden değerlendirilmektedir. Bu yasa kapsamındaki ürünlerin elektrik tüketimlerinin 2020 yılına kadar %30, lambaların içerdiği cıva miktarının da %60 artış göstereceği, ancak bu yasa ile bunun engellenebileceği, yasa içerisinde belirtilmektedir. Aynı şekilde buradaki önlemlerle, ışık kirliliğinin de giderileceği düşünülmekte ve eko-tasarım gereksinimlerinin, ürünün işlevi ve sağlık, güvenlik veya çevre üzerinde olumsuz etki yapmaması gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Bu yasanın kabul edilmesi ile 3 aşamalı bir sürecin başladığı ve gereksinimlerin tümünün aşama aşama gerçekleştirileceği planlanmıştır. Yasa, kurgusal olarak 23 maddelik durum değerlendirmesi, 9 ana madde ve 7 ek dokümandan oluşmaktadır.

Madde 1’ de konu ve kapsam açıklanmış, ofis ve sokak aydınlatmasını da içerecek şekilde, kapsam dahilinde olan ürünlerin tanımlandığı kaynak, Ek 1. olarak gösterilmiştir. Madde 2’ de konu ile ilgili, “genel aydınlatma”, “ofis aydınlatması”, “sokak aydınlatması”, “deşarjlı lamba”, “balast”, “aydınlatma elemanı”, “floresan lamba”, “entegre balastsız floresan lamba”, “yüksek deşarjlı lamba” kavramlarının tanımları bulunmaktadır. Madde 3’ de söz konusu ürünlerin eko-tasarım gereksinimleri için Ek 3. kaynak gösterilmiştir. Madde 4’ de uyum değerlendirmesi, Madde 5’te ise piyasaları gözetim amaçlı inceleme ile ilgili referanslar verilmiştir. Madde 6, piyasada bulunan örnek teşkil edecek ürünlerin değerlerinin kıyas olarak kabul edilmesi ile ilgilidir. Madde 7’ de konuyla ilgili daha önceki bir yönetmelik olan, 2000/55/EC’nin bu yasanın kabulünden 1 sene sonra iptal edileceği; Madde

8’de, 5 yıl içinde bu yasanın da teknolojik gelişmeler nedeniyle gözden geçirileceğini ve Madde 9’ da yasanın yürürlüğe giriş ve işleyiş tarihleri belirtilmektedir.

Ana maddelerin kaynak gösterdiği eklerde ise, konuyla ilgili standart değerler bulunmaktadır. Ek 1.’de kapsam dışında tutulan tüm lambalar ayrıntılı biçimde belirtilmiştir, buna göre, 13W altı ve 80W üzeri T5 floresan lambalar, renk sıcaklığı 7000Kelvin üzeri olan yüksek deşarjlı lambalar, acil durum aydınlatmaları gibi lambaların kapsam dışı olması örnek gösterilebilir. Ek 2.’de, diğer ek dokümanlarda söz edilen teknik parametrelerin tanımları verilmiştir. Ek 3.’de ilk başlıkta, entegre balastsız floresan lambaların, 1. aşama (1 yıl), 2. aşama (3 yıl) ve 3. aşama (8 yıl) sonunda karşılamaları gereken “lamba verimliliği” ve “lamba performansı” değerleri ile ürün hakkında verilmesi gereken bilgiler belirtilmektedir. Bu maddeye göre ürünlerin üzerinde, lamba gücü, ışık akısı, 100 saat sonunda ve 25 °C’ de ölçülen verimlilik değeri, 2000 - 4000 - 6000 - 8000 - 12000 - 16000 ve 20000 saat sonunda ışık akısındaki değişim, X.X mg olarak lambanın içerdiği cıva miktarı, renksel geriverim değeri ve renk sıcaklığı bilgilerinin bulunması gerekmektedir. Çizelge 5.5’ de Ek 3.’ de yer alan lamba verimliliği değerlerine ilişkin tablolardan bir örnek gösterilmektedir. Renk sıcaklığı 5000 K üzerindeki lambaların, tablodaki değerlerin %10 altındaki, renksel geriverimi 90-95 arası olan lambaların %20, renksel geriverimi 95 üzeri olan lambaların %30 ve kırıldığında kırılan parçaların çevreye yayılmasını engelleyen ikinci bir katmana sahip lambaların da tablodaki değerlerin %10 altındaki değerlere sahip olabilmelerine izin verilmektedir.

T8 (26 mm Ø)		T5 (16 mm Ø) High Efficiency		T5 (16 mm Ø) High Output	
Yazılı Güç (W)	Verim oranı (lm/W)	Yazılı Güç (W)	Verim oranı (lm/W)	Yazılı Güç (W)	Verim oranı (lm/W)
15	63	14	86	24	73
18	75	21	90	39	79
25	76	28	93	49	88
30	80	35	94	54	82
36	93			80	77
38	87				
58	90				
70	89				

Şekil 5.3 : “Lamba, balast ve aydınlatma elemanları için eko-tasarım gereksinimleri: 245/2009”un öngördüğü T5 ve T8 lambalar için en düşük verim değerleri.

Ek 3.'ün ikinci başlığında balastlar için enerji performans gereksinimleri ve ürün üzerinde bulunması gereken bilgiler belirtilmiş, üçüncü başlıkta ise aynı kriterler bu kez aydınlatma elemanları için ele alınmıştır. Ek 4.'de, piyasa kontrollerinden söz edilmiş ve lambaların, rastgele seçilen en az 20 ürün bazında, aydınlatma elemanlarının ise tek ürün bazında kontrol edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ek. 5'te floresan ve yüksek deşarjlı lambalar için piyasada kıyas kabul edilebilecek ürünlerin değerleri verilmiş, Ek 6. ve Ek 7.'de yine aynı referans değerler bu kez ofislerde ve sokak aydınlatmasında kullanılabilecek ürünler için verilmiştir.

5.3 Türkiye'de Yönetmelik ve Standartlar

Türkiye'deki bina aydınlatma sistemlerine ilişkin standartlar, genel olarak AB standartlarının kabul edilmesi ile oluşmuştur. 2004 yılının Aralık ayında Brüksel'deki AB Konseyi Zirvesi'nde, Avrupa Komisyonu'nun raporu doğrultusunda Türkiye'nin AB katılım görüşmelerinin 3 Ekim 2005 tarihinde başlamasına oybirliğiyle karar verilmiş ve böylece Türkiye'nin AB adaylığı kabul edilmiştir [63]. Katılım görüşmeleri süresince Türkiye'nin AB'ye uyumu değerlendirilecektir ve bu uyum sürecinin gereği olarak Türkiye'de birçok yeni yasal düzenleme yapılmaktadır. Bu doğrultuda, Bölüm 5.2'de incelenen AB yönetmeliği, "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC)" ile paralel amaçla hazırlanan ve aynı ismi taşıyan yönetmelik başta olmak üzere, bina aydınlatma sistemleri ile ilgili bazı yeni yönetmelik ve standartlar yürürlüğe girmiştir. Bu düzenlemelerle birlikte geçmiş tarihli standartlar güncellenmiş veya yürürlükten kalkmıştır. Şu an yürürlükte olan konuyla ilgili yönetmelik ve standartlar aşağıda belirtilmiştir:

- Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında hazırlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (yürürlüğe giriş tarihi: 05.12.2009) [64].
- TS EN 12464-1: Işık ve Işıklandırma - İş mahallerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı alandaki iş mahalleri, (kabul tarihi: 28.01.2004).
- TS EN 12464-2: Işık ve aydınlatma - İş yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 2: Bina dışı iş yerleri, (kabul tarihi: 29.04.2008).
- TS EN 12193: Aydınlatma ve ışık - spor aydınlatması, (kabul tarihi: 09.04.2009).

- TS EN 15193: Binalarda enerji performansı-Aydınlatma için enerji özellikleri, (kabul tarihi: 22.05.2008).
- TS EN 15251: Binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için bina içi ortam parametreleri (bina içi hava kalitesi, ısıl ortam, aydınlatma ve akustik), (kabul tarihi: 31.01.2008).
- TS EN 12665: Işık ve Aydınlatma - Aydınlatma Kurallarını Belirleyen Temel Tarifler ve Kriterler, (kabul tarihi: 11.11.2002).
- TS EN 13032-1/AC: Işık ve aydınlatma - Lambaların ve armatürlerin fotometrik verilerinin ölçülmesi ve sunulması - Bölüm 1: Ölçme ve dosya biçimi, (kabul tarihi: 25.04.2006).
- TS EN 13032-2/AC: Işık ve aydınlatma - Lambaların ve armatürlerin fotometrik verilerinin ölçülmesi ve sunulması - Bölüm 2: İç ve dış mekan iş yerleri için verilerin sunulması, (kabul tarihi: 03.07.2007).
- TS EN 13032-3: Işık ve aydınlatma - Lambaların ve armatürlerin fotometrik verilerinin ölçülmesi ve sunulması - Bölüm 3:İş yerlerinin Acil durum aydınlatması için verilerin sunulması, (kabul tarihi: 22.05.2008) [65].

5.3.1 Binalarda enerji performansı yönetmeliği

Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında, Aralık 2009’da yürürlüğe girmek üzere 2008’de kabul edilmiş ve daha sonra revize edilmiş olan yönetmelik şu amaçlar doğrultusunda düzenlenmiştir:

- Bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesi ve binanın birincil enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu açısından sınıflandırılması
- Yeni binalar ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesi
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi
- Isıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolü
- Sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması
- Binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesi [64].

Yönetmelikte bina, “Kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü olan, insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan ve hayvanların ve eşyaların korunmasına uygun yapı” şeklinde tanımlanmış ve aydınlatma sistemlerine ilişkin aşağıdaki tanımlar verilmiştir:

- Aydınlatma enerji tüketimi; binanın aydınlatılması için harcanan toplam enerji
- Aydınlatma yükü; aydınlatma için kullanılan toplam kurulu güç
- Enerji kimlik belgesi; asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belge
- Enerji verimliliği; binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması
- Yıllık enerji ihtiyacı; binanın ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, elektrik ve aydınlatma sistemleri için birincil enerji cinsinden ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı

Yönetmelikte, bina enerji performansı göz önünde bulundurulmuş mimari projenin tasarım ilkeleri ele alınmıştır, bu ilkelere göre;

- Binaların mimari tasarımında güneş, nem ve rüzgar etkisi de dikkate alınarak, doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkanlarından en üst düzeyde yararlanılmalıdır,
- Binaların ve iç mekanların yönlendirilmesinde, o iklim bölgesindeki güneş, rüzgar, nem, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik veriler dikkate alınmalıdır,
- Bina içerisinde sürekli kullanılacak yaşam alanları, güneş ısı ve ışığı ile doğal havalandırmadan optimum derecede faydalanacak şekilde yerleştirilmelidir,
- Mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detayları ile bütünlük sağlamalı, ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban-döşeme-duvar bileşim detaylarını içermelidir,
- Binanın yapılacağı yerin yenilenebilir kaynak kullanım olanağının araştırılması

doğrultusunda alternatif mimari çözümler değerlendirilmelidir.

Dokuzuncu bölüm, “Elektrik Tesisatı ve Aydınlatma Sistemleri” ile ilgili kararları içermektedir. Bu bölümde binalardaki enerji verimliliğini artırmak için, aydınlatma sistemleri ile ilgili iki konuya, aydınlatma kontrolü ve lamba verimliliği konularına, ağırlık verilmiştir. Binalarda günışığından üst düzeyde faydalanmak ve gereksiz yapma aydınlatmadan kaçınmak için; bölgesel erişimi kolay olan ve elle kontrol edilen anahtarların, günışığı duyarlı, kullanıcı duyarlı veya zaman ayarlı kontrol sistemlerinin kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca binaların idari personeline ait her mekanın aydınlatmalarının tek bir noktadan kontrol edilmesi gerekmektedir. Yönetmeliğin bu bölümündeki tek sayısal ölçüt, binanın mimari özelliklerini, boyutsal verilerini ve bulunduğu coğrafik noktayı göz ardı etmektedir:

“Aynı mekan içerisinde, bir pencere boşluğuna 5 metreden daha yakın olan yapay aydınlatmalı noktalarının her birindeki kurulu güç 200 W’ı aştığında, bu noktalar diğer aydınlatma noktalarından bağımsız olarak kumanda edilir.”

Enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak lamba ve aygıt verimliliği ile ilgili aşağıdaki durumlar istenmektedir;

- Zorunlu olmadıkça enkandesan lambaların kullanılmaması
- Floresan, kompakt floresan ve sodyum buharlı lambaların kullanılması
- Enerji tüketimi yüksek olan dekoratif aydınlatma elemanlarının kullanılmaması
- Çalışma mekanlarında yeterli aydınlık seviyesini sağlayacak armatür seçimi ve dağılımı
- Açık renk mobilya ve duvar renkleri tercih edilmesi
- Aydınlatma elemanlarının dönemsel olarak temizlenmesi

Konut harici binaların aydınlatma enerjisi ihtiyacı belirlenirken güvenlik aydınlatmasının hariç tutulacağı, ancak binanın dış dekoratif aydınlatma yükünün dikkate alınacağı belirtilmiş ve binanın toplam enerji tüketimi içerisindeki aydınlatma enerjisi payının hesaplanmasında EN 15193 standartında verilen hesap yönteminin kullanılacağı belirtilmiştir. Kapsamındaki binalar için 10 yıl geçerli olacak ve binanın enerji gereksinimi, yalıtım özellikleri, ısıtma-soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji sınıflandırması bilgilerinin yer aldığı enerji kimlik belgesini zorunlu kılmaktadır (Şekil 5.3).

5.3.1.1 Aydınlatma enerjisi gereksinimleri belirleme yöntemi

Binalarda enerji performansı yönetmeliği doğrultusunda, binalarda aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesi ve binaların aydınlatma enerjisi performansı için sayısal bir göstergenin hesaplanması için bir hesaplama yöntemi, taslak rapor düzeyinde tanıtılmıştır [66]. Yakın zamanda yürürlüğe girmesi planlanan bu yöntem, Bölüm 5.2.1.1’de incelenen “EN 15193: Aydınlatma için enerji gereksinimleri standardı” referans alınarak, Türkiye’ye ilişkin verilerle oluşturulmuştur. Binaların aydınlatılmasında tasarım ve uygulamanın görsel konfor şartlarını sağlaması, Bölüm 5.2.1.2’de incelenen “EN 12464-1: Çalışma mekanlarının aydınlatılması standardı”na uygun olması gerektiği belirtilmiştir.

Bu yöntem, mevcut binalar için, yeni veya yenilenecek konut ve diğer binaların tasarımı için kullanılabilir, iç aydınlatma amacıyla tüketilen enerji miktarının değerlendirilmesine yönelik hesap adımlarını ve binaların enerji performansının belirlenmesi için sayısal bir göstergenin hesaplanması yöntemini kapsamaktadır. Hesaplamaya, aygıtlara ait olmayan parazit güçler ve binaların dış aydınlatmaları dahil edilmemiştir.

Toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi ölçüm yöntemi veya hızlı yöntem ve kapsamlı yöntem olmak üzere, hesaplama yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerde toplam aydınlatma enerjisi gücü aşağıdaki iki bileşenden oluşmaktadır:

- EN 12193 Spor tesisleri ve EN 12464-1 İç çalışma alanları aydınlatması standartlarına uygun olarak aydınlatma işlevini yerine getirmek üzere kullanılan, aygıtlara ilişkin güç
- Aydınlatma kontrol sistemlerine güç sağlayan ve EN 1838’e uygun olarak acil durum aydınlatmasının şarj edilmesini sağlayan parazit güç

Bu bileşenlerin, yeni yapılacak ve yenilenecek binalar için hesaplanarak belirlenmesi gerekirken; mevcut binalarda ise aydınlatma enerjisinin ayrı ve direkt ölçümü ile değerlerin daha doğru olarak belirlenebilmesi mümkündür. Ölçüm yönteminin kullanılması durumunda, aydınlatma enerjisi tüketiminin aşağıdaki yöntemlerden birisi kullanılarak ayrı olarak ölçülmesi istenmiştir;

- Elektrik dağıtımında aydınlatmaya ayrılan devrelerde kWh sayaçları
- Aydınlatma yönetimi sisteminde aydınlatma kontrol cihazlarıyla bütünleşmiş

veya eklenmiş bölgesel güç sayaçları

- Bölgesel enerji tüketimini hesaplayabilen ve bu bilginin daha sonra binanın yönetim sisteminde kullanılmasını sağlayan bir aydınlatma yönetimi sistemi
- Bina bölümlerinin enerji tüketimini hesaplayabilen ve bu bilginin daha sonra kullanılmasını sağlayan bir aydınlatma yönetimi sistemi
- Çalışma saatlerini ve loşlaştırma oranlarını kaydeden ve bunları kurulu güçle ilişkilendirebilen bir aydınlatma yönetimi sistemi

Hesaplama yöntemlerinden biri olan hızlı yöntem ile, konut binalarında aydınlatma için tüketilen enerji belirlenebilmektedir. Bu yöntem, konutların saatlik kullanımları temel alınarak; müstakil konutlarda tüm konut alanı, apartmanlarda ise bir daire alanı veya tüm bina için uygulanmaktadır. Yapma aydınlatma sisteminin tanımlanması için konutta kullanılan tüm lambalar, sayıları ve güçleri ile belirlenmekte; belirlenen saatlik toplam aydınlatma gücü, yöntemde verilen tablolardan yararlanılarak, konutların kullanım oranlarına ait katsayı değeri ile çarpılmaktadır (5.8).

$$P_{\text{topl}} = P_{i1} + P_{i2} + \dots + P_{in} (W) \quad (5.8)$$

- P_{topl} : Aydınlatma sisteminin saatlik toplam enerji yükü

- P_{i1} (Lamba tipi1 için toplam saatlik güç) : lamba sayısı (n_1) x gücü (P_1)

- P_{i2} (Lamba tipi2 için toplam saatlik güç) : lamba sayısı (n_2) x gücü (P_2)

- P_{in} (Lamba tipin için toplam saatlik güç) : lamba sayısı (n_n) x gücü (P_n)

Hesaplamanın günlük yapılması durumunda, konutların gün saatlerindeki kullanım oranlarının hafta içi günler ve hafta sonu günler için toplam değerleri hesaba katılmaktadır.

Diğer hesaplama yöntemi olan kapsamlı yöntem ise ofisler, eğitim binaları, hastaneler, oteller, restoranlar, spor tesisleri, toptan ve perakende satış alanları, imalathaneler gibi bina türleri için günışığı etkisini, kullanım oranlarını ve kontrol sistemini dikkate alarak aydınlatma enerjisi tüketimini hesaplamakta kullanılmaktadır (5.9) - (5.11).

Aydınlatma için harcanan toplam güç;

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} [kWh] \quad (5.9)$$

- $W_{L,t}$: Aydınlatma için harcanan enerji

- $W_{P,t}$: Parazit güç için harcanan enerji

$$W_{L,t} = \sum \{ (P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)] \} / 1000 [kWh] \quad (5.10)$$

- P_n : Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü

- F_c : Sabit aydınlık faktörü

- t_D : Gün saatleri kullanımı (saat)

- F_o : Kullanıma bağlı faktör

- F_D : Güneş ışığı bağımlılık faktörü

- t_N : Gün saatleri dışında kullanım (saat)

$$W_{P,t} = \sum \{ \{ P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{em} \times t_{em}) \} / 1000 [kWh] \quad (5.11)$$

- P_{pc} : Bir hacimdeki toplam parazit güç

- P_{em} : Bir hacimdeki acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj güçlerinin toplamı

- t_y : Standart yıllık zaman (8760 saat olarak hesaba girmekte)

- t_{em} : Acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj süresi (saat)

Bu yöntem, bölüm 5.2.1.1’de incelenen “EN 15193: Aydınlatma İçin Enerji Gereksinimleri Standartı”ndaki hesaplama yöntemini kabul etmiştir, ancak ek dökümanlarıyla, parametrelerin Türkiye şartlarına uygun olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Binanın bulunduğu yöre ve enleme göre değişen gün saatleri kullanımı (t_D) ve gün saatleri dışında kullanım süreleri (t_N), güneş ışığı bağımlılık faktörünün (F_D) belirlenmesinde yöre ve pencere boyutlarının önem kazanması durumu ile AB standartındaki yöntemden ayrılarak Türkiye için özelleştirilmiştir.

Hesaplama veya ölçüm yöntemleri ile belirlenen, yıllık toplam aydınlatma gücünün (W), binada kullanılan alan ile oranı, “aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi (AESG)” değerini vermektedir. EN 15193 standartındaki LENI değerinin, Türkiye’de uygulanan bu yöntemdeki karşılığı olan AESG ile benzer işlevde fakat farklı boyut ve konfigürasyondaki binalarda tüketilen aydınlatma enerjisinin direkt olarak karşılaştırılması mümkün olmaktadır (5.12).

$$AESG = W / A [kWh/m^2 \times yıl] \quad (5.12)$$

W : Aydınlatma için kullanılan toplam yıllık enerji (kWh/yıl)

A : Binanın toplam kullanılan alanı (m²)

Bu yöntem ile hesaplanan, binaların toplam aydınlatma enerjisi gereksiniminin karşılaştırılacağı, binalarda işleve bağlı olarak sağlanması gereken görsel konfor koşullarını ve günışığı kullanımını dikkate alarak bina için ortalama değerler olan ve bölümlere veya hacimlere göre farklılaşabilen, referans değerler verilmiştir.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ			
Belge No : Bina tipi : İnşaat yılı : Kapalı Kullanma alanı : Ada, Parsel : Adres :		Tarih : Belgeyi Düzenleyen : Oda Sicil No : Belgenin Son Geçerlilik Tarihi : İmza :	
Mülk sahibi: İsim: Adres:		Müşterek tesisatların sahibi (gerekliyse): İsim: Adres:	
Enerji tipine göre yıllık tüketimler			
Enerji Kullanım Alanı		Nihai Enerji tüketimleri kWsaat	Birincil Enerji tüketimleri kWsaat
Isıtma :			
Sihhi sıcak su :			
Soğutma :			
Aydınlatma :			
TOPLAM :			
Isıtma, sihhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketimleri (birincil enerji olarak)		Isıtma, sihhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için sera etkisi gazı (SEG) emisyonları	
Nihai tüketim:kWsaat/ m ² .yıl		Emisyon salımı:kg eşd.CO ₂ / m ² .yıl	
Tasarruflu Bina Enerji Tüketimi Yüksek Bina	Bina kWh _{EP} /m ² .yıl	SEG Emisyonu Düşük Bina SEG Emisyonu Yüksek Bina	Bina kg _{eşd} .CO ₂ /m ² .yıl

Şekil 5.4 : Binalarda enerji performansı yönetmeliğinde tanımlanan, enerji kimlik belgesi [64].

6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

‘Sürdürülebilir kalkınma’ kavramının bir gereksinimi ve mimari alandaki yansıması olan ‘sürdürülebilir mimarlık’ konusu bu çalışmada, bina aydınlatma sistemleri açısından incelenmiştir. Sürdürülebilirliğin tarihsel süreci, içeriği, bu konuya günümüzdeki bakış açıları ve uluslararası kamuoyunun konuya ilgisi birlikte düşünüldüğünde, konunun önemi ortaya çıkmaktadır. Özellikle endüstri devriminden sonraki süreçte yapı sektörünün gelişen teknolojisi sonucunda, bina sistemlerinin daha fazla enerjiye gereksinim duymalarıyla artan enerji tüketimleri, bu enerji tüketimlerinin binaların çevreye olan olumsuz etkilerini artırması ve diğer yandan dünya genelinde yaşanan enerji krizlerinin etkisi, mimarlık alanında, bununla ilişkili olarak da aydınlatma konusunda, enerji korunumu ile çevresel konuları, önemli birer sürdürülebilir mimarlık konusu durumuna getirmiştir.

Çalışmanın çıkış noktalarından, farklı yorumlara sahne olan sürdürülebilir mimarlık alanında net çerçeveler oluşturma fikri doğrultusunda, bina aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlikleri konusunun günümüzdeki kapsamı, birçok kaynaktan faydalanarak belirlenmeye çalışılmıştır. Günümüzde binalarda yüksek düzeyde enerji tüketimine sahip olan ve bu tüketime bağlı olarak yüksek miktarda CO₂ salımına neden olan aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilir olmaları, enerji ve çevre korunumuna katkıda bulunmaktadır. ‘Bina aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliği’; bugünün kullanıcılarının gereksinimlerini karşılayabilen, yani görsel konfor şartlarını yerine getirmeye yetkin olan, bunun yanında gelecek kuşakların da (başta görsel konfor olmak üzere) aydınlatma gereksinimlerini karşılamalarına engel olmayacak ideal sistemlerin özelliklerini içermektedir. Aydınlatma sistemlerinde bu özellikleri arama yoluyla değerlendirmeler yapılmakta ve sistemlerin ideale mümkün olduğunca yaklaşmaları amaçlanmaktadır.

Günümüzde aydınlatma sistemlerinde aranan özellikler, Bölüm 3’te belirtilmiştir. Buna göre, aydınlatma sistemlerinin minimum enerji tüketimleri, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaları, sera gazı salımlarının minimuma indirgenmesi ve kullanım-geri dönüşüm-atık planlaması yoluyla gelecek kuşakların olanaklarını sınırlandırmayacak şekilde ön tasarım sürecinde tasarlanmaları beklenmektedir.

Bölüm 4'te incelenen bina sertifika programları ve Bölüm 5'te incelenen standartlarda, yukarıda söz edilen beklentilerden en fazla, enerji tüketimlerinin minimize edilmesi konusu üzerinde durulduğu görülmektedir.

Ancak Bölüm 3'te de belirtildiği gibi, aydınlatma sistemlerinin temel amacı kullanıcıların temel gereksinimlerinden olan görsel konfor gereksinimlerini sağlamaktır. Aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesi, görsel konfor gereksinimleri ve yukarıda belirtilen diğer unsurlarla birlikte gerçekleştirilmelidir. İncelenen sertifika programlarında, görsel konfor gereksinimlerine ayrılan yer, enerji korunumuna ilişkin konulara ayrılan yerin gerisinde kalmaktadır.

Bu çalışmada incelenen sertifika programlarında ortak olarak işlenen konular, Türkiye şartlarını da gözeten bir anlayışla yapılacak çalışmalar için bir çerçeve çizebilmektedir. İncelenen sertifika programlarında işlenen ortak konular aşağıdaki gibi derlenmiştir:

Sertifika programlarında ele alınan konular;

- Nicelik ve nitelik olarak istenen değerlerin gerçekleştirilerek görsel konfor koşullarının sağlanması, bina türüne göre değişen gerekli aydınlık düzeyi, aydınlığın düzgün dağılımı, kamaşma kontrolü gibi gereksinimlerin karşılanması.
- Çevresel etkiler açısından ışık kirliliğinin azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması, bina içinden dışarıya ışık kaçışının önlenmesi, dış aydınlatmalardan gökyüzüne ışık kaçışlarının önlenmesi, bu amaca uygun aydınlatma elemanlarının kullanımı, dış aydınlatmaların zaman ayarlı ve/veya günışığı duyarlı kontrol sistemleri ile gerekli olmadıkları sürelerde kapatılması.
- Aydınlatma sistemlerinin tasarımında CO₂ emisyonlarının düşürülmesi, bu doğrultuda enerji tüketiminin azaltılması.
- Enerji tüketiminin minimize edilmesi amacıyla binalarda günışığının etkin kullanılması.
- Enerji konusundan bağımsız olarak, kullanıcı konforu ve psikolojik fayda için dış görüşün sağlanması.

- Enerji tüketiminin minimize edilmesi amacıyla verimli aydınlatma aygıtı ve bileşenlerinin kullanılması.
- Binalarda günüşiğı veya kullanıcı duyarlı kontrol sistemlerinin kullanılması, aydınlatma sisteminin bölgelere ayrılarak kontrolünün sağlanması, kullanıcıların aydınlatma sistemlerini kontrol edebilmelerinin sağlanması.
- Aydınlatma ve diğler bina alt sistemlerinin enerji tüketimlerinin ayrı ayrı ölçülmesi.

Sürdürülebilir bina sertifika modellerinin yanı sıra, binalarda uyulması zorunlu olan yönetmelikler ve ilişkili standartlarda ele alınan konular aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

Standartlarda ele alınan konular;

- Gerek ABD standartlarının, gerekse AB yönetmeliklerinin referans gösterdiği standartların doğrultusunda; görsel işin türüne göre, ışık dağılımı, aydınlık düzeyi, kamaşma kontrolü, ışık kaynaklarının renk sıcaklığı ve renksel geriverimleri, ışık kaynaklarının titreme etkileri, günüşiğı kullanımı konularının göz önünde bulundurularak, görsel konfor gereksinimlerinin sağlanması.
- Işık kirliliğinin önlenmesi, aydınlatma kontrolü, lamba ve aygıt verimleri, aydınlatma enerjisi tüketiminin ayrı sayaçlarla belirlenmesi konuları ile ilgili şartların sağlanması.
- ABD standartlarında ön plana çıkan, aydınlatma güç yoğunluğunun binanın tümü veya mekanların her biri için hesaplanması ve hesaplanan değerin sınır değerlerin altında olmasının sağlanması.
- ABD standartlarında belirtilen, dekoratif ürünler ve avizeler için belirtilen güç yoğunluğu sınır değerlerinin sağlanması.
- AB standartlarında yer alan, binaların bütüncül enerji performanslarının değerlendirilmesine yönelik olarak, belli bir zaman dilimindeki aydınlatma işlevi için gerekli enerjinin, ‘aydınlatma enerji performansı’ nın hesaplanması. Bu hesaplarda, aygıtların tükettiğı enerjinin, kontrol sistemleri ve güvenlik aydınlatması şarj enerjilerinden kaynaklanan parazit enerjinin, mekanların gün saatlerindeki ve gün saatleri dışındaki kullanım sürelerinin, günüşiğına

bağlı etkenlerin, aydınlatma kontrol sisteminin mevcut olma durumunun etkisinin ele alınması.

- Bina aydınlatma sistemlerinin bileşenleri olan aydınlatma ürünlerinin, sahip oldukları özelliklere göre sınıflandırılması, sınıflandırma hakkında bilgi içeren etiketlemenin zorunlu kılınması.
- Lambaların kullanımları sürelerince, sahip oldukları özelliklerinin değişimi hakkında kullanıcıya bilgi verilmesi.
- Lambaların içerdiği cıva miktarının belirlenen sınır değerleri aşmaması.

Genel değerlendirme ve öneriler;

İncelenen sertifika programları ve standartlar, ülkelerin kendi şartlarına göre özelleştirdikleri çalışmalar olup, ana konular benzer olmakla birlikte kriterler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Türkiye’deki standartların yeniden şekillendiği ve henüz ulusal bir bina sertifika programının bulunmadığı düşünüldüğünde; incelenen sertifika programları ve standartlardaki ortak ilkeleri ele alan ve Bölüm 5.3.1.1’de incelenen “aydınlatma enerjisi gereksinimleri belirleme yöntemi”nde yapıldığı gibi Türkiye şartlarına göre özelleşen, mevcut çalışmalara yeni yöntemler ekleyerek katkıda bulunan çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu tür çalışmalarla, daha önceki bilgi birikimlerinden faydalanmanın yanında bu birikimlere katkı sağlanmakta, aynı zamanda ülkelere, yörelere özel çözümler üretilebilmektedir.

Bölüm 3.2.2’de yer verilen; Türkiye’deki güncel ve 10 yıllık öngörülen enerji tüketimi ve üretim değerlerinin de gösterdiği gibi, enerji konusunda dışa bağımlı olan Türkiye’de yüksek düzeyde enerji tüketen bina aydınlatma sistemlerinin enerji korunumları daha da önem kazanmaktadır. Bu durumda, Türkiye’de yapılacak çalışmalarda da enerji ile ilgili konulara, en az diğer örneklerdeki kadar önem verilmelidir.

Türkiye’deki iklim şartları, enlemi ile ilişkili özellikleri, gün saatleri, bölgelere göre göğün parıltı durumu ve aydınlığı, yapılacak çalışmalardaki günışığı ile ilgili konuların detayları üzerinde belirleyici olacaktır. İncelenen tüm sertifika programlarında bulunan günışığı konusu altında, LEED aydınlık düzeyi kriteri ile değerlendirme yaparken BREEAM ise günışığı faktörü kriterini kullanmaktadır. İngiltere için yeterli olabilecek olan, sadece kapalı gök modeli şartlarının dikkate alındığı günışığı faktörü değerlendirmesinin, Türkiye şartlarında yeterli olup

olmayacağı araştırılmalı, GreenStar'da yapıldığı gibi günışığı faktörü ve aydınlık düzeyi değerlendirmelerinin bir arada kullanılması gibi modelleri geliştirici yenilikler yapılabilmelidir.

LEED programında, Amerika'daki eyaletlere özel olan bir uygulama olan, 'bölgesel öncelikler' çalışması yapılmıştır. Bu çalışma, her eyaletin, LEED kriterleri arasında hangi kritere daha fazla önem vermesi gerektiğini belirlemektedir. Buna benzer uygulamaların Türkiye'de şehir ölçeğinde olmasa da coğrafi bölgeler ölçeğinde yapılabilmesi mümkündür.

Türkiye'nin sadece coğrafi şartlarına değil, bunun yanında sosyal ve teknik şartlarına uygun çalışmalar yapılmalıdır. BREEAM'de ışık kirliliği konusunun kriteri, 23:00 - 05:00 saatleri arasında tüm dış aydınlatmaların kapatılabilmelerini gerektirmektedir. Ancak bina sertifika programlarıyla tanışma sürecinde olan Türkiye şartlarında, prestij için bina sertifikası kazanmış bir binadan 23:00'da dış aydınlatmalarını kapatmasını beklemek, özellikle büyükşehirler için, bugün için sosyal şartlara karşı çıkmak olacaktır.

LEED programı, binalarda kullanılacak aydınlatma ürünlerinin, Energystar sertifikalı enerji etkin ürünler olmasını istemektedir. AB standartlarında da ürünler bazında enerji sınıflandırmaları yapılmaktadır. Türkiye'de de bu bağlamda, sürdürülebilirliği değerlendirilecek olan binaların kullandığı ürünlerin sınıflandırılmış, yaşam döngüsü değerlendirmeleri bulunan ürünler olmasını sağlamak için ürün ölçeğinde benzer çalışmalar yapılmalıdır.

Bina aydınlatma sistemlerinin tasarımları sürecinde aydınlatma simülasyon programlarının kullanılmasıyla, ele alınması gereken konular hızlıca çalışılabilmekte; tasarlanacak sistemin görsel konfor gereksinimlerini karşılama yeteneği ve enerji tüketimi hakkında öngörüler yapılabilmektedir. Böylece tasarlanan sistemin doğruluğu, etkinliği ve performansı yapım aşamasından önce değerlendirilebilmektedir. Simulasyon programlarının kullanımı da incelenen sertifika programlarında ve standartlarda ortak olarak istenen bir konu olup, Türkiye'de yapılacak çalışmalarda simulasyon programları kullanımının teşvik edilmesi veya zorunlu kılınması düşünülmelidir.

Ülkelerin sertifika programları, referans olarak yine o ülkede uygulanan ilgili standartlara işaret etmektedir. BREEAM programında CIBSE ve AB standartları,

LEED programında ASHRAE/IESNA standartları, CASBEE programında Japonya standartları ve GreenStar programında da yine yerel standartlara gönderme yapılmıştır. Türkiye’de de benzer durum yaşanacak ve ulusal bir sertifika programı için yerel standartlara gereksinim duyulacaktır. AB üyesi olma aşamasında olan Türkiye’de referans gösterilecek standartların, AB standartları dikkate alınarak hazırlanmaları gerekmektedir. Bu konuda, çalışmada incelenen standartların ele aldığı konulardan faydalanılması önerilmektedir.

Sertifika programları, yönetmelik ve standartların incelenmesiyle derlenen ilkeler, Bölüm 3’de belirtilen konular ışığında tasarlanacak bina aydınlatma sistemlerinin, sürdürülebilirliklerinin belirlenmesine ait güncel yaklaşımları göstermektedir. Ölçülebilir verilerin değerlendirildiği bu ilkelerle, sürdürülebilir mimarlık kapsamındaki sürdürülebilir aydınlatma konusunun teknik ve çevresel boyutlarına ilişkin gereksinimler karşılanabilmekte ve bu boyutlarının sınırları çizilebilmektedir.

Ancak bu sınırlar içinde, tasarımcıların özgür ve özgün tasarımlar yapabilmelerini sağlayacak esnek alanlar oluşturulmalıdır. İncelenen ABD standartlarında bulunan, bir binanın sağlaması gereken aydınlatma güç yoğunluğu değerinin, farklı mekanlar arasında değer alışverişi yaparak dengelenebilme esnekliği buna örnek gösterilebilir. Aynı şekilde dekoratif ürünler ve avizelerin, genel aydınlatmadan ayrı şekilde ele alınması ve bu ürünlere özel sınır değerler belirtilmesi tasarımcılara esneklik sağlamaktadır.

Öte yandan AB ülkelerinde, enkandesan lambaların, düşük etkinlikleri nedeniyle binalarda kullanımının yasaklanması, bu esnekliğe karşı durmaktadır. Buna benzer yasaklamalar yerine, bazı ürün ve sistemlere özel sınır değerler getirmek düşünülmelidir.

Tasarımcıların kendilerine sınırları belirli özgür alanlar bulacağı ve yörelere göre özelleşmiş düzenlemelerle, özgün, yerel, kültür birikimlerinden beslenen tasarımlar gerçekleştirebilecek, böylece; kültür boyutunun da ele alındığı aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirliğinden tam anlamıyla söz edilebilecektir.

Özellikle sertifika programlarının, pazarlama olgusuna çok kolay dönüşebildiği, pazarlama kaygısı taşıyan çalışmaların da bazı temel gereksinimleri geri planda tutabildiği, yanlış sonuçlara sebep olabildiği unutulmamalı ve çalışmaların doğru öngörülerle, disiplinlerarası komitelerce hazırlanmasına özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **IEA**, 2009. Annex 45,
<<http://www.lightinglab.fi/IEAAnnex45/publications/News9.pdf>>
alındığı tarih: 23.12.2009
- [2] **Foster N.**, 2003. Architecture and Sustainability, Foster+Partners,
<<http://www.fosterandpartners.com/content/essays/Architecture%20and%20Sustainability.pdf>>, alındığı tarih: 05.09.2009.
- [3] **Minibaş T.**, 2003. EK 15: Sürdürülebilir Kalkınma, Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, *Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli*, Vizyon ve Öngörü Raporu, TUBITAK, BTYPD.
- [4] **Torunoğlu E.**, 2003. EK 16: Sürdürülebilir Kalkınma Paradigması Üzerine Notlar, , Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, *Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli*, Vizyon ve Öngörü Raporu, TUBITAK, BTYPD.
- [5] **Brundtland Raporu**, 1987. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, *Our Common Future Report*. < <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>, alındığı tarih: 17.12.2009
- [6] **Bhamra T., Lofthouse V.**, 2007. Design for Sustainability A Practical Approach, Gower Publishing Limited, Hampshire.
- [7] **The Sustainable Development Timeline**, 2007. International Institute for Sustainable Development.
<http://www.iisd.org/pdf/2007/sd_timeline_2007.pdf>, alındığı tarih: 17.12.2009
- [8] **BM Sürdürülebilir Kalkınma Şubeleri internet sayfası**,
<http://www.un.org/esa/dsd/dsd/dsd_milestones.shtml>, alındığı tarih: 23.08.2009.
- [9] **Url**, <<http://www.sustainability.com/insight/trends-and-waves.asp>>, alındığı tarih: 13.12.2009
- [10] **Birleşmiş Milletler**, 1995. *Report of the World Summit for Sustainable Development*, Kopenhag.
- [11] **Harts, S.L.**, 1997. Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World.
- [12] **Birleşmiş Milletler**, 1992. *Ajanda21*.
<http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_00.shtml>
- [13] **Sakıncı, E.**, 2006. Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14] **OECD**, 2001. Sustainable Development: Critical Issues. ISBN: 92-64-18695-6

- [15] **Url**, Conservation About Architecture and the Built Environment,
<http://www.conversationsaboutarchitecture.ie/easyedit/files/Before_Our_Conversation.pdf>, alındığı tarih: 13.12.2009
- [16] **Url**, Catholic and Sustainable: A Green Approach to Church Architecture,
<<http://www.jameshundert.com/publications/Catholic%20and%20Sustainable.pdf>>, alındığı tarih: 13.12.2009
- [17] **Rogers, R.**, 2001. "Lord Rogers of Riverside" (Green Architecture),
Architectural Design, V:71, N:4, 36.
- [18] **Suna Güven** (çeviren), 1990. Mimarlık Üzerine On Kitap, Vitruvius, Dr., Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı.
- [19] **Erbaş Korur Z.**, 1997. Sustainability: Is it Important in Architecture, Msc Thesis, UEL.
- [20] **Radford A., Bennets H., Williamson T. J.**, 2003. Understanding Sustainable Architecture, ISBN 0-415-28351-5
- [21] **İncedayı D.**, 2007, Sürdürülebilirliğin Kültürel Boyutu, *Dosya 05 - Sürdürülebilirlik: Kent ve Mimarlık*, Mimarlar Odası Ankara Şubesi bülten no:51.
- [22] **Phillips D.**, 1964. Lighting In Architectural Design. McGraw-Hill Book Company, ABD.
- [23] **Demeester B.**, 2009. Lighting And Sustainability: From Ideas to Practice. *PLDC 2009 Convention Proceedings*.
- [24] **Yener A.K.**, 2007. Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler. 8. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*.
- [25] **TÜBİTAK**, 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Proje No: İNTAG 201. İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubu.
- [26] **EN 12464-1: Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places**, 2002, *European Committee For Standardization*.
- [27] **Erdem L., Enarun D.**, 2007. Kullanıcıların Aydınlik Düzeyi Tercihlerinin Değişkenliği Üzerine Bir Çalışma, *IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*.
- [28] **Onaygil S.**, Fotometrik Büyüklükler ve Aralarındaki Bağlılıklar,
<http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/disayd_Fotometrik_Buyuklukler.pdf>
- [29] **Egan M. D., Olgyay V. W.**, 2002. Architectural Lighting, Second Edition, McGraw-Hill. ISBN 0-07-020587-6
- [30] **Barkan Y., Spitzer H., Einav S.**, 2008. Brightness Contrast-Contrast Induction Model Predicts Assimilation and Inverte Assimilation Effects, *Journal of Vision* (2008) 8(7):27.
- [31] **Ganslandt R., Hoffman H.**, 1992. Handbook Of Lighting Design, Erco Edition. ERCO Leuchten GMBH.
- [32] **Yavuz M., Ünver R.**, 2009. Işık Kaynağı Renginin Yapı Yüzü Rengine Etkisi, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu Bildiri Kitabı.

- [33] **Szokolay S. V.**, 2004. Introduction to Architectural Science – The Basis of Sustainable Design. Architectural Press. ISBN 0 7506 58495.
- [34] **Advanced Lighting Guidelines**, 2003. New Buildings Institute, ABD.
- [35] **Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M.**, 2008. Energy Manual: Sustainable Architecture. Birkhauser Verlag AG. ISBN: 978 3 7643 8830 0.
- [36] **International Energy Agency**, 2005. 30 Key Energy Trends in the IEA & Worldwide, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2005/energy_trends.pdf
- [37] **Elektrik Üretim A.Ş.**, 2008. Elektrik Üretim Sektör Raporu 2008.
- [38] **Kılıç N.**, 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, *AR&GE Bülten 2008 Mart*, İzmir Ticaret Odası.
- [39] **Kanun**, 2005. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Kanun No. **5346**, *Resmi Gazete*.
- [40] **Karakaya E., Özçağ M.**, 2003. Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi Ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, *VII. ODTÜ Ekonomi Konferansı*.
- [41] **Özçuhadar T.**, 2007. Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ.
- [42] **Jong-Jin K., Rigdon B.**, 1998. Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design, National Pollution Prevention Center for Higher Education.
- [43] **Url**, <http://www.sylvania-lamps.com/catalog/index.php?id=1035>, alındığı tarih: 28.11.2009
- [44] **Url**, www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/universal/lamps/faqs.htm#14, alındığı tarih: 24.11.2009
- [45] **Küçükdoğu M. Ş.**, 1982. Günışığından Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi, *Doçentlik Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi.
- [46] **Şener F.**, 2009. Lighting in Museum Buildings and Investigation of a Case Study, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [47] **Yener A.K., Uyan F., Şener F.**, 2009. Binaların Sürdürülebilirliklerinin Belirlenmesinde Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi, *V.Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*.
- [48] **LEED**, 2009. Leadership in Energy and Environmental Design, <http://www.usgbc.org/>
- [49] **ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007**, 2007. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, ABD.
- [50] **BREEAM**, Building Research Establishment Environmental Assessment Method, <http://www.breeam.org/>
- [51] **CIBSE**, 2004. Code for Lighting. Londra, İngiltere.
- [52] **ILE**, 2005. Lighting Engineers Guidance notes for the reduction of obtrusive light.

- [53] **CASBEE**, Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>>
- [54] **Light Pollution Countermeasure Guidelines (Rev. Ed.)**, 2006. Ministry of the Environment, Government of Japan.
- [55] **GreenStar**, < <http://www.gbca.org.au/green-star>>
- [56] **BSR/ASHRAE/USGBC/IESNA Standard 189.1P**, 2009. Proposed Standard 189.1P, Standard for the Design of High-Performance Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, Third Public Review. Atlanta, ABD.
- [57] **Directive 2002/91/EC**, 2003. Directive of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings, *Official Journal of the European Communities*, L1/65, Volume: 46.
- [58] **Council Directive 92/75/EEC**, 2008. Directive of 22 September 1992 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0075:20081211:EN:PDF>>
- [59] **Directive 2005/32/EC**, 2005. Directive of the European Parliament and of the Council of 6 July 2005, establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council, *Official Journal of the European Communities*, L191/29, Volume: 48.
- [60] **EN 15193: Energy performance of buildings - Energy requirements for Lighting**, 2006. Technical Committee CEN/TC 169 “Light and Lighting”, DIN.
- [61] **Commission Directive 98/11/EC**, 1998. Directive of 27 January 1998 implementing Council Directive 92/75/EEC with regard to energy labelling of household lamps, *Official Journal of the European Communities*, L71/1, Volume: 41.
- [62] **Commission Regulation (EC) No 245/2009**, 2009. Directive of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council, *Official Journal of the European Union* L76/19, Volume: 52.
- [63] **Url**, <<http://ab.istanbul.gov.tr/>>, alındığı tarih: 23.12.2009
- [64] **TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 2008. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, <<http://www.bayindirlik.gov.tr/turkce/html/yonetmelik41.htm>>, alındığı tarih: 23.12.2009

- [65] **Türk Standartları Enstitüsü**, <<http://www.tse.org.tr>>, alındığı tarih:
23.12.2008
- [66] Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi taslak raporu,
<<http://www.bayindirlik.gov.tr>>

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Faruk Uyan

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1984

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik
Üniversitesi, Mimarlık Bölümü (2007)



Yayın Listesi:

- **Yener A.K., Uyan F., Şener F.,** 2009: Binaların Sürdürülebilirliklerinin Belirlenmesinde Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi. *Ulusal Sempozyum - V.Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 07-08 Mayıs 2009 İzmir, Türkiye.*
- **Yener A.K., Uyan F., Şener F.,** 2009: Environmental Assessment of Lighting Systems In Buildings. *Uluslararası konferans - CIE: Light and Lighting Conference, 27-29 Mayıs 2009 Budapeşte, Macaristan.*
- **Şener F., Uyan F.,** 2009: Architectural Lighting Design and Energy Conservation in Primary Schools. *Uluslararası kongre - Archild Uluslararası Mimarlık ve Çocuk Kongresi, 18-21 Kasım 2009 Ankara, Türkiye.*
- **Uyan F.,** 2009: Binalarda Doğal Işık Etkisi. *Professional Lighting Design Türkiye Dergisi, Sayı:27, Mart 2009.*