

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OFİS YAPILARI İÇİN YAPI KABUĞU TASARIM
PARAMETRELERİNİN ENERJİ TÜKETİMİNE
ETKİSİNİ BELİRLEMEDE
KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM**

Selma USLUSOY ŞENYURT

**Kasım, 2018
İZMİR**

**OFİS YAPILARI İÇİN YAPI KABUĞU TASARIM
PARAMETRELERİNİN ENERĐİ TÜKETİMİNE
ETKİSİNİ BELİRLEMEDE
KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı

Selma USLUSOY ŞENYURT

Kasım, 2018

İZMİR

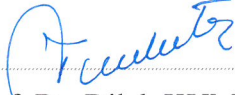
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SELMA USLUSOY ŞENYURT, tarafından DOÇ. DR. MÜJDE ALTIN yönetiminde hazırlanan “OFİS YAPILARI İÇİN YAPI KABUĞU TASARIM PARAMETRELERİNİN ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİNİ BELİRLEMEDE KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



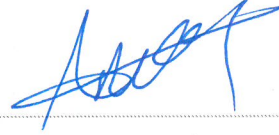
Doç. Dr. Müjde ALTIN

Yönetici



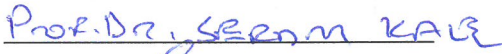
Prof. Dr. Dilek KUMLUTAŞ

Tez izleme Komitesi Üyesi

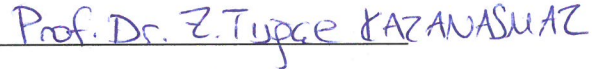


Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON


Tez izleme Komitesi Üyesi



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının başlangıcından sonuna kadar, tezin gelişmesindeki her aşamada bilgi birikimi ve bilimsel tecrübelerini paylaşan aynı zamanda bu zorlu süreçte sabır ve özveri ile her aşamada destek olan çok değerli Hocam, tez danışmanım Doç. Dr. Müjde ALTIN'a saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum. Tez izlemedeki değerlendirmeleri ile tezin olgunlaşma sürecinde, önerileriyle katkı sağlayan, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON hocama ve yine çok değerleri fikirleriyle beni yönlendiren Prof. Dr. Dilek KUMLUTAŞ hocama teşekkür ederim

Tezi yazma sürecinde en büyük destekçim olan büyük fedakârlık ile bana zaman ayıran sevgili annem Canan USLUSOY'a, desteklerini hiç eksik etmeyen babam Abdurrahman USLUSOY ve kardeşim Cihangir USLUSOY'a teşekkür ederim.

Son olarak, bu sürecin tüm zorluklarını en başından itibaren benimle yaşayan, her aşamada manevi olarak destek veren aynı zamanda bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan sevgili eşim Melih ŞENYURT'a ve minik kızım Defne ŞENYURT'a bu süreçte hep yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

Selma USLUSOY ŞENYURT

OFİS YAPILARI İÇİN YAPI KABUĞU TASARIM PARAMETRELERİNİN ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİNİ BELİRLEMEDE KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM

ÖZ

Ofis yapılarında tasarlanacak yapı kabuğu, güneş ışınımı ile ilişkili olarak enerji tüketimi açısından önemli olduğu için, güneş kontrolü kaçınılmaz bir gerekliliktir. Gölgeleme elemanlarının, güneş ışınımının etkilediği diğer kabuk elemanları olan; cam türü, cam-duvar oranı ve pencerenin baktığı yönden bağımsız tasarlanması ise, hem iç mekân konfor şartları hem de enerji tüketimi açısından olumsuz etki yaratabilmektedir.

Bu tezin amacı, ofis yapılarında tasarlanacak gölgeleme elemanlarının cam türü, cam-duvar oranı, pencerenin baktığı yön ile aynı anda değerlendirilmesine olanak veren ve ön tasarım aşamasında yapı kabuğu tasarım parametrelerinin, enerji performansı üzerine etkisini kıyaslamalı olarak tahmin eden bir yaklaşım sunmaktır. Buna yönelik olarak istatistiksel metot kullanarak yeni bir yaklaşım geliştirmektir.

Birden çok parametrenin aynı anda değerlendirildiği bu yaklaşımda, ofis örneği üzerinde gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarını baz alan istatistiksel metot olan regresyon analizi uygulanmıştır. Aynı zamanda, oluşturulan regresyon eşitliğini kullanarak toplam enerji tüketimini tahminleyen ve parametre seçimine bağlı enerji düzeylerini karşılaştıran görsel arayüze sahip tahmin aracı tasarlanmıştır.

Tezin sonuç bölümünde, camın U-değeri ve T-değeri, cam- duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesinin toplam enerji tüketiminde etkin olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapı kabuğu tasarımında; görsel etkinlik yüzdesi ile camın T ve U- değeri üzerindeki değişimin diğer parametrelere göre toplam enerji tüketimini daha çok etkilediği görülmektedir. Ayrıca geliştirilen regresyon eşitliği (istatistiksel tahmin eşitliği), İzmir ili içinde tasarlanacak ofis yapılarının cephesinde uygulanacak olan gölgeleme elemanı tasarımında; yönler, cam-duvar oranı ve cam türü gibi diğer yapı kabuğu

parametrelerinin özelliklerine bağlı, karşılaştırmalı olarak bütüncül bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlamakta ve parametrelerin toplam enerji tüketim değeri üzerinde etkisinin belirlenmesinde, ön tasarım aşamasında yol gösterici olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ofis yapıları, yapı kabuğu tasarım parametreleri, regresyon analizi, enerji tahmin aracı



AN APPROACH TO DETERMINE THE EFFECT OF BUILDING SHELL DESIGN PARAMETERS OF OFFICE BUILDINGS ON ENERGY CONSUMPTION

ABSTRACT

The building facade in the office buildings to be designed is associated with solar radiation. Solar control is an inevitable requirement for energy consumption. The designed shading elements must be designed with the type of glass, glass-to-wall ratio and orientation of the structure to meet the expected performance.

The aim of this thesis is to propose an approach that allows designed shading elements in office buildings to be evaluated with the type of glass, glass-to-wall ratio, and site orientation. It is also to develop a new approach using statistical methods. Regression analysis using simulation results is applied to this approach where multiple parameters are evaluated together. At the same time, an energy prediction tool that uses regression equation is designed.

In the result of the thesis, it is seen that the characteristics of glass type, glass-to-wall ratio, site orientation and shading element are effective parameters in total energy consumption. In the use of shading elements, the change in the glass types affects energy consumption more than other parameters. Furthermore, obtained regression equation and practical energy prediction tool design allows a holistic assessment in the pre-design of the shading elements at building facade to be designed and can be used to estimate the total energy consumption.

Keywords: Office buildings, building envelope design parameters, regression analysis, energy prediction tool

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Tanımlanması.....	3
1.2 Araştırmanın Amaç ve Kapsamı.....	6
1.3 Araştırmanın Yöntemi	8
1.4 Araştırmanın Çerçevesi	8
BÖLÜM İKİ - LİTERATÜR ÖZETİ VE YAPI KABUĞU TASARIM PARAMETRELERİ İLE İLGİLİ GENEL KAVRAMLARIN AÇIKLANMASI	11
2.1 Yapı Kabuğu Tasarım Parametreleri	16
2.1.1 Uygun Yönlenme.....	17
2.1.2 Cam-Duvar Oranı	19
2.1.3 Gölgeleme Elemanı.....	20
2.1.3.1 Malzeme.....	23
2.1.3.2 Form	24
2.1.3.3 Boyut.....	24

2.1.4 Camlar.....	26
2.1.4.1 Güneş Işınımı Spektrumu.....	26
2.1.4.2 Camın Enerji Performansının Ölçülmesi İçin Önemli Katsayılar.....	29
2.1.4.3 Cam Türleri	31

BÖLÜM ÜÇ - YAPI KABUĞU TASARIM PARAMETRELERİNİN ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİNİ BELİRLEMEDE KULLANILABİLECEK YAKLAŞIMIN TANITILMASI..... 33

3.1 Bina Modeline Ait Geometri ve Parametrelerin Belirlenmesi	35
3.1.1 Geometri	35
3.1.2 Yönlenme.....	35
3.1.3 Duvar Konstrüksiyonu	36
3.1.4 Cam-Duvar Oranı	37
3.1.5 Cam Türü	38
3.1.6 Gölgeleme Elemanı Geometrisi.....	39
3.1.7 Ofis Kullanımı ve Isıtma, Soğutma, Aydınlatma Sistem Özellikleri	59
3.2 Bina Modelinin Enerji Analizi.....	60
3.2.1 DesignBuilder Simülasyon Programı	61
3.2.1.1 ASHRAE Isıl Denge Yöntemi	62
3.3 Gölgeleme Elemanına Ait Boyutsal Parametrelerin Birleştirilmesi.....	67
3.4 İstatistiksel Tahmin Eşitliğinin Geliştirilmesi ve Toplam Enerji Tahmin Aracının Tasarlanması	72
3.4.1 SPSS Programı.....	73
3.4.2 Regresyon Analizi.....	74
3.4.2.1 Regresyon Analizi Türleri.....	76
3.4.2.1.1 Tek Değişkenli Regresyon Analizi	76
3.4.2.1.2 Çok Değişkenli Regresyon Analizi.....	77

3.4.2.2 Regresyon Analizinde Modelin Yeterliliğinin Ölçülmesi.....	80
3.4.2.2.1 Model Tablosu.....	80
3.4.2.2.2 Anova Tablosu.	81
3.4.2.2.3 Regresyon Denklemindeki Katsayı Ve Sabitleri İçeren Katsayılar Coefficients Tablosu.....	82
3.4.3 Toplam Enerji Tüketimi Tahmin Aracı Tasarımı	83
3.4.3.1 Visual Studio Programı	84
3.4.3.1.1 Visual Basic Programlama Dilinin Tanıtılması	84
BÖLÜM DÖRT - ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN İZMİR İLİNDE VAR OLDUĞU VARSAYILAN BİR OFİS MODELİNDE UYGULANMASI.....	85
4.1 DesignBuilder Simülasyon Programı ile Ofis Modelinin Enerji Analizi	85
4.2 Gölgeleme Elemanı Boyutsal Parametrelerinin Görsel Etkinlik Yüzdesine Dönüştürülmesi.....	92
4.3 Regresyon Analizi Yöntemi ile Enerji Tüketimi Hesabı için Tahmin Eşitliğinin Geliştirilmesi.....	95
4.3.1 Korelasyon Analizi ile Değişkenler Arasındaki İlişkinin Saptanması.....	96
4.3.2 Regresyon Analizi ile Model özeti, Anova ve Katsayılar Tablolarının Çıkarılması	98
4.3.3 Yorumlar	101
4.3.4 Regresyon Tahmin Eşitliğinin Geliştirilmesi	105
4.4 Gölgeleme Elemanları için Enerji Tahmin Aracı Programının Yazılması.....	107
BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR VE ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR	114
EKLER.....	120

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Yapı sektöründe enerji tüketim payı	3
Şekil 2.1 Yönlere bağlı güneş ışınımı yoğunluğu	18
Şekil 2.2 Gölgeleme elemanlarının sınıflandırılması.....	22
Şekil 2.3 Gölgeleme elemanına ait tipik form tasarımları	24
Şekil 2.4 Gölgeleme elemanında kanat derinliği ve kanatlar arası mesafenin şematik gösterimi.....	25
Şekil 2.5 Güneş ışınımı spektrumu	26
Şekil 2.6 Camın güneş ışınımı karşısındaki davranışı	27
Şekil 3.1 Önerilen modelin akış şeması	34
Şekil 3.2 Ofis modelinde pencerenin baktığı yön gösterimi	36
Şekil 3.3 Firmalar tarafından gölgeleme elemanı tasarımında kullanılan açılar.....	40
Şekil 3.4 Modelde kullanılan gölgeleme açıları.....	40
Şekil 3.5 Modelde kullanılan Kanat derinliğinin kalınlıkları (kd) (cm)	41
Şekil 3.6 Modelde kullanılan Kanatlar arası mesafe ölçülerinin belirlenme şeması .	41
Şekil 3.7 Autocad programında Py (pencere yüksekliği), Kd (kanat derinliği) , Kam (kanatlar arası mesafe)	42
Şekil 3.8 12 cm (kd) /11cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü	47
Şekil 3.9 12 cm (kd) /12cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü	48
Şekil 3.10 12 cm (kd) /13cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	49
Şekil 3.11 12 cm (kd) /14cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	50
Şekil 3.12 18 cm (kd) /17cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	51
Şekil 3.13 18 cm (kd) /18cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	52
Şekil 3.14 18 cm (kd) /19cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	53
Şekil 3.15 18 cm (kd) /20cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	54
Şekil 3.16 24 cm (kd) /23cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	55
Şekil 3.17 24 cm (kd) /24cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	56
Şekil 3.18 24 cm (kd) /25cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	57
Şekil 3.19 24 cm (kd) /26cm (kam) güneş kırıcı tasarımı dış perspektif görünüşü ...	58
Şekil 3.20 Parametrik çalışmanın çerçevesi.....	61
Şekil 3.21 Dış yüzey ısı denge diyagramı.....	63

Şekil 3.22 Duvar için ısııl denge diyagramı.....	64
Şekil 3.23 İç yüzey ısııl denge diyagramı	66
Şekil 3.24 Yatay güneş kırıcının pencere düzleminde kapattığı alanı gösteren kesit	69
Şekil 3.25 Kanat kalınlığının pencere düzleminde kapattığı alanı gösteren kesit.....	70
Şekil 3.26 İki güneş kırıcı eleman (kanat) arasında kapatılmayan alanın gösterildiği kesit	71
Şekil 3.27 Görsel etkinlik yüzdesini (Eh) gösteren kesit	72
Şekil 3.28 Formül çıkarılmasında kullanılan yöntem aşamaları	73
Şekil 4.1 Designbuilder programında ofis yapısının modellenmesi	85
Şekil 4.2 Simülasyon programında kullanılan modele ait tasarım değişkenleri şematik gösterimi	86
Şekil 4.3 Saçılma diyagramı	107
Şekil 4.4 Gölgeleme elemanları için enerji tüketimi tahmin aracı görsel arayüzü ..	109

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 İç ve dış gölgeleme sistemlerinin enerji azaltma katsayısı	23
Tablo 3.1 Avrupa standartlarında belirlenen Ofis mekân boyutları.....	35
Tablo 3.2 Modelde kullanılan duvar konstrüksiyon detayı.....	37
Tablo 3.3 %20 cam-duvar oranı cephe detayı.....	37
Tablo 3.4 %30 cam-duvar oranı cephe detayı.....	37
Tablo 3.5 %40 cam duvar oranı cephe detayı	38
Tablo 3.6 Modelde kullanılan camın özellikleri	38
Tablo 3.7 Gölgeleme elemanı üreticisi firmalarda kullanılan tasarım boyutları	39
Tablo 3.8 Gölgeleme elemanı tasarım parametreleri ve boyutları	46
Tablo 3.9 Ofis modeline ait Designbuilder simülasyon programında girilen veriler	59
Tablo 3.10 Model özeti tablosu.....	81
Tablo 3.11 Katsayılar (Coefficients) tablosu	83
Tablo 4.1 Ofis modeline ait simülasyon veri girişi	86
Tablo 4.2 Simülasyon sonuçları.....	88
Tablo 4.3 Yönlere bağlı olarak en uygun yapı kabuğu tasarım parametreleri	89
Tablo 4.4 Gölgeleme elemanı tasarım parametrelerinin görsel etkinlik yüzdesine dönüştürülmesi	93
Tablo 4.5 Görsel etkinlik yüzdesi (Eh) değerleri	93
Tablo 4.6 Korelasyon analizi sonucu	97
Tablo 4.7 Regresyon analizine katılan değişkenler.....	99
Tablo 4.8 Model özeti tablosu.....	99
Tablo 4.9 Anova tablosu	99
Tablo 4.10 Katsayılar tablosu	100
Tablo 4.11 Modele dahil edilmeyen değişken tablosu.....	100
Tablo 4.12 Modele ait tasarım parametrelerinin; toplam enerji tüketimi, aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerji yükü üzerine etkileri	102

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Endüstri devrimi sonrasında teknolojik gelişmeler ve yaşam koşullarının değişmesine bağlı olarak günümüzde enerji gereksinimi gün geçtikçe artmaktadır. Hemen hemen her sektörde enerjiye olan ihtiyaç ve bağımlılığın artması; küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi büyük ölçekli ve geri dönüşü olmayan çevresel tahribata neden olmaktadır. Global ölçekte yaşanan çevresel sorunlar, enerji etkin stratejilerden faydalanarak tasarım yapılması ve var olan stratejilerin geliştirilmesine yönelik arayışları beraberinde getirmiştir. Çevresel sorunların çözümüne ilişkin en önemli adım; enerjinin korunumu ve buna bağlı olarak çevresiyle uyumlu olarak geliştirilebilecek yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar, yapı ile ilişkili diğer disiplinler kadar mimarlık disiplini için önemli bir yer tutmaktadır.

Çevreye verilen zarar ve enerji tüketimi açısından yapı sektörüne bakıldığında, diğer sektörler arasında büyük bir orana sahip olduğu görülmektedir. Bu durum yapı tasarım süreci, kullanım aşaması ve kullanım sonrası gibi tüm yapı yaşam döngüsünü içeren süreçte yapıların çevreyle olan ilişkisinin ve enerji tüketimi değerlerinin sorgulanmasını zorunlu kılmaktadır. Yapı sektöründe yapılan araştırmalar, kentsel ölçekten yapı bileşeni ölçeğine kadar çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik birçok yeniliği beraberinde getirmiştir. Akıllı Kentler, Sürdürülebilir Yapılar, Enerji Etkin Yapılar, Ekolojik Yapılar, Çevreyle Uyumlu Yapı Kabuğu, Yeşil Çatılar gibi yenilikçi ve çevreci kavramlar ortaya çıkmakta, tüm bu yaklaşımların ana temelini; çevreye en az düzeyde zarar verme, enerji tüketimini doğal kaynaklardan sağlayarak, enerjiyi etkin kullanma prensibi oluşturmaktadır.

Yapılarda enerji gereksiniminin çoğu, iç mekân konfor koşullarının sağlanması amaçlı kullanılmaktadır. Tüketilen bu enerji; ısıtma, soğutma ve aydınlatma amaçlı harcanmaktadır. İç ve dış mekân arasında arayüz olan yapı kabuğu tasarımı, tüm bu enerji devriminin bir parçası olarak, binanın enerji performansını etkilemektedir. Bu açıdan yapı kabuğu tasarımı çevreci yaklaşımla bilinçli bir şekilde ele alınmalı,

çevresel performans ve iç mekân konfor şartlarını en iyi düzeyde karşılayan kriterler; mimarlar, mühendisler ve kullanıcılar tarafından göz önünde bulundurulmalıdır.

Tüm bu amaçlar doğrultusunda; enerji etkin yapı kabuğu tasarımı, bu çerçevede pek çok tasarım ölçütü içermektedir. Bu tasarım ölçütleri:

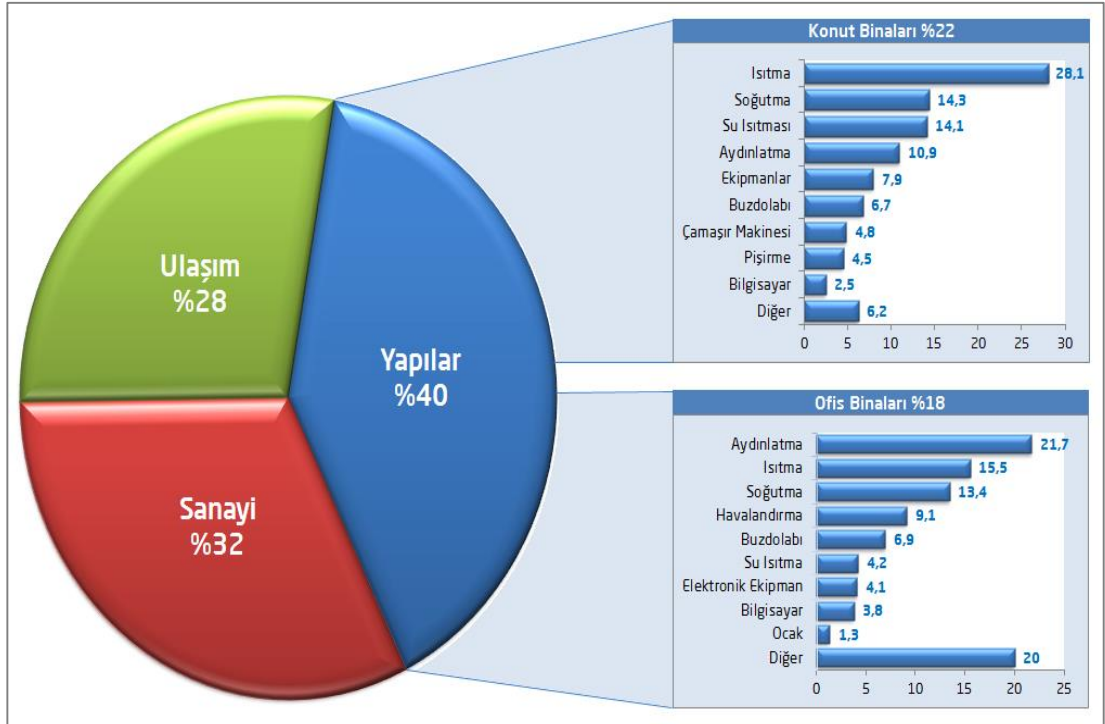
- Yapı kabuğunun fiziksel çevre verilerine uygun biçimlendirilmesi ve konumlandırılması,
- Yapı kabuğu tasarımının güneş enerjisinden optimum yararlanacak biçimde desteklenmesi ve yapı cephesinde enerji etkin cephe sistemlerinin kullanılması,
- Yapı kabuğu tasarımında dış havayı içeri alarak denetleyecek ve denetlenmiş havayı dağıtacak, yapı içi ve dışı arasında tampon bölge oluşturacak biçimlerin kullanılması,
- Yapı kabuğunda güneş enerjisinden yararlanırken istenmeyen güneş ışığı ve parlama sorunlarına karşın tedbir alınması, cam ve gölgeleme elemanı seçimine dikkat edilmesidir (Utkutuğ, 1999).

Yapı kabuğunda kullanılacak bu enerji etkin tasarım yaklaşımları temel olarak güneş ışıını ile şekillenmekte, bu açıdan yapı kabuğunun güneş ile ilişkili alt bileşenleri olan cam-duvar oranı, cam türü, gölgeleme elemanları ve yönlendirme biçimi birbiriyle ilişkili olarak aynı anda hedeflenen performans düzeyini etkilemektedir. Yapı kabuğu tasarımının bilinçsiz şekilde tek yönlü ele alındığı durumlarda ise enerji tüketiminde beklenen hedefi karşılayamamakta aynı zamanda iç mekân için olması gereken konfor şartlarını sağlayamamaktadır. Bu noktada, kullanıcı/tasarımcılar için bütüncül tasarıma imkân sağlayan yaklaşım ve yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır.

1.1 Problemin Tanımlanması

Yapı sektörü doğal kaynakların önemli bir bölümünü kullanarak ekolojik dengenin bozulmasına, insan sağlığını tehdit eden ortamların oluşmasına neden olmakta ve insan-doğa-çevre etkileşimini olumsuz etkilemektedir. Dünyada tüketilen enerjinin % 90'ı ve Türkiye'de tüketilen enerjinin %75' i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Ayrıca dünya genelinde tüketilen enerjinin %50' si ve suyun % 42' si bina yapımında veya kullanım süreçlerinde harcanmaktadır (Sayın, 2006).

Yapı sektörü içerisinde pek çok yapı türü yer almakta, bunlar arasında ofis yapıları ise %18 enerji tüketim oranı ile önemli ölçüde çevresel etkileri olan ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar gerektiren yapı türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Ofis yapılarında tüketilen enerjisinin işlevsel karşılığına bakıldığında ise; en çok enerjinin %21,7 ile aydınlatma, %15,5 ile mekan ısıtması, %13,4 ile mekan soğutması amacıyla kullanıldığı Şekil 1.1' de görülmektedir (U.S. Energy Information Administration, 2012).



Şekil 1.1 Yapı sektöründe enerji tüketim payı (U.S. Energy Information Administration, 2012)

Ofis yapılarının enerji tüketimi oranlarına bakıldığında, tasarım ve kullanım aşamasında enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik tedbirlerin alınması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu tedbirler alınırken en çok enerji tüketim yüzdesine sahip üç önemli işlev; ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketim değerleri bir bütün olarak düşünülmelidir. Yapı kabuğu tasarımında çevreci yaklaşımlar uygulanırken; tüm enerji tüketim parametrelerine etkisi aynı anda ele alınmalıdır.

Yapı kabuğu tasarımında iç mekân için beklenen performans ve enerji korunumu hedefini karşılamaya yönelik pasif sistem tasarım girdilerinden olan camlar ve gölgeleme elemanları önemli kabuk bileşenidir. Yapılan çalışmalar, ofis yapılarındaki net enerji talebinin büyük bir kısmının camlardan ısı kaybı ve kazancı ile ilgili olduğunu göstermektedir (Karlsen, Heiselberg, Bryn, ve Johra, 2016). Yani tasarım evresinde; cam-duvar oranı, cam türü seçimi ve gölgeleme elemanı kullanılması gibi şeffaf yüzeylere ait belirlenen tasarım kararları, enerji tüketiminin en belirgin belirleyicisidir (Zorer, 1992).

Yapı tasarımı, binanın yapım aşamasının başlangıcında yapıyla ilgili farklı sistemleri kapsayan kritik kararların alındığı karmaşık bir süreçtir. Yapı kabuğunda saydam yüzey tasarımı ise, hem enerji tüketimi hem de iç mekân konfor şartlarını göz önünde bulunduracak şekilde ele alınmalıdır. Ofis yapıları için tasarlanacak şeffaf yüzeyler, pek çok ihtiyacı aynı anda karşılanabilen dış kabuk elemanı olarak düşünülmelidir. İç mekân için yeterli aydınlık düzeyinin sağlanması, kış dönemi güneş ısısından yararlanılması, yaz dönemi ise aşırı sıcaktan korunum sağlanması ve parlama etkisinin azaltılabilmesi için bütüncül tasarım yaklaşım gereklidir. Özellikle ofis yapılarında aşırı günışığının yarattığı parlamanın azaltılması ve fazla ısı kazancının engellenebilmesi ile pasif soğutma sağlanması açısından gölgeleme elemanı, önemli bir yapı kabuğu bileşenidir. Gölgeleme elemanları ofis ve ticari yapılarda tasarlanırken, pencere elemanı gibi düşünülmelidir. İstenmeyen aşırı güneş radyasyonunun engeline karşın istenen günışığının sağlanması için dengeli bir tasarım gereklidir. Gölgeleme elemanları, dış kabuk tasarımında herhangi bir hesap ya da etüde dayalı olmayan yaklaşımla, sıklıkla süsleme öğesi olarak kullanılmaktadır. Gölgeleme elemanının uygun olmayan tasarımlar ile kullanımı

güneş denetiminde gerekli ihtiyacı karşılayamadığı gibi buna ek olarak görsel bağlantıyı ve genişliği kullanımı da olumsuz etkilemektedir (Çoban, 1999).

Bu noktada, güneş kontrolünde önemli bir etken olan; cam yüzeyler, cam-duvar oranı, yönlenme ve gölgeleme elemanı seçiminin aynı anda bir bütün olarak ele alınması gereklidir. Uygun olmayan tasarım yaklaşımları, binanın enerji tüketimini artırabilmektedir. Bu açıdan, yapı kabuğu tasarımında güneş kontrolü için, yapı kabuğunda kullanılacak tasarım parametrelerinin enerji tüketimine etkisini de gözlemleyerek belirlemek gerekmektedir.

Bu bağlamda, cephe tasarımında henüz güneş kontrol sistemi tasarımı aşamasında, şeffaf yüzey elemanlarının boyut ve özellikleri ile gölgeleme elemanını yönlerine bağlı olarak aynı anda değerlendiren ve bu aşamada gölgeleme araçlarının özelliklerini seçebilecek sistematik bir yaklaşım bulunmamaktadır. Simülasyon programları bu noktada yardımcı araçlar olmakta fakat her koşulda ulaşılabilirliği mümkün olmamakta ve kullanımı için bilgi birikimi gerekmektedir. Tasarımcıların uygun tasarım parametrelerini belirlerken seçilen parametrelerin özelliklerine bağlı enerji performansını etkileme durumunu kıyaslamalı olarak görebileceği bir yaklaşıma ihtiyacı bulunmaktadır.

Yukarıda ifade edilen tüm problemler özetle;

- Gölgeleme elemanı tasarımı için teknik bir prosedür bulunmaması,
- Gölgeleme elemanı tasarımında camın önemi ve saydam yüzey oranına dikkat edilmemesi,
- Pencerenin baktığı yöne göre gölgeleme elemanı tasarımına dikkat edilmesi gerekliliği,
- Gölgeleme elemanı tasarımında toplam enerji tüketimi yani; ısıtma, soğutma ve aydınlatma yükünün bir bütün halinde dikkate alınması gerekliliği şeklinde sıralanabilir.

Tez kapsamında yukarıda vurgulanan problemlere yönelik çözüm amacıyla, yapı kabuğunda güneş kontrolü tasarımında; yönler, cam-duvar oranı ve cam türünü de kapsayan; gölgeleme elemanının geometrisini belirlerken aynı zamanda yapının enerji tüketim değerleri üzerindeki değişimi karşılaştırmalı olarak tahmin eden; istatistiksel bir yaklaşım geliştirilmiştir.

1.2 Araştırmanın Amaç ve Kapsamı

Çalışmanın amacı, İzmir ili içindeki ofis yapılarında yönlere bağlı olarak; gölgeleme elemanı ve saydam yüzeye ait tasarım parametrelerinin; ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimi üzerine etkisini belirlemektir. Ayrıca geliştirilen regresyon eşitliklerine dayalı istatistiksel model aracılığıyla yapı kabuğu için ön tasarım aşamasında, en uygun parametre değerlerinin belirlenmesine yönelik, enerji tüketim düzeylerini kıyaslayan tahmin aracı tasarlanmıştır.

Bu yaklaşımın temelini, ofis modelinin simülasyonu sonucu elde edilen verilere bağlı olarak istatistiksel bir yöntem olan regresyon analizi ile türetilen formül oluşturmaktadır. Elde edilen formül Visual Basic program dilinde yazılarak, kullanıcılara kolaylık sağlamak amacıyla, görsel arayüzü olan bir tahmin aracı tasarlanmıştır. Böylece tasarımcılar ya da kullanıcılar; yön, cam türü ve cam-duvar oranı, gölgeleme elemanının boyutsal ve teknik özellikleri değiştikçe, yaklaşık olarak binanın toplam enerji tüketim değeri değişim sonuçlarını tahmini olarak görebilecektir. Bu çalışma; yön, cam türü ve cam duvar oranı seçimi ile gölgeleme elemanı boyutsal parametreleri arasındaki ilişkiye bağlı olarak enerji tüketimi açısından karşılaştırma yapılmasına imkân tanıyarak; en uygun tasarımın gerçekleştirilmesini hedeflemektedir.

Ofis yapılarının toplam enerji yüklerinin tahmin edilmesi aşamasında, ofise ait güneş kontrolünü etkileyen tasarım parametrelerine göre istatistiksel modelin geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışma, Türkiye'nin İzmir ili Çiğli ilçesi 38° enlemi için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında; düz çatılı, tek zonlu, bölme

duvarları olmayan kare tabanlı, 16 m² taban alanına ve 3,5 m yüksekliğe sahip, birim analiz düzeyi 56 m³ olan tipik ofis modeli (prototip) incelenmiştir. Ofis modeli; % 20-30-40 saydamlık oranı alternatiflerine sahip olarak düşünülmüş ve dört ana yöne göre ele alınmıştır.

Komşu binalar, ağaçlar vb. faktörler tarafından gölgelenen binalar kapsam dışı tutulmuştur. Bina kabuğu opak yüzey konstrüksiyon ana malzemesi; 19 cm tuğla ve dıştan 5 cm taş yünü yalıtımlı olarak ele alınmıştır. Bina kabuğu saydam yüzeyleri; 4mm çift tabaka (berrak) camlı (16mm boşluklu) PVC doğramalı olarak; klasik çift tabakalı, low-e kaplamalı ve renkli cam türü ile ele alınmıştır.

Ofis modelinde; kullanıcı, ekipman ve sistemlerinden kaynaklı oluşan iç yüklerin sabit olduğu varsayılmıştır. Çalışmada ofis modelinin enerji tüketimi verileri için Designbuilder simülasyon programı kullanılmıştır. İstatistiksel modellerin geliştirilmesinde, SPSS programından faydalanılarak regresyon analizi kullanılmıştır. Yazılım için Visual Studio ortamında Visual Basic dili tercih edilmiştir.

Bu tezin kısıtları ise şu şekildedir:

- Önerilen modelin özellikleri tüm bina tiplerine yönelik değil yalnızca ofis yapılarına göre belirlenmiştir. İç mekandaki ısı kazançlar, mekan kullanım saatleri, ekipman türleri, ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistem detayları; tipik ofis yapısına bağlı kalınarak tasarlanmıştır.
- Tezde önerilen yaklaşım, gölgeleme elemanı tasarımı için ön proje aşamasında, toplam enerji yükünü yaklaşık olarak tahmin edecek ve cam duvar oranı, cam türü, yön parametrelerinin seçimine bağlı olarak enerji tüketimindeki değişimi görerek karşılaştırma yapacak şekilde geliştirilmiştir.
- Enerji analizi İzmir ili için yani sıcak-nemli iklim tipine uygun gerçekleştirilmiştir. Analiz verileri diğer iklim tiplerini içermemektedir.

- Enerji analizi sonuçları ve regresyon analizi yöntemiyle elde edilen tahmin eşitliği; 16 m² taban alanı, 3,5 m yüksekliğe sahip, birim analiz düzeyi 56 m³ olan ofis binası için gerçekleştirilmiştir.

1.3 Araştırmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında önerilen yaklaşım aşamaları şunlardır:

- Yapı kabuğunda güneş kontrolü amaçlı gölgeleme elemanı tasarımı için; yönler, cam-duvar oranı ve cam türünün varyasyonlarını içeren çeşitli öneriler geliştirilmiştir.
- Geliştirilen bu öneriler, DesignBuilder simülasyon programı ile değerlendirilip, incelenen modelin aydınlatma, ısıtma ve soğutma yükünü içeren toplam enerji tüketimi verileri elde edilmiştir,
- Elde edilen sonuçlar ve öneriler açıklanmıştır,
- Gölgeleme elemanı boyutsal parametreleri, tek başlık altında görsel etkinlik yüzdesi olarak birleştirilmiştir,
- Simülasyon sonucu elde edilen enerji tüketim verileri; yönler, cam-duvar oranı, görsel etkinlik yüzdesi ve cam türünü içeren varyasyonlar ile SPSS programına aktarılarak; regresyon analizi yöntemiyle birim analiz düzeyi 56 m³ olan bir ofis binası için enerji yükünü yaklaşık olarak tahmin eden eşitlik elde edilmiştir,
- Regresyon analizi yöntemi ile elde edilen formül; Visual Basic.Net dilinde yazılarak, karşılaştırmaya olanak veren enerji tahmin aracına dönüştürülmüştür.

1.4 Araştırmanın Çerçevesi

Bu tez beş ana bölümden oluşmaktadır. Tezin ana çerçevesini oluşturan başlıklar şu şekilde sıralanmaktadır:

Birinci bölüm, çalışmanın önemini belirten giriş kısmını kapsamaktadır. Çalışmanın çıkış noktasını oluşturan problem tanımlanarak geliştirilmesi gereken noktalar ifade edilmiştir. Tezin amaç ve kapsam kısmında, problemin çözümüne yönelik çalışmada önerilen yaklaşım ifade edilmiş; kullanılacak araçlar ve tasarım parametreleri belirtilmiştir, aynı zamanda araştırmanın kısıtları sıralanmıştır. Son olarak çalışmada kullanılacak yaklaşım, aşama sırasına göre ve her aşamada kullanılacak metot ve yöntem araçları ile detaylı şekilde belirtilerek açıklanmıştır.

İkinci bölüm, çalışmanın teorik çerçevesini oluşturan kavramların açıklandığı kısımdır. Bu bölümün ana maddesini, yapı kabuğu tasarım parametreleri hakkında genel bilgilendirme oluşturmuştur. Ayrıca tezde önerilen yaklaşım aşamasında kullanılacak olan yapı kabuğunun alt parametreleri; gölgeleme elemanı, cam türü, yönler ve cam duvar oranı için genel bilgilendirme yapılmış, literatürde bu parametrelerin hangi kriterlere bağlı boyutlandırıldığı, en yaygın kullanılan ölçü ve boyutların ne olduğu bilgisi verilmiştir.

Üçüncü bölüm, ana hatları ile tezde önerilen yaklaşımın açıklandığı bölümdür. Önerilen yaklaşım dört aşamadan oluşmaktadır ve her aşama maddeler halinde açıklanmıştır. İlk aşamada, ofis modeli ile ilgili teknik bilgiler verilmiş, ofis kabuğu için simülasyonda girdi olacak parametrelerin özellikleri belirlenmiş ve çizimlerle desteklenerek gösterilmiştir. Yaklaşımın ikinci aşamasında, enerji analizi için kullanılan DesignBuilder programı tanıtılmış ve programın hesaplama yöntemi olan Isıl Denge Yöntemi açıklanmıştır. Yaklaşımın üçüncü aşamasında, gölgeleme elemanına ait boyutsal parametrelerin görsel etkinlik yüzdesi olarak ifade edilmesi; formüllerle açıklanmıştır. Yaklaşımın dördüncü aşamasında, SPSS programı ve regresyon analizi yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölüm, İzmir ilinde olduğu varsayılan bir tipik ofis yapısı örneğinde önerilen yaklaşımın uygulanma aşamalarını kapsamaktadır. Bu bölümde, öncelikle DesignBuilder simülasyon programında 3024 adet senaryonun enerji analizi gerçekleştirilmiş; aydınlatma, ısıtma, soğutma enerji tüketimine bağlı toplam enerji tüketim verileri tablolar halinde açıklanmıştır. Ardından gölgeleme elemanı boyutsal

parametrelerinin görsel etkinlik yüzdesine dönüştürülmesi için ilgili formüle bağlı hesaplama yapılmıştır. Yaklaşımın uygulanmasında son aşamada, toplam enerji tüketimi ile yapı kabuğu tasarım parametreleri arasında tahmin eşitliği geliştirmek için SPSS programında korelasyon ve regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Beşinci bölüm, çalışmada önerilen yaklaşıma bağlı olarak ortaya çıkan sonuçların, tabloların değerlendirilerek yorumlandığı kısımdır. Çalışmanın literatüre katkısı, kısıtları ve gelecek çalışmalar için önerilerin yapıldığı bölümdür.



BÖLÜM İKİ

LİTERATÜR ÖZETİ VE YAPI KABUĞU TASARIM PARAMETRELERİ İLE İLGİLİ GENEL KAVRAMLARIN AÇIKLANMASI

Yaşanan çevresel ve enerji tüketimine bağlı ortaya çıkan sorunlara bağlı olarak; yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ve enerji tüketiminde azalma sağlayan tasarım yaklaşımlarını geliştirmeye dayalı stratejiler günden güne artmaktadır. Geliştirilen tasarım stratejileri ile yapının enerji tüketiminin azaltılmasına yardımcı olmanın yanı sıra, iç mekânda kullanıcıların ısı ve görsel performansının istenen konfor düzeyinde olması da sağlanmaktadır.

Yapı kabuğunda yer alan camlar ise, güneş ışınımı ile doğrudan ilişkili olarak enerji akışının yüksek düzeyde gerçekleştiği kabuk bileşeni olması sebebiyle, iç mekânda konfor koşulları ve yapının enerji tüketimi üzerinde önemli düzeyde etkiye sahip yapı bileşenidir. Güneş ışınımı saydam yüzeyden geçtiğinde, yaz dönemi iç mekânda sera etkisi yaratarak fazla ısı birikmesine ve dolayısıyla yapının soğutma yükünün artmasına neden olmaktadır. Ayrıca kontrolsüz biçimde iç mekana alınan güneş ışınımı yüksek düzeyde aydınlık ayırımı yaratarak parlamaya neden olmakta; özellikle ofis yapıları gibi kullanıcı üretkenliğinin bu soruna karşın etkilendiği fonksiyonlarda önemli sorun yaratmaktadır. Güneş ışınımından enerji kazanımı açısından fayda sağlanırken, parlamaya neden olmayacak şekilde doğal aydınlatmanın sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik bir takım tedbirler alınmalıdır. Bunlardan en önemlisi şeffaf yüzeylerde tasarlanacak gölgeleme elemanları olmaktadır. Gölgeleme elemanı tasarımı ise bilinçsiz kullanımı sonucu ortaya çıkabilecek sorunlara karşın birlikte tasarlandığı; cam türü, cam duvar oranı ve yön gibi güneş ışınımı etkisinde önemli role sahip diğer yapı kabuğu unsurlarına bağlı olarak düşünülmelidir. Bu aşamada gölgeleme elemanının boyutsal ve tasarımsal bileşenleri olan kanatlar ve gölgeleme açısı, güneş ışınımına karşı davranışı ve diğer kabuk bileşenleri ile etkileşimi açısından yapının toplam enerji tüketimine etkisine bakılarak değerlendirilmedi. Literatürde gölgeleme elemanı tasarımının enerji tüketimine etkisinde önemli rol oynayan parametrelerin

anlaşılması, optimum tasarım yaklaşımının saptanmasına yönelik geniş ölçekte çalışmalar yer almaktadır.

Tezin bu bölümünde, daha önce yapılmış çalışmalarda var olan önerilerin saptanması amacıyla, gölgeleme elemanları ve şeffaf yüzey tasarımına bağlı olarak enerji tüketimi çalışmalarını kapsayan literatürdeki tez ve makaleler incelenmiştir.

Pencere alanı, şekli, konumu ve yönü ile konsol ve ışık raflarının, tipik bir Türk okul binasının doğal aydınlatma ve ısı performansına etkileri üzerine bilgi sağlamak amacıyla çalışma yapan Kılıçarslan (2013), ‘Tipik bir Türk okul binasının pencerelerinin doğal aydınlatma ve ısı performans açısından optimizasyonu’ başlıklı tez çalışmasında; güney ve kuzey yönleri için farklı pencere tasarımlarının tipik bir sınıfın doğal aydınlatma ve ısı performans üzerine etkisinin belirlenmesi için ‘Ecotect Analysis 2011’ isimli benzetim programında analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, sınıf pencerelerinin doğal aydınlatma ve ısı performans açısından optimize edilmesi için daha detaylı bir çalışma gerektiği ve tek tip bir pencere tasarımının tüm yön ve iklimlerde kullanılmasının uygun olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Ofis binasının farklı cephe tasarımları altında günışığı modellemesinin yapılması, farklı yapma aydınlatma kontrol sistemlerinin elektrik tüketimlerinin tahmin edilmesi ve sağladıkları enerji tasarruflarının değerlendirilmesi amacıyla Kaçel (2008), ‘Kontrol sistemlerinin aydınlatma enerjisi tüketimi üzerindeki etkisinin bir ofis binası örneği ile belirlenmesi’ başlıklı tez çalışmasında sabit gölgeleme elemanı ve hareketli jalüzilerin farklı kullanımları ile yapay aydınlatma durumunda enerji tüketimi ilişkisi ele almıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda, mekânda enerji etkin aydınlatma yaklaşımını sağlayacak en uygun cephe ve yapma aydınlatma kontrol sistemi seçilebilir. Günışığına bağlı olarak yapma aydınlatmayı çalıştıran kontrol sistemleri ile yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanabildiği ortaya çıkmaktadır.

Pencerelerde uygulanan gölgeleme araçlarının iklimsel ve görsel konfor açısından performansı değerlendirilmesi amacıyla yönelik Yener (1996), ‘Pencerelere

uygulanan gölgeleme araçlarının tasarımıda iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanması amacıyla kullanılabilir bir yaklaşım' isimli doktora tezi çalışmasında, Ortalama Gök Modelini kullanmıştır.

Ofis binalarında, dış gölgeleme elemanlarının görsel konforu etkileme durumlarının incelenmesi amacıyla çalışma yapan Kalemci (2005), 'Türkiye'de değişik yönlere bakan pencerelere yatay ve düşey dış gölgeleme elemanı tasarımı için bir yaklaşım' isimli yüksek lisans tezi çalışmasında; gölgeleme elemanları ile güneş kıran boyutu arasındaki ilişkiye bağlı olarak, koruma yüzdeleri ve görsel etkinlik yüzdelerini belirleyen grafik yöntem geliştirmiştir.

Bayraktar (2008), 'Gölgeleme araçlarının mekanın toplam soğutma yükleri açısından etkinliklerinin değerlendirilmesinde geliştirilen yöntem', isimli doktora tezi çalışmasında, gölgeleme araçlarının soğutma yükleri açısından etkinlikleri, bu araçların mekana etkileyen hava akımı ve güneş ışınımına etkisine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Tezde binada karşılıklı açıklıklara bağlı olarak çapraz havalandırmanın gerçekleştiği kabul edilmiştir. Energyplus programından yararlanılmış ve rüzgâr tüneli testi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda edinilen bulgulara göre toplam enerji yüklerini azaltmada günün belli saatlerinde avantajlı olan elemanlar, farklı zaman dilimlerinde dezavantajlı olabilmektedir. Gün içerisinde tüm saatlerde iç konfor koşullarının gerçekleşebilmesi için hareketli gölgeleme araç türlerinin seçilmesi gerekmektedir.

Yüksel (2009), 'Bina Cephelerinde Enerji Etkin Güneş Kontrol Stratejilerinin Bir Örnek Uygulama İle Değerlendirilmesi' başlıklı tez çalışmasında ele alınan örnek yapı üzerinde 'Energy Plus' programı kullanılarak, cephede gölgeleme elemanı olmayan ve farklı gölgeleme elemanlarını içeren yöntemler kıyaslanarak, ısı yalıtımı ve aydınlatma ihtiyacının az enerji kullanımı ile sağlanması üzerine çalışma yapmıştır.

Gutierrez ve Labaki (2007), 'An Experimental Study of Shading Devices: Orientation Typology and Material' isimli çalışmalarında gölgeleme elemanlarının

performansını kullanılan malzeme ve yapının yönlendirilmesine bağlı olarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak betonarme gölge kırıcıların ahşap gölge kırıcılara göre daha iyi sonuç verdiği yorumlanmıştır.

Khezri (2012), 'Comparative Analysis of PV Shading Devices for Energy Performance and Daylight', başlıklı tez çalışmasında; PV entegre düşey güneş kırıcı, yatay güneş kırıcı, saçak ve PV entegre cam kullanımı ile farklı gölgeleme yöntemlerinin ofis yapısındaki günışığı ve enerji performansı üzerine etkisini kıyaslamalı olarak analiz etmeyi amaçlamıştır. Farklı gölgeleme elemanları için model oluşturularak verimlilikleri karşılaştırılmıştır.

Santos, Laustsen, ve Svendsen (2008), 'Characterization and performance evaluation of solar shading devices' başlıklı çalışması kapsamında, gölgeleme elemanlarının performansını, iki farklı bölgede yer alan ofis yapısında farklı gölgeleme stratejilerini kullanarak değerlendirmiştir. Yapılan çalışmada mekanik soğutma sisteminin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumda gölgeleme elemanlarının yapının enerji tasarrufu ve iç mekân konfor şartlarına etkisi ölçülmüştür.

Bülow-Hübe (2000), 'Office worker preferences of exterior shading devices: pilot study' başlıklı çalışmasında, dışa entegre tente ve güneş kırıcı elemanların fonksiyonu ve işleyişi kadar manzaraya etkisi 50 ofis çalışanı üzerinde yapılan araştırmaya göre değerlendirilmiştir. Tercih edilen gölgeleme pozisyonu, iç mekân aydınlık düzeyi ve hava koşulları kayıt edilmiştir. Regresyon analizi ile yapılan çalışmada gölgeleme elemanı açıp- kapama durumunun gökyüzü koşulları ya da iç mekân aydınlık düzeyi ile ilişkili olmadığı ortaya konmuştur.

Tzempelikos ve Athienitis (2007) 'Impact of shading design and control on building cooling and lighting demand' başlıklı çalışmasında gölgeleme elemanlarının yapıların aydınlatma ve soğutma yüküne etkisini incelemiştir.

Grynning, Time ve Matusiak (2014), 'Solar shading control strategies in cold climates – Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces'

başlıklı çalışmasında iki cam arası gölgeleme elemanı ile tek ve iki kişilik ofis bloğunda çalışılmıştır. COMFEN 4.1 programı kullanılarak ısıtma-soğutma yükü analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda gelecek çalışmalara öneri olarak dış cepheye entegre gölgeleme elemanına yönelik çalışmaların yapılması gerekliliği üzerine vurgu yapmıştır.

Kalfa (2014), ‘Türkiye İklim Bölgelerinde Konut Binaları İçin Isıtma Ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım’, başlıklı tez çalışmasında; bina geometrisi ve bina kabuğu fiziksel özelliklerinin konut binalarının ısıtma ve soğutma yükü üzerine etkisini tahmin eden yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışmanın enerji analizi EnergyPlus simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yöntem regresyon eşitliklerine dayalı istatistiksel modeller aracılığıyla konutların ısıtma ve soğutma yüklerini belirlenen parametre değerlerine göre kısa sürede hesaplayabilmekte ve Türkiye’nin iklim bölgeleri için enerji tasarrufu açısından konutlarda optimum çözümü sunan tasarım parametrelerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

Yıldız (2012), ‘Sensitivity and Uncertainty Analysis To Reduce Cooling Requirement of Low-rise Apartment Blocks in The Hot-Humid Climate Region of Turkey’ başlıklı tez çalışmasında; az katlı apartman bloklarında soğutma yükünü etkileyen en önemli tasarım parametrelerini belirlemek ve tasarım parametreleri ile yıllık soğutma yüklerindeki belirsizliğin değerlendirilmesi için Global duyarlılık ve belirsizlik analizi yöntemleri kullanılmıştır. Enerji analizi için İzmir’de bulunan az katlı bir apartman bloğunun plan şeması modellenmiş ve Designbuilder simülasyon programı tercih edilmiştir. Araştırmanın sonucunda, incelenen tasarım parametrelerinin hassasiyetinin ve yıllık soğutma yükü miktarının, küresel ısınmaya ve katlara bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Yönlere bağlı olarak toplam pencere alanı, doğal havalandırma ve camların güneş ısı kazanç katsayısı sıcak-nemli iklim bölgesindeki az katlı apartman bloklarının soğutma yükü üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu açıklanmıştır.

Literatürde yapılan tüm bu araştırmalar incelendiğinde, gölgeleme elemanı tasarımı aşamasında; yapı kabuğunda saydam yüzey boyut ve özelliklerini kapsayacak şekilde aynı zamanda gölgeleme elemanının geometrik özelliklerini de detaylandırarak; yapıdaki ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerini hesaplayan pratik bir yaklaşımın bulunmadığı gözlenmiştir. Bu eksikliği gidermek amacıyla mimari tasarımın başlangıç aşamasında ya da yapının kullanım sürecinde gölgeleme elemanı tasarımında kullanılabilir bir yaklaşım önerilmesi hedeflenmektedir. Önerilen yaklaşım ise Bölüm 3’de detaylı şekilde açıklanmıştır.

2.1 Yapı Kabuğu Tasarım Parametreleri

Yapı kabuğu; iç ve dış çevre arasında yapının arayüzü olarak tanımlanmaktadır. Zamanla yapı kabuğu, çeşitli fonksiyonları gerçekleştirecek biçimde yeni formlara dönüşmüştür. Bu fonksiyonlardan bazıları;

- Fiziksel çevre kontrolü (ısı, ışık, ses, yağmur, nem),
- Bina için yapısal destek,
- Yangın güvenliği,
- Estetik,
- Enerji korunumudur.

Yapı kabuğu tasarımının, enerji korunumu kriterine bağılı olarak şekillenmesi; gerek iç mekân konfor koşullarının sağlanabilmesi gerek çevreye verilen zararın azaltılabilmesi açısından önemlidir. Yapı kabuğunun enerji etkin olarak tasarlanması, ekolojik mimarlıkta önemli bir tasarım unsurudur ve birden çok parametreyi içermektedir. Bu parametreler; yapının bulunduğu yere, iklim koşullarına, iç mekân kullanım şartlarına bağılı olarak değişmektedir. Yapılarda enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik kullanılabilir pasif tasarım yaklaşımları şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Uygun yönlenme,
- Doğal havalandırma,
- Doğal aydınlatma,
- Yapı kabuğunun yalıtım özelliği,
- Şeffaf yapı elemanlarının boyutları (cam-duvar oranı) ve özellikleri (optik-termofiziksel),
- Güneş kontrol sistemleri (gölgeleme elemanları, cam türü)

İklim şartları açısından İzmir ilinde yer alan yapılar için güneşin ısısının optimum kullanımı ve ısı kazancının kontrolünü sağlayan kabuk tasarımı önceliklidir. Yapı kabuğunda, hem soğutma yükünün azaltılmasına yönelik enerji korunumu amacıyla hem de iç mekân konfor şartları için güneş kontrol sistemleri tasarlanmalıdır. Optimum güneş kontrol sistemleri; gölgeleme elemanı tasarımına, uygun yönlenmeye, iklime, cam yüzey alanına, kullanılan cam türüne bağlı olmaktadır.

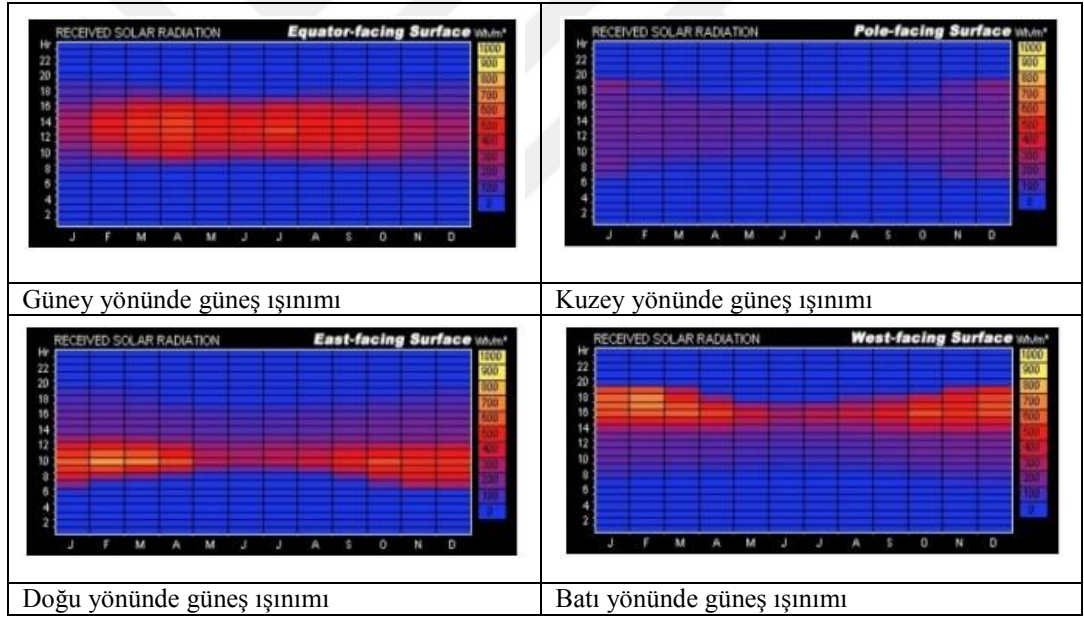
Bu bölümde; pasif sistem tasarım parametreleri içerisinde, enerji korunumu açısından ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerinin ortak belirleyici olan; uygun yönlenme, cam-duvar oranı, gölgeleme elemanı ve camlar ele alınarak açıklanacaktır.

2.1.1 Uygun Yönlenme

Yapı dış kabuğu tasarımında, pasif tasarım kriterlerinden başlıcası yapıların uygun yönlenmesidir. Yapıdaki enerji tüketimini azaltmak aynı zamanda konfor şartlarını optimize etmek için, çevresel iklim şartlarından en iyi düzeyde yararlanmak gerekmektedir (Dikmen, 2011). Yapının yön seçimi bu noktada önem taşımaktadır. Güneşten gelen ısı ve ışık miktarı yapının yönlendiriliş durumuna göre değişmektedir. Yapının bulunduğu enlem, iklim şartları ve yapının fonksiyonuna bağlı olarak en uygun yön seçimi belirlenmelidir. Yaz dönemi güneşin dik açıyla, kış güneşinin ise yatık açı ile cepheye gelmesi kuzey yarı kürede için güneye bakan

yüzeylerin kışın daha fazla güneş enerjisinden yararlanmasını olanaklı kılmaktadır (Demircan ve Gültekin, 2017).

Binanın farklı yüzlerinde gelen yıllık güneş ışınımı yapı cephesinin baktığı yöne göre farklılık göstermektedir. Batı ve doğu cephelerinde, güneş gün boyunca hareketli olduğu için gelen güneş ışınımı çok değişken, kuzey ve güneyde yönlerinde ise daha tutarlıdır. Şekil 2.1, yönlere bağlı güneş ışınımı yoğunluğunu göstermektedir. Buna göre, en yoğun güneş ışınımı sıralaması güney, batı, doğu ve kuzey olarak sıralanmaktadır. Görsel ve ısıl konfor için binanın uzun yüzeyinin batı-doğu yönünde olması istenir. Bu yönlenme biçimi ile günışığının tutarlı bir şekilde iç mekâna alınması ve uzun yön boyunca da kamaşmayı kontrol etme imkânı verir. (Ofluoğlu, 2018)



Şekil 2.1 Yönlere bağlı güneş ışınımı yoğunluğu (Ofluoğlu, 2018)

Yön seçiminde bir diğer önemli nokta, güneşin ısı ve ışık enerjisinden yararlanırken, aşırı ısı ve parlama gibi olumsuz etkilerinden de korunmaktır. Özellikle ofis yapıları gibi iç mekânda kullanıcı memnuniyetinin üretkenliği önemli oranda etkilediği yapı fonksiyonlarında, cam yüzeylerin baktığı yön, kritik tasarım seçimidir. Aşırı ısı ve parlama sorununa karşın gölgeleme elemanı tasarımı zorunlu

olmaktadır. Bu nedenle tasarımın ilk evresinde; iklim, yön ve yapı fonksiyonu aynı anda ele alınarak gerekli tasarım kararları ve önlemler alınmalıdır.

2.1.2 Cam-Duvar Oranı

Yapı kabuğunda yer alan saydam yüzey alanıyla ilişkili bir değer olan cam-duvar oranı; bir binadaki mevcut cam yüzey alanının, duvar alanına oranı olarak ifade edilmektedir (Szokolay, 2008). Yapı kabuğu üzerinde yer alan şeffaf yüzey alanları güneşten gelen ısı ve ışık miktarını etkileyen bir etmen olduğu için cam-duvar oranı enerji tüketimi ve iç mekan konfor şartları açısından önemli bir parametre olmaktadır (Kalfa, 2014). Literatürde cam-duvar oranı üzerine yapılmış çalışmalara bakıldığında, optimum cam-duvar oranı yüzdesinin yapının işlevi, fonksiyonu ve enerji tüketimi ile ilişkisine bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmektedir. TS 825'e göre kullanıcıların kendilerini psikolojik olarak rahat hissetmeleri için gereken optimum cam-duvar oranı % 12-60 arasındadır (Kalfa, 2014).

Zorer (1992) çalışmasında cam-duvar oranını estetik, işlevsel ve enerji tüketimi amacına yönelik sınıflandırmıştır. Buna göre; görsel hoşnutluk için olması gereken cam-duvar oranı optimum %30, doğal aydınlatma için; minimum %20, güneş ışığı(aşırı ısınma) maksimum %40 ve ısı-enerji kayıpları açısından %50 olması gerekmektedir. Littlefair, Ortiz, ve Bhaumik (2010) tarafından yapılan çalışmalarda; ofislerde, dışa bakan duvar yüzeyinin %35'i, kamu binalarında da dış duvarın toplam alanının %25'inin pencere alanı olması gerekliliğini ifade etmektedir. Derinliği 8m'den az olan ofis yapılarında %20 saydamlık oranı tercih edilmelidir. Çalışmanın devamında cam-duvar oranı seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler üç faktör olarak sıralanmıştır:

- 1) Mekâna yeterli düzeyde ışık alınabilmesi,
- 2) Aydınlatma için gereken enerji ihtiyacının düşürülmesi,
- 3) Isıtma ve soğutma yükünün azaltılmasıdır.

Gölgeleme elemanı tasarımında cam-duvar oranı seçiminde, tüm bunlara ek olarak parlama, termal konfor ve estetik unsurları da ikincil parametre olarak dikkate alınabilmektedir (Tzempelikos, 2007).

2.1.3 Gölgeleme Elemanı

Yapı dış kabuğunda istenmeyen güneş ışınımından korunmaya yönelik çok yönlü çözümler bulunmaktadır. Bu çözümler mimari yapı elemanları olan; cam, duvar veya bitki olabildiği gibi, bir yapı bileşeni olarak tasarlanan dış gölge elemanları aracılığıyla da sağlanır (Wachberger, 1988). Enerji korunumu sağlamaya yönelik tasarımların bir parçası olan dış gölge elemanları, iklime ve pencerenin yönüne bağlı olarak, güneş ışınımını denetleyen bir yapma çevre değişkenidir (Olgay, 1957; Yener, 1996). Gölgeleme elemanı tasarımının ana ilkesi, iç mekânda konfor koşullarının gerçekleşmesi ve aynı zamanda enerji etkinliğin sağlanmasıdır (Miguel, 2008). Littlefair (1999)'e göre, gölgeleme elemanı kullanımının üç nedeni vardır; aşırı ısı girişini engellemek, camlardan gelen parlama etkisini azaltmak ve gizliliği sağlamak. Gölgeleme elemanları ofis yapılarında sıklıkla soğutma yükü ve camlardan gelen parlama etkisini azaltmak için kullanılmakta, aynı zamanda doğal aydınlatma ve manzarayı etkilemektedir. Doğal aydınlatma üzerindeki etkisi, kullanıcı memnuniyeti ve çalışma performansını etkilemesi açısından önemlidir (Bülow-Hübe, 2000).

Doğru şekilde tasarlanan gölgeleme elemanı ile iklimlendirme için gereken enerji yükü %50-79 oranında azaltılabilmektedir (Sciuto, 1998). Bu ise, gölge elemanlarının uygun boyut ve biçimde tasarlanması ile olanaklı olabilir. Gölgeleme elemanı tasarımında pencere ölçüleri, güneş geometrisi ve iklim verileri gibi birçok değişken aynı anda değerlendirilmelidir (Olgay, 1957). Uygun gölgeleme elemanı tasarımı; güneşin geliş açısı, saati, yönü, enlem, çevresel engeller gibi pek çok fiziksel değişkenin bir arada değerlendirildiği süreçtir.

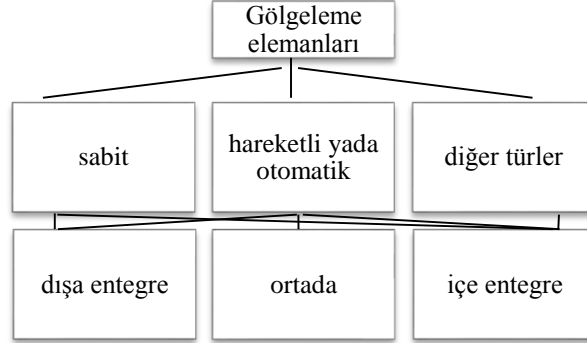
Gölgeleme elemanı tasarım süreci belirli aşamalardan oluşmaktadır. Bu süreç aşağıda belirtildiği şekilde sıralanabilmektedir:

- İklim, yapı kabuğu tasarımı, yapı/mekân fonksiyonu, görsel konfor, termal konfor beklentisi gibi mekân ve yapıya dair değişkenlere bağlı olarak gölgeleme ihtiyacının belirlenmesi ilk aşamadır.
- Gölgeleme elemanı tasarımında ikinci aşama, tasarım özelliklerinin saptanmasıdır. Gölgeleme elemanının kabuktaki yeri (iç mekan/dışa entegre/iki cam arası), kullanım şekli (sabit/hareketli) gibi özellikler; proje bütçesi, cephe tasarım amacı, manzara, doğal aydınlatma gibi faktörlere bağlı olarak belirlenir.
- Gölgeleme elemanı için deneme tasarımının geliştirilmesidir. Gölgeleme elemanı örnekleri ve uygulamaları, sistemin işleyişi açısından bu aşamada yardımcı olabilir.
- Önerilen gölgeleme elemanının performansını ölçmek için gölgeleme maskesi, bilgisayar simülasyon programları ya da ölçekli modellerden yararlanılabilir.
- Gölgeleme elemanı ile ilgili performans beklentisi ve diğer tasarımsal değişkenler açısından (doğal aydınlatma, estetik, doğal havalandırma) kabul edilebilir olarak düşünülene kadar tasarımda değişikliğe gidilir (Kwok ve Grondzik, 2007).

Olgay (1957) gölgeleme elemanlarını, gölgeleme katsayılarına göre solar radyasyonu azaltmada en az etkin olandan en fazla etkin olan seçeneklere göre sıralanmıştır:

1. Jaluzi
2. Stor perde
3. Dışa entegre gölgeleme ekranı
4. Dışa entegre metal jaluzi
5. Cam yüzey kaplamaları
6. Ağaçlar
7. Dışa entegre sabit gölgeleme elemanı
8. Dışa entegre hareketli gölgeleme elemanı

Gölgeleme elemanları kullanım şekline bağlı olarak (sabit / hareketli) yapı kabuğunda üç konumda yer alabilir; dışta, ortada ve iç yüzeyde (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Gölgeleme elemanlarının sınıflandırılması

Gölgeleme elemanlarının cam yüzeyine göre konumu, güneş ısı kazanımı ve güneş ışığı geçiş miktarını belirler. Gölgeleme elemanının enerji azaltma katsayıları özellikleri gölgeleme elemanının konumuna bağlıdır: dışa entegre gölgeleme elemanının, güneş radyasyonunun enerji transferini azaltma oranı %80-90 iken, iç mekanda yer alan gölgeleme elemanı %55 oranında koruma sağlar. Diğer bir ifade ile, binaya giren güneş radyasyonunu azaltmada dış gölgeleme elemanları içe entegre elemanlara göre %30-35 oranında daha etkilidir (Dubois, 1997). Gölgeleme elemanlarının yapı dış yüzeyinde kullanımı ile güneş ışınımı şeffaf yüzeye ulaşmadan dağıtılmakta, bu şekilde parlamaya neden olan fazla güneş ışığı ve istenmeyen güneş ısı kazancı düşürülmektedir.

Güneş kontrol sistemlerinin etkinliği, enerji azaltma katsayılarına göre tahmin edilebilir. Bazı gölgeleme elemanlarının enerji azaltma katsayıları Tablo 2.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 İç ve dış gölgeleme sistemlerinin enerji azaltma katsayısı (Eicker, 2009)

Gölgeleme sistemi	Renkler	Enerji azaltma katsayısı(-)
Dışa entegre hareketli güneş kırıcı	-	0,15
Dışa entegre jaluzi	beyaz	0,13-0,20
Güney cephesi yönünde saçak	-	0,25
Dışa entegre jaluzi	siyah	0,20-0,30
İçe entegre jaluzi	beyaz	0,45-0,55
İçe entegre jaluzi	siyah	0,75
Yansıtıcı camlar	-	0,20-0,55
Normal cam	-	1

Gölgeleme elemanlarının özelliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür (Kalemci, 2005):

- Malzeme
- Form
- Boyut

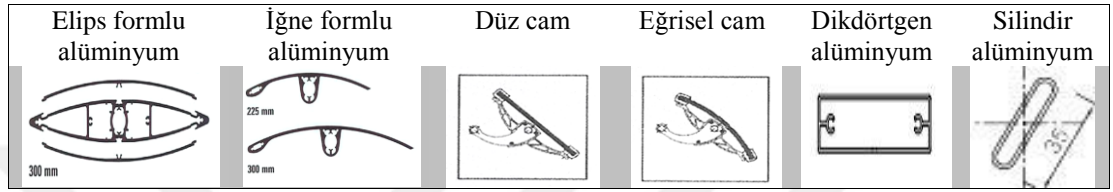
2.1.3.1 Malzeme

Gölgeleme elemanında kullanılan malzeme gölgeleme, manzara ve havalandırmayı etkileyebilir. Gölgeleme elemanı için estetik ve performans beklentilerine bağlı olarak çok sayıda malzeme seçimi bulunmaktadır. Malzeme seçimine göre yatay gölgeleme elemanlarını alüminyum, ahşap, cam, beton ve fotovoltaik panel olarak sınıflandırmak mümkündür. Cam ve alüminyum olan tipler en yaygın kullanılanlardır (Kalemci, 2005).

Alüminyum malzeme hafif, sağlam olması ve montaj kolaylığı nedeniyle en çok tercih edilendir. Tasarımda belirlenen form ve boyutta üretilebilir. Alüminyumdan sonra en yaygın kullanılan malzeme ise camdır. Diğer gölgeleme elemanlarına göre dış ortam ile görsel ilişki kurulması açısından daha avantajlıdır. Güneş kontrolündeki performansı açısından gölgeleme katsayısı yüksek malzeme seçilmelidir (Özyer, 2017).

2.1.3.2 Form

Gölgeleme elemanı tasarımında kullanılacak malzeme seçimi özelliklerine göre kanatlar farklı formlarda üretilebilmektedir. Alüminyum malzeme için; elips, iğne formu ve delikli levhalar, cam için; düz ve eğrisel formlar tercih edilmektedir (Şekil 2.3) (Kalemci, 2005).



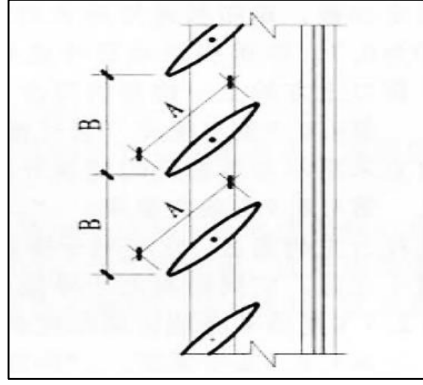
Şekil 2.3 Gölgeleme elemanına ait tipik form tasarımları (Kalemci, 2005)

2.1.3.3 Boyut

Gölgeleme elemanı uygulamalarındaki boyutsal özellikler yapının görsel ve ısısal performansını aynı zamanda maliyet ve bakım unsurlarını da etkilemektedir. Gölgeleme elemanının boyutsal özellikleri; kanat derinliği, kanatlar arası mesafe, kanat sayısı olarak sınıflandırılabilir.

Gölgeleme elemanının kanat derinliği, üzerine gelen güneş ışınımını yansıtarak iç mekâna aktarılan güneş ışınımının belirleyicisidir. Genel olarak 15 ile 45 cm arasındaki ölçülerde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra tasarımsal özelliklere bağlı olarak farklı boyutlarda da üretilebilir (Kalemci, 2005).

Kanatlar arası mesafe, güneş ışınımını engellemesi potansiyeli yanında görsel iletişimi etkilemesi açısından önemli bir parametredir. Kanatlar arası mesafe için literatürde belirlenmiş kesin standart ölçüler bulunmamaktadır.



A:Kanat derinliği (Kd), B:Kanatlar arası mesafe(Kam)

Şekil 2.4 Gölgeleme elemanında kanat derinliği ve kanatlar arası mesafenin şematik gösterimi

(Li ve Yao, 2012)

Bir diğer gölgeleme elemanı parametresi, kanat sayısıdır. Güneş kontrolünde kullanılacak kanat sayısı $Ks = h_{net} / Kam$ formülüne göre belirlenmektedir (Kalemci, 2005). Manzara, doğal havalandırma gibi etkenler de kanat sayısının belirlenmesinde önemli faktördür.

Ks : pencerede kullanılabilir en uygun yatay kanat adedi (adet)

h_{net} : net pencere yüksekliği (cm)

Kam : iki yatay güneş kırıcı arasındaki mesafe (cm)

Kanat sayısının fazla olması fazla güneş ısını engellemenin açısından avantaj sağlarken yapay aydınlatma yükünü arttırması, manzarayı azaltması, havalandırmayı engellemesi, temizlik ve bakım masraflarının fazla olması gibi olumsuz etkenlere de neden olmaktadır.

Etkin bir gölgeleme elemanı tasarımı için gölgeleme elemanı boyutsal parametrelerin; güneşin geliş açısı, camın baktığı yön, pencere boyutu kriterlerine göre hesaplanması gerekmektedir (Özyer, 2017).

2.1.4 Camlar

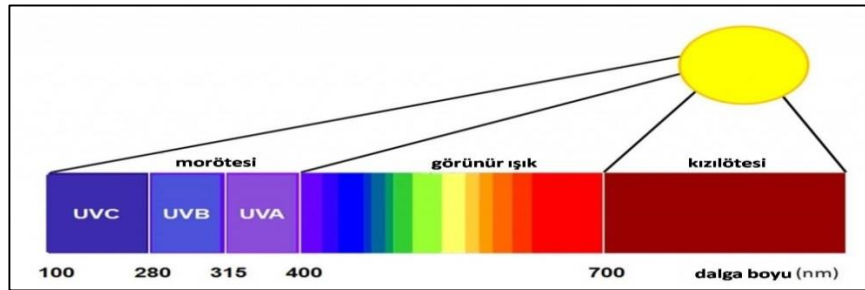
Camlar kullanıcı memnuniyeti, üretkenlik, sağlık üzerinde önemli etkiye sahip olmalarının yanı sıra, yapı yüzeyine gelen güneş ışınımının geçiş düzeyini etkileyerek yapıların ısıtma, soğutma ve aydınlatma için gereken enerji miktarını da belirlemektedir. Enerji etkin yapı kabuğu tasarımı bağlamında, pencerelerin diğer yapı bileşenleri gibi uygun optik ve termofiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Camların enerji ve görsel performansını belirleyebilmek için öncelikli olarak enerji akışının anlaşılması gerekmektedir. Bunun için güneş enerjisi spektrumunun doğasını bilmek gerekmektedir.

2.1.4.1 Güneş Işınımı Spektrumu

Güneş ışınımı (radyasyonu); dalga boyu, şiddeti ve doğrultusu ile karakterize edilebilir. Dalga boyuna bağlı olarak güneşten gelen enerji farklı olmaktadır. Güneş ışınımı spektrumu 280-2500 nm dalga boyu aralığındadır.

Güneş radyasyonu 3 spektral aralığa sahiptir (Şekil 2.5):

- Morötesi ışınım, 280-380 nm,
- Görünür ışınım, 380-780 nm,
- Kızılötesi ışınım, 780-2500 nm (IR),



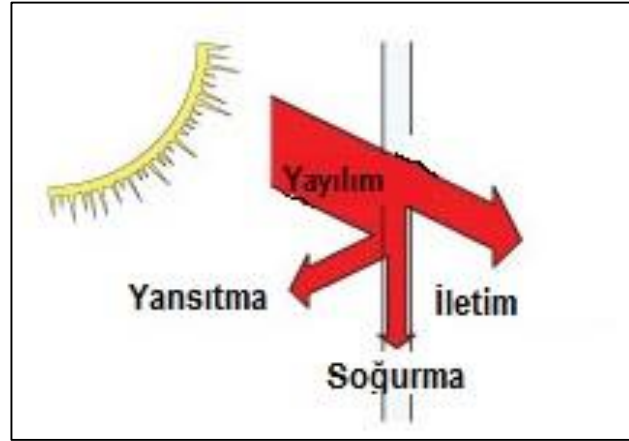
Şekil 2.5 Güneş ışınımı spektrumu (Haglund, b.t.)

Güneş ışınımının taşıdığı enerjinin yaklaşık olarak %2'ü gözle görülemeyen morötesi, %55'si ışık olarak görülebilir kısım, %43'si ise gözle görülemeyen kısa dalga kızılötesi dalga boylarındadır.

Kızılötesi ışınım kısa dalga boyu olarak adlandırılmaktadır. Objeyi ısıttığında ortaya çıkan enerjinin dalga boyu güneşinkinden daha fazladır ve uzun dalga boyu olarak adlandırılır (Haglund, b.t.).

İç mekâna geçen enerjiyi kontrol etmek için bu ışınım; cam tarafından soğurulmaktadır ya da yansıtılmaktadır. Cam görünür ışınımı soğurur ya da yansıtırsa, iç mekâna geçen ısı azalır aynı zamanda ışık geçişi de azalır. Eğer cam kızılötesi ışınımı soğurur ya da yansıtırsa iç mekâna geçen ısı azalır fakat ışık geçişinde bir azalma meydana gelmez. Çünkü kızılötesi ışınım görünür değildir (Haglund, b.t.).

Camlar dikkatli tasarlandıkları zaman doğal ışık, manzara, havalandırma açısından yarar sağlarken, termal konfor ve parlama ile ilgili yaşanacak olumsuz koşullar azaltılmaktadır. Camın ısı transferini etkileyen dört temel özelliği bulunmaktadır: iletim, yansıtma, yutuculuk (soğurma çarpanı) ve yayılım (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Camın güneş ışınımı karşısındaki davranışı (Haglund, b.t.)

1. Camın Geçirgenlik (İletim) Özelliği: Camın geçirgenlik özelliği, üzerine düşen güneş ışınımının iletilebilme yeteneğidir ve yüzde ile ifade edilir. Camın güneş

ışınımı geçirgenliği, güneşin geliş açısına ve camın güneş spektrumuna verdiği tepki ile değişmektedir. Güneşin geliş açısı arttıkça geçirgenlik azalmaktadır. Açı azaldıkça geçirimsizlik artmaktadır.

Cam teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak cam malzemenin farklı spektrum aralıklarına karşın nasıl davrandığı kontrol edilebilmektedir. Bu amaca bağlı olarak malzemelerin alt tabaka özellikleri değiştirilebilir ve bazı kaplamalar maddelerin yüzeylerine eklenebilir. Örneğin bu yöntemle güneş enerjisi kazancını azaltmak ve günışığını yeterli oranda alabilmek için optimize edilen camlar, güneş ışınımı spektrumunun görünür bölgedeki kısmını iletirken, yakın-kızılötesi kısmındaki gereksiz ısı kazancını engellemektedir (Haglund, b.t.).

2. Camın Yansıtıcılık Özelliği: Camın güneş kontrolü amacına yönelik yansıtma özelliklerinin artırılması ile geçirgenlik değerinde azalma sağlanmaktadır. Camın yansıtıcılık özelliği; cam yüzeyin kalitesine, kaplama malzemesine, ışığın geliş açısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yansımanın derecesi yüzey pürüzlük özelliklerine ve enerjinin dalga boyuna bağlıdır. Bu yansıtıcı yüzeylerin istenmediği durumda özel kaplamalar ile bu yansıtıcılık etkisi ortadan kaldırılabilir. Camın yansıtıcılık özelliği kırılma indisine bağlıdır. Kırılma indisi yüksek olan malzeme güneş ışınımını daha çok yansıtmaktadır (Haglund, b.t.).

3. Soğurma Çarpanı (yutuculuk özelliği): Camdan iletilemeyen ya da yansıtılmayan enerji yüzeyde yutulmaktadır. Yutulan ışınım enerjisi camın ısınmasıyla birlikte ısıya dönüşmektedir ve cam yüzeyinden ışınım yoluyla dağılmaktadır. Tipik bir düz cam (normal açı ile gelen 30 derece) günışığının yaklaşık %7'sini soğurmaktadır.

Cama ilave edilen katkı maddeleri ile camın yutuculuk özelliği artar. Düz cam az miktarda soğurma özelliğine sahipken, koyu renkli camlar ise yüksek oranda yutuculuğa sahiptir. Yutulan enerji camın ısınmasıyla ısı enerjisine dönüşmektedir. Camın soğurma özelliği parlama kontrolü ve toplam güneş enerjisi kazancını

azaltmak oranını belirler. Tüm cam malzemeler, uzun dalga boylu kızılötesi enerjiye karşı yutucu davranmaktadır (Haglund, b.t.).

4. Camın Yayılım Özelliği: Camın yayılım özelliği malzemenin enerjiyi yayma yeteneği olarak ifade edilir. Güneş enerjisi cam tarafından soğurulduğunda ya hava hareketi ile dağıtmakta (konveksiyon) ya da cam yüzey tarafından tekrar yayılmaktadır. Cam malzeme ısıyı uzun dalga boyu uzak kızılötesi enerji formunda yaymaktadır. Bu enerji yüzey sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir. Radyant ısının yayılması, cam için önemli iletim yollarından biridir. Böylece pencerenin ısı yayma özelliği azaltıldığında ısı yalıtım özelliği artırılabilir.

Standart düz camlar kızılötesi enerjisini 0,84 oranında yaymaktadır. Yani cama çarpan kızılötesi ışımının %84 ü yutulur, %16'sı yansıtılmaktadır. Low-e cam kaplamalar ise 0,04 oranında yaymaktadır. Yani gelen kızılötesi ışımının % 96'sını yansıtmakta, % 4'ünü yaymaktadır (Haglund, b.t.).

2.1.4.2 Camın Enerji Performansının Ölçülmesi İçin Önemli Katsayılar

Yapı kabuğunda yer alan cam yüzeyden güneş ışınımı etkileriyle kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarının belirleyici olan termofiziksel özellikler ile camın kırılma indisine bağlı ışığı yansıtma ve geçirme yeteneğini ifade eden optik özelliğidir. Bu parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır:

1. Görünür Işık Geçirgenliği (Visible Transmittance) (T-değeri): Görünür ışık geçirgenliği, spektrumun görünür bölgedeki ışık miktarının cam malzemenin geçebilme oranı olarak ifade edilmektedir. Yüksek T-değeri camdan geçen yüksek oranda günışığını ifade eder ve iç mekândaki görsel performans açısından yapay aydınlatma yükünü azaltmaktadır (Ayçam ve Utkutuğ, 1999).

Camın ışık geçirgenliği %10-90 arasında değer almaktadır. Camlara göre bu değerlere bakıldığında; Kaplamasız düz cam %90, Çift tabakalı cam %7,8 Renkli

cam-yansıtıcı kaplama %10, Low-e kaplama ile bu oranlar daha da aşağıya çekilebilmektedir (Zorer, 1992).

2. Toplam Güneş Enerjisi Geçirgenlik Değeri (Solar Heat Gain Coefficient) (SHGC / g-değeri): Camın gelen güneş ışınımı karşısında güneş kontrolü veya ısı kazancı açısından performansını belirleyen katsayıdır (Ayçam ve Utkutuğ, 1999).

Camın güneş enerjisi geçirgenlik değeri %20-80 arasındadır. Camlara göre bu değerlere bakıldığında; Kaplamasız düz cam %80, Çift tabakalı %70, Renkli cam-reflektif kaplama %20 Low-e kaplama ile bu oranlar daha da aşağıya çekilebilmektedir (Zorer, 1992).

3. Isı Geçirgenlik Katsayısı (Heat Transfer Coefficients) (U-değeri): Cam alanına bağlı olarak hesaplanan, birim alan için kondüksiyon, konveksiyon ve ışıma yolları ile ısı transferi miktarını belirtir. Isı geçirme katsayısının düşmesi şeffaf yüzeyden ısı akışını azaltır (Ayçam ve Utkutuğ, 1999) .

Camlara göre bu değerlere bakıldığında; tek camın U değeri 4,8 -5,8 W/m²K, çift camın u değeri 1,2 -3,7 W/m²K, Low-e kaplamalı çift camın U değeri 1,6 W/m²K'dir (Zorer, 1992).

4. Serinlik İndeksi (Coolness Index-Dx): Güneş kontrolü gerektiren cam türlerinde, doğal aydınlatma düzeyinin yeterliliğini belirlemede kullanılır. Görünür ışık geçirgenliği yani T-değerinin, gölgeleme katsayısına oranını ifade eder. Düz camın serinlik index (Dx) değeri 1,0 iken yüksek performanslı camlarda Dx 1,25-2,0 değer aralığındadır. Renkli camlarda ise 1,0'in altındadır. Güneş kontrol camlarının kullanıldığı durumlarda günışığı performansı açısından Dx değerinin 1,0 ve üzeri olması gerekmektedir (Ayçam ve Utkutuğ, 1999) .

Cam seçiminde; yeterli aydınlık düzeyin sağlanması, kamaşmanın engellenmesi ve dış mekânla yeteri düzeyde görsel ilişkinin kurulması önemli performans kriterleridir. Türkiye, hem yaz hem de kış koşullarını yaşayan bir iklim kuşağında

olduğu için, aynı zamanda ısıtma ve soğutma giderlerini azaltan cam çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Sezer, 2005). Enerji etkin tasarımda iklimsel koşullara yönelik cam seçimleri şu şekilde sıralanabilmektedir:

Yıl boyu ısıtma enerjisi yüksek bölge için:

- Isı korunumu, güneşten ısı ve ışık sağlamak temel amaçtır.
- U- değeri düşük, g-değeri ve T-değeri yüksek cam seçilmelidir.
- Low-e cam, çok tabakalı camlar, kripton-argon gazı içeren çok katmanlı camlar, seçici geçirgen camlar kullanılabilir (Ayçam ve Utkutuğ, 1999) .

Yıl boyu soğutma enerjisi yüksek bölge için:

- Güneş kontrolü ve ışık sağlamak temel amaçtır.
- g-değeri düşük, T-değeri yüksek cam seçilmelidir.
- Reflektif cam, renkli cam (yeşil-mavi renkli), seçici geçirgen camlar kullanılabilir (Ayçam ve Utkutuğ, 1999) .

Yıl boyu ısıtma ve soğutma enerjisi eşit ve yüksek olan bölge için:

- Isıl korunum, güneş kontrolü temel amaçtır.
- Kışın U-değeri düşük; g-değeri yüksek, yazın g-değeri düşük cam tercih edilmelidir.
- Akıllı camlar, yüksek g-değerine sahip cam + hareketli gölgeleme elemanı kullanılabilir (Ayçam ve Utkutuğ, 1999) .

2.1.4.3 Cam Türleri

Çalışmanın bu bölümünde ofis yapılarında en çok tercih edilen cam türleri olan; Çok katmanlı camlar, low-e kaplamalı camlar, reflektif camlar ve renkli camlar açıklanacaktır.

1. Çok Katmanlı Camlar: Hava tabakalı cam üniteleri; iki cam plakanın arasına havaya göre ısı iletkenlik değeri daha düşük olan asal gazların enjekte edilmesiyle oluşturulur. Bu tür camların ısıl özellikleri camlar arasındaki boşluğa ve çerçeve özelliklerine bağlı olmaktadır (Sezer, 2005).

En iyi ısı yalıtımı performansı için;

- Ara boşluk genişliğinin 16 mm olması
- Ara boşluğun hava yerine argon gazı ya da kripton gazı ile doldurulması gerekmektedir.

2. Low-e Kaplamalı Camlar: Camdan ışınım yoluyla ısı transferinin azaltılmasına yönelik geliştirilen cam türüdür. Bu tür camlar iklim kontrol camı olarak da adlandırılmakta; Low-e kaplama iç mekândaki cisimlerden ışınım yolu ile yayılan ısıyı tekrar içeriye yansıtıp bina içinden dışarıya ısı kaybını azaltmaktadır (Sezer, 2005) .

3. Reflektif Camlar: Güneş ışınlarının aşırı parlaklığını ve radyasyon ısısını denetleyen güneş kontrol camlarıdır. Gelen güneş ışınlarının azaltılmasının istendiği durumda cam üzerine yansıtıcı kaplamalar uygulanabilmektedir. Bu kaplamalar temel olarak metal ya da metal oksitten üretilmektedir (Ayçam ve Utkutuğ, 1999).

4. Renkli Camlar: Camın rengine ve kalınlığına bağlı olarak, güneş kontrolü amacıyla üzerine düşen ışınımı soğuran cam türüdür. Parlamayı önlemek ve camdan geçen ısı miktarını azaltmaya yönelik kullanılmaktadır.

BÖLÜM ÜÇ
YAPI KABUĞU TASARIM PARAMETRELERİNİN ENERJİ TÜKETİMİNE
ETKİSİNİ BELİRLEMEDE KULLANILABİLECEK YAKLAŞIMIN
TANITILMASI

Tez çalışmasında, ofis yapılarında kullanılabilir gölgeleme elemanı, yönlenme, cam türü, cam - duvar oranı seçeneklerine bağlı olarak; yapının toplam enerji tüketimi değerlerini tahmin etmek ve bu parametrelerin enerji tüketimine etkisini belirlemek için; formül geliştirmek amacıyla izlenebilecek model önerisi dört ana aşamadan oluşmaktadır: 1) Bina Enerji Modeli, 2) Bina Modelinin Enerji Analizi, 3) Değişkenlerin birleştirilmesi, 4) Formül Çıkarılması (Şekil 3.1)

1. AŞAMA :
BİNA ENERJİ MODELİ OLUŞTURMA

Bina Modeline Ait Geometri ve Parametrelerin Belirlenmesi

- **Girdiler:**
 - Geometri
 - Yönlenme
 - Duvar Konstrüksiyonu
 - Cam-Duvar Oranı
 - Cam Türü
 - Gölgeleme Elemanı Geometrisi
 - Ofis Kullanımı ve Isıtma, Soğutma, Aydınlatma Sistem Özellikleri

2. AŞAMA :
BİNA MODELİNİN ENERJİ ANALİZİ

Belirlenen Bina Modeline Ait Parametrelere(Girdiler) Göre Designbuilder simülasyon Programı ile Enerji Analizi

- **Çıktılar:**
 - ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüküne bağlı toplam enerji tüketimi değerleri

3. AŞAMA :
DEĞİŞKENLERİN BİRLEŞTİRİLMESİ
Gölgeleme Elemanına Ait Boyutsal Parametrelerinin Tek Bir Değişken Haline Getirilerek Görsel Etkinlik Yüzdesi Olarak İfade Edilmesi

- **SPSS programına girilen değişkenler:**
 - cam türü
 - cam duvar oranı
 - yönler
 - görsel etkinlik yüzdesi
 - toplam enerji tüketim değerleri

4. AŞAMA :
FORMÜL ÇIKARILMASI

SPSS Programına Simülasyon Sonuçları ve Bina Modeline Ait Tasarımsal Değişkenlerin Girilmesi ve Regresyon Analizi İle Formül Çıkarılması

- Elde edilen formülün Visual Basic program dili ile yazılarak enerji tahmin aracı için görsel arayüz tasarımı

Şekil 3.1 Önerilen modelin akış şeması

3.1 Bina Modeline Ait Geometri ve Parametrelerin Belirlenmesi

Bu bölümde, çalışmada kullanılan ofis modellerine ait tasarım parametreleri detaylı şekilde ele alınmıştır.

3.1.1 Geometri

Çalışma kapsamında model geometrisi için kare form seçilmiştir. Ofis boyutları literatürde belirtilen standart ofis m² değerleri baz alınarak belirlenmiştir. Avrupa standartlarında olması gereken kişi başı minimum ofis alanı 16,0 m² olarak ifade edilmiştir (Van Meel, 2000) (Tablo 3.1).

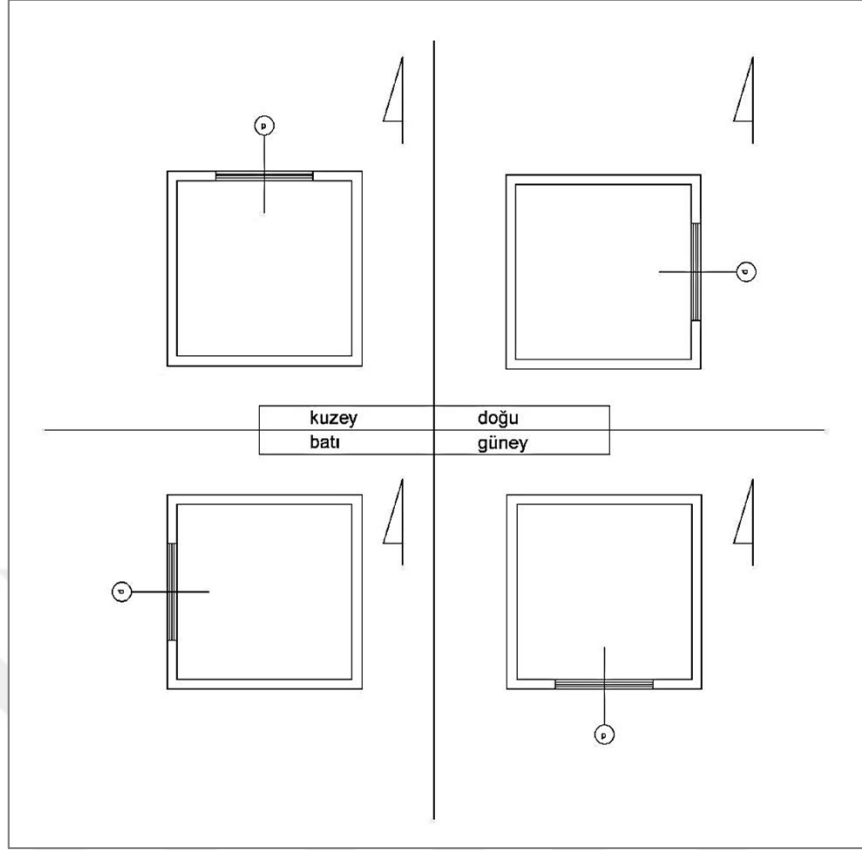
Tablo 3.1 Avrupa standartlarında belirlenen Ofis mekân boyutları

Şehir	Ortalama ofis alanı
Londra	181 sq. ft. / 16,0 m ²
Frankfurt	274 sq. ft. / 25,5 m ²
Amsterdam	258 sq. ft. / 24,0 m ²
Brüksel	258 sq. ft. / 24,0 m ²

Tez için belirlenen prototip ofis modeli 1 kişi baz alınarak, minimum alan seçimi ile; 16 m² olacak şekilde, 4m x 4m boyutlarında tasarlanmıştır. Yükseklik ise 3,5 m'dir ve 56 m³ hacme sahiptir.

3.1.2 Yönlenme

Ofis modeli kuzey, güney, doğu ve batı olmak üzere dört ana yönlendirme durumuna göre incelenmiştir (Şekil 3.2).



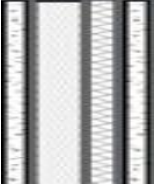
Şekil 3.2 Ofis modelinde pencerenin baktığı yön gösterimi

3.1.3 Duvar Konstrüksiyonu

Duvar konstrüksiyonu için Türkiye’de en yaygın kullanılan malzemeler seçilmiştir. Dıştan yalıtımlı tuğla duvar konstrüksiyonu için uygun kriterler TS 825 standartlarına göre belirlenmiştir.

TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği’nde İzmir ilinin bulunduğu 1. Derece-Gün Bölgesi için önerilen $U = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken bu çalışmada kullanılan duvar konstrüksiyonu U-değeri önerilen sınırın altındadır. Çalışmada incelenen duvar konstrüksiyonuna ait malzemelerin boyutsal ve termofiziksel özellikleri Tablo 3.2’de belirtilmiştir.

Tablo 3.2 Modelde kullanılan duvar konstrüksiyon detayı


Duvar konstrüksiyonu	Malzeme türü	Kalınlık (m)	Isı iletkenlik değeri(W/m ² K)	Isı geçirgenlik katsayısı(W/m ² K)
	Kireç harcı	0,02	0,25	0,63
	Yatay delikli tuğla	0,19	0,7	
	Cam yünü	0,05	0,04	
	Çimento harcı	0,005	0,5	

3.1.4 Cam-Duvar Oranı

Modelde kullanılacak cam-duvar oranı seçimi, literatürde yer alan bazı kriterlere göre belirlenmiştir. Bunlar; görsel hoşnutluk, doğal aydınlatma ve güneş korunumu açısından önemli olan değerler; %20, %30 ve %40 olarak seçilmiştir. Modelde tek bir pencere açıklığı kullanılmıştır. Cam-duvar oranı bilgileri Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5’de gösterilmiştir.

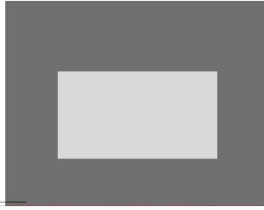
Tablo 3.3 %20 cam-duvar oranı cephe detayı

Model ölçüleri (m)	4 x 4 x 3,5
Cam duvar oranı	%20
İç yüzey duvar alanı (m ²)	12,14
Pencere boyutu (m)	1,6 x 1,5
Pencere alanı (m ²)	2,42




Tablo 3.4 %30 cam-duvar oranı cephe detayı

Model ölçüleri (m)	4 x 4 x 3,5
Cam duvar oranı	%30
İç yüzey duvar alanı (m ²)	12,14
Pencere boyutu (m)	2,4 x 1,5
Pencere alanı (m ²)	3,64



Tablo 3.5 %40 cam duvar oranı cephe detayı

Model ölçüleri (m)	4 x 4 x 3,5	
Cam duvar oranı	%40	
İç yüzey duvar alanı (m ²)	12,14	
Pencere boyutu (m)	3,2 x 1,5	
Pencere alanı (m²)	4,8	

3.1.5 Cam Türü

Ofis modelinde cam türü olarak en yaygın kullanılan cam türlerinden olan; PVC doğramalı, çift tabakalı cam tercih edilmiştir. Malzeme seçiminde TS 825 yönetmeliği baz alınmıştır. TS 825 standartlarında İzmir ili için tavsiye edilen camın U-değeri 1,1 - 5,0 aralığında yer almaktadır.

Önerilen model için bu değer aralıklarında kalınmış ve Ofis yapılarında en çok tercih edilen cam türü olan; çift tabakalı cam, low-e kaplamalı cam ve renkli cam türleri seçilmiştir. Saydam yüzey için malzemenin fiziksel, optik ve termofiziksel özellikler Tablo 3.6’da detaylı açıklanmıştır.

Tablo 3.6 Modelde kullanılan camın özellikleri

Cam türü	Malzeme kalınlığı	Isı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)	SHGC (g)değeri	T-değeri
Çift tabakalı cam	4mm<16mm hava boşluğu<4mm	2,7	0,74	0,80
Low- e kaplı cam	4mm<16mm hava boşluğu<4mm	1,7	0,39	0,60
Renkli cam	4mm<16mm hava boşluğu<4mm	2,6	0,34	0,23

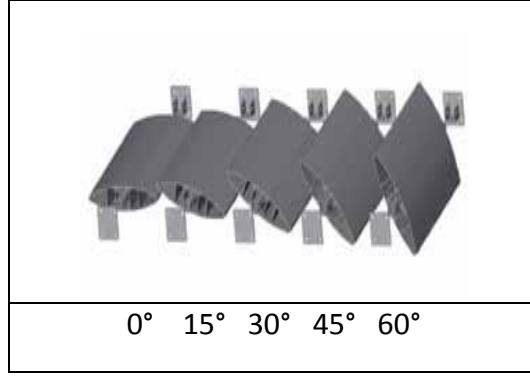
3.1.6 Gölgeleme Elemanı Geometrisi

Çalışma kapsamında, gölgeleme elemanı geometrisini belirlemek için literatür çalışması yapılmıştır. İncelenen çalışmalarda elde edilen verilere göre; dış gölgeleme elemanının iç gölgeleme elemanına kıyasla daha etkin olduğu, gölgeleme elemanları soğutma yükü açısından karşılaştırıldığında, dış gölgeleme elemanı %48, iç gölgeleme elemanı %40 oranında tasarruf sağladığı ortaya konmuştur. Tüm bu verilerin ışığında ofis yapısı için gölgeleme elemanı olarak, dışa entegre alüminyum gölgeleme elemanı tercih edilmiştir.

Gölgeleme elemanının geometrisini belirlemek için firma katalogları incelenerek en yaygın kullanılan ölçüler saptanmıştır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7 Gölgeleme elemanı üreticisi firmalarda kullanılan tasarım boyutları

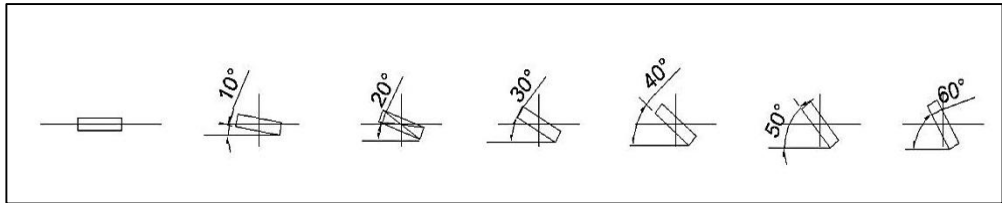
Firmalar	Tip	Genişlik(kd) mm	Kalınlık mm	Açı	Kanatlar arası mesafe (kam)mm
Suneal	Geode	100 150	-	15°, 30°, 45°, 60°	-
	Single-piece	100 120 180	25 23 30	0°, 15°, 30°, 45°	-
		207 240 270	30 40 50		
		300	50		
	Multi-part	350 400 450	75 75 75	0°, 15°, 30°, 45°, 60°	-
	500 600	75 75			
	Rectangular	300	40	0°	-
Sapa	Lam nehom	145 120 60	24 24 15	-	-
Tamiluz	Tamilip	150 200 250	-	-	140 190 240
		300 350 400			290 340 390
	Alba disseny	36 37 60 80	12 20 20	-	15 20 25 25 32
		35	20 8		
Schueco	End cap	155 205 255	30 38 45	0°, 15°, 30°, 45°	-
	bracket	305 360 415	51 60 69		
		470	78		



Şekil 3.3 Firmalar tarafından gölgeleme elemanı tasarımında kullanılan açılar

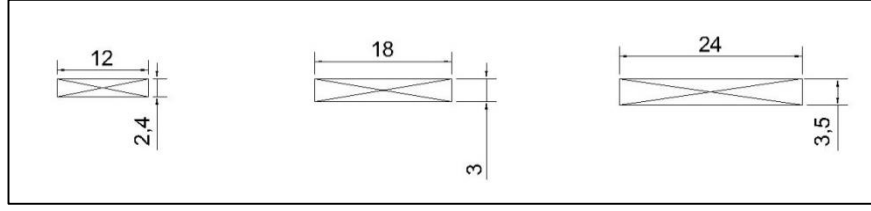
Tablo 3.7 İncelendiğinde kanat genişliği olarak 60,100,120,180,200,300 mm ölçülerinin tercih edildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda 150, 225, 300, 360, 415, 470 mm ölçülerinde kanat derinliğine sahip gölgeleme elemanlarının kullanımı mevcuttur (Zorer, 1992). Yine aynı tabloda gölgeleme açısı olarak 0, 15, 30, 45, 60 derecenin tercih edildiği görülmektedir.

Tez kapsamında en uygun gölgeleme geometrisinin belirlenebilmesi açısından açı olarak 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 derece baz alınarak 7 alternatif belirlenmiştir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Modelde kullanılan gölgeleme açıları

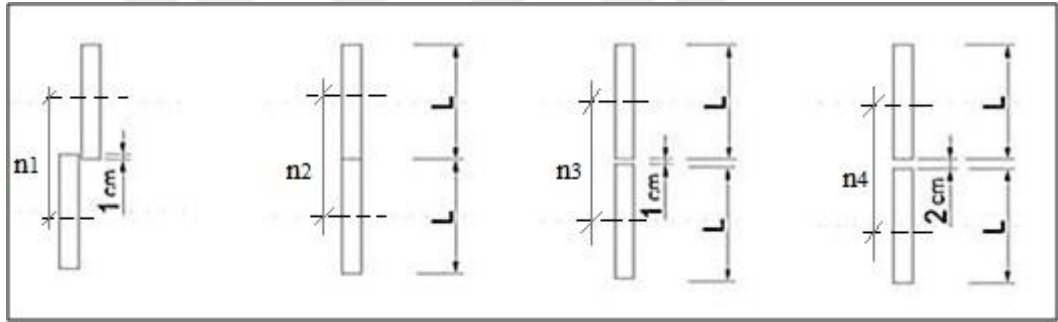
Kanat derinliği (L) ise; 12 – 18 – 24 cm boyutlarında üç alternatif olarak tercih edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Modelde kullanılan Kanat derinliğinin kalınlıkları (kd) (cm)

Kanatlar arası mesafe (n) ölçüleri, kanat açısının 90 derece olduğu durum için; kanatların üst üste 1cm bindiği, uç uca eklendiği, arasında 1cm boşluk ve 2cm boşluk olduğu seçenekler için dört alternatif olarak belirlenmiştir.

Üç tip kanat derinliği (12 – 18 – 24 cm), farklı ölçülerde kanatlar arası mesafeye sahip olacağı için, kanatlar arası mesafe boyutları ($n1 = L-1$ cm, $n2 = L$, $n3 = L+1$ cm, $n4 = L+2$ cm) formülüne göre hesaplanmıştır (Şekil 3.6).

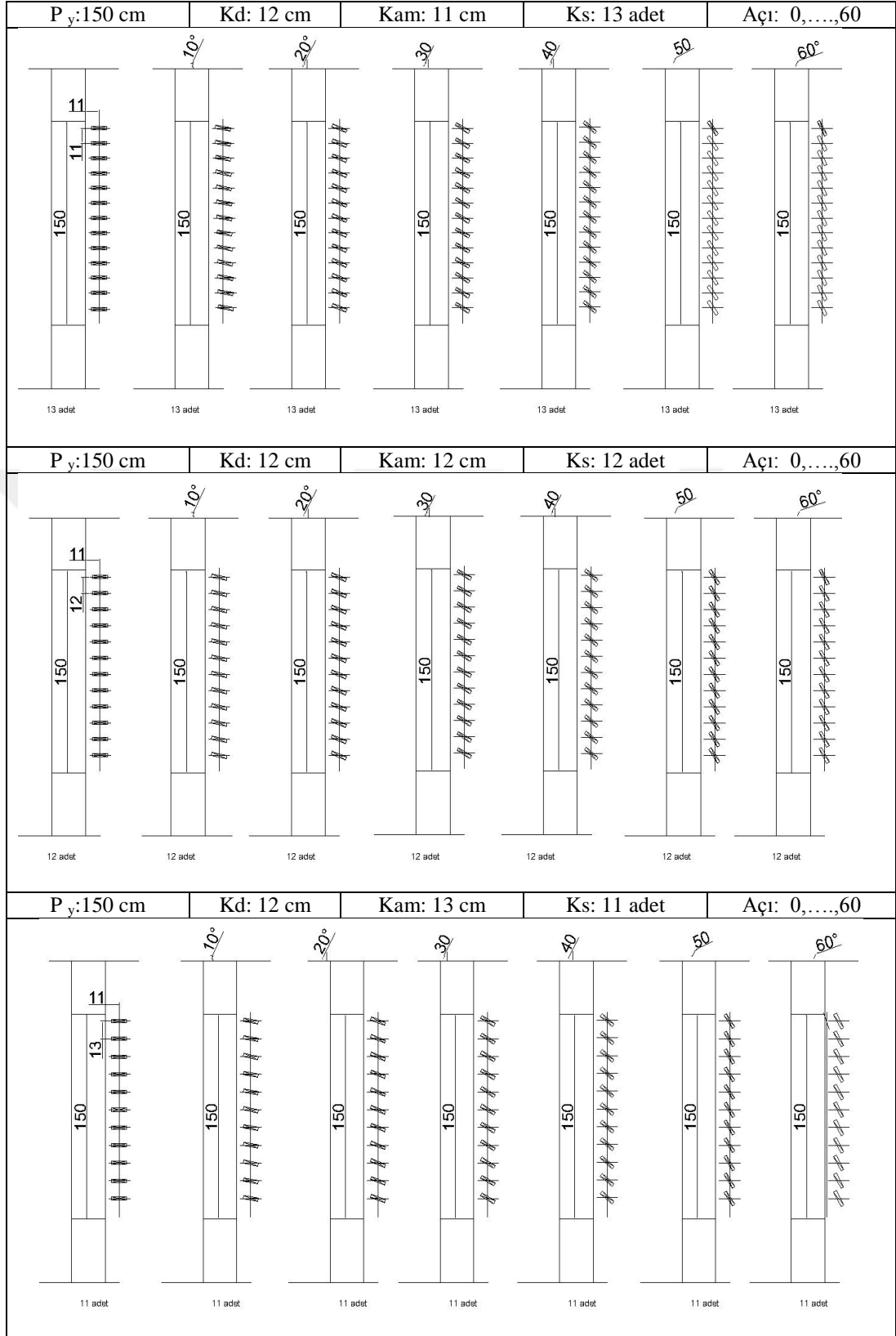


Şekil 3.6 Modelde kullanılan kanatlar arası mesafe ölçülerinin belirlenme şeması

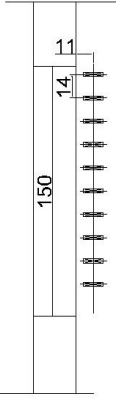
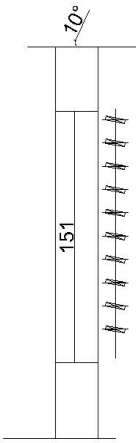
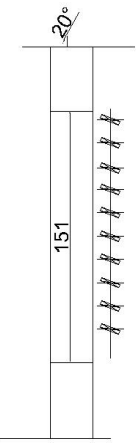
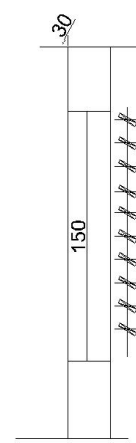
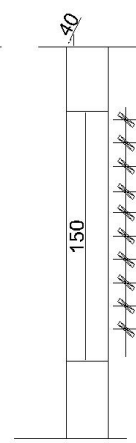
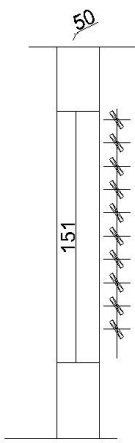
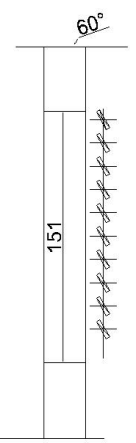
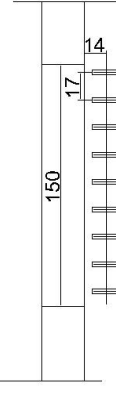
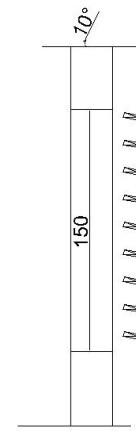
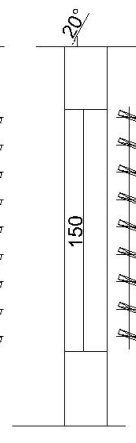
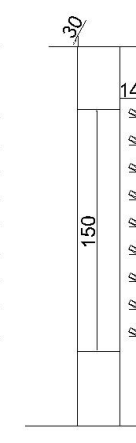
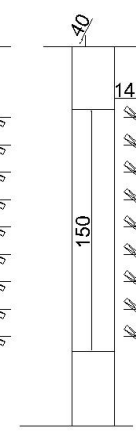
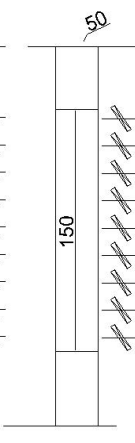
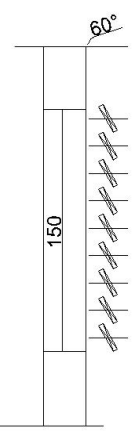
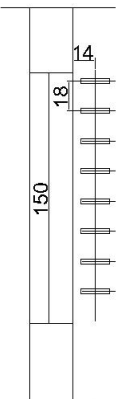
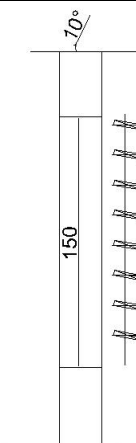
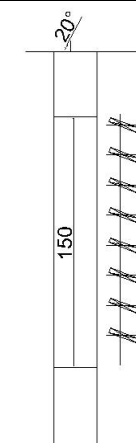
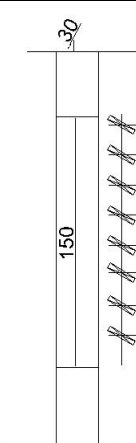
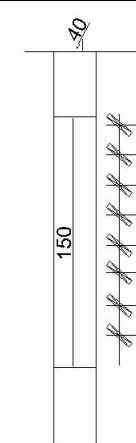
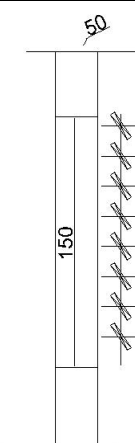
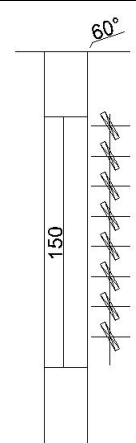
Buna bağlı olarak her kanat derinliği için kanatlar arası mesafe ($n1$, $n2$, $n3$, $n4$) ;

- 12 cm kanat derinliği için ($n1$, $n2$, $n3$, $n4$); 11- 12- 13- 14 cm,
- 18 cm kanat derinliği için ($n1$, $n2$, $n3$, $n4$); 17- 18- 19- 20 cm,
- 24 cm kanat derinliği için ($n1$, $n2$, $n3$, $n4$); 23- 24- 25- 26 cm kanatlar arası mesafe ölçüleri ortaya çıkmıştır.

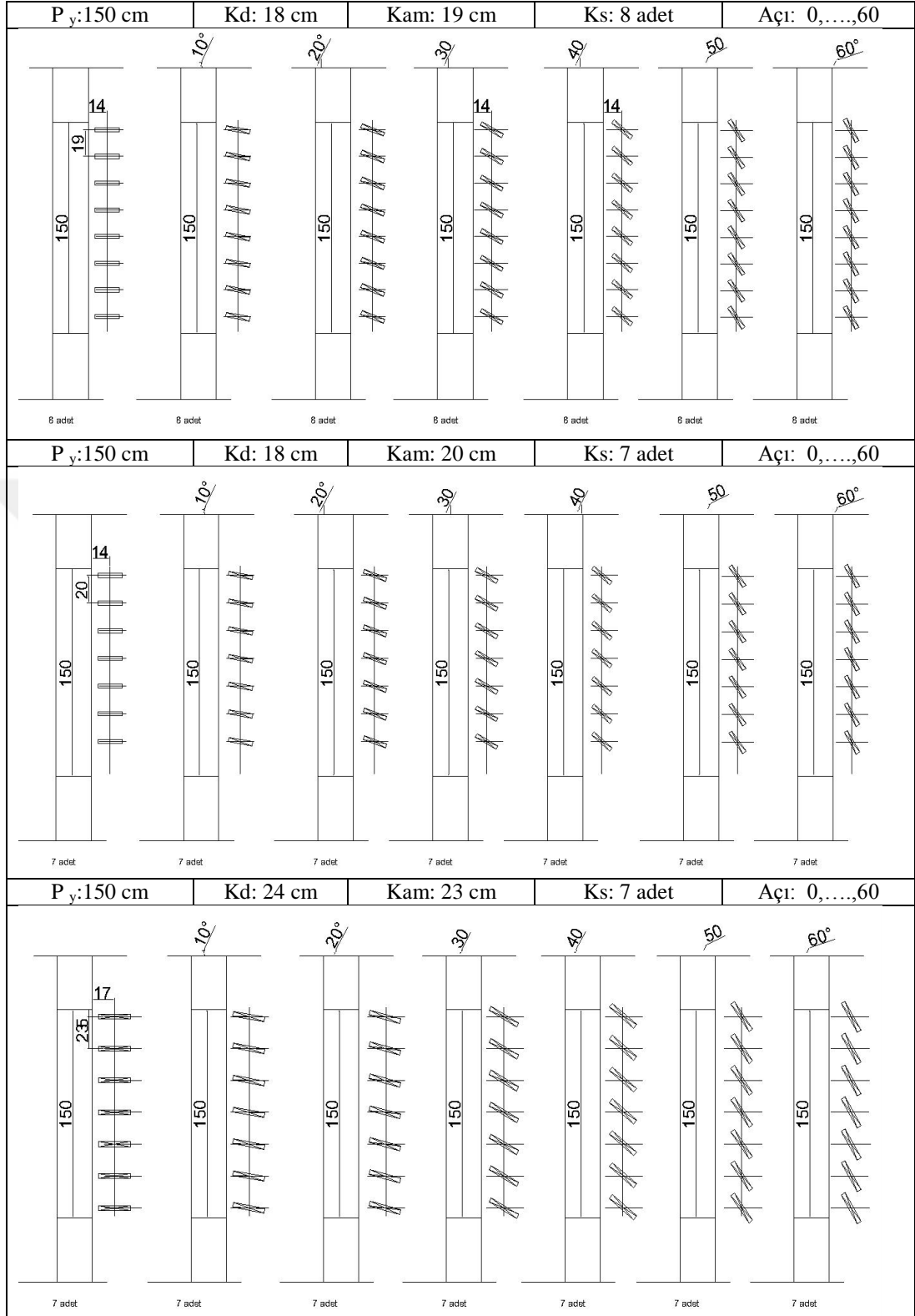
Kanat sayısı Autocad programında her kanat derinliği ve kanatlar arası mesafeye bağlı olarak çizilerek ayrı ayrı bulunmuştur (Şekil 3.7) .



Şekil 3.7 Autocad programında Py (pencere yüksekliği), Kd (kanat derinliği), Kam (kanatlar arası mesafeye) ve açıya bağlı kanat sayısının (Ks) çizimi

P y:150 cm	Kd: 12 cm	Kam: 14 cm	Ks: 10 adet	Açı: 0,....,60		
						
10 adet	10 adet	10 adet	10 adet	10 adet	10 adet	10 adet
P y:150 cm	Kd: 18 cm	Kam: 17 cm	Ks: 9 adet	Açı: 0,....,60		
						
9 adet	9 adet	9 adet	9 adet	9 adet	9 adet	9 adet
P y:150 cm	Kd: 18 cm	Kam: 18 cm	Ks: 8 adet	Açı: 0,....,60		
						
8 adet	8 adet	8 adet	8 adet	8 adet	8 adet	8 adet

Şekil 3.7 devamı



Şekil 3.7 devamı

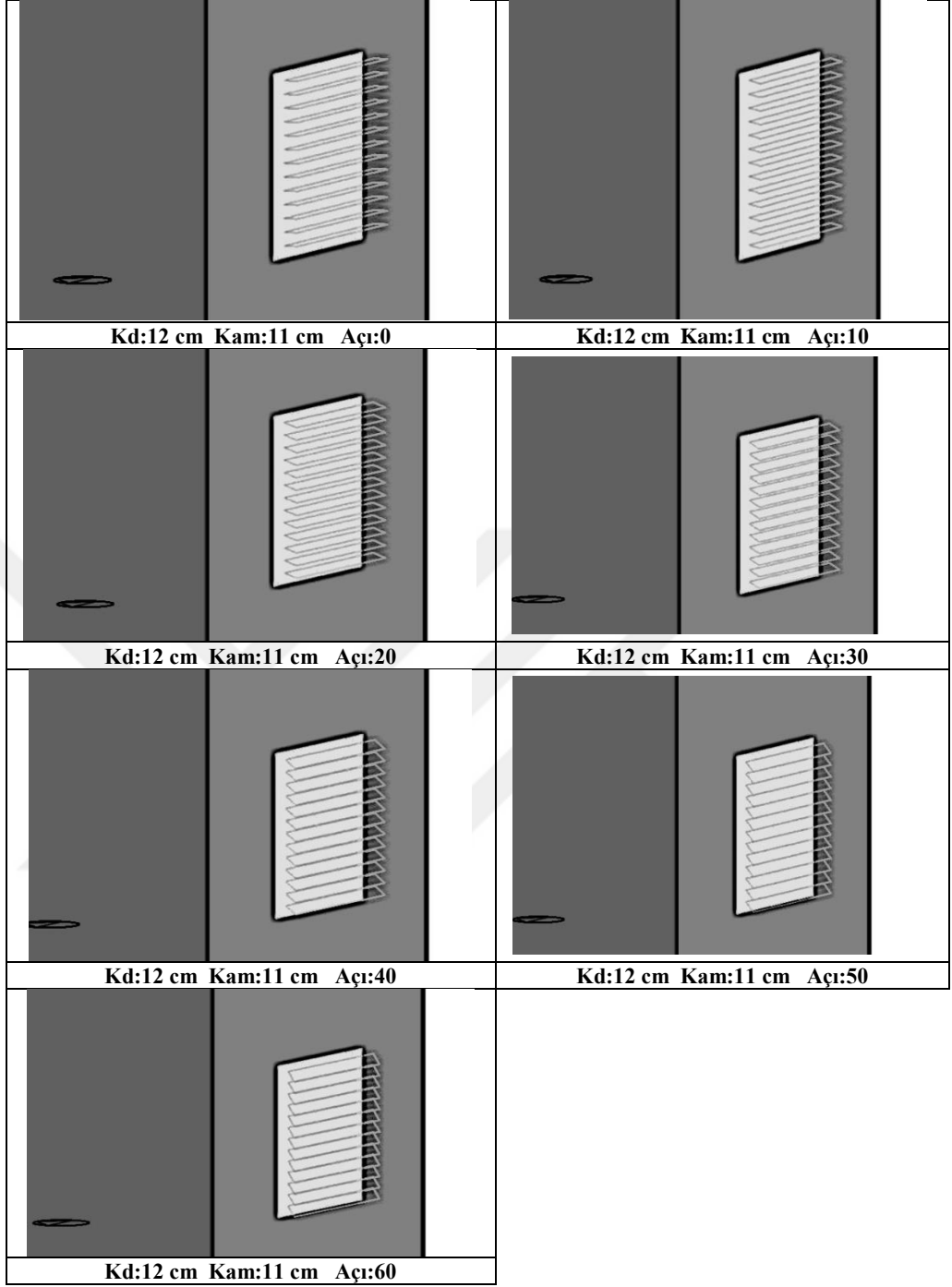
P _y :150 cm	Kd: 24 cm	Kam: 24 cm	Ks: 6 adet	Açı: 0,....,60		
P _y :150 cm	Kd: 24 cm	Kam: 25 cm	Ks: 6 adet	Açı: 0,....,60		
P _y :150 cm	Kd: 24 cm	Kam: 26 cm	Ks: 6 adet	Açı: 0,....,60		

Şekil 3.7 devamı

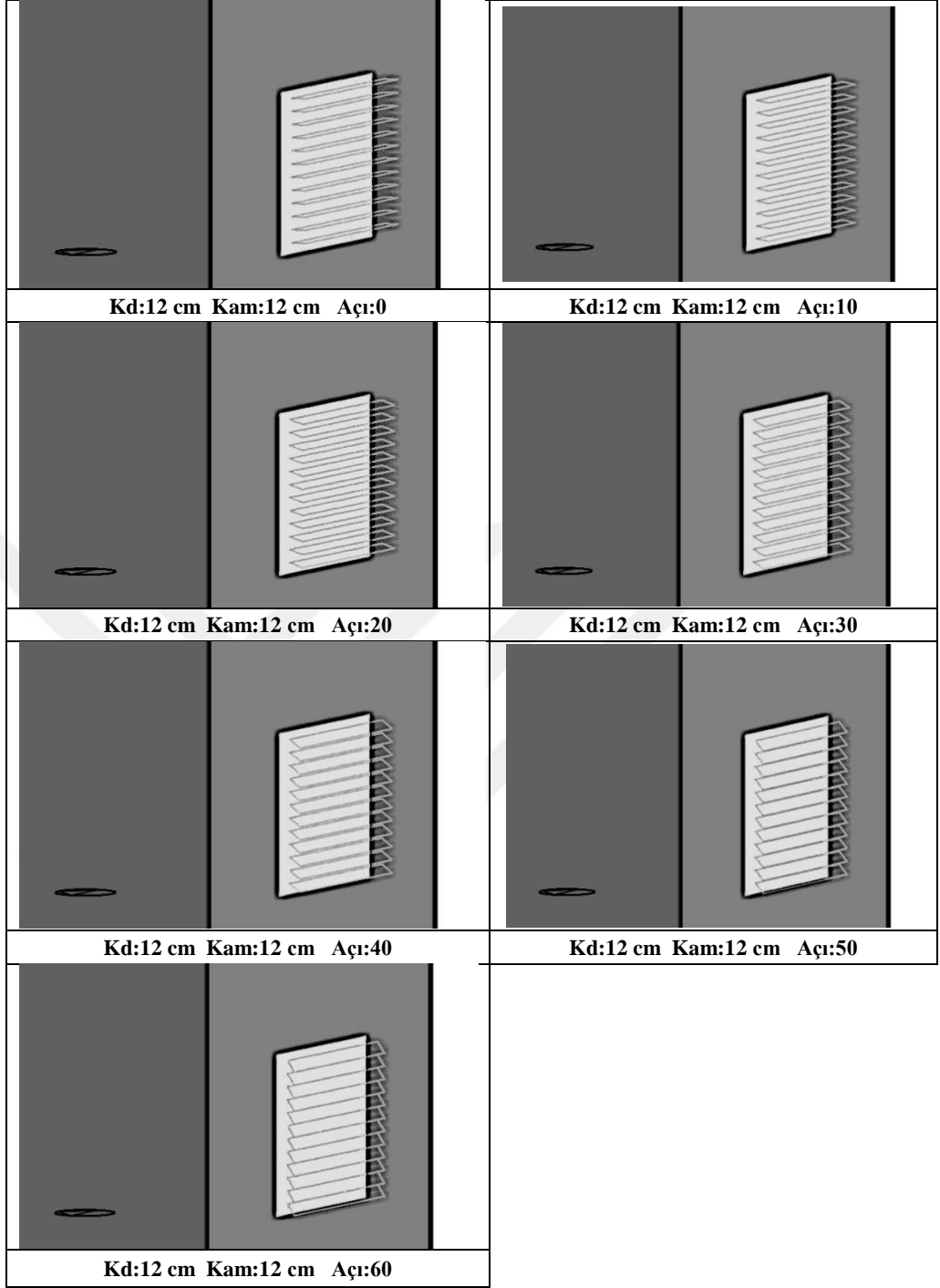
Simülasyon programında, ofis modeli için gölgeleme elemanı tasarımında kullanılacak güneş kırıcı parametre ve boyutları Tablo 3.8’de özetlenmiş ve güneş kırıcıların dıştan perspektif görünüşü Şekil 3.8-3.19 arasında gösterilmiştir.

Tablo 3.8 Gölgeleme elemanı tasarım parametreleri ve boyutları

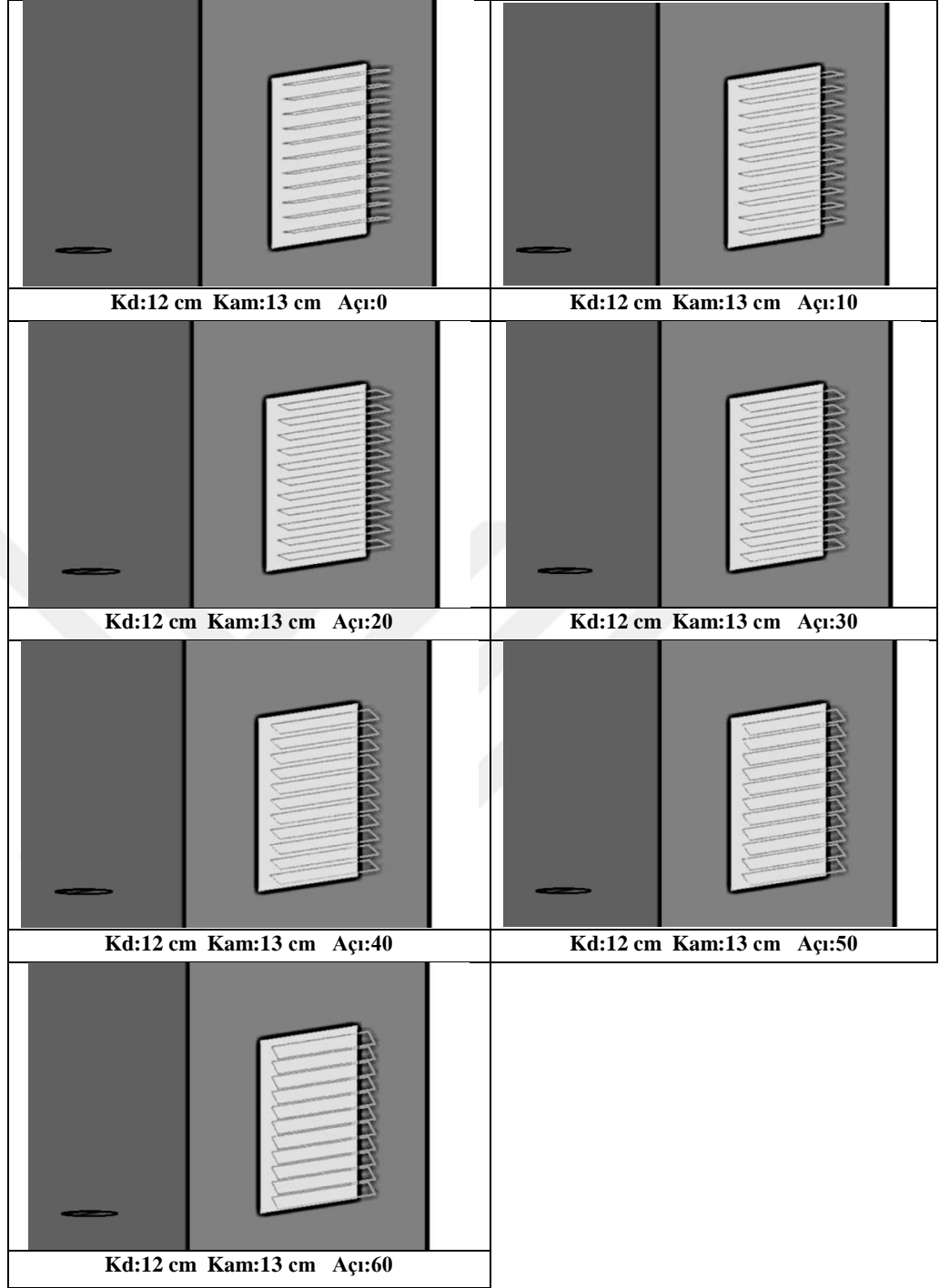
Kanat derinliği (cm)(L)	Kanatlar arası mesafe (cm)(n)	Kanat sayısı	Kanat Kalınlığı (mm)	Açı (Derece)
12	11	13	24	0-10-20-30-40-50-60
12	12	12	24	0-10-20-30-40-50-60
12	13	11	24	0-10-20-30-40-50-60
12	14	10	24	0-10-20-30-40-50-60
18	17	8	30	0-10-20-30-40-50-60
18	18	8	30	0-10-20-30-40-50-60
18	19	8	30	0-10-20-30-40-50-60
18	20	7	30	0-10-20-30-40-50-60
24	23	7	35	0-10-20-30-40-50-60
24	24	6	35	0-10-20-30-40-50-60
24	25	6	35	0-10-20-30-40-50-60
24	26	6	35	0-10-20-30-40-50-60



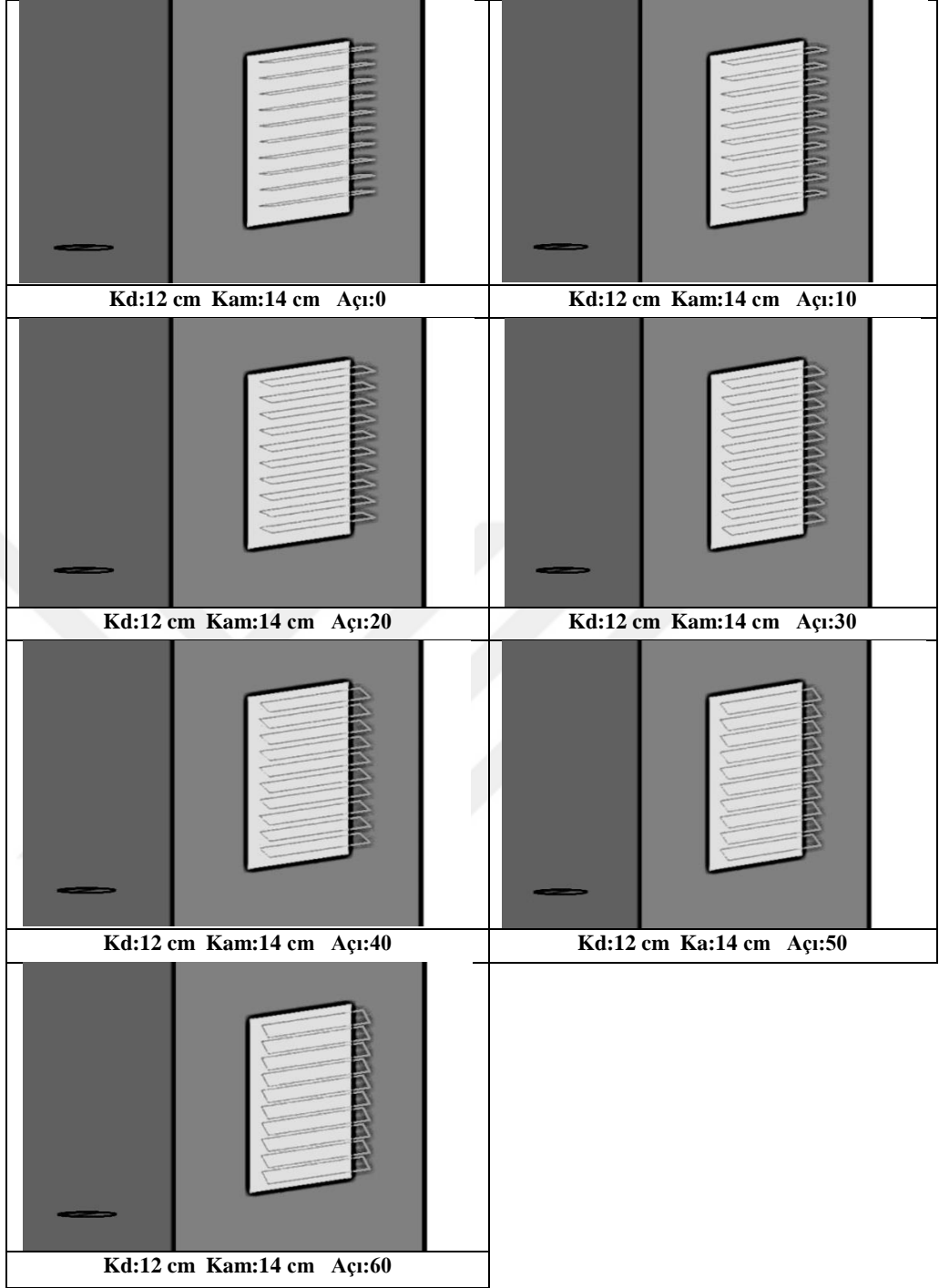
Şekil 3.8 12 cm (kd) / 11cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



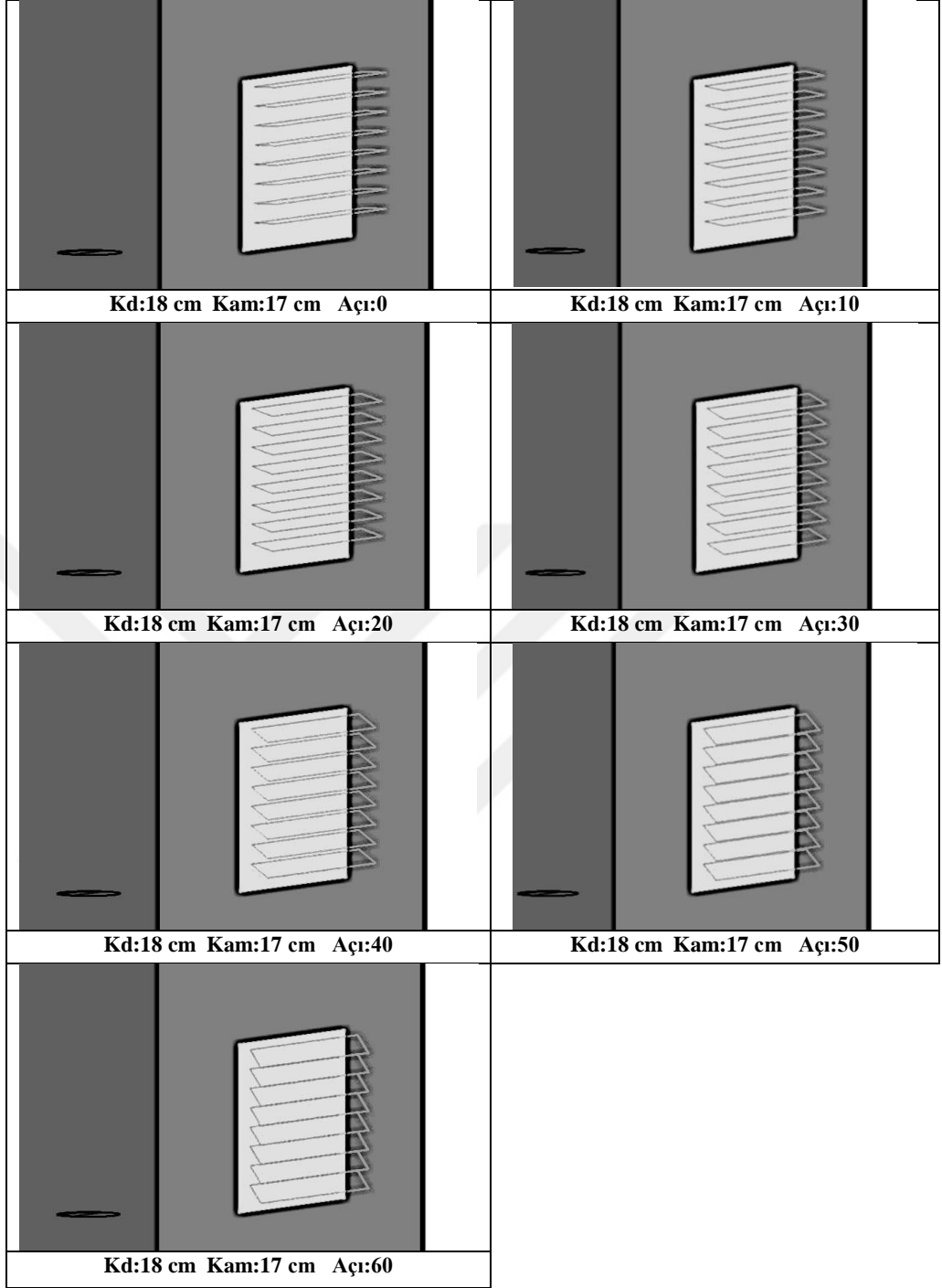
Şekil 3.9 12 cm (kd) / 12cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



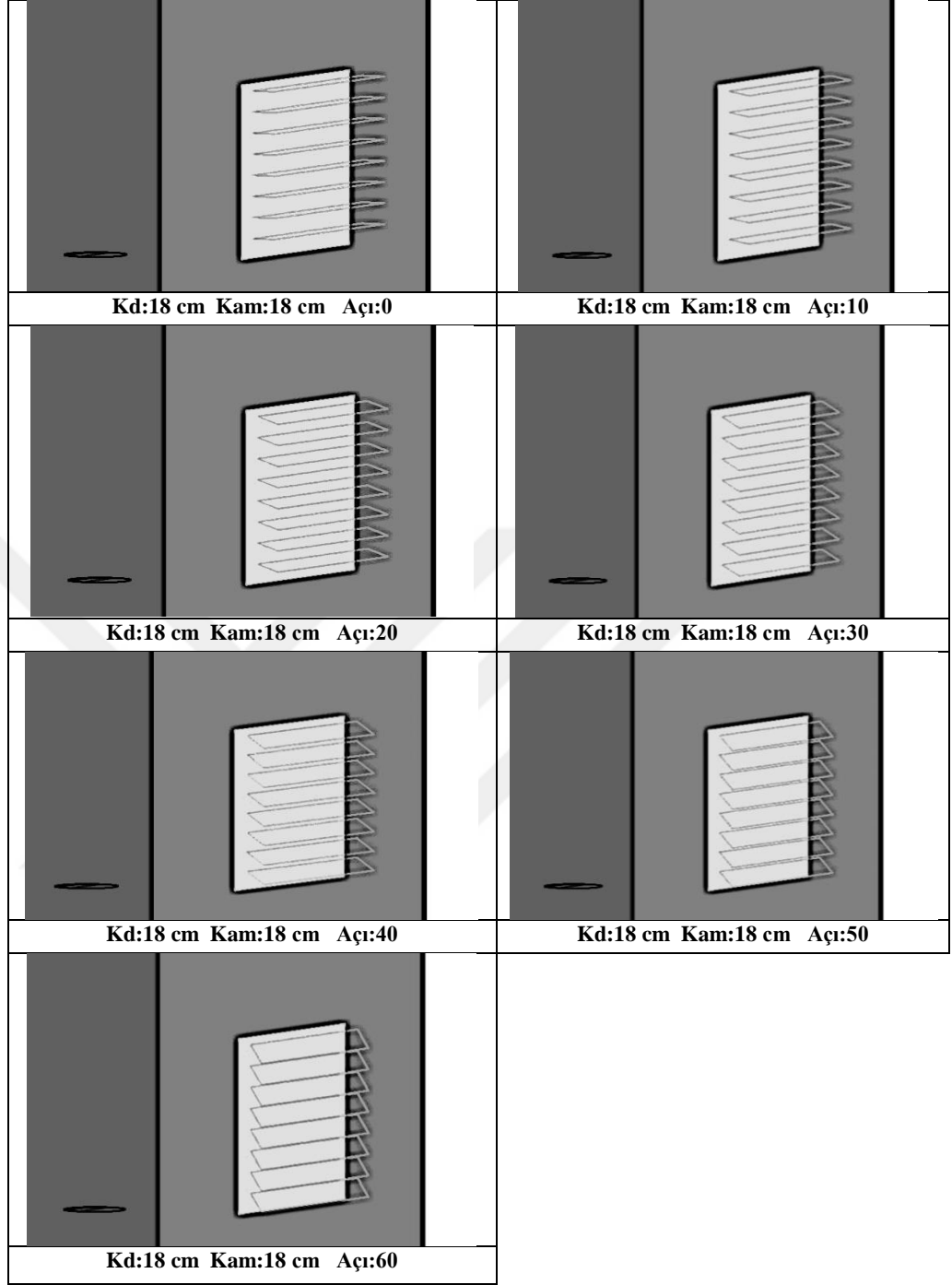
Şekil 3.10 12 cm (kd) / 13cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



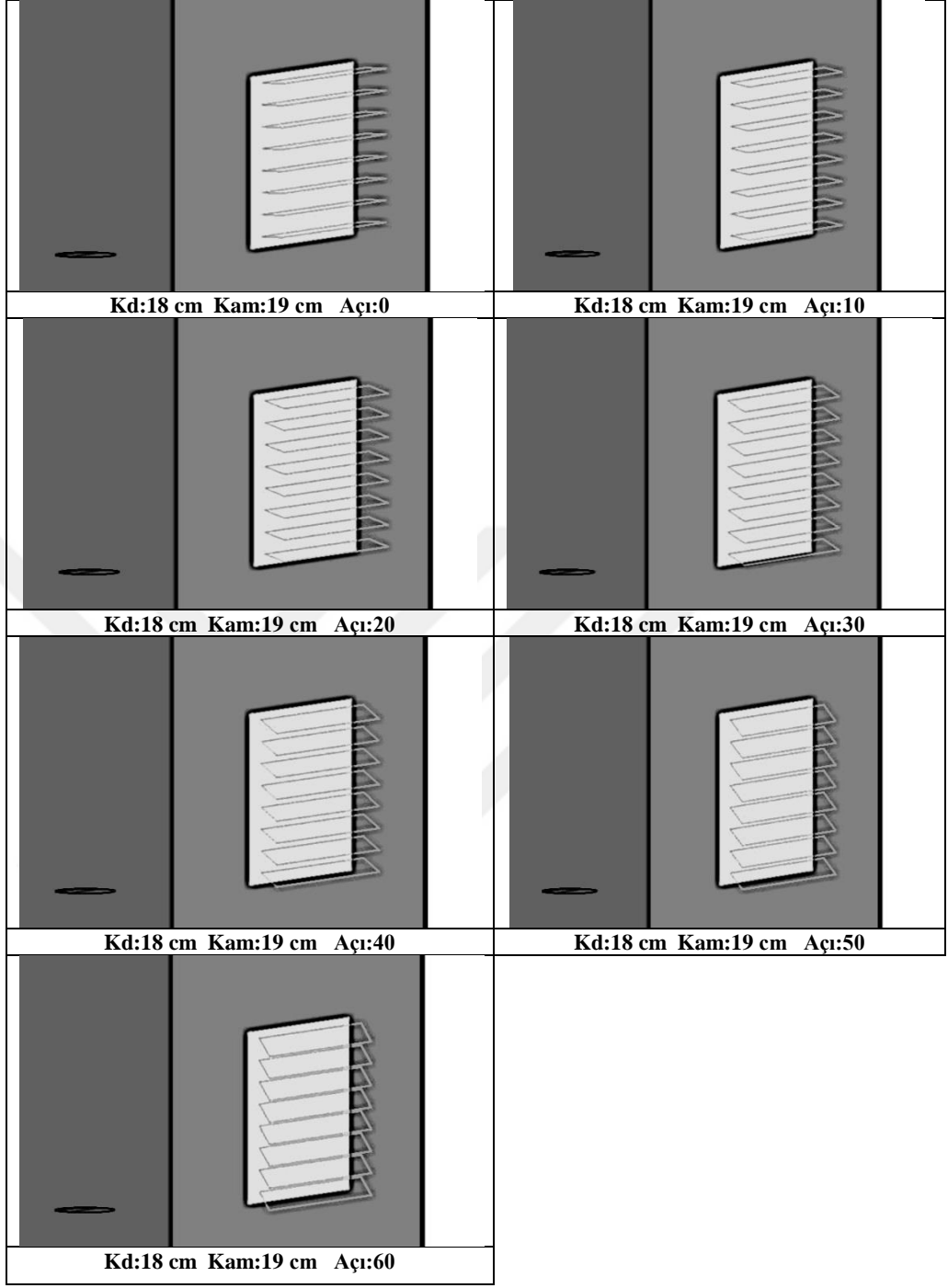
Şekil 3.11 12 cm (kd) / 14cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



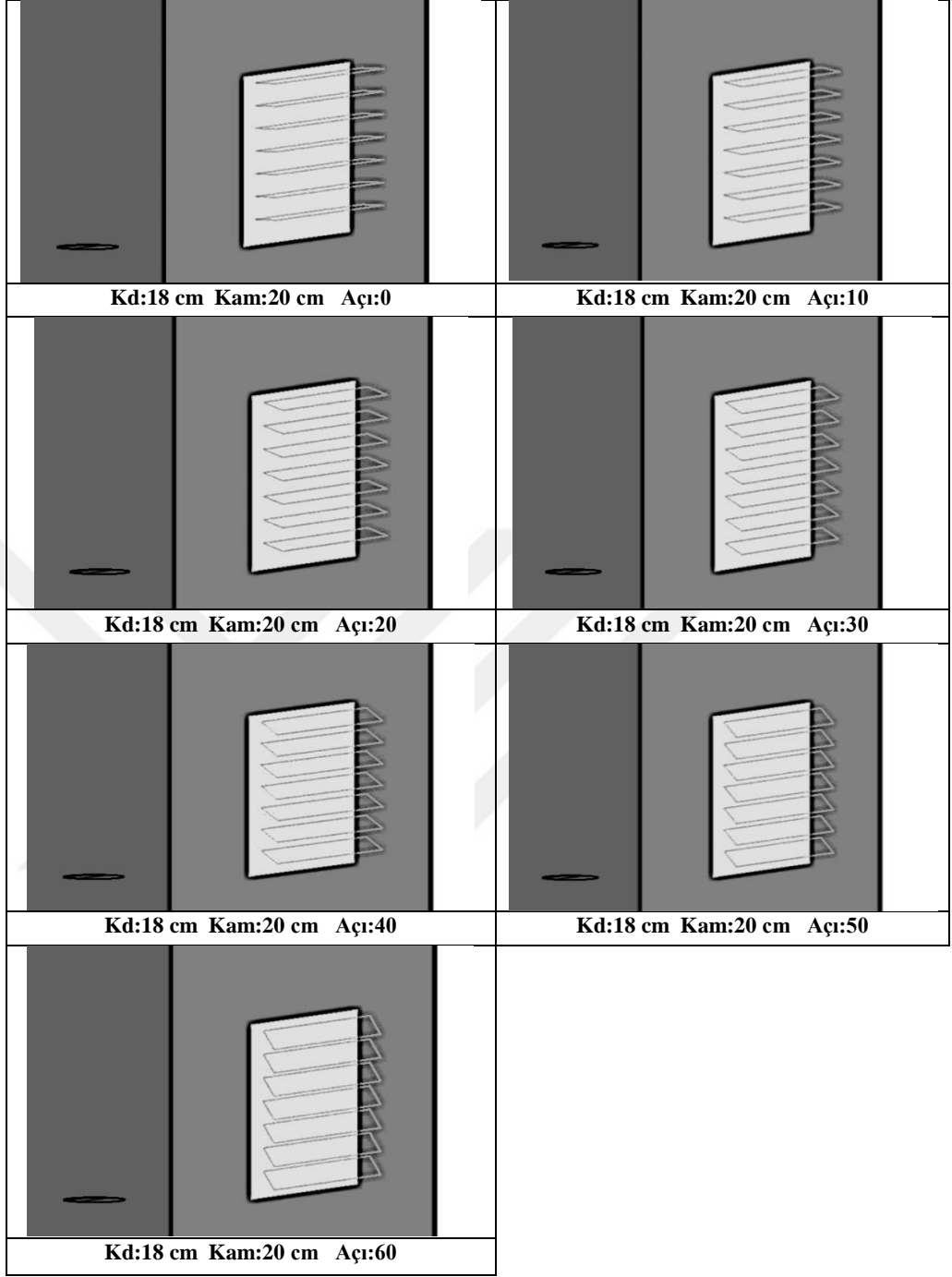
Şekil 3.12 18 cm (kd) / 17cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



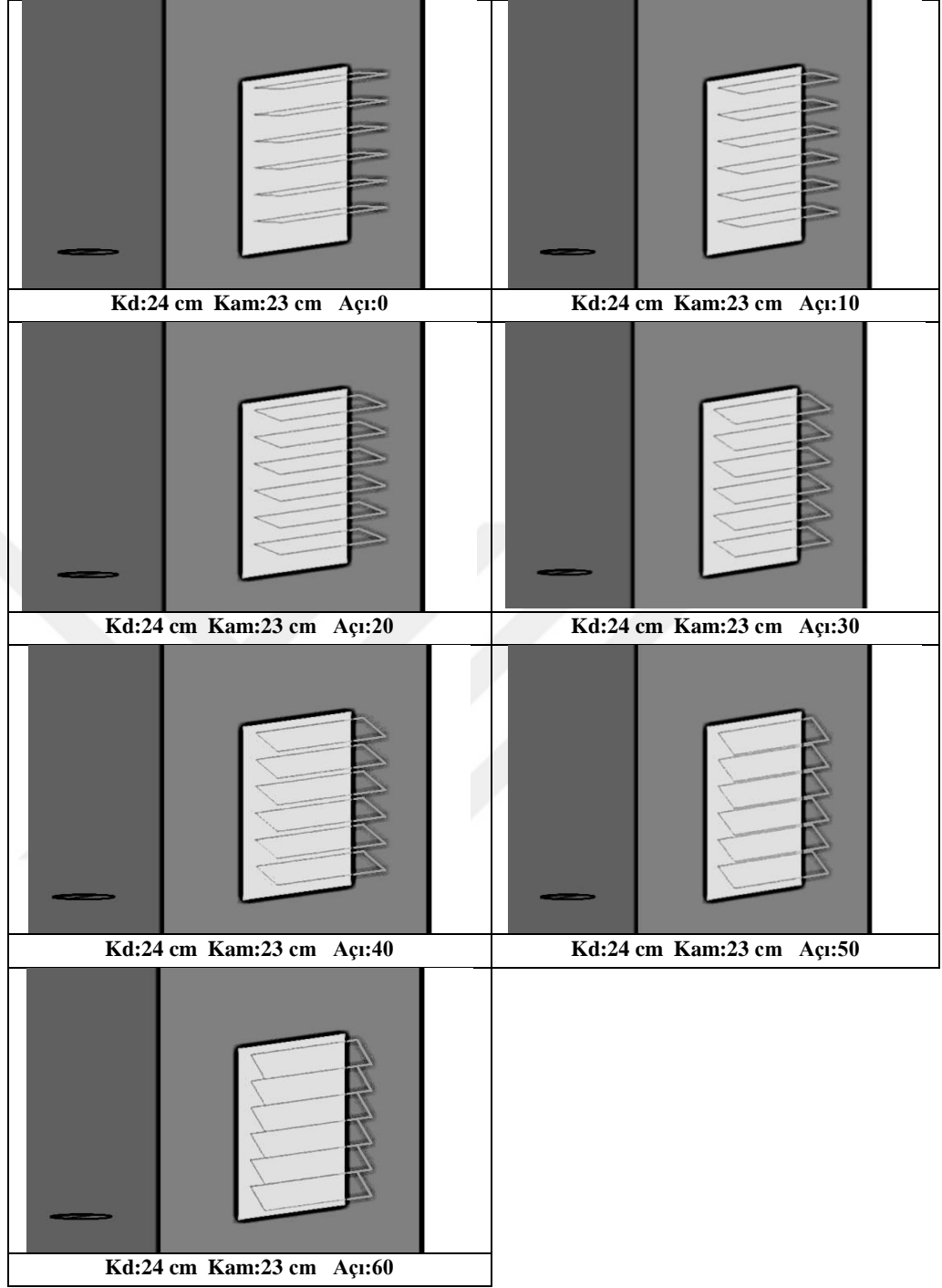
Şekil 3.13 18 cm (kd) / 18cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



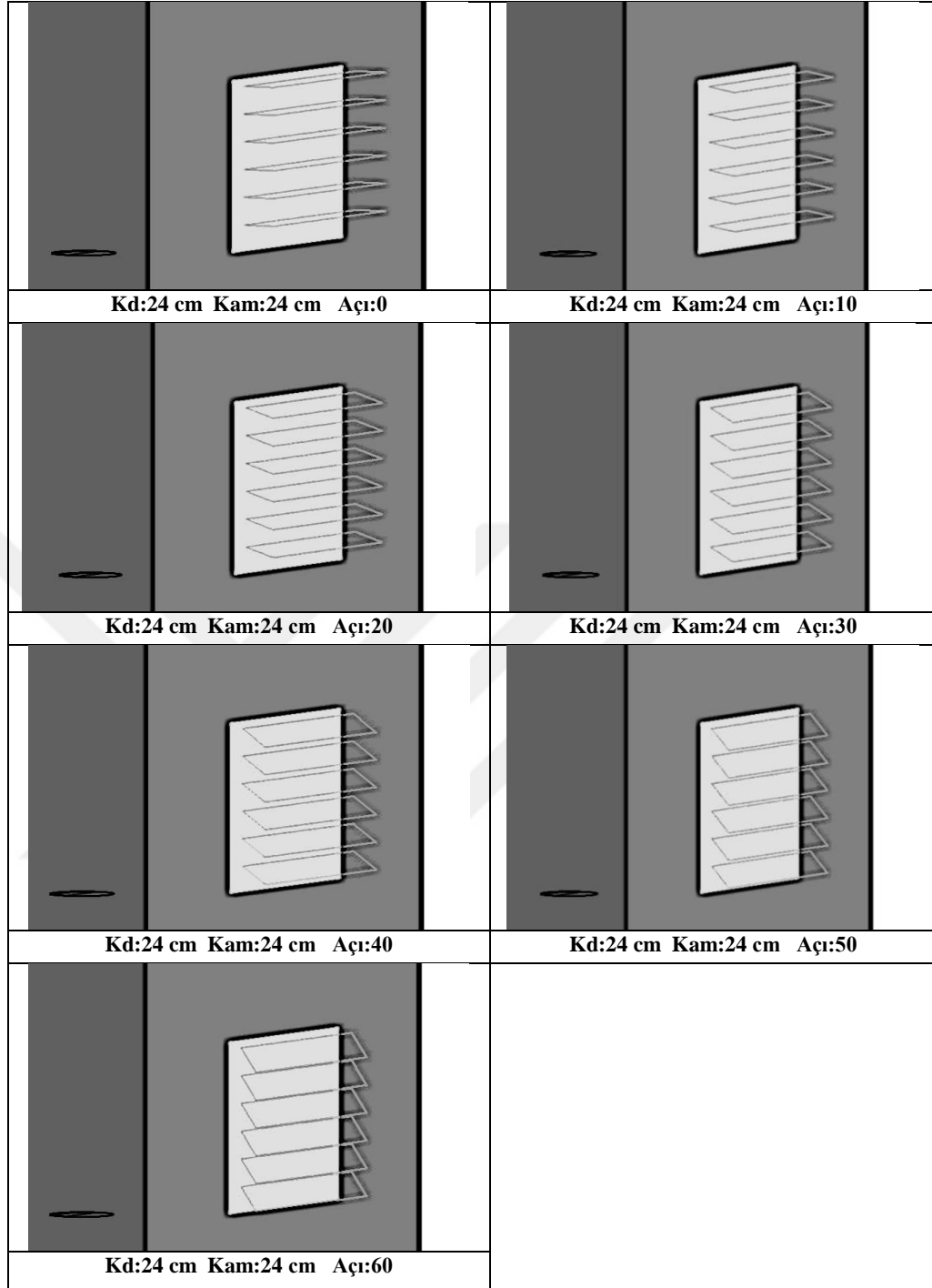
Şekil 3.14 18 cm (kd) / 19cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



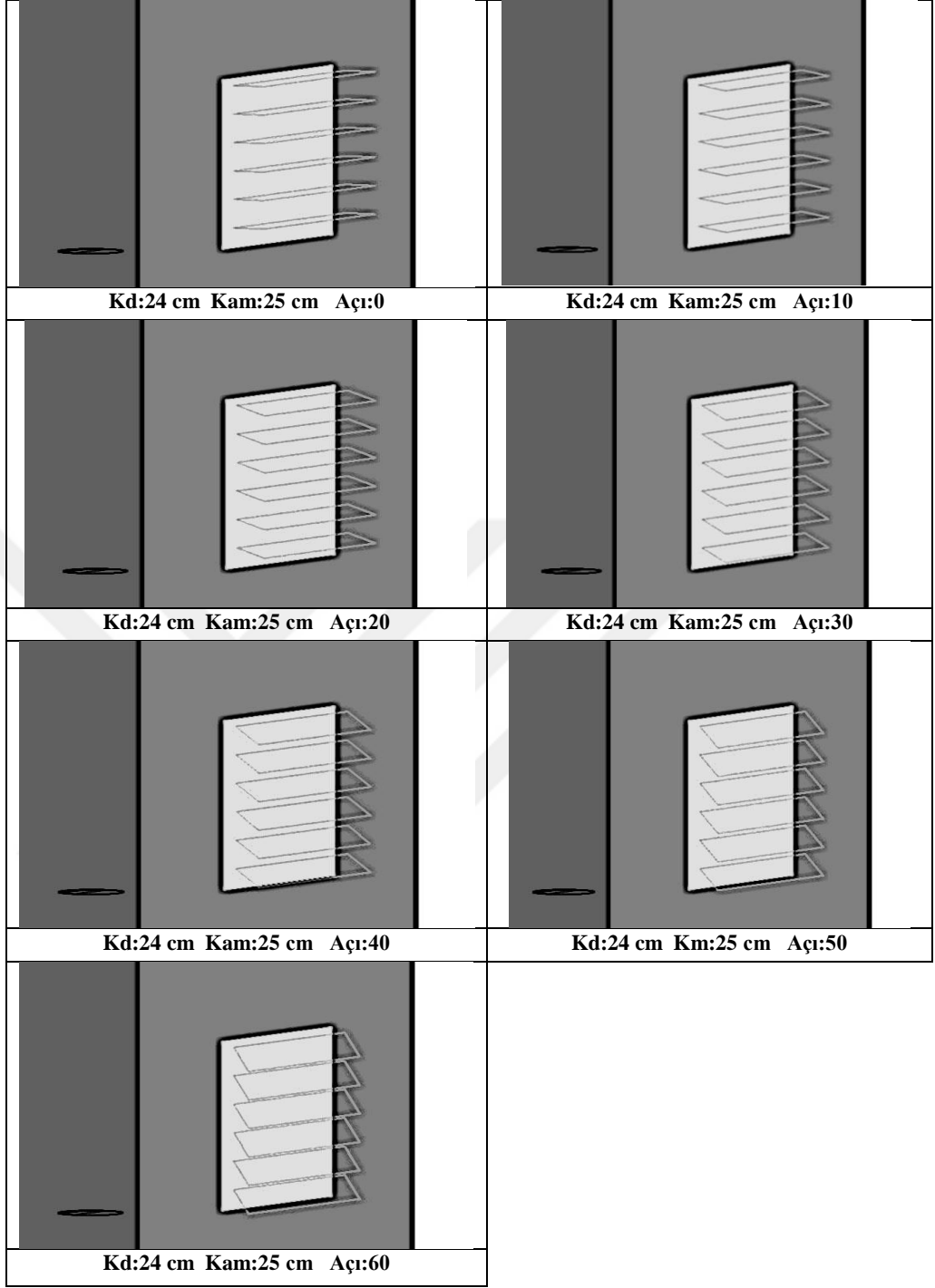
Şekil 3.15 18 cm (kd) / 20cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



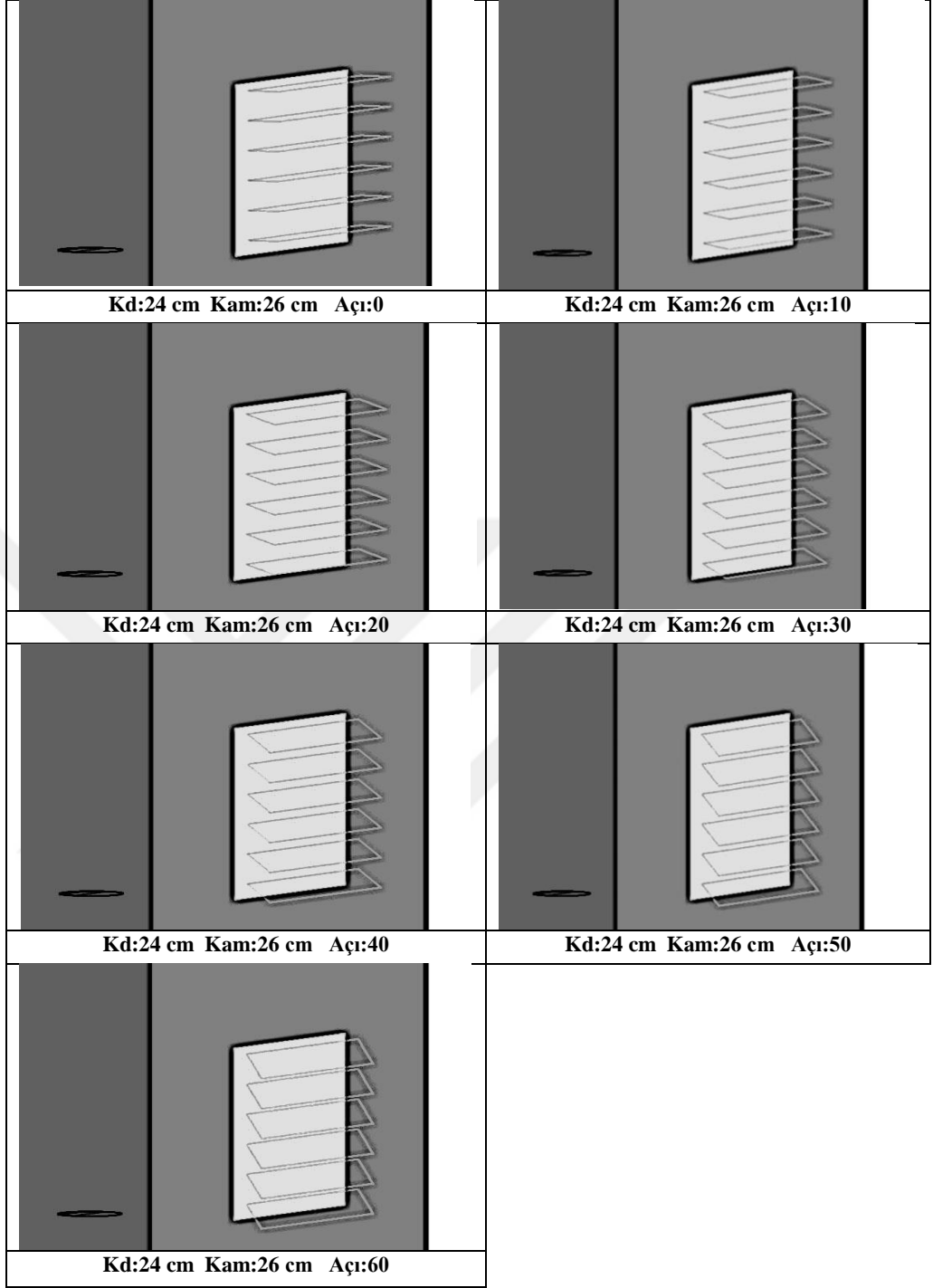
Şekil 3.16 24 cm (kd) / 23cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



Şekil 3.17 24 cm (kd) / 24cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



Şekil 3.18 24 cm (kd) / 25cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü



Şekil 3.19 24 cm (kd) / 26cm (kam) güneş kırıcı tasarımı için dış perspektif görünüşü

3.1.7 Ofis Kullanımı ve Isıtma, Soğutma, Aydınlatma Sistem Özellikleri

Ofis modelinde kullanıcı sayısının 1 olduğu varsayılmıştır. DesignBuilder simülasyon programı kullanıcı veri girişine göre kullanıcı sayısı; kullanım yoğunluğu yani birim alana düşen kişi sayısı olarak verilmektedir (1 kişi /12 m²=0,084).

Isıtma sistemi ve soğutma sistemi olarak da mekanik havalandırmayı içeren split klima kullanılmaktadır. Aydınlatma elemanı olarak aydınlatma gücü 7,5 W/m² olan LED lamba tercih edilmiştir. İç mekân için belirlenen sınır aydınlık düzeyi literatürde Ofis yapıları için önerilen değer olarak 400 lux'e (Bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılan birim yüzeye düşen ışık akısının miktarı) ayarlanmıştır (Galasiu ve Veitch, 2006).

Havalandırma tipi olarak mekanik havalandırma seçilmiş olup, literatürdeki ofis yapıları için gereken hava değişim sayısına bağlı kalınarak (saatte 3-8 arasında olması gerekmekte) 3 olarak seçilmiştir. Ekipman ve kullanıcıdan kaynaklı iç yükler, kullanım saatleri, ofisteki mevcut sistemlerle ilgili simülasyonda gerekli veriler Tablo 3.9 'da verilmiştir.

Tablo 3.9 Ofis modeline ait DesignBuilder simülasyon programında girilen veriler

Ofis modeline ait girdiler	
Cam türü	klasik çift cam-low-e-renkli cam
Cam duvar oranı	20-30-40%
Ölçüler (m) model	4x4x3,5
Pencere(m)	1,6 x 1,5 – 2,4 x 1,5 – 3,2 x 1,5
Dış yüzey duvar alanı(m ²)	14
Pencere alanı(m ²)	2,4 - 3,6 - 4,8
Taban alanı(m ²)	11,9
Kullanıcı sayısı	1
Kullanım yoğunluğu (kişi/m ²)	0,084
Gölgeleme türü	dışa entegre
Isıtma	
Sistem	Split klima
Yakıt	Elektrik
Kullanılan durumda ayar sıcaklığı (0 ^C)	23

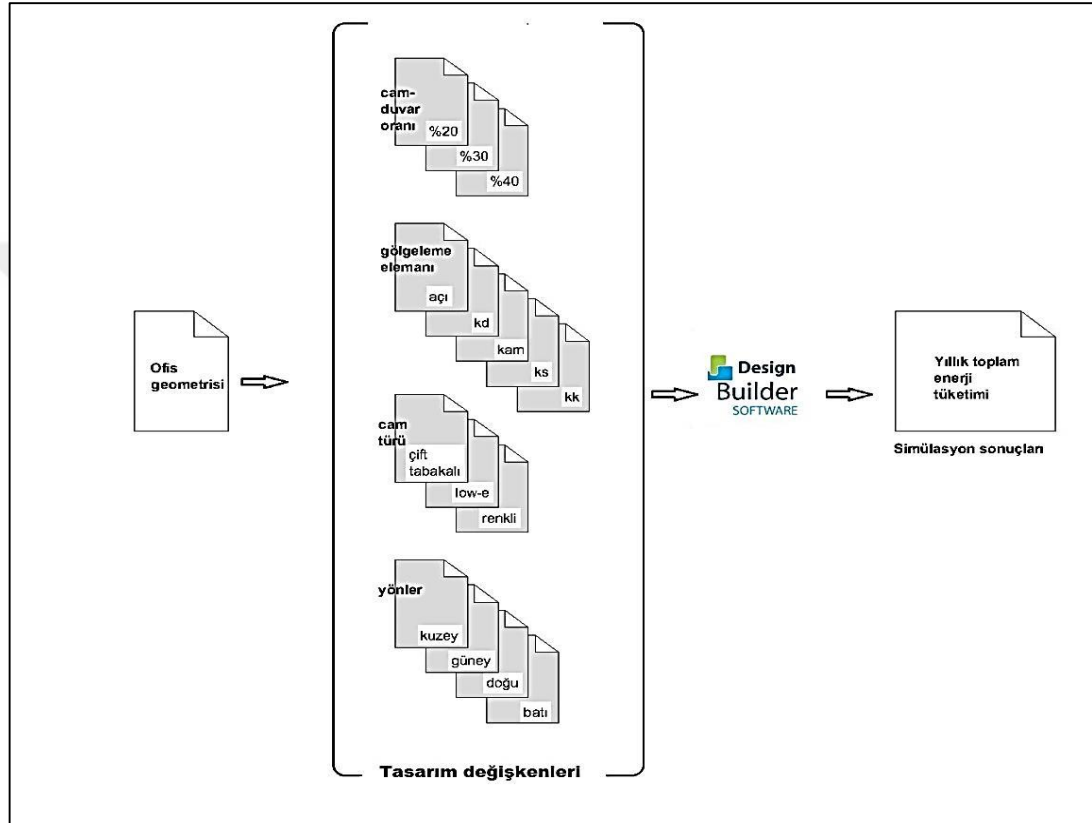
Tablo 3.9 devamı

Kullanılmayan durumda ayar sıcaklığı (0 ^c)	12
Soğutma	
Sistem	Split klima
Yakıt	Elektrik
Kullanılan durumda ayar sıcaklığı (0 ^c)	24
Kullanılmayan durumda ayar sıcaklığı (0 ^c)	28
Havalandırma	
Doğal havalandırma	-
Mekanik havalandırma	+
Saatteki hava değişim sayısı	3
İç aydınlatma	
Aydınlatma tipi	LED with linear control
Işıma oranı(ışık gücü katsayısı)	0,2
Aydınlatma gücü (W/m ²)	7,5
Dış aydınlatma	-
İç ekipman	
Kazanç (W/m ²)	
Ofis ekipmanları	11,7
Bilgisayar	4,6
Taşınım algoritması (İnside - Outside)	
TARP	DOE-2
İletim algoritması	
İletim Transfer Fonksiyonu	
Hesap yöntemi	
ASHRAE Isıl Denge Yöntemi	
Simülasyon süreci	
31 Aralık-1 Ocak (Yıllık)	
Lokasyon	
Enlem	38,52
Boylam	27,02
Ashrae climate zone	3A
Şehir	İzmir/Çiğli
Kullanım seçeneği	
Kullanım saatleri	07.00/19.00
Timing	5 gün

3.2 Bina Modelinin Enerji Analizi

Ofis modeline ait tasarım parametreleri, yapının kullanım özellikleri, ısıtma, soğutma, aydınlatma sistemi detaylarının belirlenmesi aşaması sonrasında ortaya

çıkan ofis modeli üzerinde; farklı gölgeleme elemanı, yönler, cam türü ve cam-duvar oranı tasarım alternatifleri ile yapının toplam enerji tüketimi üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla parametrik çalışma kapsamında DesignBuilder simülasyon programı kullanılmıştır (Şekil 3.20). Bu bölümde DesignBuilder simülasyon programı tanıtılarak, programın hesaplama yöntemi açıklanacaktır.



Şekil 3.20 Parametrik çalışmanın çerçevesi

3.2.1 DesignBuilder Simülasyon Programı

Bu tez kapsamında enerji hesaplama aracı olarak DesignBuilder simülasyon programı kullanılmıştır. DesignBuilder; tüm bina enerji, karbon, aydınlatma ve konfor performans analizlerini hesaplamakta olan bir dinamik simülasyon aracıdır (Singh, Martinez, Kensek, ve Schiler, 2012).

Bina simülasyonları aşağıdaki başlıklar üzerinden değerlendirilebilmektedir:

- Yakıt ve nihai enerji tüketim değerleri,
- İç ortam sıcaklığı,
- Termal konfor değerleri (saatlik), ASHRAE 55 kriterleri, PMV - DISC TSENS ve PPD değerleri,
- İklim analizi,
- Yapı kabuğu ve bileşenlerinden ısı geçiş miktarları,
- Isıtma ve soğutma yükleri,
- CO2 değerleri,
- Çevresel performans değerleri.
- CFD analiz (Singh ve diğer., 2012)

Program arayüzü kullanıcı kolaylığı sağlamaktadır. Aynı zamanda HVAC sistem modellemesi, kompakt sistem objeleri aracılığıyla, kolaylaştırılmış olarak gerçekleştirilebilmektedir. Doğal havalandırma ve hava akışı ağları arayüz aracılığıyla basitleştirilmiş şekilde tanımlanabilmektedir. LEED ve BREEAM' in öngörmüş olduğu günışığı hesaplamalarının tümü gerçekleştirilebilmekte (kapalı gök, açık gök, ortalama gök) ve raporlama sunmaktadır. Programa gbXML desteği bulunan tüm dosyalar aktarılabilir (CAD, Revit, BIM yazılımları gibi). Aynı zamanda 2D CAD dosyaları programa altlık olarak aktarılabilir ve modelin oluşturulmasına destek olmaktadır. Program aracılığıyla oluşturulan dosyadan .idf uzantılı EnergyPlus dosyası çıkartılabilir. Bina ısıtma-soğutma yüklerini EnergyPlus algoritması üzerinden hesaplamaktadır. Hesaplamalar saatlik iklim verileri ile yürütülmektedir. Hesaplama yöntemi olarak ASHRAE Isıl Denge Yöntemi kullanılmaktadır (Singh ve diğer., 2012).

3.2.1.1 ASHRAE Isıl Denge Yöntemi

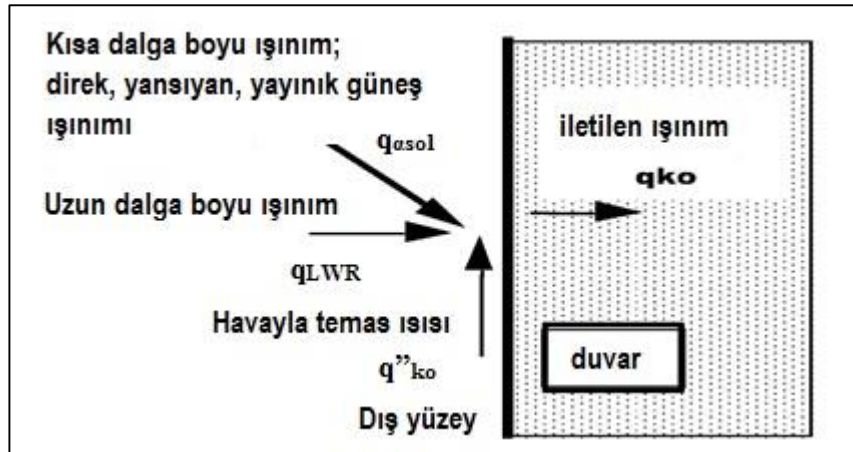
DesignBuilder simülasyon programı, yapıların enerji tüketimi hesabı için ASHRAE Isıl denge (heat balance) yöntemini kullanmaktadır.

Isıl denge, yüzey sıcaklıkları ve ışınım yayma kabiliyetlerini kullanarak yüzeyler arasındaki ışınım alışverişini hesaplayan, saatlik-dinamik bir yöntemdir. Isıl denge hesaplamaları, bina yük hesaplamaları için, diğer yöntemlerin temelini oluşturmaktadır. Isıl denge metodu tüm iletim, taşınım, radyasyon ve ısı depolama işlemlerini değerlendirerek, ısı transferi ve termodinamiğin temel kanunlarını kullanarak, binada yük oluşumunu inceler (Koroğlu Isin, Alaloğlu, Erdoğan ve Acar, 2011).

Isı transferleri hesaplarında; güneşten ısı kazançları ve iç ekipmanlardan ısı kazançları için detaylı hesaplama yapılmakta, iç yüzey sıcaklıklarının her yüzey için ayrı ayrı tanımlanması, hava içindeki net anlık duyarlı yükün hesaplanmasına imkân sağlar. Gölgeleme, doğal havalandırma, HVAC ekipmanları ve ısıl kütlenin dâhil edilmesi ile fiziksel duruma en yakın ve de gerçeğe en yakın sonuçlar ortaya çıkar. Ancak detaylı girdiler yapılması ve uzun hesaplama zamanı gerektirdiği için bilgisayar donanımları gerektirir (Yaman ve Gökçe, 2009).

Isıl denge metodunda denge denklemleri dört başlıkta toplanmaktadır:

1. Duvarın dış yüzey ısı denge denklemi;



Şekil 3.21 Dış yüzey ısı denge diyagramı (EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017)

$$q''_{sol} + q''_{LWR} + q''_{conv} - q''_{ko} = 0 \quad (3.1)$$

Burada:

q''_{sol} : Absorbed direct and diffuse solar (short wavelength) radiation heat flux. (doğrudan ve yaygın güneş (kısa dalga boyu) radyasyon)

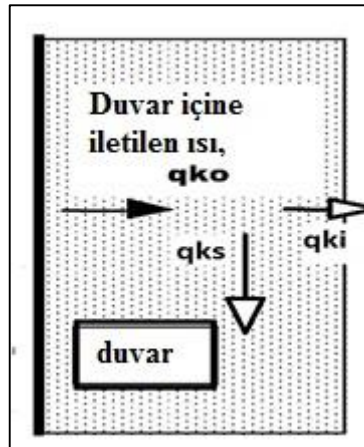
q''_{LWR} : Net long wavelength (thermal) radiation flux exchange with the air and surroundings. (net uzun dalga boyu (ısı) radyasyonu)

q''_{conv} : Convective flux exchange with outside air (havayla temas ısısı)

q''_{ko} : Conduction heat flux (q/A) into the wall (duvara iletin ısı) (EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017)

Şekil 3.21' de görüldüğü gibi ASHRAE Isıl Denge Metodu dış duvar için güneş kazançları ile uzun dalga radyasyonunu ayrı ayrı ele almaktadır (Yaman ve Gökçe, 2009).

2.Duvar için ısıl denge denklemi;



Şekil 3.22 Duvar için ısıl denge diyagramı (EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017)

$$q''_{ko} - q''_s - q''_{ki} = 0 \quad (3.2)$$

Burada:

q''_{ko} : Conduction heat flux (q/A) into the wall.(duvar içine iletilen ısı)

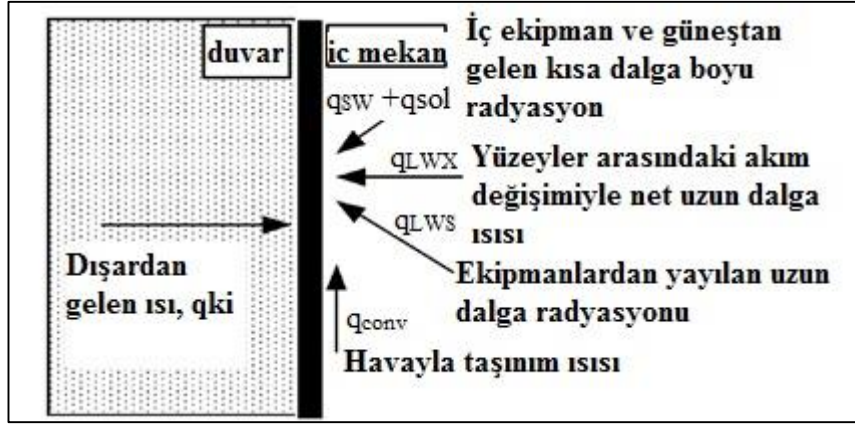
q''_s : Stored heat flux inside the wall (depolanan ısı)

q''_{ki} : Conduction flux through the wall (duvardan iç mekana iletilen ısı)
(EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017)

Şekil 3.22' de ifade edilen q''_s bileşeni, duvarda depolanan ısı miktarının bulunmasına imkân sağlamaktadır (Yaman ve Gökçe, 2009).

3. Duvarın iç yüzeyi için ısı denge denklemi;

Isıl denge yönteminin kilit noktasını, iç mekân yüzeylerini içeren iç ısı dengesi oluşturmaktadır. Bu ısı denge genel olarak dört ısı transfer bileşeni ile modellenmektedir: yapı elemanı ile iletim, havayla taşınım, soğrulan ve yansıyan kısa dalga boyu radyasyonun uzun dalga boyu radyasyonuna dönüşmesiyle oluşan ısı. Kısa dalga boyu camdan giren güneş ışınımı ve iç mekânda aydınlatma gibi iç kaynaklardan yayılan ısıdır. Uzun dalga boyu radyasyonu iç mekânda yutulup tekrar yayılan ısıdır (EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017).



Şekil 3.23 İç yüzey ısı denge diyagramı (EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017)

$$q''_{LWX} + q''_{LWS} + q''_{sw} + q''_{ki} + q''_{sol} + q''_{conv} = 0 \quad (3.3)$$

Burada:

q''_{LWX} : Net longwave radiant exchange flux between zone surfaces (yüzeyler arasındaki akım değişimiyle net uzun dalga ısısı)

q''_{LWS} : Longwave radiation flux from equipment in zone (ekipmanlardan yayılan uzun dalga radyasyonu)

q''_{sw} : Net short wave radiation flux to surface from lights (aydınlatmalardan yüzeye yayılan kısa dalga boyu radyasyon)

q''_{ki} : Conduction flux through the wall (duvardan iletilen ısı)

q''_{sol} : Transmitted solar radiation flux absorbed at surface (yüzeylerde yutulan güneş ısısı)

q''_{conv} : Convective heat flux to zone air (havayla taşımın) (EnergyPlus Documentation Engineering Reference The Reference to EnergyPlus Calculations, 2017)

İç yüzeyin ısı dengesi hesaplanırken; aydınlatma, iç yüzeylerden ısı kazancı, yansıma sonucu gerçekleşen ısı kazancı, taşınım ve radyasyon dirençleri göz önüne alınmaktadır (Yaman ve Gökçe, 2009) (Şekil 3.23).

4. İç ortam havası için ısı denge denklemi;

$$q''_{conv} + q''_{ia} + q''_{inf} + q''_{Pa} = 0 \quad (3.4)$$

Burada:

q''_{conv} : Convective heat flux to zone air (Havayla taşınım ısısı)

q''_{ia} : Inside air (iç mekan ısısı)

q''_{inf} : Infiltration (sızdırmayla)

q''_{Pa} : HVAC system loads (İç mekan ekipman yükleri) (Yaman ve Gökçe, 2009).

3.3 Gölgeleme Elemanına Ait Boyutsal Parametrelerin Birleştirilmesi

Çalışma kapsamında yönler, gölgeleme elemanı tasarım parametreleri, cam-duvar oranı ve cam türüne bağlı olarak, yapının toplam enerji tüketim değerleri arasında kurulacak denklem için, SPSS programına veri girişi yapılarak regresyon analizi kullanılacaktır. Gölgeleme elemanı boyutsal parametreleri ise, diğer değişkenlerden bağımsız olarak birden çok alt değişkeni içermekte ve bunlar; açı, kanat derinliği (kd), kanatlar arası mesafe (kam) ve kanat kalınlığı (kk) olarak sıralanmaktadır. SPSS programında yapılacak regresyon analizi için değişken sayısının artması, modelin kurulmasında karmaşıklık yaratacağı için gölgeleme elemanına ait yukarıda sıralanan alt değişkenler (açı, kd, kam ve kk) birleştirilerek tek bir değişken haline dönüştürülecektir. Gölgeleme elemanının tasarımında kullanılan bu alt parametreler (açı, kd, kam ve kk), yapının enerji tüketim değerini etkilemesinin yanı sıra, iç mekân için görsel etkinlik yüzdesini de ifade etmektedir. Görsel etkinlik yüzdesi (E_h),

pencere üzerinde kullanılacak gölgeleme elemanı tarafından kapatılmayan alanların, kanatlar arası mesafeye (kam) oranı olarak ifade edilmektedir (Zorer Gedik, 2002).

Gölgeleme elemanının bu özelliğinden yararlanarak aç α , kd, kam ve kk değişkenleri, görsel etkinlik yüzdesi olarak ifade edilebilirler. Bu dört değişkenin görsel etkinlik yüzdesi (Eh) olarak ifade edilmesi için Autocad programında her gölgeleme seçeneği için kanatlar arası mesafe ve aç α değişimine bağlı gölgelenmeyen cam yüzeyler tek tek ölçülerek hesaplama yapılabilir. İkinci seçenek ise, bu değişkenlerin formül yöntemi ile birleştirilmesidir. Bu tez kapsamında değişkenler formül ile ifade edilmiştir. Formülün çıkarılması için literatürde daha önce Zorer Gedik, (2002) tarafından geliştirilen, görsel etkinlik yüzdesinin hesaplanması için kullanılan eşitlikten yararlanılmıştır.

Görsel etkinlik yüzdesini(Eh) hesaplamak için formül aşaması dört kısımdan oluşmaktadır (Kalemci, 2005):

- Yatay güneş kırıcı elemanın, pencere düzleminde kapattığı alanın yani **a** değerinin bulunması (formül 1),
- Güneş kırıcı elemana ait kanat kalınlığının, pencere düzleminde kapattığı alanın yani **c** değerinin bulunması (formül 2),
- İki güneş kırıcı eleman tarafından kapatılmayan alanın, yani **b** değerinin bulunması (formül 3),
- **a**, **b** ve **c** değerine bağlı görsel etkinlik yüzdesinin, yani **E_h**'nin hesaplanması (formül 4).

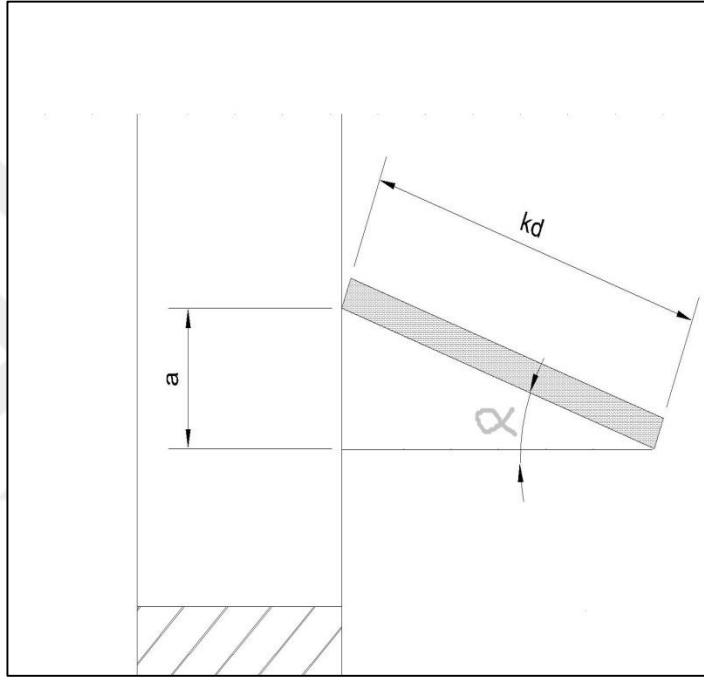
Formül 1:

a = Yatay güneş kırıcının pencere düzleminde kapattığı alan (cm)

kd = Kanat derinliği (cm)

$\sin(\alpha)$ = Gölgeleme açısı (Şekil 3.24)

$$a = kd \cdot \sin(\alpha) \quad (3.5)$$



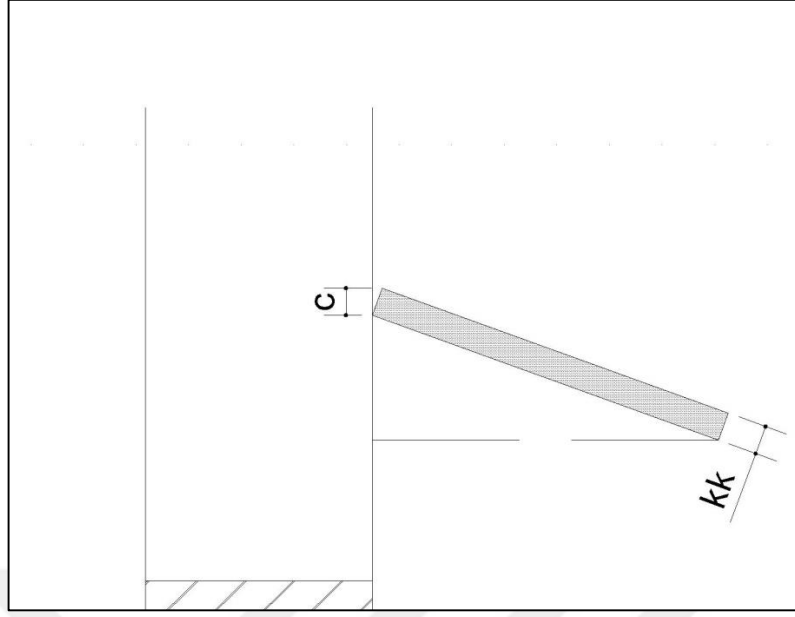
Şekil 3.24 Yatay güneş kırıcının pencere düzleminde kapattığı alanı (a) gösteren kesit

Formül 2:

c = Kanat kalınlığının gölgelediği alan (cm)

kk = Kanat kalınlığı (cm) (Şekil 3.25)

$$c = kk \cdot \cos(\alpha) \quad (3.6)$$

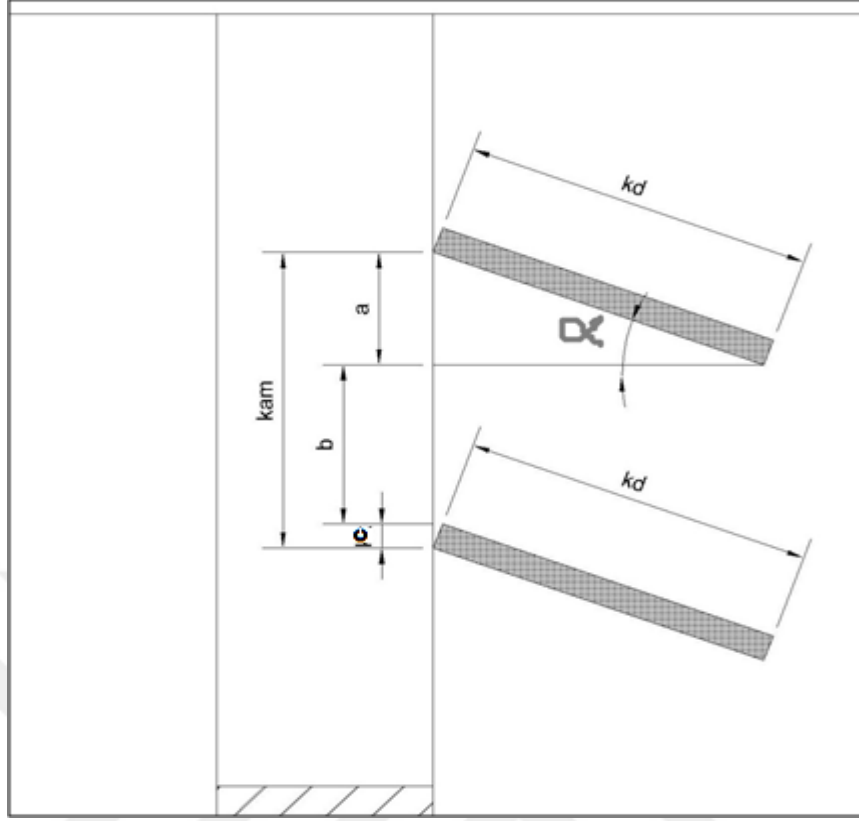


Şekil 3.25 Kanat kalınlığının pencere düzleminde kapattığı alanı (c) gösteren kesit

Formül 3:

- b = İki güneş kırıcı eleman (kanat) arasında kapatılmayan alan (cm)
a = Yatay güneş kırıcı elemanın pencere düzleminde kapattığı alan (cm)
c = Kanat kalınlığının gölgelediği alan (cm)
kam = Kanatlar arası mesafe (cm) (Şekil 3.26)

$$\mathbf{b = kam - (a + c)} \quad (3.7)$$



Şekil 3.26 İki güneş kırıcı eleman (kanat) arasında kapatılmayan alanın(b) gösterildiği kesit

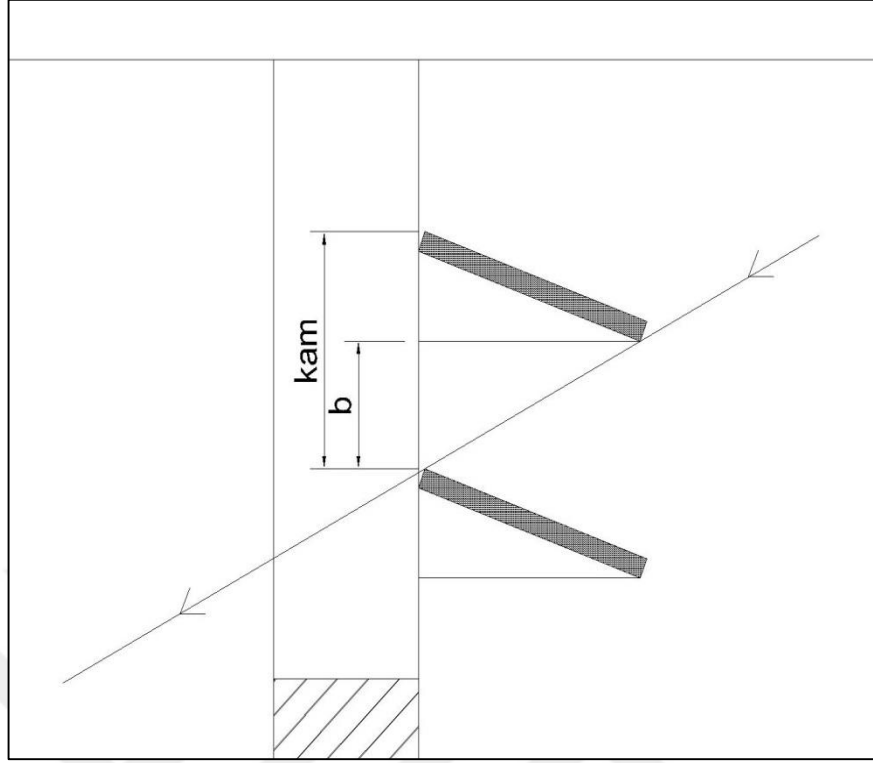
Formül 4:

E_h = Görsel etkinlik yüzdesi (%)

b = Gölgeleme elemanının kapatamadığı alan (cm)

kam = Kanatlar arası mesafe (cm) (Şekil 3.27)

$$E_h = (b / kam) \% \text{ (Zorer Gedik, 2002)} \quad (3.8)$$

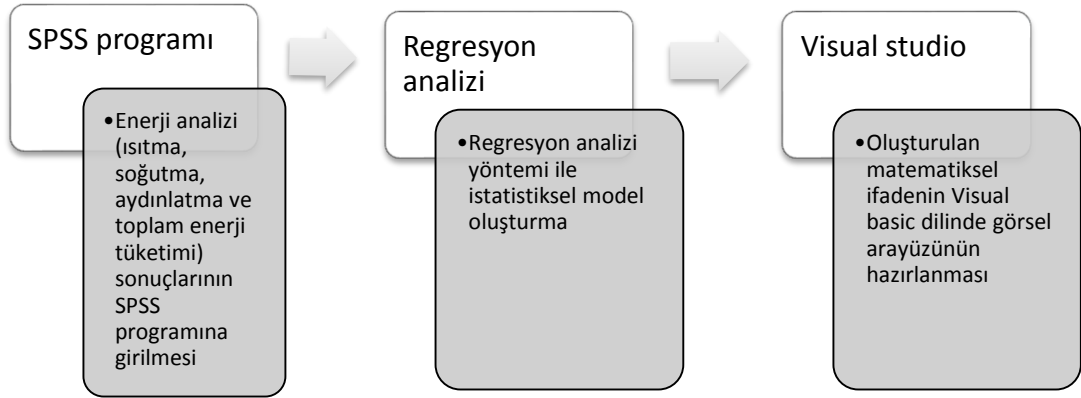


Şekil 3.27 Görsel etkinlik yüzdesini (Eh) gösteren kesit

3.4 İstatistiksel Tahmin Eşitliğinin Geliştirilmesi ve Toplam Enerji Tahmin Aracının Tasarlanması

Önerilen yaklaşımın bu aşaması üç kısımdan oluşmaktadır:

- SPSS programına; enerji analizi (ısıtma, soğutma, aydınlatma ve toplam enerji tüketimi) sonuçları, görsel etkinlik yüzdesi, cam duvar oranı, cam türü ve yönlerle ilişkin veri girişi,
- SPSS programında, değişkenler arasındaki ilişkiye bağlı tahmin eşitliği geliştirmek için regresyon analizi gerçekleştirilmesi,
- Ortaya çıkan formülün Visual Studio ortamında görsel arayüzünün hazırlanarak, enerji tahmin aracı tasarımıdır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28 Formül çıkarılmasında kullanılan aşamalar

3.4.1 SPSS Programı

Günümüz çalışma alanlarında, bilgisayar programlarının özellikle araştırma sonuçlarının istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmesi çalışmasında önemi büyüktür. İstatistiksel değerlendirme araçları içinde; SPSS, SAS, MINITAB, SYSTAT gibi istatistik paket programları en tercih edilen programlardır (Şahinler, 2000).

SPSS, İngilizce açılımı Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı) olan ve Sosyal Bilimler başta olmak üzere Sağlık Bilimleri, Eğitim Bilimleri ve Fen Bilimleri alanlarında yaygın olarak tercih edilen bir bilgisayar programıdır. SPSS programı başta anket analizleri olmak üzere sağlık bilimleri ve fen bilimleri alanlarında yapılan çalışmalarda elde edilen verilerin analiz edilmesi sürecinde kullanılır (akademidestek, b.t.).

SPSS istatistiksel analizler için şu kısımlar bulunmaktadır:

- Tanımlayıcı İstatistik: "Cross Tabulation (karşılıklı tabulasyon)"; "Frequencies (frekanslar)"; "Descriptives (tanımlayıcılar)"; "Explore (araştırma)"; "Descriptive Ratio Istatistics (tanımlayıcı oran istatistikler)

- İki değişkenli istatistik: "Means (ortalamalar)", "t-testi", Varyans Analizi, Korelasyon (iki değişkenli, kısmısal, uzaklıklar); parametrik olmayan sınamalar
- Sayısal sonuçların tahmin edilmesi: Doğrusal regresyon
- Grupları saptamak için tahminler: Faktör analizi; kümeleme analizi (iki-basamaklı, K-ortalamalar, hiyerarsik) ; Diskriminant analizi (akademidestek, b.t.).

3.4.2 Regresyon Analizi

Araştırmacılar, hakkında ölçüm yapılan değişkenler arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmalarda, sıklıkla regresyon analizi yöntemi tercih edebilmektedirler. İki değişken arasındaki ilişki incelendiği gibi, birden çok değişken arasındaki ilişki de incelenebilmektedir.

Regresyon analizi yöntemi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi tahminlemekte ya da regresyon modeli olarak ifade edilen matematiksel model ile istatistiksel tahmin eşitliği geliştirmektedir (Şahinler, 2000).

Regresyon analizi yöntemi;

- Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni ne şekilde etkilediği,
- Bağımlı değişken üzerindeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenler nedeniyle ortaya çıktığı,
- Bağımsız değişkenlerin alacağı değerlere göre, bağımlı değişkenin değerinin ne olacağı belirlenmeye çalışılır.

Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi, doğrusal eğri kavramını kullanarak ve tahmin eşitliği geliştirerek açıklamaktadır. Değişkenler arasındaki ilişki belirlendikten sonra, bağımsız değişkenlerin değeri bilindiğinde

bağımlı değişkenin değeri tahmin edilebilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler doğrusal model ile ifade edilebildiği gibi, doğrusal olmayan model ile de açıklanabilmektedir (Efe, Bek, ve Şahin, 2000).

Bağımlı Değişken (y): Bağımlı değişken, regresyon modelinde açıklanan ya da tahmin edilen değişkendir. Bu değişkenin bağımsız değişken ile ilişkili olduğu varsayılır.

Bağımsız Değişken (x): Bağımsız değişken, regresyon modelinde açıklayıcı değişken olup; bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılır.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesi korelasyon analizi ile belirlenmektedir. İki değişken arasındaki ilişki ‘basit doğrusal korelasyon katsayısı’ ile ifade edilir ve r ile gösterilir. Bağımsız değişkenin birden fazla olması durumunda korelasyon iki kısımda incelenir. İki değişkenin aynı anda değerlendirildiği ve üçüncü değişkenin etkisinin sabit tutulduğu durumda hesaplanan katsayıya ‘kısmi korelasyon katsayısı’ R_{123} , tüm değişkenlerin aynı anda değerlendirildiği durum ‘çoklu korelasyon katsayısı’ olarak ifade edilir ve $R_{123..}$ ile gösterilir. Korelasyon katsayısı $-1 \leq r \leq +1$ aralığında değişim sınıfına sahiptir. Değişkenler arasındaki ilişkinin yönü bu ifadeye göre belirlenir (Efe ve diğer., 2000).

Eğer korelasyon katsayısı;

$r = -1$ ise tam negatif doğrusal bir ilişki vardır.

$r = +1$ ise, tam pozitif doğrusal bir ilişki vardır.

$r = 0$ ise, iki değişken arasında ilişki yoktur.

Değişkenler arasındaki ilişkinin önem düzeyi ise olasılık değeri (p-değeri) ile ifade edilir. İstatistiksel yöntemlerde bulguların önem düzeyinin belirlenmesi için her testin sonucunda olasılık (p) değeri bulunur ve Sig ile gösterilir. Olasılık (p) değerinin yorumlanması;

$p > 0,05$, önemsiz,

$p < 0,05$ * , önemli,

$p < 0,01$ **, çok önemli,

$p < 0,001$ *** ise, ileri derecede önemli tanımıyla değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlılığı belirlenir (Efe ve diğer., 2000).

3.4.2.1 Regresyon Analizi Türleri

Regresyon analizi bağımlı değişken ile bir veya daha çok bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir. Bir tek bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon tek değişkenli regresyon analizi, birden fazla bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizi de çok değişkenli regresyon analizi olarak adlandırılır.

3.4.2.1.1 Tek Değişkenli Regresyon Analizi. Bir bağımlı bir bağımsız değişken arasındaki ilişkinin incelendiği analizdir. Bu iki değişken arasında doğrusal ilişkiyi temsil eden bir doğrunun denklemi formüle edilir ve ortaya çıkan doğrusal ilişkinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + e_i \quad (3.9)$$

Burada;

Y: Bağımlı değişkenin değeri

X: Bağımsız değişken

α : Sabit katsayısı

β : Regresyon katsayısı (kısmi korelasyon)

3.4.2.1.2 Çok Değişkenli Regresyon Analizi. Bir bağımlı değişken ve birden çok bağımsız değişken arasındaki matematiksel ifadeye çok değişkenli regresyon analizi denir. Çok değişkenli regresyon analizinde bağımsız değişkenler eş zamanlı olarak (aynı anda) bağımlı değişkendeki değişimi açıklamaya çalışmaktadır. Çok değişkenli regresyon analizinin yorumu tek değişkenli regresyon analizine benzemektedir (Efe ve diğer., 2000).

Çok değişkenli regresyon analizini kullanan bir araştırmacının iki genel amacı olabileceğinden bahsedilebilir (Alpar, 2003):

- Kolay elde edilebilir bağımsız değişkenler yardımıyla bağımlı değişken değerini kestirmek,
- Bağımsız değişkenlerden hangisi veya hangilerinin bağımlı değişkeni daha çok etkilediğini belirlemektir.

Çok değişkenli regresyon analizi farklı bilimsel alanlarda kullanımının yanı sıra mimarlık alanında binaların ısıtma ve soğutma yüküne parametrelerin etkisini analiz etmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Kalfa, 2014). Çok değişkenli regresyon analizinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + e_i \quad (3.10)$$

Y : Bağımlı değişken

X₁ , X₂ , X₃ , .. : Bağımsız değişkenler

α , : Sabit katsayısı

$\beta_{1,2,3,..}$: Regresyon katsayıları (kısmi korelasyon)

e : Hata terimi

Değişken sayısının artmasına bağlı olarak, ölçüm yapılan bağımlı değişkenle, bağımsız değişken arasındaki ilişki daha iyi açıklanmaktadır. Ancak, bağımsız değişken sayısının arttırılması ek ölçümleri gerektirmekte, bu nedenle en az sayıda değişkenle toplam değişimi açıklamak temel amaçtır. Değişken seçiminin üç ve üzeri olduğu durumlarda, bağımlı değişkenin varyasyonunu ifade etmede önemli düzeyde artış sağlayan değişkenleri belirlemek için birtakım metotlar bulunmaktadır (Efe ve diğer., 2000).

Regresyon analiz yöntemleri ise şunlardır:

- 1) Standart Çoklu Regresyon (Enter)
- 2) Hiyerarşik Çoklu Regresyon (Squential / Hierarchical multiple regression)
- 3) İstatistiksel Çoklu Regresyon (Statistical multiple regression)

1. Standart Çoklu Regresyon (Enter): Bu regresyon yönteminde, öncelikle tüm bağımsız değişkenler aynı anda denkleme girer. Bağımsız değişkenlerin her biri, diğer bağımsız değişkenlerin tümü denkleme girdikten sonra denkleme alınmış gibi değerlendirilir. Her bir bağımsız değişken, bağımlı değişkeni açıklamada, diğer bağımsız değişkenlerin tümünden farklı olarak ne ölçüde katkı sağladığı açısından değerlendirilir (Tabachnick ve Fidell, 2001). Bu yöntemde, tüm bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki ortak etkilerinin incelenmesi esastır (Akyıldız, 2009).

2. Hiyerarşik Çoklu Regresyon (Squential / Hierarchical multiple regression): Bu yöntemde bağımsız değişkenler, araştırmacının belirlediği sırada modele dahi edilir. Her bir bağımsız değişken, denkleme girdiği anda modele ne ölçüde katkı sağladığı açısından değerlendirilir. Araştırmacı bağımsız değişkenlerin modele giriş sırasını, mantıksal veya kuramsal bir yapıya göre belirlemektedir.

3. İstatistiksel Çoklu Regresyon (Statistical multiple regression): Bu yöntemde, regresyon modeline sadece bağımlı değişkene önemli etkisi olan bağımsız değişkenler dahil edilir; diğer değişkenler model dışı bırakılır. İstatistiksel çoklu regresyon analizi üç farklı yolla yapılabilir:

- İleriye Doğru Seçme (Forward Selection) – Öncelikle her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile arasındaki korelasyon tek tek hesaplanır ve en yüksek korelasyona sahip bağımsız değişken öncelikle analize alınır. Bu değişkenin katkısı (R^2) değerlendirilir. Daha sonra, ikinci olarak bağımlı değişkenle yüksek korelasyon veren bağımsız değişken analize alınarak ve açıklayıcılık katsayısındaki artışa göre söz konusu değişkenin modele katkısı incelenir. Bu işlem analize katılan bağımsız değişkenin katkısının önemsiz olması halinde sonlanır (Efe ve diğer., 2000).
- Adım Adım Regresyon (Stepwise) – ileriye doğru seçme yöntemine benzemekte fakat her aşamada bağımsız değişkenin modele dahil edilmesi ile an modelde bulunan tüm bağımsız değişkenler dahil edilmiş gibi yeniden değerlendirilir. Bu şekilde, yeni bir bağımsız değişkenin modele dahil edilmesi ile yeniden tüm model değerlendirilir ve başta önemli katkısı olan bir değişkenin daha sonra tüm model içinde etkili bir katkısının olmadığı görülebilir (Efe ve diğer., 2000).
- Geriye Doğru Çıkarma (Backward Selection) : ilk aşamada, modele tüm bağımsız değişkenler dâhil edilir. Her bir değişkenin modele katkısını belirlemek için her kademedeki bir adet en küçük F değerini sahip bağımsız değişken modelden çıkarılır. Bu işlem, modele önemli oranda katkı sağlayan değişkenler belirlenene kadar devam eder (Efe ve diğer., 2000).

3.4.2.2 Regresyon Analizinde Modelin Yeterliliğinin Ölçülmesi

Regresyon analizinin en önemli aşaması, regresyon modeli oluşturulduktan sonra modelin yeterli olup olmadığının kontrolüdür. Değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek ve bağımlı değişkenle ilgili bağımsız değişkenlere göre tahminde bulunabilmek için modelin yeterli ve kullanılabilir olması gerekmektedir. Yeterli düzeyde uyum sağlayamayan regresyon modeli yanıltıcı veya zayıf sonuçlara neden olabilir. Modelin kullanılabilir ve güvenilir olabilmesi için, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin önemli olması yada bağımlı değişkenin büyük bir yüzdesinin bağımsız değişkenler ile açıklanıyor olması yeterli bir kriter değildir. Bu açıdan, uydurulan modelin gerçek modele ne düzeyde yaklaştığı belirlenmelidir. Regresyon analizi modelinin uygunluğunun saptanması için genellikle R^2 değerine bakılmakta ama yeterli bir ölçüm olmamakta, buna ilave başka testler de bulunmaktadır (Şahinler, 2000). Regresyon analizinde önerilen modelin yeterliliğini ölçmek için kullanılan katsayılar: R^2 Belirtme katsayısı, Düzeltilmiş belirtme katsayısı, Varyans analizi (F-testi=Anova) şeklinde sıralanabilmektedir. Değerlendirme ölçütleri regresyon modeli tablolarına bakılarak değerlendirilir. Regresyon Modeli Tabloları üç başlık altında incelenir: Model Tablosu, Anova Tablosu, Regresyon Denklemindeki Katsayı Ve Sabitleri İçeren Katsayılar (Coefficients) Tablosudur.

3.4.2.2.1 Model Tablosu. Değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlı olup-olmadığı, bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni ne ölçüde açıkladığını gösteren tablodur. R çoklu korelasyon katsayısı ve R^2 betimleme katsayısını ifade etmektedir. R^2 değeri 1'e yaklaştıkça yapılan analizin güvenilirliği ve modelin açıklayıcılık gücü artmaktadır (Can, 2017).

Bu tabloda Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı(R^2_d) de yer almaktadır. Bu katsayı, belirtme katsayısının(R^2) serbestlik derecesine göre düzenlenmiş hali olup $R^2_d = 1 - \left\{ \frac{H.K.T. / (n-p)}{G.K.T. / (n-1)} \right\} = 1 - \frac{(n-1)}{(n-p)}(1-R^2)$ formülü ile belirlenir. Burada G.K.T. : varyans analiz tablosundaki genel kareler toplamını, H.K.T. : hata kareler toplamını ifade eder ve analize katılan bağımsız değişkenler ve deney/gözlem

sayısının (n) yeterliliği konusunda bilgi verebilir (Levine, Berenson, ve Stephan, 1997). Eğer R^2 ile R^2_d değerleri birbirine yakın değerlerde ise, kullanılan deney/gözlem sayısının yeterli olduğu, aksi durumda ise denkleme anlamlı katkıları olmayan değişkenlerin modele dâhil edildiği anlamını taşır (Şahinler, 2000).

Tablo 3.10 Model özeti tablosu (Can, 2017)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,897	,804	,755	2,4766

Bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin derecesi. İki değişken arasındaki basit doğrusal korelasyon katsayısıdır.

Düzeltilmiş R kare değeri

Standart kestirim hatası. Tahminlerin doğruluğunun bir göstergesi olup, hata teriminin standart sapması ya da izleyen sayfadaki Anova tablosundaki Residual satırının kareler ortalamasının kareköküdür.

Korelasyon katsayısının karesi. Bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki değişimi açıklama oranı

3.4.2.2.2 Anova Tablosu. Regresyon Modeli Tablosundaki, değişkenler arası ilişkinin derecesini gösteren R değerinin anlamlılığını sınyan varyans analizini göstermektedir. R değerinin anlamlı olabilmesi için olasılık (p) değerinin (**Sig.**) < **0,05** olması gerekmektedir. Yani, Tablodaki olasılık (p) değerinin 0,05'ten küçük olması, Regresyon Modelindeki, bağımlı ve bağımsız değişkenler arası ilişki için hesaplanan R değerinin anlamlı olduğunu göstermektedir (Can, 2017).

Tablo 3.11 Anova tablosu (Can, 2017)

ANOVA						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	100,800	1	100,800	16,435	,015
	Residual	24,533	4	6,133		
	Total	125,333	5			

Bağımlı değişkendeki değişimle ilgili kareler toplamı

Serbestlik derecesi 1

Serbestlik derecesi 2

F testinin anlamlılık p değeri

Toplam $100,800+24,533=125,333$

Toplam $1+4=5$

ANOVA F değeri: Kareler ortalamasının oranı Regression/Residual $100,800 / 24,533$

Tahminde açıklanamayan(hata) değişimle ilgili kareler toplamı

Kareler ortalaması: Kareler toplamının serbestlik derecesine oranıdır:
Regresyon için: $100,800 / 1 = 100,800$
Residual için: $24,533 / 4 = 6,133$

3.4.2.2.3 Regresyon Denklemindeki Katsayı Ve Sabitleri İçeren Katsayılar Coefficients Tablosu. Katsayılar tablosu, regresyon denklemindeki katsayı ve sabitin alacağı değerleri içermektedir. Bu tabloda bağımsız değişkenin katsayısının anlamlılığı olasılık (p) değeri ile kontrol edilir. Olasılık (p) değeri (**Sig.**) < **0,05** ise katsayılar denkleme anlamlı derecede katkı sağlamaktadır (Can, 2017).

Tablo 3.11 Katsayılar (Coefficients) tablosu (Can, 2017)

7,93 katsayısına ait güven aralığının alt sınırı 1,532, üst sınırı 14,334 ve 2,4 katsayısının güven aralığının alt sınırı 0,756, üst sınırı 4,044 olarak bulunmuştur.

Coefficients								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	7,933	2,306		3,441	,026	1,532	14,334
	X	2,400	,592	,897	4,054	,015	,756	4,044

Bağımsız değişkenin katsayısı

Katsayı ve sabite ilişkin standart hatalar. Bu hatalar, tahmin edilen parametrelerin, bu hatalara bölünmesiyle hesaplanan t değerlerine göre, katsayıların anlamlı derecede 0'dan farklı olup olmadıklarını test etmede kullanılırlar. Aynı zamanda bu katsayıların alacağı değerlerin güven aralıklarını belirtmek için de kullanılabilirler.

Regresyon denkleminde, sabitin ve tahmin değişkenin katsayısının anlamlılık test sonuçları. Sig.(anlamlılık) değeri 0,05'in altındaki katsayılar, anlamlı derecede katkı sağlamaktadırlar.

3.4.3 Toplam Enerji Tüketimi Tahmin Aracı Tasarımı

Gölgeleme elemanı tasarımında yapının toplam enerji tüketim değerlerini, ön proje aşamasında yaklaşık olarak tahmin etmek için kullanılacak regresyon eşitliğini, kullanıcı ve mimarlar için hesaplama aşamasında daha kolay ulaşılacak şekilde görsel arayüze dönüştürmek için Visual Studio programı kullanılmıştır ve tezin bu bölümünde program hakkında kısa bilgi verilmiştir.

3.4.3.1 Visual Studio Programı

Visual Studio, profesyonel yazılım geliştirme ortamı (IDE-Integrated Development Environment) sağlayan ürünüdür. Visual Basic.Net, C#.Net gibi birçok dilde yazılım geliştirmeyi sağlayan yazılım geliştirme ortamıdır. Visual Studio kullanarak Visual Basic programlama diliyle yazılım geliştirmek için bir proje oluşturulur. Birçok tipte projeler geliştirilebilir. Windows masaüstü uygulaması projesi seçildiğinde varsayılan bir form penceresiyle birlikte ekrana gelir. Form üzerine denetimler (buton, metin kutusu, onay kutusu, radyo buton, liste kutusu vb.) eklenerek kullanıcı arayüzü hazırlanır. Bu form, üzerindeki denetimlerle birlikte kullanıcıyla etkileşime geçecek olan penceredir. Arayüz tasarımı yapıldıktan sonra arkasında çalışacak olan kodlar Visual Basic.Net diliyle geliştirilmektedir.

3.4.3.1.1 Visual Basic Programlama Dilinin Tanıtılması. Microsoft tarafından geliştirilen Basic programlama dilinin üst versiyonuna Visual Basic denmektedir. Basic en temel ve en basit programlama dilidir. Basic programlama dili ile yeni bir programın kodları yazılabilir, düzenlenebilir ve mevcut hatalar düzeltilerek daha işlevsel hale getirilir. Ayrıca mevcut uygulamayı daha da geliştirerek, bir veri tabanına bağlanarak daha geniş ölçekli işlerde kullanmak amacıyla da kullanılmaktadır (Grafikerler.org, b.t.).

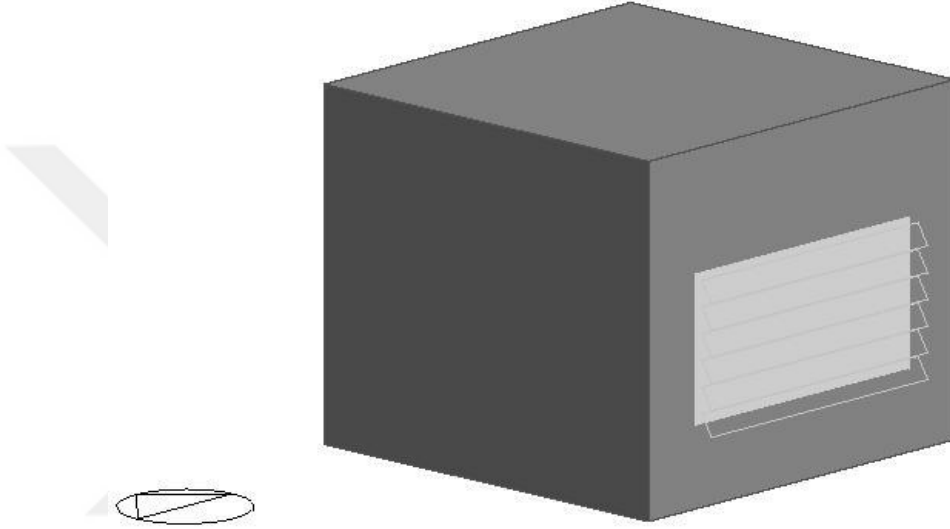
Visual Basic programlama dili, yeni nesil nesne yönelimli programlama prensiplerinin tamamını kapsamamaktaydı. Microsoft tarafından bu eksik kalan özellikler ve yeni özellikler de kazandırılarak Visual Basic.Net ismiyle günümüzde devam etmektedir. Microsoft'un güncel. Net Framework altyapısına entegre olmasından dolayı Visual Basic.Net olarak isimlendirilmiştir.

Visual Basic.Net, çok amaçlı ve aynı zamanda kolay bir şekilde program geliştirilmesini sağlayan bir programlama dilidir. Visual Basic programlama iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada kullanıcıyla etkileşime girecek arayüzün tasarımı yapılır. İkinci aşamada arayüzün arkasında çalışacak olan kodlar yazılmaktadır.

BÖLÜM DÖRT

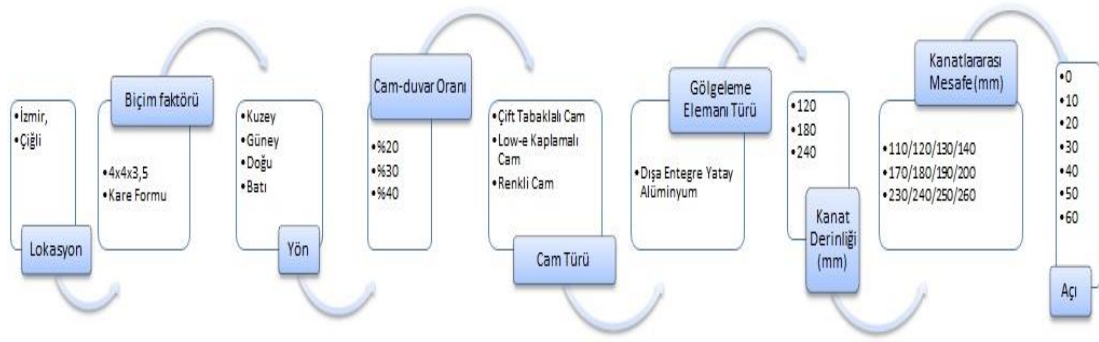
ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN İZMİR İLİNDE VAR OLDUĞU VARSAYILAN BİR OFİS MODELİNDE UYGULANMASI

4.1 DesignBuilder Simülasyon Programı ile Ofis Modelinin Enerji Analizi



Şekil 4.1 DesignBuilder programında ofis yapısının modellenmesi

Çalışmanın bu bölümünde, ofis modeli yapı kabuğuna ait farklı senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerini içeren toplam enerji tüketim yükleri DesignBuilder simülasyon programı ile hesaplanarak veri analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1). Yönlenme (pencerenin baktığı yön), cam duvar oranı (cdo), cam türü ve gölgeleme elemanı tasarım parametreleri değişkenleri (açı, kd, kam, ks, kk) her senaryo için farklı değer alarak toplamda 3024 simülasyon gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.1).



Şekil 4.2 Simülasyon programında kullanılan modele ait tasarım değişkenleri şematik gösterimi

Tablo 4.1 Ofis modeline ait simülasyon veri girişi

Yönler	Gölgeleme elemanı tipi	Cam-duvar oranı	Cam türü	Kanat derinliği (cm)(L)	Kanatlararası mesafe (cm)(n)	Kanat sayısı	Kanat kalınlığı (cm)	Kanat açısı
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	12	11	13	2,4	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	12	12	12	2,4	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	12	13	11	2,4	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	12	14	10	2,4	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	18	17	8	3	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	18	18	8	3	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	18	19	8	3	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	18	20	7	3	0/10/20/30/ 40/50/60
Kuzey Güney Doğu Batı	Dışa entegre	20 30 40	Klasik Low-e Renkli	24	23	7	3,5	0/10/20/30/ 40/50/60

Tablo 4.1 devamı

Kuzey	Dışa	20	Klasik	24	24	6	3,5	0/10/20/30/
Güney	entegre	30	Low-e					40/50/60
Doğu		40	Renkli					
Batı								
Kuzey	Dışa	20	Klasik	24	25	6	3,5	0/10/20/30/
Güney	entegre	30	Low-e					40/50/60
Doğu		40	Renkli					
Batı								
Kuzey	Dışa	20	Klasik	24	26	6	3,5	0/10/20/30/
Güney	entegre	30	Low-e					40/50/60
Doğu		40	Renkli					
Batı								

Simülasyonda yer alan her bir senaryoda; yön, cam duvar oranı, cam türü, gölgeleme elemanının açısı, kanat derinliği, kanatlar arası mesafe, kanat sayısı ve kanat kalınlığından oluşan parametrelerin 7 tanesi sabit tutularak, 8.parametre değiştirilmiştir. Bu işlem, her yön; cam duvar oranı; cam türü; gölgeleme elemanı tasarım parametreleri için yinelenmiştir.

Tüm bu senaryoların ofis yapısında; aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerji tüketim değerlerine göre ortaya çıkardığı toplam enerji tüketim verileri, Tablo 4.2’de kısmi olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Simülasyon sonuçları

gölgeleme elemanı			yönlr	cdo (%)	cam türü	aydınlatma yükü(kWh)	ısıtma yükü(kWh)	soğutma yükü(kWh)	toplam enerji tüketimi (kWh)
açı	kd(cm)	kam(cm)							
0	12	11	kuzey	20	klasik	179,6172	385,1669	254,9253	819,7094
			kuzey	20	low-e	204,2068	379,8521	240,8967	824,9556
			kuzey	20	renkli	249,7303	389,0439	247,946	886,7202
			kuzey	30	klasik	135,498	388,7545	267,2394	791,4919
			kuzey	30	low-e	170,9708	380,5921	246,3183	797,8812
			kuzey	30	renkli	237,3432	394,3253	256,1576	887,8261
			kuzey	40	klasik	105,7455	391,916	281,8351	779,4966
			kuzey	40	low-e	142,1134	381,047	252,4141	775,5745
			kuzey	40	renkli	226,7252	399,5732	264,4928	890,7912
			güney	20	klasik	115,6028	368,5798	257,4706	741,6532
			güney	20	low-e	143,9272	376,2118	238,4418	758,5808
			güney	20	renkli	219,4064	382,4225	249,7235	851,5524
			güney	30	klasik	89,45474	359,8941	275,7776	725,12644
			güney	30	low-e	108,5815	371,5698	244,5782	724,7295
			güney	30	renkli	•	•	•	•
			güney	40	klasik	•	•	•	•
			güney	40	low-e	•	•	•	•
			güney	40	renkli	•	•	•	•
			doğu	20	klasik	•	•	•	•
			doğu	20	low-e	•	•	•	•
			doğu	20	renkli	•	•	•	•
			doğu	30	klasik	•	•	•	•
			doğu	30	low-e	•	•	•	•
			doğu	30	renkli	•	•	•	•
			doğu	40	klasik	•	•	•	•
			doğu	40	low-e	•	•	•	•
			doğu	40	renkli	•	•	•	•
			batı	20	klasik	•	•	•	•
			batı	20	low-e	•	•	•	•
			batı	20	renkli	•	•	•	•
			batı	30	klasik	•	•	•	•
			batı	30	low-e	•	•	•	•
			batı	30	renkli	•	•	•	•
			batı	40	klasik	•	•	•	•
			batı	40	low-e	•	•	•	•
			batı	40	renkli	•	•	•	•
13 adet									
gölgeleme elemanı			yönlr	cdo (%)	cam türü	aydınlatma yükü(kWh)	ısıtma yükü(kWh)	soğutma yükü(kWh)	toplam enerji tüketimi (kWh)
açı	kd(cm)	kam(cm)							
10	12	11	kuzey	20	klasik	194,1209	385,7912	254,1853	834,0974
			kuzey	20	low-e	215,0901	379,9534	241,0127	836,0562
			kuzey	20	renkli	253,874	389,3555	247,2577	890,4872
			kuzey	30	klasik	157,2467	389,7201	265,8818	812,8486
			kuzey	30	low-e	187,5283	380,7774	246,4275	814,7332
			kuzey	30	renkli	243,632	394,8304	255,0513	893,5137
			kuzey	40	klasik	127,4344	393,2568	278,1665	798,8577
			kuzey	40	low-e	164,5367	381,2955	252,4959	798,3281
			kuzey	40	renkli	•	•	•	•
			güney	20	klasik	•	•	•	•
			güney	20	low-e	•	•	•	•
			güney	20	renkli	•	•	•	•
			güney	30	klasik	•	•	•	•
			güney	30	low-e	•	•	•	•
			güney	30	renkli	•	•	•	•
			güney	40	klasik	•	•	•	•
			güney	40	low-e	•	•	•	•
			güney	40	renkli	•	•	•	•
			doğu	20	klasik	•	•	•	•
			doğu	20	low-e	•	•	•	•
			doğu	20	renkli	•	•	•	•
			doğu	30	klasik	•	•	•	•
			doğu	30	low-e	•	•	•	•
			doğu	30	renkli	•	•	•	•
			doğu	40	klasik	•	•	•	•
			doğu	40	low-e	•	•	•	•
			doğu	40	renkli	•	•	•	•
			batı	20	klasik	•	•	•	•
			batı	20	low-e	•	•	•	•
			batı	20	renkli	•	•	•	•
			batı	30	klasik	•	•	•	•
			batı	30	low-e	•	•	•	•
			batı	30	renkli	•	•	•	•
			batı	40	klasik	•	•	•	•
			batı	40	low-e	•	•	•	•
			batı	40	renkli	•	•	•	•
13 adet									
gölgeleme elemanı			yönlr	cdo (%)	cam türü	aydınlatma yükü(kWh)	ısıtma yükü(kWh)	soğutma yükü(kWh)	toplam enerji tüketimi (kWh)
açı	kd(cm)	kam(cm)							
20	12	11	kuzey	20	klasik	•	•	•	•
			kuzey	20	low-e	•	•	•	•

Tablo 4.3 Yönlere bağlı olarak en uygun yapı kabuğu tasarım parametreleri

Yönler	Açı	KD	KAM	KK	Eh %	Cam türü	CDO(%)	Aydınlatma	Isıtma	Soğutma	Toplam enerji tüketimi
kuzey	10	18	18	3	66,22	low-e cam	30	66,29395	392,6	231,3834	690,24085
kuzey	10	18	17	3	64,23	low-e cam	30	66,92271	392,5	231,2987	690,76241
kuzey	0	24	24	3,5	85,42	low-e cam	30	65,92096	391,3	234,0153	691,20296
Yönler	Açı	KD	KAM	KK	Eh %	Cam türü	CDO(%)	Aydınlatma	Isıtma	Soğutma	Toplam enerji tüketimi
güney	0	24	26	3,5	86,54	low-e cam	30	61,13961	369,1	238,481	668,72851
güney	0	24	26	3,5	86,54	low-e cam	40	58,64861	360,6	250,7099	669,95871
güney	0	24	25	3,5	86,00	low-e cam	30	60,81434	371	238,3241	670,17314
Yönler	Açı	KD	KAM	KK	Eh %	Cam türü	CDO(%)	Aydınlatma	Isıtma	Soğutma	Toplam enerji tüketimi
doğu	10	18	18	3	66,22	low-e cam	30	64,99746	387,3	236,9775	689,22846
doğu	10	18	17	3	64,23	low-e cam	30	65,5661	387,5	236,3331	689,3581
doğu	0	24	24	3,5	85,42	low-e cam	20	76,20846	386	229,8092	692,05096
Yönler	Açı	KD	KAM	KK	Eh %	Cam türü	CDO(%)	Aydınlatma	Isıtma	Soğutma	Toplam enerji tüketimi
batı	10	18	18	3	66,22	low-e cam	30	63,5341	387	241,8153	692,386
batı	10	18	17	3	64,23	low-e cam	30	64,07021	387,2	241,1545	692,46541
batı	0	24	24	3,5	85,42	low-e cam	30	63,24896	383,2	249,996	696,44236

İzmir ili içinde ofis yapılarında yapı kabuğu tasarım parametrelerinin, yönlere bağlı olarak enerji tüketim düzeyleri ve görsel etkinlik yüzdesinin optimum olduğu durum açısından değerlendirme yapıldığında (Tablo 4.3);

Kuzey yönüne bakan pencereler için yapı kabuğu tasarımında:

- **Aydınlatma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.
- **Isıtma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.
- **Soğutma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 10, kanat derinliğinin 18 cm, kanatlar arası mesafenin 17 cm olduğu seçenektir.

- **Toplam enerji tüketimi** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 10, kanat derinliğinin 18 cm, kanatlar arası mesafenin 18 cm olduğu seçenektir.
- **Görsel etkinlik yüzdesi** yani manzara açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.

Güney yönüne bakan pencereler için yapı kabuğu tasarımında:

- **Aydınlatma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %40, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 26 cm olduğu seçenektir.
- **Isıtma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %40, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 26 cm olduğu seçenektir.
- **Soğutma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 25 cm olduğu seçenektir.
- **Toplam enerji tüketimi** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 26 cm olduğu seçenektir.
- **Görsel etkinlik yüzdesi** yani manzara açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 26 cm olduğu veya cam duvar oranının %40, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 26 cm olduğu seçenektir.

Doğu yönüne bakan pencereler için yapı kabuğu tasarımında:

- **Aydınlatma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 10, kanat derinliğinin 18 cm, kanatlar arası mesafenin 18 cm olduğu seçenektir.
- **Isıtma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %20, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.
- **Soğutma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %20, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.
- **Toplam enerji tüketimi** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 10, kanat derinliğinin 18 cm, kanatlar arası mesafenin 18 cm olduğu seçenektir.
- **Görsel etkinlik yüzdesi** yani manzara açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %20, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.

Batı yönüne bakan pencereler için yapı kabuğu tasarımında:

- **Aydınlatma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.
- **Isıtma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.

- **Soğutma yükü** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 10, kanat derinliğinin 18 cm, kanatlar arası mesafenin 17 cm olduğu seçenektir.
- **Toplam enerji tüketimi** açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 10, kanat derinliğinin 18 cm, kanatlar arası mesafenin 18 cm olduğu seçenektir.
- **Görsel etkinlik yüzdesi** yani manzara açısından optimum çözüm; cam duvar oranının %30, cam türünün low-e, gölgeleme açısının 0, kanat derinliğinin 24 cm, kanatlar arası mesafenin 24 cm olduğu seçenektir.

4.2 Gölgeleme Elemanı Boyutsal Parametrelerinin Görsel Etkinlik Yüzdesine Dönüştürülmesi

Ofis modeline ait kabuk tasarımında kullanılacak gölgeleme elemanı boyutsal parametreleri;

- Kanat açısı
- Kanat derinliği (kd)
- Kanatlar arası mesafe (kam)
- Kanat kalınlığı (kk) olarak dört değişkenden oluşmaktadır.

Simülasyonda kullanılan senaryolarda gölgeleme elemanı tasarım parametreleri, bu değişkenlere bağlı olarak analiz edilmiştir. Bir sonraki aşamada değişkenlere bağlı toplam enerji tüketimi için istatistiksel tahmin eşitliği oluşturmak amacıyla tüm değişkenler ve enerji tüketim değerleri (ısıtma, soğutma, aydınlatma ve toplam) SPSS programına aktarılacaktır.

Yapılacak regresyon analizinde güvenilir sonuç almak için değişken sayısını azaltmak amacı ile yukarıda belirtilen dört adet gölgeleme elemanı boyutsal parametreleri, Formül 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 aracılığıyla görsel etkinlik yüzdesi (Eh)'ne

dönüştürülerek tek bir değişken ifadesi ile regresyon analizde yer alacaktır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Gölgeleme elemanı tasarım parametrelerinin görsel etkinlik yüzdesine dönüştürülmesi

$$\text{kanat açısı} + kd(\text{kanat derinliği}) + kam(\text{kanatlar arası mesafe}) + kk(\text{kanat kalınlığı}) = E_h(\text{görsel etkinlik yüzdesi})$$

$$a = kd \cdot \sin(\alpha) \quad (4.1)$$

$$c = kk \cdot \cos(\alpha) \quad (4.2)$$

$$b = kam - (a + c) \quad (4.3)$$

$$E_h = (b / kam) \quad (\text{Zorer Gedik, 2002}) \quad (4.4)$$

Yukarıda belirtilen formül ile gölgeleme elemanı tasarım parametrelerinin görsel etkinlik yüzdesine dönüştürülmesi sonucu elde edilen değerler Tablo 4.5’de detaylı gösterilmiştir. Tabloda her açı, kanat derinliği(kd), kanatlar arası mesafe(kam) ve kanat kalınlığı(kk) için öncelikle a, b, c değerleri Formül 4.1, 4.2 ve 4.3’e göre hesaplanmıştır. E_h (görsel etkinlik yüzdesi) ise, Formül 4.4 ile oluşturularak gölgeleme elemanı tasarım parametreleri tek bir matematiksel ifadeye ile belirtilmiştir. Tablo 4.5’e göre, diğer değişkenlerin (kd, kam, kk) sabit olduğu durumda açı arttıkça görsel etkinlik yüzdesi azalmaktadır.

Tablo 4.5 Görsel etkinlik yüzdesi (E_h) değerleri

Açı (α)	kd (cm)	kam (cm)	kk (cm)	a (cm)	c (cm)	b (cm)	E_h (%)
0	12	11	2,4	0,00	2,40	8,60	78,18
10	12	11	2,4	2,08	2,36	6,55	59,57
20	12	11	2,4	4,10	2,26	4,64	42,19
30	12	11	2,4	6,00	2,08	2,92	26,56
40	12	11	2,4	7,71	1,84	1,45	13,16
50	12	11	2,4	9,19	1,54	0,26	2,41
60	12	11	2,4	10,39	1,20	-0,59	0
0	12	12	2,4	0,00	2,40	9,60	80,00

Tablo 4.5 devamı

10	12	12	2,4	2,08	2,36	7,55	62,94
20	12	12	2,4	4,10	2,26	5,64	47,00
30	12	12	2,4	6,00	2,08	3,92	32,68
40	12	12	2,4	7,71	1,84	2,45	20,40
50	12	12	2,4	9,19	1,54	1,26	10,54
60	12	12	2,4	10,39	1,20	0,41	3,40
0	12	13	2,4	0,00	2,40	10,60	81,54
10	12	13	2,4	2,08	2,36	8,55	65,79
20	12	13	2,4	4,10	2,26	6,64	51,08
30	12	13	2,4	6,00	2,08	4,92	37,86
40	12	13	2,4	7,71	1,84	3,45	26,52
50	12	13	2,4	9,19	1,54	2,26	17,42
60	12	13	2,4	10,39	1,20	1,41	10,83
0	12	14	2,4	0,00	2,40	11,60	82,86
10	12	14	2,4	2,08	2,36	9,55	68,23
20	12	14	2,4	4,10	2,26	7,64	54,57
30	12	14	2,4	6,00	2,08	5,92	42,30
40	12	14	2,4	7,71	1,84	4,45	31,77
50	12	14	2,4	9,19	1,54	3,26	23,32
60	12	14	2,4	10,39	1,20	2,41	17,20
0	18	17	3	0,00	3,00	14,00	82,35
10	18	17	3	3,13	2,95	10,92	64,23
20	18	17	3	6,16	2,82	8,02	47,20
30	18	17	3	9,00	2,60	5,40	31,78
40	18	17	3	11,57	2,30	3,13	18,42
50	18	17	3	13,79	1,93	1,28	7,55
60	18	17	3	15,59	1,50	-0,09	0
0	18	18	3	0,00	3,00	15,00	83,33
10	18	18	3	3,13	2,95	11,92	66,22
20	18	18	3	6,16	2,82	9,02	50,14
30	18	18	3	9,00	2,60	6,40	35,57
40	18	18	3	11,57	2,30	4,13	22,95
50	18	18	3	13,79	1,93	2,28	12,68
60	18	18	3	15,59	1,50	0,91	5,06
0	18	19	3	0,00	3,00	16,00	84,21
10	18	19	3	3,13	2,95	12,92	68,00
20	18	19	3	6,16	2,82	10,02	52,76
30	18	19	3	9,00	2,60	7,40	38,96
40	18	19	3	11,57	2,30	5,13	27,01
50	18	19	3	13,79	1,93	3,28	17,28
60	18	19	3	15,59	1,50	1,91	10,06
0	18	20	3	0,00	3,00	17,00	85,00
10	18	20	3	3,13	2,95	13,92	69,60

Tablo 4.5 devamı

20	18	20	3	6,16	2,82	11,02	55,12
30	18	20	3	9,00	2,60	8,40	42,01
40	18	20	3	11,57	2,30	6,13	30,66
50	18	20	3	13,79	1,93	4,28	21,41
60	18	20	3	15,59	1,50	2,91	14,56
0	24	23	3,5	0,00	3,50	19,50	84,78
10	24	23	3,5	4,17	3,45	15,39	66,89
20	24	23	3,5	8,21	3,29	11,50	50,01
30	24	23	3,5	12,00	3,03	7,97	34,65
40	24	23	3,5	15,43	2,68	4,89	21,27
50	24	23	3,5	18,39	2,25	2,37	10,28
60	24	23	3,5	20,78	1,75	0,47	2,02
0	24	24	3,5	0,00	3,50	20,50	85,42
10	24	24	3,5	4,17	3,45	16,39	68,27
20	24	24	3,5	8,21	3,29	12,50	52,09
30	24	24	3,5	12,00	3,03	8,97	37,37
40	24	24	3,5	15,43	2,68	5,89	24,55
50	24	24	3,5	18,39	2,25	3,37	14,02
60	24	24	3,5	20,78	1,75	1,47	6,11
0	24	25	3,5	0,00	3,50	21,50	86,00
10	24	25	3,5	4,17	3,45	17,39	69,54
20	24	25	3,5	8,21	3,29	13,50	54,01
30	24	25	3,5	12,00	3,03	9,97	39,88
40	24	25	3,5	15,43	2,68	6,89	27,57
50	24	25	3,5	18,39	2,25	4,37	17,46
60	24	25	3,5	20,78	1,75	2,47	9,86
0	24	26	3,5	0,00	3,50	22,50	86,54
10	24	26	3,5	4,17	3,45	18,39	70,71
20	24	26	3,5	8,21	3,29	14,50	55,78
30	24	26	3,5	12,00	3,03	10,97	42,19
40	24	26	3,5	15,43	2,68	7,89	30,35
50	24	26	3,5	18,39	2,25	5,37	20,64
60	24	26	3,5	20,78	1,75	3,47	13,33

4.3 Regresyon Analizi Yöntemi ile Enerji Tüketimi Hesabı için Tahmin Eşitliğinin Geliştirilmesi

Bu bölümde, tez kapsamında incelenen İzmir ili için ofis modeline ait, simülasyon sonucunda elde edilen toplam enerji yüklerini; yön, cam duvar oranı, cam türü ve görsel etkinlik yüzdesi değişkenlerine göre yaklaşık olarak tahmin

etmeye çalışan, Çoklu Doğrusal Regresyon eşitliklerini temel alan istatistiksel modeller sunulmaktadır. Modele dahil edilecek değişkenlerin toplam enerji tüketimine etkisi, korelasyon analizi vasıtasıyla belirlenerek ve aralarında güçlü ilişki olan değişkenler modele dahil edilmiştir.

Tahmin eşitliğinin geliştirilmesinde izlenen yol şu şekilde özetlenmektedir:

- Korelasyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin saptanması,
- Regresyon analizi ile Model özeti, Anova, Katsayılar tablolarının çıkarılması,
- Yorumlama,
- Regresyon tahmin eşitliğinin geliştirilmesidir.

4.3.1 Korelasyon Analizi ile Değişkenler Arasındaki İlişkinin Saptanması

Bu bölümde, toplam enerji tüketimi ile (cam türü, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi) değişkenleri arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek için, bağımlı değişken olan toplam enerji tüketimi verileri ile bağımsız değişkenler olan yön, cam duvar oranı, cam türü ve görsel etkinlik yüzdesi; SPSS programında korelasyon analizine dahil edilerek raporlanmıştır. Cam türü değişkeni, detaylı inceleme yapılabilmesi için; T-değeri, g-değeri ve U-değeri olarak belirtilmiştir.

Tablo 4.6 Korelasyon analizi sonucu

		Korelasyon Matrisi						
		Toplam enerji tüketimi	U-değeri	T-değeri	g-değeri	yönler	cdo %	Eh%
Toplam enerji tüketimi	Korelasyon katsayısı	1	,268**	-,414**	-,218**	,091**	-,047**	-,720**
	Sig. değeri		,000	,000	,000	,000	,009	,000
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
U-değeri	Korelasyon katsayısı	,268**	1	-,080**	,479**	,000	,000	,000
	Sig. değeri	,000		,000	,000	1,000	1,000	1,000
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
T-değeri	Korelasyon katsayısı	-,414**	-,080**	1	,837**	,000	,000	,000
	Sig. değeri	,000	,000		,000	1,000	1,000	1,000
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
g-değeri	Korelasyon katsayısı	-,218**	,479**	,837**	1	,000	,000	,000
	Sig. değeri	,000	,000	,000		1,000	1,000	1,000
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
yönler	Korelasyon katsayısı	,091**	,000	,000	,000	1	,000	,000
	Sig. değeri	,000	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
cdo %	Korelasyon katsayısı	-,047**	,000	,000	,000	,000	1	,000
	Sig. değeri	,009	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
Eh%	Korelasyon katsayısı	-,720**	,000	,000	,000	,000	,000	1
	Sig. değeri	,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
	N(örnek sayısı)	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024

Değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlı olup-olmadığına, olasılık (Sig.) değerlerine bakılarak karar verilmektedir. Anlamlı bir ilişki için, olasılık değerlerinin Sig. < 0,01 ve Sig. < 0,05 olması beklenmektedir.

Yukarıda verilen tabloya göre, N yani örneklem sayısı 3024 adettir. Olasılık değerleri (Sig.) ise;

- U-değeri – toplam enerji tüketim değeri için sig.değeri = 0,000 < 0,01 (0,01 önem düzeyinde)

- T-değeri – toplam enerji tüketime değeri için sig.değeri = 0,000 < 0,01
(0,01 önem düzeyinde)
- g-değeri – toplam enerji tüketime değeri için sig.değeri = 0,000 < 0,01
(0,01 önem düzeyinde)
- yönler – toplam enerji tüketime değeri için sig.değeri = 0,000 < 0,01
(0,01 önem düzeyinde)
- cdo – toplam enerji tüketime değeri için sig.değeri = 0,009 < 0,01
(0,01 önem düzeyinde)
- Eh– toplam enerji tüketime değeri için sig.değeri = 0,000 < 0,01
(0,01 önem düzeyinde)

Tablo 4.6’da yer alan korelasyon analizindeki olasılık değerleri, belirlenen kriter değeri sağladığını için 0,01 düzeyinde önem derecesine sahiptir. Buna göre, bina modelinde toplam enerji tüketime sonuçları üzerinde; cam türü (T-değer, U- değer, g-değer), yönler, cam duvar oranı (cdo), görsel etkinlik yüzdesi (Eh) değişkenlerinin etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Tüm değişkenler, toplam enerji tüketime değer sonuçları ile istatistiksel tahmin eşitliği geliştirmek için regresyon analizine dâhil edilmiştir.

4.3.2 Regresyon Analizi ile Model özeti, Anova ve Katsayılar Tablolarının Çıkarılması

Bu bölümde, bağımsız değişken değerleri olan; cam türü (T-değer, U-değer ve g-değer), yönler, cam duvar oranı (cdo), görsel etkinlik yüzdesi (Eh) ile bağımlı değişken olan toplam enerji tüketime arasında tahmin eşitliği geliştirmek için SPSS programında regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan tablolar sırasıyla yorumlanmıştır.

Tablo 4.7 Regresyon analizine katılan değişkenler

Değişken veri girişi			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	cdo %, Eh%, yönler, T-değeri, U-değeri ^b	.	Enter

a. Bağımlı değişken: Toplam Enerji Tüketimi

Tablo 4.7’de, modele katılan bağımsız değişkenler ve regresyon modeli yöntemi tanımlanmaktadır. Tabloya göre, bağımlı değişkeni tahmin eden beş adet bağımsız değişken bulunmaktadır. Tüm değişkenler birlikte bağımsız değişken olarak modele alınmıştır.

Tablo 4.8 Model özeti tablosu

Model özeti				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	[0,870 ^a]	[0,786]	[0,786]	34,48018

a. Tahmin değişkenleri: (sabit), cdo %, Eh%, yönler, T-değeri, U- değeri

b. Bağımlı değişken: Toplam Enerji Tüketimi

İkinci tablo, model özeti tablosudur ve R, R² ve R²d değerleri bulunmaktadır. R² değerine göre bu beş bağımsız değişken, bağımlı değişkenin %78,6’sını açıklamaktadır. R² ile R²d (düzeltilmiş R² değeri) değerleri arasında fark olmadığı için, kullanılan gözlem sayısının (3024 adet simülasyon) yeterli olduğu, değişkenlerin (cdo, Eh, yönler, T-değeri, U-değeri) matematiksel modele anlamlı katkı sağladığı ifade edilmektedir (Tablo 4.8).

Tablo 4.9 Anova tablosu

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11119259,571	5	2223851,914	1870,540	[0,000 ^b]
	Residual	3588047,308	3018	1188,882		
	Total	14707306,879	3023			

Anova tablosu, regresyon modeli tablosundaki (Tablo 4.8), iki değişken arası ilişkinin derecesini gösteren R değerinin anlamlılığını sınyan varyans analizidir. Tablodaki olasılık değerinin (sig. = 0,000), 0,05' ten küçük olması, regresyon modelindeki, bağımlı ve bağımsız değişkenler arası ilişki için hesaplanan R = 0,870 değerinin anlamlı olduğunu göstermektedir. Yani toplam enerji tüketim değerleri ile simülasyonda girilen (cdo, Eh, yönler, T-değeri, U-değeri) veriler arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Ortaya çıkan regresyon modeline göre; enerji tüketimi (bağımlı değişken) ile cdo, Eh, yönler, T-değeri, U-değeri (bağımsız değişkenler) arasındaki doğrusal ilişki, istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir.

Tablo 4.10 Katsayılar tablosu

Katsayılar						
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	876,905	4,566		192,066	0,000
	u-değeri	36,613	1,399	,236	26,175	0,000
	t-değeri	-116,727	2,664	-,395	-43,819	0,000
	yönler	,063	,006	,091	10,164	0,000
	Eh%	-1,911	,024	-,720	-80,101	0,000
	cdo %	-,405	,077	-,047	-5,268	0,000

a. Bağımlı değişken: Toplam Enerji Tüketimi

Tablo 4.11 Modele dâhil edilmeyen değişken tablosu

Analize dâhil edilmeyen değişkenler						
Model	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics	
					Tolerance	
1	g-değeri	-,317 ^b	,000	1,000	,000	7,607E-014

a. Bağımlı değişken: Toplam Enerji Tüketimi

b. Modeldeki tahmin değişkenleri: (sabit), cdo %, Eh%, yönler, T-değeri, u-değeri

Katsayılar tablosu (Tablo 4.10), Regresyon denklemindeki değişkenlerin alacağı katsayı ve sabit değerleri içermektedir. Burada Constrant (B_0) denklemindeki sabit değerdir. B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 ise bağımsız değişkenlerin katsayısıdır. Std.Error, sabit ve katsayılara ilişkin standart hatalardır. Burada olasılık (Sig. değeri), sabit ve bağımsız değişkenlerin katsayısının anlamlılığıdır. Sig.<0,05 ise, katsayılar denkleme anlamlı derecede katkı sağlamaktadır. Tablodaki Sig. değerleri 0,000 olarak görülmektedir. Buna göre; U-değeri, T-değeri, yönler, Eh, cdo katsayıları, enerji tüketimini anlamlı şekilde tahminlemektedir ve tahmin eşitliği içinde bu beş değişken yer alacaktır.

g-değerinin ise, katsayılar tablosunda yer almadığı görülmektedir. Bunun iki sebebi vardır. İlk neden; korelasyon tablosundaki matriste görüldüğü üzere g-değeri ile T- değeri arasında korelasyon katsayısı (Pearson Correlation) 0,837'dir. Bu değer, iki değişken arasında yüksek düzeyde pozitif yönlü ilişki olmasını ifade etmektedir. Regresyon analizinde ise; bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunu olmaması gerekmektedir. Buna bağlı olarak regresyon analizi, T-değerini daha önemli görerek g-değerini model dışı tutmaktadır. İkinci neden ise; Tablo 4.11'de, g-değerinin olasılık değeri (Sig.) 1,000 olarak görülmektedir. Buna bağlı olarak, g-değerinin denklemi anlamlı şekilde tahminlemediği sonucu ortaya çıkmaktadır ve bu nedenle g-değeri analiz dışında kalmıştır.

4.3.3 Yorumlar

Korelasyon ve regresyon analizi sonucunda tüm tablolar incelendiğinde;

Korelasyon analizi sonucunda; enerji simülasyonu sonucunda elde edilen toplam enerji tüketim verileri üzerinde, analize katılan tüm parametrelerin (Eh, T-değeri, U-değeri, g-değeri, yönler, cdo) etkisinin olduğu görülmektedir (Tablo 4.6).

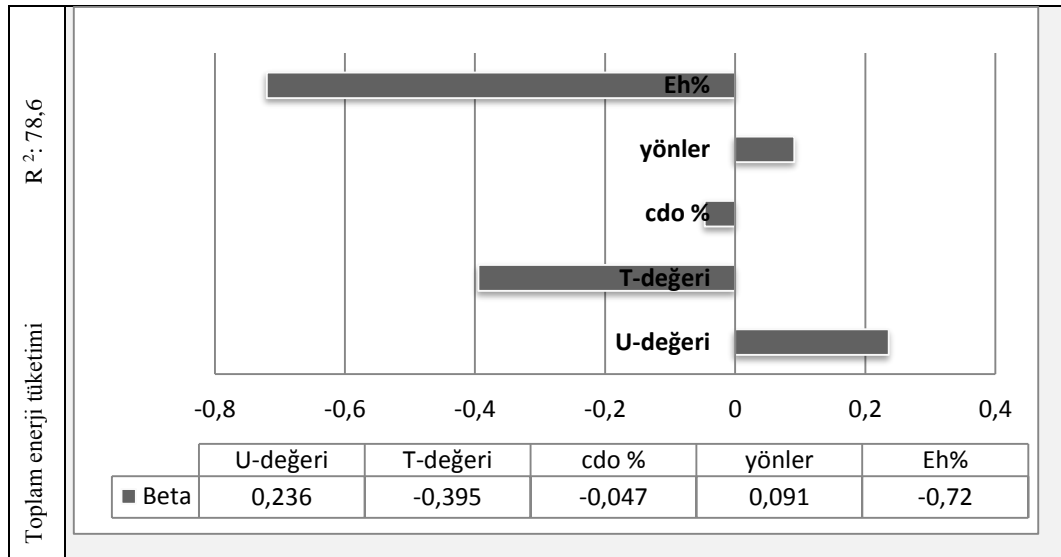
Analiz bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon açısından değerlendirildiğinde; U ve g-değeri için korelasyon katsayısı 0,479, T ve g-değeri için korelasyon katsayısı 0,837'dir ve bu değişken çiftleri arasında güçlü ilişki vardır.

Regresyon analizi sonucunda; bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesinin 0,786 olduğu, bu beş bağımsız değişkenin bağımlı değişkenin %79'unu açıkladığı görülmektedir.

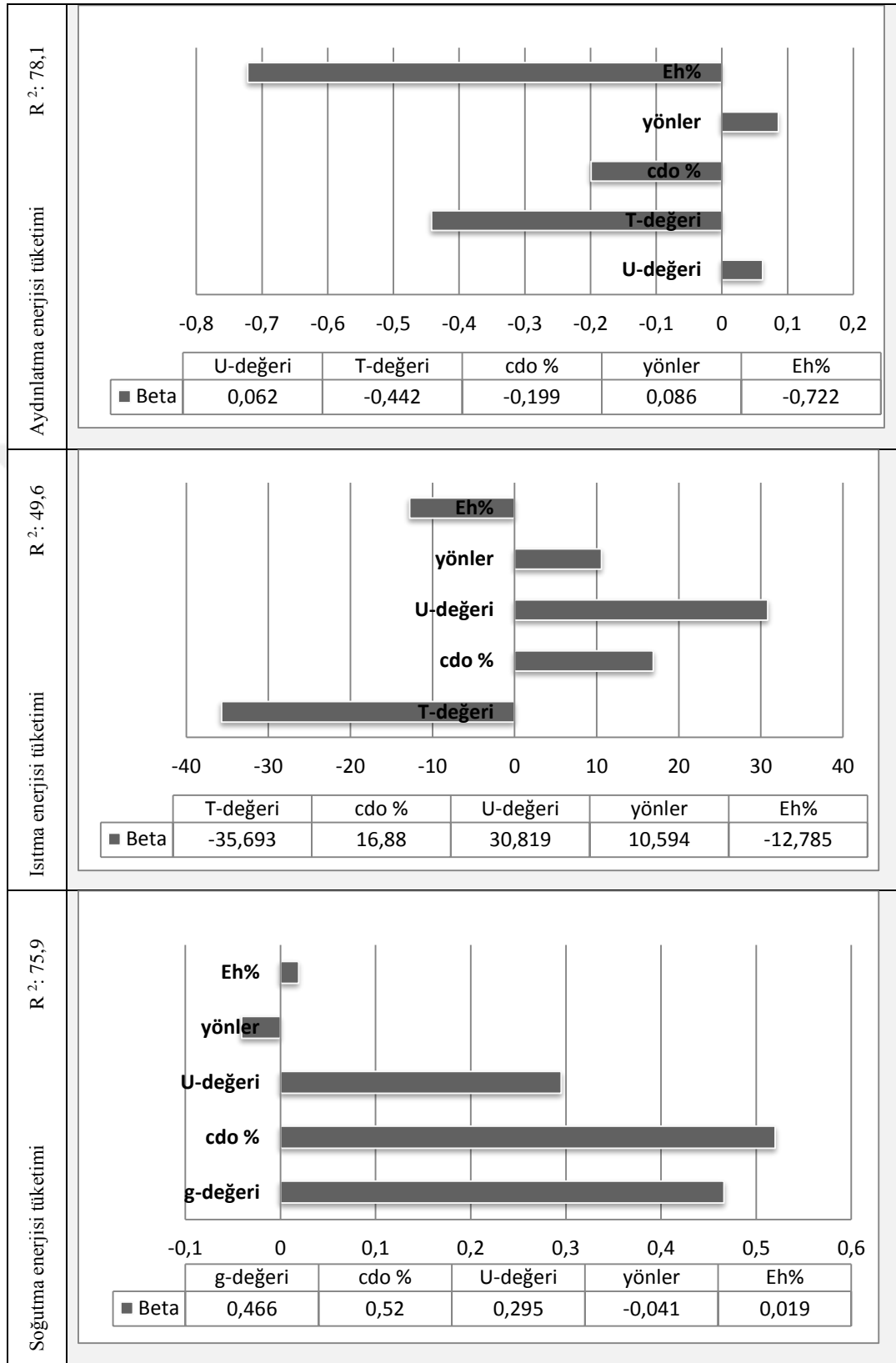
Anova tablosuna göre sig. = 0,000 yani (sig. < 0,05) olmakta, buna bağlı olarak hesaplanan R = 0,870 değerinin yani, enerji tüketimi ile 'cam türü (T-değeri, U-değeri), yönler, cam duvar oranı (cdo), görsel etkinlik yüzdesi (Eh)' arasındaki doğrusal ilişkinin anlamlı düzeyde olduğu ifade edilmektedir (Tablo 4.9).

Katsayılar tablosuna göre, cam türü (T-değeri, U- değeri), yönler, cam duvar oranı (cdo), görsel etkinlik yüzdesi (Eh)' ne ait katsayıların, regresyon eşitliğine, anlamlı derecede katkı sağladığı görülmektedir. Aynı tabloda g-değeri katsayısı yer almamakta ve buna bağlı olarak denkleme önemli bir katkısının olmaması nedeniyle regresyon eşitliğine dâhil edilmeyecektir (Tablo 4.10).

Tablo 4.12 Modele ait tasarım parametrelerinin; toplam enerji tüketimi, aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerji yükü üzerine etkileri



Tablo 4.12 devamı



Yapı kabuğu tasarım parametrelerinin enerji tüketimine etkisini görebilmek için, Tablo 4.12’de yer alan grafikler çizilmiştir. Bu grafikler; toplam enerji tüketimi, aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerji tüketim verileri üzerinde etkin olan tasarım değişkenlerini göstermektedir. Her bir enerji tüketim değeri üzerinde, yapı kabuğu tasarım parametreleri, göreceli önem değerlerine (beta) göre tek tek analiz edildiğinde;

- Toplam enerji tüketim değerleri ile camın U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi değerleri arasındaki R^2 değeri 78,6’dır (Tablo 4.12). Toplam enerji tüketimi sonuçlarının %78,6’ ı; U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesindeki değişimle açıklanmaktadır. Yapı kabuğu tasarım parametrelerinin toplam enerji tüketimine etkisi, göreceli önem düzeylerine bağlı olarak grafik haline getirilmiştir. Buna göre; görsel etkinlik yüzdesi, camın T ve U-değeri yüksek beta değerlerine sahip değişkenler olup, toplam enerji tüketiminde büyük etkiye neden olmaktadır. Yapı kabuğu tasarımında toplam enerji tüketimi açısından, camın teknik özellikleri ve görsel etkinlik yüzdesi yani gölgeleme elemanının boyutsal parametreleri birlikte ele alınarak değerlendirilmelidir.
- Aydınlatma enerji tüketimi ile camın U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi değerleri arasındaki R^2 değeri 78,1’dir (Tablo 4.12). Bu değer, aydınlatma enerjisi üzerindeki değişimin %78,1’ inin; U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu değişkenlerin aydınlatma enerjisi üzerindeki etkisi açısından göreceli önem düzeyleri incelendiğinde; görsel etkinlik yüzdesi üzerindeki değişimin çok büyük oranda etkiye neden olduğu ifade edilmektedir. İkinci önem düzeyi açısından T-değeri etkin olurken, cam duvar oranı üçüncü sırada önem derecesine sahiptir. Bu durum, günışığının saydam yüzeyden geçme oranını belirleyen; tasarım, boyutsal ve teknik parametrelerin önemine işaret etmektedir. Görsel etkinlik yüzdesi, T-değeri miktarı ve cam duvar oranı ne kadar artarsa içeriye giren doğal ışık miktarı artarak, yapay aydınlatma miktarını düşürmektedir.

- Isıtma enerji tüketimi ile camın U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi değerleri arasındaki R^2 değeri 49,6'dır (Tablo 4.12). Bu değer, ısıtma enerjisi üzerindeki değişimin % 49,6'sının; U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi ile açıklanabildiğini; yaklaşık %50'lik açıklanamayan kısmın ise, başka değişkenler ile açıklanacağını göstermektedir.

Isıtma enerjisi, yapı kabuğunda gerçekleşen ısı transferi ile şekillenmektedir. Dolayısıyla opak ve saydam yüzeylerin teknik ve boyutsal özellikleri, ısı transferinin belirleyicisidir. Bu çalışma kapsamında saydam yüzeye ait değişkenler üzerinde parametrik çalışma gerçekleştirilmiş, opak yüzeyler için tek alternatif belirlenmiştir. Bundan dolayı ısıtma enerji yükü üzerindeki açıklanabilirlik oranını arttırmak için, opak yüzey alternatiflerinin de incelenmesi gerekmektedir. Saydam yüzey açısından ise en etkili parametrenin, camın T ve U- değeri olduğu görülmektedir.

- Soğutma enerji tüketimi ile camın U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi değerleri arasındaki R^2 değeri 75,9'dur (Tablo 4.12). Bu değer, soğutma enerjisi üzerindeki değişimin % 75,9'luk kısmının; U ve T-değeri, cam duvar oranı, yönler, görsel etkinlik yüzdesi ile açıklanabildiğini ifade etmektedir. Soğutma enerjisi tüketimi üzerinde göreceli önem düzeyleri arasında kıyaslama yapıldığında, cam duvar oranı ve camın g-değeri, en önemli yapı kabuğu tasarım parametresidir. Cam yüzeyin güneş enerjisi kazanç katsayısı ve alan miktarındaki artışla doğru orantılı olarak daha çok enerji iç mekâna alınmakta, soğutma yükü miktarı da artmaktadır.

4.3.4 Regresyon Tahmin Eşitliğinin Geliştirilmesi

Bu çalışma kapsamında, bağımlı değişkenin (y = toplam enerji tüketimi) alacağı değerler, bağımsız değişkenlerin (X_1 = u-değeri, X_2 = t-değeri, X_3 = yönler, X_4 =

Eh, $X_5 = cdo$) alacağı değerlere bağlı olarak ifade edilmek üzere, değişkenler arasındaki ilişki, bir Çoklu doğrusal regresyon denklemiyle ifade edilmektedir.

Bu denklem;

$$Y = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 + B_3 * X_3 + B_4 * X_4 + B_5 * X_5 \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Tablo 4.10'da yer alan değişken katsayıları; yani ($B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$) değerleri Formül 4.5'te yerine konduğunda ortaya çıkan eşitlik şu şekildedir:

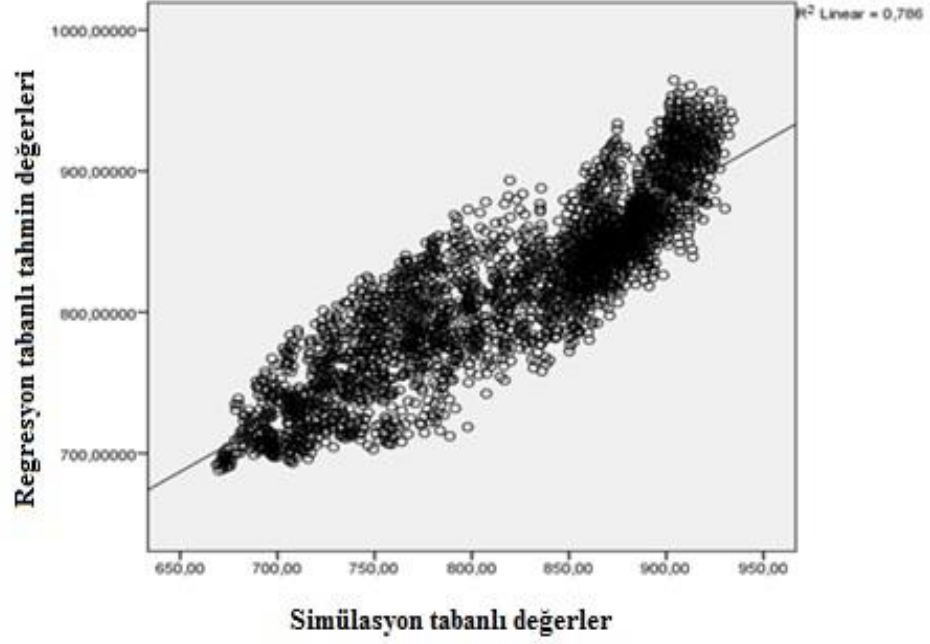
$$Y = 876,905 + (36,613) * X_1 + (-116,727) * X_2 + (0,0639) * X_3 + (-1,911) * X_4 + (-0,405) * X_5 \quad (4.6)$$

Formül 4.6'da yer alan bağımsız değişkenler (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5); (u-değeri, t-değeri, yönler, Eh, cdo) olarak ifade edildiğinde ise toplam enerji tüketimi için eşitliğin son hali ortaya çıkmaktadır (formül 4.7):

$$\text{Toplam enerji tüketim değeri} = 876,905 + (36,613) * u\text{-değeri} + (-116,727) * t\text{-değeri} +$$

$$(0,0639) * \text{yönler} + (-1,911) * Eh + (-0,405) * cdo \quad (4.7)$$

Bir sonraki aşamada belirlenen formülde değişkenler simülasyon sırasına göre yerine konarak tahmin değerleri oluşturulabilir. Ortaya çıkan tahmin değerleri ile simülasyon sonucu elde edilen toplam enerji tüketim değerleri arasındaki ilişki için saçılma diyagramı Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Bu diyagrama göre eşitlik (Formül 4.7) sonucu ortaya çıkan toplam enerji tüketim değerleri ile simülasyon sonucu elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3 Saçılma diyagramı

4.4 Gölgeleme Elemanları için Enerji Tahmin Aracı Programının Yazılması

Tezin bu bölümünde, kullanıcılar için kullanım kolaylığı sağlaması ve kolay ulaşılabilirlik açısından avantajlı olması açısından, geliştirilen regresyon tahmin eşitliği Visual Basic programı ile yazılım haline dönüştürülerek, web tabanlı kullanıcı arayüzüne sahip bir enerji tahmin aracı olarak tasarlanacaktır.

Enerji tahmin aracının görsel arayüzünü oluşturan değişkenler:

- Kanat açısı (angle)
- Kanatlar arası mesafe (kam) (vertical spacing)
- Kanat derinliği (kd) (blade depth)
- Kanat kalınlığı (kk) (blade tickness)
- Yönlenme (site orientation)
- Cam-duvar oranı (window to wall ratio)
- Cam türü (glazing type)'dür.

Değişkenlerin veri girişinin ardından, toplam enerji tüketim değerini tahmin için bir önceki bölümde Regresyon analizi ile üretilen matematiksel ifade kullanılmıştır (Formül 4.7).

$$\text{Toplam enerji tüketim değeri} = 876,905 + (36,613) * \mathbf{u\text{-değeri}} + (-116,727) * \mathbf{t\text{-değeri}} + (0,0639) * \mathbf{yönler} + (-1,911) * \mathbf{Eh} + (-0,405) * \mathbf{cdo} \quad (4.7)$$

Formül 4.7’ de, gölgeleme elemanı tasarım değişkenleri olan; açı, kam, kd, kk değerleri yerine; görsel etkinlik yüzdesi (Eh), tek parametre olarak ifade edilmiştir.

Enerji hesaplama aracının görsel arayüzünde ise; kullanıcı ve tasarımcılara kullanım kolaylığı sağlaması açısından görsel etkinlik yüzdesi (Eh), yazılımın arka planından farklı olarak; (açı ($\sin(\alpha)$), kam, kd, kk) olacak şekilde ayrı ayrı gösterilmiştir (Şekil 4.4). Mimarlar tasarlamak istedikleri gölgeleme elemanlarının özelliklerini bu ekrandan girerek toplam enerji tüketimini tahmini olarak görecekler; programın arka yüzünde ise, bu değişkenler Formül 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ile görsel etkinlik yüzdesine çevrilerek Formül 4.7’de kullanılacaktır.

$$\mathbf{a} = \mathbf{kd} \cdot \mathbf{\sin(\alpha)} \quad (4.1)$$

$$\mathbf{c} = \mathbf{kk} \cdot \mathbf{\cos(\alpha)} \quad (4.2)$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{kam} - (\mathbf{a} + \mathbf{c}) \quad (4.3)$$

$$\mathbf{Eh} = (\mathbf{b} / \mathbf{kam}) \quad (\text{Zorer Gedik, 2002}) \quad (4.4)$$

Energy Consumption Predictor for Shading Devices

Values

Angle : 0

Vertical Spacing (cm) : 0,1

Blade Depth (cm) : 0

Thickness Of Blades (cm) : 0,0

Site Orientation : 0,0

Window to Wall Ratio : 0

Glazing Type :

Glazing U Value : 0,00

Glazing T Value : 0,00

Calculate Reset

Result

Energy Consumption : kWh/year

Şekil 4.4 Gölgeleme elemanları için enerji tüketimi tahmin aracı görsel arayüzü

Şekil 4.4' te yer alan görsel arayüz incelendiğinde; değerler (Values) ve sonuç (Result) olmak üzere iki kısımdan oluştuğu görülmektedir. Değerler kısmında; kullanıcı ve tasarımcının tasarlayacağı gölgeleme elemanı için tasarım parametreleri, pencerenin baktığı yön, cam-duvar oranı ve cam türü değerlerini gireceği alan yer almaktadır. Bu alanda, kanat derinliği, kanatlar arası mesafe ve kanat derinliği için değerler cm cinsinden girilmektedir. Girilen değerlere bağlı olarak Calculate butonu tıklandığında Formül 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.7'ye göre hesaplama yapılarak, Energy Consumption kutucuğunda kWh/year olarak enerji tüketim değeri görülmektedir.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, Türkiye'nin İzmir ili içindeki ofis binaları için ön proje aşamasında, yapı kabuğunda yönler, cam-duvar oranı ve cam türü seçimine bağlı olarak tasarlanacak gölgeleme elemanı kullanımında parametre özellikleri değişimiyle, yapının toplam enerji yükünde(ısıtma-soğutma-aydınlatma)oluşacak değişimi öngörmek için; enerji analizi sonuç verilerini baz alan istatistiksel tahmin eşitliği geliştirilerek; bu formüle bağlı pratik bir enerji tahmin aracı tasarlanmıştır.

Ofis modeline ait geometri, yönler, cam-duvar oranı, cam türünün özellikleri (g-değeri, U-değeri, T-değeri), gölgeleme elemanının özellikleri (açı, kanat derinliği(kd), kanatlar arası mesafe(kam), kanat kalınlığı(kk)) değişkenleri için simülasyon veri girişi, Bölüm 4'te yer alan Tablo 4.1'deki değer aralıklarına göre girilmiştir.

Simülasyon programına girilen senaryolar ile 56 m³ hacim alanına sahip ofis binasının, 1 yıllık ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır ve 3024 adet simülasyon gerçekleşmiştir. Simülasyon aşamasından sonra gölgeleme elemanına ait boyutsal parametreler (açı, kanat derinliği (kd), kanatlar arası mesafe (kam), kanat kalınlığı (kk)); görsel etkinlik yüzdesi (Eh) ifadesi altında toplanarak tek bir değişken haline getirilmiştir.

Görsel etkinlik yüzdesi, cam türü, cam duvar oranı, yönler ve toplam enerji tüketim verileri Excel tablosunda, SPSS programına aktarılmak üzere toplanmıştır.

SPSS programında öncelikle değişkenler arasındaki ilişkiyi görebilmek ve regresyon analizine dahil edilecek değişkenleri belirlemek için korelasyon analizi, sonraki adımda geliştirilecek olan eşitlikte değişkenlerin katsayısını ve toplam enerji tüketimi üzerinde etkili olan yapı kabuğu parametrelerinin önem düzeyini saptamak için, regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Korelasyon analiz tablosuna göre, toplam enerji tüketimi bağımlı değişkeni ile cdo, Eh, yönler, U-değeri, T-değeri, g-değeri bağımsız değişkenleri arasındaki önem düzeyini ifade eden olasılık(Sig). ve ilişki düzeyini belirleyen korelasyon(r) değerleri incelendiğinde;

- Tüm değişkenler, 0,01 önem düzeyinde etkiye sahip olmaktadır ve regresyon analizinde değerlendirmeye alınmıştır
- U ve g-değeri için korelasyon katsayısı 0,479'dir. T ve g-değeri için korelasyon katsayısı 0,837'dir ve bu değişken çiftleri arasında güçlü ilişki olduğu için çoklu bağlantıdan söz edilmektedir. Regresyon analizinde ise; bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunu olmaması gerekmektedir. Bu değişkenlerden hangisi ya da hangilerinin model dışında tutulacağı regresyon analizinde katsayılar tablosunda Sig. değerlerine göre ortaya çıkmaktadır.

Korelasyon analizi sonucunda ise değişkenler, toplam enerji tüketim verileri ile birlikte SPSS programında regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Regresyon analizi sonucunda dört adet tablo ortaya çıkmaktadır. Bunlar:

- Değişken veri girişi tablosu; Korelasyon analizi sonucunda karar verilen değişkenlerden hangilerinin regresyon analizine dahil olduğunu gösteren tablodur. Bu tez kapsamında tüm değişkenler regresyon analizine dahil edilmiştir.
- Model özeti tablosu; analize dair R, R^2 ve R^2 'd değerlerini gösteren tablodur. Değişkenler arasındaki ilişki değeri yani R değeri 0,870'dir. R^2 değeri ise %78,6 yani toplam enerji tüketim değerinin %78,6'sını; camın T-değeri, U-değeri, cam duvar oranı, görsel etkinlik yüzdesi, yön değişkenleri ile açıklayabilmektedir. Aynı zamanda R^2 ve R^2 'd arasında fark olmadığı için simülasyon sayısının yeterli olduğu ve denkleme anlamlı katkıları olan değişkenlerin modele dahil edildiği sonucuna varılmaktadır.

- Anova tablosu, korelasyon ilişkisini tanımlayan R değerinin anlamlılığını ifade eder. Burada Sig. değerinin 0,05' ten küçük olması beklenir. Yapılan analiz sonucunda bu değer 0,000'dir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu ifade edilmektedir. Buna göre, toplam enerji tüketimi ile cam-duvar oranı, görsel etkinlik yüzdesi, yönler, cam türü arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- Katsayılar tablosu, enerji tüketimi tahmini için geliştirilen eşitlikte, bağımsız değişkenlerin ve sabit katsayının alacağı değerleri gösteren tablodur. Aynı zamanda bu katsayıların formüle vereceği katkıyı gösteren olasılık (Sig.) değerleri de görülmektedir. İncelenen değişkenin formüle anlamlı düzeyde katkı sağlaması için olasılık (Sig.). değerinin 0,05' ten küçük olması gerekir. Modelde ortaya çıkan katsayılar tablosuna göre, hemen hemen tüm değişkenler bu kriteri karşılamaktadır. Camın g-değeri ise tabloda yer almamakta ve buna bağlı olarak oluşturulacak formülde önemli ölçüde katkısının olmayacağı söylenebilmektedir. Bunun nedeni, korelasyon tablosunda g ve T-değeri arasında güçlü ilişki nedeniyle çoklu bağlantı sorunu olmasıdır. Regresyon analizi bu noktada T-değerini olasılık (Sig.) değeri açısından daha önemli bulmuş ve g-değerini kapsam dışında tutarak modele dâhil etmemiştir. Katsayılar tablosu aynı zamanda toplam enerji tüketimi üzerinde etkili olan parametrelerin önem düzeyini Beta katsayısı ile göstermektedir.
- Analize dâhil edilmeyen değişkenler tablosunda ise, g-değerinin kapsam dışında tutulduğu gösteren tablodur. Bunun nedeni ise g-değeri değişkeni için sig. değerinin 1 olması ve denklemi anlamlı şekilde açıklamamasıdır.

Yukarıda bahsedilen yaklaşıma bağlı olarak mimarlar ve kullanıcılar, ofis yapıları için gölgeleme elemanı ön tasarımı aşamasında, toplam enerji tüketim değerlerini geliştirilen istatistiksel metot ile yaklaşık olarak görebilecektir. Tasarlanan enerji tüketim tahmin aracı ise tasarımcılara uygulama kolaylığı tanımaktadır. Bu araç, yapı kabuğu tasarım parametrelerinin enerji performansı üzerine etkisini kıyaslamalı

olarak göstererek, enerji tüketimi açısından en uygun parametre özelliğinin belirlenmesine yardımcı olmakta ve ön tasarım aşamasında fikir vermektedir.

Geliştirilen denklem, ofislerde tasarlanacak olan gölgeleme elemanlarının alt parametreleri ile değerlendirilmesine olanak tanımakta aynı zamanda cam türü, cam duvar oranı ve pencerenin baktığı yön ile bütüncül tasarım imkânı sunarak toplam enerji tüketimindeki değişikliğin görülmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca önerilen yaklaşım, tasarımın başlangıcında hangi parametrelerin enerji tüketimi üzerine etkisinin daha fazla olduğunu, hangi değişkene öncelik verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmakta ve yol gösterici olmaktadır.

Çalışmada toplam enerji tüketim değerinin %78,6'sının, yapı kabuğunda tasarlanacak gölgeleme elemanı, cam türü, cam duvar oranı ve yönlere bağlı açıklanabildiği sonucu çıkmıştır. Tez kapsamında şeffaf yüzey elemanlarına ait özellikler değiştirilmiş, opak yüzey için tek alternatif kullanılmıştır. İlerideki çalışmalarda, opak yüzey için farklı alternatifler ile analiz yapılarak; toplam enerji tüketimi üzerinde açıklanmayan yüzdeye katkısı, benzer yaklaşım ile belirlenebilir.

Bu çalışma İzmir ili için, tek bir iklim bölgesinde gerçekleşmiştir. Benzer çalışma farklı iklim bölgeleri için yapılarak, her iklim için ayrı ayrı formül geliştirilip en önemli yapı kabuğu tasarım parametreleri saptanabilir.

KAYNAKLAR

- Akademidestek. (b.t). 15 Mayıs 2017,
<http://www.akademidestek.com/blogicerik/spss-nedir-ne-ise-yarar-1>
- Akyıldız, M. (2009). *Regresyon Analizi*. 08 Temmuz 2017
,<http://www.istatistik.gen.tr>
- Alpar, R. (2003). *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemlere giriş* (2.Baskı).
Ankara: Nobel Basımevi.
- Ayçam, İ.ve Utkuğ, G. S. (1999). Farklı malzemelerle üretilen pencere tiplerinin ısı performanslarının incelenmesi ve enerji etkin pencere seçimi. *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi* (61-73). İzmir: Makina Mühendisleri Odası.
- Bayraktar, N. T. (2008). *Gölgeleme Araçlarının Mekanın Toplam Sogutma Yükleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Geliştirilen Yöntem*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bülow-Hübe, H. (2000). Office worker preferences of exterior shading devices:pilot study. *EuroSun* , 19-22.
- Can, A. (2017). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (4. Baskı).
İstanbul: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Çoban, M. (1999). *Güneş-Mimari Tasarım İlişkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Bölümü, YTÜ, İstanbul.
- Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14 (2), 121-134.
- Dubois, M.-C. (1997). *Solar Shading and Building Energy Use, Building Science, A literature Review, Part 1*. Lund(Sweden): Lund Institute of Technology Department of Building Science, Report TABK-97/3049.

- Efe, E., Bek, Y.ve Şahin, M. (2000). *SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II*. Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Rektörlüğü, Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi (Baum).
- Eicker, U. (2009). *Low energy cooling for sustainable buildings*. Germany: John Wiley & Sons.
- EnergyPlus Documentation Engineering Reference*. (b.t). 04 Eylül 2017 ,EnergyPlus:https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs_v8.3.0/EngineeringReference.pdf
- Galasiu, A. D. ve Veitch J. A. (2006). Occupants Preferences And Satisfaction With The Luminous Environment and Control Systems in Daylight Offices: A Literature Review, *Energy and Buildings*, 38, 728-742.
- Gedik, G. Z. (2002). An approach to designing an optimal shading device. *Architectural Science Review*,45, 285-293.
- Grafikerler.org. (b.t). 27 Mart 2017, <http://www.grafikerler.org/forum/konu/visual-basic-anlatimi.4166>.
- Grynning, S., Time, B., & Matusiak, B. (2014). Solar shading control strategies in cold climates – heating, cooling demand and daylight availability in office spaces. *Solar Energy(elsevier)*,107, 182-194.
- Gutierrez, G.ve Labaki, L. (2007). An experimental study of shading devices: orientation typology and material. *Buildings X*, 1-7.
- Haglund, K. (b.t). *Commercialwindows*. 02 Kasım 2016, <https://www.commercialwindows.org/contact.php>
- Kaçel, S. (2008). *Kontrol Sistemlerinin Aydınlatma Enerjisi Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Bir Ofis Binası Örneği İle Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Kalemci, B. (2005). *Türkiye'de Değişik Yönlerde Bakan Pencereleere Yatay Ve Düşey Dış Gölgeleme Elemanı Tasarımı İçin Bir Yaklaşım*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kalfa, S. M. (2014). *Türkiye İklim Bölgelerinde Konut Binaları İçin Isıtma Ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Karlsen, L., Heiselberg, P., Bryn, I.ve Johra, H. (2016). Solar shading control strategy for office buildings in cold climate. *Energy and Buildings*, 118, 316–328.
- Khezri, N. (2012). *Comparative Analysis of PV Shading Devices for Energy Performance and Daylight*. Master Of Science, Faculty of Architecture and Fine Art Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Kılıç Demircan, R.ve Gültekin, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. 2. *Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu ISBS-2015* (s. 10(1) 36-51). TÜBAV Bilim.
- Kılıçarslan, D. D. (2013). *Optimizing The Fenestration Of Typical Turkish School Building With Respect To Daylight And Thermal Performance*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Köroğlu Isin, N., Alaloğlu, M., Erdoğan, A.ve Acar, L. (2011). Saatlik analiz programı. *Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klim, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi*, 1-7.
- Kwok, A. G.ve Grondzik, W. T. (2007). The green studio handbook:Environmental strategies for schematic design. *ARCC Journal*, 4(2), 43-51.
- Levine, D., Berenson, M.ve Stephan, D. (1997). *Statistics for managers using microsoft excel*. Prentice-Hall Press.

- Li, Z.ve Yao, J. (2012). Solar shading performance of different louver shading materials in hot summer and cold winter zone. *Applied Mechanics and Materials*,164, 77-80.
- Littlefair, P. (1999). *Solar shading of building*. Garston,UK.: Building Research Establishment.
- Littlefair, P., Ortiz, J.ve Bhaumik, C. (2010). A simulation of solar shading control on UK office energy use. *Building Research And Information*, 638-646.
- Miguel, A. F. (2008). Constructal design of solar energy based systems for buildings. *Energy and Buildings*, 40 , 1020-1030.
- Ofluoğlu, S. (2018). www.sayisalmimar.com. 09 Şubat 2018 ,http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/bpa_01_seminer.pdf
- Olgay, V. (1957). *Solar control and shading devices*. Princeton: Princeton University Press.
- Özyer, N. S. (2017). *Cephede Dıştan Kullanılan Gölgeleme Elemanları Ve Uygulama Yöntemlerinin Örnekler Üzerinden İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Santos, I. P., Laustsen, J. B.ve Svendsen, S. (2008). Characterization and performance evaluation of solar shading. *Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark*.
- Sayın, S. (2006). *Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Sciuto, S. (1998). Solar Control: An integrated approach to solar control techniques. *Renewable Energy*, 15(1-4), 368-376.
- Sezer, F. Ş. (2005). Farklı cam türlerinin performans kriterlerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*,10(1), 15-21.

- Singh, S., Martinez, A., Kensek, K.ve Schiler, M. (2012). Comparison of two different simulation programs while calibrating the same building. *Fifth National Conference of IBPSA-USA* (128-135). Madison, Wisconsin: SimBuild.
- Szokolay, S. (2008). *Introduction to architectural science, Second Edition: The Basis of Sustainable Design*. Mishawaka: Architectural Press.
- Şahinler, S. (2000). En küçük kareler yöntemi ile doğrusal regresyon modeli oluşturmanın temel prensipleri. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5(1-2), 57-73.
- Tabachnick, B.ve Fidell, L. (2001). *Using multivariate statistics*. New York: Harper Collins.
- Tzempelikos, A.ve Athienitis, A. (2007). The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. *Solar Energy*, 369-382.
- U.S. Energy Information Administration, *2012 Commercial Building Energy Consumption Survey: Energy Usage Summary*. (2012). 05 Nisan 2018, <https://www.eia.gov/consumption/commercial>
- Utkutuğ, G. (1999). Binayı oluşturan sistemler arasındaki etkileşim ve ekip çalışmasının önemi, Mimar-Tesisat Mühendisi işbirliği. *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. İzmir.
- Van Meel, J. (2000). *The European office: Office design and national context*. Delft: 010 Publishers.
- Wachberger, M. (1988). *Güneş ve Konut*. Ankara: Yaprak Kitapevi.
- Yaman, M.ve Gökçe, G. (2009). Statik ve dinamik hesaplama metodları ile binalarda enerji performans değerlendirmesi, ölçüm değerleri ile karşılaştırılması. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. İzmir.
- Yener, A. (1996). *Pencereleere uygulanan gölgeleme araçlarının tasarımıda iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanması amacıyla kullanılabilecek bir yaklaşım*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yıldız, Y. (2012). *Sensitivity And Uncertainty Analysis to Reduce Cooling Requirement of Lowrise Apartment Blocks in The Hot-Humid Climate Region of Turkey*. Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.

Yüksel, G. (2009). *Evaluating The Energy Efficient Solar Control Strategies On Building Facades Through A Case Study*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Zorer, G. (1992). *Yapılarda ısısal tasarım ilkeleri*. Yıldız Teknik Üniv. (YTÜ) Mimarlık, İstanbul.



EKLER

EK-1: Aydınlatma Enerjisi Tüketimi Üzerinde, Yapı Kabuğu Tasarım Parametrelerinin Etkisini Gösteren Regresyon Analizi Tabloları

Model özeti aydınlatma enerjisi tüketimi					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
1	,878 ^a	,781	,781	32,56135	

a. Bağımsız değişkenler: (Constant), cdo %, yönler, t-değeri, Eh%, u-değeri

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10801095,932	5	2160219,186	2037,478	,000 ^b
	Residual	3199809,773	3018	1060,242		
	Total	14000905,705	3023			

a. Bağımlı değişken: Aydınlatma Enerjisi Tüketimi
b. Bağımsız değişkenler: (Constant), cdo %, yönler, t-değeri, Eh%, u-değeri

Katsayılar ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	338,151	4,312		78,429	,000
	u-değeri	9,339	1,321	,062	7,070	,000
	t-değeri	-127,487	2,516	-,442	-50,678	,000
	yönler	,058	,006	,086	9,863	,000
	Eh%	-1,869	,023	-,722	-82,928	,000
	cdo %	-1,655	,073	-,199	-22,815	,000

a. Bağımlı değişken: Aydınlatma Enerjisi Tüketimi

EK-2: Isıtma Enerjisi Tüketimi Üzerinde, Yapı Kabuğu Tasarım Parametrelerinin Etkisini Gösteren Regresyon Analizi Tabloları

Model özeti ısıtma enerjisi tüketimi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,705 ^a	,496	,496	6,15810

a.Bağımsız değişkenler: (Constant), cdo %, yönler, t-değeri, Eh%, u-değeri

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	112806,647	5	22561,329	594,938	,000 ^b
	Residual	114449,130	3018	37,922		
	Total	227255,777	3023			

a. Bağımlı değişken: Isıtma Enerjisi Tüketimi

b.Bağımsız değişkenler: (Constant), cdo %, yönler, t-değeri, Eh%, u-değeri

Katsayılar^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	372,720	,815		457,091	,000
	u-değeri	7,699	,250	,399	30,819	,000
	t-değeri	-16,981	,476	-,463	-35,693	,000
	yönler	,012	,001	,137	10,594	,000
	Eh%	-,054	,004	-,165	-12,785	,000
	cdo %	,232	,014	,218	16,880	,000

a.Bağımlı değişken: Isıtma Enerjisi Tüketimi

EK-3: Soğutma Enerjisi Tüketimi Üzerinde, Yapı Kabuğu Tasarım Parametrelerinin Etkisini Gösteren Regresyon Analizi Tabloları

Model özeti soğutma enerjisi tüketimi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,842 ^a	,759	,759	8,62554

a. Bağımsız değişkenler: (Constant), cdo %, yönler, g-değeri, Eh%, u-değeri

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	547147,563	5	109429,513	1470,829	,000 ^b
	Residual	224538,877	3018	74,400		
	Total	771686,441	3023			

a. Bağımlı değişken: Soğutma Enerjisi Tüketimi

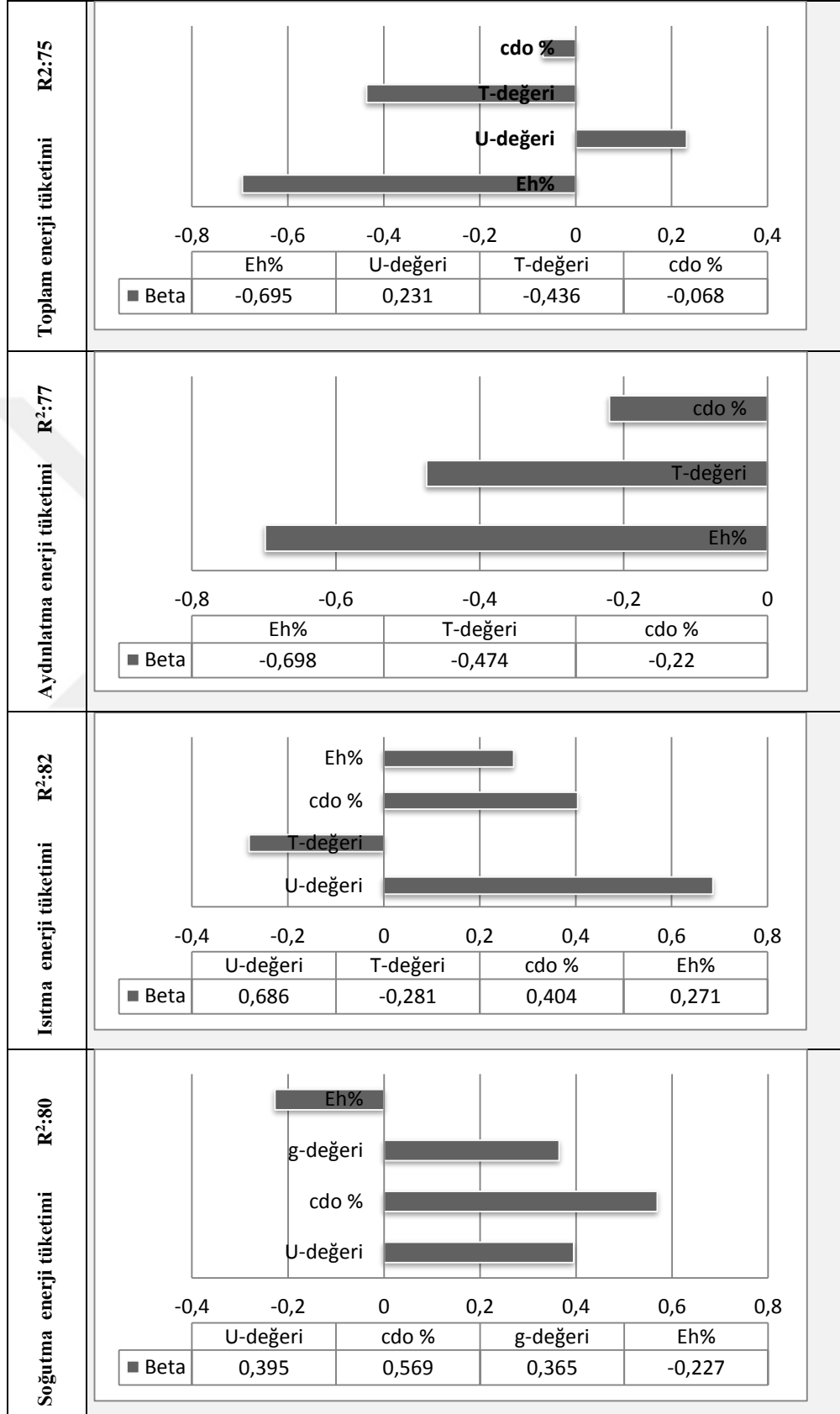
b. Bağımsız değişkenler: (Constant), cdo %, yönler, g-değeri, Eh%, u-değeri

Katsayılar^a

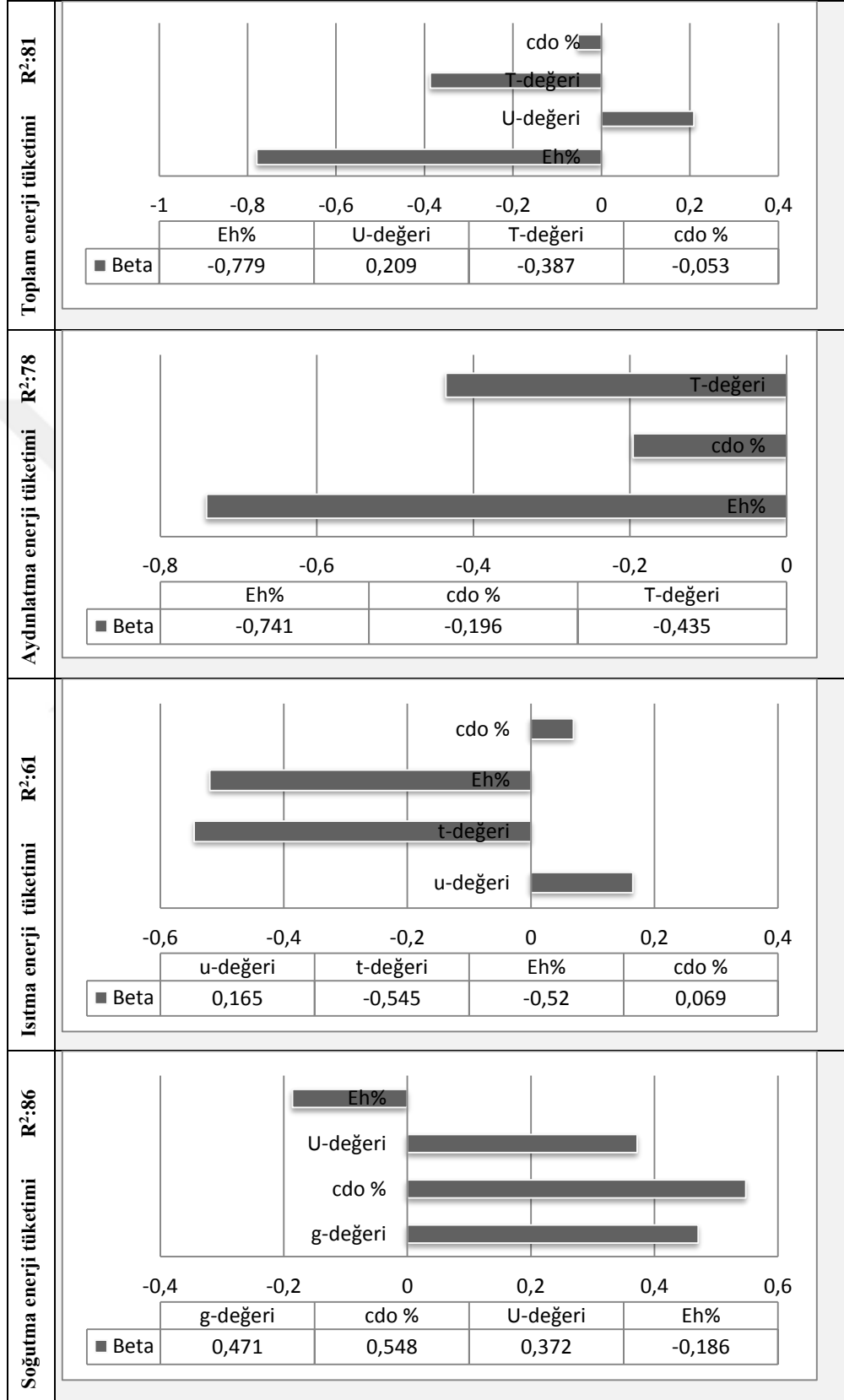
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	181,826	1,060		171,468	,000
	g-değeri	41,829	1,004	,466	41,657	,000
	cdo %	1,018	,019	,520	52,990	,000
	u-değeri	10,494	,397	,295	26,409	,000
	yönler	-,006	,002	-,041	-4,156	,000
	Eh%	,012	,006	,019	1,983	,047

a. Bağımlı değişken: Soğutma Enerjisi Tüketimi

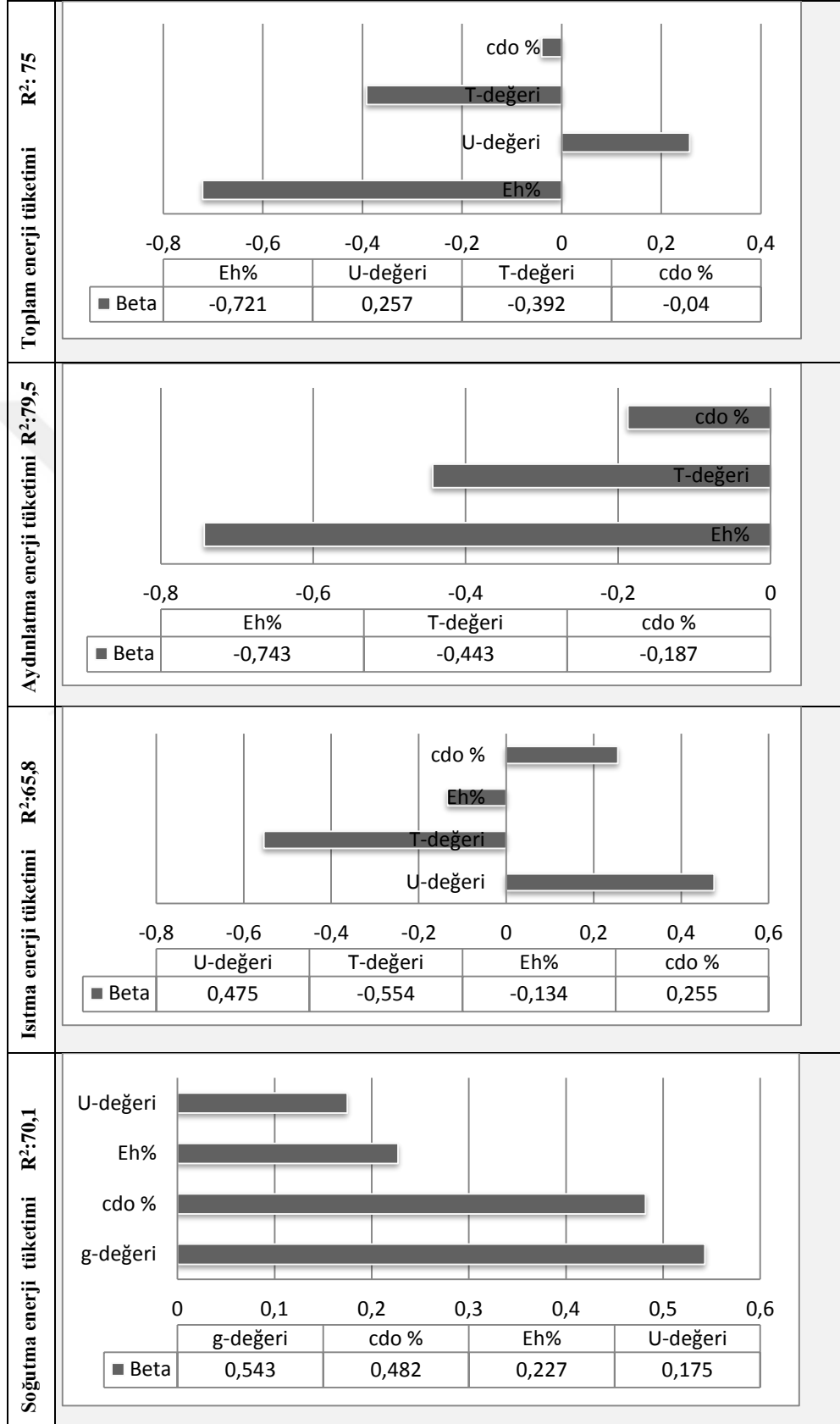
EK- 4: Kuzey Yönü İçin Modele Ait Tasarım Parametrelerinin Toplam Enerji Tüketimi, Aydınlatma, Isıtma ve Soğutma Enerji Yükü Üzerine Etkileri



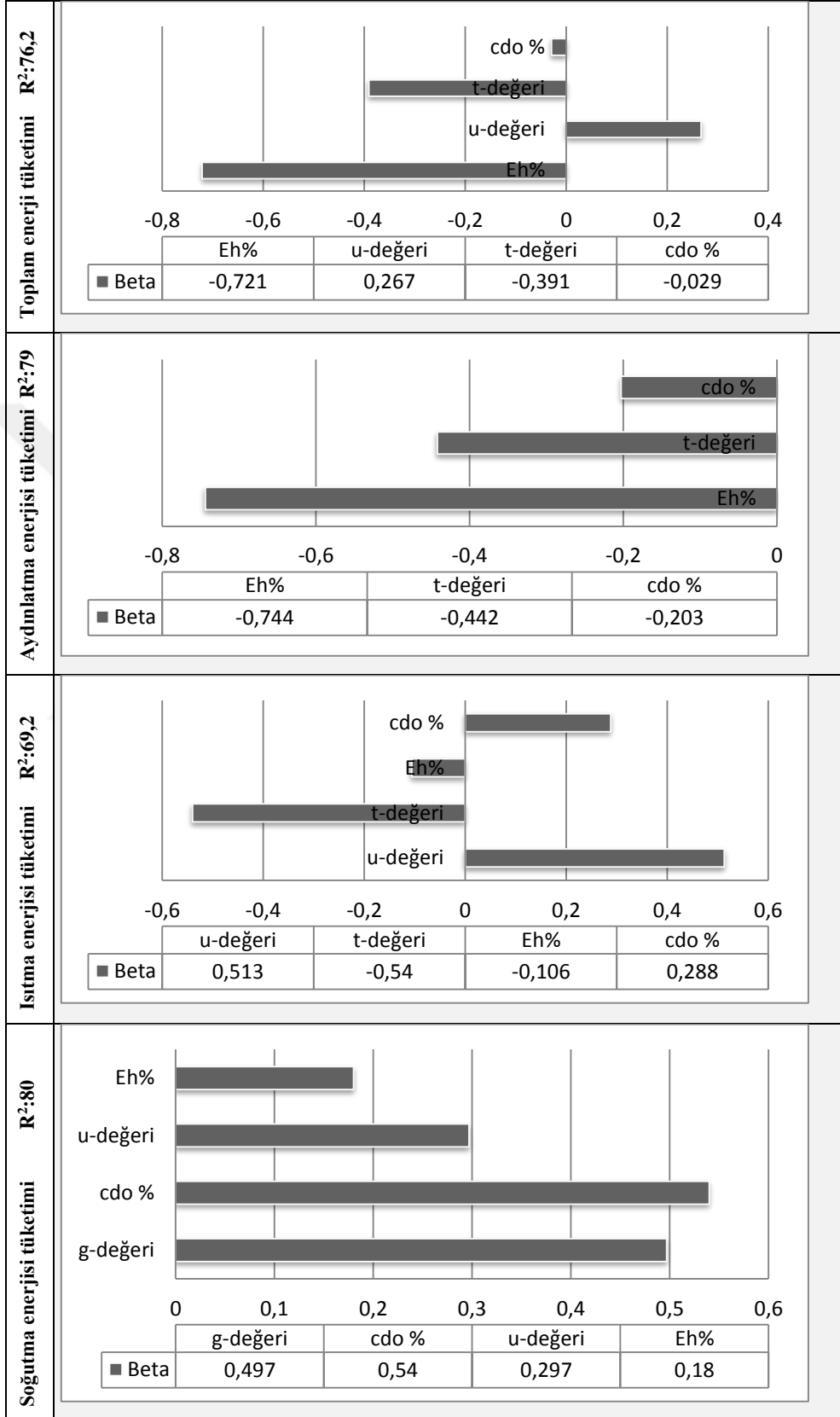
EK- 5: Güney Yönü İçin Modele Ait Tasarım Parametrelerinin Toplam Enerji Tüketimi, Aydınlatma, Isıtma ve Soğutma Enerji Yükü Üzerine Etkileri



EK- 6: Batı Yönü İçin Modele Ait Tasarım Parametrelerinin Toplam Enerji Tüketimi, Aydınlatma, Isıtma ve Soğutma Enerji Yükü Üzerine Etkileri



EK- 7: Doğu Yünü İçin Modele Ait Tasarım Parametrelerinin Toplam Enerji Tüketimi, Aydınlatma, Isıtma ve Soğutma Enerji Yükü Üzerine Etkileri



EK- 8: Enerji Tahmin Aracı İçin Yazılım Kaynak Kodları

```
Public Class FormMain

    Private Angle As Integer           'Kanat Açısı
    Private VerticalSpacing As Double
    Private BladeDepth As Integer
    Private BladeThickness As Double
    Private SiteOrientation As Double
    Private WindowToWallRatio As Integer
    Private GlazingUValue As Double
    Private GlazingTValue As Double

    Private VisualEfficiency As Double
    Private EnergyConsumptionResult As Double 'Burada sonuç saklanacak

    Private Sub ButtonCalculate_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ButtonCalculate.Click

        'Kullanıcının girdiği veriler alıyor...
        GetValues()

        'Görsel etkinlik yüzdesi hesaplanıyor
        CalculateVisualEfficiency()

        'Toplam Enerji Tüketimi Hesaplama yapılıyor...
        EnergyConsumptionResult = CalculateEnergyConsumption()

        'Hesaplama sonucu TextBoxEnergyConsumption 'a formatlı şekilde
        yazılıyor...
        TextBoxEnergyConsumption.Text =
        EnergyConsumptionResult.ToString("#.###")

    End Sub

    Private Sub GetValues()

        'Burada kullanıcının girdiği veriler alıyor...
        Angle = Convert.ToInt32(NumericUpDownAngle.Value)
        'NumericUpDownAngle 'ın value değerini Angle değişkenine ata
        VerticalSpacing = Convert.ToDouble(NumericUpDownVerticalSpacing.Value)
        BladeDepth = Convert.ToInt32(NumericUpDownBladeDepth.Value)
        BladeThickness =
        Convert.ToDouble(NumericUpDownThicknessOfBlades.Value)
        SiteOrientation = Convert.ToDouble(NumericUpDownSiteOrientation.Value)
        WindowToWallRatio =
        Convert.ToInt32(NumericUpDownWindowToWallRatio.Value)
        GlazingUValue = Convert.ToDouble(NumericUpDownGlazingUValue.Value)
        GlazingTValue = Convert.ToDouble(NumericUpDownGlazingTValue.Value)

    End Sub

    Private Sub CalculateVisualEfficiency()
        Dim ShadingLengthOfBladeDepth As Double 'a
        Dim ShadingLengthOfBladeThickness As Double 'c
        Dim UnshadedLength As Double 'b
```

```

        ShadingLengthOfBladeDepth = BladeDepth * Math.Sin(Angle * Math.PI /
180)
        ShadingLengthOfBladeThickness = BladeThickness * Math.Cos(Angle *
Math.PI / 180)
        UnshadedLength = VerticalSpacing - (ShadingLengthOfBladeDepth +
ShadingLengthOfBladeThickness)

        VisualEfficiency = (UnshadedLength / VerticalSpacing) * 100
    End Sub

    Private Function CalculateEnergyConsumption() As Double
        'Toplam enerji tüketim değeri = 876,905+ (36,613) * u-değeri + (-
116,727) * t-değeri+ (,0639) * yönler +(-1,911) * Eh +(-,405) * cdo+ u
        Dim Result As Double
        Result = 876.905 + (GlazingUValue * 36.613) - (GlazingTValue *
116.727) + (SiteOrientation * 0.639) - (VisualEfficiency * 1.911) -
(WindowToWallRatio * 0.405)
        Return Result
    End Function

    Private Sub ComboBoxGlazingType_SelectedIndexChanged(sender As Object, e
As EventArgs) Handles ComboBoxGlazingType.SelectedIndexChanged

        Select Case ComboBoxGlazingType.SelectedIndex

            Case 0 'Dbl Clr 4mm/16mm Air
                NumericUpDownGlazingUValue.Value = 2.7
                NumericUpDownGlazingTValue.Value = 0.8

            Case 1 'Dbl LoE 4mm/16mm Air
                NumericUpDownGlazingUValue.Value = 1.7
                NumericUpDownGlazingTValue.Value = 0.6

            Case 2 'Dbl Green 4mm/16mm Air
                NumericUpDownGlazingUValue.Value = 2.6
                NumericUpDownGlazingTValue.Value = 0.23

            Case 3 'Custom
                NumericUpDownGlazingUValue.Value = 0.0
                NumericUpDownGlazingTValue.Value = 0.0

        End Select
    End Sub

    Private Sub ButtonReset_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
ButtonReset.Click
        NumericUpDownAngle.Value = 0
        NumericUpDownSiteOrientation.Value = 0
        NumericUpDownBladeDepth.Value = 0
        NumericUpDownThicknessOfBlades.Value = 0
        NumericUpDownWindowToWallRatio.Value = 0
        NumericUpDownVerticalSpacing.Value = 0.1
        TextBoxEnergyConsumption.Text = ""
    End Sub

End Class

```