

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPLU KONUTLARDA ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI
VE FOTOVOLTAİK PANELLERİN ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN
BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Safa DAĞITMAÇ

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPLU KONUTLARDA ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI
VE FOTOVOLTAİK PANELLERİN ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN
BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Safa DAĞITMAÇ
(502091545)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502091545 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Safa DAĞITMAÇ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“TOPLU KONUTLARDA ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI VE FOTOVOLTAİK PANELLERİN ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Neslihan TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR
Kocaeli Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**
Savunma Tarihi: **23 Ocak 2014**

Tüm Aileme,

ÖNSÖZ

Aydınlatma, toplu konut ve enerji verimliliği üçgeninde hazırladığım bu tezi oluşturmamda ve tüm yüksek lisans eğitimim boyunca, bana destek olup benden hiçbir zaman bilgilerini ve yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Alpin Köknel Yener'e, çalışmalarım süresince benimle beraber birçok fedakarlık yapan aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2013

Safa Dağıtmaç
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. KONUT VE TOPLU KONUT	5
2.1 Konut ve Toplu Konut Kavramları	5
2.2 Toplu Konutların Tarihsel Gelişimi	6
3. KONUTLARDA AYDINLATMA.....	9
3.1 Konutlarda Görsel Konfor Koşulları.....	10
3.1.1 Konut hacimleri için istenen aydınlık düzeylerinin belirlenmesi	12
3.2 Konut Mekanları İçin Görsel Gereksinimler	15
3.2.1 Salon ve oturma odası	16
3.2.2 Mutfak	17
3.2.3 Çocuk odası.....	18
3.2.4 Banyolar	19
3.2.5 Yatak odası.....	21
3.2.6 Giriş ve koridorlar	21
3.3 Konutlarda Doğal Aydınlatma	21
3.3.1 Hacimlerde gerçekleşen günışığı miktarında etkili olan değişkenler.....	23
3.3.1.1 Doğal değişkenler.....	24
3.3.1.2 Tasarım değişkenleri	27
3.3.2 Günışığı faktörü	35
4. TOPLU KONUTLARDA ENERJİ ETKİN AYDINLATMA	39
4.1 Aydınlatma Enerji Performansı.....	42
4.2 Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemler.....	46
4.2.1 Fotovoltaik panel çalışma prensibi	47
4.2.2 Fotovoltaik panellerin kısa tarihçesi	48
4.2.3 Fotovoltaik panellerin konut binalarına entegrasyonu.....	49
5. UYGULAMA ÇALIŞMASI	55
5.1 Projenin Tanıtılması	55
5.2 Yıllık Aydınlatma Enerjisi Tüketiminin Belirlenmesi	58
5.3 Fotovoltaik Panel Entegrasyonu.....	69
5.4 Sonuçların Değerlendirilmesi.....	75
5.4.1 Sonuçların daire bazında değerlendirilmesi	75
5.4.2 Sonuçların blok bazında değerlendirilmesi	76
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	83

EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR

PV	: Photovoltaic
M.Ö.	: Milattan önce
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi
CIE	: Commission Internationale De L'eclairage
UGR	: Unified Glare Rating
IEI	: Illuminating Engineering Institute
IES	: Illuminating Engineering Society
lx	: Lux
lm	: Lümen
m	: Metre
cm	: Santimetre
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
LEED	: Leadership in Energy & Environmental Design
K	: Kuzey
IESNA	: Illuminating Engineering Society of North America
EN	: European Norm
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers
GF	: Güneşli Faktörü
E	: Aydınlik Düzeyi
GB	: Gök Bileşeni
DYB	: Dış Yansımış Bileşen
İYB	: İç Yansımış Bileşen
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
W	: Watt
KW	: Kilowatt
KWh	: Kilowatt/saat
MW	: Megawatt
TW	: Terawatt
h	: Saat
BEP	: Bina Enerji Performansı
US	: United States
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
CFL	: Compact Fluorescent Lamb
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
APK	: Araştırma Planlama ve Koordinasyon

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : EN-12464-1 standardına göre, işleve bağlı UGR sınır değerleri	11
Çizelge 3.2 : EN-12464-1 standardına göre, konut içindeki hacimlere referans olabilecek aydınlık düzeyleri	13
Çizelge 3.3 : IESNA tarafından yayınlanan işleve bağlı aydınlık düzeyi tablosu.....	14
Çizelge 3.4 : IESNA ve EN-12464-1 standardından faydalanılarak oluşturulan, konut hacimleri için aydınlık düzeyi tablosu	15
Çizelge 3.5 : Cephe yönelimi-doğal aydınlatma şartları arasındaki ipuçları.....	31
Çizelge 4.1 : Dünya elektrik üretimi ve Türkiye'nin yeri	42
Çizelge 4.2 : Türkiye mevcut elektrik kurulu gücünün sektörlere göre dağılımı.....	43
Çizelge 4.3 : Ülkelerin güneş enerjisi kurulu güçleri.	46
Çizelge 4.4 : Türkiye'nin bölgesel yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli	49
Çizelge 5.1 : Örnek konutta aydınlatma tasarımı ve simülasyonları yapılarak bulunan lambalar ve güçleri.....	67
Çizelge 5.2 : Örnek konut için hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi.....	69
Çizelge 5.3 : 8 daire için kullanılan pv panel adetleri ve alanları.....	73
Çizelge 5.4 : 8 daire için pv panellerden elde edilen kazanç	75
Çizelge 5.5 : 8 daire için pv panellerden elde edilen kazancın değerlendirilmesi.....	76
Çizelge 5.6 : Pv panellerden elde edilen kazancın blok bazında karşılaştırılması	77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Tarihi Taraklı Türk evleri.....	2
Şekil 1.2 : Konut aydınlatmasında doğal ışık ve elektrik kullanımı.....	3
Şekil 2.1 : Akaretler sıra evleri.....	6
Şekil 2.2 : Akaretler sıra evlerinin günümüzdeki görünümü.....	7
Şekil 3.1 : Bir aydınlatma kusuru olarak tavandan sağlanan aydınlatma ile tezgâh üzerinde oluşan gölge.....	17
Şekil 3.2 : Tezgâh üstü aydınlatması için doğru yaklaşım	18
Şekil 3.3 : Farklı ayna önü aydınlatmaları ile, insan yüzünde oluşan algı farklılıkları.....	19
Şekil 3.4 : Ayna önü aydınlatması için kullanılan çizgisel ışık kaynakları	20
Şekil 3.5 : Doğal ışığın mekanın içine dahil edilmesi	22
Şekil 3.6 : İstanbul yöresi için dış aydınlık düzeyi değerinin yıl ve gün içindeki değişimi	25
Şekil 3.7 : Gerçek bir gökyüzü üzerinden, tekdüze gök modelinin anlatımı.....	27
Şekil 3.8 : Yerleşme tasarımında binaların konumlandırılması ve engel açısı.....	28
Şekil 3.9 : Örnek toplu konut sitesinde yılın neredeyse hiçbir zamanında günışığını doğrudan alamayan daireler.....	30
Şekil 3.10 : Örnek toplu konut sitesinde öneri yönlendirme ile doğrudan günışığını alabilen daireler	30
Şekil 3.11 : Doğrama kalınlıkları nedeniyle etkin pencere yüzeyindeki azalmalar. .	32
Şekil 3.12 : Hacim derinliği ile günışığı faktörü arasındaki bağıntı.....	33
Şekil 3.13 : Mekânın dar birbirine yakın duvarlarını olduğundan daha geniş göstermek amacıyla uygulanmış örnek aydınlatma tasarımı.....	34
Şekil 3.14 : Büyük mekânlarda daha rahat olarak çözülmüş örnek aydınlatma.....	34
Şekil 3.15 : Günışığı faktörü bileşenleri	36
Şekil 4.1 : Avrupa ülkeleri ve ülkemizin güneşlenme haritası	40
Şekil 4.2 : Doğal ışığın kullanımı ile yapma aydınlatma kullanımının azaltılması...	41
Şekil 4.3 : U.S. Enerji Departmanına göre konutlarda kullanılan elektrik içinde aydınlatmanın payı	44
Şekil 4.4 : T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre konutlarda kullanılan elektrik içinde aydınlatmanın payı	45
Şekil 4.5 : PV hücre, modül, panel ve solar dizisi	48
Şekil 4.6 : Güneş enerjisi ile çalışan küçük bir pv panelin trafik ikaz aydınlatmasında kullanımı.....	50
Şekil 4.7 : Güneş enerjisi ile çalışan küçük bir pv panelin sokak aydınlatmasında kullanımı.....	50
Şekil 4.8 : Pv panellerin çatıda kullanımı	51
Şekil 4.9 : Pv panellerin bir apartman cephesinde kullanımı	52
Şekil 4.10 : Pv panellerin güneş kırıcı olarak kullanımı.....	52
Şekil 4.11 : Şebekeden bağımsız pv panel sistemi çalışması	53
Şekil 4.12 : Şebekeye bağlı (on-grid) pv panel sistemi çalışması	54

Şekil 5.1 : Çalışması yapılacak olan toplu konut sitesinin genel görünümü	56
Şekil 5.2 : Çalışması yapılacak olan toplu konut sitesi, blokların site içinden görünümü	56
Şekil 5.3 : Site içerisinde karşılaştırılması yapılacak olan konutların bulunduğu A ve B blokları	58
Şekil 5.4 : Salonda genel aydınlatma simülasyonu.....	59
Şekil 5.5 : Salonda bölgesel aydınlatma simülasyonu	60
Şekil 5.6 : Oturma odası genel aydınlatma simülasyonu	61
Şekil 5.7 : Çocuk odası genel aydınlatma simülasyonu.....	62
Şekil 5.8 : Çocuk odası çalışma köşesi için bölgesel aydınlatma simülasyonu	63
Şekil 5.9 : Mutfak için genel aydınlatma simülasyonu.....	64
Şekil 5.10 : Mutfak tezgah üstü için tasarlanan bölgesel aydınlatma simülasyonu .	65
Şekil 5.11 : Koridor için genel aydınlatma simülasyonu	66
Şekil 5.12 : Giriş için genel aydınlatma simülasyonu	66
Şekil 5.13 : Gün içinde hafta içi ve hafta sonu aktif kullanıcı saatleri	68
Şekil 5.14 : Sitede uygulama çalışması için seçilen bloklar ve pv yerleşimleri	70
Şekil 5.15 : Güney yönüne bakan pencerelere güneş kırıcı olarak kullanılan pv panel kesiti.....	71
Şekil 5.16 : Doğu ve batı yönlerine bakan pencerelere yere dik olarak yerleştirilen pv panel kesiti	72
Şekil 5.17 : Örnek toplu konut içinde seçilen dairelerin numaralandırılması	73
Şekil 5.18 : A blok pv panel yerleşimleri	74
Şekil 5.19 : B blok pv panel yerleşimleri.....	74
Şekil 6.1 : Yenilenebilir enerji kaynakları dahil edilmesi ile oluşturulan enerji etkin aydınlatma sistemi tasarımı akış diyagramı.....	81
Şekil A.1 : Simülasyonlarda salon, oturma odası ve çocuk odası için kullanılan tipik armatür özellikleri.....	87
Şekil B.1 : Simülasyonlarda giriş ve koridor için kullanılan tipik armatür özellikleri	88
Şekil C.1 : B blok güney cephe bir daire için simülasyon raporu 1	89
Şekil C.2 : B blok güney cephe bir daire için simülasyon raporu 2	90
Şekil C.3 : B blok güney cephe bir daire için simülasyon raporu 3	91
Şekil D.1 : B blok doğu cephe bir daire için simülasyon raporu 1	92
Şekil D.2 : B blok doğu cephe bir daire için simülasyon raporu 2	93
Şekil D.3 : B blok doğu cephe bir daire için simülasyon raporu 3	94

TOPLU KONUTLARDA ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI VE FOTOVOLTAİK PANELLERİN ENTEGRASYONUNA İLİŞKİN BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI

ÖZET

Aydınlatma, en yaygın olarak inşa edilen ve yoğun bir kullanıma sahip bina tipolojisi olan konutlar için oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu durum enerji kaynaklarının azalması ile birlikte düşünüldüğünde, konut aydınlatma sistemlerinin, enerji verimliliği bağlamında tasarlanması gerekliliği karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma, toplu konut aydınlatma sistemlerinin, enerji verimli olarak tasarlanması adına, doğal aydınlatmanın maksimum kullanımını, yapma aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerjinin ise pv (fotovoltaik) paneller aracılığı ile elde edilmesini araştırmaktadır. Çalışmada aydınlatma, toplu konut, aydınlatma enerji performansı, doğal ışığın maksimum kullanımı için tasarım değişkenleri, konutlarda görsel konfor, pv panel entegrasyonu hakkında bilgi verildikten sonra, bir uygulama çalışmasına yer verilmiştir.

Giriş bölümünde toplu konut, aydınlatma başlıkları üzerinde durulmuştur. Konut aydınlatmasında doğal ışık kullanımının önemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde tipolojiler arasında en yaygın olarak inşa edilen konutların tanımı ve toplu konutların tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde konutlarda görsel konfor koşulları açıklanmış, uluslararası standartlar ile konut içindeki eylemler için uygun görülen aydınlık seviyeleri araştırılmıştır. Gün ışığının maksimum kullanımına yönelik doğal ve fiziksel tasarım değişkenleri özellikle konut tipolojisi özelinde açıklanmıştır. Bölüm sonunda konutlarda belli hacimler için aydınlatma gereksinimleri üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde konutlarda aydınlatma, enerji verimliliği bağlamında incelenmiştir. Konutlarda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisinin, ülkemizde toplam enerji tüketimi içindeki oranının azımsanmayacak derecede olduğu gösterilmiştir. Aydınlatma enerjisi için yenilenebilir kaynakların kullanımının önemi aktarılmıştır. Bölüm sonunda konutlarda yapma aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerjinin doğal kaynaklardan elde edilmesi için önerilen fotovoltaik sistemler tanıtılmıştır.

Beşinci bölümde uygulama çalışması yapılacak olan toplu konut sitesi tanıtılmış, örnek bir daire için yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi belirlenmiştir. Site içindeki bloklara farklı cephelere farklı şekilde monte edilen pv paneller ile elde edilen enerji miktarı, belirlenen tüketimin sağlanması açısından değerlendirilmiştir.

Uygulama çalışmasında önce farklı iki yöne bakan 2 blok içinde var olan toplam 8 daire için elde edilen sonuçlar, ardından blok bazında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sonuç kısmında ise verilen bilgiler ile yapılan uygulama çalışmasında ortaya çıkan sonuçlara göre genel bir değerlendirme yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

ENERGY EFFICIENT LIGHTING DESIGN ON MASS HOUSING AND A CASE STUDY ABOUT INTEGRATION OF PHOTOVOLTAIC PANELS

SUMMARY

Lighting has a quite significant role for the most commonly built and intensively used houses. When this case is considered with the forthcoming energy crisis, the design of lighting systems of the houses in the context of energy efficiency becomes as a necessity.

The study reveals how to use natural lighting at a maximum level and how to get energy needed for artificial lighting through PV panels (photovoltaic panels) to be able to design the lighting systems of the mass houses energy efficiently. In the study, following subjects are defined and discussed; lighting, mass housing, lighting energy performance, design parameters to use natural lighting at maximum level, visual comfort in the houses and PV panel integration. And at the end of this study an application study is stated.

In the introduction section, topics of mass housing and lighting are introduced. The importance of natural lighting in houses is explained.

In section two, house typology is defined, which is most commonly built among the typologies. Information is given about the history of mass housing.

In section three, visual comfort conditions are explained, international standards and appropriate lighting levels for the activities in houses are investigated. Natural and physical design parameters to use of daylight at maximum level in the context of housing typology are given. At the end of the section, lighting requirements for various spaces in houses are stated.

In section four, lighting in houses is studied in the context of energy efficiency. It is shown that the percentage of energy for lighting in houses is at a substantial level. The importance of use of renewable sources is presented for the needed lighting energy due to the forthcoming energy crisis. At the end of this section, proposed photovoltaic systems are introduced to obtain needed energy for the artificial lighting in houses.

In section five, mass public housing site on which application study will be conducted is introduced, annual lighting energy consumption for a sample flat is determined.

Then, it is studied whether the lighting energy requirement is provided by PV panels on the facades or not. In the case study, the results gathered from a total of 8 different flats facing two different directions in 2 blocks are compared.

In the conclusion section, regarding the results obtained from the stated information and case study, a general evaluation is done and suggestions were given.

1. GİRİŞ

Mimarlık, insanoğlunun var oluşundan bu yana oluşagelmiş meslek, sanat ve bilim dalıdır. Konut ise insanın barınma, güvenlik, mahremiyet gibi ihtiyaçlarını giderebilmek ve kendilerini dış ortamdaki koruyabilmek amacıyla inşa ettiği yapıdır. Konut en önemli ve en yaygın bina tipi olarak, farklı kültürlerde ve toplumlarda her zaman inşa edilmiş çevrenin en önemli bölümünü oluşturur [1]. Bu önemin oldukça geçmişe dayandığı, Vitruvius'un (M.Ö.90-M.Ö.20) "Mimarlık Üzerine 10 Kitap" isimli eserinde yer alan, "Konutun Kökeni" adı altında bir bölümün varlığından anlaşılabılır.

Günümüzde toplu konut ve site hayatına rağbet giderek artmaktadır. Tipoloji olarak konut, en yaygın olarak inşa edilen bina tipidir [2]. Toplu konutlara olan talebin artması arzı da tetikleyerek, genelde devletin geliştiricilik görevini üstlendiği bir durumdan yavaş yavaş özel sektörün de geliştirici konumuna gelmesini sağlamış ve üretimin ivme kazanmasına neden olmuştur [3]. Bu durum toplu konutlar üzerinde son zamanlarda yapılan çalışmaların da artmasına sebep olmaktadır.

Konut binalarının tasarlanmasında günışığının etkin kullanımı ilk tasarım aşamalarından itibaren ele alınması gereken konulardan bir tanesidir. Fiziksel çevre etkeni olarak doğal ışığın kontrolü ve mekânın içine dâhil edilmesi, binaların biçimlenmesi ve bina gruplarının birbirlerine göre konumlanmasında önemli rol oynar. Görsel konfor için standartlarda verilen değerler doğal aydınlatma, yapma aydınlatma veya her ikisinin bütünleştirilmesiyle sağlanmalı; fizyolojik ve psikolojik gereksinimlere cevap verilmeli ve enerji tüketimi minimize edilmelidir. Günümüzde fosil kaynaklardan elde edilen enerji gereksiniminin azaltılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim giderek artmakta ve binaların enerji gereksiniminin bir bölümünün bu kaynaklardan sağlanması için gerçekleştirilen çalışmalar önem kazanmaktadır.

Konut binalarında güneşin gün içindeki ve yıl içindeki konumuna bağlı olarak ısısal ve ışıksal etkisinin tasarıma olan etkisi geleneksel mimaride belirgin bir biçimde görülebilmektedir. İçeriye alınan günışığının maksimize edilmesi, güneşten

kaynaklanan istenmeyen ısı kazançlarının kontrolü gibi hedeflerin bina ve yerleşme tasarımında etkili olduğu görülmektedir. Safranbolu ve Taraklı gibi eski Türk evlerinin yerleşimi incelendiğinde, evlerin yaşam alanlarının güney yönüne doğru kurgulandığı ve genel olarak yerleşimin, bir evin diğerinin güneşini kesmeyecek şekilde konumlandığı görülür. Şekil 1.1’de tarihi Taraklı yerleşiminin oluşumunda bu kriterlerin göz önüne alındığı görülmektedir.



Şekil 1.1 : Tarihi Taraklı Türk evleri [4].

1800’lü yılların sonunda ampulün icadı ve ilk elektrik üretim merkezi ile dağıtım şebekesinin kurulmasıyla, elektrik, binalarda aydınlatma amaçlı kullanılmaya başlandı [5]. Elektriğin artık konutların aydınlatma ihtiyacını karşılaması ile mimarlar tasarım sürecinde kendilerini çok daha özgür hissettiler. Doğal aydınlatma yerini giderek yapma aydınlatmaya bıraktı. Doğal ışık kullanımının fizyolojik, psikolojik ve ekonomik yönleri göz ardı edildi.

1973 petrol krizi sonrası ülkelerin enerji politikalarını gözden geçirmesi ile doğal kaynaklara yönelim arttı. Şekil 1.2’de ifade edildiği gibi yaklaşan enerji sorunu mimarlık disiplininde de dengelerin değişmesine yol açtı ve “yeşil mimari”, “sürdürülebilir tasarım”, “enerji verimli bina” gibi başlıklar altında doğal kaynaklardan faydalanma eğilimi başladı.



Şekil 1.2 : Konut aydınlatmasında doğal ışık ve elektrik kullanımı.

Ülkemizde, mimaride doğal kaynaklardan faydalanma eğilimindeki çalışmalar giderek artmaktadır. Çıkan yasa ve yönetmelikler sayesinde gerekli bilincin sağlanması ile doğal enerji kaynaklarından en üst seviyede yararlanılması hedeflenmektedir.

Diğer binalarda olduğu gibi, konutlarda da görsel konfor koşullarının sağlanmasında doğal ışığın yetersiz kaldığı durumlarda yapma aydınlatmaya gereksinim duyulmaktadır. Yapma aydınlatma kullanımı elektrik enerjisi tüketimi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerin tasarımında enerji verimliliği kavramının göz önüne alınması gerekmektedir. Mimaride doğal kaynakların kullanımı konusunda başlayan bilinçlenmeye paralel olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmış ve güneş ışığından doğrudan elektrik enerjisi üreten pv (fotovoltaik) panellerin binalarda kullanımı önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, toplu konutlarda aydınlatma enerjisi gereksinimini belirleyen değişkenler tanıtılmıştır. Güneş ışığının etkin kullanılması ve enerji verimli bir yapma aydınlatma sistemi tasarımına bağlı olarak belirlenen enerji tüketiminin pv paneller vasıtasıyla karşılanmasına yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak çalışma, enerji verimli aydınlatma sistemlerine sahip konut tasarlamak üzere; doğal ve yapma aydınlatma sistemlerinin temel ilkelerinin tanıtılması ve yapma aydınlatma için gerek duyulan enerjinin binaya entegre edilen pv paneller ile karşılanmasına yönelik araştırmalardan oluşmaktadır. Tezin uygulama bölümünde bu amaçla ele alınan bir toplu konut projesinde simülasyon yoluyla örnek bir binaya pv panellerin entegrasyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen enerji kazancı yapma aydınlatma enerji gereksinimi açısından değerlendirilmiştir.

Işık ve aydınlatma, fiziksel çevre bileşenleri arasında, form olarak binayı şekillendirebilen, tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar onu etkileyen en önemli değişkenlerden biridir.

Bina tipolojileri arasında ise konutlar, geçmişte ve günümüzde farklı kültür ve toplumlarda, yapma çevrenin en önemli bölümünü oluşturan yapı tipleridir. En yoğun olarak inşa edilen ve kullanılan, konut tipleri ise müstakil toplu konutlardır.

Bu yoğun inşa ve kullanım, beraberinde yine yoğun enerji kullanımını ve maliyetlerini getirmektedir. Mimarlık disiplininin, tasarladığı ve ürettiği binalarda enerji verimliliği konusunu göz önüne alması gerekmektedir.

Bu çalışma, bahsi geçen bu noktada, konut tipolojisinin aydınlatma için gerek duyduğu enerjiyi, doğal ışık kaynağı Güneş'ten elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu işlem için seçilen sistem ise, önemi giderek artan ve kullanımı giderek yaygınlaşan pv panellerdir.

2. KONUT VE TOPLU KONUT

Bütün dünyada konut, sadece barınma gereksinimini karşılamaının yanında, çevre, hayat standardı, görülen kamu hizmeti ve toplum yararı gibi yönlerden tanımlanacak olursa sosyal, ekonomik, kültürel ve siyasal bir olgudur [6].

İnsanların yaşadıkları zaman dilimleri, medeniyetler, biçimler, malzemeler, hacimler değişse de; temelde barınma problemi için değişmez çözüm konutlardır.

2.1 Konut ve Toplu Konut Kavramları

“Konut”, sözlük anlamıyla; bir ya da daha çok insanın ikamet ettiği yer, ev, mesken, ikametgâh şeklinde tarif edilmektedir. “Toplu Konut” ise; sosyal ve fiziksel altyapısıyla birlikte gerçekleştirilen çok sayıda konut birimini anlatmakta kullanılan terim olarak tarif edilmektedir [7].

Konut insanoğlunu doğrudan ilgilendiren ve etkileyen tipolojidir. Bireysel olarak insanı birinci dereceden ilgilendiren konut kavramı, onun toplumsal yapısını da doğrudan şekillendirir. Konut, ev, mesken, gecekond, daire, apartman, rezidans, toplu konut, site... Bu şekillenmenin farklı isimler ile anılan çeşitleridir. Yapılan bir çalışmada konutların, altı farklı başlık altında, yirmi beş farklı tip olarak belirtilmesi, konutların aynı zamanda oldukça farklılık gösterebildiğini ortaya koymaktadır [8].

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre Türkiye’de 15 milyon civarında konut stoku bulunmaktadır. Yılda ortalama 500 bin konuta ihtiyaç olduğu tahmin edilmektedir. Hali hazırda bulunan 15 milyon konutun % 55’inin ruhsatsız ve kaçak olduğu, %60’ının 20 yaş ve üzeri konutlardan oluştuğu, % 40’ının ise depreme karşı güçlendirilmesi gerektiği bilinmektedir. Yapı ruhsatları için yapılan başvurular ve verilen izinler göz önüne alındığında konut açığının her yıl büyüyerek arttığı gerçeği ortaya çıkmaktadır [9].

2.2 Toplu Konutların Tarihsel Gelişimi

Eski çağlarda, örneğin Mısır uygarlığının M.Ö.2700 yıllarında bazı işçi yerleşimleri için yaptığı toplu konutlar değerlendirmeye alınmazsa; yakın geçmişte Avrupa’da ilk toplu konut örnekleri 1800’lü yılların sonunda gerçekleştirilmiştir. Belli başlı bu gelişme süreci içinde öncelikle İngiltere’de, daha sonraları da Belçika, Almanya ve Fransa’da önemli toplu konut uygulamaları gerçekleşmiştir. Örnek olarak Fransa’da Guise ve Napolyon siteleri verilebilir [10]. Kitlesel üretim biçimi yapı teknolojisinin gelişmesine yol açmış; yeni yapım yöntemleri, üretim hızı ve yüksek teknolojiler toplu konut projelerinin gerçekleşmesinde önemli rol oynamıştır.

Türkiye’de ise ilk toplu konut örnekleri 19. yüzyılın sonlarında gerçekleştirilmiştir. Sultan Abdülaziz (1861-1876) tarafından saray hizmetlilerinin kullanımı için tasarlanan Şekil 2.1’de görülen Beşiktaş Akaretler (1870) sıra evleri ilk toplu konut uygulaması sayılabilir. Akaretler sıra evleri restore edilerek Şekil 2.2’de görüleceği gibi bugün de konut ve diğer işlevlerde kullanılmaktadır. Yine erken örnekler arasında Taksim Surp Agop sıra evleri de bu grupta ele alınabilir. Ayrıca, 1918 yangınından zarar görenler için 1921’de Laleli’de inşa edilen Harikzedegan (Tayyare) Apartmanları da ilk betonarme toplu konut uygulaması olarak bilinmektedir [11].



Şekil 2.1 : Akaretler sıra evleri [12].



Şekil 2.2 : Akaretler sıra evlerinin günümüzdeki görünümü [13].

Devlet eli ile Toki'nin (Toplu Konut İdaresi) kurulması, ülkemizde toplu konutların oluşumunu başka bir noktaya çevirmiştir. TOKİ 1987 yılından beri kendi mülkiyetindeki arsalar üzerinde konutlar yaptırarak, bu konutlara uzun vadeli kredi vererek satışa sunmaktadır.

Günümüzde ise artık toplu konut üretimine, son hali ile oldukça yoğun olarak, hem kamu kuruluşlarının (TOKİ) hem de özel sektörün ilgisi artmaktadır. Artan bu ilginin nedenleri arasında nüfus artışı, toplu konutlara olan talep artışı, teşvik edilen kentsel dönüşüm projeleri ve rant etkisinin olduğu kadar, değişen yaşam şartlarının, güvenlik, erişilebilirlik ve hazır teknik ekip gibi önceliklerin de payı vardır.

3. KONUTLARDA AYDINLATMA

Aydınlatma, CIE (Commission Internationale de L'eclairage : Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından da benimsenen tanımıyla, çevrenin ve nesnelerin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamaktır [14].

Aydınlatma yapı içini ve yapı dışını kapsamakta, günışığından ve lamba ışığından yararlanılarak yapılmaktadır. Günışığı ile yapı içini aydınlatmada mimari tasarımın vazgeçilmez öğelerinden olan çeşitli nitelikteki pencereler ya da ışıklıklar yapı kabuğundaki biçimlenişlerine göre mimariyi etkilediği gibi içeriye giren günışığı miktarı ve dağılımını etkilemede de temel rol oynamaktadır.

Bina tasarımlarında günışığı kullanımına yönelik çalışmalar mimarlık alanında önemli bir yere sahiptir. Günışığı kullanımı, mimari tasarımın vazgeçilmez bir parçası olduğu gibi, aynı zamanda bina içindeki görsel konfor için, dikkat edilmesi gereken en önemli girdilerden biridir.

İnsanların zamanlarının büyük bir kısmını geçirdiği konutlar için ise bu çalışmaların önemi daha da artmaktadır. İçinde oturulan konutun hangi yöne baktığı, günde doğrudan güneş ışığını kaç saat aldığı, konut içerisindeki birimlerin hacim organizasyonlarının, güneşin ışıksal etkisinden optimum faydalanmak üzere düzenlenmesi gibi konular, konutların tasarım aşamasında dikkate alınması gereken başlıca konulardır.

Konutlarda salon, çocuk odası, mutfak gibi yaşam alanlarının varlığı doğal aydınlatmadan faydalanmanın gerekliliğini artırır. Doğal aydınlatmanın önemi konutlarda sadece enerji verimliliği ve ekonomik sebeplerden değil aynı zamanda fizyolojik ve psikolojik açılardan da bir gerekliliktir.

Konutlarda yapma aydınlatma tasarımı, konutların içerisinde barındırdığı programın çeşitli olmasına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Salon, mutfak, çocuk odası, yatak odası, hol ve koridorlar, banyolar; içerisindeki aktivitelerin oldukça farklı olduğu mekânlardır. Farklı aktiviteler, farklı aydınlatma tasarımlarını beraberinde getirmelidir.

Kendi fiziksel çevresini ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirebilen insan, algısal olarak içinde bulunduğu ortamın, uzaydaki durumunu, sınırlarını ve diğer

özelliklerini anlamak için pek çok değerlendirme yapar. Bütün algılamaların büyük kısmı görme ile gerçekleşmektedir. Diğer duyularımız ile elde ettiğimiz çevresel veriler, görme duyusundan gelen verilere eklenerek, beyin tarafından işlenecek bilgiyi meydana getirirler. Bu bakımdan görme duyumuz, içinde bulunduğumuz ortamı algılamada diğer duyularımızdan ön plandadır [15]. Bu açıdan hacim görsel konforun ne anlama geldiğinin, belli başlı ölçütlerinin bilinmesi gerekmektedir.

3.1 Konutlarda Görsel Konfor Koşulları

Görme yeteneği (görüş keskinliği + kontrast duyarlılığı + görme hızı) görme rahatlığı, ve dolayısıyla, görsel performans; aydınlık düzeyi, parıltı ve renk etkeninin fonksiyonudur.

Görsel açıdan sağlıklı ve konforlu olan bir yapma çevre, diğer bir ifade ile, görsel ihtiyaçlara cevap veren bir yapma çevre;

- Eylemler için yeterli olan (belirli olan bir görsel işi gerçekleştirmek açısından) aydınlık düzeylerinin sağlanmışlığı,
- Parıltı değerlerinin ve parıltı oranlarının kontrol altına alınarak, kamaşma olayının önlenmişliği ile tanımlanabilir.

Böyle bir yapma çevrenin tasarımını gerçekleştirebilmek için, bu çevrenin kullanılış amacına göre, görme yeteneğinin, görme rahatlığının, görsel performansın en yüksek düzeye çıkartılabildiği, görsel çevre etkenlerine ilişkin koşulların bilinmesi gereklidir.

Genel olarak, ışığın kullanıcı üzerinde, mekanın algılanması ve mekanın kullanımında hoşnutluk duyulması açılarından psikolojik; eylemin yerine getirilmesi açısından da fizyolojik gereksinimler doğurduğu bilinmektedir. Psikolojik ve fizyolojik gereksinimler görsel konforu etkileyen ışığın (doğal ya da yapma ışık) nitelik ve niceliğinin kabul edilebilir düzeyde, ya da belirli değerlerde mekan içinde sağlanması ile karşılanabilmektedir [16].

Konut hacimlerinde gerçekleşen eylemlere bağlı olarak istenen aydınlık düzeylerinin belirlenmesi Bölüm 3.1.1’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Aydınlık düzeyi haricinde görsel konfor için dikkat edilmesi gereken bir diğer etken parıltı etkenidir. Cisimlerin görülebilirliğinde rol oynayan parıltı etkeninin, çok yüksek değerlere ulaşması ile kamaşma olayı meydana gelmektedir. Bununla birlikte

büyük parlaltı kontrastları da gözün görme yeteneğini azalttığı gibi, bir huzursuzluk ve konforsuzluk duyumu uyandırabilir [17].

Görme eyleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için hacimde parlaltı farklılıklarının olması gerekmektedir. Parlaltı farklılıklarının az olduğu durumlarda algılama zorlaşır, bu farklılıkların yüksek olması da kamaşmaya neden olmaktadır. Hem doğal hem de yapma aydınlatma sistemlerinde, hataları, göz yorgunluğunu ve kazaları önlemek için parlaltı farklılıkları kontrol altına alınmalıdır [18]. Doğal aydınlatma sisteminde, saydamlık oranı, camın ışık geçirme katsayısı ve çeşitli güneş kontrol elemanları parlaltı farklılıklarının kontrol altına alınmasında etkili araçlardır [19].

Yapma aydınlatma için ise uygun aygıt seçimi ve doğru yerleşimle parlaltı farklılıkları kontrol altına alınabilmektedir. Konforsuzluk kamaşması değerlendirmesi için günümüze kadar farklı yöntemler ele alınmış ve EN-12464-1’de konforsuzluk kamaşması değerlendirilebilmesi için CIE UGR (Unified Glare Rating) kamaşma indisi yöntemi önerilmiştir. Bu standartta belirli mekânlar için UGR sınır değerleri verilmiştir. Bu değerler izin verilebilen en yüksek değer olup, bu değerlerin üzerine çıkıldığında konforsuzluk kamaşması oluşacağı belirtilmiştir. Aydınlik düzeyi değerlerinde olduğu gibi, konut mekânları için UGR değerleri bu standart içinde yer almamıştır. Çizelge 3.1’de konutlarda geçen eylemleri içeren benzer mekânlara ait UGR sınır değerleri belirtilmiştir. Bu çizelgede sağlık, kamu, otel ve restoran tipolojileri konutun yaşama ve sirkülasyon alanları ile; kütüphane ve ofis tipolojileri konutta okuma ve çalışma işlevi ile; profesyonel yemek endüstrisi ise konutta mutfak ile ilişkilendirilmiştir [19].

Çizelge 3.1 : EN-12464-1 standardına göre, işleve bağlı UGR sınır değerleri [18].

Bina Türü	İşlev	UGR (İzin Verilen En Yüksek Değer)
5.12 Profesyonel Yemek Endüstrisi	5.12.1 Pişirme-Temizlik	25
	5.12.3 Filtreleme-Element	25
	5.12.4 Kesme-Doğrama	25
5.37 Genel Kullanım	5.37.5 Koridorlar	22
5.39 Sağlık	5.37.1 Bekleme Odası	22
	5.39.2 Okuma Bölümü	19

5.29 Otel ve Restoran	5.29.2 Mutfak	22
	5.29.7 Koridor	25
5.33 Kütüphane	5.33.2 Okuma-Çalışma	19
5.35 Bakım Evi-Çocuk Oyun	5.35.1 Oyun Odası	19
5.26 Ofis	5.26.2 Okuma-Çalışma	19
5.28 Kamu Alanları	5.28.3 Fuaye	22
	5.28.1 Giriş Holü	22
5.14 Kuaför-Saç Bakım	5.14.1 Saç Bakım	19
5.2 Bakım-İlkyardım	5.2.2 Rest Room-wc	22

Aydınlatma tasarımında ana ölçüt işleve bağlı olarak görsel konfor koşullarının günışığı, yapma ışık veya ikisinin bir arada kullanılmasıyla sağlanmasıdır. Konforlu bir ortam yaratarak kullanıcıların görme yeteneğinin artırılması, ışığın nicelik ve niteliğinin eylem türüne bağlı olarak, belirli değerlerde sağlanması ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu amaçla aydınlık düzeyinin standartlarda belirtilmiş olan minimum değerleri sağlanması gerekmektedir.

3.1.1 Konut hacimleri için istenen aydınlık düzeylerinin belirlenmesi

Aydınlık düzeyi, gözün görme yeteneğini doğrudan etkileyen bir etkidir. Gözün kontrast duyarlılığı, görüş keskinliği ve görme hızını içeren görme yeteneği arttıkça, yapılan işteki verim artarak, yorgunluk azalacak ve konut içindeki konfor duygusu artacaktır. Konfor koşullarının gerçekleştirilebilmesi için aydınlık düzeyi etkeninin alması gereken değerler IES (Illuminating Engineering Society), CIE ve CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) gibi uluslararası kuruluşların yayınlarında yer almaktadır. Bu değerleri içeren EN 12464-1 standardı 2002 yılında yayınlanmıştır. Bu standartta konut tipolojisine yer verilmemiştir. Ancak konut içerisinde yapılan aktiviteler göz önünde bulundurularak, bu standarttan referans değerler alınabilmektedir.

Konutlardaki mutfaklar için yapılacak aydınlatma tasarımında, standartta verilen “yemek yapma ve pişirme” için beklenen görsel konfor koşullarına uyulmalıdır. Yatak odaları, otel odası ve hasta odası ile benzerlik gösterir. Oturma ve yaşam alanlarında yapılacak olan tasarımın, kimi zaman çalışma kimi zaman dinlenme için istenen görsel konfor koşullarına uygun olması beklenir. Bu standartta konutlar için referans alınabilecek değerler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : EN-12464-1 standardına göre, konut içindeki hacimlere referans olabilecek aydınlık düzeyleri [18].

EN-12464-1 Konutlar İçin Referans Alınabilecek Değerler		
Tipoloji	Sağlanması Gereken Aydınlık Düzeyi (lx)	
	Genel	Açıklama
Sirkülasyon Alanları		
Koridor	100	
Merdiven	150	
Fırımlar		
Hazırlama ve Pişirme	300	
Restoran ve Oteller		
Koridor	100	Gece boyunca daha düşük değerler de kabul edilebilir
Yemek Yeme		Uygun atmosferi oluşturmak için tasarlanmış olmalı
Mutfak	500	Mutfak ve restoran arasında bir geçiş bölgesi bulunmalı
Ofisler		
Okuma, Yazma	500	
Teknik Çizim	750	
Genel Hacimler		
Giriş Holü	200	
Kütüphaneler		
Kitap Rafları	200	
Okuma Alanı	500	
Eğitim Binaları		
Teknik Çizim Odası	750	
Giriş Holü	200	
Koridor	100	
Merdiven	150	
Mutfak	500	
Kitap Raflar	200	
Okuma	500	
Odalar (Genel Kullanım İçin)		
Bekleme Odası	200	
Koridor	200	
Koridor (Gece)	50	
Hava Alanları		
Bağlantı Hacimleri, Asansörler	150	
Bekleme Alanları	200	

Tiyatro, Konser ve Sinema Salonları		
Prova ve Giyinme Odaları	300	Ayna aydınlatması parıltısız olmalı

Dikkat edilirse, standartta farklı tipolojilerin aynı hacimleri için istenen aydınlık düzeylerinin de aynı olduğu görülecektir. Örneğin giriş holleri için istenen aydınlık düzeyi tüm tipolojilerde 200 lx olarak verilmiştir. Bu durum aynı değerlerin konutlar için de kullanılabileceği anlamına gelir.

IESNA tarafından 2011 yılında yayınlanan “The Lighting Handbook 10th Edition” yayınında konut aydınlatmasına geniş yer verilmiş ve Çizelge 3.3’de belirtilen aydınlık düzeyleri, konut mekanlarında sağlanması gereken minimum değerler olarak belirtilmiştir. Bu aydınlık düzeyleri 25-65 yaş arası yetişkin ve sağlıklı bireyler için öngörülmüştür. Konut mekânlarının aydınlatılmasında kişisel tercihler, sosyal statü, konut kullanım biçimi gibi birçok değişken etkili olduğundan aydınlık düzeyi için ancak işlevsel bir sınır değer verilebilmektedir [19].

Çizelge 3.3 : IESNA tarafından yayınlanan işleve bağlı aydınlık düzeyi tablosu [20].

Konut Mekânları	İşlev	Aydınlık Düzeyi (lux)
Banyo Wc	Genel	100
	Hazırlık-Ayna	300
Yatak Odası	Genel-Giyinme	50
	Okuma	Okuma-Çalışma için önerilen aydınlık düzeyi kabul edilmelidir.
	Giyinme Dolabı	100
Mutfak	Genel-Kahvaltı vb.	5200
	Hazırlık Tezgahı	500
	Yıkama	200
	Pişirme	300
Koridorlar-Antre	Genel	100
Yaşama Odası	Genel	100
TV-Sinema	LCD-Led Plazma	20
Okuma-Çalışma	Dijital	300
	Okuma-Yazma	500
Yemek Bölümü	Özel/Davet	50
	Günlük	100
	Eş Zamanlı Çalışma	200

EN 12464-1 standardına göre oluşturulan Çizelge 3.2 ve IESNA “The Lighting Handbook 10th Edition” yayınına göre oluşturulan Çizelge 3.3’e göre konutlar için referans alınabilecek aydınlatma değerleri tablosu Çizelge 3.4’de türetilmiştir.

Çizelge 3.4 : IESNA ve EN-12464-1 standardından faydalanılarak oluşturulan, konut hacimleri için aydınlık düzeyi tablosu.

Hacim	Aydınlık Düzeyi Genel (lx)	Aydınlık Düzeyi Bölgesel (lx)	Bölgesel Aydınlatma Düzeyi İçin Açıklama
Giriş	200		
Koridor	100		
Mutfak	200	500	Tezgâh Üstü
Salon	150-200	500	Okuma Bölümü
Oturma Odası	150	500	Okuma Bölümü
Çocuk Odası	200-250	500	Çalışma Masası
Yatak Odası	100	500	Yatak Başı Abajur
Banyolar	100	300	Ayna Önü

3.2 Konut Mekanları İçin Görsel Gereksinimler

Aydınlatma tasarımcıları açısından gün ışığının en büyük dezavantajı, tümüyle kendilerinin denetimi altında olmayışındır. Doğal ışık, iklimlerin, mevsimlerin, hava koşullarının değişimi ile sürekli değişiklik gösterir. Doğal ışığı, lamba ışığından ayıran en belirgin özellik budur.

Konutlar gibi akşam güneş battıktan sonra da yoğun olarak kullanılan mekânlarda yapma aydınlatmanın önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca son zamanlarda ekonomik kaygılar ile inşa edilen toplu konut planlarında oluşan, hiç gün ışığı alamayan, banyo, wc, koridor gibi mekânlarda ise hem gece hem gündüz yapma aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca yapma aydınlatma, özellikle kış mevsiminde, doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı durumlarda, doğal aydınlatma ile beraber kullanılabilir. Bu durumda mekân içindeki gözleme noktasında hesaplanmak istenen aydınlık düzeyi için, günışığı faktörü bileşenlerinin yanı sıra yapma aydınlatma elemanlarının oluşturduğu aydınlık düzeyi de dâhil edilir.

Bu kısımda, konutların içinde barındırdığı farklı hacimler için, uygun aydınlatma tasarımlarına yönelik genel bilgiler verilecektir. Özellikle konutlar gibi kullanıcı tercih çeşitliliğinin üst seviyede olduğu bir tipolojide, kullanılacak lambanın, armatürün seçimi gibi, kesin yargılarda bulunmak doğru değildir. Nitekim her geçen gün firmalar tarafından yeni aydınlatma aygıtları piyasaya sürülmektedir. Dolayısıyla

aydınlatma tasarımını, piyasadaki bazı firmaların ürünleriyle sınırlamak doğru olmayacaktır.

Konutlarda farklı fonksiyonları barındıran hacimlerin aydınlatma tasarımlarının da aynı şekilde farklı olması gerektiği daha önce vurgulanmıştı. Aydınlatma tasarımı yapabilmek için, doğal ve yapay ışığın insan psikolojisi üzerindeki etkileri, mekânların nasıl gösterilmek istenildiği, konutlarda görsel konforu dikkate alarak hazırlanmış olan uluslararası standartlar dikkate alınmalıdır.

3.2.1 Salon ve oturma odası

Salon ve oturma odaları, teknolojinin gelişmesi ve yaşam tarzının değişmesiyle beraber gelişmektedir. Televizyon odaları, ev sinemaları, medya salonları gibi özel alanlara dönüştürmektedir. Yine de okuma, eğlence ve sohbet etme gibi fonksiyonlar için salonlar ve oturma odaları çoğu konut için aynıdır [21].

İşlev ve görsel algı konusu çeşitliliği bakımından, konutları öteki yapılardan ayıran başlıca bölüm, oturma odalarıdır. Buralarda bulunan durumlar ve yapılan işler, görsel algı özellikleri bakımından ikiye ayrılabilir. Birinci grupta, oturup dinlenmek, müzik dinlemek, sohbet etmek, çay, kahve içmek vb. etkinlikler yer alır. Bunlar için, görsel konforun sağlanmış olması yeterli gibi görünmektedir. Yani çevrede rahatsızlık verici parlıltı karışıklıklarının olmaması, aksine parlıltı ve renk karışıklıkları arasında bir uyum, hatta onun ötesinde bir estetik düzen olması, doyurucu bir çözüm gibi düşünülebilir [22].

Oturma bölümlerinde, iş yerlerini anımsatan düzgün yayılmış statik karakterde bir aydınlık oluşturulmamalıdır. Ayaklı lambalar, masa lambaları ve benzeri düzenlerle, mekân içinde aydınlık düzeyinin değişkenliğinin rahatça algılanabileceği, dinamik karakterde bir aydınlatma düzeni yaratılmalıdır. Bu amaçla kullanılacak ışık kaynakları tefrişle uyumlu bir biçimde konumlandırılmalıdır.

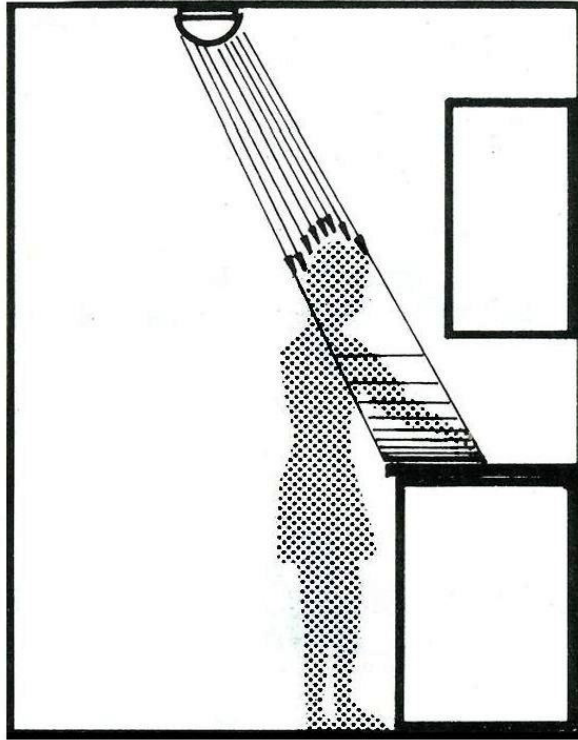
Oturma bölümleri için önerilen düzen şöylece özetlenebilir. Aydınlatma yer değiştirebilen ayaklı lambalar, masa lambaları ve benzeri ışık kaynakları ile yapılacaktır.

Oturma odalarında kitap, dergi okumak, dikiş dikmek, nakış yapmak gibi doğal çalışmalar yanında çok değişik etkinlikler de yer alabilmektedir. Bu etkinlikler ikinci grubu oluştururlar ve bunlar için aslında, iyi görme koşullarının sağlanması gerekir. Burada, aydınlık gereksiniminin yaşla arttığına ve 40 yaşa oranla 50 yaşta iki, 60 yaşta beş katına çıktığına dikkati çekmekte de yarar vardır [22].

3.2.2 Mutfak

Mutfaklarda görsel algı konusu tezgâhların üstü ve dolapların, çekmecelerin içidir. En çok aydınlık gereksinimi tezgâh üstlerindedir. Bu bakımdan buraların, tezgâh üstü dolapların altından, yani oldukça yakından, gözden gizlenmiş ışık kaynakları ile güçlü bir biçimde aydınlatılması gerekir.

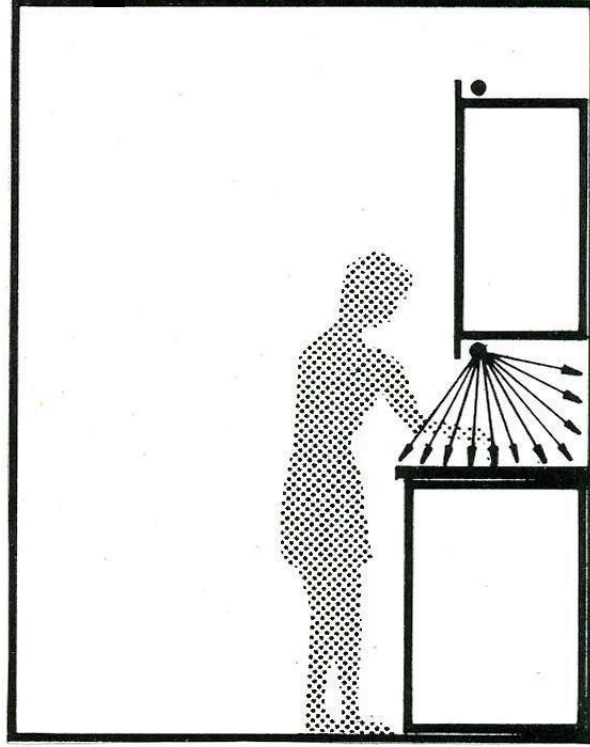
Dolap ve çekmece içlerinin aydınlatılması dolap üstlerinden tavanın aydınlatılması ile elde edilecek gölgesiz bir genel aydınlatma ile sağlanabilir. Böylece, tezgâh önünde çalışan kişilerin, baktığı alana gölgesinin düşmesi gibi büyük bir aydınlatma kusuru önlenmiş olur. Bu büyük kusur Şekil 3.1’de görüldüğü gibi, mutfak tavanı ortasından sarkıtılmış bir lamba ile yapılan mekân aydınlatmasında en sakıncalı duruma gelir [23].



Şekil 3.1 : Bir aydınlatma kusuru olarak tavandan sağlanan aydınlatma ile tezgâh üzerinde oluşan gölge [24].

Tezgâh üstlerinin Şekil 3.2’de görüldüğü gibi dolap altından, yani oldukça yakından ve gözden gizlenmiş ışık kaynakları ile güçlü bir biçimde aydınlatılması gerekmektedir. Tezgâh üstü aydınlatmalarının çizgisel ışık kaynakları ile yapılması daha doğrudur. Noktasal ışık kaynaklarının, sert gölgeler oluşturarak görsel konforu bozması, aydınlığı düzgün yayamaması ve yakın çevrenin zararlı olabilecek derecede fazla ısıtması gibi sakıncaları vardır. Dolap altı tezgâh aydınlatması, tipik bir

“bölgelek aydınlatma”dır. Yani çalışılan bölgenin güçlü bir biçimde aydınlatılması amacına yöneliktir.



Şekil 3.2 : Tezgâh üstü aydınlatması için doğru yaklaşım [24].

Mutfak mekânları yemek hazırlama, pişirme eylemlerinin yanı sıra, aynı zamanda yemek yeme eylemini de bünyesinde barındırabilir. Mutfak içinde bu eylem için ayrılmış bir mekân var ise, aydınlatması da ayrıca tasarlanmalıdır. Masa üzerinde elde edilecek ortalama aydınlık düzeyi 300 lx civarında olmalıdır. Tezgâh üstünde 500 lx civarında aydınlık gerekmektedir.

3.2.3 Çocuk odası

Aydınlatma tekniği açısından çocuk odaları çok büyük önem taşır. Çünkü aydınlık ve onun sağladığı görsel algı olanakları, çocukların ilk aylardan başlayarak gelişmelerinde çok önemli bir rol oynar.

Normal bir insanın dış dünya ile kurduğu ilişkilerde, yani kendi dışındaki varlıkları ve olayları algılamasında, görsel algının payının %95 dolaylarında olduğu bilinmektedir. Bu sebeple çocuk odaları için aydınlatma tasarımında daha hassas davranılmalı. Doğal ve yapma aydınlatma birlikte kullanılmalıdır.

Çocuk odalarında aydınlık düzeyi 300 lx civarında olmalıdır [22].

3.2.4 Banyolar

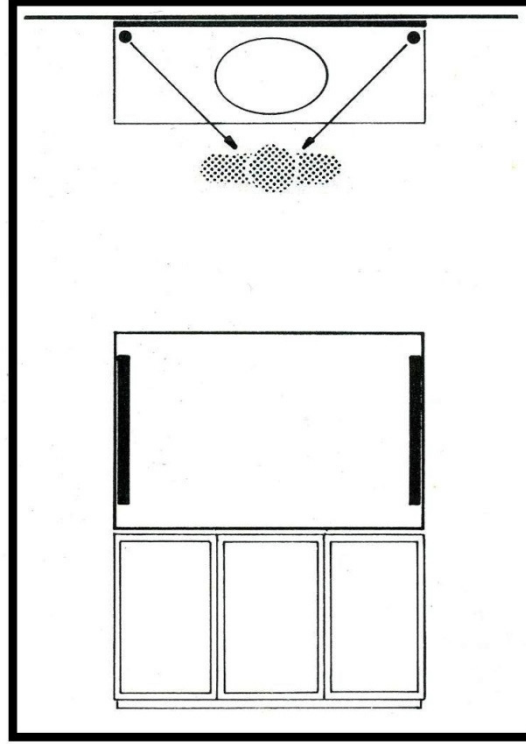
Aydınlatma tekniğinde, ayakta duran insanın bedeni ve oturan ya da ayakta duran insanın kafası, düşey eksenli silindirler gibi düşünülür. Bu nedenle aydınlatmanın yukarıdan aşağıya, yani insanın yalnızca tepesini ve omuzlarını aydınlatacak biçimde değil, yanlardan yapılması gerekir. Ayna önü aydınlatmasının birinci özelliği budur. İkinci önemli nokta, aydınlatılacak şeyin ayna olmayıp, ayna önünde duran insan olduğudur. Bu nedenle, doğru deyim ayna aydınlatması değil, ayna önü aydınlatmasıdır. Bütün düzen, aynaya belli bir uzaklıkta duracak olan insanın aynada görünen her noktasının iyi aydınlatılabilmesini sağlayacak biçimde kurulmalıdır. Ayna önü aydınlatmasında bir üçüncü özellik de, aydınlatan ışığın göze gelmemesi kuralının burada zorunlu olarak bozulmasıdır. Çünkü ışığın, gözü de aydınlatması gerekmektedir [24].

Özellikleri ve anlatımı en iyi bilenen nesnelerden biri, belki birincisi insan yüzüdür. Bu nedenle aydınlığın niteliğindeki değişmelerin neden olduğu, insan yüzündeki anlatım ayrımları Şekil 3.3'te ifade edildiği gibi kolayca algılanır. Bir iç mekânda ve bu mekânın içindeki nesnelerde de aynı değişimler söz konusudur. Banyolarda ayna önünde insan yüzü aydınlatması en önemli halini alır.



Şekil 3.3 : Farklı ayna önü aydınlatmaları ile, insan yüzünde oluşan algı farklılıkları [25].

Ayna önü aydınlatmasında iki yanda çizgisel ışık kaynakları kullanılmalıdır. Şekil 3.4'te plan ve görünüş olarak ayna önü aydınlatmasında kullanılan çizgisel ışık kaynakları görülmektedir.



Şekil 3.4 : Ayna önü aydınlatması için kullanılan çizgisel ışık kaynakları [24].

Banyoda, aynanın iki yanından yapılan aydınlatma çoğu kez tüm hacim için yeterlidir.

Bu kaynakların ışığı sıcak renkli olmalı, baş hizasında ve özellikle yüz üzerinde oluşturdukları aydınlık düzeyi 300 lx ün altında olmamalıdır. Belli bir aydınlık düzeyini oluşturan bir ışık kaynağının, görünen yüzeyi ne kadar büyük olursa, ışıklılığı, o oranda az olur ve daha az kamaşmaya neden olur. Bundan ötürü uzun silindir biçiminde ışık kaynakları yeğlenmelidir. Işık kaynakları aynanın hemen kenarında ya da ayna üzerinde bulunacaksa, bu açının hesaplanmasında, ışık kaynaklarının aynadaki görüntülerini de dikkate almak gerekir.

Ayna önü aydınlatmasının, yukarıda da belirtildiği gibi, oldukça güçlü olması gerekmektedir. Bunun kademeli bir biçimde devreye sokulması ile banyonun tümünde gerekli olan düşük düzeyde genel aydınlık elde edilebilir.

Ayna önü aydınlatmasında ışık kaynakları aynaya da tutturulabilir. Mutfak, banyo ya da başka yerlerde özel bölgesel aydınlatma yapılabilir [22].

3.2.5 Yatak odası

Yatak odaları, televizyon izleme, internet kullanımı, giyinme, kitap okuma, ayna karşısında hazırlanma gibi içerisinde barındırdığı eylemler ile çok fonksiyonlu mekânlardır. Yatak odalarında aydınlatma kontrolü yatağın her iki tarafı için ayrı ayrı düşünülmelidir [26]. Yatak odalarında başucu aydınlatması ile birlikte ve göze gelmeyecek bir biçimde düzenlenen güçlü ışık kaynakları ile tavan aydınlatılabilir. Böylece odanın genel aydınlatması sağlandığı gibi, dolap içleri de, tavandan yansiyarak tüm tavan yüzeyinden, yani değişik doğrultulardan gelen ışıkla gereği gibi aydınlanır. Tavanın beyaz olmasında fayda vardır. Bu çözümün, odada genel aydınlığın tavanın ortasında yer almış bir ışık kaynağı ile elde edilmesine oranla belli üstünlükleri vardır. Bu üstünlükler, dolap içlerinde ışık almayan köşelerin bulunmaması, ışık kaynağının yatan kişinin gözüne gelmemesi, tavana fazladan elektrik döşemi yapılmaması olarak özetlenebilir.

Yatak odasında bir tuvalet masası varsa, burada da ayna önü aydınlatması kuralları geçerlidir [22].

3.2.6 Giriş ve koridorlar

Konut girişleri, mimari tasarım sürecinde olduğu gibi, aydınlatma tasarımı sürecinde de önem arz eder. Konuta ilk girişte insanın algılamak istediği güven, huzur, sıcaklık gibi duygular ile yeterli aydınlatma düzeyinin sağlanmışlığı bir arada olmalıdır. Koridorlar genel olarak karanlıkta kalan ama aynı zamanda içinde yüksek düzeyde aydınlatma gerekmeyen mekânlardır. Giriş ve koridorlarda, bazı konutlarda kullanıcı tercihi ve çeşitli güvenlik sebeplerine bağlı olarak, bütün bir gece boyunca lambaların açık bırakıldığını da göz ardı etmemek gerekir.

Koridor kısmında 50-100 lx arası bir aydınlık düzeyi yeterli iken, giriş hollerinde bu aydınlık düzeyi, yukarıda bahsedilen sebeplerle, 200 lx civarındadır [27]. Giriş ve koridorların birbirini takip eden mekânlar olduğu düşünüldüğünde, aydınlatma düzeyleri arasındaki bu geçişin ustaca yapılması gerekmektedir.

3.3 Konutlarda Doğal Aydınlatma

Elektriğin bulunuşu ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmasından önce, günışığı binaların tasarlanmasında çok önemli bir etkendi [28]. Sağlığa en uygun ve en güçlü ışık kaynağı güneştir. Güneş ve güneş ışınlarını ileten gök, doğal ışık kaynaklarıdır.

Günüşğı; canlılığın devamlılığı için doğal gereksinimlerin başında gelir. İnsanlık; yüzyıllardır süren evrimleşme ve gelişme süreci boyunca enerji ve yapay ışık alternatifleri üretmiş olsa da güneş ışığına olan ihtiyaç hiçbir zaman ortadan kalkmayacaktır. Üstelik yenilenemez enerjiyle çalışan yapay kaynakların neden olduğu mali sıkıntı ve tükenme riski doğal aydınlatmada yoktur. Bu özellik bile başlı başına doğal aydınlatmanın önemini vurgulamaktadır.

Doğal aydınlatma; insan sağlığı ve işgücünü desteklemekle beraber enerji verimliliğini de sağlamaktadır. Doğal aydınlatmanın ortamda oluşturduğu görsel netlik ve aydınlık duygusu insanı fizyolojik ve psikolojik olarak da pozitif etkilemektedir. Günüşğı olmadan aydınlatılan binalarda günlerini geçiren insanlarda “biyolojik karanlık” nedeni ile performans ve verimlilik düşmesi yaşanabilmektedir.

Konutlarda doğal aydınlatmanın tercih sebebi, insan sağlığı (fizyolojik, psikolojik ve biyolojik açıdan), ekonomik kaygılar ve enerji verimliliği ana başlıkları altında şekillenmektedir. Yaşam alanlarının günüşğından doğrudan faydalanacak şekilde tasarlanması, enerji verimliliği, ekonomik kaygılar, fizyolojik ve psikolojik konfor konularında avantaj sağlamaktadır. Bahsi geçen avantajları sağlamak üzere Şekil 3.5’te doğal ışığın mekanın içine dahil edilmesi gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : Doğal ışığın mekanın içine dahil edilmesi [29].

Bu avantaj konut tipolojisiinde kendini daha da belirgin olarak gösterir. Yaşama alanları ve çocuk odaları gibi mekanların günışığından yararlanması gereklidir.

Geçen yıllar içerisinde, dünyadan farklı aydınlatma kuruluşları, aydınlatmada günışığı kullanımını destekleyen kılavuzlar yayınlamışlardır. IEI (Illuminating Engineering Institute) of Japan tarafından yayınlanan maddeler arasında bulunan “günışığını kullanmak”, ve IES of England tarafından önerilen maddeler arasında bulunan “günışığını maksimum kullanmak” bunlara örnek olarak gösterilebilir [28]. Bina doğal aydınlatma sistemi olarak doğru tasarlandığı takdirde, günışığının varolduğu saatlerde aydınlatmanın yapma ışık kaynakları ile takviyesi minimize edilebilir. Bu nedenle toplu konut tasarımında günışığından maksimum yararlanarak yapma aydınlatma için harcanacak enerji miktarının azaltılması hedeflenmelidir [30]. Aydınlik düzeyi, sayısal olarak ölçülebilen, birimi olan bir büyüklük olduğuna göre; bu büyüklüğe etki eden birçok değişken mevcuttur. Toplu konutlar için enerji verimliliği bağlamında, günışığından maksimum yararlanarak bir aydınlatma sistemi tasarlayabilmek için, bu değişkenlerin bilinmesi gerekmektedir.

3.3.1 Hacimlerde gerçekleşen günışığı miktarında etkili olan değişkenler

Günışığı miktarı, nicel anlamda kullanılıyor ise ‘aydınlık düzeyi’ terimi kullanılır. Birimi lux (lx) ile ifade edilir. 1 lx ışıksal aydınlık, 1 m² yüzey üzerine düzgün dağılmış 1 lümen (lm) ışık akısının oluşturduğu aydınlıktır (3,1). Yani:

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2 \quad (3,1)$$

lx: lüx

lm: lümen

m²: metrekaare

Buradaki yüzey hesaplamalarında kullanılan ‘çalışma düzlemi’ olarak da adlandırılan referans yüzeyidir. İç aydınlatma hesaplamalarında, eğer aksi yönde bir durum belirtilmemiş ise, bu düzlem döşemeden 85 cm yüksekte alınır. Duvarlara kadar uzanabilir veya duvarlara 50 cm yaklaşınca bitecek şekilde alınabilir. Rusya’da çalışma düzleminin döşemeden yüksekliği 80 cm, Amerika Birleşik Devletleri’nde ise 76 cm olarak alınır [31].

Konutların iç mekânlarında, çalışma düzleminde gerçekleşen günışığı aydınlığı birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenlerin bir kısmı, mimarın müdahale edemediği değişkenler iken; bir kısmı da tamamen mimarın elinde olan değişkenlerdir. Mimar

olarak müdahale edilemeyen değişkenler ‘doğal değişkenler’; mimarın elinde olan değişkenler ise ‘tasarım değişkenleri’ başlıkları altında toplanabilir.

Kullanıcı, ele alınan bir zaman dilimi içinde, belirli bir eylemi veya eylemleri, mimarlığın temel ögesi olan hacim içinde gerçekleştirir. Bu eylem veya eylemler sırasında kullanıcı performansının en üst düzeye ulaşması için gerekli olan görsel konfor koşulları, genellikle hacim ölçeğinde tanımlanmışlardır. Bu nedenlerden ötürü, temel yapma çevre düzeyi hacim ölçeğinde ele alınmıştır [30].

Binanın enerji verimli doğal aydınlatma sistemi olarak tasarlanması için, henüz tasarım sürecinin başında, mimarın dikkate alması gereken belli başlı konular mevcuttur. Bunun yanında mimarın kararlarına bağlı olmayan doğal değişkenler mimar tarafından doğal aydınlatma sistemi tasarımı için dikkate alınması gereken durumlar arasındadır.

3.3.1.1 Doğal değişkenler

Bu değişkenler mimar tarafından müdahale edilemeyen, varlığı kabul edilip belli başlı yapma çevre elemanlarına müdahale edilerek kontrol altına alınabilmesi sağlanan parametrelerdir.

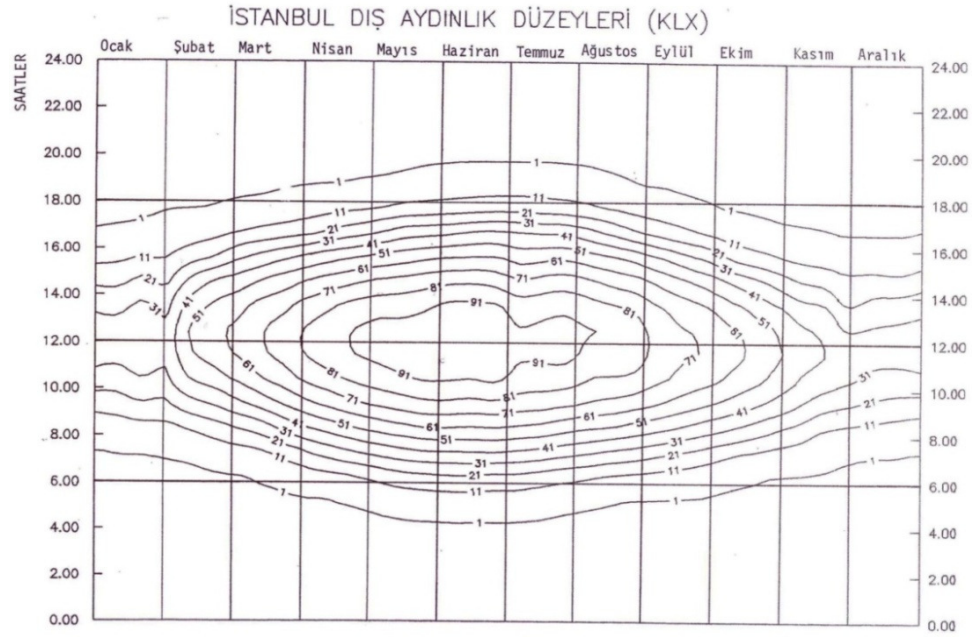
Dış aydınlık düzeyi ve araziye ilişkin özellikler gibi doğal değişkenler mimarın tasarım kararlarına bağlı olmayan, mimar tarafından veri olarak kabul edilmesi gereken değişkenlerdir. Dış aydınlık düzeyi iklim, coğrafi durum, atmosferin bulanıklılığı gibi yöresel birçok değişkene bağlı olarak gün içinde ve yıl içinde farklı değerlerde gerçekleşmektedir [32].

Göğün parıltı dağılımı ve aydınlığı

Doğal tasarım parametrelerinden göğün parıltı dağılımı ve aydınlığı, mekân içerisinde görsel konfor sağlamak için dikkate alınması gereken tasarım parametrelerini doğrudan etkilediği için üzerinde özellikle durulması gerekmektedir.

Doğal aydınlatma hesaplamalarının yapılabilmesi için, güneşin parıltı dağılımının ve aydınlık etkisinin bilinmesi gerekir.

Göğün aydınlığı, ölçüm noktasının bulunduğu konuma göre farklılıklar gösterir. Örneğin İstanbul ilinin Ortalama Gök Koşulları’nda hesaplanmış olan dış yatay aydınlık düzeyi dağılımı Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6 : İstanbul yöresi için dış aydınlık düzeyi değerinin yıl ve gün içindeki değişimi [30].

Bilindiği üzere Güneş, günışığı ile aydınlatmanın temel kaynağıdır. Doğal aydınlatma sistemi tasarımında uygulanmak üzere yıllar boyunca araştırmacılar tarafından gök modelleri ve bu modellerin sayısal olarak ifade edilme şekilleri oluşturulmuş ve oluşturulmaya devam edilmektedir. Herman, Yamauti, Higbie, Szymanowski, Rivero, Gusev, Moon ve Spencer, Fritz, Pether-Bridge, Hopkinson ve arkadaşları bu araştırmacılardan birkaçıdır.

Sonuç olarak Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından da 4 standart gök modeli tanımlanmış ve kabul edilmiştir.

- Tekdüze Gök (Sky of uniform luminance)
- Kapalı Gök (Standart overcast sky)
- Açık Gök (Standart clear sky, low luminance turbidity)
- Genel Gök (General sky)

Tekdüze gök (Sky of uniform luminance)

Özellikle, kurak ve güneşli iklim bölgelerinde, güneşin yakın çevresi dışında kalan mavi gök parçasının parıltı dağılımı tekdüze olarak kabul edilmiş, bu nedenle de yeryüzünün böyle güneşli ve kurak bölgelerinde yapılacak doğal aydınlatma sistemi tasarımlarında, bu gök tipinin uygulanabileceği ileri sürülmüştür. Bu gök koşulu gerçekte, idealize edilmiş bir parıltı dağılımı ile tanımlanabilir. Asla gerçekleşemez, fakat günışığı hesaplamalarında birçok basitleştirme olanakları sağlamaktadır [33].

Şekil 3.7’de gerçekte var olan bir gökyüzü üzerinden, tekdüze gök modelinin anlatımı görülmektedir.



Şekil 3.7 : Gerçek bir gökyüzü üzerinden (sağda), tekdüze gök modelinin anlatımı (solda) [34].

Tekdüze gök, dünya üzerinde Amerika’da LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), Avustralya’da Green Star gibi yeşil derecelendirme ve sertifikalandırma kuruluşlarınca da kullanılmaktadır.

Kapalı gök (Standart overcast sky)

Göğün tamamen bulutla kapalı olması durumunda, parıltı dağılımının ve buna bağlı yatay, düşey ve eğimli yüzeylerde oluşan aydınlık düzeyinin ölçümlerinin yapılması uzun yıllar öncesine kadar dayanmaktadır [28].

Özellikle yeryüzünün ılımlı kuşakları içinde yer alan ülkelerde, minimum tasarım koşullarının belirlenmesi açısından, bu gök tipi geniş bir geçerlilik alanı bulmuştur. Yeryüzündeki ölçümlerde kışın 7.000 lx, yazın 20.000 lx olarak ölçülmüştür [35].

Açık gök (Standart clear sky, low luminance turbidity)

Bu koşullarda gök parıltısının dağılımı güneşin pozisyonuna ve atmosferin saçıcılık katsayısına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Açık gök koşullarında, güneş ve yakın çevresi dışındaki gök kubbede parıltı dağılımı tekdüze olarak kabul ediliyordu. Lümen yönteminin genişliği hesaplamalarına uyarlanması sonucu, gerçekte tekdüze olmayan açık gök parıltı dağılımının, yatay veya düşey yüzeyler üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyi esas alınmıştır. Yeryüzündeki ölçümlerde 30.000 lx (kış) – 100.000 lx (yaz) arasındadır. Göğün parıltı dağılımı güneşin gök kubbedeki yerine bağlı olarak değişir [35].

Genel gök (General sky)

Gökyüzünün tamamen kapalı ve açık durumlarını ve bunların arasındaki durumları 15 farklı tip olarak kategorize eden bir gök modelidir [36].

Yaklaşık yüz yıldır gök modelleri hakkında çalışmalar yapılmakta; denklemler ve eşitlikler oluşturulmaktadır [37].

Güneşin pozisyonu, parıltı ve aydınlık etkisi

Gök modeli, günüşiği faktörü ve aydınlık düzeyi gibi birçok değerin hesaplanması sürecinde, güneşin pozisyonu doğrudan etkilidir [30]. Güneşin gün içindeki ve yıl içindeki hareketine bağlı olarak, bulunduğu pozisyon, dış yatay aydınlık düzeyi üzerinde etkili olan başlıca parametredir. Ayrıca hacim açıklıklarının yönlerine bağlı olarak da iç aydınlık düzeyini etkilemektedir.

Yer örtüsünün ışık yansıtma özellikleri

Yerden yansıyan ışıklar, hacme girerek gözleme noktasındaki aydınlık düzeyine ve dış engeller üzerindeki aydınlığı yükseltip engel parıltısını artırması nedeniyle, engelden yansıyan ışığın gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyine katkıda bulunurlar [30].

Doğal engellerin boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri

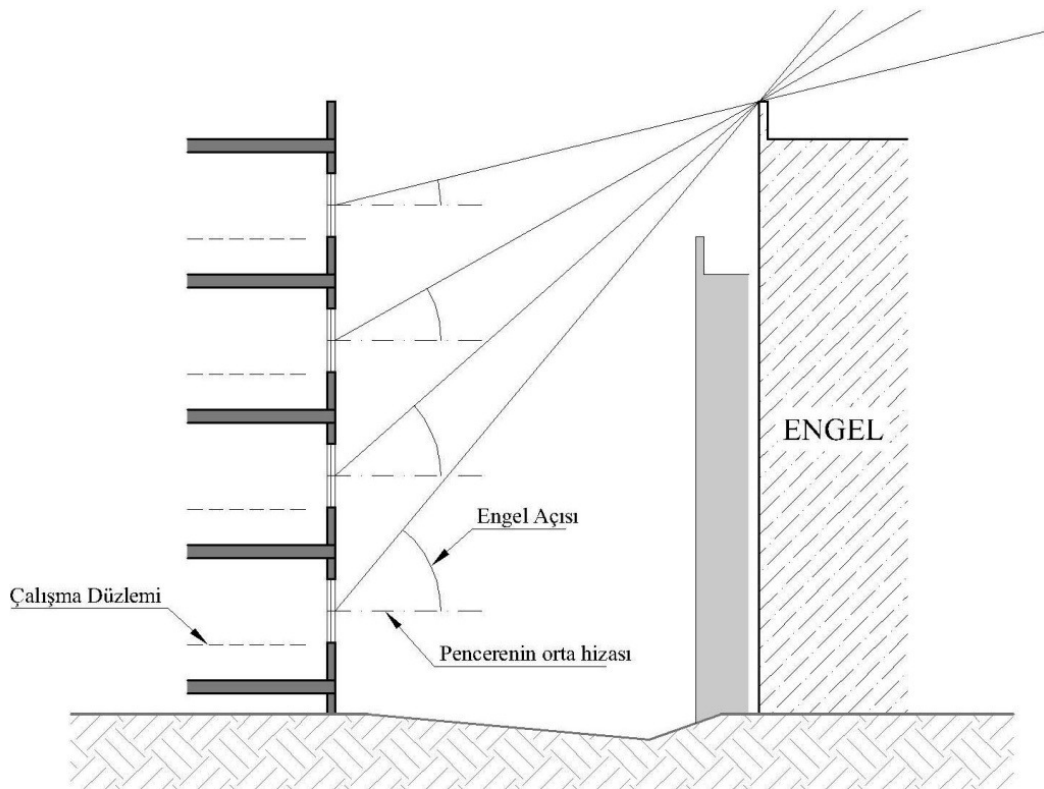
Hacmin dışındaki doğal engellerden yansıyan ışıklar da hacme girerek gözleme noktasındaki aydınlık düzeyine etkide bulunurlar. Bu etki, tüm bu engellerin boyutuna, bulundukları konuma ve ışığı yansıtma özelliklerine göre farklılık gösterebilir.

3.3.1.2 Tasarım değişkenleri

Bu parametreler tamamıyla yapma çevre ile ilgilidirler ve doğrudan mimarın kontrolü altında şekillenebilirler. Bu parametrelerin alacağı değerler, aydınlık düzeyi, parıltı ve renk olarak tanımlanan, görsel konfor etkenlerini, belirli fotometrik büyüklüklere ulaştıracaklardır. Varılan bu büyüklüklerin, görsel konfor gereksinimleri olarak belirlenmiş değerlere eşit ya da kabul edilebilir yakınlıkta olması durumunda, doğal aydınlatma sistemini oluşturan yapma çevre elemanlarının optimum performans gösterdikleri sonucuna varılarak değerlendirilebilir.

Yapma engellerin (çevre bina ve benzeri yapılar) boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri

Bina dışında bulunan yapay engeller konum ve boyutlarına bağlı olarak yansıttıkları ışık nedeniyle gözleme noktasındaki doğal aydınlığa katkıda bulunurken, güneş ve göğün oluşturacağı aydınlığı da belli bir oranda azaltır. Bir başka deyişle dış engellerin konum, boyut ve ışık yansıtma özellikleri gözleme noktasındaki aydınlığın azalıp çoğalmasında önemli rol oynarlar. Engel açısı Şekil 3.8’de gösterildiği gibi gün ışığının geliş açısına ve çevre engelin boyutuna bağlıdır.



Şekil 3.8 : Yerleşme tasarımında binaların konumlandırılması ve engel açısı.

Yeni yerleşimleri tasarlarken komşu binaların gün ışığını korumak önemlidir. Aynı zamanda yeni tasarlanacak olan bina, çevredeki mevcut engellerin durumuna göre konumlandırılmalıdır. Yeni binanın Şekil 3.8’de ifade edilen engel açısının 25°’den küçük olması beklenir [38].

Yerden yansıyan ışıklar, hacime girerek, gözleme noktasındaki aydınlık düzeyini ve dış engeller üzerindeki aydınlığı yükseltip, engel parıltısını artırması nedeniyle; engelden yansıyan ışığın gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyine katkıda bulunurlar.

Dış yüzeylerin yansıtıcılığının daha iyi duruma getirilmesi de bu konuda yardımcı olmaktadır. Binanın dış yüzündeki yapı elemanları ve zemindeki kaldırım döşemeleri açık renk olarak kullanılabilir. Ancak bu yüzeylerin renklerinin solmasını veya bozulmasını engellemek için yapılacak bakım planlanmalıdır. Bu yolla elde edilen fayda, gerek malzemenin yıpranması, gerekse malzemenin farklı özelliklerinden dolayı genellikle beklenildiği kadar olmamaktadır [30].

Pencerelerin baktığı yön, boyut, biçim ve yerleştiriliş düzeni

Doğal ışığın niteliğinin, psikolojik konfor gereksinmelerini yerine getirmedeki katkıları artık tartışma konusu olmaktan çıkmıştır. Doğal ışığın bu özelliğinden en iyi şekilde yararlanan araçların da düşey pencereler olduğu açıktır.

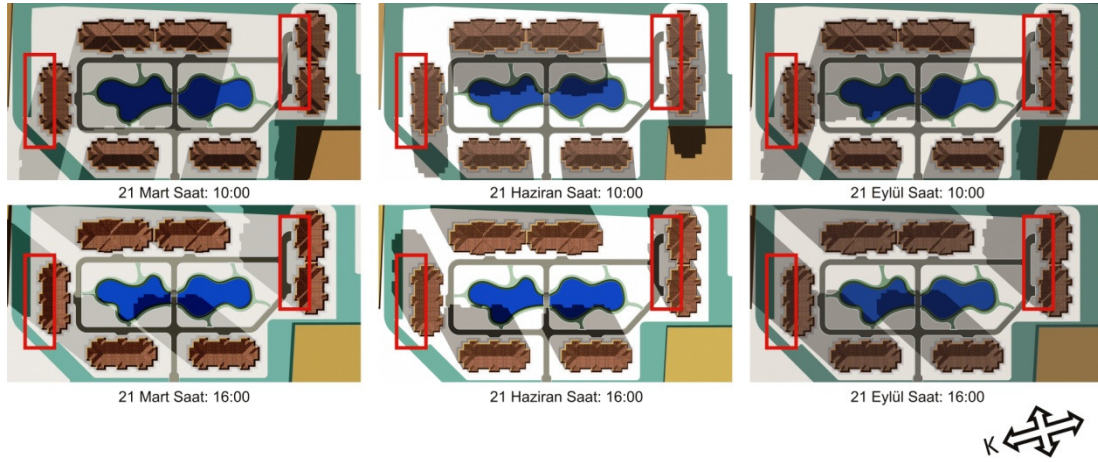
Güneşin günlük ve saatlik devinimleri ve bu devinimlerle ilişkili olarak göğün değişen parıltı dağılımı, pencereden geçerek gözleme noktasına gelen doğal aydınlık düzeyini etkiler. Öte yandan hem dolaysız güneş ışığının hem de parıltı dağılımı değişen gökten gelen ışığın herhangi bir gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin belirlenmesinde önemli rol oynayan bir başka etken ise pencerelerin baktığı yöndür. Pencerelerin yönüne bağlı olarak, hacme dolaysız güneş ışığı girebilir, girmeyebilir, ya da girerse bile gözleme noktasına ulaşmayabilir [30].

Pencerelerin baktığı yön gibi fiziksel tasarım parametrelerinden mekân içindeki aydınlık düzeyine etki edecek bir başka durum, pencerelerin yükseklik, genişlik gibi boyutları ve bunların alanlarının bulundukları duvar ile olan oranıdır. Bununla beraber pencerelerin biçimi ve yerleştiriliş düzeni de mekân içindeki aydınlık düzeyine etki edecek diğer unsurlardır.

Doğal ışığı mekânın içine dâhil etmenin yegâne yollarından biri cephe açıklıkları yani pencerelerdir. Pencerelerin baktığı yön, boyutu, biçimi, kullanılan camın özelliği, pencere kasa ve kanadı gibi opak malzemelerin toplam açıklıktaki oranı, mekân içindeki aydınlık düzeyini etkileyecek en önemli unsurlar arasındadır. Bu konuda günümüz toplu konut uygulamalarında yaygın olarak göz ardı edilen birçok uygulama mevcuttur. Bunlardan en önemlilerinden biri de; toplu konut uygulamalarında bir katta dört daire yapılan blokların yerleşimi ile bazı dairelerin yılın nerdeyse hiçbir zamanında güneş ışığını doğrudan alamamasıdır.

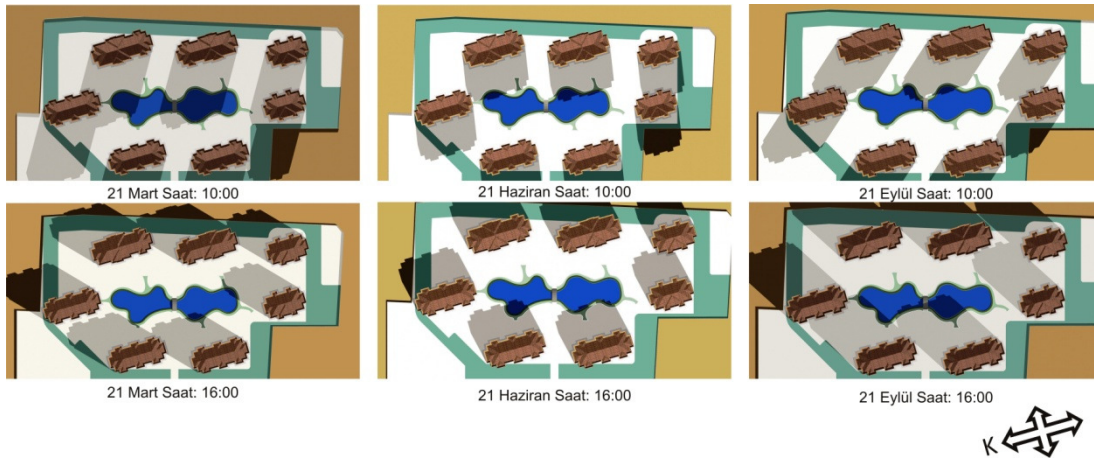
Örnek bir toplu konut sitesinde pencerelerin yönünü incelediğimiz ve yılın çeşitli zamanlarında güneş-gölge analizleri yaptığımızda; Şekil 3.9'da işaretlenen

kısımlardaki dairelerin, yılın neredeyse hiçbir zamanında güneşini doğrudan alamadığı görülmüştür.



Şekil 3.9 : Örnek toplu konut sitesinde yılın neredeyse hiçbir zamanında güneşini doğrudan alamayan daireler.

Aynı toplu konut sitesinde blokların ve pencerelerin, güneşin pozisyonuna göre Şekil 3.10'da gösterildiği gibi konumlanması ile bahsi geçen problemin giderilebildiği anlaşılmıştır.



Şekil 3.10 : Örnek toplu konut sitesinde öneri yönlendirme ile doğrudan güneşini yılın hiçbir zaman almayan daire kalmıyor.

IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) tarafından yayınlanan el kitabında, ülkemizin de içinde bulunduğu, 23,5 ve 60 kuzey enlemleri arasında kalan bölgeler için, cephe yönelimleri ile doğal aydınlatma arasında ilişki Çizelge 3.5'te anlatılmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3.5 : Cephe yönelimi-doğal aydınlatma şartları arasındaki ipuçları [39].

Kuzey

İstikrarlı ve kontrol edilmesi kolay günışığı

Yüksek kalitede yaygın ışık

Yüksek enlemlerde yazın sabah ve akşam güneş ışığı alabilir, bunun dışında güneş almayan bir cephedir

En az günışığı gelen ama güneş kontrolüne gereksinim duymadığı için yıl boyunca hacim içine en çok günışığı alınabilen cephedir

Güney

Yüksek açıyla gelen yaz güneşi bir saçakla kolayca kontrol edilebilir

Yatık gelen kış güneşi, kamaşmanın önlenmesi için ayarlanabilir elemanlarla kontrol edilmelidir

Yüksek enlemler daha düşük güneş açlarına sahiptir

Yılın soğuk döneminde yüksek solar yükler oluşur

Doğu

Alçak sabah güneşi, çalışma alanlarında ayarlanabilir elemanlarla kontrol edilmelidir

Öğleden sonra saatlerinde cephe gölgede kaldığı için kuzey gibidir

Yüksek enlemlerde kışın düşey elemanlarla sabah güneşi engellenebilir

Batı

Alçak öğleden sonra güneşi, çalışma alanlarında ayarlanabilir elemanlarla kontrol edilmelidir

Öğleden sonra geç saatlerdeki solar kazançlar yüksek dış hava sıcaklığına karşılık gelir ve yüksek soğutma yüklerine neden olur

Sabah saatlerinde cephe gölgede kaldığı için kuzey gibidir

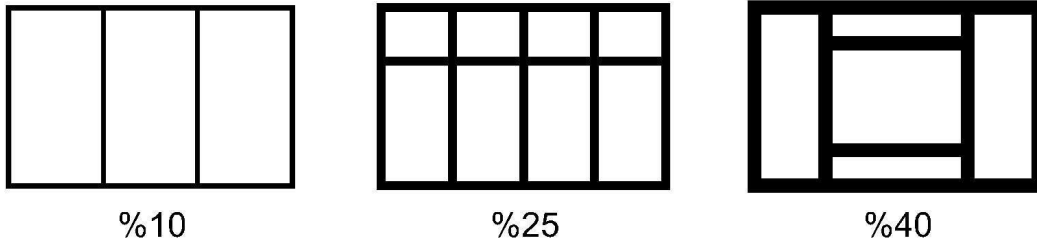
Yüksek enlemlerde kışın düşey elemanlarla öğleden sonra güneşi engellenebilir

Konut binalarının cephe tasarımında pencerelerin yerleşimine dikkat edilmelidir. Pencerelerin boyut, konum ve yerleştiriliş düzeni, ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyini içeri alacak kadar olmalıdır. Görsel konfor ve enerji verimli aydınlatma kavramları kapsamında gün ışığından maksimum düzeyde faydalanmak için pencere boyutlarını büyütürken, akustik ve termal konfor ihmal edilmemelidir.

Bir mekânda pencere yüzeyinin döşeme yüzeyine oranı belli bir oranı geçtikten sonra (pencere yüzeyinin, döşeme yüzeyine oranı: $1/10 - 1/8$) ortalama aydınlık, cam yüzeyinin artırıldığı oranda artmaz. Örneğin $1/6$ oranı $1/3$ 'e yükseltildiği zaman yani, cam yüzeyi %100 arttırıldığında, aydınlık ancak %60 oranında artar [40].

Pencerelerin ışık geçirme özellikleri

Pencerelerin ışık geçirme özellikleri temelde pencerelerde kullanılan camın kalınlığı, doğrama alanı, camın kirlilik durumu gibi etkenlere bağlıdır. Son zamanlarda hızla gelişip ortaya çıkan cam çeşitleri bu özelliklere eklenebilir. Pencere yüzeyinde seçilen sisteme göre çeşitlilik gösterecek, Şekil 3.11'de ifade edilen doğrama oranı, doğal ışığın hacmin içerisine girmesinde önemli farklılıklar oluşturabilmektedir.



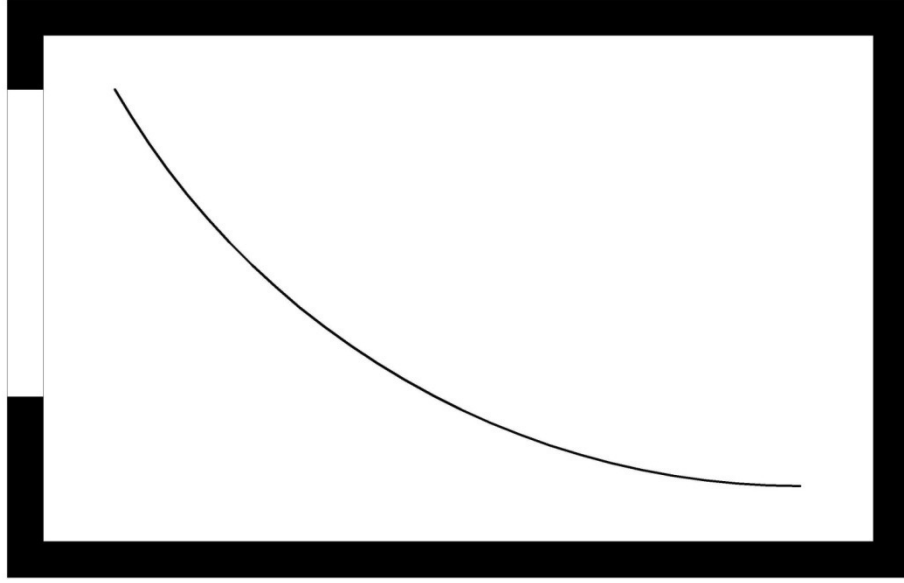
Şekil 3.11 : Doğrama kalınlıkları nedeniyle etkin pencere yüzeyindeki azalmalar [40].

Gün ışığını hacmin içine alma noktasında, günümüzde klasik pencerelerden, tamamen cam kaplı giydirme cepheler, konutlarda da kendini göstermeye başlamıştır. Bu durumda seçilecek camların teknik özellikleri, gölgeleme elemanlarının tasarımı büyük önem kazanmaktadır.

Hacim boyutları

Kapalı bir yerde bulunan bütün aydınlatma araçlarından yayılan toplam ışık akısının, o yerin çalışma düzlemine düşen oranına aydınlatma verimi denir. Bu da, kapalı bir yerin, örneğin bir odanın, boyutlarına, tavan yüksekliğine, ışık kaynaklarının durumuna, tavan ve duvarların rengine ve ışığı yansıtma özelliklerine bağlıdır [30].

Gözleme noktasının içinde bulunduğu hacmin, en, boy, yükseklik, derinlik gibi boyutları ilk tasarım sürecinde doğal aydınlatma tasarımı açısından ele alınması gereken özelliklerdir. Hacmin derinliği arttıkça günışığından faydalanmasının azalacağı Şekil 3.12'de ifade edilmiştir.



Şekil 3.12 : Hacim derinliği ile günışığı faktörü arasındaki bağıntı.

Hacim derinliği arttıkça, pencere boyutuna da bağlı olarak arka kısımlardaki aydınlık düzeyi azalarak yok olacaktır.

Yapılan bir araştırmaya göre,

3,00 x 4,00 m bir odada duvar ve tavan rengi ve odanın aydınlatma ile ilgili bütün diğer özellikleri ve aydınlatma araçlarının durumu aynı kalmak şartıyla, yarı endirekt aydınlatma sisteminde,

3,00 m tavan yüksekliğinde aydınlatma verimi %12

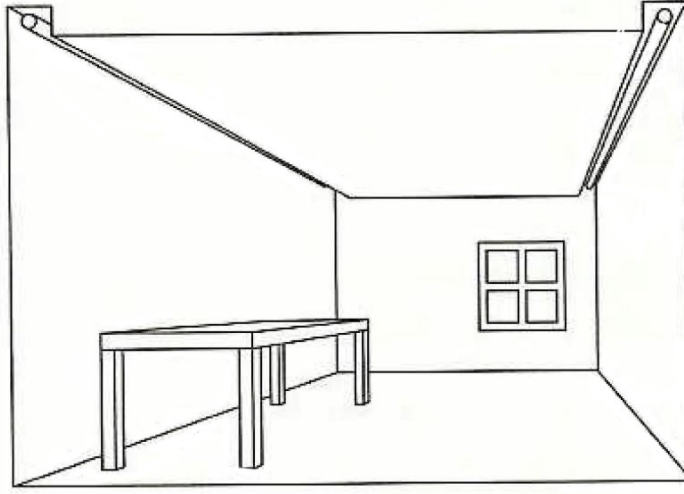
2,40 m tavan yüksekliğinde aydınlatma verimi %14

2,15 m tavan yüksekliğinde aydınlatma verimi %17 bulunmuştur.

Yukarıdaki üç sonuç tavan yüksekliğinin 3.00 m den 2.15 m ye düşmesiyle bütün öteki faktörler aynı kaldığı halde aydınlatma verimin %12 den %17 ye yükseldiğini yani çalışma planı üzerindeki ortalama aydınlıkta $17/12=$ yaklaşık olarak %40 bir çoğalma olduğunu göstermektedir.

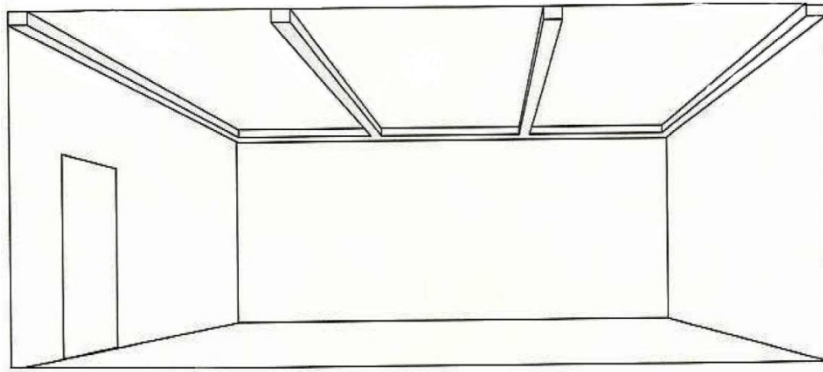
Hacim boyutları iç mekânda tasarlanacak yapma aydınlatma için de oldukça önemlidir. Örneğin küçük mekânlar doğru bir biçimde aydınlatılırsa olduğundan büyük görünmesi sağlanır. Bu tip aydınlatmalarda duvarlar tavanlardan çok daha önemlidir [41].

Daha aydınlık mekânlar Şekil 3.13'te ifade edildiği gibi her zaman olduğundan büyük görünür.



Şekil 3.13 : Mekânın dar birbirine yakın duvarlarını olduğundan daha geniş göstermek amacıyla uygulanmış örnek aydınlatma tasarımı [42].

Büyük odalarda orantıya bakıldığında yatay bileşiklerin düşey bileşiklere göre çok daha yüksek oranda olduğu görülür [41]. Bu nedenle Şekil 3.14'te görülen baskın ve yoğun bir aydınlatma için yatay mekânlar daha uygundur.



Şekil 3.14 : Büyük mekânlarda daha rahat olarak çözülmüş örnek aydınlatma [42].

İç yüzeylerin ışık yansıtma özellikleri

Hacim içinde gözleme noktasındaki aydınlık düzeyi, günışığı faktörü ile doğrudan ilgilidir. İç yüzeylerin ışık yansıtma özellikleri ise günışığı faktörünün bileşenlerinden 'iç yansımış bileşen' e doğrudan etki etmektedir.

Tavan ve duvarların ayrı ayrı değerlendirildiği aynı çalışmada aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

3,00 x 4,00 m bir odada tavan yüksekliği ve duvarların rengi ile odanın aydınlatma ile ilgili bütün öteki özellikleri aynı kalmak şartıyla yarı endirekt aydınlatma sisteminde,

Beyaz badana tavanda aydınlatma verimi %15

Açık renkli tavanda aydınlatma verimi %12

Koyu renkli tavanda aydınlatma verimi %7,

Aynı şartlarda bu sefer yayınlık aydınlatma sisteminde,

Beyaz badana tavanda aydınlatma verimi %22

Açık renkli tavanda aydınlatma verimi %19

Koyu renkli tavanda aydınlatma verimi %14 bulunmuştur.

Yukarıdaki sonuçlarda endirekt aydınlatma sisteminde aydınlatma veriminin, tavan renginin değişmesiyle %7 ve %15 oranları arasında, yayınlık aydınlatma sisteminde ise %14 ve %22 oranları arasında değiştiği görülmektedir. Bu ise, endirekt aydınlatma sisteminde yaklaşık olarak %100, yayınlık aydınlatma sisteminde ise %60 bir verim farkı demektir.

3,00 x 4,00 m bir odada tavan yüksekliği ve rengi ile odanın aydınlatmayla ilgili bütün diğer özellikleri ve aydınlatma araçlarının durumu aynı kalmak şartıyla,

Açık renk duvarlarda aydınlatma verimi %21

Orta koyulukta duvarlarda aydınlatma verimi %19

Koyu renk duvarlarda aydınlatma verimi %17 bulunmuştur [43].

3.3.2 Günişliği faktörü

Günişliği faktörü temelde dış aydınlık ile iç aydınlık arasında oluşan ilişkidir. Günişliği faktörü, ele alınan herhangi bir düzlem üzerinde yer alan bir referans noktasındaki iç aydınlığın dış aydınlığa oranıdır (3,2), şeklinde tanımlanabilir.

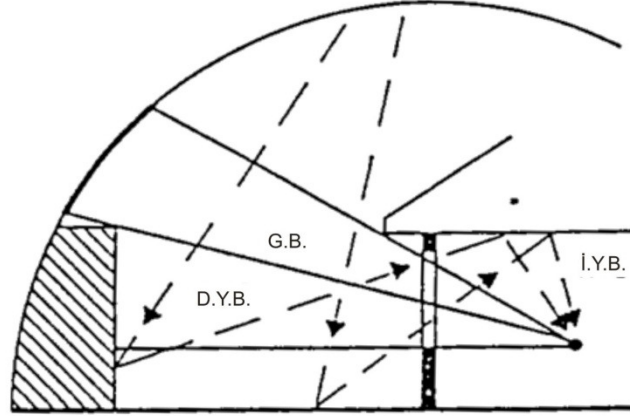
$$G.F. = \frac{E_{iç}}{E_{dış}} \quad (3,2)$$

G.F.: Günişliği Faktörü

$E_{iç}$: İç Aydınlık Düzeyi

$E_{dış}$: Dış Aydınlık Düzeyi

Günlüğü faktörü, herhangi bir hacimde ele alınan herhangi bir referans noktasında gerçekleşen günlük aydınlığının ölçüsüdür ve gök bileşeni, dış yansımış bileşen ile iç yansımış bileşenin toplamı ile hesaplanır (3,3). Günlüğü faktörü Şekil 3.15'te ifade edildiği gibi üç bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 3.15 : Günlüğü faktörü bileşenleri [44].

$$G.F. = G.B. + D.Y.B. + İ.Y.B. (\%) \quad (3,3)$$

G.B.: Gök Bileşeni (Sky Component).

Hacim içerisinde çalışma düzlemi üzerinde yeri tarif edilmiş bir gözleme noktasından görülen ve parıltı dağılımı bilinen gök parçasının, o nokta üzerinde doğrudan oluşturduğu aydınlık düzeyinin dış aydınlığa oranıdır.

D.Y.B.: Dış Yansımış Bileşen (External Reflected Component).

Hacim içerisindeki aynı gözleme noktasına, parıltı dağılımı bilinen gökten, dış yüzeyler ve engellerden yansdıktan sonra ulaşan günlük ışığının dolaylı olarak oluşturduğu aydınlık düzeyinin dış aydınlığa oranıdır.

İ.Y.B.: İç Yansımış Bileşen (Internal Reflected Component).

Aynı gözleme noktasında, iç yüzeylerden yansiyarak ulaşan günlük ışığının dolaylı olarak oluşturduğu aydınlık düzeyinin dış aydınlığa oranıdır [45].

Dış yansımış bileşen ile iç yansımış hakkında yıllardan beri uzun ve çeşitli denklemler hesap metotları oluşturulmuştur. Sonuç olarak bu iki bileşenin bazı gök modellerinde, gök bileşenin yüzdelik bir oranı olarak ifade edilebileceği

görülmüştür. Örneğin CIE kapalı göğünde, ufka yakın, başka deyişle, engel açısı küçük olan engellerin parıltıları, örttüğü gök parıltısının 1/5'i, ya da ortalama gök parıltısının 1/10'u kadar; yüksek engel açısına sahip engellerin parıltıları da, örttükleri gök parçası parıltısının 1/10'u kadar kabul edilmektedir [45].

Bu bölümde, konut ve yerleşmelerin tasarımında mimarlar tarafından ele alınan tasarım parametrelerinin gerek doğal aydınlatma sistemi tasarımında, gerekse de yapma aydınlatma sistemi tasarımında uluslararası standartlarda verilen görsel konfor gereksinimlerinin ve enerji etkinliğin sağlanmasındaki rolü açıklanmıştır. Bu parametre değerlerinin mimarın kararlarına bağlı optimum değerleri almasıyla görsel konfor koşullarının ve enerji tasarrufunun sağlanması olanaklı olmaktadır.

4. TOPLU KONUTLARDA ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI

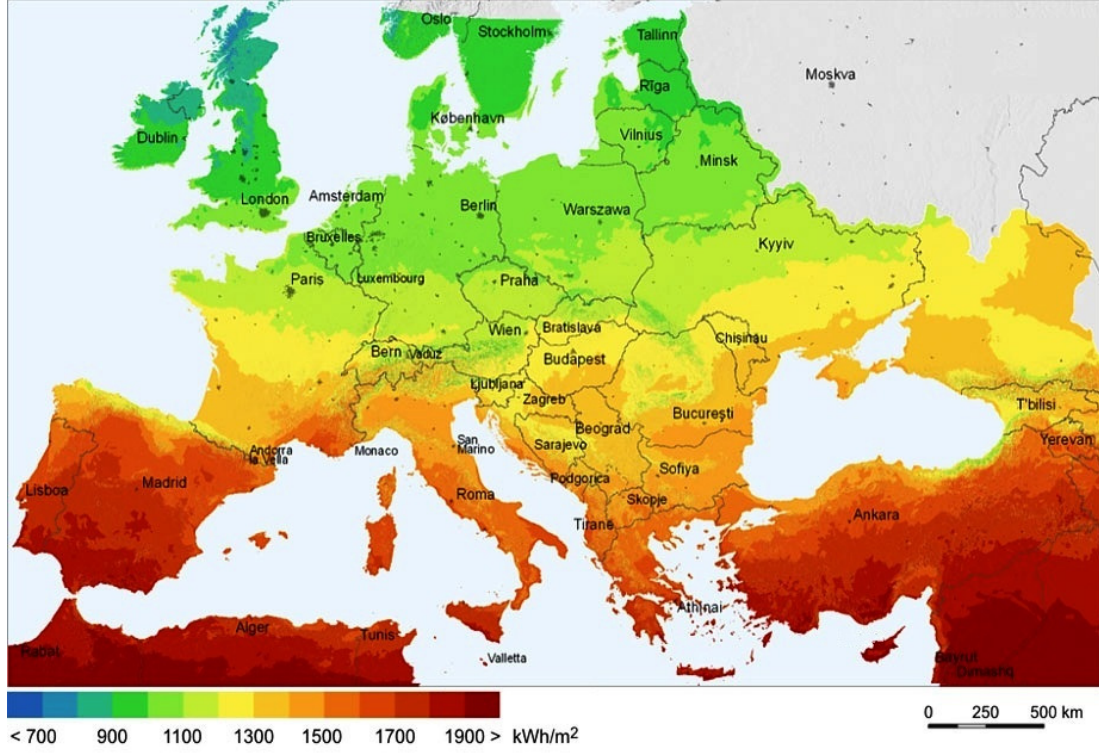
Güneş ışığı temel ışık kaynağı olarak binalarda doğru tasarlandığı zaman insan sağlığını ve eylemlerini destekleyici dinamik mekânlar oluşturmakta ve binanın enerji ihtiyacını azaltmaktadır. Enerji verimliliğinin ön plana çıkması ve verimliliğin söylemine yönelik değerlendirme araçlarının (ölçekli maket, matematiksel formüller ve bilgisayar programları) gelişimi ile binaların doğal aydınlatma tasarımı çalışmalarına gittikçe artan bir ilgi oluşmuştur.

Güneş ışığı ile aydınlatma sadece mimarlık disiplini ve konutlarda kullanılacak aydınlatma enerjisinin verimliliği için değil, aynı zamanda mekân içinde gerçekleştirilecek aktivitelerin verimliliği açısından da daha faydalıdır.

En önemli yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Bu enerji, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile oluşan füzyon sürecinden kaynaklanır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Dünyanın tükenen enerji kaynakları ile kıyaslanınca güneş enerjisi çok büyük bir potansiyeldir.

Enerji kullanımına bağlı olarak çoğalan çevre sorunları ve ekolojik dengenin bozulması son yıllarda daha çok önemsenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yeterli miktarda olmaması, tüketilir enerji kaynaklarının fazla rağbet görmesi ve daha kolay ulaşılır olması, kullanılan tasarımlarda enerji verimliliği kaygısının olmaması bu olumsuz tablonun oluşmasındaki nedenlerin başında gelmektedir. Hele ki artan konut projelerinde bu kaygının daha da göz ardı edildiği görülmektedir.

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla dünyada güneş kuşağı olarak tarif edilen bölge içinde kalmakta olup, güneş enerjisi potansiyeli açısından özellikle Avrupa ülkelerine göre çok daha şanslı durumdadır. Şekil 4.1’de Avrupa güneş haritasına bakıldığında, Türkiye coğrafi konumu sayesinde sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli daha belirgin bir şekilde görülür.



Şekil 4.1 : Avrupa ülkeleri ve ülkemizin güneşlenme haritası [46].

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. ETKB Yenilenebilir Enerji Genel müdürlüğü tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ısınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [47].

Güneş ışığı kaynaklı aydınlatma sistemlerinin kullanılmasıyla, çevresel ve ekonomik sorunların en aza indirgenmesi mümkündür. Güneş enerjisinin potansiyelini en yüksek seviyede kullanabilecek şekilde oluşturulan mimari tasarımlar sayesinde Şekil 4.2'de görüleceği gibi yapma aydınlatma kullanımının en aza indirgenmesi sağlanabilir. Gün ışığından faydalanma konusunda, iç kısımlarda hacim içerisinde istenen görsel konfor koşullarının sağlanması, parıltı oranlarının kontrolü ve gerektiğinde gölgeleme elemanları tasarımı da dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.2 : Doğal ışığın kullanımı ile yapma aydınlatma kullanımının azaltılması [48].

Son yıllarda enerji verimli bina konusunun önemi oldukça artmıştır. Bina tipolojileri arasında en yaygın ve yoğun olarak kullanılan konutlarda ise bu önem kendisini daha çok göstermelidir. Son yıllarda sayıları giderek artan toplu konut projelerinde enerji verimliliği konusu göz ardı edilmektedir.

Aydınlatma konutların toplam enerji giderleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Yapma aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerjinin, elektrik enerjisi ile karşılanması toplamda karşımıza oldukça fazla değerler çıkarmaktadır. Toplu konutlarda görsel konforun sağlanmasında doğal ve yapma aydınlatma birlikteliği söz konusudur. Konutların aydınlatmasını enerji verimli olarak tasarlayabilmek için, binaları doğal ışıktan maksimum faydalanacak şekilde konumlandırıp, yapma aydınlatma kullanımını minimuma indirmek gerekir. Ancak bu konumlandırma ne kadar iyi yapılırsa yapılsın, yılın ve günün belirli zamanlarında, gün ışığının hiç olmadığı durumlarda yapma aydınlatma kullanımı yine de kaçınılmazdır. Bu durumda tasarlanan binanın doğal ışıktan maksimum faydalanmasının yanı sıra yapma aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerjinin yine doğal yollardan karşılanması akla gelir.

Bu bölümde konutlarda harcanan enerji giderlerinin, toplam enerji giderleri arasındaki yeri ve konutlarda harcanan enerjinin ne kadarının aydınlatma enerjisi olduğu aktarılacaktır. Ardından yapma aydınlatma yükleri için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin pv paneller ile karşılanması düşüncesinden hareketle, konut binalarına entegre pv panel sistemleri tanıtılacak ve aydınlatma yükünü karşılaması için kullanılan örnekler gösterilecektir.

4.1 Aydınlatma Enerji Performansı

Bina enerji performansı (BEP) binaların enerji kullanım seviyesini belirleme işlemidir [49]. Bu işlem, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2008 yılında çıkarılan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”ne göre, bakanlığın yetkilendirdiği kişiler tarafından yapılır. Bunun sonucu olarak elde edilen veriler ışığında binaya enerji kimlik belgesi verilir.

1973 petrol krizinden sonra mevcut enerji kaynaklarının miktarlarının belirlenmesi ve alternatif enerji kaynaklarına yönelim hız kazanmıştır. Ülkemizde bu yönelim daha geç de olsa kendini göstermeye başlamıştır. Aşağıda ETKB tarafından yayınlanan Çizelge 4.1’de bazı ülkeler ile beraber Türkiye’nin elektrik üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Dünya elektrik üretimi ve Türkiye’nin yeri [50].

ÜLKE	Miktar (Terawatt-saat)	Dünya toplamındaki payı (%)	Sıra
ABD	4325,9	20,3%	1
Çin	4206,5	19,7%	2
Japonya	1145,3	5,4%	3
Rusya	1036,8	4,9%	4
Hindistan	922,2	4,3%	5
Kanada	629,9	3,0%	6
Almanya	621,0	2,9%	7
Fransa	573,2	2,7%	8
Güney Kore	497,2	2,3%	9
Brezilya	484,8	2,3%	10
Büyük Britanya	381,2	1,8%	11

İspanya	300,4	1,4%	12
İtalya	298,2	1,4%	13
Meksika	270,0	1,3%	14
Güney Afrika	268,1	1,3%	15
Tayvan	247,0	1,2%	16
Avustralya	245,3	1,2%	17
İran	226,1	1,1%	18
Suudi Arabistan	214,0	1,0%	19
Türkiye	210,2	1,0%	20
Ukrayna	187,9	0,9%	21
Endonezya	166,4	0,8%	22
Toplam	21325,1		

Tabloya göre elektrik üretiminde Türkiye, 210,2 TW/S (terawatt/saat) ve dünya toplamında %1 payı ile 20. sıradadır. A.B.D. ise % 20,3 payı ve 4325.9 TW/S üretim ile ilk sırada yer almaktadır.

Türkiye’de elektrik üretimi kurulu gücü ise 2012 Nisan ayı sonu itibari ile 54.000 MW civarındadır. Aşağıdaki Çizelge 4.2’de bu kurulu gücün sektörlere göre dağılımı verilmiştir.

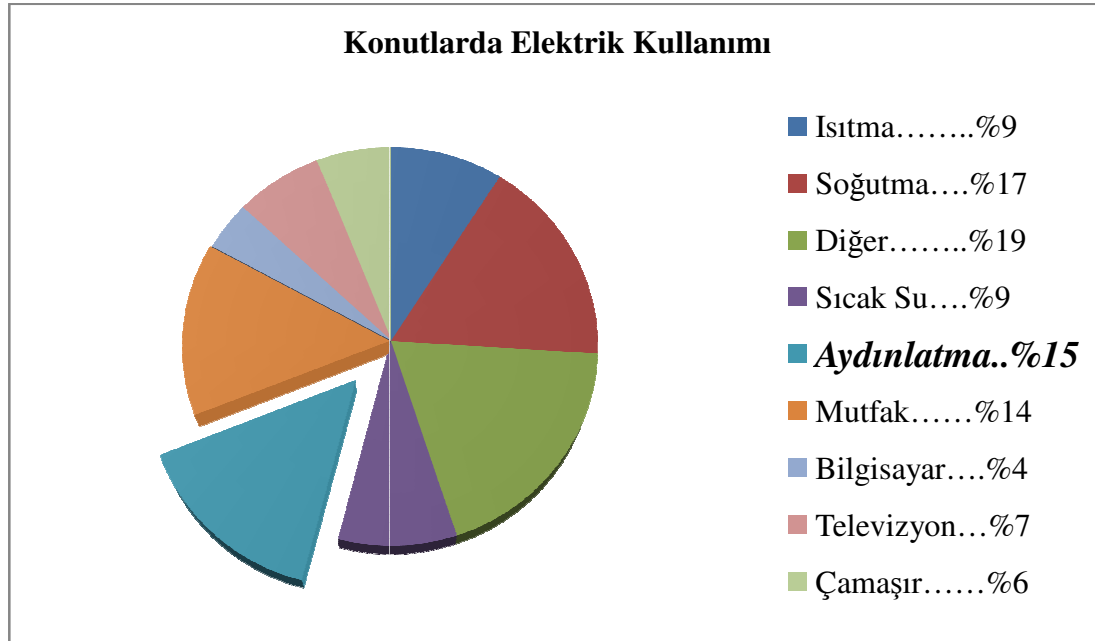
Çizelge 4.2 : Türkiye mevcut elektrik kurulu gücünün sektörlere göre dağılımı [50].

KURULU GÜÇ (MW)					
YILLAR	TERMİK	HİDROLİK	JEOTERMAL+RÜZGAR	TOPLAM	ARTIŞ(%)
2002	19.568,5	12.240,9	36,4	31.845,8	12,4
2003	22.974,4	12.578,7	33,9	35.587,0	11,7
2004	24.144,7	12.645,4	33,9	36.824,0	3,5
2005	25.902,3	12.906,1	35,1	38.843,5	5,5
2006	27.420,2	13.062,7	81,9	40.564,8	4,4
2007	27.271,6	13.394,9	169,2	40.835,7	0,7
2008	27.595,0	13.828,7	393,5	41.817,2	2,4
2009	29.339,1	14.553,3	868,8	44.761,2	7,0
2010	32.278,5	15.831,2	1.414,4	49.524,1	10,6
2011	33.931,1	17.137,1	1.842,9	52.911,1	6,8
2012 Nisan Sonu	34.223,2	17.699,5	2.019,9	53.942,6	-

Türkiye elektrik üretimindeki kurulu gücün çoğu termik santraller ile karşılanmaktadır.

Aydınlatma enerji performansı, binanın toplam enerji kullanım seviyesinde aydınlatma yükünün payıdır. Binalarda enerji performansı yönetmeliğine göre, binanın toplam enerji tüketimi içerisindeki aydınlatma enerjisi payının hesaplanmasında EN 15193 standardında verilen hesap yöntemleri kullanılır [51].

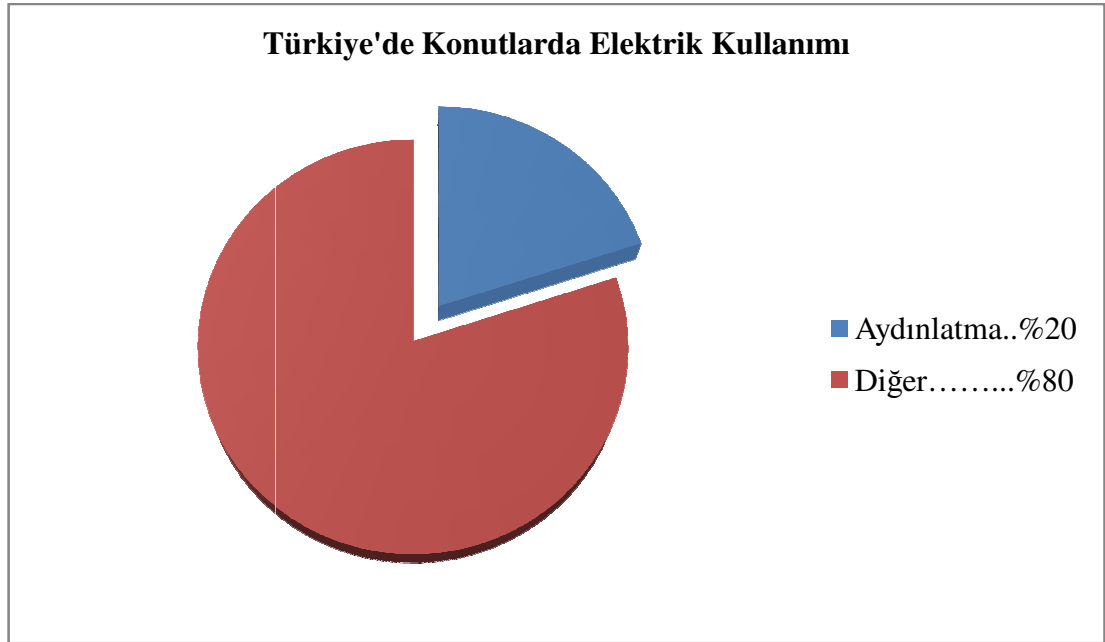
Kullanılan bu hesaplar sonucu, çeşitli kuruluşlarca, binanın toplam elektrik tüketiminde aydınlatmanın payının %15 ile %20 arasında olduğu görülmektedir. Örneğin Birleşik Devletler Enerji Bakanlığının 2008 yılı araştırmalarına göre, ülkelerindeki konutlarda harcanan elektriğin %15'i Şekil 4.3'te ifade edildiği gibi aydınlatma için kullanılmaktadır.



Şekil 4.3 : U.S. Enerji Departmanına göre konutlarda kullanılan elektrik içinde aydınlatmanın payı (2008) [52].

Aydınlatma enerjisi ihtiyaçları binanın enerji tüketimini önemli ölçüde etkileyen bir bileşendir. Ülkemizde ise, harcanan elektrik tüketimi içinde aydınlatmanın payı daha yüksek görünmektedir. Ülkemizde tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 45'i binalar tarafından tüketilmekte ve toplam tüketimin % 25'lik kısmı da konutlar tarafından tüketilmektedir. Şekil 4.4'te ifade edildiği gibi tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 20'si aydınlatma amaçlıdır. Binalar ölçeğinde, elektrik enerjisi tüketiminde % 56 pay ile en ağırlıklı sektördür [53].

Bu konuda resmi araştırmalar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim şirketi tarafından yapılmaktadır.



şekil 4.4 : T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre konutlarda kullanılan elektrik içinde aydınlatmanın payı (2012) [53].

Geçen yıllar çoğu ülkenin olduğu gibi, ülkemizin de enerji arz talep dengesini değiştirmektedir.

Halen enerjide dışa bağımlılık oranımız %72'ler seviyesinde olup, üretim planlamasının gerektirdiği yatırımlar için tedbir alınmaz ise bunun %80'lere yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir.

Ülkemizde, elektrik enerjisine olan talep yıllık ortalama %7 artış hızı göstermektedir. Elektrik retiminde, doğal gaz (%40-50), hidrolik (%25) ve kömür (%25) temel enerji kaynaklarıdır.

Çevreye zarar vermeyen pv paneller vasıtası ile elektrik üretimi henüz yeni gelişmeye ve yayılmaya başlamıştır. Pv paneller ile elektrik üretiminde ana veri ülkelerin güneş enerjisi potansiyelleridir. Ülkelerin güneş enerjisi potansiyellerinde Avrupa ülkelerine kıyasla, ülkemizin çok daha avantajlı konumda olduğu açıklanmıştı. Ülkemizin bu avantajına rağmen, Dünya güneş enerjisi kapasitelerinde Almanya 17320 MW ile 1. sırada, Türkiye ise 6 MW ile 29. sıradadır. Ülkelerin güneş enerjisi kapasiteleri izelge 4.3'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.3 : Ülkelerin güneş enerjisi kurulu güçleri [50].

DÜNYA GÜNEŞ ENERJİSİ KAPASİTESİ (Megawatt)			
ÜLKE	MİKTAR(MW)	Dünya Toplamındaki Payı	Sıra
Almanya	17320,0	% 43,5	1
İspanya	3892,0	% 9,8	2
Japonya	3617,2	% 9,1	3
İtalya	3502,3	% 8,8	4
A.B.D.	2519,6	% 6,3	5
Çek Cumhuriyeti	1953,0	% 4,9	6
Fransa	1025,0	% 2,6	7
Çin	893,0	% 2,2	8
Belçika	803,0	% 2,0	9
Güney Kore	572,9	% 1,4	10
Avustralya	503,6	% 1,3	11
Yunanistan	206,0	% 0,5	12
Kanada	199,6	% 0,5	13
Hindistan	189,0	% 0,5	14
Slovakya	145,0	% 0,4	15
Portekiz	130,8	% 0,3	16
Avusturya	102,6	% 0,3	17
İsviçre	100,0	% 0,3	18
Hollanda	96,9	% 0,2	19
Büyük Britanya	71,5	% 0,2	20
İsrail	61,0	% 0,2	21
Meksika	28,0	% 0,1	22
Bulgaristan	17,7	% 0,0	23
Malezya	14,6	% 0,0	24
İsveç	10,1	% 0,0	25
Norveç	9,2	% 0,0	26
Danimarka	7,1	% 0,0	27
Finlandiya	6,9	% 0,0	28
Türkiye	6,0	% 0,0	29

4.2 Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistem çeşitleri; şebekeden bağımsız sistemler (Off-Grid), Şebekeye bağlı sistemler (On-Grid) ve hibrid sistemler olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Dünya genelinde geçmişte, şebekeye bağlı olmayan sistemler (Off-Grid) daha yaygın iken 1999'dan sonra şebekeye bağlı sistemlerin (On-grid) kullanımı gittikçe artmaktadır [54]. Son yıllarda çıkan yasa ve yönetmelikler ile ülkemizde şebekeye bağlı olarak kurulan sistemlerin, devlet kuruluşları tarafından, yatırımcıdan alınma zorunluluğu

vardır. Bu durum şebekeye bağlı olarak kurulan sistemlerin yaygınlığını arttırmaktadır.

Bu bölümde genel olarak pv panellerin çalışma prensibinden bahsedilecektir. PV panellerin kısa tarihçesinin ardından binalarda kullanılmaya başlanmasından söz edilecek ardından örnekler gösterilecektir.

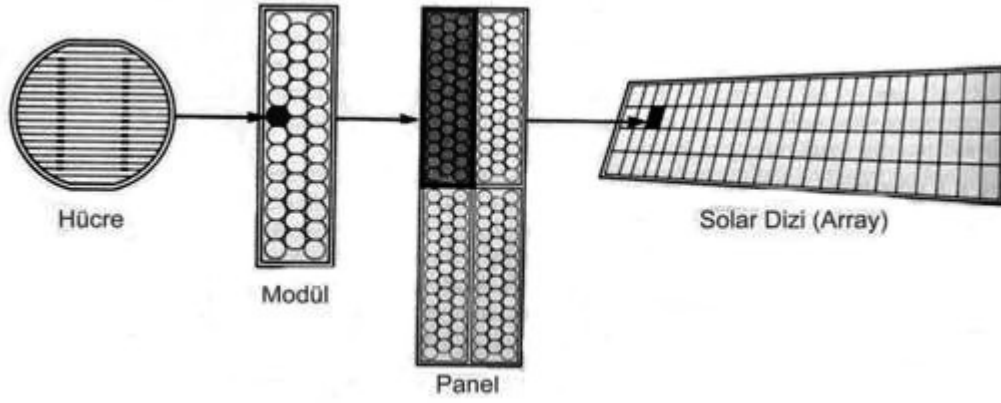
4.2.1 Fotovoltaik panel çalışma prensibi

“PV Paneller” yani “fotovoltaik güneş pilleri”, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. “Photos” Yunancada “ışık” anlamına gelmektedir. “Voltaic” sözü ise, elektriğin öncüsü 1745 doğumlu İtalyan bilim adamı Alessandro Volta’dan gelmektedir.

PV paneller, ilk olarak Fransız fizikçi Antoine Henri Becquerel tarafından 1839 yılında elektrolit içerisine daldırılmış, elektrotlar arasındaki gerilimin (voltajın), elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulmuştur [55]. Antoine Henri Becquerel fotovoltaik etkiyi şöyle tanımlamaktadır:

“Enerjinin bir formu olan ışık, bir fotovoltaik hücrenin içine girer ve elektronları harekete geçirmeye yetecek enerjiyi ortaya çıkarır. Bu enerji elektronların bir elektrik akımı oluşturabilecekleri kadar voltajı üretmelerini sağlar” [56].

Bir PV hücrenin çıkış voltajı yaklaşık olarak 0.5 volt civarındadır [57]. Güç çıkışını arttırmak için çok sayıdaki hücreler seri veya paralel bağlanarak “solar modül”, modüller birleştirilerek panel, ve paneller birleşerek “solar dizisi” elde edilir. Panellerin çok sayıda bağlanmasıyla, Şekil 4.5’te ifade edildiği gibi daha büyük yüzeyli diziler elde edilebilir. Solar modüller yalnız direkt güneş ışığından değil, yaygın ışıнімda da (bulutlu havalarda) daha düşük güçte elektrik üretebilmektedir [58].



Şekil 4.5 : PV hücre, modül, panel ve solar dizisi [59].

4.2.2 Fotovoltaik panellerin kısa tarihçesi

PV panellerin icadı 1839 yılına kadar geriye gitse bile; % 6 verimli pillerin üretilmesi 1956 yılını, PV panellerin ilk kez konutlarda kullanılması ise 1981 yılını bulmuştur. Endüstri devrimi ile birlikte hızla artan teknolojik gelişmeler, beraberinde sonuçları görmezden gelinen bir fosil yakıt tüketimini getirmiştir. Çevreye etki eden mekanik sistemlerin yanı sıra iklim dengesini bozan ve ekosisteme ciddi zararlar veren sera gazları, fosil yakıtlar ve enerji tüketiminin hızla artışı, dünyayı daha temiz yenilenebilir enerji kaynaklarını aramaya itmiştir. 1973 Arap-İsrail savaşı sonrası patlak veren petrol krizi, dünya üzerindeki özellikle gelişmiş ülkelerin enerji politikalarını gözden geçirmeleri açısından bir dönüm noktası olmuştur.

1981 yılında PV paneller ilk kez konutlarda kullanmaya başlandı.

1983 yılında ilk kez 300 kW'lık bir PV santrali kuruldu

1985 yılında ilk çatı entegrasyonu Almanya'da gerçekleştirildi.

1989 yılında ilk kez İsviçre'de şebekeye aktarılan enerji için ödeme yapıldı [59].

1991 yılında Almanya'da PV panellerden üretilen elektriğin şebekeye aktarılması konusunda yasa çıkarken; Türkiye'de tüzel kişilerin 500kW altındaki sistemleri, lisanssız olarak kurabileceğine dair yasa 2010 yılında çıkmış ve 2012 yılında son halini almıştır. Bahsedilen yasada Ekim 2013 tarihi itibarıyla değişikliğe gidilerek lisanssız elektrik üretimi için 500 kW olan üst sınır 1MW'a çıkarılmıştır.

Gelişmekte olan toplumlara katkısının çok büyük olacağı düşünülen PV modüllerin dünyada 1994 yılında 500 MW olarak verilen kümülatif satış miktarı, 1998 yılı

içinde 800 MW ve 2000 yılı itibari ile de 1000 MW mertebesine ulaşmıştır. Pv modül üretimi son 10 yıldan bu yana %15 artış hızıyla büyümektedir [60].

4.2.3 Fotovoltaik panellerin konut binalarına entegrasyonu

Dünyada ve ülkemizde potansiyel enerji üretim kaynaklarının azalması, ekonomik büyüme ve enerji ihtiyacının sürekli artması sonucu enerji açığı ortaya çıkmıştır. Bu açığı gidermenin yegâne yolu yenilenebilir enerjiye yönelmektir. Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.623 saattir. Çizelge 4.4'te bölgesel olarak güneş enerji potansiyelleri ve yıllık güneşlenme süreleri verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Türkiye'nin bölgesel yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [61].

Bölge	Güneş Radyasyonu (KW/m ²)	Güneş Işıma Süresi (saat)
Marmara	1168	2409
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Ege	1304	2738
Akdeniz	1390	2956
Karadeniz	1120	1971
İç Anadolu	1314	2628
Doğu Anadolu	1365	2664
Ortalama	1303	2623

Güneş enerjisinden elektrik üretimi konusunda ülkemizin sahip olduğu bu büyük potansiyel, yaklaşık 380 milyar kWh/yıldır.

Aydınlatma enerjisini karşılamak amacıyla pv panel kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. En yaygın olarak dikkat çeken uygulamaların başında trafikte ikaz aydınlatması olarak kullanılan lambalar gelmektedir. Şekil 4.6'da görülen trafik ikaz lambası ihtiyaç duyduğu enerjinin tümünü kendisine entegre edilen pv panel sayesinde karşılamaktadır.



Şekil 4.6 : Güneş enerjisi ile çalışan küçük bir pv panelin trafik ikaz aydınlatmasında kullanımı [62].

Ülkemizde özellikle sokak ve park aydınlatmasında da pv panellerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Şekil 4.7’de görülen sokak lambası gündüz depoladığı enerjiyi gece kullanmaktadır.



Şekil 4.7 : Güneş enerjisi ile çalışan küçük bir pv panelin sokak aydınlatmasında kullanımı [63].

Dünyanın birçok yerinde pv paneller ile aydınlatma sistemlerinin uygulamalarına rastlanmaktadır. İngiltere’de yerel aydınlatma talepleri genellikle güneş panelleri kullanarak karşılanmaktadır [64].

Pv panellerin konut binalarında kullanımı 1981 yılına dayanmaktadır. Günümüzde özellikle batı ülkelerinde pv panellerin konut binalarında kullanımı önemli ölçüde artarak devam etmektedir [65]. Şekil 4.8’de Amerika’da bir konutun çatısına entegre edilmiş örnek pv panel yerleşimi verilmiştir.



Şekil 4.8 : Pv panellerin çatıda kullanımı [66].

Çatıya belli bir açı ile monte edilen pv paneller en yüksek verimi güney cephesinde göstermektedir. Çatıların yanı sıra, bina cephelerinde de pv panellerin yoğun olarak kullanımı mevcuttur. Şekil 4.9’da Dünya’da pv panel kurulu gücü en fazla ülke olan Almanya’nın Berlin şehrinde örnek bir apartman bloğunun cephesinde pv panellerin kullanımı görülmektedir.



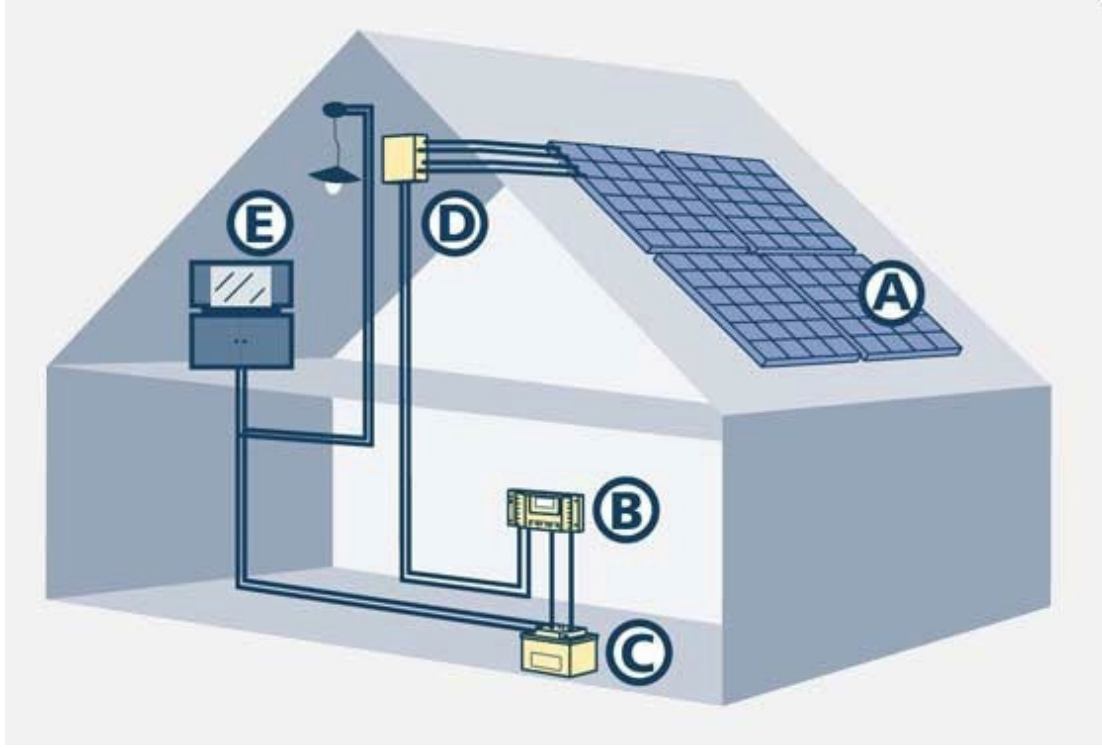
Şekil 4.9 : Pv panellerin bir apartman cephesinde kullanımı [67].

Bina cephelerine yere dik olacak şekilde konumlandırılan pv paneller en yüksek verimi doğu-batı cephelerinde gün ışığının panellere dik geldiği saatlerde vermektedir. Bina cephelerinin yanısıra, cephe açıklıklarında pv panellerin güneş kırıcı olarak kullanıldığı örnekler de mevcuttur. Şekil 4.10'da İngiltere'de yine bir konut bloğunda pv panellerin güneş kırıcı olarak kullanımı görülmektedir. Bu şekilde bir kullanım en yüksek verimi güney cephesinde vermektedir.



Şekil 4.10 : Pv panellerin güneş kırıcı olarak kullanımı [68].

Pv panel sistem seçiminde en önemli unsur, paneller aracılığı ile üretilen enerjinin aküler aracılığıyla depolanması (on-grid) ya da mevcut elektrik şebekesine aktarılmasının (off grid) seçimidir. Pv panellerin ilk kullanım zamanlarında şebeke elektriğinin ulaşmadığı kırsal yerlerde on grid sistemlerin kullanımı yoğunlukta olmuştur. Şekil 4.11’de şebekeden bağımsız pv sistemin bileşenleri verilmiştir.



Şekil 4.11 : Şebekeden bağımsız pv panel sistemi çalışması [69].

A: Panel

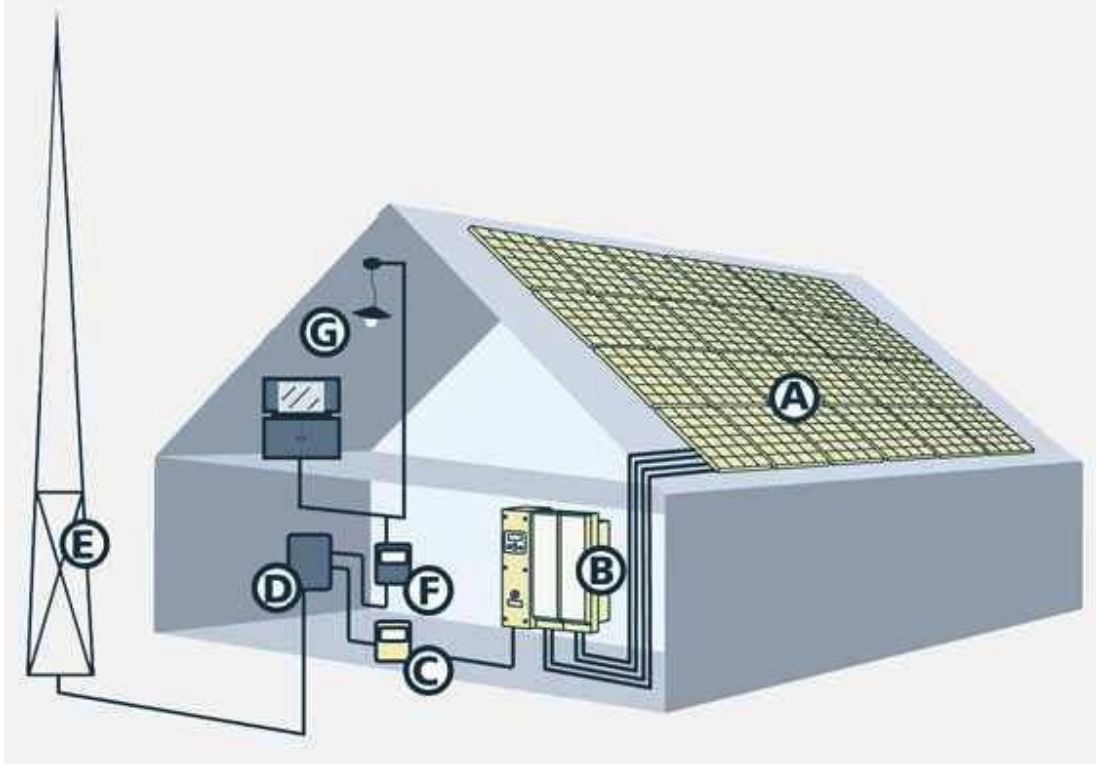
B: Solar kontrol

C: Akü

D: Bağlantı kutusu

E: Cihazlar

1999 yılına kadar bahsi geçen sebepler ile şebekeden bağımsız, üretilen fazla enerjinin akülerde depolandığı sistem yoğunlukta iken, 1999 sonrası çıkan yasa, yönetmelikler ve teşvikler ile şebekeye bağlı sistemlerin kullanımı üstünlük sağlamıştır [69]. Şekil 4.12’de şebekeye bağlı pv sistemin bileşenleri verilmiştir.



Şekil 4.12 : Şebekeye bağlı (on-grid) pv panel sistemi çalışması [69].

A: Panel

B: Inverter

C: Şebekeye satış sayacı

D: Bağlantı noktası

E: Şebeke

F: Şebekeden tesise alınan elektrik sayacı

G: Cihazlar

Avrupa’da kurulu pv sistemlerinin % 98.7’si şebekeye bağlı (on-grid) sistemler olup geri kalan %1.3’lük çok küçük kısım bağımsız (off-grid) sistemlerdir [69]. Ülkemizde Ekim 2013 tarihi itibariyle lisanssız elektrik üretimi için 500 kW olan üst sınırın 1MW’a çıkarılması ve üretilen elektriğin devlet tarafından satın alınmasının zorunlu olması ile kurulacak pv panel sistemlerinde şebekeye bağlı sistemlerin seçilmesinin yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Uygulama çalışmasında ele alınan bir toplu konut sitesinde örnek bir konut biriminin, yıllık aydınlatma enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Bu konut biriminden oluşan iki ayrı blokta pv panel entegrasyonu ile elde edilen elektrik enerjisi kazancı, aydınlatma yüklerini karşılamak amacıyla değerlendirilmiştir. Uygulama çalışması, örnek bir toplu konutta örnek bir konutun aydınlatma yüklerini PV paneller ile karşılanmasına yönelik öneriden oluşmaktadır. Bu öneri modelleme, çizim ve simülasyonlar ile desteklenmiştir.

5.1 Projenin Tanıtılması

Burada yapılan uygulama çalışması, bir toplu konut sitesinde binalara fotovoltaiik panellerin entegrasyonu ile elde edilen yıllık enerji kazancının aydınlatma enerjisi gereksinimini karşılamasına yönelik bir incelemedir.

İstanbul ili Anadolu yakası'ndaki örnek toplu konut 8 katlı 7 bloktan oluşmaktadır. Her katta 4 daire olmak üzere bir blokta toplam 32 daire, sitede ise toplam 224 daire bulunmaktadır. Sitede 64 adet 2+1 daire, 128 adet 3+1 daire, 32 adet 4+1 daire bulunmaktadır. Örnek alınacak konut, genel anlamda yaygın olarak inşa edilen 3+1 daire olarak seçilmiştir. Sitenin genel görünümü ve blokların yerleşimi Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de verilmektedir.



Şekil 5.1 : Çalışması yapılacak olan toplu konut sitesinin genel görünümü [70].



Şekil 5.2 : Çalışması yapılacak olan toplu konut sitesi, blokların site içinden görünümü [70].

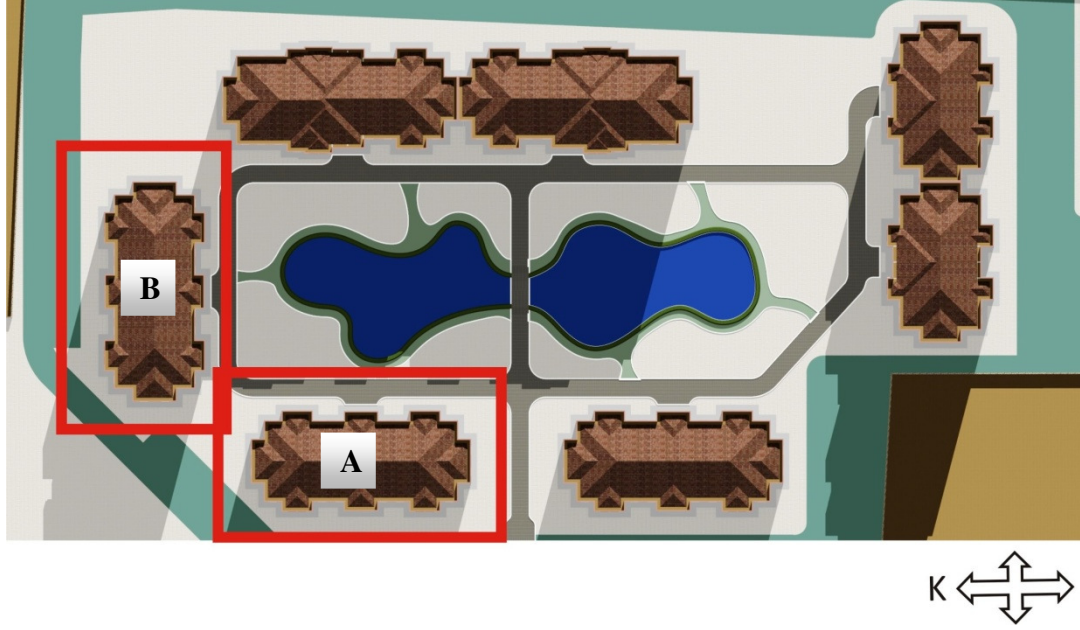
Prensip olarak 2 çocuklu 4 kişinin yaşadığı, örnek olarak seçilen dairenin aydınlatma yükleri hesaplanmıştır. Aydınlatma yükü hesaplanırken yukarıda da bahsedilmiş olan uluslar arası kuruluşlar ve standartlar ile tespit edilen Çizelge 3.3'te verilen aydınlık düzeyleri referans alınmıştır.

Örnek konutun farklı hacimlerinde bu aydınlık düzeyleri oluşacak şekilde CFL (kompakt flüoresan lamba) kullanarak, simülasyonlar eşliğinde bir aydınlatma tasarımı yapılmıştır. Aydınlatma simülasyonları Relux programı ile yapılmıştır. Yapılan simülasyonlarda salon, oturma ve çocuk odası gibi mekanlarda Ek A'da tüm özellikleri gösterilen, ışık kaynağını doğrudan göstermeyen altı açık armatürler, giriş ve koridorda ise Ek B'de tüm özellikleri verilen asma tavan içine gömme armatürler kullanılmıştır.

Örnek konutta her hacim için ihtiyaç duyulan lamba adedi ve harcadığı elektrik enerjisi bu yolla belirlenmiştir. Daha sonra hacimlerdeki lambaların ne kadar süre kullanıldığı konusunda, ulusal ve uluslar arası yayınlar referans gösterilerek, ortalama bir değer kabul edilmiştir.

Örnek konutta her hacim için kullanılacak lamba adedinin ve bu lambaların kullanım saatinin belirlenmesi ile yıllık aydınlatma yükü ortaya çıkmıştır.

Ortaya çıkan yıllık aydınlatma yükünü karşılamak amacı ile önerilen pv paneller farklı yönlendirilmiş olan 2 blokta cephe yönelimine bağlı olarak farklı konumlandırılmıştır. Fotovoltaik panel entegrasyonu ile enerji kazancının belirlenmesi amacıyla birbirine dik şekilde kuzey-güney ve doğu-batı yönünde konumlanmış olarak seçilen bloklar Şekil 5.3'te verilmiştir. Önce yerleştirilen pv paneller ile, bir katta toplam 8 daire için, ardından 2 farklı blok için, blok bazında aydınlatma yüklerinin karşılanıp karşılanmadığına bakılmıştır.



Şekil 5.3 : Site içerisinde karşılaştırılması yapılacak olan konutların bulunduğu A ve B blokları.

Modellemelerde “Archicad 14.0”, PV panel enerji simülasyonlarında “PVsyst 5.55” programları kullanılmıştır.

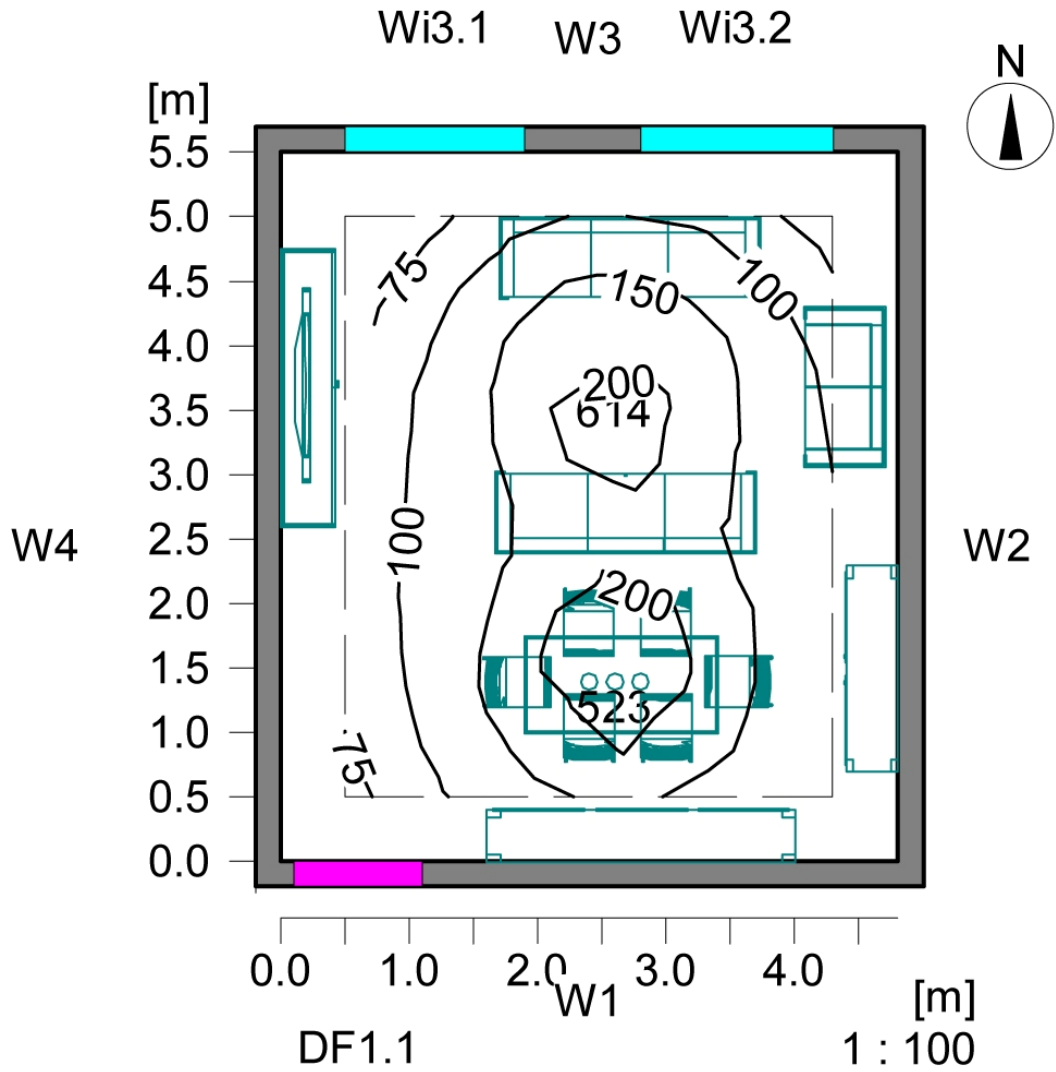
5.2 Yıllık Aydınlatma Enerjisi Tüketiminin Belirlenmesi

Çalışma yapılması için, seçilen 2 çocuklu 4 kişilik bir ailenin oturduğu 3+1 konutun yıllık aydınlatma enerjisi tüketiminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu tüketimin belirlenmesi 3 aşamadan oluşmaktadır:

- a) Her hacim için standartlarda verilen değerleri sağlayacak yapma aydınlatma sisteminin tasarlanarak aydınlatma yükünün belirlenmesi
- b) Her hacimde yapma aydınlatma sisteminin günlük kullanım süresinin belirlenmesi
- c) Konutta yıllık aydınlatma enerjisi tüketiminin belirlenmesi

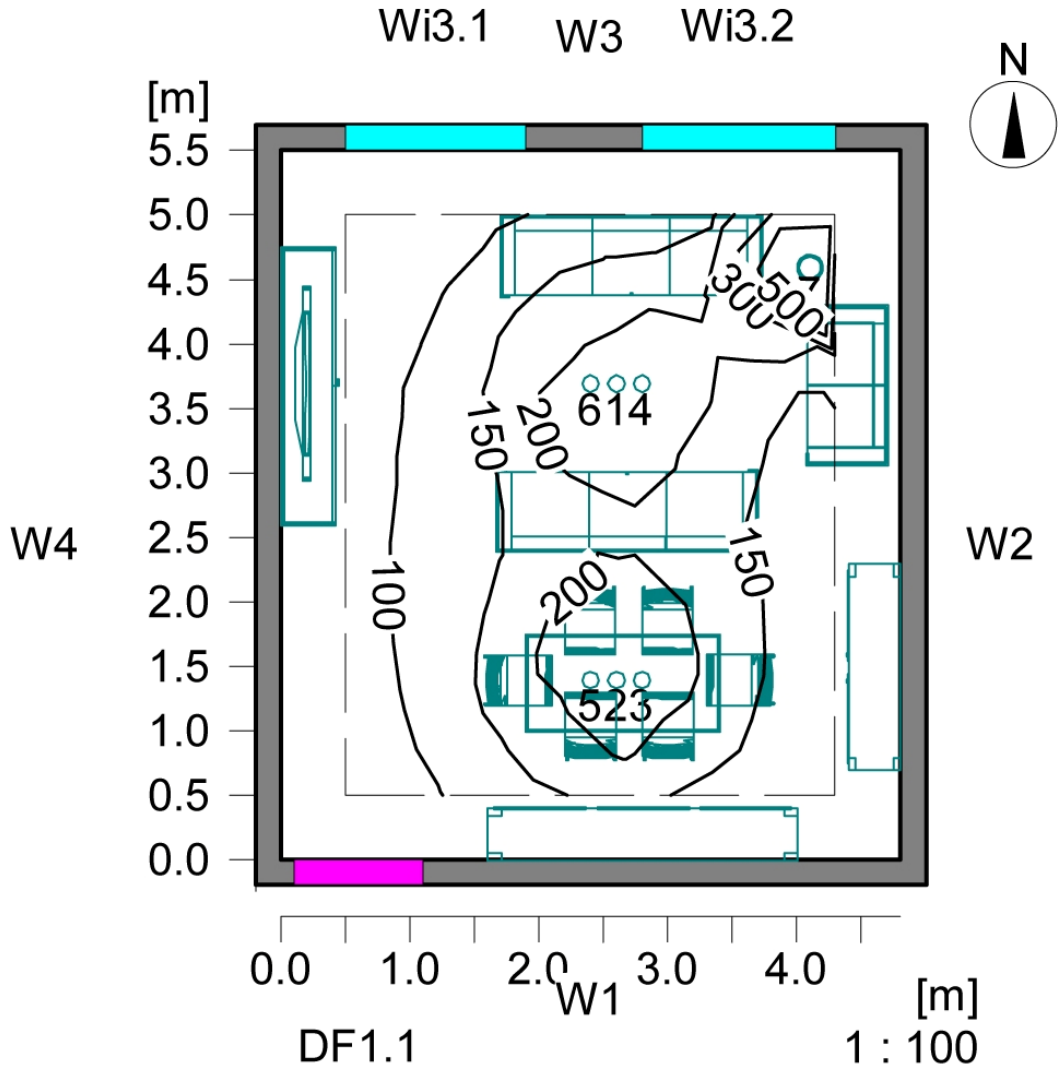
Aydınlatma yükü hesaplanırken Bölüm 3.1.2’de ayrıntılı olarak açıklanmış olan uluslararası standartlarda verilen değerler referans alınmıştır. Örnek konutun farklı hacimlerinde bu aydınlık düzeylerini sağlayacak bir yapma aydınlatma sistemi Relux simülasyon programında modellenerek tasarlanmıştır. Lamba ve aygıt seçiminde enerji etkinlik dikkate alınarak kompakt flüoresan lambalar (CFL) ve direkt armatürler seçilmiştir

Salon için, altı açık, ışık kaynağını gizleyen 2 adet armatür kullanılmıştır. Bu armatürler 18W gücünde 1200 lm ışık aksına sahip 3'er adet kompakt flüoresan lamba (CFL) içermektedir ve bu hacim istenen 150-200 lx genel aydınlık düzeyini sağlayabilmektedir. Armatürler salon içerisinde yemek masası ve oturma grubu üzerine yerleştirilmiştir. Almanya tabanlı aydınlatma simülasyon programı ReluxPro ile alınan sonuçlar Şekil 5.4'te verilmektedir.



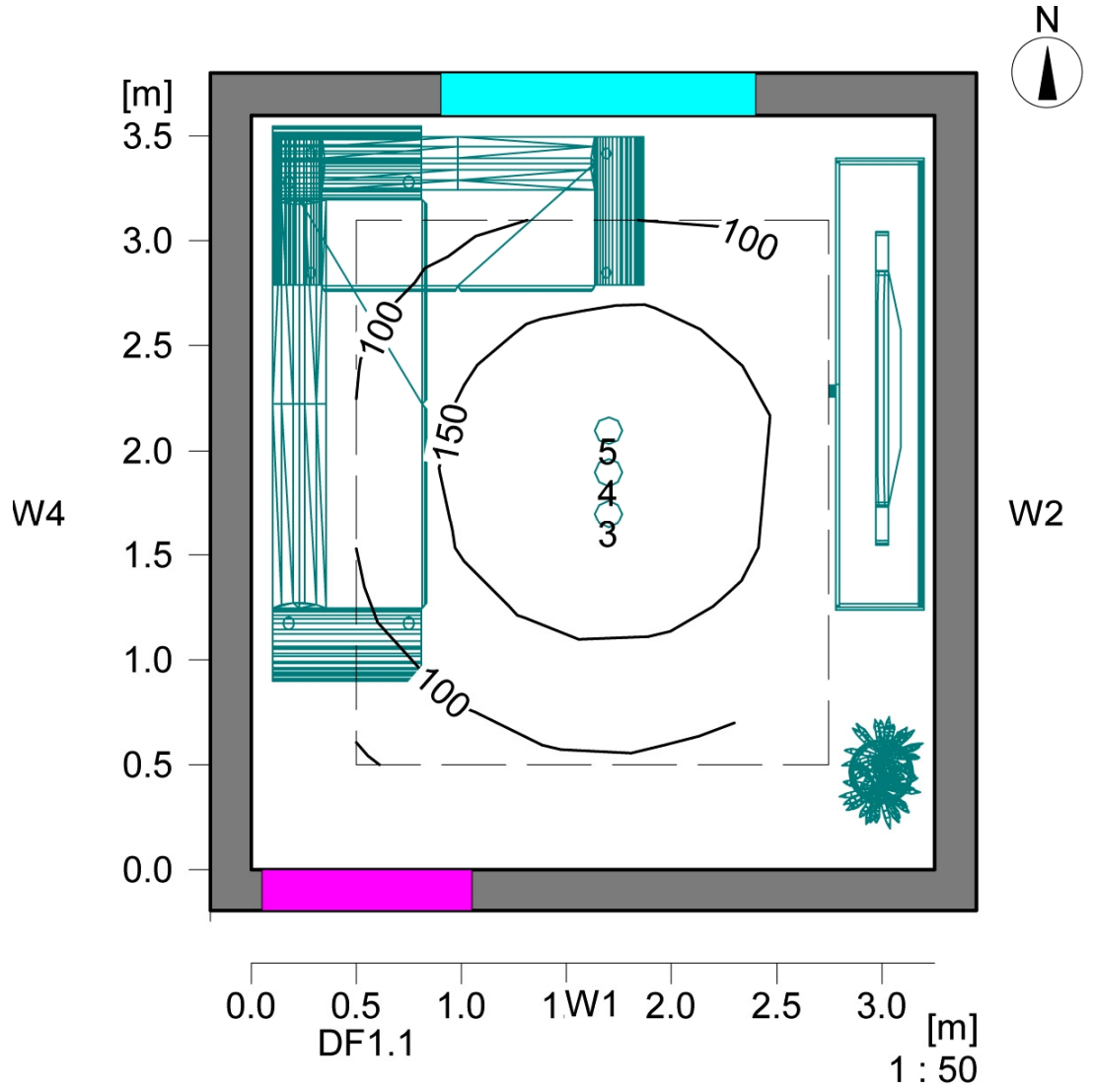
Şekil 5.4 : Salonda genel aydınlatma simülasyonu.

Konutların yaşama mekânı olan salondaki eylemlerin çeşitliliği dikkate alındığında, ayrıca, okuma ve benzeri eylemler için istenen 500 lx değerini sağlayacak bir bölgesel aydınlatma tasarlanması gerekmektedir. İçinde 26 W gücünde 1800 lm ışık akısına sahip 1 adet CFL bulunan bir armatür kullanılması durumunda sağlanan aydınlık düzeyi Şekil 5.5'te görülmektedir. Kullanılan armatür salon içerisinde kullanılan diğer armatürler ile aynı malzeme ve boyutlara sahiptir. Bu tür armatürlerin sabit değil hareketli armatür olması tercih edilmelidir. Tasarımda kullanılan zemine oturan, ayaklı armatürde ışık kaynağının yüksekliğinin farklı olması simülasyon hesaplamalarında dikkate alınmıştır.



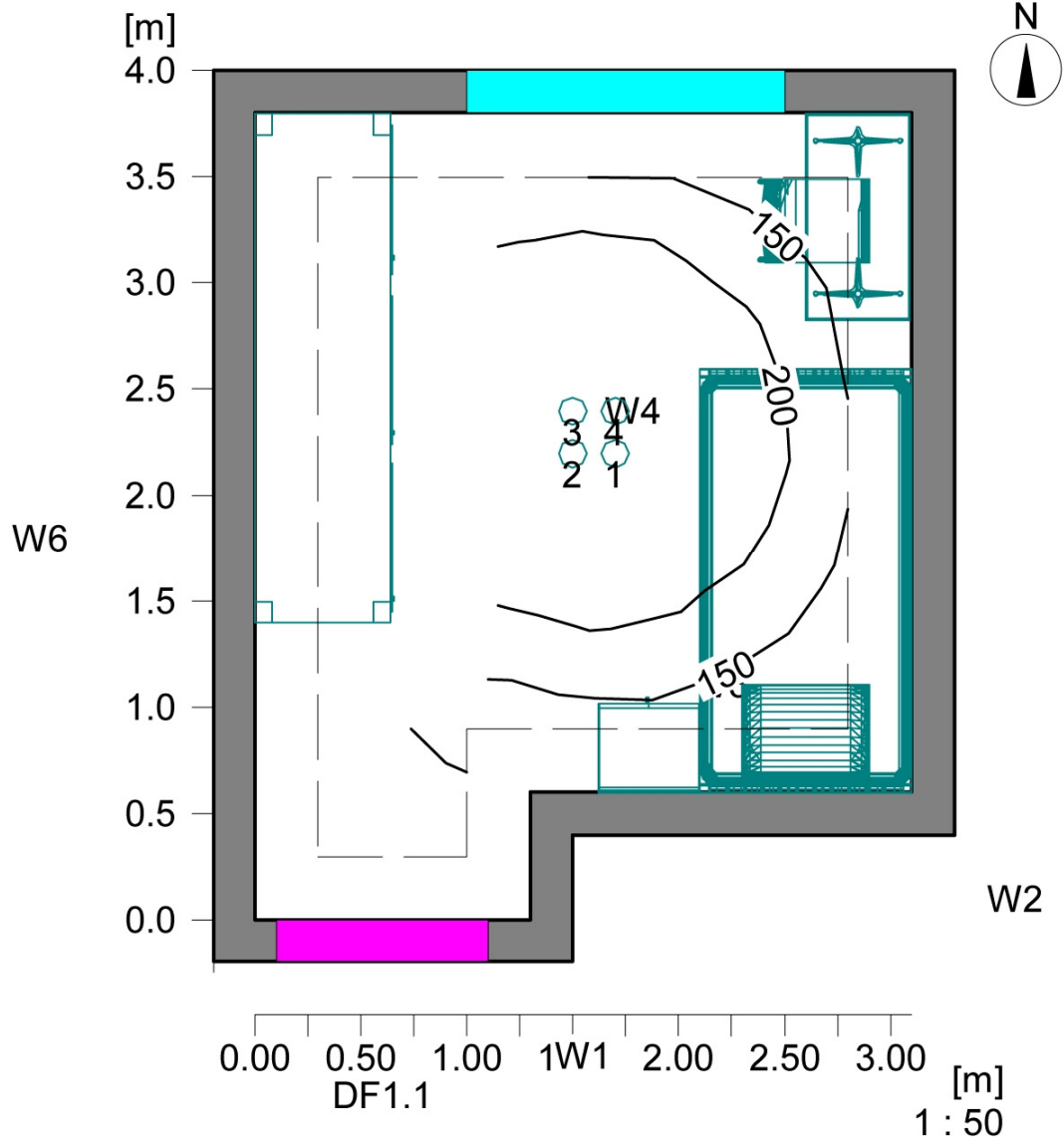
Şekil 5.5 : Salonda bölgesel aydınlatma simülasyonu.

Oturma odası için, altı açık, ışık kaynağını gizleyen 1 adet armatür kullanılmıştır. 18W gücünde 1200 lm ışık aksına sahip, toplam 3 adet CFL kullanarak, bu hacimde istenen 150-200 lx değeri sağlanabilmektedir. Simülasyon sonuçları Şekil 5.6'da görülmektedir.



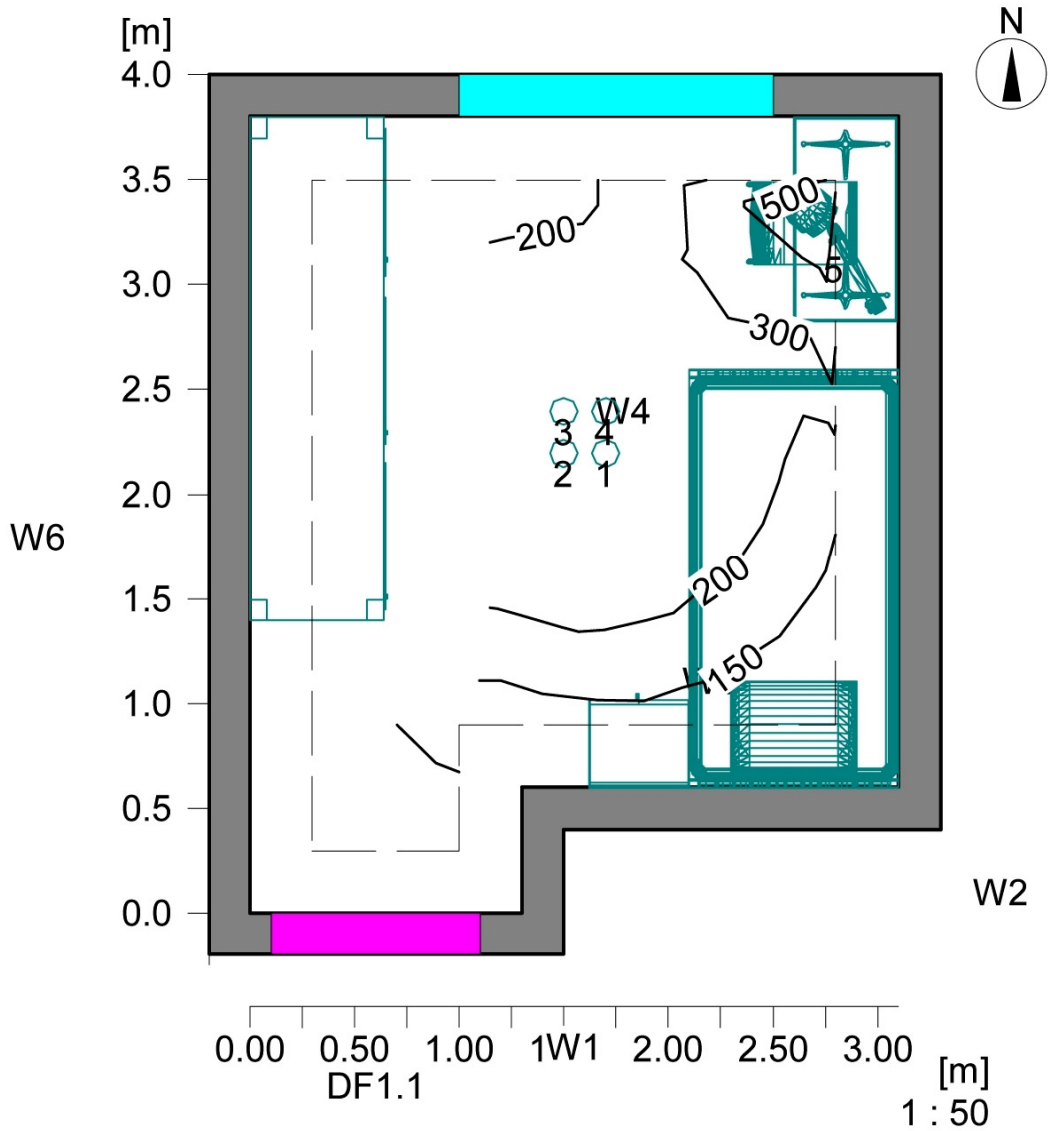
Şekil 5.6 : Oturma odası genel aydınlatma simülasyonu.

Çocuk odalarında istenen aydınlık düzeyi salon ve oturma odalarında istenen aydınlık düzeyinden daha fazladır. Çocuk odası için, altı açık, ışık kaynağını gizleyen 1 adet armatür kullanılmıştır. 18W gücünde 1200 lm ışık aksına sahip, toplam 4 adet CFL kullanarak, bu hacim istenen 200-250 lx değeri sağlanabilmektedir. Simülasyon sonuçları Şekil 5.7’de görülmektedir.



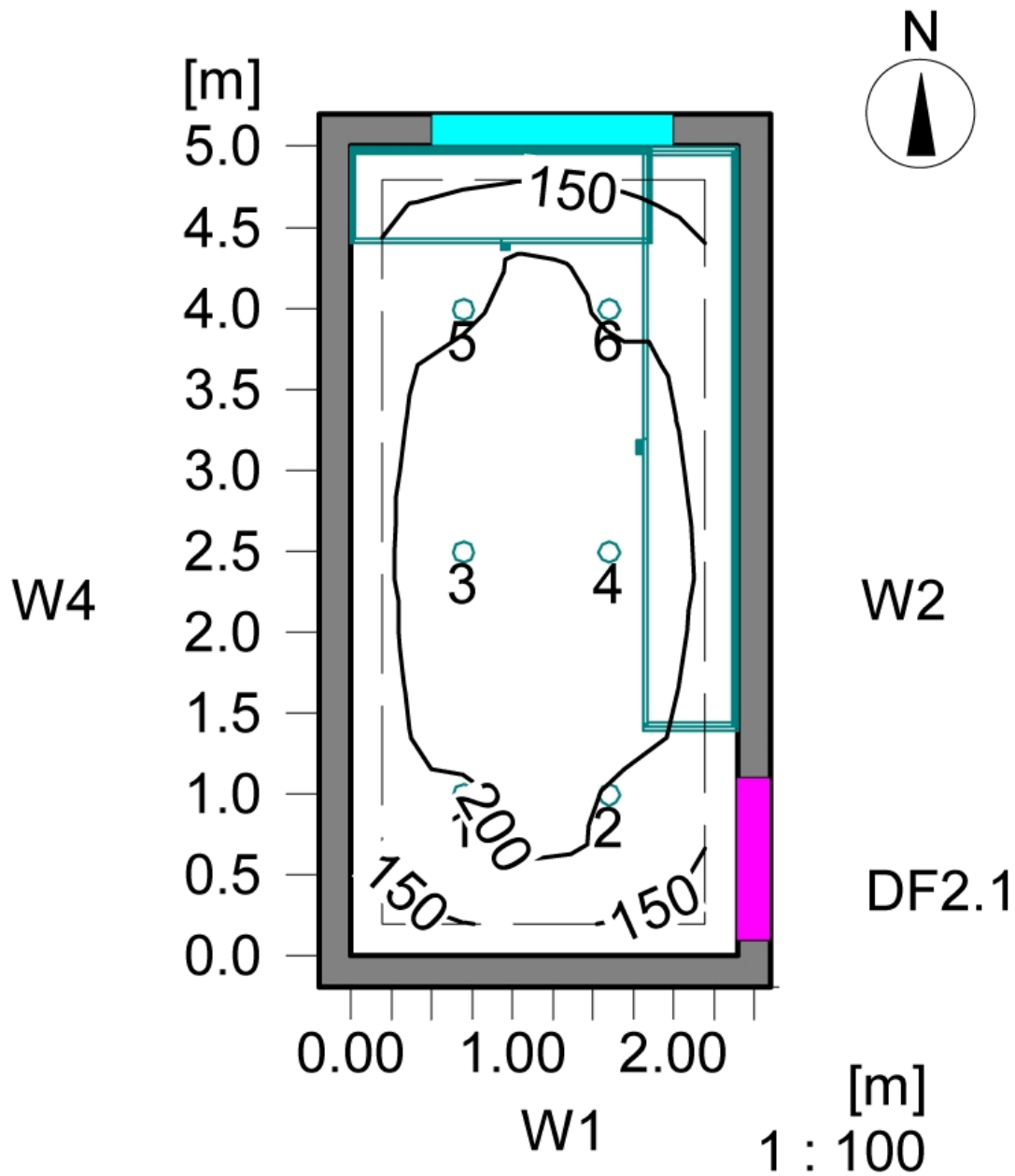
Şekil 5.7 : Çocuk odası genel aydınlatma simülasyonu.

Okul çağında bulunan çocuklar için bir çalışma köşesi olacağı düşünülerek çalışma eylemi için istenen 500 lx değerini sağlayacak ilave bir aydınlatma armatürü kullanılmıştır. İçinde 9W gücünde 600 lm ışık akısına sahip 2 adet CFL bulunan masaüstü armatürü seçilmiştir. Simülasyon hesaplarında armatürün konumu ve ışık kaynağının yüksekliği dikkate alınmıştır. Simülasyon sonuçları Şekil 5.8’de görülmektedir.



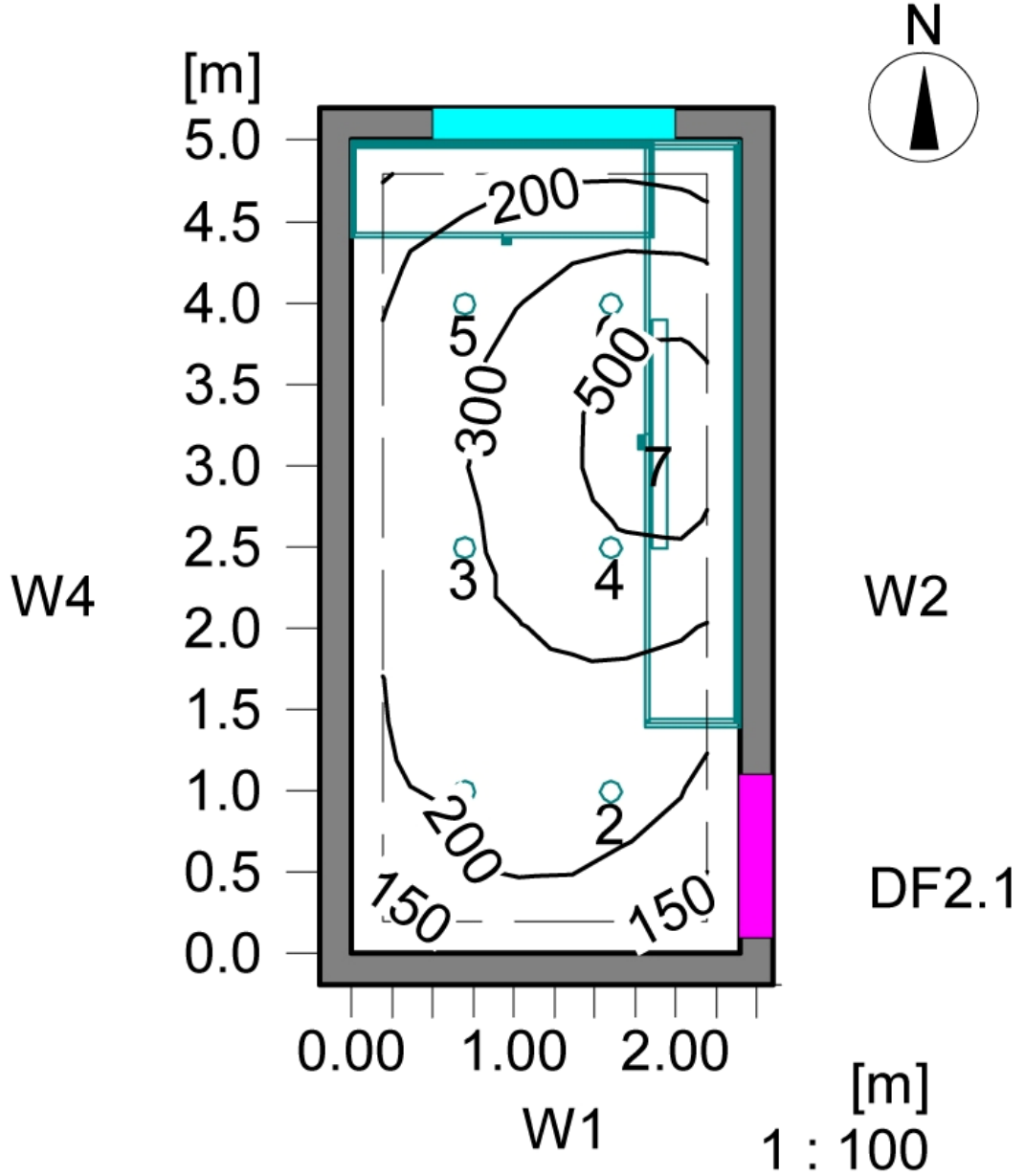
Şekil 5.8 : Çocuk odası çalışma köşesi için bölgesel aydınlatma simülasyonu.

Mutfak için, altı açık, ışık kaynağını gizleyen 6 adet armatür kullanılmıştır. 18W gücünde 1200 lm ışık aksına sahip, toplam 6 adet CFL kullanarak, bu hacimde istenen 200-250 lx değeri sağlanabilmektedir. Simülasyon sonuçları Şekil 5.9’da verilmektedir.



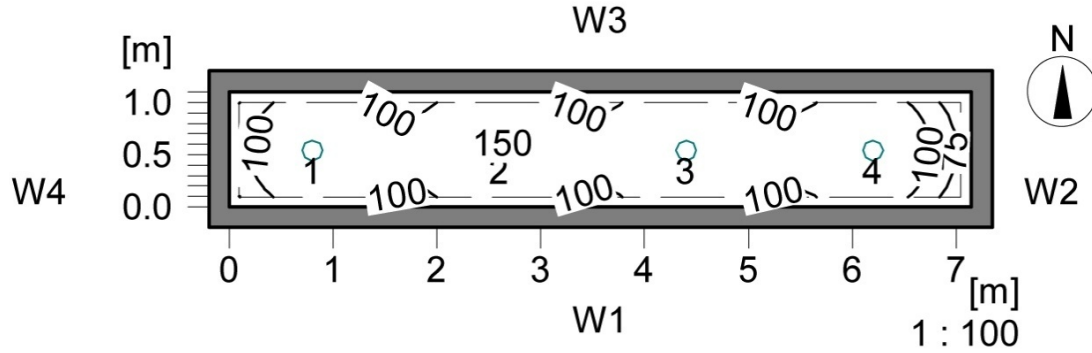
Şekil 5.9 : Mutfak için genel aydınlatma simülasyonu.

Mutfakta tezgah üstü için özel bir aydınlatma gerekir. Bu yüzden tezgâh üstü aydınlatması için istenen 500 lx değerini sağlayacak ilave bir aydınlatma armatürü kullanılmıştır. İçinde 18W gücünde 1200 lm ışık akısına sahip 1 adet lineer flüoresan lamba bulunan armatür seçilerek hazırlanan simülasyon sonucu Şekil 5.10'da verilmiştir.



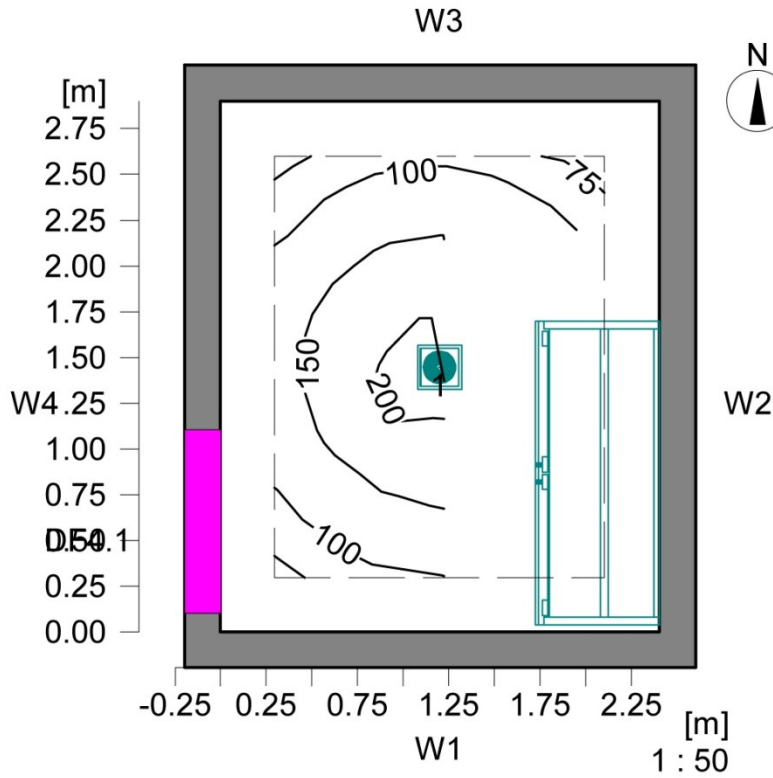
Şekil 5.10 : Mutfak tezgah üstü için tasarlanan bölgesel aydınlatma simülasyonu.

Koridor için, altı açık, ışık kaynağını gizleyen asma tavan içine gizlenmiş, koridor boyunca yerleştirilen 4 adet armatür kullanılmıştır. 18W gücünde 1200 lm ışık akısına sahip, toplam 4 adet CFL kullanarak, bu hacim istenen 100 lx değeri sağlanabilmiştir. Simülasyon sonuçları Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.11 : Koridor için genel aydınlatma simülasyonu.

Giriş için, altı açık, ışık kaynağını gizleyen asma tavan içine gizlenmiş 1 adet armatür kullanılmıştır. 26W gücünde 1800 lm ışık aksına sahip, toplam 1 adet CFL kullanarak, bu hacimde istenen 200 lx değeri sağlanabilmiştir. Simülasyon sonuçları Şekil 5.12’de görülmektedir.



Şekil 5.12 : Giriş için genel aydınlatma simülasyonu.

Banyolarda istenen 100 lx aydınlık düzeyi 18W gücünde 1200 lm ışık akısına sahip 1'er adet armatür ile sağlanmıştır. Bunlara ek olarak ebeveyn ve normal banyoda ayna önü aydınlatmaları için 1'er adet 18W gücünde 1200 lm ışık aksına sahip lineer flüorasan lamba kullanılmıştır.

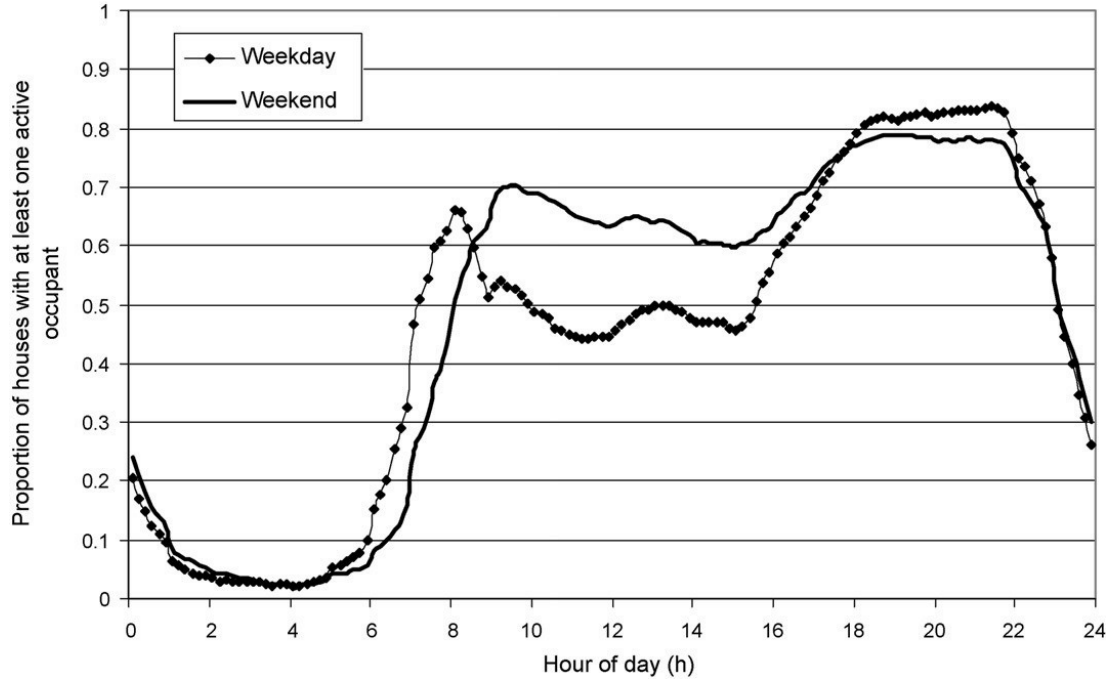
Örnek konut için kullanılan tüm lambalar ve güçleri Çizelge 5.1'de listelenmiştir.

Çizelge 5.1 : Örnek konutta aydınlatma tasarımı ve simülasyonları yapılarak bulunan lambalar ve güçleri.

	Hacim	Lamba Adedi	Lamba Gücü (W)	Toplam Güç (W)
GENEL AYDINLATMA	Salon	6	18	108
	Oturma Odası	3	18	54
	Giriş	1	26	26
	Koridor	4	18	72
	Çocuk Odası	4	18	72
	Mutfak	6	18	108
	Yatak Odası	3	11	33
	Banyolar	4	18	72
BÖLGESEL AYDINLATMA	Salon Bölgesel	1	26	26
	Yatak O. Abajur	2	18	36
	Mutfak Tezgâh Üstü	1	18	18
	Banyo Ayna Önü	2	18	36
	Çocuk O. Masa Üstü	2	9	18
GENEL TOPLAM				679

Örnek konut için toplam aydınlatma yüklerini belirlemek için, öngörülen lambaların kullanım sürelerinin bulunması gerekmektedir.

Konutlarda aydınlatma aygıtlarının kullanım sürelerini net olarak ifade edebileceğimiz ulusal ya da uluslar arası kaynaklar oldukça az görünmektedir. TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi), APK (Araştırma Planlama ve Koordinasyon) Daire Başkanlığı tarafından yapılan çalışmada örnek bir dairede hassas ölçüm yapılarak, haftada ortalama 45 saat olarak bir değer bulunmuştur [71]. İngiltere'de çeşitli üniversitelerde bu konu hakkında daha detaylı çalışmalar yapılmıştır. Bahsedilen çalışmalara göre, 2 çocuklu ve çalışan ailelerin konutlarında yapma aydınlatma, yaz akşamları 4 saat, kış akşamları ise 6 saat kullanılmaktadır. Bu değerlerin ortalaması 5 saat etmektedir [72]. Şekil 5.13'te hafta içi ve haftasonu için ayrı ayrı verilmiş olan kullanım süreleri görülmektedir.



Şekil 5.13 : Gün içinde hafta içi ve hafta sonu aktif kullanıcı saatleri [72].

Bazı çalışmalarda bahsedilen bu saatler arasındaki aktif kullanıcı oranı ortalama olarak %80 olarak verilmektedir. Ortalama olarak 5 saat bulunan kullanım süresinin %80'i alındığında günlük kullanım süresinin 4 saat olarak alınabileceği ortaya çıkmaktadır. Bölge aydınlatmanın, genel aydınlatmanın % 50'si kadar bir süreyle kullanıldığı kabul edildiğinde yapma aydınlatma enerji tüketiminin günlük, aylık ve yıllık değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Örnek konut için hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi

	Hacim	Lamba Adedi	Lamba Gücü (W)	Günlük Kullanım (Saat)	Toplam Harcanan Güç (Wh)	Lamba Türü
GENEL AYDINLATMA	Salon	6	18	4	432	CFL
	Oturma O.	3	18	4	216	CFL
	Giriş	1	26	4	104	CFL
	Koridor	4	18	4	288	CFL
	Çocuk O.	4	18	4	288	CFL
	Mutfak	6	18	4	432	CFL
	Yatak O.	3	11	2	66	CFL
	Banyolar	4	18	2	144	CFL
BÖLGESEL AYDINLATMA	Salon Bölgesel	1	26	2	52	CFL
	Yatak O. Abajur	2	18	2	72	CFL
	Mutfak Tezgâh Üstü	1	18	2	36	Lineer FL
	Banyo Ayna Önü	2	18	2	72	Lineer FL
	Çocuk O. Masa Üstü	2	9	2	36	CFL
					Genel Toplam	2238
				67,14		KWh/ay
				816,87		KWh/yıl

5.3 Fotovoltaik Panel Entegrasyonu

Hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi tüketimini karşılamak amacı ile önerilen fotovoltaik (pv) paneller binanın farklı yüzeylerinde konumlandırılarak, cephe yönelimine göre bir sistem belirlenmiştir. Birbirine dik şekilde kuzey-güney ve doğu-batı yönünde konumlanmış olarak seçilen bloklara yerleştirilen pv panellerden elde edilen enerji kazancının aydınlatma enerjisi tüketimini karşılaması açısından değerlendirmeler yapılmıştır.

Modellemelerde “Archicad 14.0”, pv panel simülasyonlarında “PVsyst 5.55” programları kullanılmıştır. PVsyst programı, İsviçre Cenevre merkezli oluşturulan bir pv panel simülasyon programıdır ve ülkemizde bu iş için kullanılan en yaygın 2 programdan biridir.

Dünyanın birçok yerinde pv paneller ile aydınlatma sistemlerinin uygulamalarına rastlanmaktadır. İngiltere’de yerel aydınlatma talepleri genellikle güneş panelleri kullanarak karşılanmaktadır [71].

Pv panellerin binalara yerleşimi, kendilerinden maksimum verim alınacak şekilde yapılır. Bunun güneş ışınının pv panele dik olarak gelmesi gerekir. Pv panel ile güneş ışını arasındaki açı düştükçe panelin elektrik üretme verimi de düşmektedir. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konum itibari ile güney yönüne yerleştirilen bir pv panelden maksimum verim 30° açı ile yerleştirildiğinde mümkün olmaktadır.

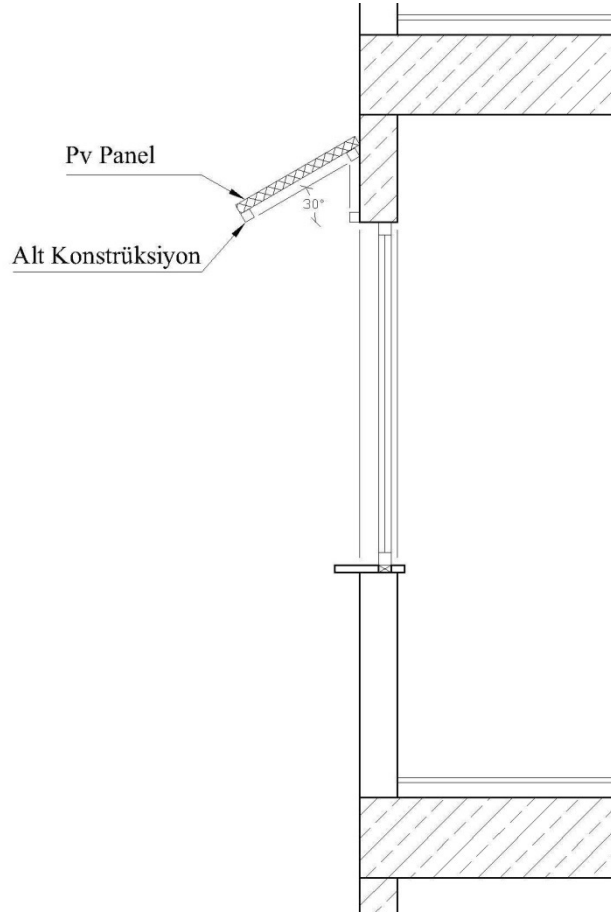
Güney yönünde güneş ışığının yer ile olan açısı doğu ve batı yönüne göre daha fazladır. Pv panel yerleşiminde pv panelin açısı, adedi, konumu gibi birçok veri birlikte düşünülüp en optimum olanı tercih edilmelidir.

Uygulama çalışmasında konutlara entegre edilecek pv paneller bu duruma göre sistematize edilmiştir. Şekil 5.14’te görüleceği gibi, uygulama çalışmasında seçilen iki blok için panellerin yerleşiminin, güney cephesinde yatay ile 30° açı yapacak şekilde pencere üstlerine aynı zamanda güneş kırıcı olarak, doğu ve batı cephelerinde ise adetleri daha fazla olacağı için pencere altlarına cepheye dik olacak şekilde yapılması uygun görülmüştür.



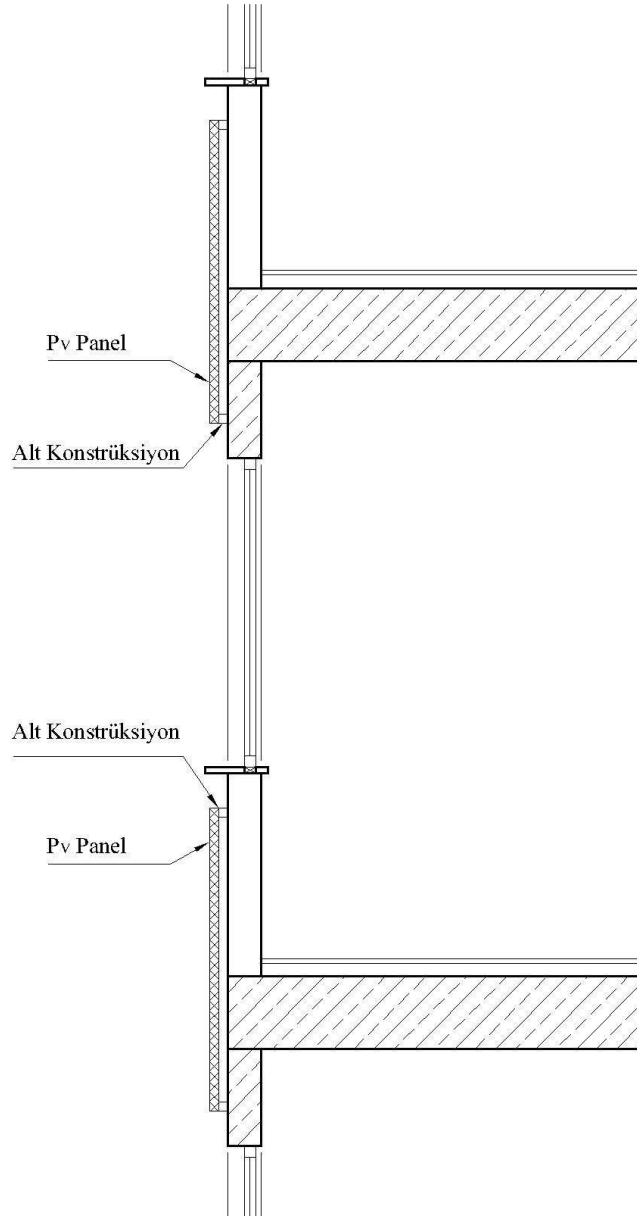
Şekil 5.14 : Sitede uygulama çalışması için seçilen bloklar ve pv yerleşimleri.

Güney yönüne bakan A blok kısa cephesi, ve B Blok uzun cephesine 30° açı ile pencere üstlerine güneş kırıcı olarak 547x1213 ebatında 95Wp-15V si-poly C5SC – 95P Canadian Solar marka pv panel kullanarak Şekil 5.15’te görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Bir pv panelin alanı 0,664 m²’dir.



Şekil 5.15 : Güney yönüne bakan pencerelere güneş kırıcı olarak kullanılan pv panel.

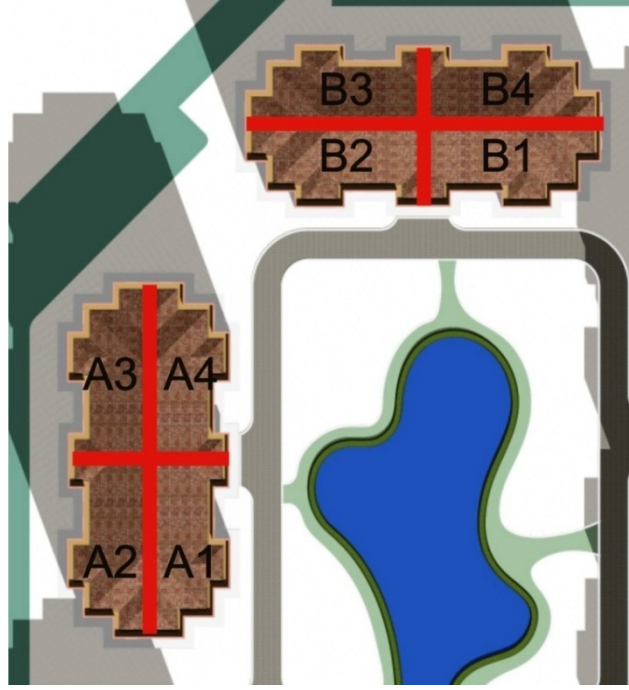
Doğu ve batı yönüne bakan A blok uzun cepheleri, ve B blok kısa cephelerine ise 90° açı ile pencere altlarına, güney yönü için seçilen panelin aynısı kullanılarak Şekil 5.16’da görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Her iki blokta ve tüm yönlerde aynı pv panelin kullanılması, sonuçların doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi için tercih edilmiştir.



Şekil 5.16 : Doğu ve batı yönlerine bakan pencerelere yere dik olarak yerleştirilen pv panel.

Binaların kuzey cepheleri doğrudan güneş ışığı almadığı için, bu cepheye pv panel yerleştirilmemiştir.

Bu yerleşimler ile beraber doğu-batı ve kuzey-güney cepheleri boyunca konumlanmış 2 farklı blokta 8 daire Şekil 5.17’de gösterildiği gibi numaralandırılmıştır.



Şekil 5.17 : Örnek toplu konut içinde seçilen dairelerin numaralandırılması.

Kuzey ve güney yönüne yapılan pv panel yerleşimlerinde dairelerin sahip oldukları pv panel sayısı birbirinden farklılıklar göstermektedir. Çizelge 5.3'te her daire için yerleştirilen pv panel adetleri ve toplam pv panel alanları görülmektedir.

Çizelge 5.3 : 8 daire için kullanılan pv panel adetleri ve alanları.

	Daire No	Doğu Cephesi	Güney Cephesi	Batı Cephesi	Toplam panel adedi	Toplam panel alanı* (m ²)
A BLOK	A1	15	1	-	16	10,624
	A2	-	1	15	16	10,624
	A3	-	-	15	15	9,96
	A4	15	-	-	15	9,96
B BLOK	B1	6	6	-	12	7,968
	B2	-	6	6	12	7,968
	B3	-	-	6	6	3,984
	B4	6	-	-	6	3,984

*Bir pv panel alanı 0,664 m²

Şekil 5.18’de A blok cephelerine yerleştirilen pv panel görüşleri verilmiştir.



Şekil 5.18 : A blok pv panel yerleşimleri.

Şekil 5.19’da B blok cephelerine yerleştirilen pv panel görüşleri verilmiştir.



Şekil 5.19 : B blok pv panel yerleşimleri.

Bu yerleşimlere göre, pv adetleri ve konumlanmaları farklı olan, 2 farklı blokta toplam 8 daire için PVsyst 5.55 programı ile pv panellerden elde edilen güç ayrı ayrı hesaplanmıştır. Simülasyonlar pv paneller ile güneş ışığı arasında herhangi bir engel olmadığı varsayılarak yapılmıştır.

Çizelge 5.4’te 8 daire için pv panellerden elde edilen kazanç gösterilmiştir.

Çizelge 5.4: 8 daire için pv panellerden elde edilen kazanç.

	PV PANEL YERLEŞİMİNE GÖRE YILLIK KAZANILAN GÜÇ				
	DAİRE	DOĞU (KWh)	GÜNEY (KWh)	BATI (KWh)	TOPLAM (KWh)
A BLOK	A1	942	114	0	1056
	A2	0	114	927	1041
	A3	0	0	927	927
	A4	942	0	0	942
B BLOK	B1	377	685	0	1062
	B2	0	685	371	1056
	B3	0	0	371	371
	B4	377	0	0	377

5.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Seçilen toplu konut sitesi üzerinden farklı dairelere göre yapılan simülasyonlar ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre konutların yapma aydınlatma için ihtiyaç duydukları elektrik enerjisi pv paneller aracılığı ile büyük ölçüde sağlanmaktadır. Konut binalarına pv panellerin entegrasyonunda en önemli husus pv panellerin, en çok verim alınacak şekilde konumlandırılmasıdır.

Uygulama çalışmasında aydınlatma için gereken enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile sağlamak esas alınmıştır. Pv paneller ise bunun için seçilen sistemdir. Sistem seçimi için toplu konut sitesinin konumuna göre yıllık güneşlenme süresi gibi çeşitli araştırmalar yapılmalıdır. Araştırmalardan çıkacak sonuca göre, yenilenebilir enerji kullanımı için en uygun sistem seçilmelidir.

5.4.1 Sonuçların daire bazında değerlendirilmesi

Çizelge 5.5'e göre, yerleştirilen pv panellerden her dairenin bireysel faydalandığı düşünülürse; A bloktaki dairelerin tümü, ihtiyaç duyulan toplam yıllık 816,87 KWh aydınlatma enerjisini karşılamaktadır. B Bloкта, kuzey yönüne bakan 2 daire, ihtiyaç duyulan aydınlatma enerjisini karşılayamamakta, güney yönüne bakan diğer iki daire ise karşılamaktadır.

B blok bir dairenin güney cephesine 30 derece açı ile yerleştirilen paneller ile aynı dairenin doğu cephesine 90 derece açı ile yerleştirilen paneller için örnek simülasyon sonuçları Ek B ve Ek C'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 : 8 daire için pv panellerden elde edilen kazancın değerlendirilmesi.

PV PANELLEDEN ELDE EDİLEN KAZANCIN DAİRELERE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ			
	DAİRE	TOPLAM (KWh)	DEĞERLENDİRME
A BLOK	A1	1056	1056 > 816,87
	A2	1041	1041 > 816,87
	A3	927	927 > 816,87
	A4	942	942 > 816,87
B BLOK	B1	1062	1062 > 816,87
	B2	1056	1056 > 816,87
	B3	371	371 < 816,87
	B4	377	377 < 816,87

Doğru açı ile yerleştirilmeyen pv panellerde en az %30 verim kaybı yaşanmaktadır. Bu açıdan dairelere yerleştirilen pv panellerin konumlandırılması büyük önem taşımaktadır. Bir diğer önemli husus ise, toplu konut sitelerindeki blokların plan çözümleridir. Bir katta 4 daire bulunan blokların cephe yönelimi, her dairenin güneş ışınlamını doğrudan alabileceği şekilde yapılmalıdır. Örnek toplu konut sitesinde B3 ve B4 numaralı daireler bu problemten dolayı, ihtiyaç duyulan aydınlatma enerjisini pv paneller aracılığı ile karşılayamamaktadır.

5.4.1 Sonuçların blok bazında değerlendirilmesi

Toplu konut sitesinde hesaplanan aydınlatma giderleri ve entegre edilen pv panellerden elde edilen enerji belirlendikten sonra, değerlendirme belirlenen 2 farklı bloktaki 8 farklı daire için yapılmıştır. Bu kısımda yapılan çalışmanın sonuçları daire bazında değil blok bazında değerlendirilmiştir.

Seçilen toplu konut sitesinde blokların zemin + yedi kat olmak üzere toplam 8 kat olduğu ve her katta 4 daire olduğu daha önce ifade edilmişti. Bir bloğun toplam aydınlatma yıllık enerji giderini hesaplayabilmek için; bir daire için bulunan yıllık 816,87 KWh elektrik enerjisini 32 daire ile çarpmak gerekmektedir:

Bir dairenin yıllık aydınlatma enerjisi ihtiyacı: 816,87 KWh

32 daireli bir bloğun yıllık aydınlatma enerjisi ihtiyacı (5,1):

$$816,87 \times 32 = 26139,84 \text{ KWh} \quad (5,1)$$

Buna göre 32 daireli bir bloğun yıllık aydınlatma enerji gideri 26139,84 KWh olarak bulunmaktadır. Blokların merdiven ve koridorlar gibi ortak alanlarının aydınlatması ihmal edilmiştir. Doğu-batı hattı boyunca uzanan A blok ile kuzey-güney hattı boyunca uzanan B blok için daha önce gösterilen pv panel yerleşimine göre toplam elde edilen güç Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 : Pv panellerden elde edilen kazancın blok bazında karşılaştırılması.

	1 kat için (KWh/yıl)	Tüm blok için (KWh/yıl)	Değerlendirme
A BLOK	3966 (A1+A2+A3+A4)	31728 (8 kat)	31728>26139,84
B BLOK	2866 (A1+A2+A3+A4)	22928 (8 kat)	22928< 26139,84

Çizelge 5.6’ya göre doğu-batı hattı boyunca konumlanan A blok ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini karşılabiliyor iken; kuzey-güney hattı boyunca uzanan B blok ise ifade edilen pv panel yerleşimi ile, aydınlatma için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini karşılayamamaktadır. Elde edilen sonuçta blokların yönlendirilmesi, pv panellerin yerleşimi, dairelerin büyüklükleri ve kullanıcı aydınlatma giderleri büyük rol oynamaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, toplu konutlar için enerji etkin aydınlatma sistemi tasarım sürecini ve ihtiyaç duyulan yapma aydınlatma enerjisinin yenilenebilir kaynaklarla karşılanabilmesinin araştırılmasını kapsamaktadır.

Görsel konfor ve buna bağlı olarak aydınlatma, fiziksel çevre bileşenlerinin en önemlileri arasındadır.

Bütün bina tipolojilerinde olduğu gibi, konut binalarında da görsel konfor koşullarının sağlanması, ilk tasarım aşamasından itibaren enerji verimliliği ile birlikte ele alınması gereken bir konudur. Özellikle toplu konut projelerinde binaların konumlandırılma ve yönlendirilmesi de bu açıdan önem taşımaktadır.

Enerji verimliliği konusunda Türkiye, batı ülkelerinin gerisinde kalmış olsa da, çıkan yeni yasa ve yönetmeliklerle giderek tasarımcı, yatırımcı ve kullanıcıların bilinçlenmesi sağlanmaktadır. Pv paneller son zamanlarda önemini giderek artıran enerji verimliliği konusu sayesinde kendine geniş yer bulmuştur. Pv panellerin, yenilenebilir enerji kaynakları arasında pazar payı ve kullanımı yıllar geçtikçe artmaktadır.

Bahsi geçen aydınlatma, toplu konut ve enerji konularına verilen önemin çoğalması, üzerine yapılan çalışmaların artarak devam etmesi gerekmektedir.

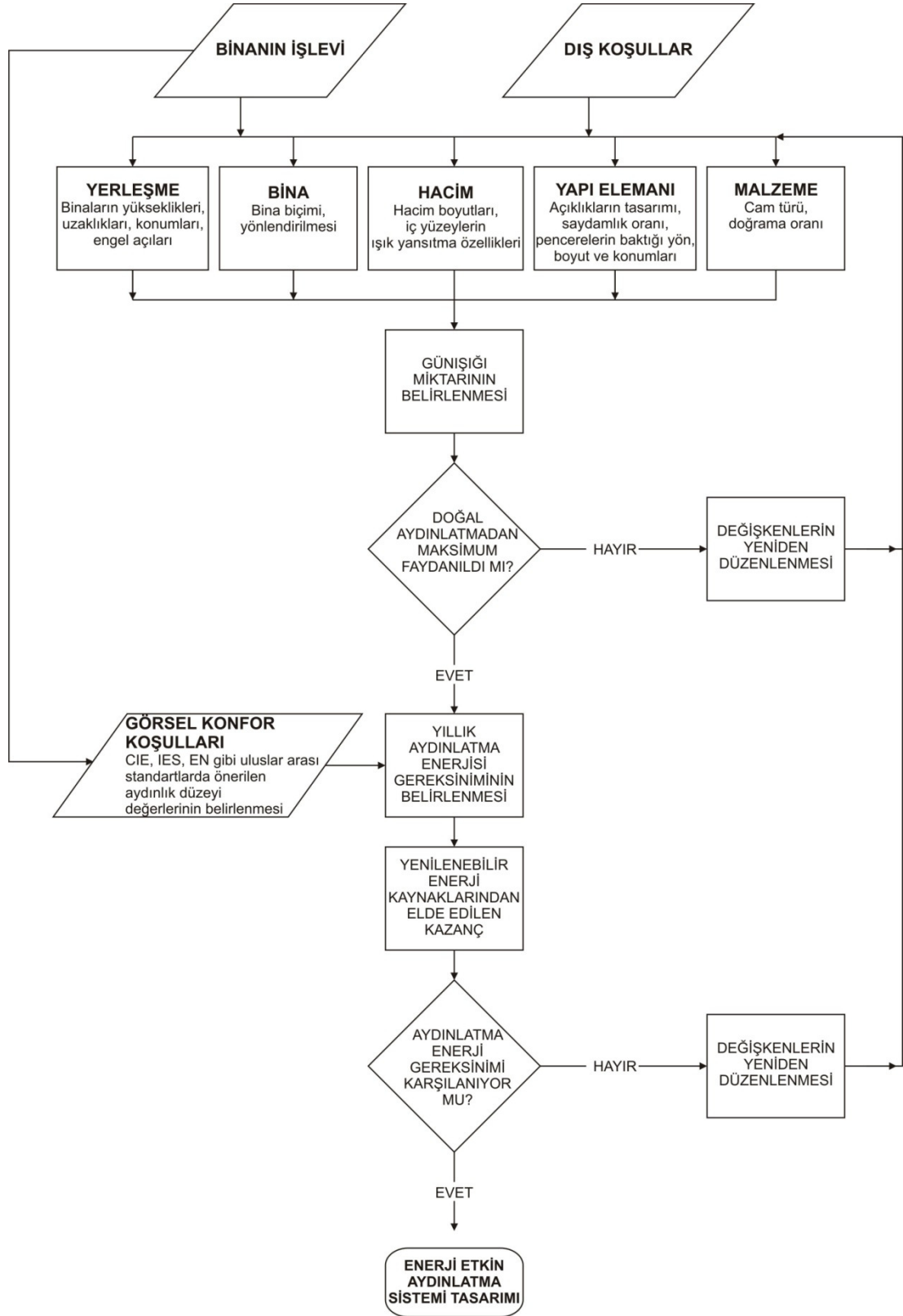
Toplu konutların aydınlatma sistemleri, ilk tasarım aşamasından başlanarak oluşturulmalıdır. Doğal aydınlatmadan maksimum faydalanacak şekilde binalar konumlandırılmalı, günışığı açıklıklarının tasarımı ve güneş kontrol sistemleri bu hedefe uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

Doğal ışığın yetersiz kaldığı durumlar için yapma aydınlatma tasarımı, yine görsel konfor koşulları bağlamında, enerji verimliliği konusu dikkate alınarak yapılmalıdır. Yapma aydınlatma için seçilecek ışık kaynakları enerji verimli ürünlerden seçilmeli, aydınlatma aygıtlarının ve kontrol sistemlerinin seçiminde aydınlatma enerji verimliliği konusu dikkate alınmalıdır. Yapma aydınlatma sistemi tasarımında konut mekânlarının içinde barındırdığı eylem çeşitliliği dikkate alınmalıdır.

Bu tez çalışmasında konutlar için yapma aydınlatma kullanım süresinin gün ve yıl içindeki miktarının belirlenebilmesinin gerekliliği ortaya konmuş ve yapma aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanmasının giderek tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarının bilinçli tüketilmesi açısından önemivurgulanmıştır.

Uygulama çalışmasında pv panellerin, dairelerin yöneliminin karşılaştırılması yapılabilmesi açısından, konut bloklarının cephesine yerleştirilmesi tercih edilmiştir. Pv panellerden elde edilecek kazanç çeşitli simülasyon programları aracılığı ile hesaplanarak, en uygun yere yerleştirilmelidir. Güneş enerjisinden yararlanmada, en yaygın sistem olan pv panellerin, konut binalarında kullanımı yaygınlaştırılmalı, ancak tercih aşamasında panellerin maliyeti ve amorti süreleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.

Binaların, enerji etkin aydınlatma sistemleri olarak tasarlanmasına yönelik süreç önceki çalışmalarda bir akış diyagramı şeklinde oluşturulmuş ve ifade edilmiştir [73]. Söz konusu akış diyagramı, bu tez çalışmasında geliştirilerek; yapma aydınlatma enerji ihtiyacının, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanması dâhil edilmiş ve Şekil 6.1’de ifade edilen akış diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 6.1 : Yenilenebilir enerji kaynaklarının dahil edilmesi ile oluşturulan enerji etkin aydınlatma sistemi tasarımı akış diyagramı.

KAYNAKLAR

- [1] **Özsoy, A.** (2011). Toplu Konut Uygulamalarının Gelişimi.
- [2] **Özsoy, A.** (2011). Toplu Konut Uygulamalarının Gelişimi, Ekoyapı Dergisi 82. S: 2.
- [3] **Kılıç, A.** (2006). “Toplu Konut Projelerinin Çevrelerine Olan Rant Etkisi ve Ataşehir Örneği” İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi.
- [4] **Url-1** <vuraldan.blogspot.com>, Alındığı Tarih: 18.10.2013.
- [5] **Url-2** <<http://www.tvted.org.tr/teknoloji-ve-tasarim-materyalleri-f7/elektriginicadi-85.html>>, Alındığı Tarih: 17.10.2013.
- [6] **Kömürlü R. ve Önel H.** (2007). Türkiye’de Konut Üretimine Yönelik Kaynak Oluşturma Model Yaklaşımları, Megaron-Y.T.Ü. Mim. Fak. E-Dergisi, Cilt 2, Sayı 2.
- [7] **Hasol, D.** (2002). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, Sekizinci Baskı, İstanbul, s:277.
- [8] **Gültek, G.** (2012). Toplu Konut Üzerine, İ.M.O. e-kütüphane.
- [9] **Url-3** <<http://www.tuik.gov.tr/Start.do>>, Alındığı Tarih: 17.10.2013.
- [10] **Batur, A.** (1978). Toplu Konutun Tarihsel Gelişimi ve İki Örnek. Mimarlık Dergisi 78/3. Sayı.
- [11] **Tapan, M.** (1996). “Toplu Konut ve Türkiye’deki Gelişimi”, Tarihten Günümüze Anadolu’da Konut ve Yerleşme, Der. Y. Sey, Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, İstanbul, s. 366-378.
- [12] **Url-4** <<http://www.dunyabaskentiistanbul.com/wp-content/uploads/2010/01/eski-akaretler.jpg>>, Alındığı Tarih: 27.10.2013.
- [13] **Url-5** <<http://img262.imageshack.us/img262/6946/n1300048348086715320777.jpg>>, Alındığı Tarih: 27.10.2013.
- [14] **Sirel, Ş.** (1997). Aydınlatma Sözlüğü. Yem Yayınları, S:18.
- [15] **Turgay, O ve Altuncu D.** (2011). İç Mekanda Kullanılan Yapay Aydınlatmanın Kullanıcı Açısından Etkileri, Çankaya Üniversitesi, Bilim ve Mühendislik Dergisi, 8/167-181.
- [16] **Dursun, B. ve Ulusoy, I.** (2011). Fotovoltaik ve Fiber Optik Sistemlerin Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılması, E.M.O.
- [17] **TÜBİTAK, İNTAG 201,** (1995). Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak Yayınları.
- [18] **EN 12464-1.** (2011). Light and Lighting-Lighting of Workplaces.
- [19] **Köknel Yener, A. ve Sümengen, Ö.** (2012). Konutlarda Aydınlatma Enerjisi Performansı ve Görsel Konfor Koşulları, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi.
- [20] **IESNA.** (2011). Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook Reference and Application. Tenth Edition. S:32.20.
- [21] **IESNA.** (2011). Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook Reference and Application. Tenth Edition. S:33.21.
- [22] **Sirel, Ş.** (1996). Konutlarda Görsel Konfor, Y.F.U.
- [23] **Url-6** <http://www.new-learn.info/packages/clear/visual/daylight/sun_sky/sky_types.html> Alındığı tarih: 17.11.2013.
- [24] **Sirel, Ş.** (1992). Mutfak ve Banyoda Aydınlatma, Y.F.U.
- [25] **Sirel, Ş.** (1989). Aydınlatma Tekniği ve Mimari Mekanlar, Y.F.U.

- [26] **IESNA.** (2011). Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook Reference and Application. Tenth Edition. S:33.20.
- [27] **CIBSE.** (2013). The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- [28] **Küçükdoğu, M.Ş.** (1982). Güneşten Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi. İ.T.Ü. Doçentlik Tezi, Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
- [29] **Url-7** <http://www.velux.com.tr/profesyoneller/fikirler/professional_house_builders/energyxshowhouse>, Alındığı tarih: 20.10.2013.
- [30] **TÜBİTAK, İTAK 201,** (1995). Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak Yayınları.
- [31] **Şerefhanoglu, M.** (1972). Konutlarda Aydınlatma, S:33, Karaca ofset basımevi.
- [32] **Köknel Yener, A.** (2006). Binaların Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri Olarak Tasarlanması, 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, s:151-155, Ankara.
- [33] **Hopkinson, R.G. ve Kay, J.D.** (1969). The Lighting of Buildings, London.
- [34] **Thompson, J.** (2011). Accuracy of Daylight Assessment, Build Magazine 124.
- [35] **Okutan, H.** (2012). Gün Işığı İle Aydınlatmanın Temel İlkeleri Ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri.
- [36] **CIE.** (2002). Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky.
- [37] **Küçükdoğu, M.Ş.** (1982). Güneşten Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi. İ.T.Ü. Doçentlik Tezi, Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
- [38] **Kurtay, C.** (2002). “İç Hacimlerde Uygun Güneş Işığı İçin Dış Çevrenin Tasarımı” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17, No 3, 75-86.
- [39] **IESNA.** (2011). Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook Reference and Application. Tenth Edition. S:14.10.
- [40] **Şerefhanoglu, M.** (1972). Konutlarda Aydınlatma, S:44, Karaca ofset basımevi.
- [41] **Egan, M.D.** (2002). Architectural Lighting, Mc Graw-Hill Science Engineering.
- [42] **Olgyay, D.** (2002). Architectural Lighting, Mc Graw-Hill Science Engineering.
- [43] **Sirel, Ş.** (1965). Halk Konutlarında Suni Aydınlatma Problemleri. Mimarlık Dergisi 66/7. Sayı (2012 yılında gözden geçirilip tekrar yayınlanmıştır).
- [44] **Url-8** <<http://personal.cityu.edu.hk/~bsapplec/daylight2.htm>>, Alındığı Tarih: 09.10.2013.
- [45] **Küçükdoğu, M.Ş.** (1982). Güneşten Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi. İ.T.Ü. Doçentlik Tezi, Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
- [46] **Url-9** <<http://www.solarvizyon.com/gunes.html>>, Alındığı Tarih:01.12.2013.
- [47] **Aktacir, M.A.** (2009). Güneş Enerjisi ile Elektrik Enerjisi Üretimi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa.
- [48] **Url-10** <<http://www.interiordesignbyimagine.com/roofwindows.html>>, Alındığı Tarih: 15.12.2013.
- [49] **Url-11** <<http://www.samsunenerjikimlikbelgesi.com/bina-enerji-performansi/bina-enerji-performansi-nedir>>, Alındığı Tarih:01.12.2013.
- [50] **ETKB.** (2012). “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Görünümü” adlı yayınından.
- [51] **BEP.** (2008). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

- [52] **IESNA.** (2011). Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook Reference and Application. Tenth Edition. S:33.1.
- [53] **Aktacir, M.A.** (2009). Güneş Enerjisi ile Elektrik Enerjisi Üretimi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa.
- [54] **Url-12** <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_ay.html>, E.T.K.B. Alındığı Tarih:03.12.2013.
- [55] **Oktik, Ş.** (2013). Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yolla Elektrik Enerjisi Üretme Sektörünün Güncel Verileri.
- [56] **Sick, F. ve Erge, T.** (1996). Photovoltaics in Buildings, A Design Handbook for Architects and Engineers, International Energy Agency, France.
- [57] **Strong, S. ve Scheller, W.** (1993). The Solar Electric House, Sustainability Press, Massachusetts.
- [58] **Url-13** <www.eren.doe.gov/erec/factsheets/pvbasics.html>, “Photovoltaics: Basic Design Principles and Components”, Consumer Energy Information: EREC Fact Sheets, Alındığı Tarih: 06.09.2013.
- [59] **Çelebi G.** (2002). Bina Düşey Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 17, No 3, 17-33.
- [60] **Çelik A. N. ve Görmez O.** (2003). Ankara İli İçin Fotovoltaik Ev Sistem Tasarımı: Farklı Ölçülendirme Yaklaşımları İle Otonomi-Maliyet Analizi, II.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir.
- [61] **Ültanır M.O.** (2012). 21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, Yayın no. TÜSİAD-T/98-12/239, Aralık, İstanbul.
- [62] **Url-14** <<http://www.trafikmalzemeleri.com.tr/200mm-flasor-lamba-pmu79>>, Alındığı Tarih: 09.12.2013.
- [63] **Url-15** <<http://www.deparsolar.com/sayfa2.asp?id=851>>, Alındığı Tarih: 09.12.2013.
- [64] **Stokes M. A. Rylatt M. Lomas K.** (2004) “A Simple Model of Domestic Lighting Demand” Energy and Buildings 36, 103–116.
- [65] **Özdoğan, H.P.** (2005). Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi, Y.T.Ü. F.B.E. Yüksek Lisans Tezi.
- [66] **Url-16** <<http://carboncycle2.lbl.gov/research/focus-areas/photovoltaic-solar-cells/>>, Alındığı Tarih: 15.12.2013.
- [67] **Url-17** <<http://www.theguardian.com/environment/2011/mar/21/germany-feed-in-tariff>> Alındığı Tarih: 15.12.2013.
- [68] **Url-18** <<http://www.solarpv.co.uk/solar-pv-louvres.html>>, Alındığı Tarih: 15.12.2013.
- [69] **M.M.O. Adana.** (2013). Güneş Enerjisinden Lisanssız Elektrik Üretimi
- [70] **Url-19** <<http://www.semerkandkonutlari.com/#foto-galeri>>, Alındığı Tarih: 08.12.2013.
- [71] **Bayrak Y. ve Aktürk Sezer H.R.** (2010). Konut Aydınlatmasında Elektrik Tasarrufu ve Toplam Türkiye Tüketimine Etkisi, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Araştırma Planlama ve Koordinasyon Daire Başkanlığı.
- [72] **Richardson I. Thomson M. Infield D.** (2008). A high-resolution domestic building occupancy model for energy demand simulations.
- [73] **Köknel Yener, A.** (2006). Binaların Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri Olarak Tasarlanması, 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, s:151-155, Ankara.

EKLER

EK A: Simülasyonlarda salon, oturma odası, çocuk odasında kullanılan tipik armatür detayları.

Nesne : 3+1 Salon
Kurulum :
Proje numarası : Tez
Tarih : 09.11.2013

RELUX®
light simulation tools

Armatür bilgisi

Oligo, CI-2-FIVE /18W (10-2105008)

Bilgi sayfası

Üretici: Oligo

OLIGO

10-2105008 pendant luminaire CI-2-FIVE /18W

için 1 x compact fluorescent lamp, triple tube, without starter 18 W, ile electronic ballast

Artikelnnummer: 10-2105008

Artikelbezeichnung: 2-FIVE-CI/230V/GX24q-2/TC-TEL 18W/Weiss

Oberfläche: Chrom matt (CM)

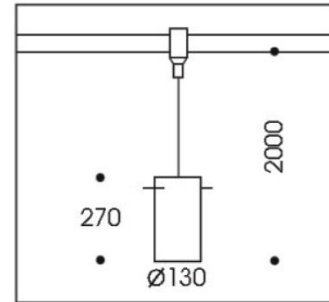
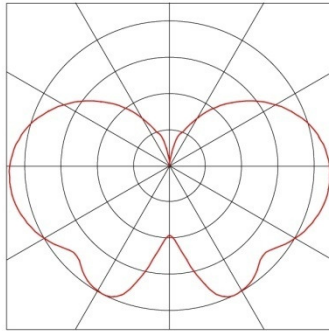
Glasfarbe: Weiss matt

Armatür bilgisi

Armatürlerin etkinliği : 87.35%
Armatür etkisi : 58.23 lm/W
Sınıflandırma : C21 ↓56.6% ↑43.4%
CIE Flux Codes : 23 46 72 57 89
UGR 4H 8H (20%, 50%, 70%) : 28.6 / 28.6
C0 / C90 : 28.6 / 28.6
Kontrol ünitesi : electronic ballast
Sistem gücü : 18 W
Diyalog : 130 mm
Yükseklik : 250 mm

ile donatılmış

Sayı : 1
Gösterim : FSMH
Güç : 18 W
Renk : nw/4000K
Işık akısı : 1200 lm
Soket : GX24q-2
Renk yenidenüretimi : 1B



Şekil A.1 : Simülasyonlarda salon, oturma odası ve çocuk odası için kullanılan tipik armatür özellikleri.

EK B: Simülasyonlarda giriş, koridor ve mutfakta kullanılan tipik armatür detayları.

Nesne : 3+1 Giriş Holü
Kurulum :
Proje numarası : Tez
Tarih : 24.11.2013

RELUX®
light simulation tools

Armatür bilgisi

Oktalite, Quadro (Quadro Novo)

Bilgi sayfası

Üretici: Oktalite



Quadro Novo Einbau-Downlight Quadro

Quadratisches Einbau-Downlight mit rundem Facettenreflektor, Leuchtmittelstellung horizontal, standardmäßig Struktur-pulverbeschichtet in RAL 9016 (weiß) oder RAL 9006 (aluminium-silber). Einbaurahmen mit Schubfederbefestigung für werkzeuglose Montage. Elektronisches Vorschaltgerät mit Steckverbindung für werkzeuglose Durchgangsverdrahtung.

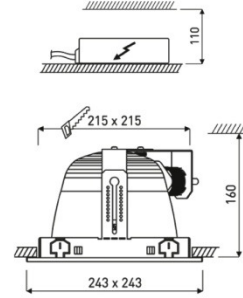
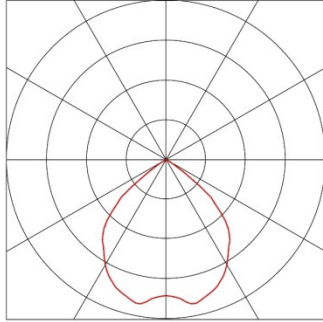
TC-TEL

Armatür bilgisi

Armatürlerin etkinliği : 66.3%
Armatür etkisi : 45.9 lm/W
Sınıflandırma : A60 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes : 73 100 100 100 66
UGR 4H 8H (20%, 50%, 70%)
C0 / C90 : 18.8 / 18.8
Kontrol ünitesi :
Sistem gücü : 26 W
Uzunluk : 243 mm
Genişlik : 243 mm

ile donatılmış

Sayı : 1
Gösterim : TC-TEL
26W/830
Güç : 26 W
Renk : 830
Işık akısı : 1800 lm
Renk yenidenüretimi : 85

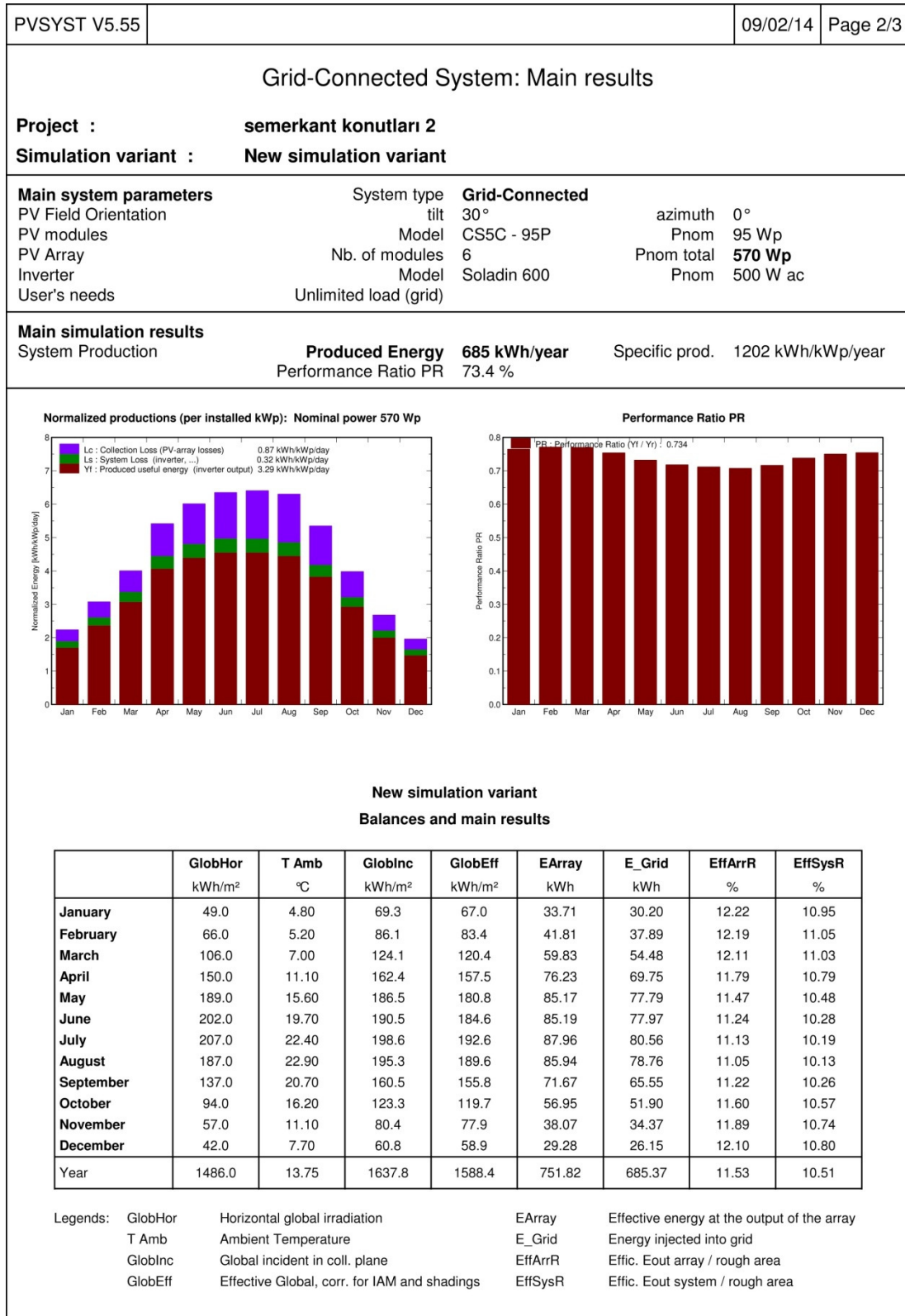


Şekil B.1 : Simülasyonlarda giriş ve koridor için kullanılan tipik armatür özellikleri.

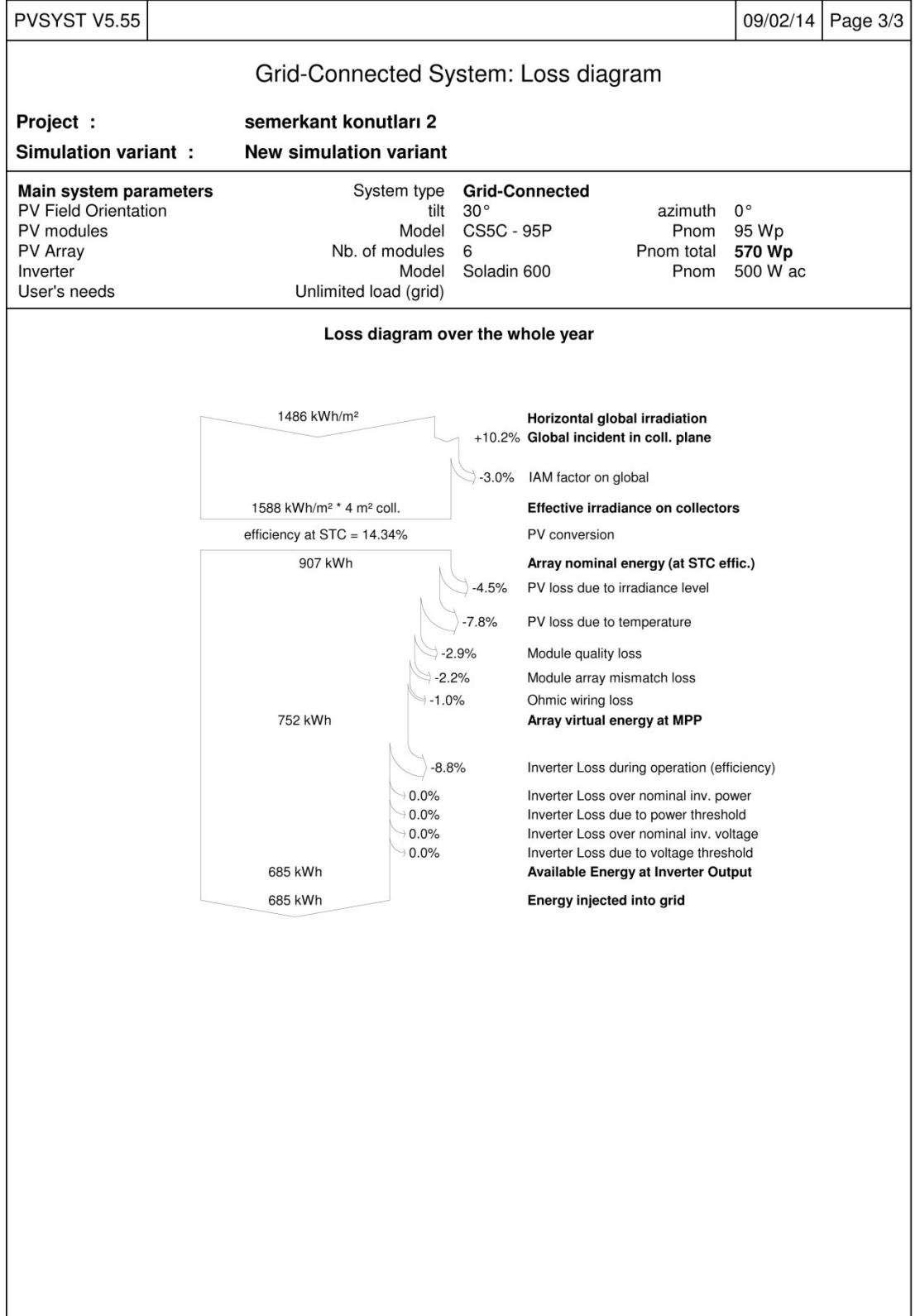
EK C: B blok güney cephesi bir daire için yapılan simülasyon raporları.

PVSYST V5.55				09/02/14	Page 1/3
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :		semerkant konutları 2			
Geographical Site		Istanbul		Country	Turkey
Situation		Latitude	41.0 °N	Longitude	28.6 °E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	5 m
		Albedo	0.20		
Meteo data :		Istanbul, Synthetic Hourly data			
Simulation variant :		New simulation variant			
		Simulation date	09/02/14 19h28		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	30 °	Azimuth	0 °
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	CS5C - 95P	
		Manufacturer	Canadian Solar Inc.		
Number of PV modules		In series	6 modules	In parallel	1 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	6	Unit Nom. Power	95 Wp
Array global power		Nominal (STC)	570 Wp	At operating cond.	508 Wp (50 °C)
Array operating characteristics (50 °C)		U mpp	98 V	I mpp	5.2 A
Total area		Module area	4.0 m²	Cell area	3.4 m²
Inverter		Model	Soladin 600		
		Manufacturer	Mastervolt		
Characteristics		Operating Voltage	65-130 V	Unit Nom. Power	0.50 kW AC
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20 °C, Wind=1 m/s.)				NOCT	56 °C
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	318 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	2.6 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)			

Şekil C.1 : B blok güney cephe bir daire için simülasyon raporu 1.



Şekil C.2 : B blok güney cephe bir daire için simülasyon raporu 2.

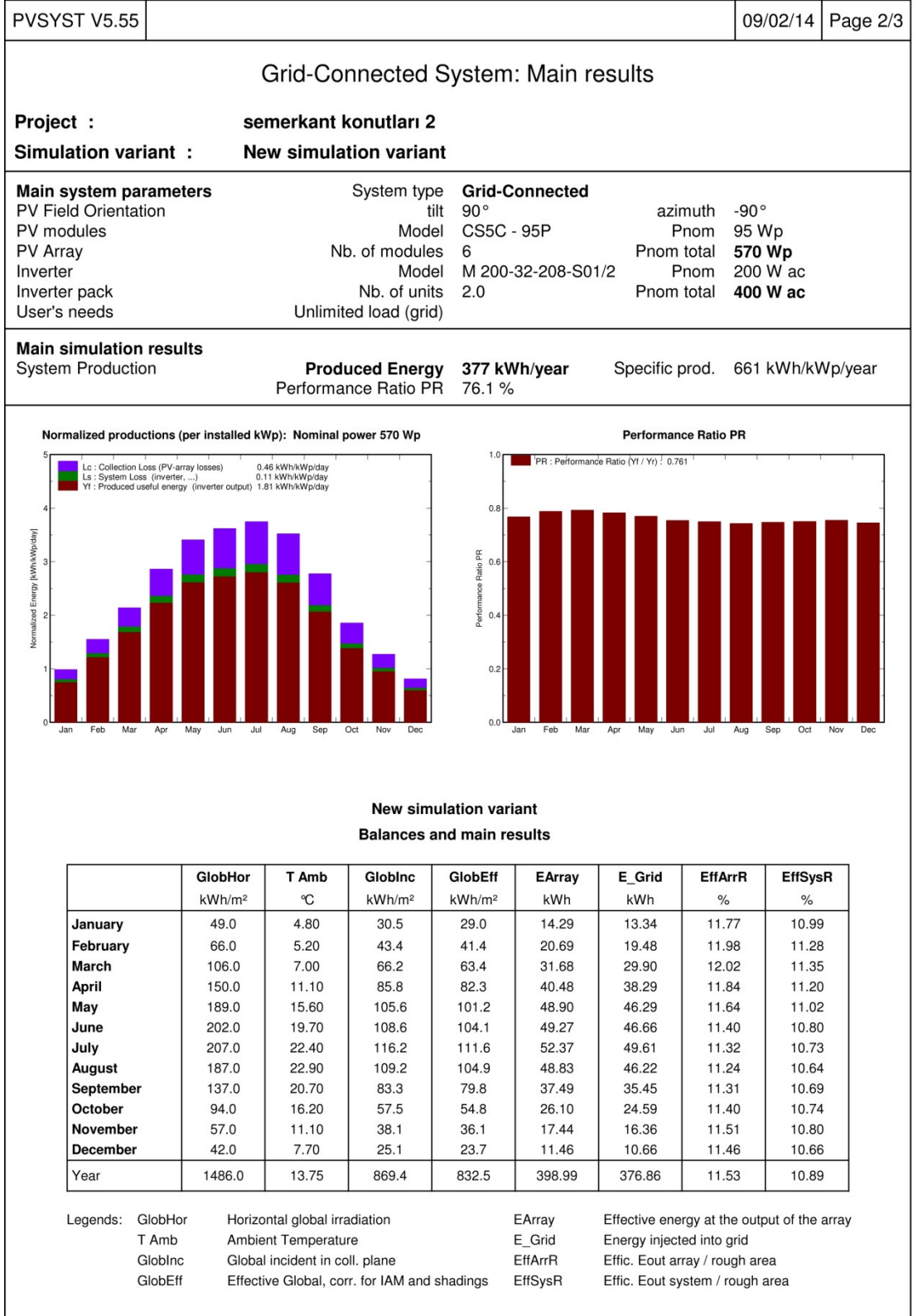


Şekil C.3 : B blok güney cephe bir daire için simülasyon raporu 3.

EK D: B blok doğu cephesi bir daire için yapılan simülasyon raporları.

PVSYST V5.55				09/02/14	Page 1/3
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :		semerkant konutları 2			
Geographical Site		Istanbul		Country	Turkey
Situation		Latitude	41.0 °N	Longitude	28.6 °E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	5 m
		Albedo	0.20		
Meteo data :		Istanbul, Synthetic Hourly data			
Simulation variant :		New simulation variant			
		Simulation date	09/02/14 19h09		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	90 °	Azimuth	-90 °
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	CS5C - 95P	
		Manufacturer	Canadian Solar Inc.		
Number of PV modules		In series	3 modules	In parallel	2 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	6	Unit Nom. Power	95 Wp
Array global power		Nominal (STC)	570 Wp	At operating cond.	508 Wp (50 °C)
Array operating characteristics (50 °C)		U mpp	49 V	I mpp	10 A
Total area		Module area	4.0 m²	Cell area	3.4 m²
Inverter		Model	M 200-32-208-S01/2		
		Manufacturer	Enphase		
Characteristics		Operating Voltage	44-65 V	Unit Nom. Power	0.200 kW AC
Inverter pack		Number of Inverter	2 units	Total Power	0.400 kW AC
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20 °C, Wind=1 m/s.)				NOCT	56 °C
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	79 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	2.6 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)			

Şekil D.1 : B blok doğu cephe bir daire için simülasyon raporu 1.



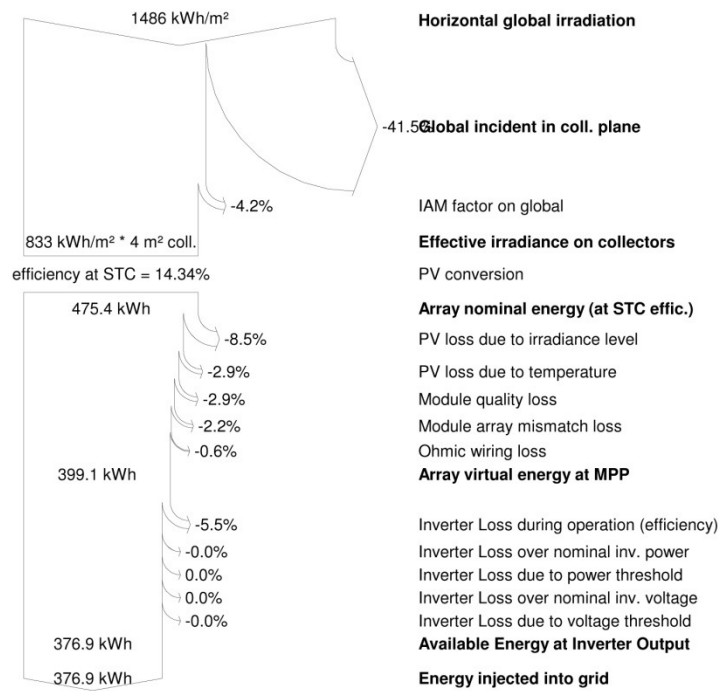
Şekil D.2 : B blok doğu cephe bir daire için simülasyon raporu 2.

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : semerkant konutları 2
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	CS5C - 95P	Pnom 95 Wp
PV Array	Nb. of modules	6	Pnom total 570 Wp
Inverter	Model	M 200-32-208-S01/2	Pnom 200 W ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total 400 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Şekil D.3 : B blok doğu cephe bir daire için simülasyon raporu 3.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Safa DAĞITMAÇ

Doğum Yeri ve Tarihi: BEYOĞLU 17.10.1986

Adres: Sancaktepe/İstanbul

E-Posta: safadagitmac@yahoo.com

Lisans: Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım
Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller: