

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ILIMLI-NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE
GÖLGELEME ELEMANLARININ BİNA ENERJİ PERFORMANSINA
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

EMİNE ŞEYMA ERKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZER YÜKSEL

OCAK 2024

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ILIMLI-NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE
GÖLGELEME ELEMANLARININ BİNA ENERJİ PERFORMANSINA
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

EMİNE ŞEYMA ERKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZER YÜKSEL

OCAK 2024

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

EVALUATION OF THE EFFECT OF
SHADING DEVICES ON BUILDING ENERGY PERFORMANCE
IN MODERATE-HUMID CLIMATE REGIONS

EMİNE ŞEYMA ERKAN

A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHİTECTURE

ADVISOR: ASST. PROF. DR. ELİF ÖZER YÜKSEL

JANUARY 2024

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 04/01/2024 tarih ve 2024/03 kararıyla oluşturulan jüri tarafından 11/01/2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Emine Şeyma ERKAN'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZER YÜKSEL

ÜYE

:DOÇ. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

ÜYE

:DOÇ. DR. NESLİHAN TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR



Her zaman yanımda olan anneme ve babama,

Rahmetli biricik dedeme,

Sevgili Kendim'e,

ÖZET

Gölgeleme elemanları güneşin zararlı ışınlarından korunmamızı sağlamasının yanı sıra soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketiminde kazanç sağlamaktadır. Ancak ısıtma enerjisi tüketimini arttırabilmektedir. Bu bağlamda ele alındığında tasarlanan herhangi bir gölgeleme elemanı ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi farklı enerji tüketim alanlarının tamamında aynı anda olumlu sonuçlar sağlayamamaktadır. Buna ek olarak yılın belli dönemlerinde bazı enerji tüketim alanlarında olumlu sonuç sağlayan tasarımlar yıllık toplam enerji tüketiminde aynı şekilde sonuç sağlamamaktadır. Bu sebeple yıllık enerji tüketim değerine göre gölgeleme elemanı değişkenleri tasarlanmalıdır.

Bu çalışmada sabit gölgeleme elemanlarının enerji performansını etkileyen değişkenleri tespit etmek, tespit edilen değişkenler ile oluşturulan senaryoların ılımlı-nemli iklim bölgesi için yıllık ısıtma-soğutma enerji tüketimine etkisini ortaya koymak, görsel etkinlik yüzdesi ve ısıtma-soğutma enerji tüketim değeri arasındaki ilişkiyi tespit etmek amaçlanmaktadır.

Çalışmanın ilk iki aşamasında literatür araştırması ve analizi yapılmıştır. Bu aşamalar sonucunda sabit gölgeleme elemanı bağımsız değişkenleri belirlenmiştir. Söz konusu bağımsız değişkenler; cephe yönü (güney, doğu ve batı), gölgeleme elemanı türü (yatay ve dikey), eleman derinliği (20cm, 30cm ve 40cm), eleman aralığı (20cm, 40cm, 60cm ve 80 cm), eleman açısı (0°, 15°, 30° ve 45°) ve gölgeleme elemanlarının yapı cephesinden uzaklığı (10cm, 30cm ve 50cm)'dir.

Bağımsız değişkenlerin belirlenen değerleri çaprazlanarak toplam 864 senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryolar çalışma kapsamında belirlenen ılımlı nemli iklim bölgesinde %50 saydamlık oranına sahip 6x9m varsayımsal eğitim yapısı modülüne (teorik derslik) uygulanmıştır. Tüm senaryoların DesignBuilder Simülasyon programı ile yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Daha sonra Autodesk Revit programı ile iki ve üç boyutlu çizimleri gerçekleştirilerek görsel etkinlik yüzdesi ve görsel algı açısından değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda; ılımlı-nemli iklim bölgelerinde %50 saydamlık oranına ve 2:3 boyutsal orana sahip yapılarda soğutma enerjisi tüketimine göre ısıtma enerjisi tüketiminin toplam enerji tüketimine etkisinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ılımlı-nemli iklim bölgesinde toplam enerji tüketimi kazancı açısından en iyi performans sağlayan tekil senaryo/senaryolar değil en iyi performans sağlayan senaryo gruplarının olduğu tespit edilmiştir. Birbirine yakın enerji kazanç değerlerinin, bağımsız değişkenlerin farklı değerleri kullanılarak da sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Bunun dışında cephe yönelimine göre toplam enerji tüketiminde en etkin senaryolara bakıldığında literatür bilgisinin aksine bazı koşullarda güney cephede dikey, doğu ve batı cephelerde yatay elemanlarında olumlu sonuçlar sağlayabildiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gölgeleme Elemanı, Bina Enerji Performansı, Isıl Performans, Enerji Simülasyonu, DesignBuilder

ABSTRACT

Shading elements not only protect us from the harmful radiation of the sun, but also provide savings in cooling and lighting energy consumption. However, it may increase heating energy consumption. When considered in this context, any shading element designed cannot provide positive results simultaneously in all different energy consumption areas such as heating, cooling and lighting. In addition, designs that provide positive performance during certain periods of the year do not provide the same results in total annual energy consumption. For this reason, the design should be made by optimizing the shading device variables according to the annual energy consumption value.

In this study; It is aimed to identify the variables affecting the energy performance of fixed shading elements, to reveal the effect of the scenarios created with the detected variables on the annual heating-cooling energy consumption for the moderate-humid climate region, and to determine the relationship between the visual efficiency percentage and the heating-cooling energy consumption value.

In the first two stages of the study, literature research and analysis was carried out. As a result of these stages, fixed shading element independent variables were determined. The independent variables in question are; facade orientation (south, east and west), shading element type (horizontal and vertical), element depth (20cm, 30cm and 40cm), element spacing (20cm, 40cm, 60cm and 80 cm), element angle (0°, 15°, 30° and 45°) and the distance of the shading elements from the building facade (10cm, 30cm and 50cm).

A total of 864 scenarios were created by crossing the determined values of the independent variables. The created scenarios were applied to a 6x9m hypothetical educational structure module (theoretical classroom) with 50% transparency in the moderate humid climate region determined within the scope of the study. Annual heating, cooling and total energy consumptions of all scenarios were calculated using the DesignBuilder Simulation program. Then, two- and three-dimensional drawings were made using the Autodesk Revit program and evaluated in terms of visual efficiency percentage and visual perception.

As a result of the study; It has been determined that the effect of heating energy consumption on total energy consumption is lower than cooling energy consumption in buildings with 50% transparency and 2:3 dimensional ratio in moderate-humid climate regions. Furthermore, it has been determined that in the moderate-humid climate region, there are scenario groups that provide the best performance, rather than individual scenario(s) that provide the best performance in terms of total energy consumption gain

It has been revealed that similar energy gain values can be achieved by using different values of the independent variables. In addition, when examining the most effective scenarios in total energy consumption based on facade orientation, it has been revealed, contrary to the literature information, that under certain conditions, vertical elements on the south facade and horizontal elements on the east and west facades can yield positive results.

Keywords: Shading Devices, Building Energy Performance, Thermal Performance, Energy Simulation, DesignBuilder

TEŞEKKÜR

Eğitimim boyunca akademik ve mimari bilgi birikimleri ile daha iyi yerlere gelebilmem için desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Mimari disiplin çerçevesinde ilk tanıştığım hocam Doç. Dr. Reyhan MİDİLLİ SARI'ya mimarlığı ve akademisyenliği daha çok sevmemi sağladığı ve hep daha iyisini yapabileceğimi gösterdiği için teşekkür ederim. Ayrıca lisans eğitimim içerisinde yapılarda enerji etkinliği konusu ile tanışmamı sağlayan ve bu konudaki ilgimi aldığım dersler ve yapı projesi kapsamında destekleyen Doç. Dr. Özlem AYDIN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimde yapı fiziği, sürdürülebilir tasarım ve enerji etkinliği konularına olan ilgimi destekleyen, yürütmek istediğim çalışmalarda her zaman yanımda olan danışmanım bu tezin en büyük destekçisidir. Hem bu sebeple hem de akademik hayatın içinde kaybolduğumda, umutsuzluğa kapıldığımda beni çekip çıkararak yol gösterdiği, motive ettiği ve bu yolda her zaman yanımda olduğunu hissettirdiği için çok sevgili ve saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL'e çok teşekkür ederim.

Lisansüstü eğitimim boyunca bana akademik katkılarından ve motive edici yaklaşımından dolayı Prof. Dr. Nilay COŞGUN'a da ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmama katkıları ve değerli görüşlerinden dolayı kıymetli jüri üyelerim Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ'a ve Doç. Dr. Neslihan TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca tüm istek ve hayallerimde koşulsuz şartsız yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım annem Havva ERKAN ve canım babam Hakan ERKAN'a, hayatıma 17 yıl geç de olsa katılan canım kardeşim Teslime Ela ERKAN'a varlıkları ve yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Anne ve babam gibi hayatıma dokunup, bu yolda hep yanımda oldukları için Arzu ve Recep CAN'a, Aslıhan ve Raşit BALTA'ya, Hüseyin ve Eman BULUT'a teşekkür ederim.

Hayatıma, hayatımın farklı dönemlerinde ve farklı koşullarında giren bu tez çalışması dahil her zaman ve her derdimde yanımda olan çok sevdiğim arkadaşlarıma özellikle Esma Beyza ŞİRİN ve Hatice KOÇAN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca tez yazım ve teslim süreçlerimde yanımda olan, beni oldukça fazla tolere eden iş arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Hep yanımda olan, dualarından beni hiç eksik etmediklerine inandığım babaannem Emine ÇINAR'a, dedem Muzaffer CAN'a, anneannem Teslime BULUT'a ve rahmetli dedem Ahmet BULUT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mimar
Emine Şeyma ERKAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Sorun	9
1.2. Amaç	11
1.3. Kapsam	11
1.4. Yöntem	12
1.5. Hipotez	14
2. GÜNEŞ ve GÖLGELEME ELEMANLARI	15
2.1. Güneş Geometrisi ve Gölgeleme Elemanı Tasarımı	15
2.2. Gölgeleme Elemanı Türleri ve Sınıflandırılması	24
2.3. Gölgeleme Elemanlarının Sağlaması Gereken Performans Kriterleri	32
2.4. Gölgeleme Elemanlarının Sınıflandırma Sistemine Göre Sağlaması Gereken Performans Kriterlerinin Değerlendirilmesi	38
2.4.1. Biçimine Göre Gölgeleme Elemanları	38
2.4.2. Konumuna Göre Gölgeleme Elemanları	40
2.4.3. Kinetik Durumuna Göre Gölgeleme Elemanları	41
2.5. Bölüm Sonuçları	42
3. GÖLGELEME ELEMANLARININ BİNA ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİNİN VARSAYIMSAL BİR YAPI ÜZERİNDEN ANALİZİ	44
3.1. Literatür Araştırması ve Analizi	45
3.2. Gölgeleme Elemanlarına İlişkin Bağımsız Değişkenlerin ve Varsayımsal Yapının Belirlenmesi	50
3.3. Simülasyon Çalışması ve Görsel Etkinlik Yüzdesinin Hesaplanması	55
3.3.1. Simülasyon Senaryolarının Oluşturulması	55
3.3.2. Designbuilder Simülasyon Aracı Ve Girdileri	56
3.3.3. Görsel Etkinlik Yüzdesinin Hesaplanması	59
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	61
4.1. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Enerji Tüketimine Etkisinin Değerlendirilmesi	62
4.1.1. ‘Cephe Yönü’ ve ‘Gölgeleme Elemanı Türü’ Değişkenlerinin Değerlendirilmesi	62
4.1.2. ‘Gölgeleme Elemanı Derinliği’ Değişkeninin Değerlendirilmesi	67
4.1.3. ‘Gölgeleme Elemanı Aralığı’ Değişkeninin Değerlendirilmesi	70
4.1.4. ‘Gölgeleme Elemanı Açısı’ Değişkeninin Değerlendirilmesi	72
4.1.5. ‘Yapı Cephesinden Uzaklığı’ Değişkeninin Değerlendirilmesi	75
4.2. Senaryoların Görsel Bağlantı ve Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi	78
4.2.1. Senaryoların Kapalılık Durumuna Göre Görsel Bağlantılarının Değerlendirilmesi	78
4.2.2. Isıtma Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi	83

4.2.3. Soğutma Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi	84
4.2.4. Toplam Enerji Tüketiminin Değerlendirilmesi	85
4.3. Senaryoların ve Enerji Tüketimlerinin İlişkisinin Göreceli Değerlendirilmesi	88
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR	109
ÖZGEÇMİŞ	116
TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR	117
EKLER	118



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: 2020 yılı Türkiye birincil enerji arzı kaynak dağılımı [TMMOB, 2022'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	2
Şekil 1.2: 2020 yılı sektörlere göre Türkiye enerji tüketimi [TMMOB, 2022'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	2
Şekil 1.3: Yöntem akış şeması.	13
Şekil 2.1: Dünyanın güneş etrafındaki yıllık hareketi [Kalemci, 2005'ten yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	16
Şekil 2.2: Esas güneş açıları [Timoçin, 2001'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	17
Şekil 2.3: Türetilen güneş açıları [Timoçin, 2001'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	17
Şekil 2.4: Güneş azimut ve yükseklik açılarının gölgeleme elemanı tasarımına etkisi[Szokolay,2007'den yararlanılarak oluşturulmuştur].	18
Şekil 2.5: Yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramlarının oluşturulması [Gunavan, 2019'dan yararlanmıştır].	18
Şekil 2.6: Yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramları [Szokolay, 2007(a), Mazria 1979(b) ve Web 5'den yararlanılarak oluşturulmuştur].	19
Şekil 2.7: Gölgeleme elemanı tasarım yöntemleri.	20
Şekil 2.8: Gölgeleme elemanı tasarım yöntemi akış şeması.	20
Şekil 2.9: Biyoklimatik konfor grafiği ve Gölge hattı diyagramı [Koç, 2019].	21
Şekil 2.10: Gölge istenen dönemin yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramına işlenmesi [Setiadarma, 1995; Mazria, 1979'dan yararlanmıştır].	22
Şekil 2.11: Olgyay yönteminde gölgeleme maskesi oluşturulması [Szokolay, 2007'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	22
Şekil 2.12: Mazria yönteminde gölgeleme maskesi oluşturulması [Setiadarma, 1995 ve Mazria 1979'dan yararlanılarak oluşturulmuştur].	23
Şekil 2.13: Yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramları ve gölgeleme maskelerinin karşılaştırılması	24
Şekil 2.14: Gölgeleme elemanı sınıflandırma sistemi.	26
Şekil 2.15: Bina enerji performansı ve çalışma kapsamı.	33
Şekil 2.16: Arap enstitüsü binası cephesi, 1981-1987 [Web 2, 2022].	36
Şekil 2.17: Al Bahar Kuleleri cephesi, 2012 [Web 3, 2021].	36
Şekil 2.18: Gölgeleme elemanı optimizasyonu ve tasarım kararlarının ilişkisi.	37
Şekil 2.19: Yatay gölgeleme elemanlarının yaz ve kış mevsiminde çalışma prensibi[Web 4, 2021].	39
Şekil 3.1: YÖK-Tez veri tabanı için kullanılan sınırlar.	45
Şekil 3.2: İncelenen çalışmalarda ele alınan yapı işlevi nicel analizi.	46
Şekil 3.3: İncelenen çalışmalarda kullanılan yöntemler.	47
Şekil 3.4: Modelleme ve simülasyon yöntemi ile yürütülen çalışmalarda kullanılan programlar.	48
Şekil 3.5: İncelenen çalışmalarda ele alınan bağımsız değişkenler.	48
Şekil 3.6: Gölgeleme elemanlarına ilişkin bağımsız değişkenlerin gölgelemeye etkisi.	49
Şekil 3.7: Çalışmada ele alınan bağımsız değişkenlerin sayıları.	50
Şekil 3.8: Türkiye iklim bölgeleri haritası [Kısa Ovalı, 2019].	50

Şekil 3.9:	Varsayımsal eğitim modülü plan, kesit ve görünüşü.	51
Şekil 3.10:	Varsayımsal derslik döşeme, duvar ve cam detayları.	52
Şekil 3.11:	Senaryolarda kullanılan bağımsız değişkenler şematik gösterim.	56
Şekil 3.12:	DesignBuilder programı arayüzü.	57
Şekil 3.13:	Varsayımsal yapı modülünün model verileri ve görselleştirmesi.	59
Şekil 3.14:	Görsel etkinlik yüzdesini etkileyen değişkenler.	60
Şekil 4.1:	‘Cephe Yönü’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.	65
Şekil 4.2:	‘Gölgeleme Elemanı Türü’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.	66
Şekil 4.3:	‘Gölgeleme Elemanı Derinliği’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.	69
Şekil 4.4:	‘Gölgeleme Elemanı Aralığı’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.	72
Şekil 4.5:	‘Gölgeleme Elemanı Açısı’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.	74
Şekil 4.6:	‘Yapı Cephesinden Uzaklığı’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.	76
Şekil 4.7:	Güney cepheye ilişkin senaryo gruplarına dair toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri.	90
Şekil 4.8:	Doğu cepheye ilişkin senaryo gruplarına dair toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri.	91
Şekil 4.9:	Batı cepheye ilişkin senaryo gruplarına dair toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri.	92

TABLÖLER DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1: Dikey gölgeleme elemanı çizimleri.	27
Tablo 2.2: Yatay gölgeleme elemanı çizimleri.	28
Tablo 2.3: Kafes gölgeleme elemanı çizimleri.	30
Tablo 2.4: Düzlem gölgeleme elemanı çizimleri.	31
Tablo 2.5: Gölgeleme elemanlarından beklenen performans kriterleri	32
Tablo 3.1: Dış ortam ile temas halinde olan yapı elemanları U değerleri	53
Tablo 3.2: Çalışmanın bağımsız değişkenleri ve değişken değerleri.	54
Tablo 3.3: Gölgeleme elemanı senaryoları kod sistemi	55
Tablo 3.4: Mekan içi aktivitelerin tanımlanması.	58
Tablo 3.5: Mekanik sistemlerin tanımlanması.	58
Tablo 3.6: Simülasyon ayarları.	59
Tablo 4.1: Örnek simülasyon sonuçları (kısa kesit)	61
Tablo 4.2: Bulgular: ‘Cephe Yönü’ değerlendirme örneklem grupları.	64
Tablo 4.3: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Türü’ değerlendirme örneklem grupları.	66
Tablo 4.4: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Derinliği’ değerlendirme örneklem grupları.	69
Tablo 4.5: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Aralığı’ değerlendirme örneklem grupları.	71
Tablo 4.6: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Açısı’ değerlendirme örneklem grupları.	74
Tablo 4.7: Bulgular: ‘Yapı Cephesinden Uzaklığı’ değerlendirme örneklem grupları.	75
Tablo 4.8: Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 9 gölgeleme elemanı senaryosuna ait enerji tüketim kazanç değerleri (güney cephe)	77
Tablo 4.9: Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 9 gölgeleme elemanı senaryosuna ait enerji tüketim kazanç değerleri (doğu cephe)	77
Tablo 4.10: Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 9 gölgeleme elemanı senaryosuna ait enerji tüketim kazanç değerleri (batı cephe)	78
Tablo 4.11: Dikey gölgeleme elemanları için görsel bağlantı ilişkilerinin değerlendirilmesi	80
Tablo 4.12: Yatay gölgeleme elemanları için görsel bağlantı ilişkilerinin değerlendirilmesi	81
Tablo 4.13: Isıtma enerjisi tüketimi en etkin 15 senaryo.	84
Tablo 4.14: Soğutma enerjisi tüketimi en etkin 15 senaryo.	85
Tablo 4.15: Toplam enerji tüketiminde en etkin 15 senaryo.	86
Tablo 4.16: Farklı cephe yönelimlerinde ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri için en etkin 15 senaryo.	87
Tablo 4.17: Gruplara ayrılmış toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri: Güney cephe.	94
Tablo 4.18: Gruplara ayrılmış toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri: Doğu cephe.	97
Tablo 4.19: Gruplara ayrılmış toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri: Batı cephe.	100
Tablo 4.20: Gölgeleme elemanlarının gruplara sayısal dağılımı	101

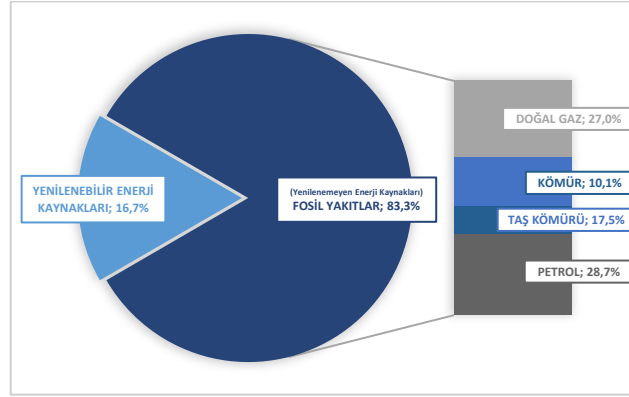
1. GİRİŞ

Dünyada ulaştırma, sanayi, yapılaşma, tarım ve hayvancılık gibi birçok sektörde gerekli enerji günümüzde petrol, kömür gibi fosil tabanlı yenilenemez enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. 2021 yılında küresel ölçekte yapıların kullanım aşamasında tükettiği, enerji nihai enerji tüketiminin %30'unu ve enerji sektörü emisyonlarının %27'sini oluşturmaktadır. Bu emisyonların %19'u ise binalardaki elektrik ve ısı üretiminden kaynaklanmaktadır [IEA, 2022]. Ayrıca Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na göre küresel ölçekte 2020 yılı birincil enerji kaynağı arzının %83,4'ünü fosil tabanlı kaynaklar oluşturmaktadır [TMMOB, 2022].

Fosil yakıtların zaman içerisinde tükenecek olması ve çevreye verdikleri zararlardan dolayı tüketimlerinin sınırlandırılması gerekmektedir. Bununla ilgili dünya çapında farklı politikalar ve yönetmelikler uygulanmaktadır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 'AR6' (6. Assessment Report) raporuna göre CO₂ emisyonlarının sebep olduğu sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlamak hayati önem taşımaktadır ve artışı sabit tutabilmek için 2050 yılında küresel emisyonları sıfırlamak gerekmektedir [TMMOB, 2022]. Sıcaklık artışını sabit tutabilmek için ülkelerin kısa ve uzun vadeli taahhütleri vardır ancak Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) göre bu taahhütler tamamen yerine getirilse bile 2050 yılına kadar küresel emisyonların net sıfıra getirilmesinde ülkeler gerekenin çok gerisinde kalacaktır. 'Net zero by 2050' raporunda göre fosil tabanlı kaynaklara bağlılığın azaltılması yerini yenilenebilir enerji kaynaklarının alması ve enerji etkinliğinin önemi vurgulanmaktadır [IEA, 2021].

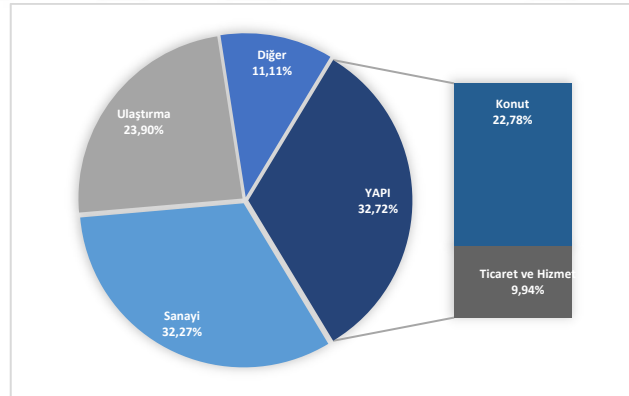
Şekil 1.1'de Türkiye enerji arzı kaynak dağılımında fosil yakıtların çok önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca TMMOB'nin yayınladığı 'Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022' raporuna göre son 30 yılda Türkiye'nin toplam enerji üretiminin toplam enerji arzını karşılama oranı %47,6'dan %29,8'e düşmüştür. Enerji arzında Türkiye'nin dışa bağımlılığına bakıldığında ise 1990 yılından 2015 yılına kadar arttığı görülmektedir. Ancak 2015 yılından sonra artış gösteren güneş, rüzgar ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile Türkiye enerji tüketiminin ithalat payı 2015 yılında %76 iken 2020 yılında %70'e gerilemiştir. 2021 de başlayan hızlı fiyat artışları nedeniyle enerji kaynağı ithalatının ekonomiye

oluşturacağı enerji tüketimin önceki yıllara göre daha fazla olacağı ön görülmektedir [TMMOB, 2022].



Şekil 1.1: 2020 yılı Türkiye birincil enerji arzı kaynak dağılımı [TMMOB, 2022'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Şekil 1.2'de görülen Türkiye'de tüketilen enerjinin sektörel dağılımına bakıldığında ise yapıların ve yapılaşmanın toplam tüketimin yaklaşık olarak üçte birini oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 1.2: 2020 yılı sektörlere göre Türkiye enerji tüketimi [TMMOB, 2022'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Mekan kavramı insanlığın doğuşuna kadar dayansa da günümüzdeki anlamıyla yüksek ve büyük hacimli yapıların temelleri sanayi devrimi ile birlikte atılmıştır. Betonarme, çelik ve camın aktif olarak kullanılması yüksek katlı yapıların ve büyük iç mekanların inşa edilmesine olanak sağlamıştır. Hem bu inşa edilen mekanlarda doğal yollarla aydınlatma ve havalandırma yapmanın zorluğu hem de işlevlerine bağlı olarak

mekanlardan insanoğlunun ısısal, görsel, hava kalitesi gibi alanlarda konfor beklentisinin zaman içerisinde artması yapılarda sirkülasyon araçları, aydınlatma, havalandırma ve ısıtma-soğutma sistemleri gibi enerji tüketimi yapan mekanik sistemlerin kullanılmasını gerekli hale getirmiştir [Ünver, 2007; Dikmen, 2011].

Mimarlık disiplininde; tasarlanan yapının konumuna bağlı iklim, yön ve hakim rüzgar gibi çevre verilerine göre tasarım yapılarak enerjinin etkin kullanılması amaçlanmaktadır. Yapı kabuğunun biçimlenmesi, dış atmosfer şartlarının yapı içine girişini yavaşlatmak amacıyla doğayla bütünleşik tasarımlar yapılması, güneş enerjisinden optimum seviyede yararlanılacak şekilde cephe ve kütle tasarımı yapmak gibi faktörler enerji etkin tasarımın temelini oluşturmaktadır [Dikmen, 2011]. Yapılardan beklenen performans kriterlerinin çevre koşullarına uygun tasarımlarla sağlanması pasif sistemler olarak adlandırılırken ısıtma-soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi mekanik sistemlerin yapıya entegre edilmesi aktif sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Aktif sistemlerin pasif sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılması gerekirken günümüzde dikey mimarinin yaygınlaşması, yoğun şehir yapılaşmaları, güneş, rüzgar gibi faktörler dikkate alınmadan yapılan şehir planları gibi faktörlerden dolayı tasarımda çevre verileri daha az dikkate alınmakta ya da çevre verilerinden faydalanma oranları oldukça düşmektedir. Bu yüzden yapıda, beklenen konfor seviyesi tamamen aktif sistemlerle sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak tasarımlar pasif sistemler kullanılarak yapılırsa aktif sistemler için gereken enerji tüketimi ve sistemlerden kaynaklanan CO₂ emisyonları azalacaktır. Bununla birlikte yapılarda kullanılan aktif sistemlerin ihtiyacı olan enerjiyi fosil yakıtlardan sağlanmak yerine yenilenebilir kaynaklardan sağlamak da CO₂ emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır [Dikmen, 2011].

Aktif ve pasif sistemlerin bir arada olduğu enerji etkin yapı tasarımında amaç iklim, rüzgar ve güneş gibi fiziksel çevre verilerinden faydalanarak enerjinin etkin ve verimli kullanılmasıdır. Enerji etkin tasarımda fiziksel çevre verilerinin kontrollü bir biçimde kullanılması gerekmektedir. [Kalemci, 2005; Timoçin, 2001].

Güneş dünyamızın en büyük ısı ve ışık kaynağıdır ancak güneşten dünyamıza ulaşan ışınımın ve enerjinin mekanlar içerisine doğrudan ve tamamen alınması kullanıcılar

için mekan içerisinde aşırı ısınma, kamaşma gibi sorunları beraberinde getirmektedir [Kalemci, 2005; Timoçin, 2001; Xue et al., 2021].

Gölgeleme elemanları güneş ışınlarını kontrol ederek hem güneşin zararlı ışınlarından korunmamızı sağlamakta dolayısıyla yapıların gereğinden fazla ısınmasını engellemekte hem de kamaşma kontrolü, yeterli ve homojen gün ışığı dağılımı gibi görsel konfor koşullarında pozitif etki sağlayabilmektedir. Ayrıca güneş enerjisinden ısıtma-soğutma ve aydınlatma alanlarında kontrollü olarak faydalanmamızı sağlayarak yapıların mekanik sistemlere ve enerji tüketimine bağlılığını azaltmaktadır [Timoçin, 2001; Freewan, 2014].

Dünyanın yıllık hareketi ve eksen eğikliğine bağlı olarak dünya ve güneşin açısal ilişkisi yıl içerisinde değişkenlik göstermektedir. Yapılarda tasarlanan gölgeleme elemanlarının yapıya sağladığı enerji etkinliği yapının bulunduğu iklime, konuma, yapının cephe yönüne; gölgeleme elemanının tipine, boyutuna, konumuna vb. özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Güneş ile olan açısal ilişkisine bağlı olarak da yılın farklı dönemlerinde farklı performans sağlamaktadır [Kırımtat et al., 2019].

Türkmenoğlu Bayraktar (2008) Ilımlı-Nemli İklim Bölgesinin referans ili İstanbul'da tek katlı bir ofis yapısı için eleman açıları 45° ve 90° değişkenine göre yatay gölgeleme elemanlarından oluşan bir panel tasarlamıştır. Bu panelin yapı cephesine göre konumunu (dik-paralel), eleman açılarını, pencerenin açık veya kapalı olma durumunu değiştirerek oluşturulan senaryolarda güneşten ve rüzgardan kaynaklı ısı kazanç ve kayıplarının yapının toplam soğutma enerjisi tüketimine etkisi Energyplus simülasyon programı ile hesaplamıştır. 3DStudioVIZ programı ile gölge analizleri ve yapı maketinin rüzgar tüneli testleri yapılmıştır. Çalışmada gün 3 kısma ayrılarak 08.00-18.00 / 18.00-00.00 / 00.00-08.00 saat aralıklarında incelenmiştir. Çalışma sonucunda rüzgar ve güneşten oluşan kazanım bileşenlerinin günün farklı saatlerinde ağırlıklarının değiştiği görülmüştür. Gölgeleme elemanı ile ilgili değerlendirmeler sonucunda ise; günün 08.00-18.00 ve 18.00-00.00 saat aralıklarını kapsayan ilk iki kısmı için tasarlanan panelin cepheye paralel ve elemanların 45° açıyla konumlanması soğutma enerji tüketiminde en iyi performansı sağlamıştır. 00.00-08.00 saat aralıklarını kapsayan günün son kısmında ise panelin cepheye dik konumlanması ve elemanların 90° açıyla konumlanması en iyi performansı sağlamıştır.

Şahinoğlu (2012) Ilımlı-nemli iklim bölgesinde (İstanbul) güney cephe için pencere/duvar oranı, gölgeleme elemanı konumu (cephe içinde, dışında, iki cephe arasında), gölgeleme elemanı tipi (yatay elemanlar, saçak) ve cam tipi (kaplamasız, Low-e kaplamalı, SSLow-e kaplama, yansıtıcı kaplama ve yeşil renkli) değişkenleri ile farklı pencere sistemi senaryoları oluşturmuştur. Bileşen düzeyinde WINDOW 6 programı ile test edilen senaryolar performanslarına göre seçilerek COMFEN 4 programı ile ısı ve görsel konfor performanslarına göre simülasyonlarını gerçekleştirmiştir. Çalışmada farklı senaryolar denendiği için birden fazla sonuca ulaşılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir;

- Yıl bazında günışığı aydınlık değerini uygun bir seviyede sağlayan tek gölgeleme elemanı saçaktır ancak gün bazında ele alındığında bu elemanların günışığı aydınlık değeri sınır değerini aştığı günler olmaktadır.
- Saçak ile oluşturulan senaryolara stor elemanların da eklenmesi ile soğutma enerji tüketimi, yıllık toplam enerji tüketiminde ve yaz ayları için kamaşma değerinde, kış ayları için ısıtma enerjisi tüketiminde azalma olmaktadır.

Cirit (2012) Ilımlı-Nemli İklim Bölgesinin referans ili İstanbul'da yer alan çok katlı konut yapısının sıcak-nemli iklim bölgesinin referans ili Antalya'da ve sıcak-kuru iklim bölgesinin referans ili Diyarbakır'da olduğu varsayılarak farklı iklim bölgelerindeki güneş enerjisi kazanımı ve soğutma enerji tüketimi (mayıs-eylül ayları arası) üzerine çalışmıştır. Pencere/duvar oranı, opak ve şeffaf elemanların nitelikleri için mevcut yapının verileri kullanılmıştır. Yapıya sadece güney cephelerde yatay (pencere üzerine 1 adet), doğu ve batı cephelerde dikey (pencerenin sağına ve soluna olmak üzere 2 adet) 50 cm gölgeleme elemanı eklenerek DesingBuilder programı ile simülasyonlarını gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda doğu/batı ve güney cephelerde ayrı ayrı uygulanan senaryolara göre birlikte uygulanan senaryolar daha çok soğutma enerjisi tasarrufu sağlamıştır.

Bellia et al. (2013) 3. Katta bulunan bir ofis yapısının İtalya'nın 3 farklı şehrinde (köppen iklim sınıflandırılmasına göre: Milano – cfa, Roma ve Pallermo – csa) olma durumu göz önüne alarak soğutma enerjisi tüketimi çalışılmıştır. Yapının pencere/duvar oranı %30'dur. Güney cephe için 1m derinliğinde saçak eleman ve doğu batı cephe için eleman aralığı 0.3m, eleman derinliği 0.7m, eleman açısı 25° ve 4 elemanlı yatay gölgeleme elemanı tasarlanmıştır (Aksi belirtilmedikçe bu kabuller ile

simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.) Çalışmada; eleman derinliğinin (0.5m-1m-1.5m olarak denenmiştir), iklimin, bina yüksekliğinin (3.kat ve 11. Katta olduğu kabul edilerek denenmiştir, ısı yalıtımının (yalıtım uygulanmış ve uygulanmamış olarak denenmiştir) ve pencere/duvar oranının (%30 ve %60 olduğu kabul edilerek denenmiştir) enerji tüketimine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçları ise aşağıdaki gibidir;

- Yapı cephesine gölgeleme elemanlarının uygulanması durumunda soğutma enerji tüketimi azalırken ısıtma ve aydınlatma enerji tüketimi artmaktadır.
- tüm iklim türleri için eleman derinliği 1m olan senaryo yıllık enerji tüketimi kazancında en iyi sonucu vermektedir.
- Saçak eleman derinliği pencere boyutuna bağlı olarak belirlenmelidir.
- Çalışmanın yürütüldüğü iklim tiplerinde yapıların uzun kenarları kuzey-güney yönelimli olmalıdır.

Kırımtat (2016) İzmir (Sıcak-Nemli İklim Bölgesi) Yaşar Üniversitesinde bir dersliği test odası olarak kullanarak gölgeleme elemanı derinliği (10cm ve 30cm), eleman sayısı (yatay panjur 1-10 arası, dikey panjurlar 1-42 arası), gölgeleme elemanı açısı (-90° ile +90° arası) değişkenleri ile yatay/dikey panjur, saçak ve parametrik olarak önerilen gölgeleme elemanı olmak üzere 4 farklı ana senaryoyu incelemiştir. Yapı modeli için Grasshopper, gün ışığı simülasyonu için Diva, gün ışığı analizi için Radiance ve enerji etkinliği için Energy Plus+Ladybug/Honeybee programlarını kullanarak ısı ve görsel konfor koşulları üzerine çalışmıştır. Nsgı-II(Nondominated Sorting Genetic Algorithm II/ Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması II) kullanarak genetik algoritma yöntemi ile çoklu veri içerisinde en etkin olan veri aralıklarını seçmiştir. Çalışmanın sonucunda en uygun değerlerle oluşan parametrik tasarım önerilen gölgeleme elemanının en optimum sonucu verdiğine ulaşmıştır.

Lau et al. (2016) ekvator ülkesi olan Malezya'da (köppen iklim sınıflandırmasına göre af grubu / muson iklimi) mevcut yüksek katlı bir ofis yapısının soğutma enerjisi tüketimi üzerine çalışmıştır. Çalışmada; yatay, dikey ve kafes gölgeleme elemanlarının soğutma enerjisi tüketimine etkisi cephe yönelimine (kuzey, güney, doğu, batı) ve cephe sistemine (tek cam, çift cam) göre ayrı ayrı incelenmiştir. İlk olarak 4 cephe yönü ve 3 eleman türü çaprazlanarak oluşturulan 12 senaryo ve 1 referans senaryosu olmak üzere 13 simülasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 2 cephe sistemi ve 3

eleman türü çaprazlanarak oluşturulan 6 senaryo ve 2 referans senaryosu olmak üzere 8 simülasyon IES VE programı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda ise sıcak ve nemli olan tropikal bölgelerde; kafes gölgeleme elemanlarının yatay ve dikey gölgeleme elemanlarına göre soğutma enerjisi tüketiminde daha etkin olduklarına, batı ve doğu cephelerde gölgeleme elemanı uygulanmasının güney ve kuzeye kıyasla daha etkin sonuçlar verdiğine ve tek cam üzerine uygulanan gölgeleme elemanlarının çift cam üzerine uygulanan elemanlara kıyasla daha etkin olduklarına ulaşılmıştır.

Uslusoy Şenyurt (2018) Çiğli / İzmir’de (Sıcak-Nemli İklim Bölgesi) bir ofis yapısını ele alarak dört ana yön için cam türü (çift tabakalı, low-e kaplamalı, renkli cam) ve görsel etkinlik yüzdesi değişkenleri ile çalışmış ve 3024 senaryo simülasyonunu gerçekleştirmiştir. Görsel etkinlik yüzdesi gölgeleme elemanı ile kapatılmayan alanın elemanlar arası aralığa oranı ile elde edilmektedir. Bu yüzdeyi etkileyen çalışma kapsamındaki değişkenler; Pencere/duvar oranı (%20, %30, %40), eleman derinliği (12-18-24 cm), eleman aralığı ve eleman sayısı (birbirine göre hesaplanarak elde edilmiş) ve gölgeleme elemanı açısı (0° - 10° - 20° - 30° - 40° - 50° - 60°)’dır. Desingbuilder kullanarak bu değişkenlerin ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerji tüketimi tespit edilerek toplam enerji tüketimini hesaplamıştır. SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) kullanarak istatistiksel tahmin eşitliği geliştirerek İzmir için enerji tahmin aracı tasarlamıştır. Çalışma sonucunda; gölgeleme elemanı, cam türü, pencere/duvar oranı ve cephe yönelimi değişkenlerinin toplam enerji tüketiminin %78,6’sını oluşturduğunu tespit etmiştir. Ancak opak yüzeyler için alternatif denenmediği için duvar elemanlarının değişkenliğine bağlı enerji tüketimi tespit edilememiştir.

Çetin (2018) Sıcak-nemli iklim bölgesi referans ili olan Antalya’da bir ofis yapısının ilk olarak mevcut durumunun ısıtma ve soğutma yükleri DesingBuilder programı ile hesaplanmıştır. Mevcut yapının kuzeydoğu ve kuzeybatı cephelerine farklı değişkenlerle oluşturduğu çift kabuk cephe sistemi senaryolarını uygulayarak ısıtma-soğutma enerji performansını analiz etmiştir. Yıllık toplam enerji tüketimi en az olan senaryo üzerine (boşluk genişliği 120cm koridor tipi çift kabuklu cephe sistemi) gölgeleme elemanları senaryoları eklemiştir. Bu senaryolar; farklı cephe kombinasyonlarını (çift kabuk sistem olan cepheler, tüm cepheler), farklı eleman aralıklarını (50cm, 100cm, 150cm, 200cm) içeren dikey gölgeleme elemanlarından oluşmaktadır. Çalışmanın sonucunda;

- İkinci kabuğun ısıtma yüklerini, gölgeleme elemanlarının soğutma yüklerini azaltmakta daha etkili olduğu tespit edilmiştir.
- Sadece çift kabuk sistemlerin olduğu cepheye eklenen 50cm aralıklı gölgeleme elemanının enerji yüklerine etkisi ve tüm cephelere 150cm aralıklı gölgeleme elemanının etkisi birbirine yakındır.

Koç (2019) Sıcak-Nemli İklim Bölgesinde (Antalya) varsayımsal bir ofis yapısında cephe yönelimi (güney, doğu, batı), gölgeleme elemanı türü (saçak, kafes, kafes+yatay panjur, yatay panjur, dikey panjur), pencere/duvar oranı (%50, %75, %100), cam türü (çift tabakalı; berrak cam, 2. yüzey low-e kaplamalı, yeşil renkli, renksiz reflektif, seçici geçirgen), gölgeleme elemanı derinliği (0.5m, 1m, 1.5m) ve bazı eleman (saçak, kafes+yatay panjur, yatay panjur) türleri için gölgeleme elemanı açısı (0° - 15° - 30° - 45°) değişkenleri ile 1485 senaryo oluşturmuştur. Bu senaryoların Desingbuilder programı ile yıllık ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimlerini hesaplamıştır. Toplam enerji tüketimi en az olan senaryoların gün ışığı analizlerini yaparak performans değerlendirmelerini yapmıştır. Elde ettiği sonuçlarla pareto analizi yaparak değişkenlerin enerji tüketimindeki rollerini belirlemiştir. Çalışma sonucunda gölgeleme elemanı türüne göre değişkenlere bağlı en iyi sonuç veren senaryoların enerji tüketimi bazında performanslarını karşılaştırdığı bir tablo oluşturmuştur. Bu tabloya göre;

- Saçak elemanı ısıtma ve aydınlatma enerjisi tüketimleri bakımından en iyi performansı sağlarken soğutma ve yıllık toplam tüketimde en kötü performansı göstermektedir.
- Kafes+yatay panjurlar soğutma ve yıllık toplam enerji tüketiminde en iyi performansı sağlarken ısıtma ve aydınlatma enerji tüketiminde en kötü performansı göstermektedir.
- Kafes eleman aydınlatma enerjisi tüketiminde orta seviyede performans gösterirken ısıtma enerjisi tüketiminde ortalamanın üzerinde, soğutma ve yıllık toplam enerji tüketiminde ortalamanın altında kalmıştır.

Hou et al. (2021) 6 katlı konut yapısını Çin'in 7 farklı iklim bölgesinde (köppen iklim sınıflandırmasına göre: cwb, cwa, cfa, dwa, dwc, dfa(2 şehir)) olma durumunu göz önüne alarak ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimi üzerine çalışmıştır. Çalışmada gölgeleme elemanı açısı (0° - 30° - 45° - 60° - 90° - 120° - 150° - 180°), gölgeleme elemanları

cephe kurgusu (sadece doğu, sadece batı, sadece güney, güney+batı, doğu+batı) ve pencere/duvar oranı (güney cephe için: 0,26-0,29-0,37-0,44-0,53-0,58 ve doğu/batı cephe için: 0,04-0,14-0,21-0,32) bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bağımsız değişkenler ile oluşturulan senaryoların Çin'in 7 farklı şehrinin iklim verileri ile Energyplus programı kullanılarak simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; Gölgeleme elemanlarının açısı 0°'den 180°'ye doğru arttıkça toplam enerji tüketim kazancı azalmakta ve C grubu iklim bölgelerinde 120°'den, D grubu iklim bölgelerinde 150°'den sonra kazanç değeri artmaktadır. Ayrıca pencere/duvar oranı arttıkça enerji tüketim kazanç değeri azalmaktadır.

Nazari et al. (2023) köppen iklim sınıflandırmasına göre Bwh (Sıcak çöl iklimi/kurak iklim) iklim bölgesinde yer alan Tahran/İran'da varsayımsal ofis modülü üzerinde enerji tüketimi, gün ışığı ve kullanıcı memnuniyetsizliği analizlerini yürütmüştür. Çalışmada varsayımsal ofis modülü 2 versiyon olarak kullanılmıştır. Bunlardan ilki sadece güney cephede pencere olma durumu ve bu pencerede yatay gölgeleme elemanı kullanılmasıdır. Diğer versiyon ise güney ve batı cephelerde pencere olma durumudur. Bu versiyonda ise güney cephede yatay, batı cephede dikey gölgeleme elemanları kullanılmıştır. İki versiyonda da kullanılacak gölgeleme elemanlarının; açısı(0°-10°-20°-...-70°-80°-90°-...-160°-170°-180°), eleman derinliği (10-20-30-40-50-60-70 cm) ve eleman sayısı (1-2-3-4-5) çaprazlanarak 665 senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar 2 versiyona uygulanarak oluşturulan toplam 1330 senaryonun Grasshopper programı ile simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Her bir versiyon için en uygun sonucu veren ilk 10 çalışma seçilerek toplamda 20 çalışma detaylı olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda; ilk versiyonda eleman derinliği arttıkça görsel konforunun arttığı ve ikinci versiyonda eleman açısı azaldıkça enerji tüketiminin azaldığı ve gün ışığı performansının arttığı tespit edilmiştir.

1.1. Sorun

Küresel ve Türkiye ölçeğinde ayrı ayrı bakıldığında toplam enerji tüketiminin yaklaşık %30'unu yapılar oluşturmakta ve bunun yaklaşık %80'i fosil tabanlı kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil tabanlı kaynakların yakın bir gelecekte tükenecek olmasının yanında CO₂ emisyonu, hava/toprak/su kirliliği, iklim değişikliği gibi farklı ölçeklerde

çevreye zarar vermektedir. Fosil tabanlı kaynakların çevreye verdiği zararların azaltılabilmesi için kullanımının sınırlandırılması gerekmektedir.

Bu sınırlandırma için temel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerekmektedir. Ayrıca inşaat sektörü açısından bakıldığında yapı üretim ve kullanım aşamasında tüketilen enerjinin azaltılması ve etkin kullanılması gerekmektedir. Enerji etkin yapı tasarımı için tasarım aşamasında pasif sistemlere öncelik verilmesi ve yetersiz kaldıkları durumlar için aktif sistemleri destekleyici sistem olarak kullanmak gerekmektedir. Doğrudan aktif sistemlere yönelmek tek başına doğru bir çözüm alternatifi olmayabilir. Bu yüzden analizleri yapılarak iklim koşullarına göre pasif sistemler yapılara uygulanmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi ısıtma ve aydınlatma enerjisi açısından kazanç sağlarken soğutma enerjisi için kayıp oluşturabilmektedir. Ayrıca görsel konfor koşulları ile doğrudan ilişkilidir. Yapılarda kullanılan gölgeleme elemanları güneşi yapı içerisine kontrollü bir biçimde almaya yaramaktadır. Farklı iklim koşullarının ihtiyaçları farklı olduğu için tasarım aşamasında iklim bölgelerine göre ayrı ayrı analizler yapılarak kazanç ve kayıplarının dengelenmesi gerekmektedir.

Türkiye’de, bulunduğu matematiksel konum ve coğrafi özelliklerine bağlı olarak farklı karakterde iklimler yaşanmaktadır. Bu sebeple enerji etkinliği ile ilgili çalışmalar her iklim bölgesi için ayrı ayrı çalışılmalıdır. Türkiye’de bu alanda çalışmalar son yıllarda hız kazandığı için mevcut olan farklı iklim tipleri ve bu iklimlerin farklı ihtiyaçları da göz önüne alındığında yürütülen çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Farklı iklim koşullarının yanı sıra yapılan literatür çalışmalarından elde edilen verilere göre mevcut çalışmalarda tüm değişkenlerin birbirleri ile ilişkisini ortaya koyan çalışma sayısı oldukça düşüktür. Bu sebeple gölgeleme elemanının tipi, eleman derinliği ve aralığı, eleman açısı, yapı cephesinden uzaklığı ve cephe yönelimi gibi farklı değişkenlerin birbirlerine olan etkisinin iklimsel etkenlere göre değerlendirilmesinin yapılamamaktadır.

Yapılan literatür taraması göz önüne alındığında tasarlanan herhangi bir gölgeleme elemanı ısıtma veya soğutma alanlarında tekil olarak değerlendirildiğinde yılın belli dönemlerinde maksimum performans sağlamasına rağmen yıl içerisindeki toplam enerji tüketiminde aynı performansı sağlayamamaktadır. Bu sebepten dolayı

gölgeleme elemanı tasarımının enerji etkinliğini etkileyen tüm değişkenler optimize edilerek tasarım yapılmalıdır.

1.2. Amaç

Bu çalışmada; sabit gölgeleme elemanlarının enerji performansını etkileyen değişkenlerin birbiriyle ilişkisinin ve bu değişkenler ile oluşturulan farklı senaryoların yapının yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji performansına etkisinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Böylece ısıtma-soğutma enerjisi açısından yıllık toplam enerji tüketimi için optimum seçeneklerin ortaya konulması hedeflenmektedir. Ayrıca senaryoların iç ve dış mekan görsel bağlantı seviyelerinin ısıtma soğutma performansı ile ilişkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.3. Kapsam

Bu çalışma 5 ana iklim bölgesi içinde ısıtma ve soğutma dengesinin önemli olduğu ılımlı-nemli iklim bölgesinin referans ili İstanbul'da yürütülmüştür. İstanbul ili Köppen-Geiger iklim sınıflandırılmasında ise Csa iklim tipinde yer almaktadır.

Gölgeleme elemanları ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma enerji tüketimlerini etkilemektedir. Bu çalışmada ısıtma ve soğutma enerji tüketimi kapsama dahil edilmiş, aydınlatma ve havalandırma enerji tüketimleri gölgeleme elemanı dışında farklı etkenlere de bağlı olduğu için kapsam dışında bırakılmıştır.

Hareketli gölgeleme elemanları ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini optimize edebilmekte ancak bunun için hareket enerjisine gereksinim duymaktadır. Sabit gölgeleme elemanları doğru tasarlandığında herhangi bir enerjiye gereksinim duymadan ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini optimize edebilmektedir. Bu sebeple çalışma kapsamı cephe dışında konumlanan sabit gölgeleme elemanları ile sınırlandırılmıştır.

Sabit gölgeleme elemanlarının yıllık enerji tüketimlerini etkileyen değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin değerlendirilebilmesi için varsayımsal bir birim üzerinden yürütülmüştür. Mekansal gereklilikleri, literatürde üzerine yapılmış çalışma sayısının oldukça düşük olması ve Türkiye'de bulunan 208 üniversitenin 60 tanesinin (yaklaşık %29) İstanbul'da olmasından dolayı yükseköğretim yapısı tercih edilmiştir.

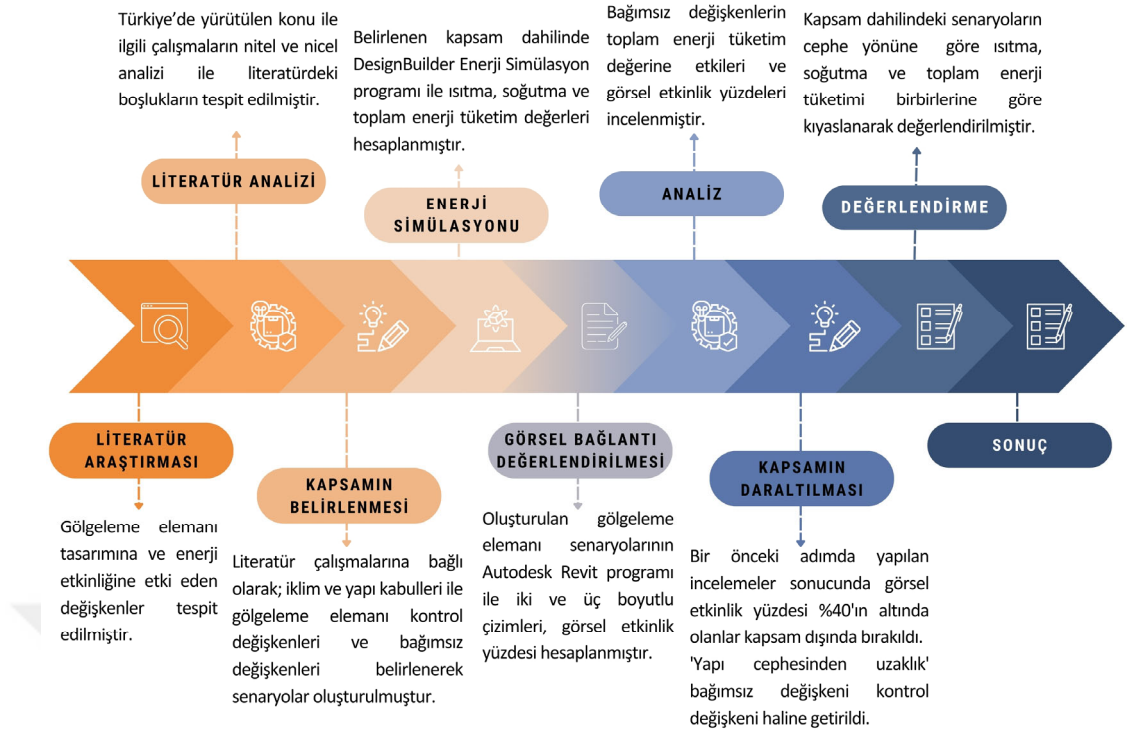
Varsayımsal yapı 6x9m boyutunda kolon-kiriş sistemli bir modül olarak oluşturulmuştur. Duvarlardan yalnızca 1 tanesi dış ortam ile temas etmekte ve bu duvarda %50 oranında saydam eleman bulunmaktadır. Taban ve tavan döşemelerinin ise dış ortam ile temas ettiği kabul edilmiştir. Saydam eleman olarak ise 4+12+4mm hava boşluklu ve 2. katmanında Low-e kaplama (4+12+4Hava#2Low-e) olan cam kullanılmıştır.

Çalışmanın bağımsız değişkenleri; cephe yönelimi (güney, doğu ve batı), gölgeleme elemanı türü (yatay ve dikey), eleman derinliği (20-30-40cm), eleman aralığı (20-40-60-80cm), eleman açısı (0°-15°-30°-45°) ve gölgeleme elemanının yapı cephesinden uzaklığı(10-30-50cm) olarak belirlenmiştir.

Çalışma sürecinde değerlendirilen görsel bağlantı durumuna bağlı olarak kapalılık oranı %40 olan senaryolar ve ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi açısından çok az miktarda değişikliğe sebep olan gölgeleme elemanının yapı cephesinden uzaklık değişkeni kapsam dışı bırakılmıştır.

1.4. Yöntem

Çalışmada kullanılan temel yöntemler literatür araştırması ve enerji simülasyonudur. Tez çalışması yöntem akış şeması **Şekil 1.3**'de detaylı olarak görülmektedir. İlk aşamada gölgeleme elemanı tasarım yöntemlerinin temelini oluşturan Olgyay ve Mazria tasarım yöntemleri incelenerek enerji etkinliğini etkileyen değişkenler ve bu değişkenlerin birbirleri ile ilişki durumları tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise Türkiye'de lisansüstü seviyesinde gölgeleme elemanı ve enerji etkinliği üzerine yürütülen çalışmalar nicel ve nitel olarak incelenerek ilk aşamada tespit edilen değişkenlerin hangi değer aralıklarında optimum sonuç elde edildiği ve literatürde hangi değişkenlerin birbirleri ile ilişkisinde eksik noktaların olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu iki adıma bağlı olarak çalışma kapsamı belirlenmiştir. Çalışmanın yürütüleceği yapı işlevi, yapı türü ve gölgeleme elemanlarının bağımsız ve kontrol değişkenleri kapsam dahilinde belirlenmiştir.



Şekil 1.3: Yöntem akış şeması.

Belirlenen bağımsız değişkenler gölgeleme elemanının; türü, derinliği, aralığı, açısı, yapı cephesinden uzaklığı ve cephe yönelimi olarak belirlenmiştir. Ayrıca eleman sayısı da gölgeleme elemanı performansını etkilemektedir ve bazı çalışmalarda referans olarak alınmıştır. Ancak pencere boyutu sabit tutulduğunda eleman aralığına bağlı eleman sayısı, eleman sayısındaki değişime göre eleman aralığı da değişmektedir. Bu yüzden varsayımsal yapının pencere boyutu sabit tutularak değerlendirilecek değişkenlere eleman sayısı dahil edilmemiştir. Daha sonra bu değişkenlerin literatür çalışmalarına bağlı olarak belirlenen değerleri birbirleri ile çaprazlanarak 864 senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryoların DesingBuilder simülasyon aracı ile yıllık ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar tamamlandıktan sonra senaryoların kapalılık oranlarına bağlı iç mekan ve dış mekan arasındaki görsel bağlantı durumlarının tespiti için Revit programı iki ve üç boyutlu çizimleri yapılmıştır. Üç boyutlu çizimlerden görsel algı olarak ve iki boyutlu çizimlerden görsel etkinlik yüzdesi hesaplanarak sayısal olarak değerlendirilmiştir.

Isıtma-soğutma ve toplam enerji tüketimi ile görsel etkinlik yüzdesi değerlendirilmiş ve kapsam dahilinde oluşturulan gölgeleme elemanı senaryolarından görsel etkinlik

yüzdesi %40'ın altında olan (görsel bağlantısı çok zayıf veya zayıf) olan senaryolar değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Nihai olarak değerlendirilecek senaryolar 'Bağımsız Değişkenlerin Toplam Enerji Tüketimine Etkisinin Değerlendirilmesi', 'Senaryoların Görsel Bağlantı ve Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi' ve 'Senaryoların ve Enerji Tüketimlerinin İlişkisinin Göreceli Değerlendirilmesi' başlıklarında Microsoft Office Excel programı yardımı ile analiz edilerek enerji tüketiminde sağladıkları kazançlar tespit edilmiştir.

Yapılan analiz ve değerlendir sonuçları ile çalışma tamamlanmıştır.

1.5. Hipotez

Oluşturulan gölgeleme elemanı senaryolarının farklı yönlerde gösterdikleri performansın farklı olması beklenmektedir. Bununla beraber her yön için toplam enerji tüketim kazanç değeri açısından en iyi tek bir senaryo değil yakın enerji kazanç değerine sahip senaryo grubunun oluşması beklenmektedir.

Bağımsız değişkenlerin birbirini takip eden değerleri ile oluşturulan senaryolarda ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin birbirine yakın sonuçlar vermesi beklenmektedir. Bunun aksine bağımsız değişkenlerin en üst ve en alt değerlerini temsil eden senaryoların ısıtma-soğutma enerji tüketim değerleri arasındaki farkların daha fazla olması beklenmektedir.

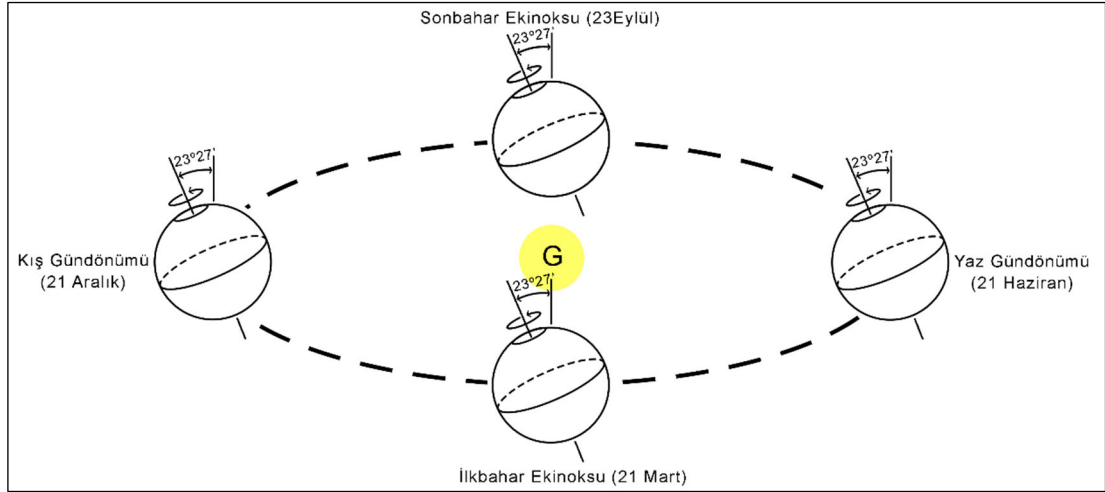
2. GÜNEŞ VE GÖLGELEME ELEMANLARI

Güneş yeryüzündeki canlılar için hayat kaynağıdır. Güneş ışınlamalarının canlılar üzerindeki etkileri aydınlatma, ısıtma ve biyolojik olmak üzere 3 grupta incelenebilmektedir. Güneşin oluşturduğu aydınlatma etkisi insan ve çevre arasında görsel ilişki kurulmasına fayda sağlamaktadır. Isıtma etkisi iklim ve mevsim ilişkisinin düzenlemesini sağlamaktadır. Biyolojik etki ise güneş ışınlamalarının yeryüzüne ulaşana kadar atmosferdeki yayınma, yansıma ve soğurmasına bağlı olarak gelişmektedir. Bu etkilerin olumlu veya olumsuz sonuçlar ortaya çıkarması insan fizyolojisine uygun değerlerde oluşturulmasına bağlıdır. Fazla aydınlatma kamaşma etkisiyle beraber göze hasar verebileceği gibi fazla ısınma veya güneş eksikliğinden kaynaklanan soğuma etkisi de insan sağlığına zarar verebilmektedir. Bunun yanında insan fizyolojisinde D vitamini oluşumuna olanak sağlaması, mikropları öldürücü etkisinin olması ve görsel iletişim kurması gibi olumlu yanları da bulunmaktadır [Çoban, 1999; Reman, 1984].

Aydınlatma ve ısıtma etkisi dünyamızın şeklinden ve devrim halinde olmasından kaynaklı yıllık ve günlük olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca ele alınan konunun coğrafi verileri (eğimi, yükseltisi, bakı yönü...), bitki örtüsü, iklimi, bulutluluk oranı ve bu konumdaki rüzgârların, hava kitlelerinin, karaların ve denizlerin etkisi de önem taşımaktadır[Çoban, 1999; Kısa Ovalı, 2019].

2.1. Güneş Geometrisi ve Gölgeleme Elemanı Tasarımı

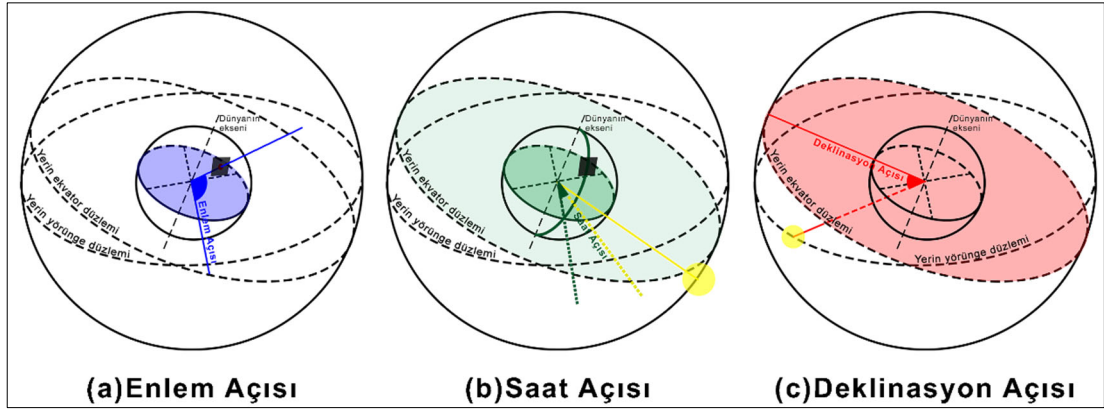
Dünya hem kendi etrafında dönmekte hem de güneşin etrafında eliptik bir yörüngede hareket etmektedir. Dünya kendi etrafındaki dönüşünü 1 tam günde, güneşin etrafındaki dönüşünü ise 1 yılda tamamlamaktadır. Ayrıca dünyanın güneş etrafındaki yörüngesi ile kendi etrafındaki dönüş eksenine birbirine dik değil aralarında **Şekil 2.1**'de görüldüğü gibi 23°27'lık bir eksen eğiklik vardır. Eksen eğikliğine ve dünyanın hareketine bağlı olarak dünya ve güneşin birbirine göre konumları sürekli değişkenlik göstermektedir [Kalemci, 2005; Timoçin, 2001]. Dünyanın sahip olduğu eksen eğikliği ile günlük ve yıllık hareketine bağlı olarak dünya üzerinde herhangi bir konuma gelen güneş ışınlarının açısı ve yönü değişmektedir. Seçilen konuma göre de güneş ışınlarının açısı ve yönü ayrıca değişkenlik göstermektedir.



Şekil 2.1: Dünyanın güneş etrafındaki yıllık hareketi [Kalemci, 2005'ten yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

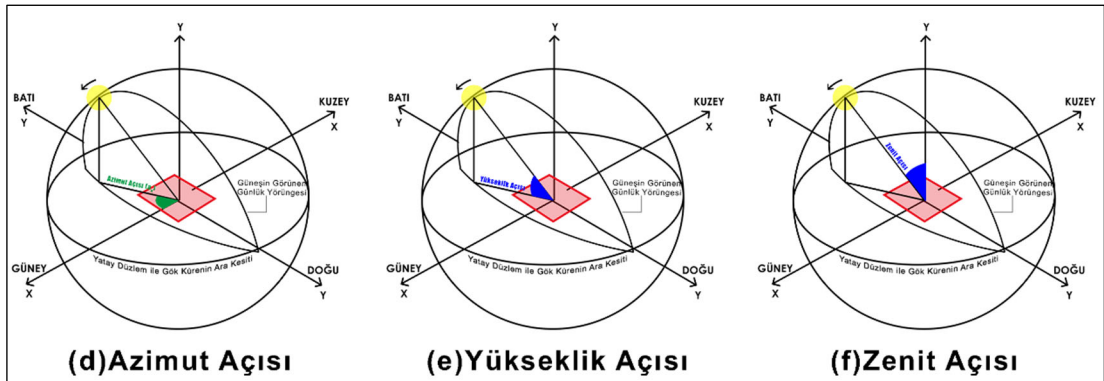
Dünya üzerinde herhangi bir konuma yıl içerisinde güneşin hangi yönde ve hangi açılarla geldiğini tespit edebilmek tasarımcılar için oldukça önemlidir. Ancak bu hesaplamaların daha kolay yapılabilmesi için gök küre varsayımı ortaya konulmuştur. Bu varsayımda normalde hareket eden dünya olmasına rağmen dünyanın merkezde sabit, güneşin yörüngede hareket ettiği kabul edilmektedir. Gök küre ise merkezi dünyanın merkezi ile aynı kabul edilen, gökyüzündeki tüm cisimleri kapsayan devasa çaplı varsayımsal bir küredir [Kalemci, 2005; Timoçin, 2001; Mazria, 1979].

Dünya üzerinde herhangi bir noktaya gelen güneş ışınımının doğrultusunu tespit edebilmek için **Şekil 2.2**'de görülen enlem açısı, saat açısı ve deklinasyon açısı kullanılmaktadır. Enlem açısı(a) dünya üzerinde seçilen herhangi bir noktayı dünya merkezi ile birleştiren doğru ve ekvator düzlemi arasında kalan açıyı ifade etmektedir ve güneşin konumuna bağlı değişkenlik göstermez. Saat açısı(b) ise seçilen bu noktadan geçen boylam ve güneş ile dünya merkezini birleştiren doğrunun ekvator düzlemindeki izdüşümleri arasında kalan açıyı ifade etmektedir. Deklinasyon açısı(c) ise dünyanın eksen eğikliğinden kaynaklanmakta ve güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıyı ifade etmektedir. Saat ve deklinasyon açıları güneşin konumuna göre değişkenlik göstermektedir [Timoçin, 2001].

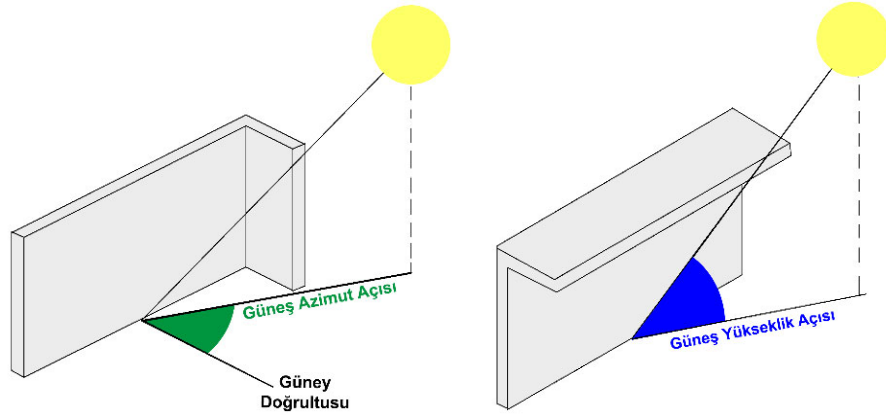


Şekil 2.2: Esas güneş açıları [Timoçin, 2001'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Gölgeleme elemanı tasarımında ise **Şekil 2.3**'te görülen esas güneş açılarından elde edilen zenit, güneş yükseklik ve azimut açıları gereklidir. Azimut açısı(d) güneşin doğrultusunun bilinmesi için gereklidir ve dünya üzerindeki bir noktaya gelen güneş ışınlarının yatay düzlem üzerindeki izdüşümü ile güneş doğrultusu arasındaki açıdır. Azimut açısı güneyden batıya doğru (+), doğuya doğru (-) olarak belirtilmektedir. Yükseklik açısı(e) güneş ışınlarının geldiği yatay düzlem ile yaptığı açıdır. Zenit açısı(f) ise güneş ışınları ile yüzey normali arasındaki açıdır. Zenit açısı güneş yükseklik açısının tümleyeni olduğu için birinin bilinmesi yeterli olmaktadır [Timoçin, 2001; Mazria, 1979].

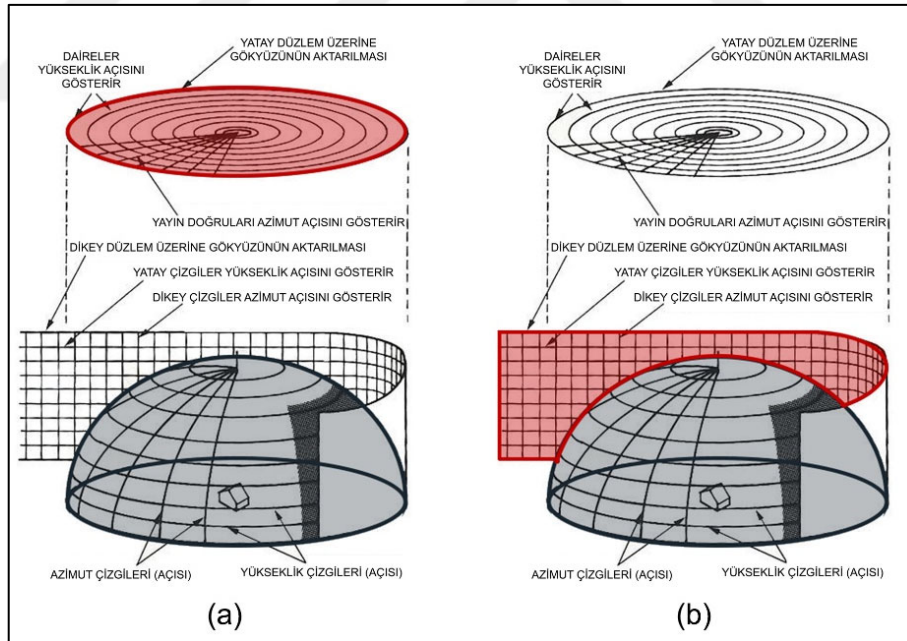


Şekil 2.3: Türetilen güneş açıları [Timoçin, 2001'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].



Şekil 2.4: Güneş azimut ve yükseklik açılarının gölgeleme elemanı tasarımına etkisi [Szokolay, 2007’den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

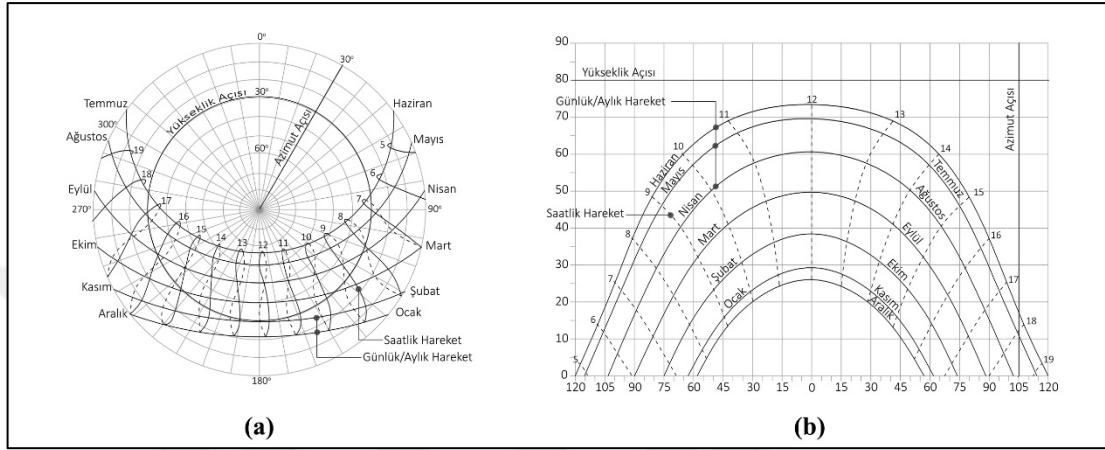
Şekil 2.4’te görüldüğü gibi güneş azimut açısı güneşin doğu batı yönündeki konumunu belirttiği için dikey gölgeleme elemanı tasarımı için, yükseklik açısı ise zemin düzlemine göre açısal konumunu belirttiği için yatay gölgeleme elemanı tasarımı için gerekli değerlerdir.



Şekil 2.5: Yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramlarının oluşturulması [Gunavan, 2019’dan uyarlanmıştır].

Güneş yolu diyagramları gök küre kabulüne göre dünya etrafında dönen güneşin yıl içerisindeki hareketlerinin iki boyutlu düzleme aktarılmasıdır. Güneş yolu

diyagramları yatay ve dikey olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Güneşin gök kürede yaptığı hareketlerin **Şekil 2.5(a)**'te gösterildiği gibi paralel projeksiyon ile 2 boyutlu düzeleme aktarılmasıyla yatay güneş yolu diyagramı, **Şekil 2.5(b)**'te gösterildiği gibi silindirik projeksiyon ile 2 boyutlu düzeleme aktarılmasıyla dikey güneş yolu diyagramı oluşturulmaktadır [Gunavan, 2019; Mazria, 1979].



Şekil 2.6: Yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramları [Szokolay, 2007(a), Mazria 1979(b) ve Web 5'ten yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Güneş yolu diyagramları dünya üzerinde enlem derecesine göre değişiklik göstermektedir. **Şekil 2.6**'da yatay ve dikey güneş yolu diyagramları gösterilmiştir.

Yatay güneş yolu diyagramında (**Şekil 2.6(a)**) çemberlerin merkezinde bir yapının konumlandığı varsayılmaktadır. Eş merkezli çemberler güneş yükseklik açısını, merkezden çepere doğru yayılan doğrular azimut açısını, yatay doğrultuda uzanan yaylar güneşin aylık hareketini ve dikey doğrultuda uzanan yaylar güneşin saatlik hareketini temsil etmektedir [Koç, 2019; Szokolay, 2007].

Dikey güneş yolu diyagramında (**Şekil 2.6(b)**) bina konumu gök kürenin kutup noktasının ekvator düzlemine izdüşümünde olduğu kabul edilmektedir ve elde edilen grafiğin dışında kalmaktadır. Dikey güneş yolu diyagramındaki gridal zemini oluşturan yatay doğrular güneş yükseklik açısını, dikey doğrular güneş azimut açısını temsil etmektedir. Grafik üzerinde doğu batı aksında uzanan yaylar güneşin aylık hareketlerini ve bu eğrilerle kesişen dikey doğrultulu eğriler güneşin saatlik hareketlerini temsil etmektedir [Mazria, 1979; Szokolay, 2007].



Şekil 2.7: Gölgeleme elemanı tasarım yöntemleri.

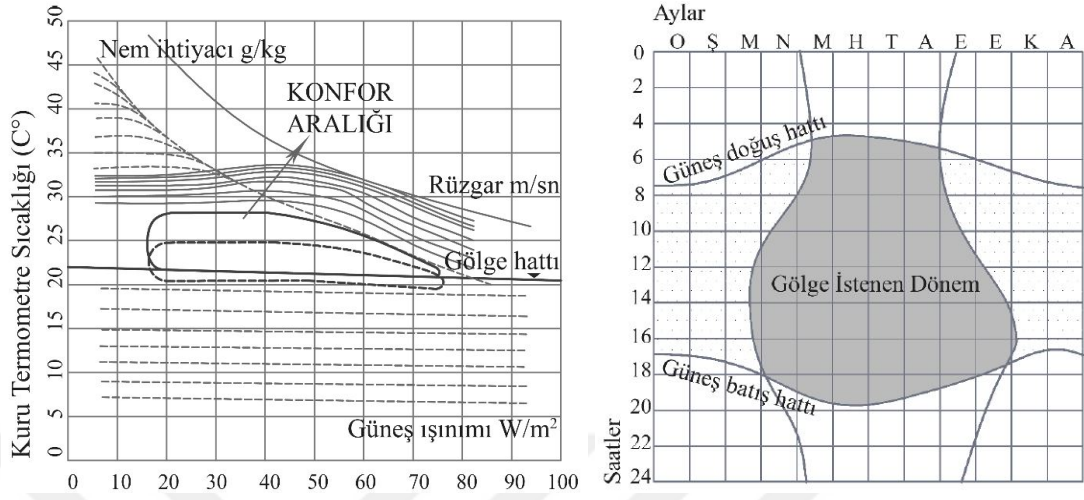
Gölgeleme elemanı tasarım yöntemleri (Şekil 2.7) çizgisel, deneysel ve sayısal yöntemler olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Çizgisel Yöntemler, gölgeleme elemanı tasarımının daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca deneysel ve sayısal yöntemlere altlık oluşturmaktadır. Gölgeleme elemanının ısı ve görsel konfor koşullarına ve bina enerji performansına etkisi ile ilgili çalışmalarda ise deneysel ve sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Deneysel yöntemler ölçekli ve bire bir modeller olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ölçekli modellerin farklı simülatörler aracılığıyla veya prototip modeller üzerine yerleştirilen sensör ve alıcılar yardımı ile denenmesi bu başlık altında yer almaktadır. Sayısal yöntemler ise analitik matematiksel modeller ve sayısal simülasyonlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [Türkmenoğlu Bayraktar, 2008; Şahinoğlu, 2012].



Şekil 2.8: Gölgeleme elemanı tasarım yöntemi akış şeması.

Çizgisel yöntemlerin temelini Aladar ve Victor Olgyay'ın geliştirdiği Olgyay yöntemi ve Edward Mazria'nın geliştirdiği Mazria Yöntemi oluşturmaktadır [Koç, 2019]. Bu iki yöntemin işleyişi (Şekil 2.8) aynı olmasına rağmen altlık olarak kullandıkları güneş yolu diyagramının değişmesinden dolayı yöntemler farklılaşmıştır. Olgyay yöntemi

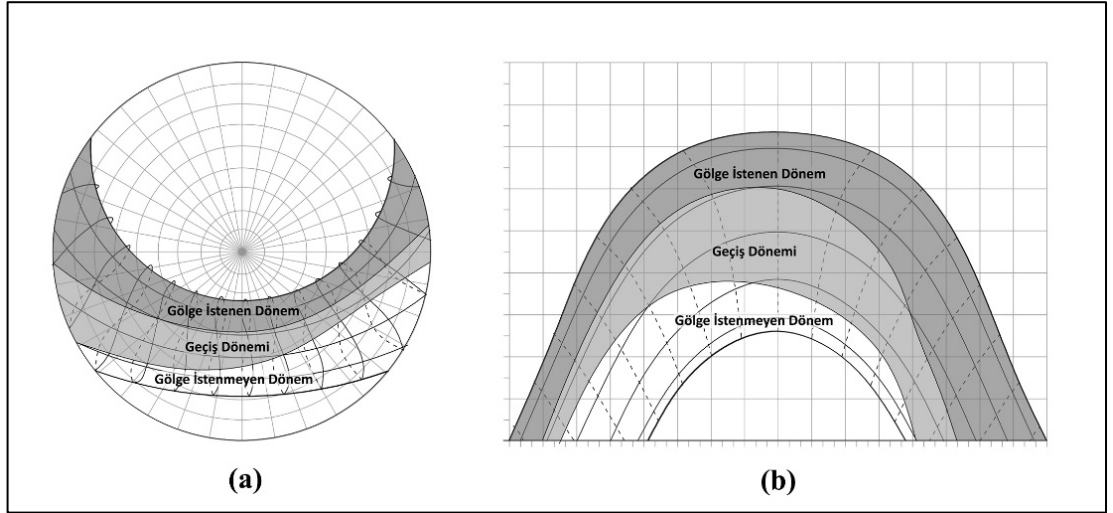
yatay güneş yolu diyagramını kullanırken Mazria yöntemi dikey güneş yolu diyagramını kullanmaktadır [Mazria, 1979; Timoçin, 2001].



Şekil 2.9: Biyoklimatik konfor grafiği(sol) ve Gölge hattı diyagramı (sağ) [Koç, 2019].

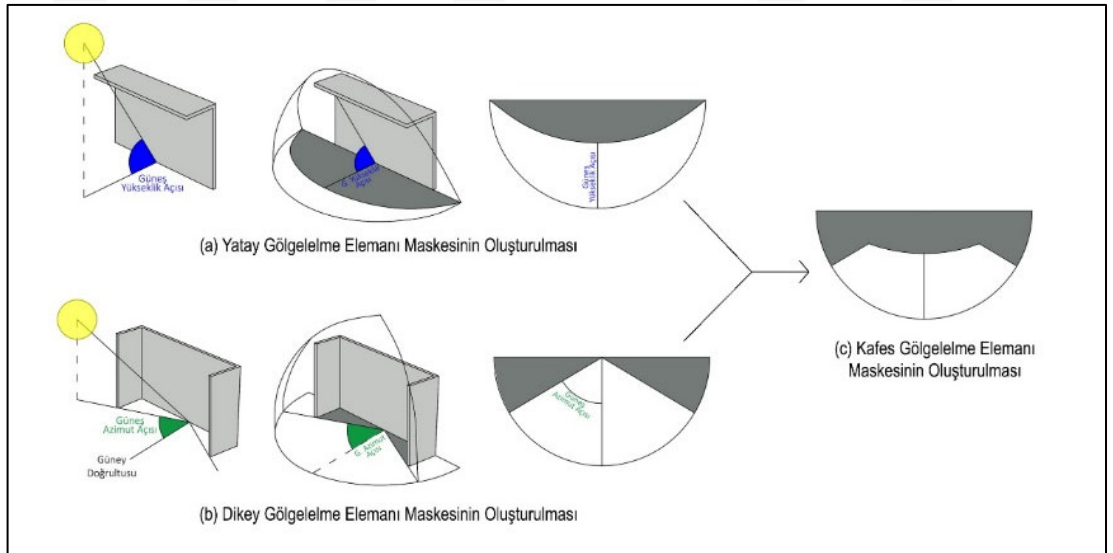
İlk adım olan gölge istenen dönemin belirlenmesi Olgyay ve Mazira Yöntemi için ortak adımdır. Herhangi bir bölgenin iklim verileri işlenerek oluşturulan **Şekil 2.9**'da sol tarafta görüldüğü gibi biyoklimatik konfor grafiği üzerinden gerekli konfor aralığı tespit edilmektedir. Daha sonra yatay düzlemde aylar ve dikey düzlemde saatler olmak üzere konfor sınırı olan 21°C'nin sağlandığı noktaların birleştirilmesiyle **Şekil 2.9**'da sağ tarafta görüldüğü gibi gölge hattı diyagramı oluşturulmaktadır [Timoçin, 2001]. Grafik üzerinde oluşan gölge istenen ve istenmeyen dönemler tasarlanacak gölgeleme elemanının güneş ışınlamını mekan içine ne derecede alıp almayacağını belirlemek için kullanılmaktadır.

İkinci adım olarak belirlenen gölge istenen dönem verileri güneş yolu diyagramlarına (**Şekil 2.10**) güneşin aylık ve saatlik hareketleri referans alınarak işlenmektedir [Mazria, 1979; Timoçin, 2001].



Şekil 2.10: Gölge istenen dönemin yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramına işlenmesi [Setiadarma, 1995; Mazria, 1979'dan uyarlanmıştır].

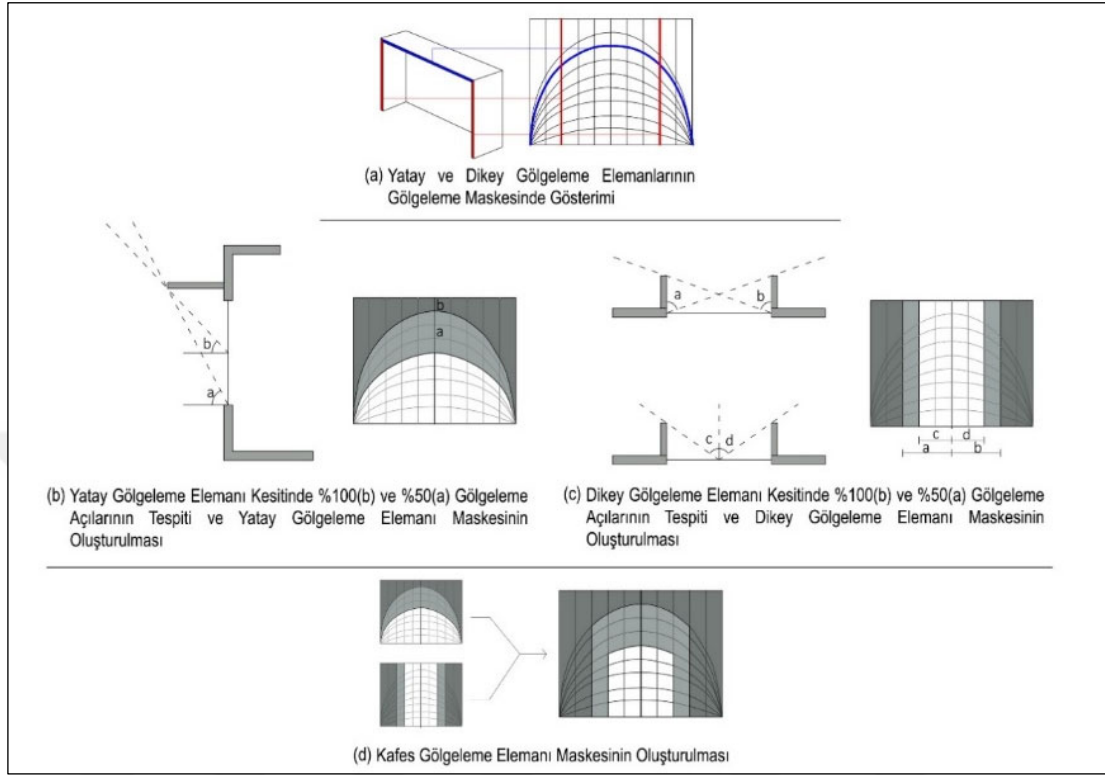
Gölgeleme elemanı tasarım yönteminin üçüncü adımı olan gölgeleme maskesinin oluşturulması ortak adım olsa da Olgyay ve Mazria yöntemlerinde değişiklik göstermektedir. Olgyay yönteminde oluşturulan maske dairesel bir altlık üzerindeyken Mazria yönteminde gridal bir altlık üzerindedir [Setiadarma, 1995; Mazria, 1979].



Şekil 2.11: Olgyay yönteminde gölgeleme maskesi oluşturulması [Szokolay, 2007'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Olgyay yönteminde, ön görülen tasarımda yatay gölgeleme elemanları için güneş yükseklik açısını, dikey gölgeleme elemanları için güneş azimut açısı

kullanılmaktadır. Kafes gölgeleme elemanları için yatay ve dikey elemanların maskeleri ayrı ayrı çıkarılarak birleştirilmektedir [Setiadarma, 1995; Szokolay, 2007].

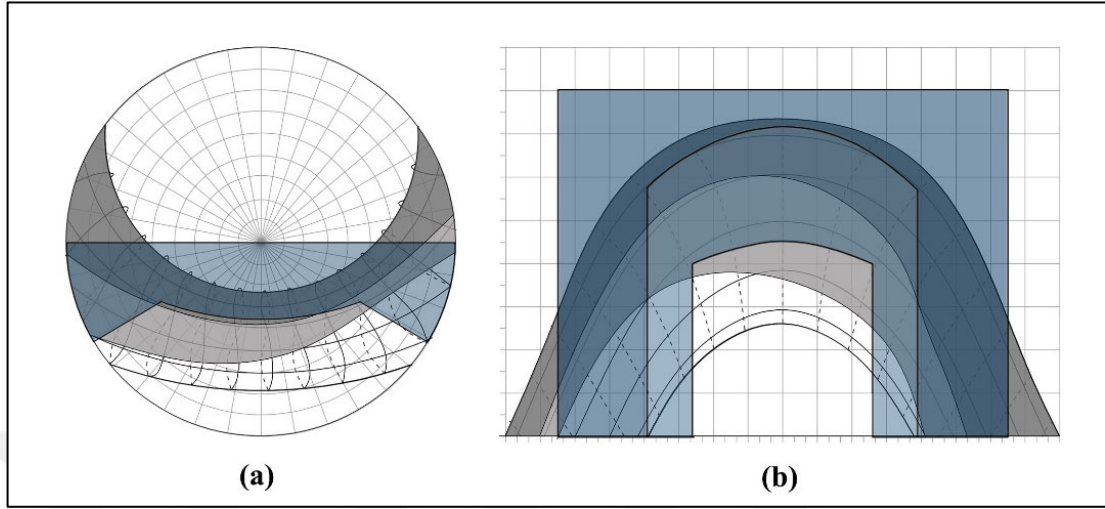


Şekil 2.12: Mazria yönteminde gölgeleme maskesi oluşturulması [Setiadarma, 1995 ve Mazria 1979'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Mazria yönteminde ise gölgeleme maskesi gölgeleme elemanının ve pencerenin boyutları ile oluşturulan oranlara bağlıdır. Bu oranlar pencerenin gölgeleme elemanı ile yaptığı açı olarak ifade edilmektedir. **Şekil 2.12 (a)**'de gösterildiği gibi gölgeleme maskesinin sağ alt köşesinden sol alt köşesine kadar uzanan kavisli çizgiler yatay gölgeleme elemanları için, dikey çizgiler ise dikey gölgeleme elemanlarını temsil etmektedir [Mazria, 1979]. Gölgeleme maskesinde pencerenin tamamen gölgelendiği zamanlar %100 ve yüzeyin yarısının gölgelediği zamanlar %50 olarak ifade edilmektedir [Mazria, 1979; Setiadarma, 1995].

Gölgeleme elemanı tasarım yönteminin dördüncü adımı olarak **Şekil 2.13**'de görüldüğü üzere çakıştırma yapılmıştır. Bu adımda ikinci adımda oluşturulan gölge istenen dönemin işlendiği güneş yolu diyagramı ile üçüncü adımda oluşturulan gölgeleme maskesi cephe yönüne göre çakıştırılmaktadır. Son adım olarak gölgeleme

maskesinin gölge istenen dönemi kapsadığı oran değerlendirilmektedir [Setiadarma, 1995; Mazria, 1979].



Şekil 2.13: Yatay(a) ve dikey(b) güneş yolu diyagramları ve gölgeleme maskelerinin karşılaştırılması

Gölgeleme maskesinin gölge istenen dönemi kapsama oranına göre tasarım kabul edilir veya ön görülen tasarım üzerinde revizyonlar yapılarak yeniden gölgeleme maskesi çıkarılabilmektedir. Ayrıca ön görülen tasarım üzerinden gölgeleme maskesi çıkarılabildiği gibi güneş yolu diyagramı üzerinden gölge istenen dönemi kapsayan maske oluşturularak gölgeleme maskesinden gölgeleme elemanı tasarımına da ulaşılabilmektedir [Szokolay, 2007].

2.2. Gölgeleme Elemanı Türleri ve Sınıflandırılması

Gölgeleme elemanlarının sınıflandırılması ile ilgili literatürde birçok kabul bulunmaktadır. Örneğin;

Timoçin (2001) gölgeleme sistemlerini temelde ağaçlar, mevcut yapılar, yapı kabuğu dışında uygulanan gölgeleme elemanları (yatay/dikey/karma elemanlar) ve yapı kabuğu tasarımında yeşil öge olarak 4'e ayırmıştır.

Yüksel (2009) ise yapı kabuğunun bir parçası olan saçaklar, dikey kanatlar, kafes sistemler, tente ve panjurları yerel gölgeleme elemanı olarak; cephe içine/dışına veya

2 cephe arasına entegre edilen jaluziler ve stor perdeleri gölgeleme elemanı olarak sınıflandırmıştır.

Şahinoğlu (2012) gölgeleme elemanlarını sabit dış gölgeleme elemanı yatay-dikey elemanlar), hareketli dış gölgeleme elemanı (yatay-dikey elemanlar), 2 cephe arası gölgeleme elemanı, iç gölgeleme elemanları, doğal elemanlar ve gelişmiş gölgeleme sistemleri olmak üzere 6'ya ayırmıştır.

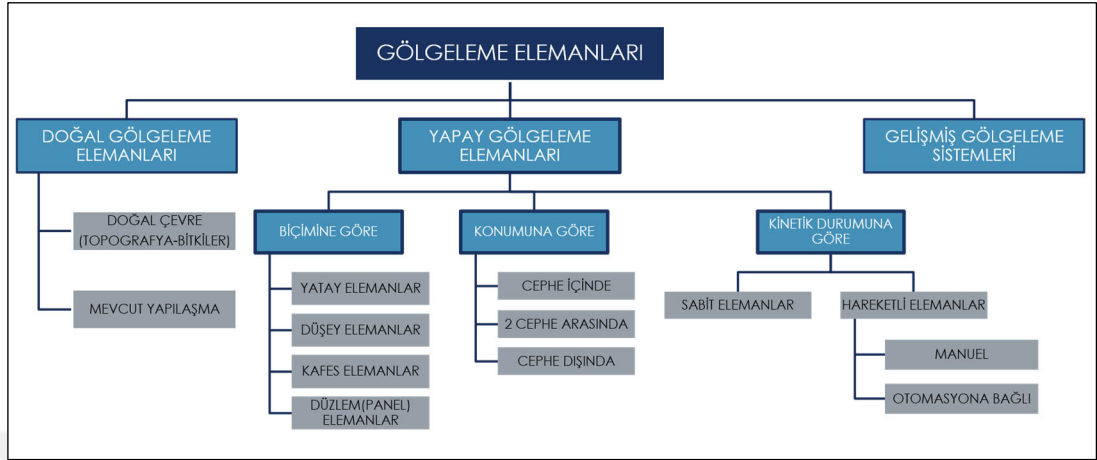
Kırımtat (2016) gölgeleme elemanlarını temel olarak sabit ve hareketli elemanlar olarak 2'ye ayırmıştır. Sabit gölgeleme elemanlarını; saçak, yatay panjur, dikey panjur ve kafes olarak ayırmıştır. Hareketli gölgeleme elemanlarını ise jaluziler, dikey jaluziler, stor perdeler ve yaprak döken bitkiler olarak sınıflandırmıştır.

Özyer (2017) 2 farklı sınıflama yapmıştır. Bunlardan ilkinde gölgeleme elemanlarını temel olarak yapay ve doğal gölgeleme elemanları olarak 2'ye ayırmıştır. Yapay elemanları ise bina dışında, bina yüzeyinde ve bina içinde olmak üzere 3'e ayırmıştır. Bir diğer sınıflandırma sisteminde ise temel olarak sabit (yatay, dikey, karma ve paralel levha) ve hareketli (yatay, dikey, markiz, jaluzi ve kinetik) gölgeleme elemanları olmak üzere 2'ye ayırmıştır.

Koç (2019) gölgeleme elemanlarını temel olarak yapay ve doğal olmak üzere 2'ye ayırmıştır. Ağaçlar, topografya ve çevre binalar doğal elemanların içerisinde yer almaktadır. Yapay elemanları ise kinetik durumuna ve konumuna göre yeniden sınıflandırmıştır. Konumuna göre dış gölgeleme elemanları ise şekline göre sınıflandırılmıştır.

Şekil 2.14'deki sınıflandırma yazar tarafından farklı çalışmalardan derlenerek oluşturulmuştur. Gölgeleme elemanları temel olarak doğal, yapay ve gelişmiş sistemler olarak üçe ayrılmaktadır. Doğal gölgeleme elemanları yapının içinde bulunduğu topografya, çevresindeki bitkiler ve mevcut yapılaşmadan oluşmaktadır. Gelişmiş gölgeleme elemanları; hareketli yansıtıcı filmli ışık rafı, prizmatik camlar ve holografik optik elemanlar gibi gelişen teknolojinin yapı malzemelerine kazandırdığı özelliklere bağlı geliştirilen sistemlerdir. Yapay gölgeleme elemanları ise kendi içerisinde biçimine, konumuna ve kinetik durumuna göre üçe ayrılmaktadır. Biçimine göre elemanlar; yatay, dikey, kafes ve düzlem/panel elemanlardır. Konumuna göre elemanlar; cephe içinde, cephe dışında ve çift kabuk cephe sistemlerinde iki cephe

arasında bulunabilmektedir. Kinetik durumuna göre elemanlar sabit veya hareketli olabilmektedir. Hareketli elemanlar ise manuel veya otomasyona bağlı olabilmektedir.

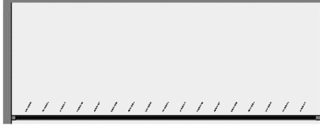
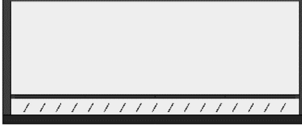
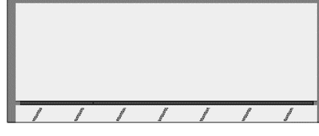
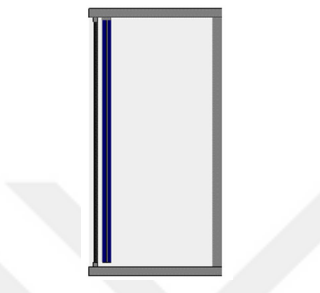
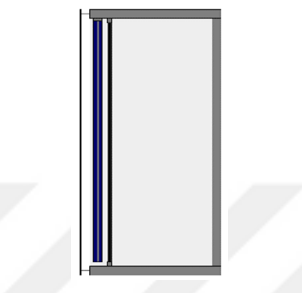
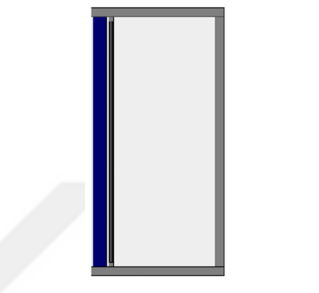
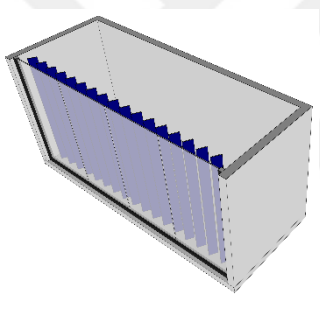
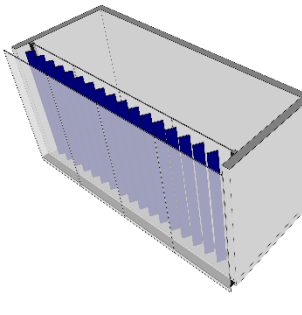
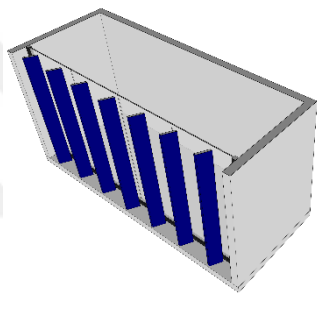


Şekil 2.14: Gölgeleme elemanı sınıflandırma sistemi.

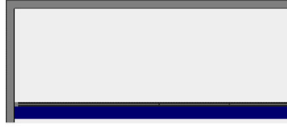
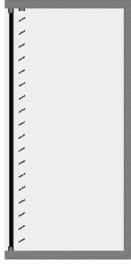
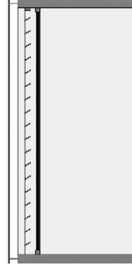
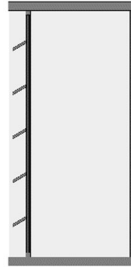
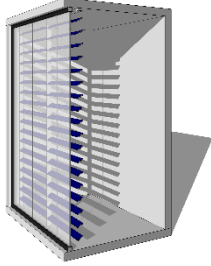
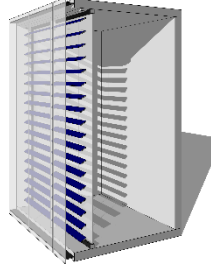
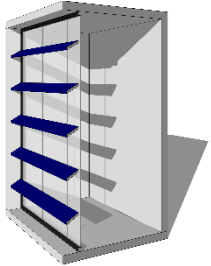
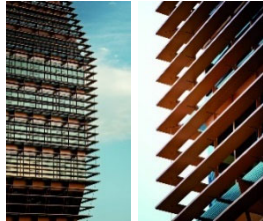
Bu sınıflandırma sisteminde herhangi bir yapay gölgeleme elemanı farklı niteliklerine göre farklı sınıflarda yer almaktadır. Örneğin jaluziler birçok sınıflandırmada ayrı bir tür olarak ele alınmış olsa da temelde konumuna göre cephe içinde, biçimine göre yatay ve kinetik durumuna göre ise hareketli gölgeleme elemanı olduğu için sınıflandırma da ayrıca yer verilmemiştir.

Gölgeleme elemanlarının biçimine göre ayrılarak **Tablo 2.1**'de dikey gölgeleme elemanları, **Tablo 2.2**'de yatay gölgeleme elemanları, **Tablo 2.3**'te kafes gölgeleme elemanları ve **Tablo 2.4**'te düzlem gölgeleme elemanları konumuna göre sınıflandırılarak oluşturulmuş plan, kesit ve modelleri bulunmaktadır.

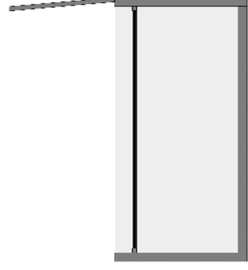
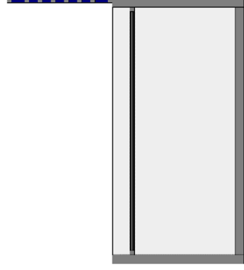
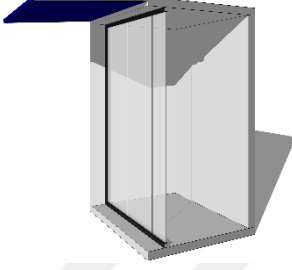
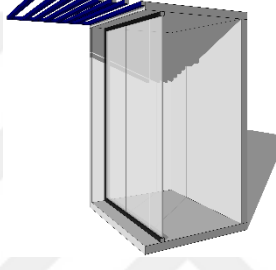
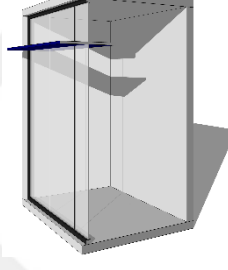
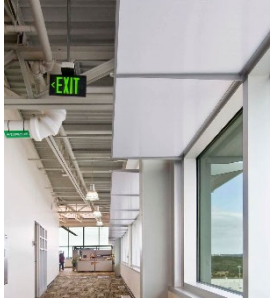
Tablo 2.1: Dikey gölgeleme elemanı çizimleri.

DİKEY GÖLGELEME ELEMANLARI			
	CEPHE İÇİNDE	İKİ CEPHE ARASINDA	CEPHE DIŞINDA
PLAN			
KESİT			
MODEL			
ÖRNEK	 [Web 6]		  [Web 8]

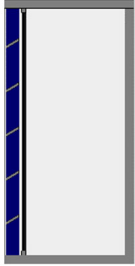
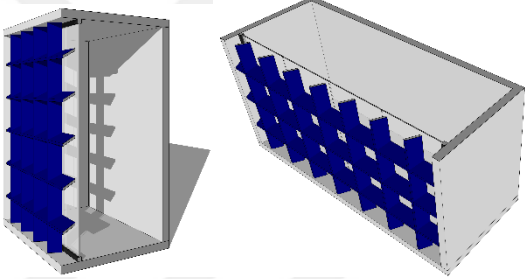
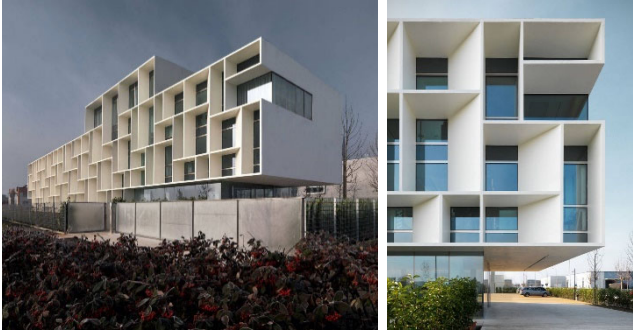
Tablo 2.2: Yatay gölgeleme elemanı çizimleri.

YATAY GÖLGELEME ELEMANLARI			
	CEPHE İÇİNDE	İKİ CEPHE ARASINDA	CEPHE DIŞINDA
PLAN			
KESİT			
MODEL			
ÖRNEK	 [Web 9]	 [Web 10]	 [Web 11]

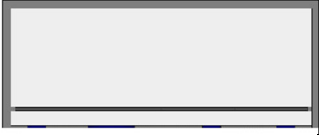
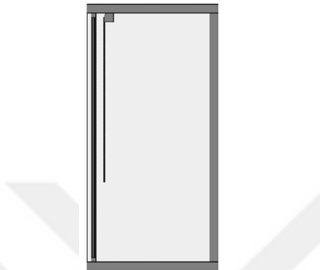
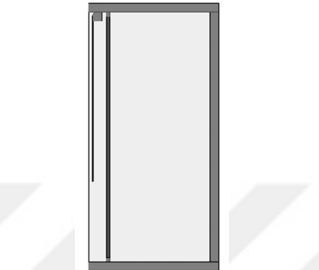
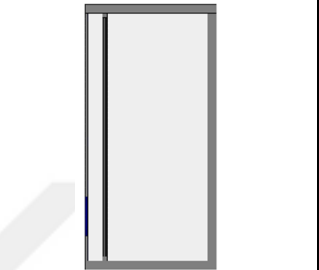
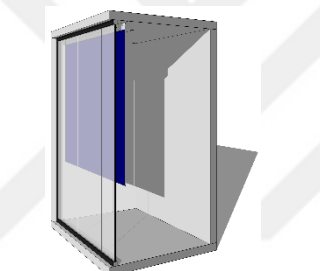
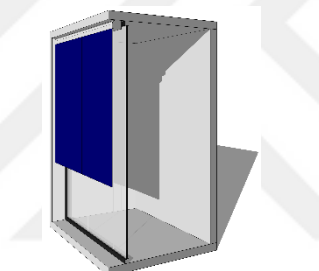
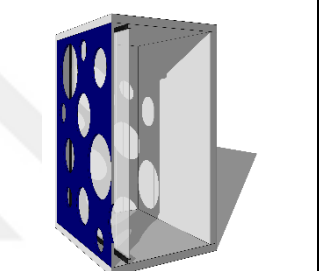
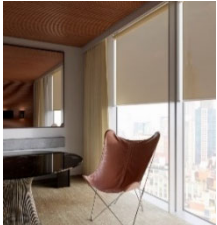
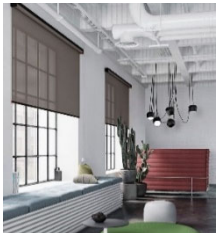
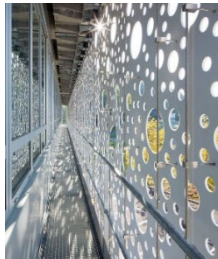
Tablo 2.2: Yatay gölgeleme elemanı çizimleri (devamı).

YATAY GÖLGELEME ELEMANLARI (DEVAM)			
	TEK PARÇA SAÇAK	ÇOK PARÇALI SAÇAK	IŞIK RAFI
KESİT			
MODEL			
ÖRNEK		 [Web 13]  [Web 14]	 [Web 15] 

Tablo 2.3: Kafes gölgeleme elemanı çizimleri.

KAFES GÖLGELEME ELEMANLARI		
PLAN		Kafes gölgeleme elemanları genellikle cephe dışında uygulanmaktadır.
KESİT		
MODEL		
ÖRNEK	 [Web 16]	

Tablo 2.4: Düzlem gölgeleme elemanı çizimleri.

DÜZLEM GÖLGELEME ELEMANLARI			
	İÇ MEKAN PERDESİ (STOR)	DIŞ MEKAN PERDESİ	PANEL ELEMAN
PLAN			
KESİT			
MODEL			
ÖRNEK	  [Web 17]	 [Web 18]  [Web 19]	  [Web 20]
	İç ve dış mekan perdeleri hareketli gölgeleme elemanlarıdır.		Panel elemanlar sabit gölgeleme elemanıdır ve üzerinde farklı biçimlerde boşluklar bulunabilmektedir.

2.3. Gölgeleme Elemanlarının Sağlaması Gereken Performans Kriterleri

Gölgeleme elemanlarının temel görevi binanın güneş kontrolünü sağlayarak hem ısı ve görsel performans koşullarını iyileştirip hem de yapının harcadığı ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimlerini azaltmaktır. Bunların yanı sıra kullanım ömrü ve maliyet etkinliği, estetik gereksinimler gibi kriterleri de sağlanması beklenmektedir [Koç, 2019; Özyer, 2017]. **Tablo 2.5'**te gölgeleme elemanlarının sağlaması gereken kriterler gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Gölgeleme elemanlarından beklenen performans kriterleri [Özyer, 2017 ve Koç, 2019'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

BİNA ENERJİ PERFORMANSI	Soğutma Enerjisi Tüketimi
	Isıtma Enerjisi Tüketimi
	Aydınlatma Enerjisi Tüketimi
	Havalandırma Enerjisi Tüketimi
	Sıcak Su Sistemleri
ISIL KONFOR	Sıcaklık
	Nem
	Hava Hızı
GÖRSEL KONFOR	Kamaşma Kontrolü
	Yeterli Aydınlık Düzeyi
	Homojen Güneş Dağılımı
KULLANIM ÖMRÜ VE MALİYET ETKİNLİĞİ	Düşük İlk Yapım Maliyeti
	Uzun Kullanım Ömrü
	Malzemenin Geri Dönüştürülebilirliği
	Yüksek Dayanım (Bakım-Onarım İhtiyacının Minimum Olması)
ESTETİK GEREKSİNİMLER	Dış Ortamla Görsel Bağlantı
	Mahremiyet
	Yapı Cephesine Katkı
KORUMA VE KONTROL	Yangın Korunumu
	Gürültü Kontrolü
	Meteorolojik Olaylar

➤ Bina Enerji Performansı

Binalarda enerji performansı yönetmeliğine göre binanın ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve sıcak su sistemleri için harcanan enerji birincil enerji olarak tanımlanmaktadır [Resmi Gazete, 2008]. Havalandırma ve aydınlatma enerji tüketimi gölgeleme elemanı dışında pencere ve mekan boyutu, pencerenin açık veya kapalı olma durumu gibi farklı değişkenleri de içermektedir. Sıcak su enerjisinin ise gölgeleme elemanları ile herhangi bir ilişkisi bulunmamaktadır [Türkmenoğlu Bayraktar, 2008], [Güvenkaya,2008]. Bu sebeple sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerjileri çalışma kapsamına dahil edilmemiş, sadece ısıtma ve soğutma enerjileri değerlendirilmiştir. **Şekil 2.15**'te bina enerji performansına dahil olan enerji tüketimleri görülmektedir. Çalışma kapsamında olanlar yeşil ile, kapsam dışı bırakılanlar kırmızı ile gösterilmiştir.



Şekil 2.15: Bina enerji performansı ve çalışma kapsamı.

Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri dış ortam sıcaklığına, iç ortamdan beklenen ısı performansına ve de kabuk elemanlarının termofiziksel özelliklerine değişkenlik göstermektedir. Bu da dönemsel olarak gölgeleme elemanlarından beklenen performansın değişmesini sağlamaktadır. Temelde performans dönemleri soğutma dönemi ve ısıtma dönemi dönem olarak ele alınmaktadır. Soğutma ve ısıtma dönemi çalışma alanının kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nemlilik değerleri ile oluşturulan biyoklimatik konfor grafiğine göre belirlenmektedir [Timoçin, 2001].

Soğutma döneminde dış ortam sıcaklıkları konfor koşullarının üzerindedir. Bu dönemde gölgeleme elemanları güneş ışınlarının iç mekana girişini engelleyerek iç mekanın ısınmasını önlemelidir. Isıtma döneminde dış ortam sıcaklıkları konfor koşullarının altındadır. Bu dönemde ise güneş ışınlarını iç mekana alarak iç mekanın ısınmasına olanak sağlamalıdır. Böylelikle soğutma dönemi için gerekli olan soğutma enerjisi tüketiminde ve ısıtma dönemi için gerekli olan ısıtma enerjisi tüketiminde

azalma sağlanmaktadır. [Valladares-Rendón et al., 2017; Prowler, 2015; Kuhn et al., 2001].

Aydınlatma enerjisini ise yapı kabuğundaki açıklıklar ve iç mekanın boyutsal özellikleri etkilemektedir [Yücel, 2019]. Aydınlatma enerjisinin azaltılması için doğal ışıktan en yüksek oranda faydalanmak gerekmektedir. Bu durum maksimum düzeyde güneş ışığının iç mekana alınmasını gerekli gibi gösterse de görsel konfor koşulları için miktar, yön, dağılım gibi faktörleri göz önüne alarak kontrollü ve dengeli bir şekilde yapı içine alınmalıdır [Yücel, 2019; Bayram, 2015].

Gölgeleme elemanları yapı cephesinde 2. Bir cephe katmanı oluşturduğu için hava hareketlerini yönlendirici bir etkiye sahiptir. Mekan içine doğal havanın alınmasını engellemeyecek veya alınmasını kolaylaştıracak tasarımların yapılmasıyla havalandırma enerjisi tüketimi azaltılabilmektedir. Ayrıca doğal havalandırma ile dışarıdan alınan hava ısıtma-soğutma enerjisini de olumlu veya olumsuz etkilemektedir [Türkmenoğlu Bayraktar, 2008].

➤ Isıl Konfor

Isıl konfor mekan içindeki kullanıcıların farklı fiziksel etmenlere verdikleri duyuşsal tepkidir ve mekanın ısı performansını temel olarak sıcaklık, nem ve hava sirkülasyonlarına bağlıdır. Bunun dışında kullanıcıların sayısı ve aktiviteleri, kıyafetleri, mekanda bulunan cihazlar gibi etkenlerde ısı performansını etkilemektedir [Timoçin, 2001; Şahinoğlu, 2012]. Kuru termometre sıcaklığı atmosfer nemine ve hava sirkülasyonlarına bağlı olarak değerlendirilerek hissedilen sıcaklık değerine ve bu değerlere bağlı olarak konfor aralığına ulaşılmaktadır [Topay ve Yılmaz, 2004].

➤ Görsel Konfor

Görsel konfor için yeterli aydınlık düzeyi, günışığının homojen dağılması ve kamaşma kontrolü önemli etkenlerdir. Yeterli aydınlık düzeyinin sağlanmasında öncelik doğal aydınlatma olmalıdır. Doğal aydınlatmanın insan psikolojisi ve motivasyonu üzerinde olumlu etkileri de bulunmaktadır. Mekan içerisine alınan günışığının mekana homojen dağılması, yetersiz kaldığı noktalarda aydınlatma sistemleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca göz yüksek parıltıya maruz kaldığında görme yetisinde geçici olarak kısmen ya da tamamen kayıplar olması kamaşma olarak tanımlanmaktadır ve

mekan içerisinde görsel konfor sağlamak için kontrol altına alınmalıdır [Şahinoğlu, 2012; Güvenkaya, 2008]. Gölgeleme elemanları mekan içerisine giren güneş ışıklarını kontrol edebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

➤ Kullanım Ömrü ve Maliyet Etkinliği

Gölgeleme elemanının ilk yapım maliyeti kullanılan eleman sayısına, ankraj şekline, malzemesine, cephedeki konumuna ve kinetik durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Elemanların dayanıklılığı ve kullanım ömrü ise malzemesine, boyutuna, uygulandıkları iklim şartlarına, üretim kalitesine ve bağlantı detaylarına göre değişkenlik göstermektedir [Özyer,2017; Çetiner, 2002].

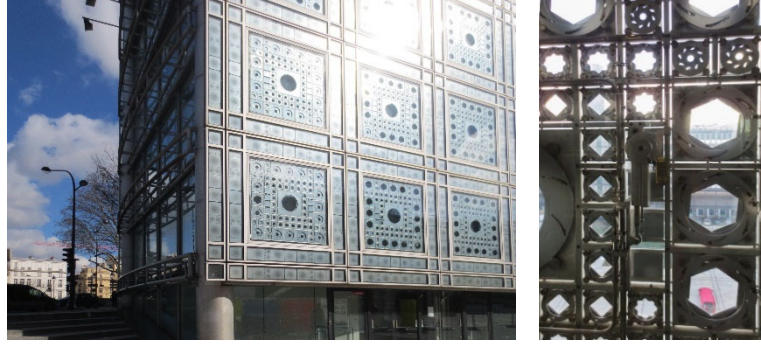
Gölgeleme elemanlarının ilk yapım maliyetleri, dayanım durumları ve buna bağlı olarak bakım onarım ihtiyaçları ile kullanım ömürleri de tasarlanan gölgeleme elemanının ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjilerinden sağladığı tasarruf birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca gölgeleme elemanının üretimi esnasında kullanılan malzemenin geri dönüştürülmüş veya malzeme yaşam döngüsünü tamamladığında dönüştürülebilir olması da maliyet etkinliği açısından oldukça önemlidir [Özyer,2017; Manioğlu, 2012].

➤ Estetik Gereksinimler

Gölgeleme elemanları beklenen enerji performansına ek olarak yapı cephesinde ikinci bir kabuk gibi olduğu için yapı cephesiyle birlikte düşünülmelidir. Ayrıca gölgeleme elemanının yapı cephesinde pencereleri kapattıkları alana bağlı olarak iç ve dış mekan bağlantısını ve mahremiyeti etkilemektedir.

Gölgeleme elemanlarının sağlaması gereken ısı konfor, görsel konfor, kullanım ömrü ve maliyet etkinliği gibi kriterler her zaman birbirleri ile paralel sonuçlar vermemektedir. Tasarlanan gölgeleme elemanında bu kriterlerden bazıları olumlu sonuçlar verirken bazı kriterler olumsuz sonuçlar verebilmektedir [Kalemci, 2005; Koç, 2019; Özyer, 2017].

Bu duruma bir örnek maliyet etkinliği ve estetik gereksinimler üzerinden verilebilir. Arap Enstitüsü Binasının (**Şekil 2.16**) veya Al Bahar Kulelerinin(**Şekil 2.17**) cepheleri için kinetik durumuna göre hareketli gölgeleme elemanları tasarlanmıştır. Bu yapılara özel tasarlanan gölgeleme elemanları yapının kimliğine olumlu bir katkı sağlarken ilk yapım maliyetini arttırmaktadır [Bahar ve Yalçınkaya, 2021; Akkuş, 2019].

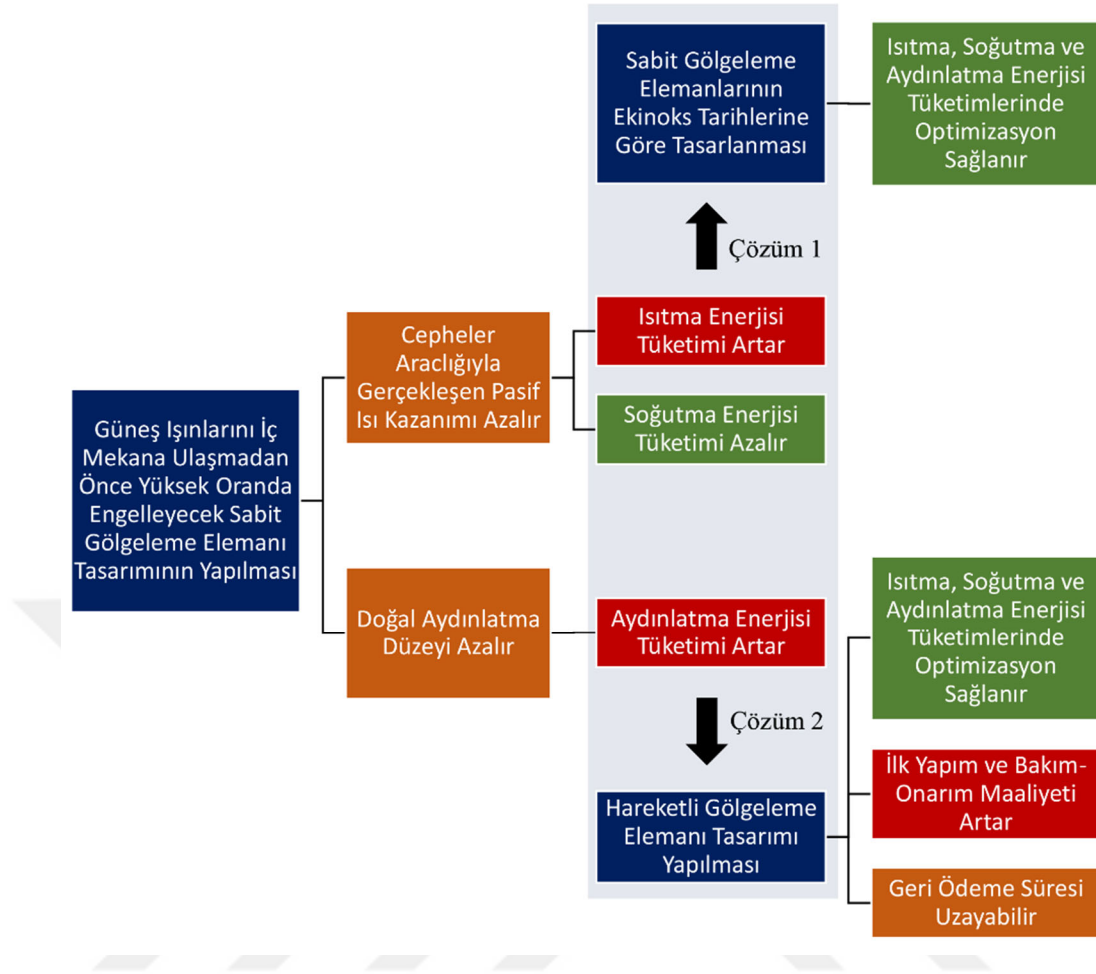


Şekil 2.16: Arap enstitüsü binası cephesi, 1981-1987[Web 2, 2022].



Şekil 2.17: Al Bahar Kuleleri cephesi, 2012[Web 3, 2021].

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü üzere gölgeleme elemanı tasarım aşamasında alınan tasarım kararları enerji etkinliği, estetik, maliyet etkinliği gibi farklı performans kriterlerinde farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Tasarlanan gölgeleme elemanı maliyet etkinliği olarak olumsuz sonuçlar ortaya çıkarırken enerji performansı veya yapı kimliğine katkısı gibi performans kriterlerinde olumlu sonuçlar ortaya koyabilmektedir. **Şekil 2.18**'e bakıldığında ise gölgeleme elemanı tasarım sürecinde alınan tasarım kararları olumlu veya olumsuz sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Bu ortaya çıkan olumsuz sonuçlara getirilen farklı çözümler; kullanım ömrü, maliyet etkinliği, enerji etkinliği gibi farklı performans kriterlerine bağlı olarak belirlenmektedir.



Şekil 2.18: Gölgeleme elemanı optimizasyonu ve tasarım kararlarının ilişkisi.

Şekil 2.18'de görüldüğü gibi ilk tasarım kararı 'güneş ışınlarını iç mekana ulaşmadan önce yüksek oranda engelleyecek sabit gölgeleme elemanı tasarımının yapılması'dır. İç mekana güneş ışınlarının girememesi sebebi ile cepheler aracılığıyla gerçekleşen pasif ısı kazanımı azalmaktadır. Isı kazanımının azalmasına bağlı olarak ısıtma enerjisi tüketimini artmakta, soğutma enerjisi tüketimini azalmaktadır. Aynı zamanda iç mekana güneş ışınlarının ulaşmadığı için doğal aydınlatma düzeyi azalmaktadır. Yeterli aydınlatma düzeyini sağlayabilmek için yapay aydınlatmaya daha çok ihtiyaç duyulmakta ve aydınlatma enerjisi tüketimi artmaktadır [Erdemli,2018]. Artan ısıtma ve aydınlatma enerjisi tüketimi ile azalan soğutma enerjisi tüketimini optimize edebilmek için farklı çözüm önerilerinden biri tercih edilmektedir. Önerilen ilk çözüm 'sabit gölgeleme elemanlarının ekinoks tarihlerine göre tasarlanması'dır. İkinci çözüm olarak 'hareketli gölgeleme elemanı tasarımı yapılması' önerilmiştir. İlk yapım maliyeti bağlamında bakıldığında ise hareketli gölgeleme elemanları sistemlerinde

bulunan hareket mekanizmaları, motorlar, sensörler ve otomasyon sistemleri sebebi ile sabit gölgeleme elemanlarına göre daha maliyetli olmaktadır. Ayrıca bu sistemler sebebi ile bakım-onarım maliyeti de artmaktadır. Sonuç olarak tasarım aşamasında alınan kararların bazı performanslarda olumlu sonuçlar ortaya koyarken bazılarında olumsuz sonuçlar ortaya koyduğu ve bu olumsuz sonuçları gidermek için yeni çözümler ortaya koyulduğunda başka kriterleri de etkilediği görülmektedir.

Sonuç olarak tasarım aşamasında bir ya da birkaç performans kriterinde olumlu sonuç sağlayıp diğer kriterlerde olumsuz sonuç oluşturan elemanlar tercih edildiği zaman; kullanıcılar ısıtma/soğutma enerji tüketimi, görsel konfor, kullanım ömrü ve maliyet etkinliği gibi performans kriterlerinin hepsinden yeterli seviyede verim alamamaktadır. Bu yüzden gölgeleme elemanı tasarımı yapılan yapının işlevi, yapının bulundu iklim de göz önünde bulundurularak gölgeleme elemanlarından beklenen performans kriterleri optimize edilerek tasarım yapılmalıdır. Konfor koşulları, enerji performansı, kullanım ömrü ve maliyet etkinliği ve estetik beklentiler dengelenerek en uygun çözüm üretilmelidir. [Kırımtat et al, 2016; Manzan ve Clarich, 2017].

2.4. Gölgeleme Elemanlarının Sınıflandırma Sistemine Göre Sağlaması Gereken Performans Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Gölgeleme elemanı biçimi temel olarak bina enerji performansını etkilemektedir. Konumu ve kinetik durumu bina enerji performansını etkilemekle birlikte ilk yapım maliyeti, kullanım ömrü/bakım onarım maliyeti gibi performans kriterlerini de etkilemektedir.

2.4.1. Biçimine Göre Gölgeleme Elemanları

Yatay gölgeleme elemanları **Şekil 2.19**'da görüldüğü üzere yaz dönemi daha dik açı ile gelen güneş ışınlarını engelleyerek iç ortamın ısınmasını önlemekte ve soğutma enerjisini düşürmektedir. Kış dönemi ise daha eğik açı ile gelen güneş ışınlarının yapı içine girmesine olanak tanıyarak mekânı ısıtır ve ısıtma enerjisinin azalmasına katkı sağlamaktadır. Güney cephede doğu ve batı cephelere göre daha etkindir [Timoçin, 2001; Cirit, 2012; Lechner, 2015].



Şekil 2.19: Yatay gölgeleme elemanlarının yaz ve kış mevsiminde çalışma prensibi [Web 4, 2021].

Dikey gölgeleme elemanları sabah erken saatlerde ve öğleden sonra düşük açı ile gelen güneş ışınlarını engelleyebilmekte ve gölge oluşturmaktadır. Gün içindeki diğer zamanlarda güneş ışınlarını engellemekte yeterli olmadığı için özellikle doğu-batı cephelerde etkindir. Yapıya güneş ışınlarının girişini yüksek oranda engelleyemediği için yaz döneminde soğutma enerjisini azaltamamaktadır. Kış döneminde ise güneş ışınları büyük oranda yapı içerisine ulaştığı için mekânın pasif ısı kazancına engel olmamakta ve böylece ısıtma enerjisi tüketimini arttırmamaktadır [Timoçin, 2001; Koç, 2019; Lechner, 2015].

Yatay ve dikey gölgeleme elemanları karşılaştırılmalı olarak değerlendirildiğinde; Isıtma ve soğutma enerjisi açısından yatay gölgeleme elemanları daha etkindir. Ancak güney cephede gösterdikleri etkinlikleri doğu ve batı cephede gösterememektedir. Doğru ve batı cephelerde düşük açı ile gelen güneş ışınlarına karşı dikey gölgeleme elemanları daha etkindir.

Kafes gölgeleme elemanları ise yatay ve dikey gölgeleme elemanlarının birlikte kullanılmasıyla oluşturulduğu için yatay ve dikey elemanlarından herhangi birinin yetersiz kaldığı noktayı bir diğeri tamamlayarak güneş ışınlarının yapıya girmesini oldukça yüksek oranda engellemektedir. Güneş ışınının yüksek oranda engellenmesi soğutma döneminde oldukça enerji tasarrufu sağlarken ısıtma döneminde mekânda pasif ısı kazancı azaldığı için ısıtma enerjisi tüketimini arttırmaktadır. Aydınlatma enerjisi açısından değerlendirildiğinde ise güneş ışınlarının yapı içine girmesi yüksek oranda engellendiği için doğal aydınlatma oranı yatay ve dikey elemanlara göre daha düşük, aydınlatma enerjisi tüketimi daha fazladır [Şahinoğlu, 2012; Özyer, 2017].

Düzlem gölgeleme elemanları cepheye paralel, üzerinde belli boşluklar olabilen düzlem biçiminde elemanlardan, panjurlardan, dış mekan perdesi ve stor perdelerden oluşmaktadır. Stor perdeler güneş ışığının yapı içerisine girmesini engellemesine rağmen cephe içerisinde olduğu için güneş ışınlarının iç mekana ulaşımını engellememektedir. Bu yüzden genelde bina enerji performansı için değil kamaşma kontrolü için kullanılmaktadırlar. Onun dışındaki elemanlar ise üzerinde boşluk oluşturulmuş bile olsa neredeyse cepheye tam kapanma sağladığı için soğutma döneminde mekânın pasif ısı kazancını en çok önleyen gölgeleme elemanıdır. Ancak ısıtma döneminde yapı güneş ışınlarından faydalanamadığı için ısınamamakta ve ısıtma enerjisi tüketimi artmaktadır. Kafes ve düzlem gölgeleme elemanları cephede sağladıkları yüksek oranlı kapalılıklara bağlı olarak sıcak iklimlerde kullanıldığında daha etkin bir enerji tüketimi sağlamaktadır [Şahinoğlu, 2012; Anaç, 2019].

2.4.2. Konumuna Göre Gölgeleme Elemanları

Cephe dışında tasarlanan gölgeleme elemanları güneş ışınlarını yapı içerisine girmeden engellediği için mekânın pasif ısı kazancını önlemektedir. Cephe dışında doğru tasarlanan gölgeleme elemanları soğutma enerjisi tüketimini azaltmaktadır. Ancak güneş ışınlarının yapı içine erişimi ve pasif ısı kazancı azaldığı için aydınlatma ve ısıtma enerjisi tüketiminde artışa yol açabilmektedir [Al Dakheel and Tabet Aoul, 2017; Li et al., 2017]. Bununla birlikte Cephe dışında tasarlanan gölgeleme elemanları yağmur, kar, rüzgar gibi dış atmosfer şartlarına maruz kaldığı için cephe içindeki veya iki cephe arasındaki gölgeleme elemanlarına kıyasla daha çok bakım onarım gerektirebilmektedir [Kunwar et al, 2018; Al Dakheel ve Tabet Aoul, 2017]. Ayrıca bakım-onarım ihtiyacında erişimin dış cepheden olması sebebiyle iskele, vinç gibi ek maliyetler oluşturabilmektedir [Özyer,2017].

Cephe içerisinde tasarlanan gölgeleme elemanları ise güneş ışınlarının mekân içine girmesini engelleyemedikleri için mekânın pasif ısı kazancına herhangi bir etkisi olmamaktadır. Bu sebeple cephe içindeki gölgeleme elemanları soğutma enerji tüketimini azaltamazken ısıtma enerji tüketimini azaltabilmektedir. Ancak güneş ışınlarının kullanıcıya ulaşmasını engelleyebildiği için görsel konfor koşullarını özellikle de kamaşma kontrolünü sağlamak için kullanılmaktadırlar [Yüksel, 2009; Güvenkaya, 2008]. Cephe içindeki elemanlar dış atmosfer koşullarına maruz

kalmadıkları için cephe dışındaki elemanlara kıyasla daha az da bakım-onarım ihtiyacı oluşmaktadır. Ayrıca iç mekandan erişilebildiği için bakım onarım ihtiyacı daha kolay sağlanmaktadır.

İki cephe arasında tasarlanan gölgeleme elemanları çift camlı bir cephe sisteminin ya da bir giydirme cephe ile yapı cephesi arasına konumlandırıldığı için güneş ışınları kısmen yapıya girmiş ve mekân kısmen ısınmış olacaktır. Cephe içinde tasarlanan elemanlara göre soğutma enerji tüketimi daha çok, cephe dışında tasarlanan elemanlara göre ise soğutma yüklerini daha az azaltmaktadır [Yüksel, 2009]. İki cephe arasında tasarlanan elemanlara erişimi sağlayabilmek için tasarım aşamasında planlanması, kedi yolu gibi alternatiflerin tasarıma eklenmesi gerekmektedir. Bu da ilk yapım maliyetini arttırsa da bakım onarım ihtiyacında erişilebilirliği kolaylaştırmaktadır.

2.4.3. Kinetik Durumuna Göre Gölgeleme Elemanları

Sabit gölgeleme elemanları ekinoks tarihleri referans alınarak tasarlanmaktadır ancak güneşin dünyaya göre konumu yıl içerisinde sürekli değiştiği için her gün için optimum sonuç sağlayamamaktadır [Kalemci,2005]. Hareketli elemanlar ise güneşin dünyaya göre konumuna bağlı olarak hareket ettiği için her gün optimum sonuç sağlanabilmektedir. Hareketli elemanlar sabit elemanlara göre daha çok ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerji tüketim kazancı sağlamaktadır [Anaç, 2019; Anderson, 1977]. Ayrıca hareketli gölgeleme elemanları gün içindeki güneşin değişken konumuna göre hareket edebildiği için sabit elemanlara kıyasla daha iyi kamaşma kontrolü ve yeterli aydınlık seviyesi sağlamaktadır [Yurttakal, 2007].

Hareketli gölgeleme elemanlarının bina enerji performansı ve görsel konfor başlığında daha olumlu sonuçlar vermesinin aksine gölgeleme elemanlarına hareket kazandıran mekanizmaları ve motorlarından dolayı ilk yapım maliyetleri sabit gölgeleme elemanlarına göre daha fazladır. Ayrıca elemanların hareketlerinin otomasyona bağlı olmaları durumunda ısı, rüzgâr gibi sensörlerin ve otomasyon sisteminin maliyeti de ilk yapım maliyetini arttırmaktadır. Bunun yanında bakım onarım ihtiyacı da sabit gölgeleme elemanlarına oranla daha çoktur ve karşılanması genellikle daha maliyetli olmaktadır [Yüksel, 2009; Özzer,2017; Al-Masrani et al., 2018].

Hareketli gölgeleme elemanları gün içinde tam kapanma durumundan tam açılma durumuna kadar farklı kapalılık oranlarını sağlamaktadır. Bu duruma bağlı olarak iç ve dış mekan görsel bağlantı seviyesi değişkenlik göstermektedir. Bunun yanısıra gün içinde elemanların hareketine bağlı olarak yapı cephesinde farklı görsel etkiler oluşturulabilmektedir.

2.5. Bölüm Sonuçları

Gölgeleme elemanlarının; tasarım yöntemi, sınıflandırılması ve sağlaması gereken performans kriterlerinin araştırılması ve değerlendirilmesiyle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Gölgeleme elemanı çizgisel tasarım yöntemi olan Olgyay ve Mazria yöntemleri, yöntemin işleyişi olarak aynıdır ancak kullandıkları güneş yolu diyagramları ile farklılaşmaktadır.
- Gölgeleme elemanlarının sınıflandırılmasında literatürde yakın fikirler olsa da herhangi bir fikir birliği yoktur.
- Sınıflandırma sistemlerine kronolojik olarak bakıldığında ise günümüze yaklaştıkça sınıflandırma sistemleri daha kademeli bir hale gelmiştir.
- Gölgeleme elemanlarından enerji performansı, ısıtma performansı, görsel performans, kullanım ömrü ve maliyet etkinliği, estetik performans ve koruma performansı sağlaması beklenmektedir.
- Gölgeleme elemanlarının sağlaması beklenen performans türlerinin her biri için farklı kriterler vardır. Tasarlanan gölgeleme elemanı bir performans türünde olumlu sonuçlar ortaya koyarken bir başka performans türünde olumsuz sonuçlar ortaya koyabilmektedir.
- Gölgeleme elemanı tasarım kararları bir performans kriterinde en iyi sonucu alacak şekilde değil tüm performans kriterlerinde olumlu sonuç sağlayacak şekilde alınmalıdır. Yani optimizasyon yapılmalıdır.
- Mekan içine ulaşan güneş ışınlarının miktarı ile ısıtma enerjisi ve aydınlatma enerjisi tüketimi ters orantılı değişirken soğutma enerjisi tüketimi doğru orantılı değişmektedir.
- Yatay gölgeleme elemanları yaz dönemi daha dik açılı güneş ışınlarını engellediği için soğutma enerjisi tüketimini ve kış dönemi daha eğik açı ile gelen güneş

ışınlarını yapı içerisine aldığı için ısıtma enerjisi tüketiminde olumlu sonuçlar ortaya koymaktadır. Ayrıca güney cephede diğer cephelere oranla daha etkilidir.

- Dikey gölgeleme elemanları ise sabah ve öğleden sonra gelen düşük açılı güneş ışınlarını engelleyebildiği için doğu ve batı cephelerde daha etkindir.
- Kafes düzlem gölgeleme elemanları yatay ve dikey elemanlara göre daha fazla güneş ışınlamından korunma sağladığı için soğutma enerjisi tüketiminde olumlu sonuçlar sağlarken ısıtma enerjisi tüketiminde aynı verimi sağlayamadığı için sıcak iklim bölgelerinde kullanılmaları daha uygundur. Ayrıca güneş ışınlarını yata ve dikey elemanlara göre daha fazla engelledikleri için aydınlatma enerjisi tüketimi daha fazla olmaktadır.
- Cephe içindeki gölgeleme elemanları güneş enerjisinin yapı içine girmesini engelleyemediği için ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerinde herhangi bir katkısı olmazken kamaşma seviyesi gibi görsel konforu sağlamak için kullanılmaktadır.
- Cephe dışında tasarlanan gölgeleme elemanları güneş ışınlarını yapı içine girmeden önce engellediği için soğutma enerjisi tüketiminde olumlu sonuçlar sağlamaktadır.
- Bakım onarım için cephe içindeki elemanlara erişim cephe dışındaki elemanlara kıyasla daha kolay ve vinç/iskele gibi çözümler gerektirmediği için daha ekonomiktir.
- Hareketli gölgeleme elemanları değişen güneş açılarına göre hareket ederek optimizasyon sağlamaktadır.
- Hareketli gölgeleme elemanlarının hareket mekanizmaları, sensör ve otomasyon sistemleri sebebiyle sabit gölgeleme elemanlarına kıyasla ilk yapım maliyetleri ve bakım onarım maliyetleri daha fazladır.

3. GÖLGELEME ELEMANLARININ BİNA ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİNİN VARSAYIMSAL BİR YAPI ÜZERİNDEN ANALİZİ

Bu bölümde öncelikle çalışmanın yöntemi detaylı olarak açıklanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılacak veriler, yapılan kabuller, bağımlı ve bağımsız değişkenler, kontrol değişkenleri ve çalışmada kapsam dışı bırakılan etkenler detaylı şekilde ifade edilmiştir. Ayrıca Simülasyon Programı DesignBuilder ve program girdileri bu başlık altında açıklanmıştır.

Çalışmanın ilk iki adımı literatür araştırması ve analizi birlikte ‘3.1. Literatür Araştırması ve Analizi’ başlığında ele alınmıştır. Araştırma sonucunda enerji performansına etki eden değişkenler ve bu değişkenlerin birbirleri ile ilişki durumları tespit edilmiştir. Ayrıca Türkiye’de yapılan çalışmalar üzerinden nitel ve nicel analizler yapılarak tespit edilen değişkenlerin literatürde çalışılma oranları ve değerleri tespit edilmiştir. İlk iki aşamaya bağlı olarak çalışma kapsamı netleştirilmiştir. Kapsam dahilinde belirlenen simülasyon programı, çalışmada kullanılacak olan varsayımsal yapının işlevi ve simülasyon çalışmasının girdileri (değişkenler ve değişkenlerin değer aralıkları) belirlenmiş ve ‘3.2. Gölgeleme Elemanlarına İlişkin Bağımsız Değişkenlerin ve Varsayımsal Yapının Belirlenmesi’ başlığında açıklanmıştır.

Kapsam dahilinde belirlenen bağımsız gölgeleme elemanı değişkenleri ve değerleri ile oluşturulan senaryoların DesignBuilder programı ile enerji simülasyonları, Autodesk Revit programı yardımı ile görsel etkinlik yüzdeleri hesaplanmıştır. Bu aşamaların detayları ise ‘

3.3. Simülasyon Çalışması ve Görsel Etkinlik Yüzdesinin Hesaplanması’ başlığında detaylı olarak açıklanmıştır.

Elde edilen verilerin analiz edilmesi, değerlendirilmesi ve bunlara bağlı olarak kapsamda yapılan kısıtlılıklar ‘4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME’ başlığında açıklanmıştır.

3.1. Literatür Araştırması ve Analizi

Çalışmanın ilk adımı olan literatür araştırmasında ulaşılan veriler ‘2. GÜNEŞ ve GÖLGELEME ELEMANLARI’ bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır. İkinci adım Türkiye’de yürütülen çalışmaların nitel ve nicel analizidir. Türkiye’de gölgeleme elemanlarının enerji etkinliğine dair yazılan makalelerin çoğu yüksek lisans veya doktora tezlerinden üretilmiştir. Bu sebeple analiz için YÖK-Tez Veri Tabanı Kullanılmıştır. YÖK-Tez Veri Tabanının ‘gelişmiş tarama’ bölümü kullanılarak örneklem alan belirlenmiştir. Gelişmiş tarama arayüzünde aranan çalışmaya dair en fazla 3 kavram ve bu kavramların birbiri ile ilişkisi tanımlanmaktadır. Çalışma kapsamında konuya referans olabilecek gölge, eleman, enerji, enerji tüketimi, gölgeleme elemanı, güneş, güneş kontrol, güneş kırıcı gibi kavramlar belirlenmiştir. Bu kavramların farklı bir araya gelişleri ile gelişmiş tarama arayüzünde ön değerlendirilme yapılmış, ulaşılan tezlerin sayıları ve konuyla ilişkilerini incelenmiştir. Ön değerlendirme sonucunda çalışmaya referans 2 sınır belirlenmiştir. Bu sınırlar;

- ‘Güneş Kontrol’ veya ‘Gölgeleme’ ve Enerji
- ‘Gölge’ ve ‘Güneş’ ve ‘Eleman’ şeklindedir.

Bu sınırların her biri için ulaşılan tezlerde ‘konu : mimarlık = architecture’ sınırlaması yapılarak kapsam daraltılmıştır(Şekil 3.1).

The image shows three screenshots of the YÖK-Tez Veri Tabanı search interface. The first two screenshots, labeled 'SINIR - 1' and 'SINIR - 2', show the search criteria for 'Güneş Kontrol' and 'Gölgeleme' respectively. The third screenshot shows the search results for 'Mimarlık = Architecture'.

SINIR - 1

YÖK-TEZ MERKEZİ

Ana Sayfa Tarama Mevzuat İstatistikler SSS Yasal Uyarı Bize Ulaşın

Detaylı Tarama **Gelişmiş Tarama** Son Eklenen Tezler Hazırlanmakta Olan Tezler

Gelişmiş Tarama

Aranacak Kelime(ler) Aranacak Alan Arama Tipi

Güneş Kontrol İçinde geçsin

veya İçinde geçsin

ve İçinde geçsin

SINIR - 2

YÖK-TEZ MERKEZİ

Ana Sayfa Tarama Mevzuat İstatistikler SSS Yasal Uyarı Bize Ulaşın

Detaylı Tarama **Gelişmiş Tarama** Son Eklenen Tezler Hazırlanmakta Olan Tezler

Gelişmiş Tarama

Aranacak Kelime(ler) Aranacak Alan Arama Tipi

Gölge İçinde geçsin

ve İçinde geçsin

ve İçinde geçsin

Konu: Mimarlık = Architecture

YÖK-TEZ MERKEZİ

Ana Sayfa Tarama Mevzuat İstatistikler SSS Yasal Uyarı Bize Ulaşın

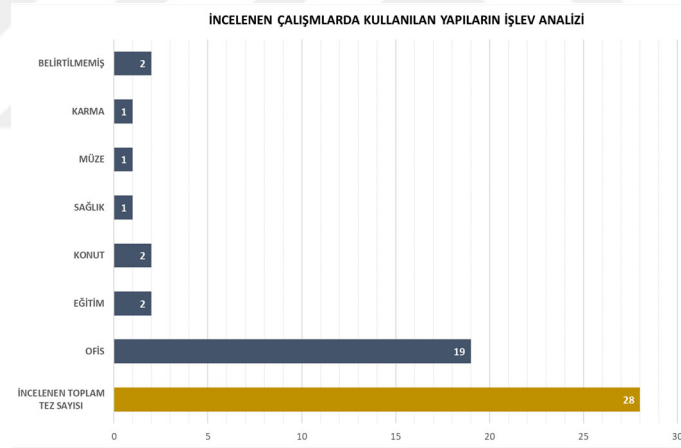
Tarama sonucunda 185 kayıt bulundu.

No	Tez No	Yazar	Yıl	Tez Adı (Orijinal/Çeviri)	Tez Türü	Konu
		Filtrele	2000-2014 +21 Filtrele		Filtrele	mimarlık = arct
						Mimarlık = Architecture

Şekil 3.1: YÖK-Tez veri tabanı için kullanılan sınırlar.

Örneklem olarak kabul edilen ve listesi Ek-A: Örneklem Tez Listesi'nde verilen tezler okunarak çalışma yöntemi, çalışmanın yürütüldüğü yapı işlevi, çalışmanın yürütüldüğü il veya iklim tipi, çalışmalarda kullanılan veri toplama ve analiz yöntemleri, simülasyon araçlarının kullanıldığı çalışmalarda da simülasyon aracının adı, çalışmalara girdi sağlayan değişkenlerin bilgisi Ek-B: İncelenen Çalışmaların Detaylı Açıklaması'nda verilmiştir. Bu tablolarda elde edilen bilgilerle çalışmanın yürütüleceği varsayımsal yapının işlevi, simülasyon programı, simülasyonun bağımsız ve kontrol değişkenleri belirlenmiştir.

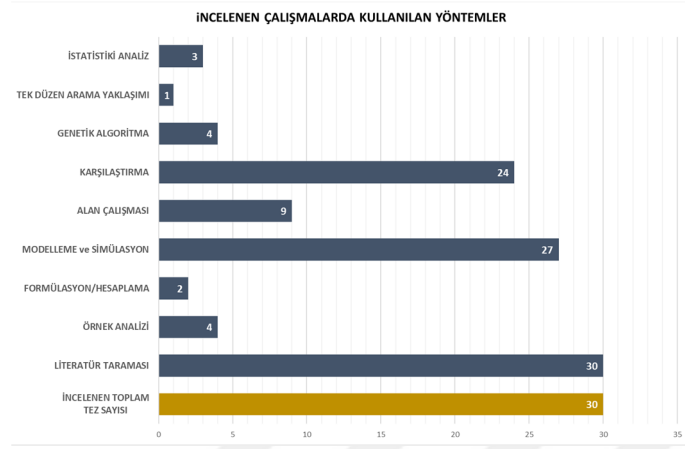
Şekil 3.2'de görüldüğü gibi incelenen çalışmaların %67,8'inde mekan içerisinde bulunan ısı üreten cihaz sayısı ve kullanıcı sayısının fazla olması, kullanıcılarından beklenen performans düzeyinin yüksek olması, değişken mekan boyutlarına sahip olabilmesi gibi etkenlerle ofis yapısı ele alınmıştır. Diğer işlevler incelendiğinde %7,1'inde eğitim, %7,1'inde konut, %3,5'inde sağlık, %3,5'inde müze ve %3,5'inde karma işlevli yapıların çalışıldığı görülmektedir.



Şekil 3.2: İncelenen çalışmalarda ele alınan yapı işlevi nicel analizi.

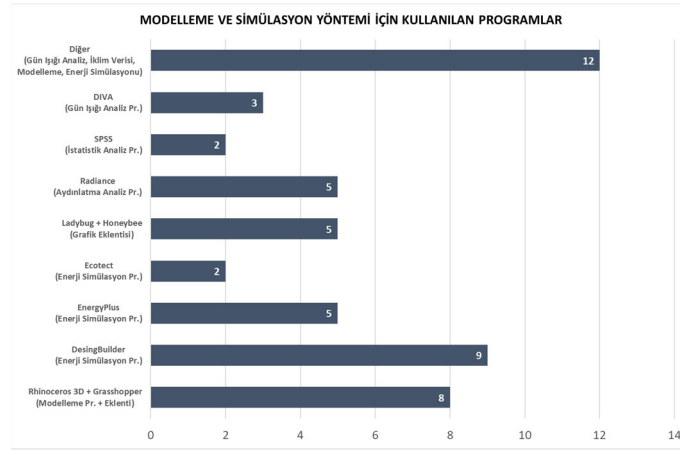
Şekil 3.3'te görüldüğü gibi yapılan çalışmaların %100'ünde literatür araştırması, %90'ında modelleme ve simülasyon, %80'inde karşılaştırma, %13,3'ünde örnek analizi, %13,3'ünde genetik algoritma ve %10'unda istatistiki analiz yöntemi kullanılmıştır. Isıtma/soğutma ve/veya aydınlatma enerjilerinin hesaplanması için genellikle modelleme ve simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Alan çalışması, istatistiki analiz, genetik algoritma, karşılaştırma gibi yöntemler ise genelde simülasyon

yönteminin tamamlayıcısı olarak kullanılmıştır. Formülasyon yöntemi ise bir çalışma da tamamlayıcı bir çalışmada ana yöntem olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.3: İncelenen çalışmalarda kullanılan yöntemler.

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi kullanılan programlar elde edilmek istenen verilere göre değişkenlik göstermektedir. Ecotect, Energyplus ve DesignBuilder Enerji simülasyon programlarıdır ancak Ecotect ve Energyplus programlarında elde edilen sayısal verilerin grafikleştirilmesi ile ilgili bir yazılım olmadığı için Ek-B: İncelenen Çalışmaların Detaylı Açıklaması'nda da görüldüğü üzere genelde Ladybug veya Honeybee gibi grafik oluşturma eklentileri ile birlikte kullanılmıştır. Ayrıca gün ışığı analizi yapılması gerektiği durumlarda Diva gibi ayrıca bir programda kullanılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra DesignBuilder, Energyplus programının alt yapısını kullanan içine grafik yazılımlarının ve Radiance gün ışığı analiz yazılımının da dahil edildiği bir programdır.



Şekil 3.4: Modelleme ve simülasyon yöntemi ile yürütülen çalışmalarda kullanılan programlar.

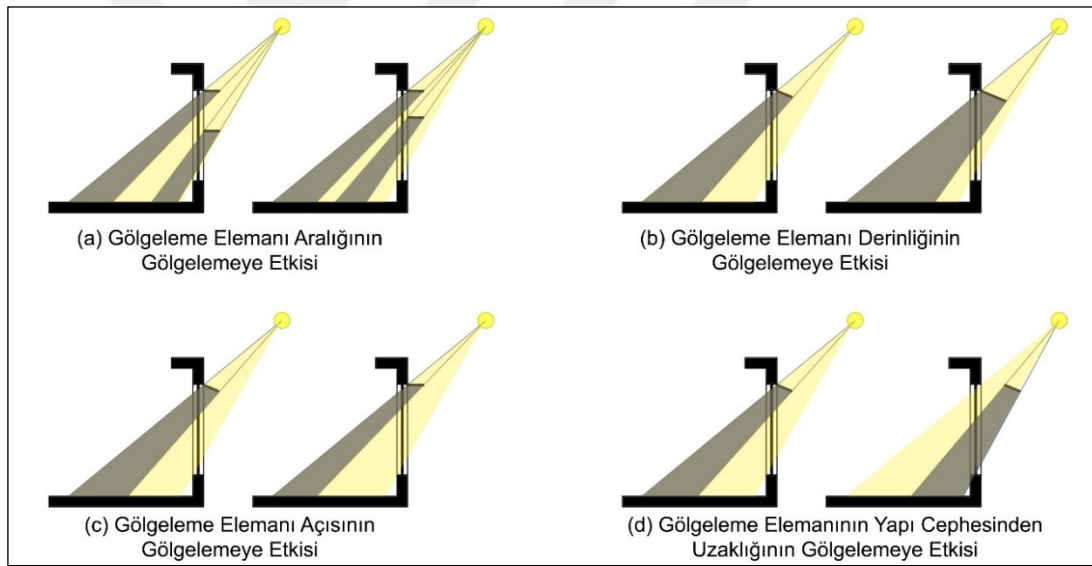
İncelenen çalışmalarda kullanılan bağımsız değişkenlerin yayınlara göre dağılımı **Şekil 3.5**'te görülmektedir. Bağımsız değişkenler içinde yer alan Görsel Etkinlik Yüzdesi gölgeleme elemanlarının cephede kapatamadığı alanı ifade eden bir orandır. Görsel etkinlik yüzdesi gölgeleme elemanı açısı, sayısı, derinliği ve saydam eleman boyutlarına bağlı değişkenlik göstermektedir. Çalışmaların %57,1'inde cephe yönü, %57,1'inde gölgeleme elemanı açısı, %53,5'inde gölgeleme elemanı türü, %39,2'sinde gölgeleme elemanı derinliği, %10,7'si eleman aralığı, %7,1'i gölgeleme elemanı konumu ve % 3,5'i yapı cephesinden uzaklığı bağımsız değişkenlerini incelemiştir.



Şekil 3.5: İncelenen çalışmalarda ele alınan bağımsız değişkenler.

Yapı konumu ve cephe yönü, güneşin yükseklik ve azimut açısını etkilediği için en temel değişkenlerdir. Gölgeleme elemanı türü ve açısı, yükseklik ve azimut açısına bağlı olarak güneş ışınımının yapıya ulaşma seviyesini etkilediği için oldukça önemli değişkenlerdir. Bunun yanısıra gölgeleme elemanlarının sayısı, derinliği ve aralığı da cephede gölgeleme elemanının kapatabildiği yüzeyle ilişkilidir ve güneş ışınımının yapıya ulaşma seviyesini etkilemektedir. Bu değişkenler Bağımsız değişken olarak incelenmese bile kontrol değişkeni olarak her çalışmada belirlenmesi gerekmektedir.

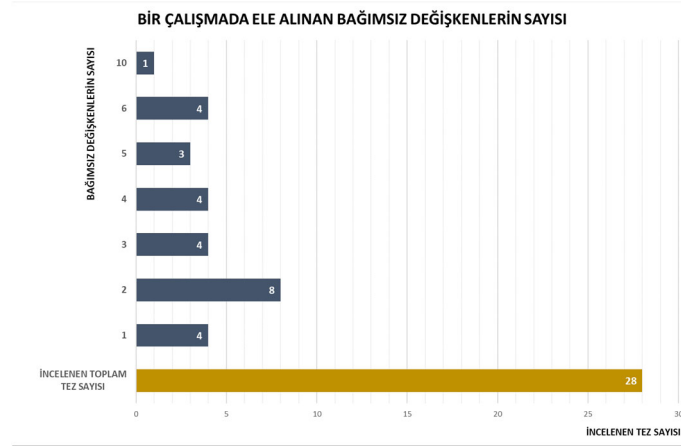
Şekil 3.6'da gölgeleme elemanının (a)aralığı, (b)derinliği, (c)açısı ve (d)cepheden uzaklığının gölgeleme durumuna etkisi şematik olarak görülmektedir. Gölgeleme elemanının enerji etkinliğini ve görsel konforunu etkileyen bağımsız değişkenlerin birbiri ile olan ilişkisi de oldukça önemlidir.



Şekil 3.6: Gölgeleme elemanlarına ilişkin bağımsız değişkenlerin gölgelemeye etkisi.

Şekil 3.7'de incelenen çalışmalarda ele alınan bağımsız değişkenlerin sayısı görülmektedir. 5 bağımsız değişken ile yürütülen çalışmalardan birinde bağımsız değişkenler tek tek denenmiştir. Bu çalışma da dahil olmak üzere aynı anda 1-3 bağımsız değişken incelenen çalışmaların incelenen tüm çalışmalara oranı %60'tır. 4 ve üzeri bağımsız değişken incelenen çalışmalarda ise bütün değişkenlerin birbiri ile ilişkisi denenmemiş, değişkenler gruplanarak çalışma yürütülmüştür. 10 bağımsız

değişken ile yürütülen çalışmada da değişkenler gruplanmıştır ve aynı anda en fazla 7 değişken denenmiştir.



Şekil 3.7: Çalışmada ele alınan bağımsız değişkenlerin sayıları.

3.2. Gölgeleme Elemanlarına İlişkin Bağımsız Değişkenlerin ve Varsayımsal Yapının Belirlenmesi

İklim sınıfları üzerine yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye’de soğuk, sıcak nemli, sıcak kuru, ılımlı kuru ve ılımlı nemli olmak üzere 5 ana iklim tipi olduğu kabul edilmiştir (Şekil 3.8). Ilımlı nemli iklim tipinde yıllık sıcak ve soğuk günlerin dağılımı dengeli olduğu için güneş ışıınımlarından hem yararlanılmalı hem de korunulmalıdır. Sıcak dönemlerde güneşin mekanı ısıtma etkisi azaltılmalı, soğuk dönemlerde ise ısıtma amacıyla güneşten yararlanılmalıdır [Kısa Ovalı, 2019].

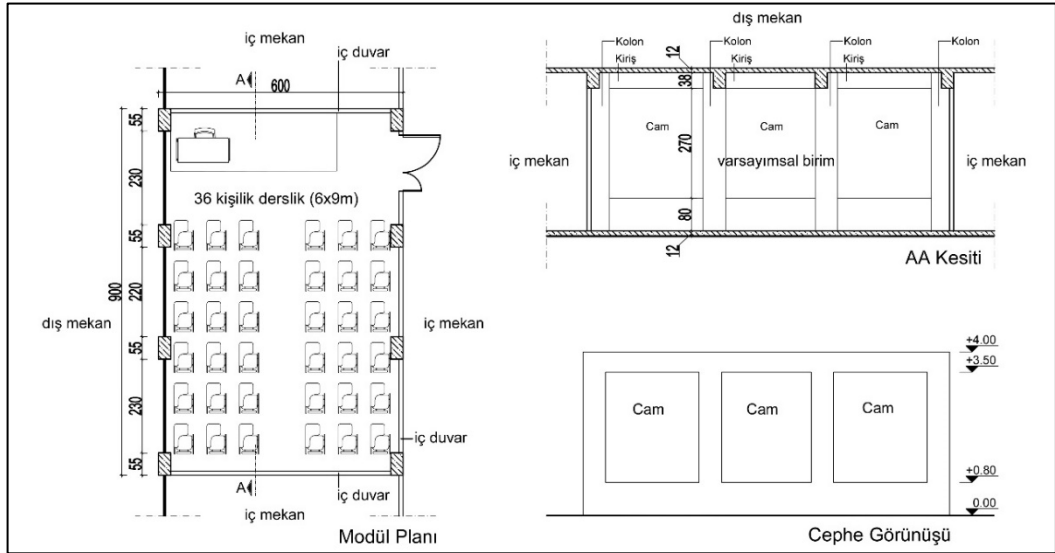


Şekil 3.8: Türkiye iklim bölgeleri haritası [Kısa Ovalı, 2019].

Bu çalışma için ısıtma – soğutma dengesinin dolayısıyla optimizasyonun oldukça önemli olduğu ılımlı-nemli iklim bölgesi seçilmiştir. Ilımlı nemli iklim bölgesinin

referans ili olan İstanbul çalışma alanı olarak kullanılmıştır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırılmasında ise İstanbul ilinin Csa iklim tipi olduğu görülmektedir [Öztürk vd., 2017].

Mekan içindeki kullanıcıların öğrenme verimini ve üretkenliğini etkilediği için eğitim yapılarında konfor koşulları oldukça önemlidir. Eğitim faaliyetlerinin yürütüldüğü mekanlarda ısı ve görsel konfor koşullarının uygun düzeylerde olmaması öğrenme güçlüğü, odaklanma kaybı veya öğrenilen bilgilerin akılda tutulmasının zorlaşması gibi problemler oluşturabilmektedir. [Şahin vd., 2015; Erlalelitepe vd., 2011; Mıhlıyanlar vd., 2017]. **Şekil 3.2**'de görüldüğü gibi ofis yapıları çalışmaların yaklaşık %68'ini, eğitim yapıları yaklaşık %7'sini oluşturmaktadır. Eğitim yapılarının enerji etkinliği ile ilgili çalışma sayısı oldukça düşük olması ve işleve bağlı performans gereksinimlerinin önemli olması sebebiyle yapı işlevi olarak eğitim yapıları tercih edilmiştir. Mekansal gerekliliklerinin yanı sıra literatürde üzerine yapılmış çalışma sayısının oldukça düşük olmasından dolayı varsayımsal birim eğitim yapısı olarak belirlenmiştir. Yükseköğretim Kuruluna(YÖK) göre Türkiye'de bulunan 208 üniversitenin 60 tanesinin(yaklaşık %29) İstanbul'da(tez kapsamında belirlenen iklim bölgesinde) olmasından dolayı yükseköğretim yapısı tercih edilmiştir [Web 1].

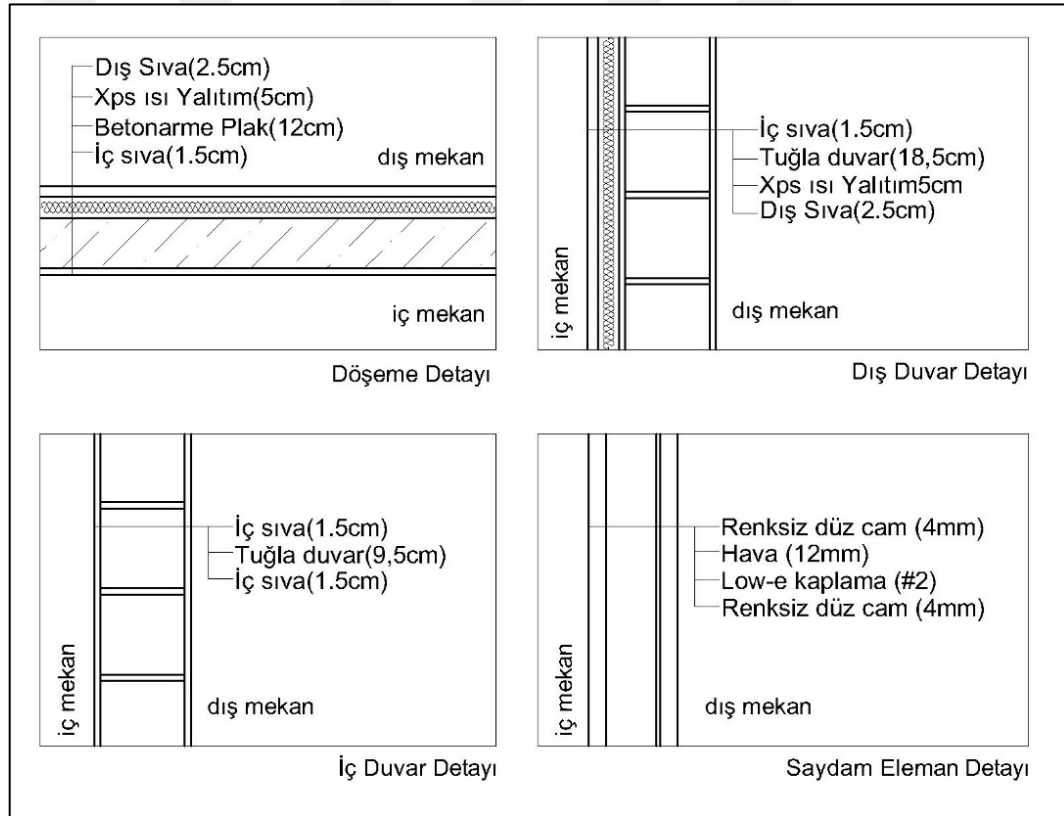


Şekil 3.9: Varsayımsal eğitim modülü plan, kesit ve görünüşü.

Yükseköğretim yapısı olarak inşa edilmiş olan veya yükseköğretim yapısı mimari proje yarışmalarının ödül kazanan projeler incelenerek derslik ölçüleri tespit

edilmiştir. Projelerde genellikle 2 farklı boyutta derslik vardır. Bu oranlardan biri 2:3 diğeri ise 3:4'tür. Çalışma kapsamında 2:3 oranı kabul edilerek **Şekil 3.9**'da planı, kesiti ve görünüşü verilen 6m*9m boyutlarında %50 saydamlık oranına sahip 36kişilik bir yükseköğrenim dersliği oluşturulmuştur.

Oluşturulan dersliğin taban döşemesinin zemine oturduğu, tavan döşemesinin ve pencerelerin konumlandığı duvarın dış ortam ile temas halinde olduğu kabul edilmiştir. Diğer duvarların ise iç duvar olduğu kabul edilmiştir. Tüm senaryolarda yapı katmanlaşması aynı etkiyi sağlayacağı için katmanlar da varsayımsal olarak oluşturulmuştur. Duvar ve döşeme detayları sadece temel katmanları içermektedir. Katmanlar; boya, tavan/döşeme kaplaması gibi katmanlar kapsam dışında bırakılarak oluşturulmuştur. **Şekil 3.10**'da oluşturulan sistemin detayları görülmektedir.



Şekil 3.10: Varsayımsal derslik döşeme, duvar ve cam detayları.

Varsayımsal yapının duvar ve döşemelerinin ısıl geçirgenlik katsayısının (U Değeri) hesaplanabilmesi için katmanlaşma içerisindeki ürünlerin, farklı firmaların ürün kataloglarından ısı iletim katsayıları(λ)(W/mK) belirlenmiştir. Belirlenen ısı iletim

katsayıları ve o katmanın metre türünden kalınlık(d) bilgisi kullanılarak U değerleri hesaplanmıştır. U değerleri hesaplanırken denklem (3.1) kullanılmıştır.

$$\frac{1}{U} = \frac{d_{katman1}(m)}{\lambda_{katman1}(W/mK)} + \frac{d_{katman2}(m)}{\lambda_{katman2}(W/mK)} + \dots + \frac{d_{katman n}(m)}{\lambda_{katman n}(W/mK)} \quad (3.1)$$

Denklemde her bir katmanın kalınlığı ısı iletim katsayısına bölünmüş ve tüm katmanlardan elde edilen sonuçlar toplanmıştır. Toplanarak elde edilen sonuç $\frac{1}{U}$ değerini ifade ettiği için içler dışlar çarpımı yapılarak U değerine ulaşılmıştır. Saydam eleman için ŞişeCam Firmasının GlassTool arayüzü kullanılmıştır [Web 7]. Arayüzde yapının katman detayı oluşturularak U(W/m²K) değerine ait rapor alınmıştır. Dış ortam ile ilişkili yapı elemanlarının hesaplanan ve raporu alınan U(W/m²K) değerleri ve Ts825'e göre katmanların sağlaması gereken U(W/m²K) değerleri **Tablo 3.1**'de görülmektedir.

Tablo 3.1: Dış ortam ile temas halinde olan yapı elemanları U değerleri

Yapı Elemanı	Katmanlaşma	U değeri (W/m ² K)	İstanbul İli İçin Ts825'e Göre U değeri
Taban Döşemesi	Dış sıva(2.5cm) Xps ısı yalıtım (5cm) Betonarme plak(12cm) İç sıva(1.5cm)	0,4	0,6
Tavan Döşemesi	Dış sıva(2.5cm) Xps ısı yalıtım (5cm) Betonarme plak(12cm) İç sıva(1.5cm)	0,4	0,4
Dış Duvar	Dış sıva(2.5cm) Xps ısı yalıtım (5cm) Tuğla duvar(19,5cm) İç sıva(1.5cm)	0,497	0,6
Pencere Sistemi (Pencere Camı)	Renksiz düz cam(4mm) Low-e kaplama(#2) Hava boşluğu(12mm) Renksiz düz cam(4mm)	1,6	2,4 (1,8 tavsiye edilen)
Pencere sistemi (Doğramalar)	Isı Tutuculu Alüminyum		

İklim ve yapı verileri dışında yapılan kabuller;

- Sadece yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimi hesaplanarak analizler yapılmış, aydınlatma, havalandırma ve sıcak su enerji tüketimleri kapsam dışı bırakılmıştır.
- Çalışmada Cephe Yönü, Gölgeleme Elemanı Türü, Gölgeleme Elemanı Derinliği, Gölgeleme Elemanı Aralığı (Saydam Eleman boyutu sabit tutulacağı için dolaylı olarak Eleman Sayısı), Gölgeleme Elemanı Açısı ve Gölgeleme Elemanının Yapı Cephesinden Uzaklığı bağımsız değişken; Yapı Konumu, Saydamlık Oranı, Cam Türü, Gölgeleme Elemanı Malzemesi kontrol değişkeni olarak ele alınmıştır.

Çalışmada ele alınan bağımsız değişkenler ve değerleri **Tablo 3.2**'de gösterilmiştir. Cephe yönü değişkeni için güney, doğu ve batı yönleri incelenmiştir. Kuzey cephe Türkiye'nin matematik konumuna bağlı olarak gelişen bakı yönü sebebiyle kapsam dışında bırakılmıştır. Gölgeleme elemanı türü için yatay ve dikey elemanlar incelenmiştir. Gölgeleme elemanı derinliği için 20cm, 30cm ve 40 cm değerleri; gölgeleme elemanı eleman aralığı için 20cm, 40cm, 60cm ve 80cm değerleri; eleman açısı için 0°, 15° ve 30° değerleri ve yapı cephesinden uzaklığı için 10cm, 30cm ve 50cm değerleri seçilmiştir. Seçilen değerler gerçekleştirilen literatür analizinden çıkan sonuçlar doğrultusunda belirlenmiştir.

Tablo 3.2: Çalışmanın bağımsız değişkenleri ve değişken değerleri.

	BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER	DEĞİŞKEN DEĞERLERİ				TOPLAM DEĞER SAYISI
1	Cephe Yönü	Güney	Doğu	Batı		3
2	Gölgeleme Elemanı Türü	Yatay	Dikey			2
3	Gölgeleme Elemanı Derinliği	20 cm	30 cm	40 cm		3
4	Gölgeleme Elemanı Aralığı	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	4
5	Gölgeleme Elemanı Açısı	0°	15°	30°	45°	4
6	Yapı Cephesinden Uzaklığı	10 cm	30 cm	50 cm		3
TOPLAM SENARYO SAYISI: 864						

3.3. Simülasyon Çalışması ve Görsel Etkinlik Yüzdesinin Hesaplanması

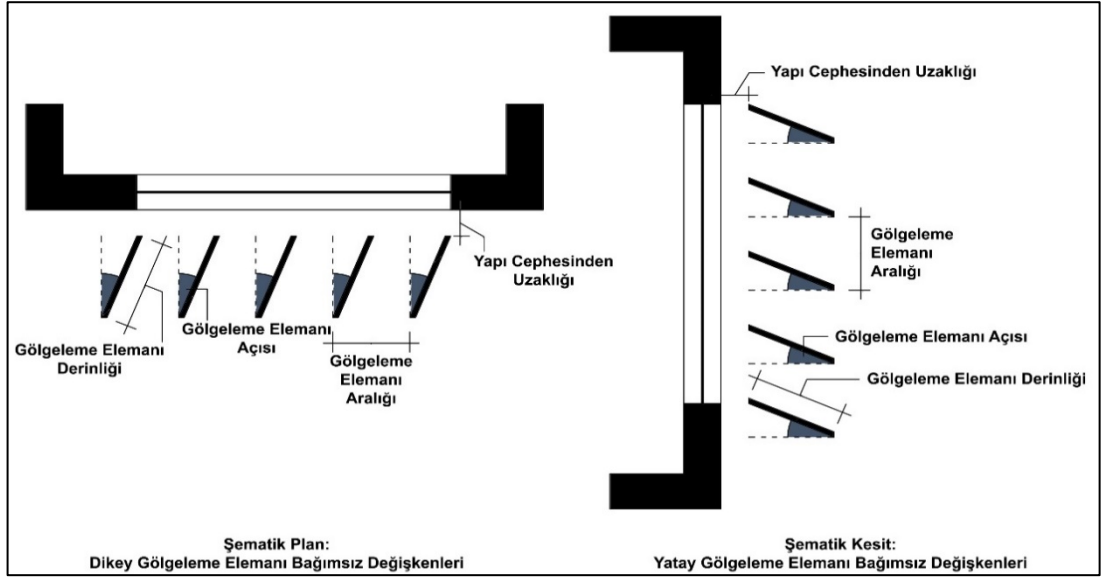
Bu çalışmada İstanbul ilinde olduğu kabul edilen varsayımsal yapının modelleme ve simülasyon yöntemi ile yıllık ısıtma ve soğutma enerji tüketimi hesaplanmıştır. ‘3.1. Literatür Araştırması ve Analizi’ kısmında açıklandığı gibi DesignBuilder ısıtma-soğutma-grafikleştirme gibi birçok bileşeni bünyesinde barındırmaktadır. Bu sebeple çalışmada DesignBuilder Enerji Simülasyon Programı kullanılmıştır. Gölgeleme elemanı bağımsız değişkenleri ile oluşturulan 864 senaryonun DesignBuilder Programı ile enerji simülasyonu yapılmıştır. Daha sonra Autodesk Revit programı ile kapalılık oranlarına bağlı iki ve üç boyutlu çizimleri yapılarak görsel etkinlik yüzdeleri hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin Microsoft Excel Programı yardımı ile istatistiksel analizi yapılmıştır.

3.3.1. Simülasyon Senaryolarının Oluşturulması

Literatür analizi aşamasında elde edilen ve **Tablo 3.2**’de gösterilmiş olan bağımsız değişkenlerin tüm değerleri birbiri ile çaprazlanarak senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryoların isimlendirme sistemi **Tablo 3.3**’te görülmektedir. Kod sistemi 2 harf 4 sayısal değerden oluşmaktadır. Bu harflerin ilki cephe yönünün baş harfi, ikincisi ise gölgeleme elemanı türünün baş harfidir. Sayısal değerler ise sırayla gölgeleme elemanı derinliği, eleman aralığı, açısı ve yapı cephesinden olan uzaklığının değeridir. Senaryoda kullanılan gölgeleme elemanı bağımsız değişkenler ise şematik olarak **Şekil 3.11**’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3: gölgeleme elemanı senaryoları kod sistemi

Cephe Yönü		G.E. Türü		G.E. Derinliği		G.E. Aralığı		G.E. Açısı		Yapı Cephesinden Uzaklığı
Güney (G) Doğu (D) Batı (B)	–	Yatay (Y) Dikey (D)	–	20 30 40	–	20 40 60 80	–	0° 15° 30° 45°	–	10 30 50



Şekil 3.11: Senaryolarda kullanılan bağımsız değişkenler şematik gösterim.

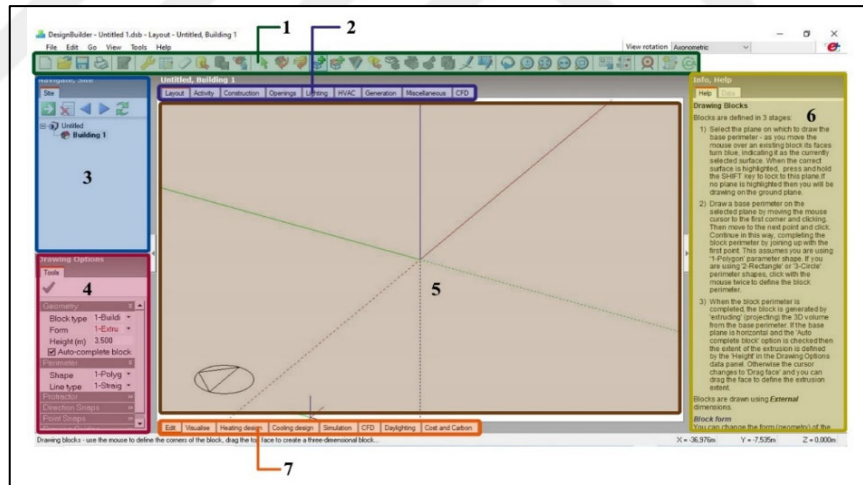
Örneğin senaryo kodu ‘G_Y_40_20_0°_50’ olan senaryo; güney cephede 40cm eleman derinliği, 20 cm eleman aralığı, 0° eleman açısına sahip yapı cephesinden 50 cm uzağa konumlandırılmış yatay gölgeleme elemanını ifade etmektedir. Ayrıca her cephe için herhangi bir gölgeleme elemanının kullanılmadığı referans senaryolar gerçekleştirilmiştir. Bu senaryolar ‘Cephe yönü_Ref’ şeklinde kodlandırılmıştır. Örneğin senaryo kodu ‘Güney_Ref’ olan senaryo güney yönelimli ve herhangi bir gölgeleme elemanı kullanılmadığını ifade etmektedir.

3.3.2. Designbuilder Simülasyon Aracı Ve Girdileri

DesignBuilder mevcut yapı ya da yeni yapı tasarımlarının enerji tüketimi, karbon emisyonu ve konfor koşullarını ölçmek, analiz etmek için geliştirilmiş EnergyPlus tabanlı yazılım aracıdır [Web 21]. Program kullanıcı veya öğrenci lisansı satın alarak veya deneme sürümü indirerek kullanılabilir. Analiz edilmek istenen yapı DesignBuilder programı içerisinde modellenenebildiği gibi ‘gbXML’ yazılım şemasını ekleyerek Sketchup, Revit gibi programlarda yapılan modeller de program içerisine alınabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında DesignBuilder destek masasına çalışma hakkında bilgi verilerek kullanım izni talep edilmiş ve destek masasının tanımlamış olduğu süreli öğrenci lisansı ile çalışma yürütülmüştür.

Programda yeni bir dosya oluşturabilmek için öncelikle yapı konumu tanımlanmalıdır. Tanımlanan konuma bağlı olarak sistemden otomatik olarak iklim verileri, hava durumları ve gökyüzü koşulları tanımlanmaktadır. Yapı konumu tanımlandıktan sonra program arayüzü açılmaktadır. DesignBuilder arayüzü **Şekil 3.12**'de görüldüğü üzere 7 bölümden oluşmaktadır. Yeşil ile gösterilen 1. bölümde yapı modellemesi için gerekli araçlar bulunmaktadır. Mor ile gösterilen 2. bölümde yapının teknik detaylarının girildiği sekmeler bulunmaktadır. Bu sekmelerden yapının aktiviteleri, yapısal detayları, aydınlatma ve HVAC sistem bilgileri ayarlanabilmektedir. Mavi ile gösterilen 3. bölümde yapı ve yapının mekansal alt birimleri görülmektedir. Pembe ile gösterilen 4. bölüm ise sadece yapı modelleme aşamasında açılmaktadır. Bu sekmede çizim araçları bulunmaktadır. Kahverengi ile gösterilen 5. bölüm yapı modelinin oluşturulduğu alandır. Sarı ile gösterilen 6. bölümde modelleme ve simülasyon aşamasının sistemsel bilgileri yer almaktadır. Turuncu ile gösterilen 7. bölümde ise tüm veriler girildikten sonra render, enerji tüketim analizleri, CO₂ emisyon hesabı gibi tüm simülasyonların yapıldığı sekmeler bulunmaktadır.



Şekil 3.12: DesignBuilder programı arayüzü.

Programın modelleme arayüzünde kolon-kiriş sistemi bulunmamakta yapı modeli sadece yüzeyler tanımlanarak oluşturulmaktadır. Bu yüzeyler aracılığı ile yapının bölümleri (odalar, sınıflar, koridorlar...) oluşturulmaktadır. Programda her bölüm bir zone olarak tanımlanmakta ve program içinde her birinin aktiviteleri ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Programda öncelikle mekan içindeki aktivitelerin tanımlanması gerekmektedir. **Tablo 3.4**'te tanımlanan aktiviteler ve açıklamaları görülmektedir.

Tablo 3.4: Mekan içi aktivitelerin tanımlanması.

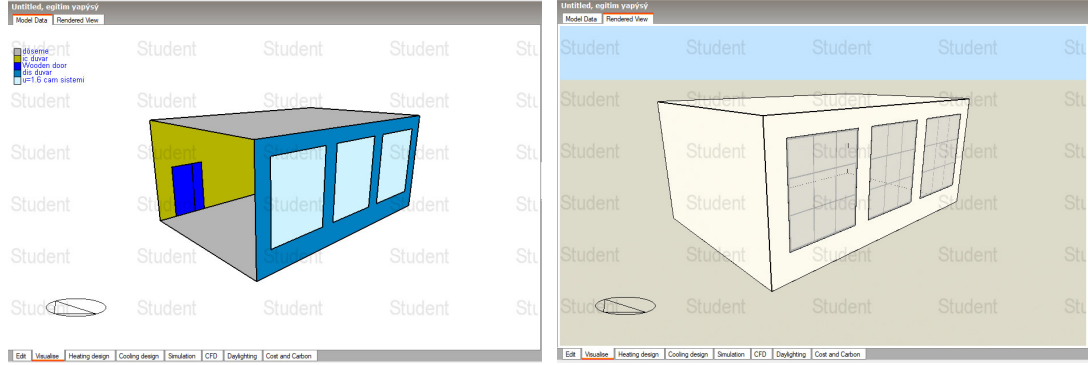
Yapı Aktivite Türü	Öğrenme birimi	
Kullanıcı Sayısı	37 (36 öğrenci + 1 eğitmen)	
Kullanıcı yoğunluğu (kişi/m²)	0.74	
Metabolik Aktivite	Hafif ofis işi (çalışma/bekleme/hafif yürüme)	
Metabolik Faktör	0,90	Kullanıcı sayısı: %50kadın %50erkek
Tatil Günleri	Ara Tatil	Başlangıç Tarihi: 26 Ocak 23gün
*Yaz okulu olduğu kabul edilerek ve yaz okulu olan yükseköğretim kurumlarının akademik takvimleri incelenerek tatiller planlanmıştır.	Yaz Tatili 1	Başlangıç Tarihi: 24 Haziran 23gün
	Yaz Tatili 2	Başlangıç Tarihi: 6 Eylül 23gün
Ofis Ekipmanları	Bilgisayar (1 adet)	1.5 W/m ²
* Sınıf demirbaşı olarak bulunan ekipmanlar kabul edilmiştir.	Projeksiyon (1 adet)	4.5 W/m ²

Yapının duvar, döşeme, saydam eleman katman detayları ‘3.2. Gölgeleme Elemanlarına İlişkin Bağımsız Değişkenlerin ve Varsayımsal Yapının Belirlenmesi’ başlığında detaylı olarak açıklandığı gibi programa tanımlandıktan sonra aydınlatma, ısıtma ve soğutma, havalandırma ve sıcak su sistemleri tanımlanmaktadır. Çalışma kapsamında aydınlatma, havalandırma ve sıcak su enerji tüketimleri analiz edilmemiş olsa bile programda tanımlanması gerekmektedir. Tanımlanan değerler **Tablo 3.5**’te görülmektedir.

Tablo 3.5: Mekanik sistemlerin tanımlanması.

Isıtma Sistemi	Yakıt	Doğalgaz
	Kullanılan durumda ayar sıcaklığı(°C)	20°C
	Kullanılmayan durumda ayar sıcaklığı(°C)	12°C
Soğutma Sistemi	Yakıt	Elektrik
	Kullanılan durumda ayar sıcaklığı(°C)	23°C
	Kullanılmayan durumda ayar sıcaklığı(°C)	28°C
Aydınlatma Sistemi	Aydınlatma tipi	Asma aydınlatma
	Aydınlatma güç yoğunluğu (W/m ² -100 lux)	5
Havalandırma Sistemi	Mekanik Havalandırma	VAV Sistem
Sıcak Su Sistemi	Yakıt	Elektrik
	Kullanım Sıcaklığı(°C)	65°C
Çalışma Aralığı	Hafta içi	09.00 – 17.00
	Hafta sonu	Kapalı

Modelin sistemsel tüm verileri girildikten sonra **Şekil 3.13**'te görüldüğü gibi model verilerine ve görselleştirmesine ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.13: Varsayımsal yapı modülünün model verileri(sol) ve görselleştirmesi(sağ).

Yapının tüm verileri girildikten sonra simülasyon çalışmasına başlanabilmektedir. Simülasyon girdileri **Tablo 3.6**'da görülmektedir. Simülasyon ayarları tamamlandıktan sonra onaylanarak simülasyon gerçekleştirilmektedir.

Tablo 3.6: Simülasyon ayarları

Başlangıç Tarihi	1 Ocak
Bitiş Tarihi	31 Aralık
Raporlama ve sonuç aralığı	Çalıştırma dönemi *Haftasonları ve tatil günleri dahil edilmemiştir.
Zaman Adımı Sayısı	4
Hesap Yöntemi	ASHRAE Isıl Denge Yöntemi

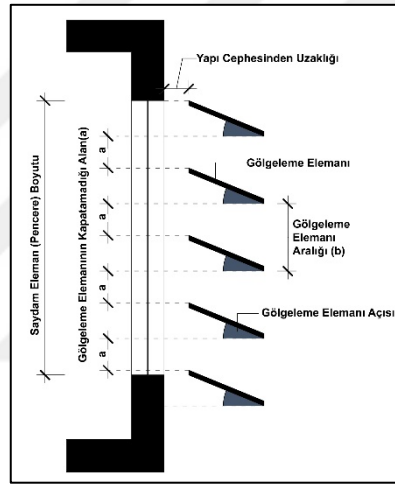
3.3.3. Görsel Etkinlik Yüzdesinin Hesaplanması

Mekarlarda kullanılan saydam elemanlar iç mekanın doğal aydınlatma ihtiyacını karşılamasının yanında iç ve dış mekanın görsel bağlantısını da sağlamaktadır. Yapılarda tasarlanan gölgeleme elemanları ikinci bir cephe katmanı oluşturduğu için görsel bağlantıyı zayıflatmaktadır. Oluşturulan gölgeleme elemanı senaryolarında iç ve dış mekan arasında kurulan görsel bağlantıyı değerlendirebilmek için cephede kapalılık oranı en yüksek olacak senaryodan başlanarak Autodesk Revit programında çizimleri tamamlanmıştır. Üç boyutlu çizimlerle hem görsel algı olarak hem de elde edilen iki boyutlu çizimler ile görsel etkinlik yüzdesi hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Gölgeleme elemanı görsel etkinlik yüzdesi denklem (3.2) ile hesaplanmaktadır.

$$\text{" Görsel Etkinlik Yüzdesi " } = \frac{\text{Gölgeleme Elemanının Saydam Elemanda Kapatamadığı Alan (a)}}{\text{Gölgeleme Elemanı Eleman Aralığı (b)}} \times 100 \quad (3.2)$$

Bu denklemdeki kavramlar ve bunu etkileyen değişkenler **Şekil 3.14**'te görülmektedir. Gölgeleme elemanının saydam elemanda kapatamadığı alanı; gölgeleme elemanının eleman derinliği, açısı, aralığı, sayısı ve pencere boyutu etkilemektedir.



Şekil 3.14: Görsel etkinlik yüzdesini etkileyen değişkenler.

Görsel etkinlik yüzdesi arttıkça güneş ışınlarının yapı içerisine girişi ve dış mekan ile görsel bağlantı artmaktadır. Aynı zamanda güneş ışınlarının yapı içerisine girişi arttığı için ısıtma ve aydınlatma enerjisi tüketimi azalırken soğutma enerjisi tüketimi artmaktadır [Kalemci, 2005; Uslusoy Şenyurt, 2018].

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında incelenen cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı ve yapı cephesinden uzaklığı değişkenlerine bağlı oluşturulan 864 senaryonun ve her cephe için oluşturulan referans senaryonun DesignBuilder aracı ile enerji tüketim simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar 'de verilmiştir.

'de verilen senaryolar 3 cephe yönü için ayrı ayrı listelenmiştir. Bu listelerde **Tablo 4.1**'de görüldüğü gibi her senaryo için ısıtma enerjisi tüketimi (kWh), soğutma enerjisi tüketimi (kWh), ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimi toplamı(kWh) ve referans senaryoya göre % enerji tüketim kazancı bulunmaktadır. Enerji kazancı toplam enerji tüketimi üzerinden hesaplanmıştır. Kazanç değerleri referans senaryoya göre oluşturulduğu için referans senaryolarda kazanç 0% olarak görülmektedir.

Tablo 4.1: Örnek simülasyon sonuçları (kısa kesit)

GÜNEY CEPHE				
SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
GÜNEY REF	3584,64	8873,81	12458,45	0%
G D 20 20 0° 10	4046,42	7066,23	11112,65	10,802%
G Y 20 20 0° 10	4082,92	6715,01	10797,93	13,328%
DOĞU CEPHE				
SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
DOĞU REF	4170,81	8953,05	13123,86	0%
D D 20 20 0° 10	4444,69	7010,12	11454,81	12,718%
D Y 20 20 0° 10	4469,6	7422,27	11891,87	9,387%
BATI CEPHE				
SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
BATI REF	4202,79	8762,88	12965,67	0%
B D 20 20 0° 10	4467,21	6864,16	11331,37	12,605%
B Y 20 20 0° 10	4493	7231,92	11724,92	9,570%

Oluşturulan senaryolarda ısıtma/soğutma enerjisi tüketim seviyeleri ve bunlara bağlı toplam enerji tüketimi seviyesi gölgeleme elemanının güneş ışınlarının yapı içerisine ulaşımını engelleme seviyesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Güneş ışınlarının yapı içerisine ulaşma seviyesi arttıkça iç mekanın pasif ısı kazanımı artmaktadır. Buna bağlı olarak da ısıtma enerjisi tüketimi azalmakta, soğutma enerjisi tüketimi artmaktadır. Güneş ışınlarının yapı içerisine ulaşma seviyesi ise gölgeleme elemanının cephede kapatabildiği alan ile ters orantılı olarak değişmektedir. Gölgeleme elemanının kapatabildiği alan kapalılık olarak ifade edilmektedir. Yani kapalılık arttıkça güneş ışınlarının iç mekana ulaşma seviyesi düşmekte, pasif ısı kazancı azalmaktadır.

4.1. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Enerji Tüketimine Etkisinin Değerlendirilmesi

Çalışmada temel olarak kapsam dahilinde ele alınan bağımsız değişkenlerin bir araya gelişleri değerlendirilmektedir ve bu oluşan farklı senaryoların enerji etkinliklerinin birbirine göre kıyası yapılmaktadır. Ancak her bir değişken diğer değişkenlerden bağımsız olarak da enerji tüketimine etki etmektedir. Bu başlık altında kapsam dahilindeki 6 bağımsız değişkenin enerji etkinliğine etkisi incelenmiştir.

Her bağımsız değişkenin tekil olarak değerlendirilebilmesi için oluşturulan 864 gölgeleme elemanı senaryosu içinden örnek gruplar seçilmiştir. Bu örnek gruplar tablolarda ‘Ö-1’, ‘Ö-2’ gibi ifadelerle tanımlanmıştır. Her grup kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Oluşturulan örnek gruplarındaki senaryolarda yer alan 6 bağımsız değişkenden sadece değerlendirilmesi yapılacak olan değişkenin tüm değerleri mevcuttur. Diğer 5 değişkenin herhangi bir değeri seçilerek kullanılmıştır. Örnek grup içerisinde bağımsız değişken olarak ele alınan değerler kalın yazılarak ifade edilmiştir.

4.1.1. ‘Cephe Yönü’ ve ‘Gölgeleme Elemanı Türü’ Değişkenlerinin Değerlendirilmesi

Güneşin yapı konumuna göre göreceli konumu yükseklik ve azimut açıları ile tanımlanmaktadır. Cephe yönü ve gölgeleme elemanı türü yükseklik ve azimut açılarına bağlı olarak güneş ışınımının iç mekana ulaşma düzeyini etkilediği için optimizasyon çalışması için en temel bağımsız değişkenlerdendir. Cephe yönü ve

gölgeleme elemanı türü bu başlık altında ayrı ayrı incelenmiştir. **Tablo 4.2** ve **Şekil 4.1**'de cephe yönü değişkeni için örnek senaryo grupları, **Tablo 4.3** ve **Şekil 4.2**'de ise gölgeleme elemanı türü değişkeni için örnek senaryo grupları görülmektedir.

Tablo 4.2 ve **Şekil 4.1**'de görülen her bir örnek grubu için gölgeleme elemanı türü, eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı ve cepheden uzaklığı kontrol değişkeni durumundadır. Sadece cephe yönü bağımsız değişkendir. **Tablo 4.3** ve **Şekil 4.2**'de ise görülen her bir örnek grubu için cephe yönü, eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı ve cepheden uzaklığı kontrol değişkeni durumundadır. Sadece gölgeleme elemanı türü bağımsız değişkendir.

Tablo 4.2'de;

Örnek-1 için ele alınan [G/D/B]_D_20_20_30°_10 senaryosunda referans senaryoya göre tüm cephelerde ısıtma enerji tüketimi artmakta, soğutma enerji tüketimi ise azalmaktadır. Ancak soğutma enerji tüketiminde doğu ve batı cephedeki azalma miktarı güney cepheye oranla daha fazladır. Toplam enerji tüketimi ve enerji kazancı incelendiğinde ise doğu ve batı cephede kazancın yaklaşık %16 olduğu ancak güney cephede yaklaşık %13 olduğu görülmektedir.

Örnek-2 için ele alınan [G/D/B]_D_40_40_45°_50 senaryosu da örnek-1 ile paralellik göstermektedir. Referans senaryoya göre tüm cephelerde ısıtma enerji tüketimi artmakta, soğutma enerji tüketimi ise azalmaktadır. Ancak soğutma enerji tüketiminde doğu ve batı cephedeki azalma miktarı güney cepheye oranla daha fazladır. Toplam enerji tüketimi ve enerji kazancı incelendiğinde ise doğu ve batı cephede kazancın yaklaşık %17 olduğu ancak güney cephede yaklaşık %15 olduğu görülmektedir.

Örnek-3 için ele alınan [G/D/B]_Y_30_40_45°_50 senaryosunda da referans senaryoya göre tüm cephelerde ısıtma enerji tüketimi artmakta, soğutma enerji tüketimi ise azalmaktadır. Ancak ilk iki örneğin aksine soğutma enerji tüketiminde doğu ve batı cephedeki azalma miktarı güney cepheye oranla daha azdır. Toplam enerji tüketimi ve enerji kazancı incelendiğinde ise yine önceki örneklerin aksi bir şekilde güney cephedeki enerji kazancı daha yüksektir. Güney cephedeki kazancın %14 kazanç sağlanırken doğu ve batı cepheler için yaklaşık %10 kazanç sağlanmaktadır.

Örnek-4 için ele alınan [G/D/B]_Y_40_60_30°_50 senaryosu ise örnek-3 ile paralellik göstermektedir. Referans senaryoya göre tüm cephelerde ısıtma enerji tüketimi

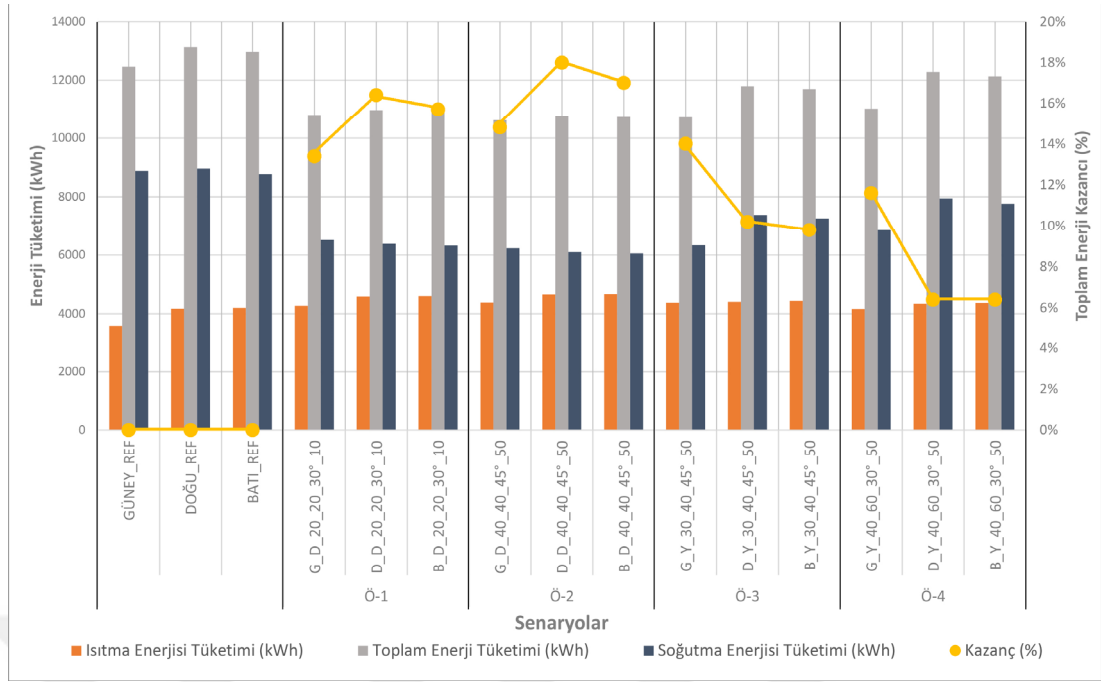
artmakta, soğutma enerji tüketimi ise azalmaktadır. Ancak soğutma enerji tüketiminde doğu ve batı cephedeki azalma miktarı güney cepheye oranla daha azdır. Toplam enerji tüketimi ve enerji kazancı incelendiğinde güney cephede %11,6 kazanç sağlanırken doğu ve batı cephe için yaklaşık %6 kazanç sağlanmaktadır.

Örnek-3'te doğu/batı yönelimli cephelerin toplam enerji tüketimi kazancı ile güney yönelimli cephenin toplam enerji tüketimi kazancı arasındaki fark 4%'ken örnek-4'de bu fark yaklaşık 6% olmaktadır. Bunun sebebi ise örnek grupları içerisinde ele alınan senaryoların farklı eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı ve yapı cephesinden uzaklığı değerlerinin olmasıdır.

Tablo 4.2: Bulgular: ‘Cephe Yönü’ değerlendirme örneklem grupları.

	SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
	GÜNEY_REF	3584,64	8873,81	12458,45	0%
	DOĞU_REF	4170,81	8953,05	13123,86	0%
	BATI_REF	4202,79	8762,88	12965,67	0%
Ö-1	G_D_20_20_30°_10	4270,97	6513,56	10784,53	13,4%
	D_D_20_20_30°_10	4588,89	6378,37	10967,26	16,4%
	B_D_20_20_30°_10	4603,08	6324,91	10927,99	15,7%
Ö-2	G_D_40_40_45°_50	4379,6	6231,62	10611,22	14,8%
	D_D_40_40_45°_50	4656,98	6095,56	10752,54	18%
	B_D_40_40_45°_50	4667,9	6049,49	10717,39	17%
Ö-3	G_Y_30_40_45°_50	4371,78	6334,29	10706,07	14%
	D_Y_30_40_45°_50	4405,74	7379,35	11785,09	10,2%
	B_Y_30_40_45°_50	4433,11	7251,48	11684,59	9,8%
Ö-4	G_Y_40_60_30°_50	4160,52	6846,75	11007,27	11,6%
	D_Y_40_60_30°_50	4339,41	7937,4	12276,81	6,4%
	B_Y_40_60_30°_50	4368,37	7757,95	12126,32	6,4%

Şekil 4.1’de, Tablo 4.2’de görülen senaryo ve verilerin grafik hali bulunmaktadır. Enerji kazanç noktalarına bakıldığında doğu ve batı cephelerin paralellik gösterdiğini güney cephenin ise farklılaştığı görülmektedir.



Şekil 4.1: ‘Cephe Yönü’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.

Tablo 4.3’te;

Örnek-1 için ele alınan G_[D/Y]_30_40_0°_10 senaryosu güney yönelimli bir cephededir ve toplam enerji enerji tüketimi kazancı dikey elemanda %8,1 iken yatay elemanda %10,9’dur.

Örnek-2 için ele alınan D_[D/Y]_20_40_30°_10 senaryosu doğu yönelimli bir cephededir ve toplam enerji enerji tüketimi kazancı dikey elemanda %10,1 iken yatay elemanda %5,2’dur.

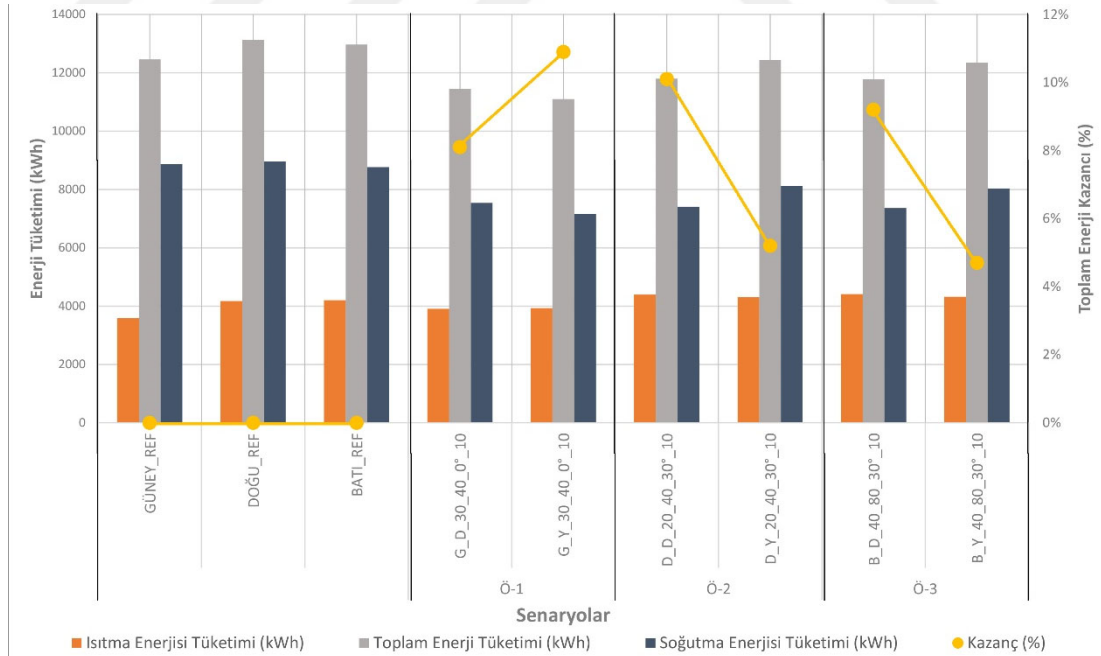
Örnek-3 için ele alınan B_[D/Y]_40_80_30°_10 senaryosu batı yönelimli bir cephededir ve toplam enerji enerji tüketimi kazancı dikey elemanda %9,2 iken yatay elemanda %4,7’dur.

Söz konusu 3 örnek değerlendirildiğinde dikey gölgeleme elemanı senaryolarının enerji kazançları yaklaşık %8-10 civarındadır ancak yatay elemanlar ile kıyaslandığında bu değerler güney cephede daha düşük kalırken doğu ve batı cephe için daha yüksek bir kazanç değerindedir.

Tablo 4.3: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Türü’ değerlendirme örneklem grupları.

	SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
	GÜNEY_REF	3584,64	8873,81	12458,45	0,0%
	DOĞU_REF	4170,81	8953,05	13123,86	0,0%
	BATI_REF	4202,79	8762,88	12965,67	0,0%
Ö-1	G_D_30_40_0°_10	3907,77	7537,66	11445,43	8,1%
	G_Y_30_40_0°_10	3932,54	7160,26	11092,8	10,9%
Ö-2	D_D_20_40_30°_10	4394,33	7402,55	11796,88	10,1%
	D_Y_20_40_30°_10	4304,5	8124,73	12429,23	5,2%
Ö-3	B_D_40_80_30°_10	4408,16	7361,41	11769,57	9,2%
	B_Y_40_80_30°_10	4316,03	8031,61	12347,64	4,7%

Şekil 4.2’de, Tablo 4.3’te görülen senaryo ve verilerin grafik hali bulunmaktadır. Enerji kazanç noktalarına bakıldığında doğu ve batı cepheleri için gölgeleme elemanı türlerinin paralellik gösterdiğini güney cephenin ise farklılaştığı görülmektedir.



Şekil 4.2: ‘Gölgeleme Elemanı Türü’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.

Tablo 4.2'de ve **Tablo 4.3**'te görüldüğü gibi tüm örneklem gruplarında ısıtma enerji tüketimi farklı oranlarda olsa da artış göstermiştir. Bunun sebebi ise referans senaryoda herhangi bir gölgeleme elemanı olmaması ve ısıtma döneminde güneş ışınlarını en fazla düzeyde iç mekana alabilmesi ancak gölgeleme elemanı tasarlanan senaryolarda güneş ışınlarının aynı oranda iç mekana ulaşamamasıdır. Isıtma enerji tüketiminin tüm senaryolarda artarken toplam enerji tüketiminin azalmasının sebebi ise gölgeleme elemanlarının soğutma enerji tüketiminde sağladığı azalmadır.

Şekil 4.1 ve **Şekil 4.2**'de görüldüğü üzere örnek gruplar içerisindeki gölgeleme elemanlarından yatay gölgeleme elemanları güney cephede, dikey gölgeleme elemanları ise doğu/batı cephelerde daha etkindir. Dikey gölgeleme elemanlarının doğu ve batı cephede güney cepheye kıyasla daha iyi sonuç vermesinin sebebi ise sabah ve öğleden sonra gelen düşük açılı güneş ışınlarını engelleyebilmesidir. Yatay elemanların ise güney cephede doğu ve batıya kıyasla daha iyi sonuç vermesinin sebebi soğutma döneminde gelen daha dik açılı güneş ışınlarını engelleyebilmesidir. Sonuç olarak güney cephede yatay gölgeleme elemanları dikey elemanlara göre; doğu ve batı cephede dikey gölgeleme elemanları yatay elemanlara göre daha iyi sonuç vermektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı ve yapı cephesinden uzaklığı değişkenlerinin değerlendirilme sürecinde güney cephe için yatay, doğu ve batı cephe için dikey gölgeleme elemanı senaryoları seçilmiştir.

4.1.2. 'Gölgeleme Elemanı Derinliği' Değişkeninin Değerlendirilmesi

Gölgeleme elemanı derinliğinin toplam enerji tüketimine etkisinin değerlendirildiği, **Tablo 4.4** ve **Şekil 4.3**'te görülen her bir örnek grubu için cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, eleman aralığı, eleman açısı ve cepheden uzaklığı kontrol değişkeni durumundadır. Sadece gölgeleme elemanı derinliği bağımsız değişkendir. Eleman derinliği değişkeninin değerleri ise 20cm, 30cm ve 40cm'dir.

Örnek-1 G_Y_[20/30/40]_60_0°_10 senaryosunda gölgeleme elemanı derinliği değerleri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Isıtma enerjisini tüketimindeki bu artış eleman derinliği 20cm ile 30cm arasında ve yaklaşık 90 kWh, 30cm ile 40cm arasında ise 85 kWh'dir. Soğutma enerjisi tüketim değerlerindeki azalma ise 20cm ile 30cm aralığında yaklaşık

400kWh, 30cm ile 40cm arasında yaklaşık 420 kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman derinliği arttıkça yaklaşık 2,5-3% değerinde arttığı görülmektedir.

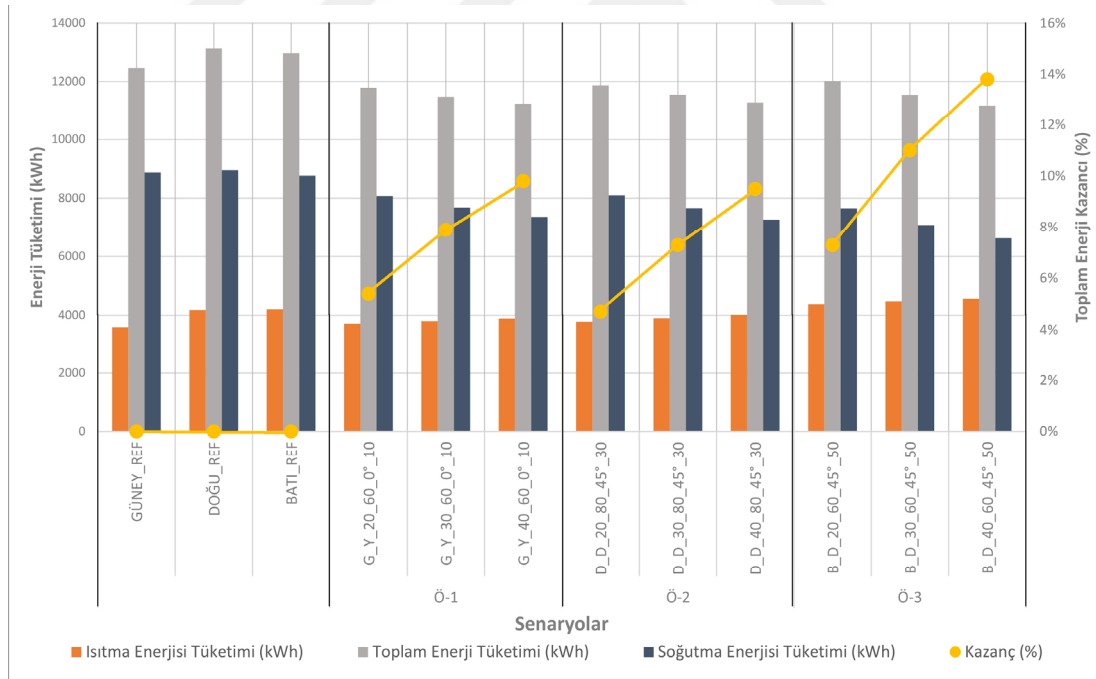
Örnek-2 D_D_[20/30/40]_80_45°_30 senaryosunda gölgeleme elemanı derinliği değerleri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Isıtma enerjisini tüketimindeki bu artış eleman derinliği 20cm ile 30cm arasında yaklaşık 120 kWh, 30cm ile 40cm arasında ise 110 kWh'dir. Soğutma enerjisi tüketim değerlerindeki azalma ise 20cm ile 30cm aralığında yaklaşık 320 kWh, 30cm ile 40cm arasında yaklaşık 320 kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman derinliği arttıkça yaklaşık 2-2,5% değerinde arttığı görülmektedir.

Örnek-3 B_D_[20/30/40]_60_45°_50 senaryosunda gölgeleme elemanı derinliği değerleri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Isıtma enerjisini tüketimindeki bu artış eleman derinliği 20cm ile 30cm arasında yaklaşık 100 kWh, 30cm ile 40cm arasında ise 90 kWh'dir. Soğutma enerjisi tüketim değerlerindeki azalma ise 20cm ile 30cm aralığında yaklaşık 570 kWh, 30cm ile 40cm arasında yaklaşık 460 kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman derinliği arttıkça yaklaşık 3-3,5% değerinde arttığı görülmektedir.

Söz konusu 3 örnek değerlendirildiğinde ısıtma ve soğutma enerji tüketimindeki farklı artış ve azalış değerlerine rağmen toplam enerji tüketim değerleri incelendiğinde uygun referans senaryoya göre tüm değerlerin azaldığı görülmektedir. Ayrıca eleman derinliği arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Ancak farklı örnek gruplarında değerler arasındaki artış ve azalış miktarları değişkenlik göstermektedir. Bunun sebebi her örnek grubunun farklı senaryolardan oluşması ve gölgeleme elemanı derinliğinin farklı değişkenler ile ortaya koyduğu performansın farklı olmasıdır. Sonuç olarak gölgeleme elemanı derinlik değeri arttıkça enerji tüketim değerleri de doğru orantılı bir şekilde değişmektedir.

Tablo 4.4: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Derinliği’ değerlendirme örneklem grupları.

	SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
	GÜNEY_REF	3584,64	8873,81	12458,45	0,0%
	DOĞU_REF	4170,81	8953,05	13123,86	0,0%
	BATI_REF	4202,79	8762,88	12965,67	0,0%
Ö-1	G_Y_20_60_0°_10	3708,42	8070,18	11778,6	5,4%
	G_Y_30_60_0°_10	3794,55	7678,62	11473,17	7,9%
	G_Y_40_60_0°_10	3878,47	7352,25	11230,72	9,8%
Ö-2	D_D_20_80_45°_30	3768,59	8094,18	11862,77	4,7%
	D_D_30_80_45°_30	3891,31	7652,98	11544,29	7,3%
	D_D_40_80_45°_30	4009,91	7263,1	11273,01	9,5%
Ö-3	B_D_20_60_45°_50	4365,55	7648,2	12013,75	7,3%
	B_D_30_60_45°_50	4465,48	7073,45	11538,93	11%
	B_D_40_60_45°_50	4549,58	6617,89	11167,47	13,8%



Şekil 4.3: ‘Gölgeleme Elemanı Derinliği’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.

4.1.3. ‘Gölgeleme Elemanı Aralığı’ Değişkeninin Değerlendirilmesi

Gölgeleme elemanı aralığının toplam enerji tüketimine etkisinin değerlendirildiği **Tablo 4.5** ve **Şekil 4.4**’te görülen her bir örnek grubu için cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, elemanı derinliği, eleman açısı ve cepheden uzaklığı kontrol değişkeni durumundadır. Sadece gölgeleme elemanı aralığı ise bağımsız değişkendir. Eleman aralığı değişkeninin değerleri ise 20cm, 40cm, 60cm ve 80cm’dir.

Örnek-1 G_Y_30_[20/40/60/80]_15°_30 senaryosunda gölgeleme elemanı aralık değeri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin azaldığı, soğutma enerjisi tüketiminin arttığı görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimindeki bu azalma; eleman aralığı 20cm’den 40cm’e çıktığında yaklaşık 360 kWh, 40cm’den 60cm’e çıktığında yaklaşık 170 kWh ve 60cm’den 80 cm’e çıktığında yaklaşık 90 kWh’dir. Soğutma enerjisi tüketimindeki artış ise; eleman aralığı 20cm’den 40cm’e çıktığında yaklaşık 820 kWh, 40cm’den 60cm’e çıktığında yaklaşık 450 kWh ve 60cm’den 80 cm’e çıktığında yaklaşık 330 kWh’dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman a arttıkça yaklaşık 2,5-3% değerinde arttığı görülmektedir.

Örnek-2 D_D_40_[20/40/60/80]_15°_50 senaryosunda gölgeleme elemanı aralık değeri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin azaldığı, soğutma enerjisi tüketiminin arttığı görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimindeki bu azalma; eleman aralığı 20cm’den 40cm’e çıktığında yaklaşık 190 kWh, 40cm’den 60cm’e çıktığında yaklaşık 100 kWh ve 60cm’den 80 cm’e çıktığında yaklaşık 60 kWh’dir. Soğutma enerjisi tüketimindeki artış ise; eleman aralığı 20cm’den 40cm’e çıktığında yaklaşık 850 kWh, 40cm’den 60cm’e çıktığında yaklaşık 600 kWh ve 60cm’den 80 cm’e çıktığında yaklaşık 390 kWh’dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancı incelendiğinde gölgeleme elemanı eleman aralığı arttıkça yaklaşık 2,5% ile 5% arasında artış gösterdiği görülmektedir.

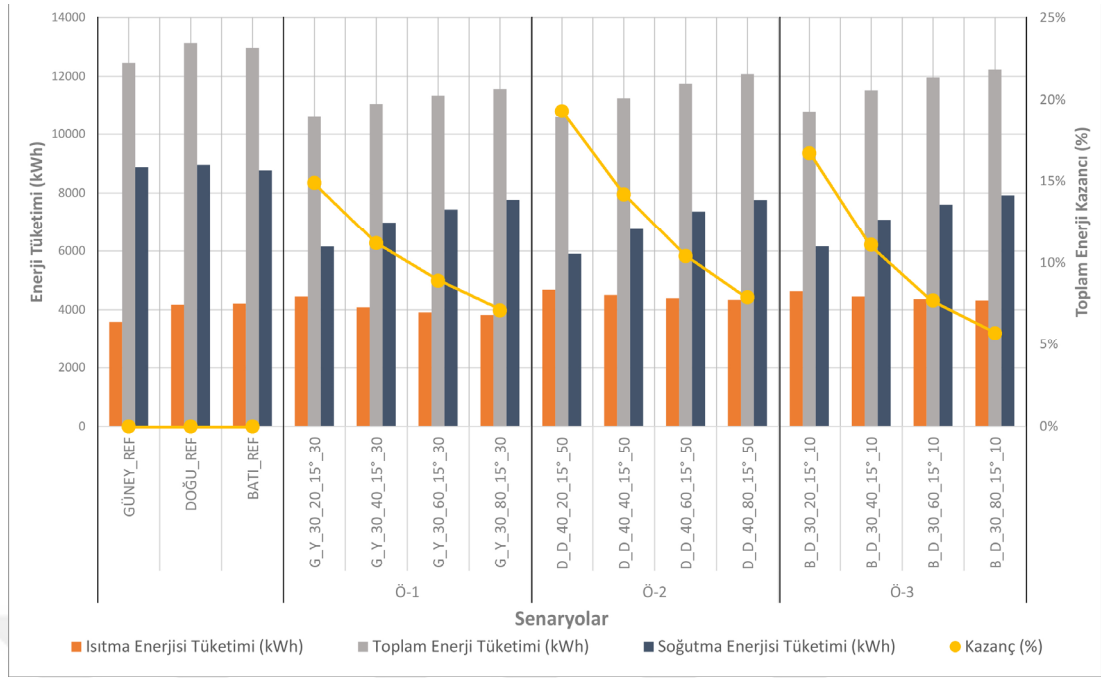
Örnek-3 B_D_30_[20/40/60/80]_15°_10 senaryosunda gölgeleme elemanı aralık değeri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin azaldığı, soğutma enerjisi tüketiminin arttığı görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimindeki bu azalma; eleman aralığı 20cm’den 40cm’e çıktığında yaklaşık 180 kWh, 40cm’den 60cm’e çıktığında yaklaşık 90 kWh ve 60cm’den 80 cm’e çıktığında yaklaşık 50 kWh’dir. Soğutma enerjisi tüketimindeki artış ise; eleman aralığı 20cm’den 40cm’e çıktığında yaklaşık 910 kWh, 40cm’den 60cm’e çıktığında yaklaşık 530 kWh ve 60cm’den 80 cm’e çıktığında yaklaşık 320

kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancı incelendiğinde gölgeleme elemanı eleman aralığı arttıkça yaklaşık 2% ile 5,5% arasında artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.5: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Aralığı’ değerlendirme örneklem grupları.

	SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
	GÜNEY_REF	3584,64	8873,81	12458,45	0%
	DOĞU_REF	4170,81	8953,05	13123,86	0%
	BATI_REF	4202,79	8762,88	12965,67	0%
Ö-1	G_Y_30_20_15°_30	4446,32	6152,83	10599,15	14,9%
	G_Y_30_40_15°_30	4084,09	6974,25	11058,34	11,2%
	G_Y_30_60_15°_30	3907,25	7431,71	11338,96	8,9%
	G_Y_30_80_15°_30	3810,56	7761,43	11571,99	7,1%
Ö-2	D_D_40_20_15°_50	4680,96	5906,17	10587,13	19,3%
	D_D_40_40_15°_50	4495,89	6758,09	11253,98	14,2%
	D_D_40_60_15°_50	4391,96	7356,7	11748,66	10,4%
	D_D_40_80_15°_50	4329,94	7750,08	12080,02	7,9%
Ö-3	B_D_30_20_15°_10	4628,04	6160,13	10788,17	16,7%
	B_D_30_40_15°_10	4446,99	7074,41	11521,4	11,1%
	B_D_30_60_15°_10	4358,48	7601,76	11960,24	7,7%
	B_D_30_80_15°_10	4308,01	7918,28	12226,29	5,7%

Sonuç olarak gölgeleme elemanı aralık değeri arttıkça ısıtma enerji tüketimi azalmaktadır. Soğutma ve toplam enerji tüketimi ise azalarak artmaktadır. Yani tüketim değeri artmıştır ancak ardışık değerleri temsil eden senaryolar arasındaki farklar azalmıştır. Şekil 4.4’te toplam enerji tüketim kazanç değerleri ardışık değerleri temsil eden senaryolar arası fark eleman derinliği arttıkça azalmıştır. Uygun referans senaryo ile karşılaştırıldığında ısıtma enerjisi tüketimleri daha fazla, soğutma enerjisi tüketimleri daha azdır. Toplam enerji tüketimi değerlerine bakıldığında ise soğutma enerjisi tüketimi ile paralellik göstermektedir. Yani eleman aralığı arttıkça toplam enerji tüketim değeri artmakta enerji tüketimi kazancı azalmaktadır.



Şekil 4.4: ‘Gölgeleme Elemanı Aralığı’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.

Isıtma enerjisi ve soğutma enerjisi tüketimlerinin artması veya azalması yapı cephesinde gölgeleme elemanlarının oluşturduğu kapalılık oranı ile ilişkilidir. Gölgeleme elemanı aralığı arttıkça cephedeki kapalılık oranı azalmaktadır. Buna bağlı olarak iç mekanın pasif ısı kazanımı artmaktadır. Pasif ısı kazanımı arttığı için ısıtma değeri azalırken soğutma değeri artmaktadır.

4.1.4. ‘Gölgeleme Elemanı Açısı’ Değişkeninin Değerlendirilmesi

Gölgeleme elemanı açısının toplam enerji tüketimine etkisinin değerlendirildiği **Tablo 4.6** ve **Şekil 4.5**’te görülen her bir örnek grubu için cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, elemanı derinliği, eleman aralığı ve cepheden uzaklığı kontrol değişkeni durumundadır. Sadece gölgeleme elemanı açısı ise bağımsız değişkendir. Eleman açısı değişkeninin değerleri ise 0°, 15°, 30° ve 45°’dir. Gölgeleme elemanı açısı değerleri ‘3.3.1. Simülasyon Senaryolarının Oluşturulması’ başlığı içerisinde yer alan **Şekil 3.11**’de görüldüğü gibi gölgeleme elemanı ve pencere normali arasındaki açıya göre belirlenmektedir.

Örnek-1 G_Y_20_60_[0°/15°/30°/45°]_50 senaryosunda gölgeleme elemanı açısı değeri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı

görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimindeki bu artma; eleman açısı 0°'den 15°'e çıktığında yaklaşık 80 kWh, 15°'den 30°'e çıktığında yaklaşık 70 kWh ve 30°'den 45°'e çıktığında yaklaşık 60 kWh'dir. Soğutma enerjisi tüketimindeki azalış ise; eleman açısı 0°'den 15°'e çıktığında yaklaşık 200 kWh, 15°'den 30°'e çıktığında yaklaşık 220 kWh ve 30°'den 45°'e çıktığında yaklaşık 200 kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman açısı arttıkça yaklaşık 1% değerinde arttığı görülmektedir.

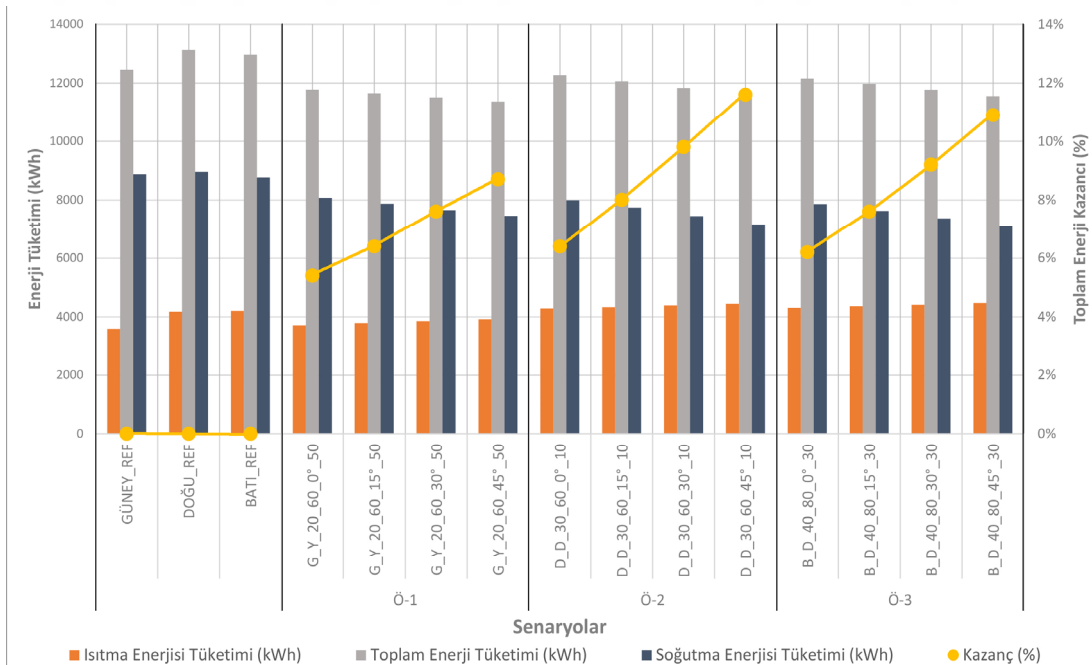
Örnek-2 D_D_30_60_[0°/15°/30°/45°]_10 senaryosunda gölgeleme elemanı açısı değeri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimindeki bu artma; eleman açısı 0°'den 15°'e çıktığında yaklaşık 50 kWh, 15°'den 30°'e çıktığında yaklaşık 60 kWh ve 30°'den 45°'e çıktığında yaklaşık 60 kWh'dir. Soğutma enerjisi tüketimindeki azalış ise; eleman açısı 0°'den 15°'e çıktığında yaklaşık 260 kWh, 15°'den 30°'e çıktığında yaklaşık 290 kWh ve 30°'den 45°'e çıktığında yaklaşık 290 kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman açısı arttıkça yaklaşık 1,6-1,8% değerinde arttığı görülmektedir.

Örnek-3 B_D_40_80_[0°/15°/30°/45°]_30 senaryosunda gölgeleme elemanı açısı değeri arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Isıtma enerjisi tüketimindeki bu artma; eleman açısı 0°'den 15°'e çıktığında yaklaşık 50 kWh, 15°'den 30°'e çıktığında yaklaşık 60 kWh ve 30°'den 45°'e çıktığında yaklaşık 60 kWh'dir. Soğutma enerjisi tüketimindeki azalış ise; eleman açısı 0°'den 15°'e çıktığında yaklaşık 220 kWh, 15°'den 30°'e çıktığında yaklaşık 260 kWh ve 30°'den 45°'e çıktığında yaklaşık 270 kWh'dir. Ayrıca toplam enerji tüketimi kazancına bakıldığında ise eleman açısı arttıkça yaklaşık 1,4-1,7% değerinde arttığı görülmektedir.

Üç örnek ortak olarak incelendiğinde, **Şekil 4.5**'te de görüldüğü üzere eleman açısı arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin arttığı, soğutma enerjisi tüketiminin azaldığı görülmektedir. Ancak uygun referans senaryo ile karşılaştırıldığında ısıtma enerjisi tüketimleri artmış, soğutma enerjisi tüketimleri daha azalmıştır.

Tablo 4.6: Bulgular: ‘Gölgeleme Elemanı Açısı’ değerlendirme örneklem grupları.

	SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
	GÜNEY_REF	3584,64	8873,81	12458,45	0%
	DOĞU_REF	4170,81	8953,05	13123,86	0%
	BATI_REF	4202,79	8762,88	12965,67	0%
Ö-1	G_Y_20_60_0°_50	3709,21	8069,76	11778,97	5,4%
	G_Y_20_60_15°_50	3785,36	7863,41	11648,77	6,4%
	G_Y_20_60_30°_50	3857,8	7643,24	11501,04	7,6%
	G_Y_20_60_45°_50	3916,57	7447,4	11363,97	8,7%
Ö-2	D_D_30_60_0°_10	4282,55	7989,02	12271,57	6,4%
	D_D_30_60_15°_10	4333,3	7728,26	12061,56	8%
	D_D_30_60_30°_10	4388,62	7438,08	11826,7	9,8%
	D_D_30_60_45°_10	4445,38	7149,39	11594,77	11,6%
Ö-3	B_D_40_80_0°_30	4307,21	7848,28	12155,49	6,2%
	B_D_40_80_15°_30	4355,43	7622,59	11978,02	7,6%
	B_D_40_80_30°_30	4408,31	7361,51	11769,82	9,2%
	B_D_40_80_45°_30	4463,13	7089,32	11552,45	10,9%



Şekil 4.5: ‘Gölgeleme Elemanı Açısı’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.

Gölgeleme elemanı açısı arttıkça pencere yüzeyinde izdüşüm olarak daha geniş alan kaplamakta ve kapalılık oranı artmaktadır. Gölgeleme elemanı açısı arttıkça ısıtma enerjisi tüketiminin artması, soğutma enerjisi tüketiminin azalmasının sebebi ise kapalılık oranının artmasına bağlı pasif ısı kazancının azalmasıdır.

4.1.5. ‘Yapı Cephesinden Uzaklığı’ Değişkeninin Değerlendirilmesi

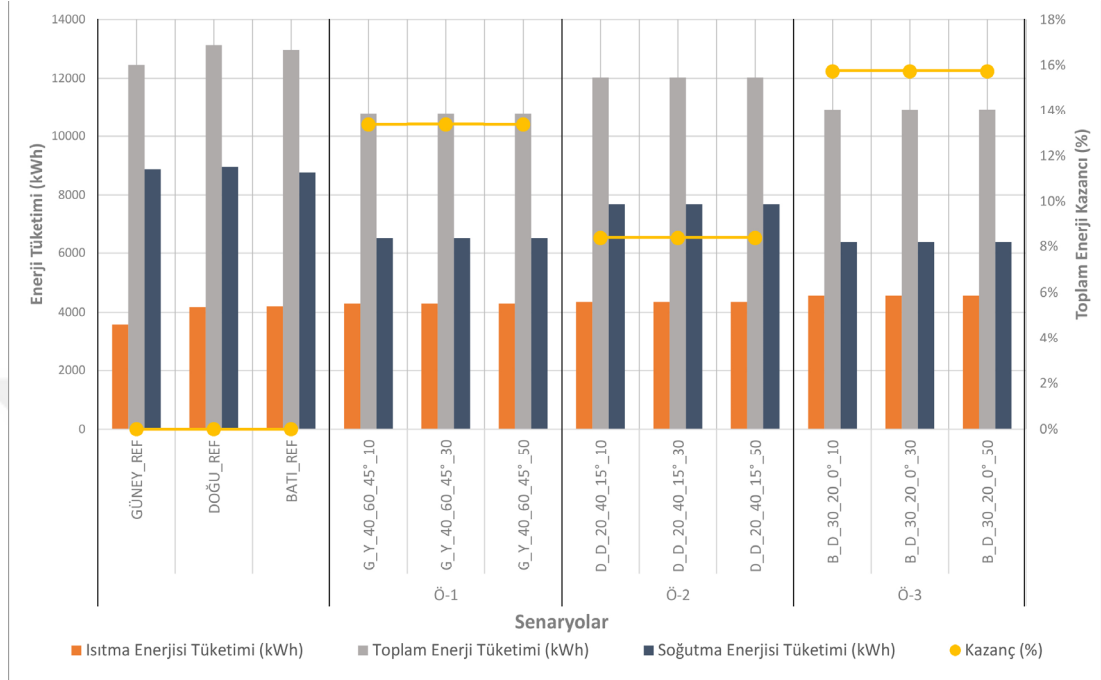
Gölgeleme elemanının yapı cephesinden uzaklığının toplam enerji tüketimine etkisinin değerlendirildiği **Tablo 4.7’**de görülen her bir örnek grubu için cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, elemanı derinliği, eleman aralığı ve eleman açısı kontrol değişkeni durumundadır. Sadece gölgeleme elemanının yapı cephesinden uzaklığı bağımsız değişkendir. Yapı cephesinden uzaklığı değişkeninin değerleri ise 10cm, 30cm ve 50cm’dir.

Tablo 4.7: Bulgular: ‘Yapı Cephesinden Uzaklığı’ değerlendirme örneklem grupları.

	SENARYO KODU	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
	GÜNEY_REF	3584,64	8873,81	12458,45	0%
	DOĞU_REF	4170,81	8953,05	13123,86	0%
	BATI_REF	4202,79	8762,88	12965,67	0%
Ö-1	G_Y_40_60_45°_10	4291,88	6501,66	10793,54	13,364%
	G_Y_40_60_45°_30	4291,59	6502,11	10793,7	13,362%
	G_Y_40_60_45°_50	4290,83	6503,02	10793,85	13,361%
Ö-2	D_D_20_40_15°_10	4340,08	7686,42	12026,5	8,362%
	D_D_20_40_15°_30	4340,84	7685,88	12026,72	8,360%
	D_D_20_40_15°_50	4340,77	7686,25	12027,02	8,358%
Ö-3	B_D_30_20_0°_10	4559,09	6366,69	10925,78	15,733%
	B_D_30_20_0°_30	4559,56	6366,26	10925,82	15,733%
	B_D_30_20_0°_50	4559,22	6367,09	10926,31	15,729%

Verilen örnekler incelendiğinde ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerindeki artış ve azalışların herhangi bir düzeni olmamakla birlikte aralarındaki farklar 0,1 kWh ile 0,8 kWh arasında değişmektedir. Toplam enerji tüketimleri arasındaki farklara bakıldığında ise 0,1 kWh ile 0,5 kWh arasında olduğu görülmektedir. Sonuç olarak

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi elemanların yapı cephesinden uzaklığı değişkeninin ele alınan değerleri kapsamında ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimine etkisinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6: ‘Yapı Cephesinden Uzaklığı’ örneklem gruplarına dair bulguların değerlendirilmesi.

Tablo 4.8’de güney cephe için, Tablo 4.9’da doğu cephe için ve Tablo 4.10’da batı cephe için ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi değerlerinin en iyi performans gösteren 9 senaryosu görülmektedir. Tablolarda simülasyonların ve referans senaryonun ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri incelenerek referans senaryoya göre sağladıkları kazanç (%) değerleri gösterilmiştir. Tablolar incelendiğinde tüm cepheler için ısıtma enerjisi kazanç değeri negatiftir yani enerji kaybı oluşmaktadır. Bunun sebebi ise cephede herhangi bir gölgeleme elemanı olmadığında pasif ısı kazancının daha fazla olması ve buna bağlı ısıtma enerjisi tüketiminin daha düşük olmasıdır. Isıtma enerjisi tüketiminde kazanç sağlanamadığı için en az kayıp sağlayan senaryolar listelenmiştir.

Her cephe için ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi açısından en etkin 9 senaryo incelendiğinde cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, eleman derinliği, eleman aralığı ve eleman açısı değişkenlerinin aynı olup yapı cephesinden uzaklık değişkeninin

değiştirdiği senaryoların bulunduğu görülmektedir. Bunun sebebi yapı cephesinden uzaklık değişkeni değerlerinin enerji tüketimine etkisinin çok düşük seviyede olmasıdır. Tablolarda tek değişkeninin değiştiği senaryo grupları gri/beyaz taramalar aracılığıyla ifade edilmiştir.

Tablo 4.8: Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 9 gölgeleme elemanı senaryosuna ait enerji tüketim kazanç değerleri (güney cephe)

	ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		SOĞUTMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	G_Y_20_80_0°_10	-2,1%	G_Y_40_20_45°_10	39,6%	G_Y_40_20_45°_10	19,1%
2	G_Y_20_80_0°_50	-2,1%	G_Y_40_20_45°_30	39,6%	G_Y_40_20_45°_30	19,1%
3	G_Y_20_80_0°_30	-2,1%	G_Y_40_20_45°_50	39,6%	G_Y_40_20_45°_50	19,1%
4	G_D_20_80_0°_10	-2,1%	G_D_40_20_45°_10	38,3%	G_D_40_20_45°_10	18,9%
5	G_D_20_80_0°_50	-2,1%	G_D_40_20_45°_30	38,2%	G_D_40_20_45°_30	18,9%
6	G_D_20_80_0°_30	-2,1%	G_D_40_20_45°_50	38,2%	G_D_40_20_45°_50	18,9%
7	G_D_20_80_15°_10	-3,1%	G_Y_30_20_45°_10	37,0%	G_Y_30_20_45°_10	17,8%
8	G_D_20_80_15°_50	-3,1%	G_Y_30_20_45°_30	37,0%	G_Y_30_20_45°_30	17,8%
9	G_D_20_80_15°_30	-3,1%	G_Y_30_20_45°_50	37,0%	G_Y_30_20_45°_50	17,8%

Tablo 4.9: Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 9 gölgeleme elemanı senaryosuna ait enerji tüketim kazanç değerleri (doğu cephe)

	ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		SOĞUTMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	KAZANÇ (%)	KAZANÇ (%)
1	D_D_20_80_0°_10	-0,7%	D_D_40_20_45°_10	39,8%	D_D_40_20_45°_10	22,4%
2	D_D_20_80_0°_30	-0,7%	D_D_40_20_45°_30	39,8%	D_D_40_20_45°_30	22,4%
3	D_D_20_80_0°_50	-0,7%	D_D_40_20_45°_50	39,8%	D_D_40_20_45°_50	22,4%
4	D_Y_20_80_30°_10	-0,8%	D_D_30_20_45°_10	37,1%	D_D_30_20_45°_10	20,9%
5	D_Y_20_80_30°_50	-0,8%	D_D_30_20_45°_30	37,1%	D_D_30_20_45°_30	20,9%
6	D_Y_20_80_30°_30	-0,8%	D_D_30_20_45°_50	37,1%	D_D_30_20_45°_50	20,9%
7	D_Y_20_80_15°_10	-0,8%	D_D_40_20_30°_10	36,6%	D_D_40_20_30°_10	20,6%
8	D_Y_20_80_15°_50	-0,9%	D_D_40_20_30°_30	36,6%	D_D_40_20_30°_30	20,6%
9	D_Y_20_80_15°_30	-0,9%	D_D_40_20_30°_50	36,6%	D_D_40_20_30°_50	20,6%

Tablo 4.10: Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 9 gölgeleme elemanı senaryosuna ait enerji tüketim kazanç değerleri (batı cephe)

	ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		SOĞUTMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	B_D_20_80_0°_10	-0,6%	B_D_40_20_45°_10	38,7%	B_D_40_20_45°_10	21,5%
2	B_D_20_80_0°_30	-0,7%	B_D_40_20_45°_30	38,7%	B_D_40_20_45°_30	21,5%
3	B_D_20_80_0°_50	-0,7%	B_D_40_20_45°_50	38,7%	B_D_40_20_45°_50	21,5%
4	B_Y_20_80_30°_10	-0,8%	B_D_30_20_45°_10	36,0%	B_D_30_20_45°_10	20,1%
5	B_Y_20_80_30°_10	-0,8%	B_D_30_20_45°_30	36,0%	B_D_30_20_45°_30	20,1%
6	B_Y_20_80_30°_50	-0,8%	B_D_30_20_45°_50	36,0%	B_D_30_20_45°_50	20,0%
7	B_Y_20_80_15°_30	-0,8%	B_D_40_20_30°_10	35,5%	B_D_40_20_30°_10	19,8%
8	B_Y_20_80_15°_50	-0,8%	B_D_40_20_30°_30	35,5%	B_D_40_20_30°_30	19,8%
9	B_Y_20_80_15°_30	-0,8%	B_D_40_20_30°_50	35,5%	B_D_40_20_30°_50	19,8%

Elemanların yapı cephesinden uzaklığı değişkeninin ele alınan değerleri kapsamında enerji tüketimine etkisinin çok düşük olması ve enerji etkinliği açısından senaryolar sıralandığında listelerde ardışık olarak benzer senaryoların olması sebebiyle çalışmanın kapsamı daraltılarak, gölgeleme elemanının yapı cephesinden uzaklığı değişkeni için 30cm değeri sabit kabul edilerek enerji tüketim değerleri incelenmiştir.

4.2. Senaryoların Görsel Bağlantı ve Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi

Bu başlık altında öncelikle senaryoların görsel etkinlik yüzdesine bağlı olarak kapalılık durumları analiz edilmiştir. İyi bir görsel bağlantı seviyesi (en az %40) sağlamayan senaryolar kapsam dışı bırakılmıştır. Kapsam dahilinde kalan senaryoların ise ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi açısından görsel değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.2.1. Senaryoların Kapalılık Durumuna Göre Görsel Bağlantılarının Değerlendirilmesi

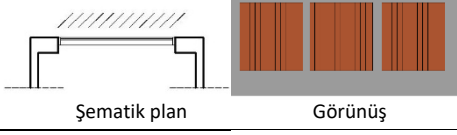
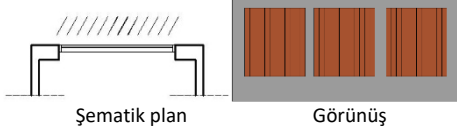
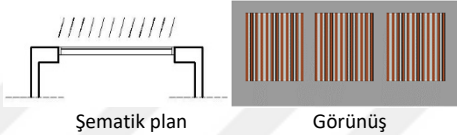
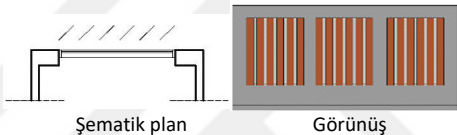
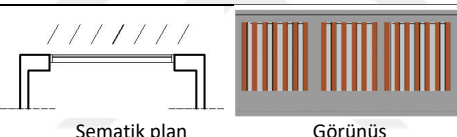
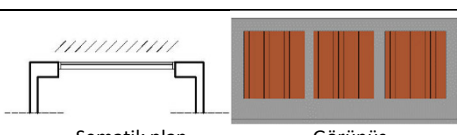
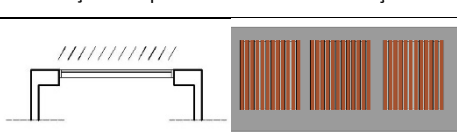
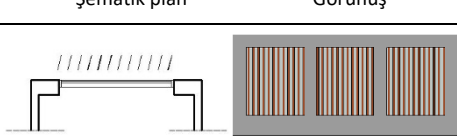
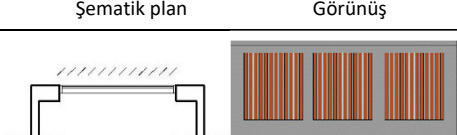
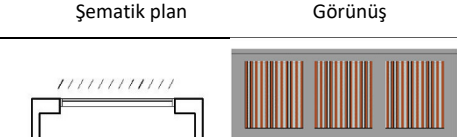
Çalışma kapsamında incelenen bağımsız değişkenler cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, eleman derinliği, eleman aralığı, açısı ve gölgeleme elemanlarının yapı cephesinden uzaklığıdır. Cephe yönü ve yapı cephesinden uzaklığı kapanma oranını değiştirmemektedir. Bu sebeple yatay ve dikey gölgeleme elemanları için ayrı ayrı eleman derinliği, eleman aralığı ve eleman açısı değerleri ele alınmıştır. Gölgeleme

elemanının cepheden uzaklığı ise 30cm kabul edilerek çalışılmıştır. Değerlendirmeye alınan ve ‘4.1. Bağımsız Değişkenlerin Toplam Enerji Tüketimine Etkisinin Değerlendirilmesi’ başlığında analiz edilen 3 bağımsız değişkenden eleman derinliği ve eleman açısı en fazla, eleman aralığının en az olduğu senaryolar kapanma oranı en yüksek senaryolardır. Bu senaryolar modellenerek kapalılık oranları ve görsel etkinlik yüzdeleri değerlendirilmiştir.

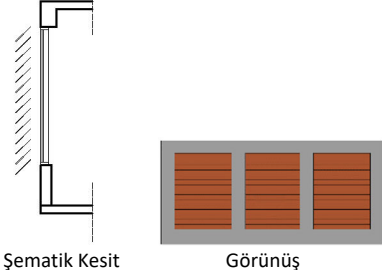
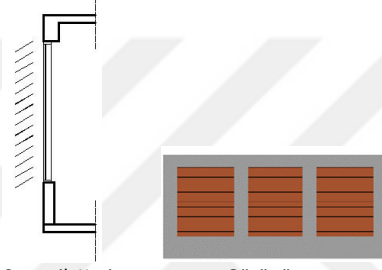
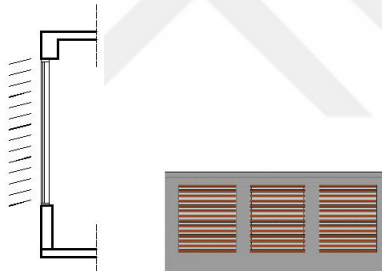
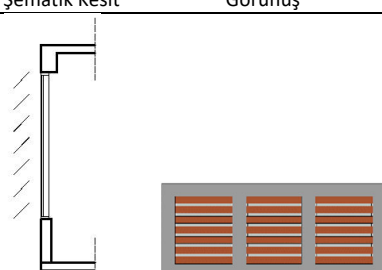
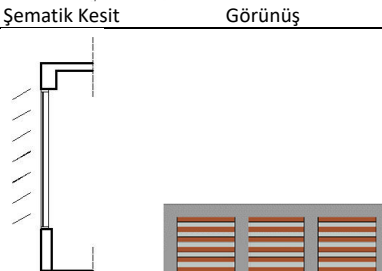
Görsel etkinlik yüzdesine bağlı değerlendirme sonuçları; %0-19 arası olan senaryolar ‘çok zayıf görsel bağlantı’, %20-39 arası olan senaryolar ‘zayıf görsel bağlantı’ ve %40 ve daha fazla olan senaryolar ‘görsel bağlantı iyi’ şeklinde 3 grupta açıklanmıştır [Kalemci,2005; Uslusoy Şenyurt,2018]. ‘Çok zayıf’ ve ‘zayıf görsel bağlantı’ senaryolarında bağımsız değişkenler bir alt veya bir üst değeri ile değiştirilerek değerlendirilmeye devam edilmiştir. ‘Görsel bağlantı iyi’ sonucuna ulaşana kadar süreç aynı şekilde tekrarlanmıştır. **Tablo 4.11**’de dikey gölgeleme elemanları ve **Tablo 4.12**’de yatay gölgeleme elemanları için denenen değişkenler ve değerleri görülmektedir. Ayrıca senaryoların şematik plan/kesitleri, görünüşleri, görsel etkinlik yüzdeleri ve durum değerlendirmeleri bulunmaktadır. Tablolarda yatay ve dikey gölgeleme elemanlarının kapalılık ve görsel ilişki durumları paralellik göstermektedir. Yapılan tüm hesaplar için kullanılan çizimler ve ölçülendirmeler Ek-’de verilmiştir.

Söz konusu tablolarda ‘Çok zayıf görsel bağlantı’ ve ‘zayıf görsel bağlantı’ sonucuna ulaşan senaryoların **Tablo 4.8**, **Tablo 4.9** ve **Tablo 4.10** ile karşılaştırıldığında özellikle soğutma enerjisi tüketimi ve toplam enerji tüketimi değerleri ile örtüştüğü görülmektedir. Sonuç olarak enerji tüketimi açısından olumlu sonuç sağlayan senaryoların görsel ilişki açısından olumlu sonuçlar sağlayamadığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlarda görsel bağlantının da sağlanmış olabilmesi için **Tablo 4.11** ve **Tablo 4.12**’de iyi görsel bağlantı sağlayamayan senaryolar gri tarama ile belirtilerek kapsam dışı bırakılmıştır.

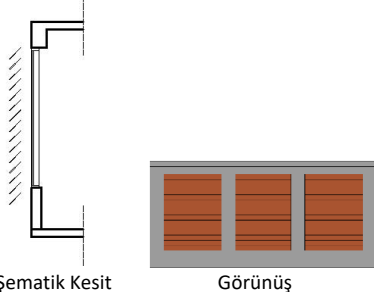
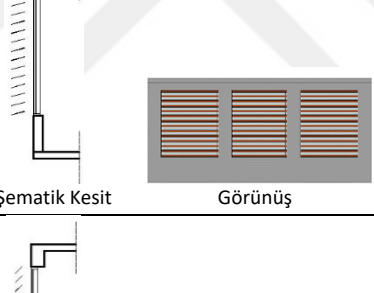
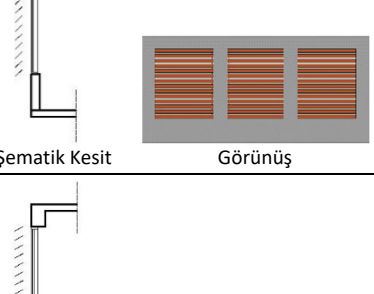
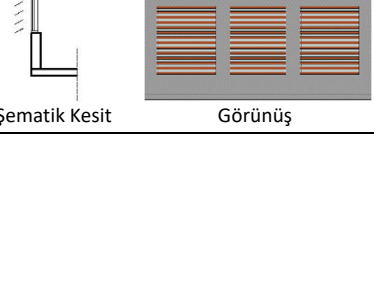
Tablo 4.11: Dikey gölgeleme elemanları için görsel bağlantı ilişkilerinin değerlendirilmesi

Yön	Tür	Derinlik	Aralık	Açı	Cepheden Uzaklık	Görsel Bağlantı için Şematik plan/kesit ve renklendirilmiş görünüş	Görsel Etkinlik Yüzdesi	Durum Analizi
Güney – Doğu - Batı	Dikey	40cm	20cm	45°	30cm	 Şematik plan Görünüş	%0	Çok zayıf görsel bağlantı
		40cm	20cm	30°		 Şematik plan Görünüş	%0	Çok zayıf görsel bağlantı
		40cm	20cm	15°		 Şematik plan Görünüş	%43	Görsel bağlantı iyi
		40cm	40cm	45°		 Şematik plan Görünüş	%26	Zayıf görsel bağlantı
		40cm	40cm	30°		 Şematik plan Görünüş	%47	Görsel bağlantı iyi
		30cm	20cm	45°		 Şematik plan Görünüş	%0	Çok zayıf görsel bağlantı
		30cm	20cm	30°		 Şematik plan Görünüş	%20	Zayıf görsel bağlantı
		30cm	20cm	15°		 Şematik plan Görünüş	%56	Görsel bağlantı iyi
		20cm	20cm	45°		 Şematik plan Görünüş	%24	Zayıf görsel bağlantı
		20cm	20cm	30°		 Şematik plan Görünüş	%45	Görsel bağlantı iyi

Tablo 4.12: Yatay gölgeleme elemanları için görsel bağlantı ilişkilerinin değerlendirilmesi

Yön	Tür	Derinlik	Aralık	Açı	Cepheden Uzaklık	Görsel Bağlantı için Şematik plan/kesit ve renklendirilmiş görünüş	Görsel Etkinlik Yüzdesi	Durum Analizi
Güney – Doğu - Batı	Yatay	40cm	40cm	45°	30cm	 Şematik Kesit Görünüş	%0	Çok zayıf görsel bağlantı
		40cm	20cm	30°		 Şematik Kesit Görünüş	%0	Çok zayıf görsel bağlantı
		40cm	20cm	15°		 Şematik Kesit Görünüş	%43	Görsel bağlantı iyi
		40cm	40cm	45°		 Şematik Kesit Görünüş	%26	Zayıf görsel bağlantı
		40cm	40cm	30°	30cm	 Şematik Kesit Görünüş	%47	Görsel bağlantı iyi
		40cm	20cm	45°		 Şematik Kesit Görünüş	%47	Görsel bağlantı iyi
		40cm	20cm	30°		 Şematik Kesit Görünüş	%47	Görsel bağlantı iyi
		40cm	40cm	15°		Şematik Kesit Görünüş	%43	Görsel bağlantı iyi

Tablo 4.12: Yatay gölgeleme elemanları için görsel bağlantı ilişkilerinin değerlendirilmesi(devam).

Yön	Tür	Derinlik	Aralık	Açı	Cepheden Uzaklık	Görsel Bağlantı için Şematik plan/kesit ve renklendirilmiş görünüş	Görsel Etkinlik Yüzdesi	Durum Analizi
		30cm	20cm	45°		 Şematik Kesit Görünüş	%0	Çok zayıf görsel bağlantı
		30cm	20cm	30°		 Şematik Kesit Görünüş	%20	Zayıf görsel bağlantı
		30cm	20cm	15°		 Şematik Kesit Görünüş	%56	Görsel bağlantı iyi
		20cm	20cm	45°		 Şematik Kesit Görünüş	%24	Zayıf görsel bağlantı
		20cm	20cm	30°		 Şematik Kesit Görünüş	%45	Görsel bağlantı iyi

4.2.2. Isıtma Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi

Yapı cephesinden uzaklık değişkeninde yapılan kabul ve zayıf görsel bağlantı senaryolarının kapsam dışı bırakılmasıyla elde edilen veriler içinde 3 farklı cephe yönü için ısıtma enerjisi tüketiminde en iyi performansı sağlayan 15 senaryo **Tablo 4.13**'te görülmektedir. Güney yönelimli cephe için 15 senaryonun 10 tanesi dikey, 5 tanesi yatay gölgeleme elemanıdır (gri tarama ile belirtilmiştir). Doğu ve batı yönelimli cephelerde ise 10 tanesi yatay, 5 tanesi dikey gölgeleme elemanıdır (gri tarama ile belirtilmiştir). Güney cephede yatay elemanların daha etkin sonuçlar ortaya koyması beklenirken ısıtma enerjisi tüketiminde dikey gölgeleme elemanlarının ağırlıkta olmasının ve doğu/batı cephelerde dikey gölgeleme elemanlarının daha etkin sonuçlar ortaya koyması beklenirken yatay gölgeleme elemanlarının ağırlıkta olmasının sebebi; ısıtma enerjisi tüketiminin güneş ışınlarının iç mekana ulaşma seviyesi ile ters orantılı olmasıdır. Yani ısıtma enerjisi tüketiminin düşük olması için yapı cephesinin güneşten korunma seviyesinin de düşük olması gerekmektedir. Dikey gölgeleme elemanları güney cephede, yatay gölgeleme elemanları ise doğu/batı cephelerde yeterli korumayı sağlayamadığı için ısıtma enerjisi tüketiminde daha iyi performans göstermiştir. Güney cephede yatay gölgeleme elemanları ve doğu/batı cephelerde dikey gölgeleme elemanlarından oluşan senaryolar da ısıtma enerjisi etkin durumda olabilmektedir. **Tablo 4.13**'te güney cephede yatay gölgeleme elemanları ve doğu/batı cephelerde dikey gölgeleme elemanlarının da yeterli korumayı sağlayamayıp ısıtma enerjisi tüketiminde iyi performans gösterdiği görülmektedir. Bu senaryolar incelendiğinde gölgeleme elemanlarının eleman derinliğinin ve açısının düşük; eleman aralığının ise yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Bu durum kapalılık oranını düşürdüğü için güneş ışınları iç mekana ulaşarak pasif ısı kazanımını arttırmakta ve ısıtma enerjisi tüketimini azaltmaktadır.

Tablo 4.13: Isıtma enerjisi tüketimi en etkin 15 senaryo.

	GÜNEY CEPHE		DOĞU CEPHE		BATI CEPHE	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	G_Y_20_80_0°_30	-2,1%	D_D_20_80_0°_30	-0,7%	B_D_20_80_0°_30	-0,7%
2	G_D_20_80_0°_30	-2,1%	D_Y_20_80_30°_30	-0,8%	B_Y_20_80_30°_30	-0,8%
3	G_D_20_80_15°_30	-3,1%	D_Y_20_80_15°_30	-0,9%	B_Y_20_80_15°_30	-0,8%
4	G_Y_20_60_0°_30	-3,5%	D_Y_20_80_45°_30	-1,1%	B_Y_20_80_0°_30	-1,0%
5	G_D_20_60_0°_30	-3,5%	D_Y_20_80_0°_30	-1,1%	B_Y_20_80_45°_30	-1,0%
6	G_Y_20_80_15°_30	-3,7%	D_D_20_80_15°_30	-1,4%	B_D_20_80_15°_30	-1,3%
7	G_D_30_80_0°_30	-3,8%	D_D_20_60_0°_30	-1,4%	B_D_20_60_0°_30	-1,4%
8	G_Y_30_80_0°_30	-3,9%	D_Y_20_60_30°_30	-1,7%	B_D_30_80_0°_30	-1,6%
9	G_D_20_80_30°_30	-4,1%	D_D_30_80_0°_30	-1,7%	B_Y_20_60_30°_30	-1,6%
10	G_D_20_60_15°_30	-4,7%	D_Y_20_60_15°_30	-1,7%	B_Y_20_60_15°_30	-1,6%
11	G_D_20_80_45°_30	-5,1%	D_Y_30_80_30°_30	-1,8%	B_Y_30_80_30°_30	-1,8%
12	G_Y_20_80_30°_30	-5,2%	D_Y_30_80_15°_30	-1,8%	B_Y_30_80_15°_30	-1,8%
13	G_D_30_80_15°_30	-5,2%	D_Y_20_60_0°_30	-1,9%	B_Y_20_60_0°_30	-1,8%
14	G_D_40_80_0°_30	-5,3%	D_Y_20_60_45°_30	-2,0%	B_Y_20_60_45°_30	-1,9%
15	G_D_30_60_0°_30	-5,6%	D_D_20_80_30°_30	-2,1%	B_D_20_80_30°_30	-2,0%

4.2.3. Soğutma Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi

Yapı cephesinden uzaklık değişkeninde yapılan kabul ve zayıf görsel bağlantı senaryolarının kapsam dışı bırakılmasıyla elde edilen veriler içinde 3 farklı cephe yönü için soğutma enerjisi tüketiminde en iyi performansı sağlayan 15 senaryo **Tablo 4.14**'te görülmektedir. Güney yönelimli cephe için 15 senaryonun 5 tanesi dikey, 10 tanesi yatay gölgeleme elemanıdır (gri tarama ile belirtilmiştir). Doğu ve batı yönelimli cephelerde ise 3 tanesi yatay, 12 tanesi dikey gölgeleme elemanıdır (gri tarama ile belirtilmiştir).

Güney cephede ağırlıklı olarak yatay gölgeleme elemanlarının olmasının sebebi güney cephede yatay gölgeleme elemanlarının daha iyi sonuç göstermesidir ancak en etkin 15 senaryo içinde bulunan dikey gölgeleme elemanı senaryolarının soğutma etkinliklerinin sebebi kapalılık oranlarıdır. Güney cephede soğutma etkin dikey gölgeleme elemanı senaryoları eleman derinlikleri eleman aralığından daha fazla ve eleman açısı değeri 0° olmayan yani açıyla birlikte cephede daha çok alan kapatan senaryolardır.

Doğu ve batı cephelerde ağırlıklı olarak dikey gölgeleme elemanlarının olmasının sebebi doğu ve batı cephelerde dikey gölgeleme elemanlarının daha iyi sonuç göstermesidir ancak en etkin 15 senaryo içinde bulunan yatay gölgeleme elemanı senaryolarının soğutma etkinliklerinin sebebi kapalılık oranlarıdır. Doğu ve batı cephelerde soğutma etkin dikey gölgeleme elemanı senaryoları eleman derinlikleri eleman aralığından daha fazla olan senaryolardır.

Tablo 4.14: Soğutma enerjisi tüketimi en etkin 15 senaryo.

	GÜNEY CEPHE		DOĞU CEPHE		BATI CEPHE	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	G_Y_40_20_15°_30	33,9%	D_D_40_20_15°_30	34,0%	B_D_40_20_15°_30	33,1%
2	G_Y_30_20_30°_30	33,4%	D_D_30_20_30°_30	33,5%	B_D_30_20_30°_30	32,5%
3	G_Y_40_20_0°_30	32,5%	D_D_40_20_0°_30	32,0%	B_D_40_20_0°_30	31,1%
4	G_D_40_20_15°_30	32,0%	D_D_30_20_15°_30	30,7%	B_D_30_20_15°_30	29,7%
5	G_D_30_20_30°_30	31,6%	D_D_20_20_30°_30	28,8%	B_D_20_20_30°_30	27,8%
6	G_Y_30_20_15°_30	30,7%	D_D_30_20_0°_30	28,2%	B_D_30_20_0°_30	27,3%
7	G_D_40_20_0°_30	29,6%	D_D_30_40_45°_30	28,0%	B_D_30_40_45°_30	26,9%
8	G_Y_30_20_0°_30	29,1%	D_D_40_40_30°_30	27,8%	B_D_40_40_30°_30	26,9%
9	G_Y_20_20_30°_30	28,9%	D_Y_40_20_0°_30	26,0%	B_Y_40_20_0°_30	26,0%
10	G_Y_30_40_45°_30	28,6%	D_D_40_60_45°_30	25,7%	B_Y_40_20_15°_30	25,1%
11	G_D_30_20_15°_30	28,6%	D_D_20_20_15°_30	25,6%	B_D_20_20_15°_30	24,5%
12	G_Y_40_40_30°_30	28,0%	D_Y_40_20_15°_30	25,3%	B_D_40_60_45°_30	24,5%
13	G_Y_40_60_45°_30	26,7%	D_Y_30_20_30°_30	24,6%	B_Y_30_20_30°_30	24,2%
14	G_D_20_20_30°_30	26,6%	D_D_40_40_15°_30	24,5%	B_D_40_40_15°_30	23,4%
15	G_Y_20_20_15°_30	26,0%	D_D_30_40_30°_30	24,0%	B_D_30_40_30°_30	22,9%

4.2.4. Toplam Enerji Tüketiminin Değerlendirilmesi

Yapı cephesinden uzaklık değişkeninde yapılan kabul (30cm sabit olarak kabul edilmiştir) ve zayıf görsel bağlantı senaryolarının kapsam dışı bırakılmasıyla elde edilen veriler içinde 3 farklı cephe yönü için toplam enerji tüketiminde en iyi performansı sağlayan 15 senaryo **Tablo 4.15**'te görülmektedir. Toplam enerji tüketim değeri aynı senaryonun ısıtma ve soğutma enerji tüketim değerinin toplanması ile elde edilmektedir. Güney yönelimli cephe için 15 senaryonun 6 tanesi dikey, 9 tanesi yatay gölgeleme elemanıdır (gri tarama ile belirtilmiştir). Doğu ve batı yönelimli cephelerde

ise 3 tanesi yatay, 12 tanesi dikey gölgeleme elemanıdır (gri tarama ile belirtilmiştir). Tüm cepheler için toplam enerji tüketim değeri en iyi sonuç veren 15 senaryo içinde eleman derinliği genellikle 30cm ile 40cm arasında değişirken 2 senaryoda 20cm değeri görülmektedir. Eleman derinliği 20cm olan senaryolar incelendiğinde ise gölgeleme eleman aralığı ve açısı ile birlikte değerlendirildiğinde kapalılık oranı yüksektir. Kapalılık oranının yüksekliği ısıtma enerjisine göre soğutma enerjisi tüketiminde daha etkindir. Toplam enerji tüketiminde etkin sonuç göstermesi toplam enerji tüketiminde soğutma enerjisinin ısıtma enerjisi tüketimine göre daha fazla etkisi olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.15: Toplam enerji tüketiminde en etkin 15 senaryo.

	GÜNEY CEPHE		DOĞU CEPHE		BATI CEPHE	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	G_Y_40_20_0°_30	16,5%	D_D_40_20_15°_30	19,3%	B_D_40_20_15°_30	18,6%
2	G_Y_40_20_15°_30	16,4%	D_D_30_20_30°_30	19,0%	B_D_30_20_30°_30	18,2%
3	G_D_40_20_15°_30	16,0%	D_D_40_20_0°_30	18,5%	B_D_40_20_0°_30	17,8%
4	G_Y_30_20_30°_30	16,0%	D_D_30_20_15°_30	17,6%	B_D_30_20_15°_30	16,8%
5	G_D_30_20_30°_30	15,7%	D_D_20_20_30°_30	16,4%	B_D_30_20_0°_30	15,7%
6	G_D_40_20_0°_30	15,3%	D_D_30_20_0°_30	16,4%	B_D_20_20_30°_30	15,7%
7	G_Y_30_20_0°_30	15,2%	D_D_40_60_45°_30	16,3%	B_D_40_40_30°_30	15,2%
8	G_Y_30_20_15°_30	14,9%	D_D_30_40_45°_30	16,0%	B_D_30_40_45°_30	15,2%
9	G_D_30_20_15°_30	14,4%	D_D_40_40_30°_30	15,9%	B_Y_40_20_0°_30	14,3%
10	G_Y_30_40_45°_30	14,1%	D_D_20_20_15°_30	14,8%	B_D_20_20_15°_30	14,0%
11	G_Y_20_20_30°_30	14,0%	D_Y_40_20_0°_30	14,3%	B_D_40_60_45°_30	13,9%
12	G_Y_40_40_30°_30	13,5%	D_D_40_40_15°_30	14,3%	B_Y_40_20_15°_30	13,7%
13	G_D_30_20_0°_30	13,4%	D_Y_40_20_15°_30	14,0%	B_Y_30_20_30°_30	13,5%
14	G_D_20_20_30°_30	13,4%	D_D_30_40_30°_30	13,9%	B_D_40_40_15°_30	13,4%
15	G_Y_40_60_45°_30	13,4%	D_Y_30_20_30°_30	13,9%	B_D_30_40_30°_30	13,0%

Tablo 4.16'da güney, doğu ve batı cepheler için ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketiminde en etkin 15 senaryo birlikte gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde ısıtma etkin senaryolar ile soğutma etkin senaryoların birbirinden farklı olduğu toplam enerji tüketimi senaryolarının ise ağırlıklı olarak soğutma enerjisi etkin senaryolar ile paralellik gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.16: Farklı cephe yönelimlerinde ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri için en etkin 15 senaryo.

GÜNEY CEPHE						
	ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		SOĞUTMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	G_Y_20_80_0°_30	-2,1%	G_Y_40_20_15°_30	33,9%	G_Y_40_20_0°_30	16,5%
2	G_D_20_80_0°_30	-2,1%	G_Y_30_20_30°_30	33,4%	G_Y_40_20_15°_30	16,4%
3	G_D_20_80_15°_30	-3,1%	G_Y_40_20_0°_30	32,5%	G_D_40_20_15°_30	16,0%
4	G_Y_20_60_0°_30	-3,5%	G_D_40_20_15°_30	32,0%	G_Y_30_20_30°_30	16,0%
5	G_D_20_60_0°_30	-3,5%	G_D_30_20_30°_30	31,6%	G_D_30_20_30°_30	15,7%
6	G_Y_20_80_15°_30	-3,7%	G_Y_30_20_15°_30	30,7%	G_D_40_20_0°_30	15,3%
7	G_D_30_80_0°_30	-3,8%	G_D_40_20_0°_30	29,6%	G_Y_30_20_0°_30	15,2%
8	G_Y_30_80_0°_30	-3,9%	G_Y_30_20_0°_30	29,1%	G_Y_30_20_15°_30	14,9%
9	G_D_20_80_30°_30	-4,1%	G_Y_20_20_30°_30	28,9%	G_D_30_20_15°_30	14,4%
10	G_D_20_60_15°_30	-4,7%	G_Y_30_40_45°_30	28,6%	G_Y_30_40_45°_30	14,1%
11	G_D_20_80_45°_30	-5,1%	G_D_30_20_15°_30	28,6%	G_Y_20_20_30°_30	14,0%
12	G_Y_20_80_30°_30	-5,2%	G_Y_40_40_30°_30	28,0%	G_Y_40_40_30°_30	13,5%
13	G_D_30_80_15°_30	-5,2%	G_Y_40_60_45°_30	26,7%	G_D_30_20_0°_30	13,4%
14	G_D_40_80_0°_30	-5,3%	G_D_20_20_30°_30	26,6%	G_D_20_20_30°_30	13,4%
15	G_D_30_60_0°_30	-5,6%	G_Y_20_20_15°_30	26,0%	G_Y_40_60_45°_30	13,4%
DOĞU CEPHE						
	ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		SOĞUTMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	D_D_20_80_0°_30	-0,7%	D_D_40_20_15°_30	34,0%	D_D_40_20_15°_30	19,3%
2	D_Y_20_80_30°_30	-0,8%	D_D_30_20_30°_30	33,5%	D_D_30_20_30°_30	19,0%
3	D_Y_20_80_15°_30	-0,9%	D_D_40_20_0°_30	32,0%	D_D_40_20_0°_30	18,5%
4	D_Y_20_80_45°_30	-1,1%	D_D_30_20_15°_30	30,7%	D_D_30_20_15°_30	17,6%
5	D_Y_20_80_0°_30	-1,1%	D_D_20_20_30°_30	28,8%	D_D_20_20_30°_30	16,4%
6	D_D_20_80_15°_30	-1,4%	D_D_30_20_0°_30	28,2%	D_D_30_20_0°_30	16,4%
7	D_D_20_60_0°_30	-1,4%	D_D_30_40_45°_30	28,0%	D_D_40_60_45°_30	16,3%
8	D_Y_20_60_30°_30	-1,7%	D_D_40_40_30°_30	27,8%	D_D_30_40_45°_30	16,0%
9	D_D_30_80_0°_30	-1,7%	D_Y_40_20_0°_30	26,0%	D_D_40_40_30°_30	15,9%
10	D_Y_20_60_15°_30	-1,7%	D_D_40_60_45°_30	25,7%	D_D_20_20_15°_30	14,8%
11	D_Y_30_80_30°_30	-1,8%	D_D_20_20_15°_30	25,6%	D_Y_40_20_0°_30	14,3%
12	D_Y_30_80_15°_30	-1,8%	D_Y_40_20_15°_30	25,3%	D_D_40_40_15°_30	14,3%
13	D_Y_20_60_0°_30	-1,9%	D_Y_30_20_30°_30	24,6%	D_Y_40_20_15°_30	14,0%
14	D_Y_20_60_45°_30	-2,0%	D_D_40_40_15°_30	24,5%	D_D_30_40_30°_30	13,9%
15	D_D_20_80_30°_30	-2,1%	D_D_30_40_30°_30	24,0%	D_Y_30_20_30°_30	13,9%

Tablo 4.16: Farklı cephe yönelimlerinde ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri için en etkin 15 senaryo (devam).

BATI CEPHE						
	ISITMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		SOĞUTMA ENERJİSİ TÜKETİMİ		TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	
	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)	SENARYO KODU	KAZANÇ (%)
1	B_D_20_80_0°_30	-0,7%	B_D_40_20_15°_30	33,1%	B_D_40_20_15°_30	18,6%
2	B_Y_20_80_30°_30	-0,8%	B_D_30_20_30°_30	32,5%	B_D_30_20_30°_30	18,2%
3	B_Y_20_80_15°_30	-0,8%	B_D_40_20_0°_30	31,1%	B_D_40_20_0°_30	17,8%
4	B_Y_20_80_0°_30	-1,0%	B_D_30_20_15°_30	29,7%	B_D_30_20_15°_30	16,8%
5	B_Y_20_80_45°_30	-1,0%	B_D_20_20_30°_30	27,8%	B_D_30_20_0°_30	15,7%
6	B_D_20_80_15°_30	-1,3%	B_D_30_20_0°_30	27,3%	B_D_20_20_30°_30	15,7%
7	B_D_20_60_0°_30	-1,4%	B_D_30_40_45°_30	26,9%	B_D_40_40_30°_30	15,2%
8	B_D_30_80_0°_30	-1,6%	B_D_40_40_30°_30	26,9%	B_D_30_40_45°_30	15,2%
9	B_Y_20_60_30°_30	-1,6%	B_Y_40_20_0°_30	26,0%	B_Y_40_20_0°_30	14,3%
10	B_Y_20_60_15°_30	-1,6%	B_Y_40_20_15°_30	25,1%	B_D_20_20_15°_30	14,0%
11	B_Y_30_80_30°_30	-1,8%	B_D_20_20_15°_30	24,5%	B_D_40_60_45°_30	13,9%
12	B_Y_30_80_15°_30	-1,8%	B_D_40_60_45°_30	24,5%	B_Y_40_20_15°_30	13,7%
13	B_Y_20_60_0°_30	-1,8%	B_Y_30_20_30°_30	24,2%	B_Y_30_20_30°_30	13,5%
14	B_Y_20_60_45°_30	-1,9%	B_D_40_40_15°_30	23,4%	B_D_40_40_15°_30	13,4%
15	B_D_20_80_30°_30	-2,0%	B_D_30_40_30°_30	22,9%	B_D_30_40_30°_30	13,0%

3 cephe için de toplam enerji tüketiminde en etkin senaryoların soğutma etkin senaryolar ile paralellik göstermesi ılımlı nemli iklim bölgesi için ısıtma enerjisi tüketiminin gölgeleme elemanı tasarımı için etkisinin düşük olduğunu göstermektedir.

4.3. Senaryoların ve Enerji Tüketimlerinin İlişkisinin Göreceli Değerlendirilmesi

Çalışmanın temel amacı, çalışma kapsamında ele alınan bağımsız değişkenlerin bir araya gelişlerini ve oluşan farklı senaryoların enerji etkinliklerini birbirine göre değerlendirmektir. Çalışmanın ‘4.2. Senaryoların Görsel Bağlantı ve Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi’ başlığında ısıtma ve soğutma enerji etkin senaryoların birbirinden farklı olduğu toplam enerji tüketim etkinliğinin ise soğutma etkin senaryolar ile kısmen paralel sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple gölgeleme elemanı tasarımı yıllık toplam enerji tüketim değerlerine göre yapılmalıdır. Ayrıca ‘4.1.1. ‘Cephe Yönü’ ve ‘Gölgeleme Elemanı Türü’ Değişkenlerinin

Değerlendirilmesi' başlığında tespit edildiği gibi her cephenin enerji etkin gölgeleme elemanı tasarımı da değişkenlik göstermektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan senaryoların toplam enerji etkinlikleri incelenirken cephe yönelimlerine ve sağladıkları toplam enerji kazancına göre gruplandırılmıştır.

Kapsam dahilindeki senaryolar **Şekil 4.7**'de güney, **Şekil 4.8**'de doğu ve **Şekil 4.9**'da batı cephe olarak sınıflandırılmıştır ve senaryoların toplam enerji tüketim değerleri ile referans senaryoya göre toplam enerji kazanç değerleri görülmektedir.

Her cephe için gruplar oluşturulurken sağladıkları toplam enerji kazancı referans alınmıştır. Toplam enerji kazancı en az %6 olan senaryolardan başlanarak kazanç yüzde değerleri 2şer 2şer gruplar oluşturulmuştur. Yani en az enerji kazancı sağlayan gruptan başlayarak sıra ile 6-8%, 8-10%, 10-12%, 12-14% şeklinde gruplar oluşturulmuştur. Her gruptan en az 4 örnek olmak üzere enerji etkinlik sırasına göre her 2 senaryodan biri örnek olarak seçilmiştir. Yani 8'den az her grup için 4 örnek seçilmiştir. Ayrıca grupta 4'den az örnek olması durumunda tüm senaryolar örnek olarak seçilmiştir.

Söz konusu grafiklerde toplam enerji tüketimi arttıkça enerji kazanç değerinin düştüğünü, enerji kazancının yüzdelik gruplarında enerji tüketim kazancı azaldıkça gruptaki senaryo sayısının arttığı görülmektedir.

Şekil 4.7'de güney cephe için oluşturulan gruplar incelendiğinde en yüksek enerji kazancı grubunun 16-18% olduğu ve bu gruba 2 senaryonun dahil olduğu görülmektedir. En düşük enerji kazanç grubundan en yüksek enerji kazanç grubuna doğru sırayla incelendiğinde;

Kapsam dışı (<6%)'nda 31 senaryo,

6.grup (6-8%)'da 14 senaryo,

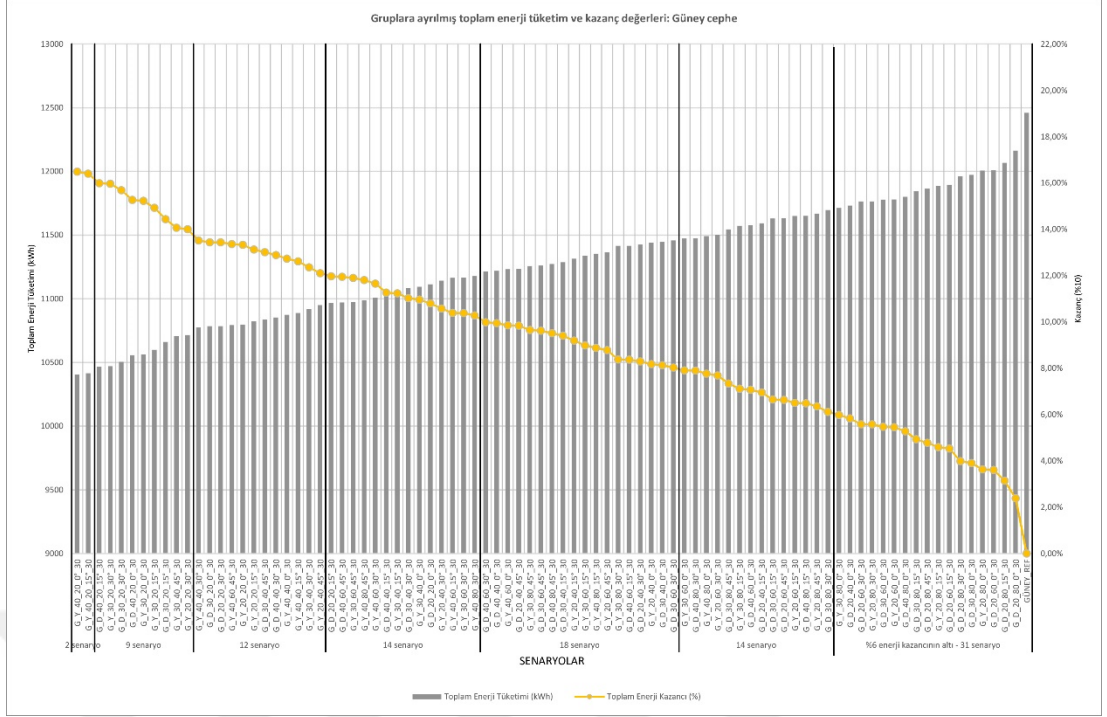
5.grup (8-10%)'da 18 senaryo,

4 grup (10-12%)'da 14 senaryo,

3. grup (12-14%)'da 12 senaryo,

2. grup (14-16%)'da 9 senaryo ve

1. grup (16-18%)'da 2 senaryo olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7: Güney cepheye ilişkin senaryo gruplarına dair toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri.

Şekil 4.8’de doğu cephe için oluşturulan gruplar incelendiğinde en yüksek enerji kazancı grubunun 18-20% olduğu ve bu gruba 3 senaryonun dahil olduğu görülmektedir. En düşük enerji kazanç grubundan en yüksek enerji kazanç grubuna doğru sırayla incelendiğinde;

Kapsam dışı (<6%)’nda 31 senaryo,

7.grup (6-8%)’da 15 senaryo,

6.grup (8-10%)’da 12 senaryo,

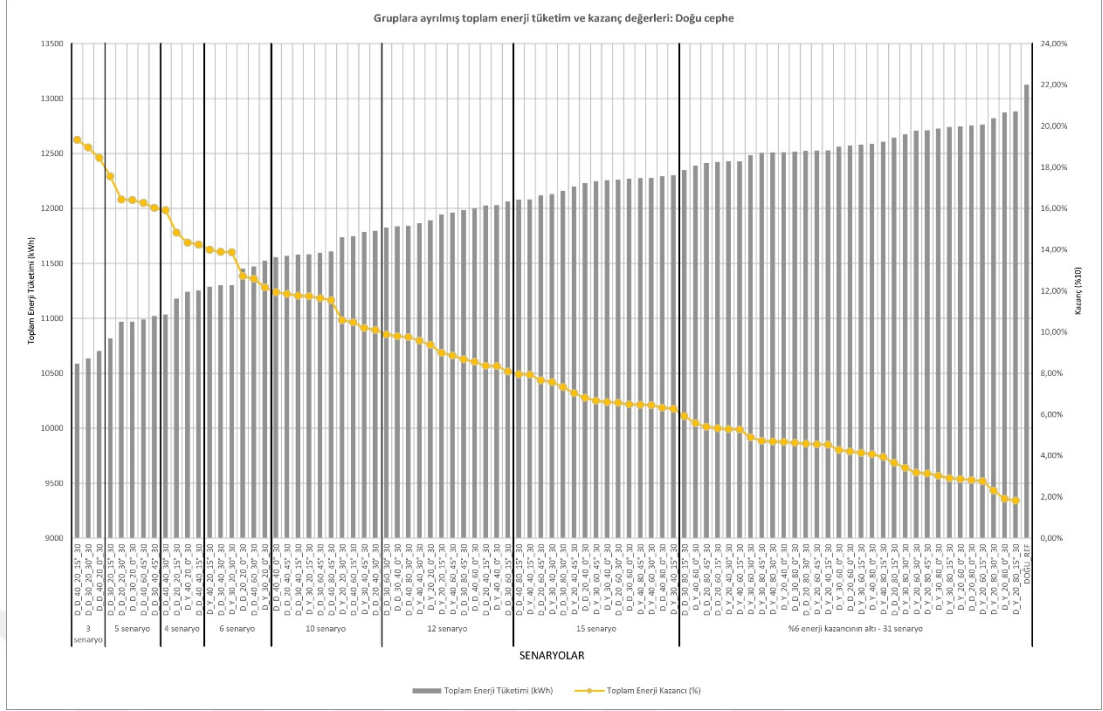
5 grup (10-12%)’da 10 senaryo,

4. grup (12-14%)’da 6 senaryo,

3. grup (14-16%)’da 4 senaryo,

2. grup (16-18%)’da 5 senaryo ve

1. grup (18-20%)’da 3 senaryo olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8: Doğü cepheye ilişkin senaryo gruplarına dair toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri.

Şekil 4.9’da batı cephe için oluşturulan gruplar incelendiğinde en yüksek enerji kazancı grubunun 18-20% olduğu ve bu gruba 2 senaryonun dahil olduğu görülmektedir. En düşük enerji kazanç grubundan en yüksek enerji kazanç grubuna doğru sırayla incelendiğinde;

Kapsam dışı (<6%)’nda 31 senaryo,

7.grup (6-8%)’da 16 senaryo,

6.grup (8-10%)’da 14 senaryo,

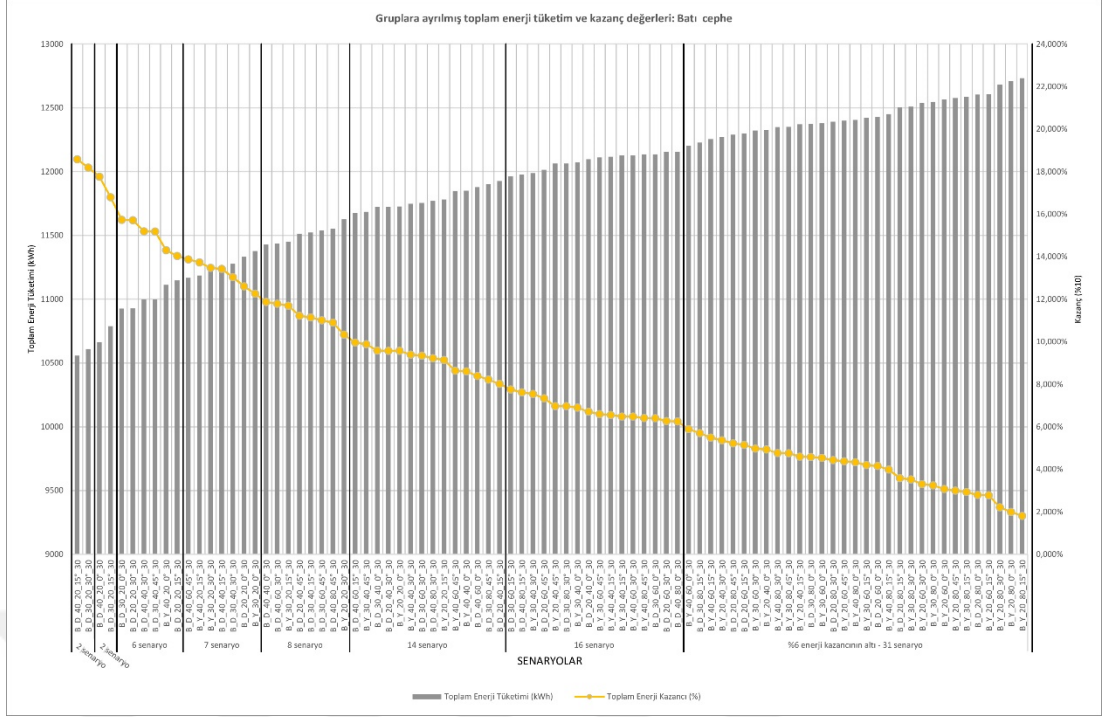
5 grup (10-12%)’da 8 senaryo,

4. grup (12-14%)’da 7 senaryo,

3. grup (14-16%)’da 6 senaryo

2. grup (16-18%)’da 2 senaryo ve

1. grup (18-20%)’da 2 senaryo olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9: Batı cepheye ilişkin senaryo gruplarına dair toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri.

Tablo 4.17'de güney, **Tablo 4.18'**de doğu ve **Tablo 4.19'**da batı cephe için gruplardan seçilen örnekler görülmektedir. Tablolarda ilk sütunda kaçınıcı grup olduğu, grubun yüzdelik enerji kazanç aralıkları ve bu gruba dahil olan toplam senaryo sayısı görülmektedir. İkinci sütunda senaryo kodları, üçüncü sütunda toplam enerji tüketim değeri(kWh) ve dördüncü sütunda referans senaryoya göre enerji kazancı %(yüzde) değeri görülmektedir.

Tablo 4.17'de güney cephe için oluşturulan gruplar incelendiğinde;

- 1. gruptaki senaryolar incelendiğinde güney yönelimli 40 cm eleman derinliği ve 20 cm eleman aralığı olan senaryolar olduğu görülmektedir.
- 2. gruptaki 9 senaryodan 5 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü yatay, 2'si dikey elemanlardan oluşmaktadır. 2 dikey elemanın bağımsız değişkenlerine bakıldığında biri 40cm eleman derinliği, 20cm eleman aralığı ve 15° açığa sahiptir. Diğer dikey gölgeleme elemanına bakıldığında ise eleman derinliği ve aralığı aynı yatay elemana göre eleman açısı daha yüksektir. Bu sebeplere bağlı diğer senaryolara kıyasla kapalılık oranı daha yüksek senaryolardır. Yatay gölgeleme elemanlarına bakıldığında ise 20cm ve 30cm eleman derinliğine sahip senaryolar görülmektedir.

Eleman derinliği 30cm olan senaryolarda eleman aralığı 20cm ve 40cm olarak farklılık göstermektedir. Eleman aralığı 40cm olan senaryoda eleman açısı, eleman aralığı 20cm olan senaryoya göre daha fazladır.

- 3.gruptaki 12 senaryodan 6 örnek seğıilmiştir ve bu senaryoların 4'ü yatay, 2'si dikey elemanlardan oluşmaktadır. Dikey gölgeleme elemanlarının bağımsız değışken değıerleri ve benzer değıerleri olan yatay gölgeleme elemanları incelendiğinde gölgeleme elemanı açısının daha fazla, eleman aralığı daha az veya eleman derinliğinin daha fazla olduğu görölmektedir. Yatay gölgeleme elemanlarında ise eleman derinliği 20cm, 30cm ve 40 cm olan, eleman aralığı 20cm ve 40cm olan, eleman açısı ise 0° ve 30° olan senaryolar görölmektedir. Eleman aralığının 40cm olduğu senaryolardan; eleman derinliği 40cm olan senaryonun eleman açısı, eleman derinliği 30cm olan senaryodan daha küçüktür. Eleman açısının 0° olduğu senaryolardan; eleman derinliği 40cm olan senaryonun eleman aralığı, eleman derinliği 20olan senaryodan daha büyüktür.
- 4.gruptaki 14 senaryodan 7 örnek seğıilmiştir ve bu senaryoların 4'ü yatay, 3'ü dikey elemanlardan oluşmaktadır. Bu gruptaki örnekler incelendiğinde eleman derinliği 20cm, 30cm ve 40 cm olan, eleman aralığı 20cm, 40cm, 60cm ve 80cm olan, eleman açısı ise 0°, 15°, 30° ve 45° olan örnekler olduğu görölmektedir. Bu örneklerden dikey ve yatay gölgeleme elemanı senaryoları ayrı ayrı değıerlendirilmiştir. Eleman aralığı 40cm olan senaryolardan; eleman derinliği 40cm olan dikey gölgeleme elemanı senaryosunun eleman açısı, eleman derinliği 30cm olan dikey gölgeleme elemanı senaryosunun açısından daha azdır. Aynı şekilde eleman derinliği 30cm olan yatay gölgeleme elemanı senaryosunun eleman açısı, eleman derinliği 20cm olan yatay gölgeleme elemanı senaryosunun açısından daha azdır. Eleman derinliği 30cm olan yatay gölgeleme elemanı senaryolarından eleman aralığı 60cm olan senaryonun eleman açısı, eleman aralığı 40cm olan senaryonun eleman açısından daha fazladır.
- 5.gruptaki 18 senaryodan 9 örnek seğıilmiştir ve bu senaryoların 6'sı yatay, 3'ü dikey elemanlardan oluşmaktadır. 6.gruptaki 14 senaryodan 7 örnek seğıilmiştir ve bu senaryoların 5'i yatay, 2'si dikey elemanlardan oluşmaktadır. 5 ve 6. Gruptaki örnekler incelendiğinde 2, 3 ve 4. grupta açıklandığı gibi bağımsız değışkenlerin benzer şekilde artış azalış gösterdiği görölmektedir.

Tablo 4.17: Gruplara ayrılmış toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri:Güney cephe.

GÜNEY CEPHE			
	SENARYO KODU	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (KWH)	KAZANÇ (%)
1.GRUP(16-18%) (2 SENARYO)	G_Y_40_20_0°_30	10404,9	16,5%
	G_Y_40_20_15°_30	10415,31	16,4%
2.GRUP (14-16%) (9 SENARYO)	G_D_40_20_15°_30	10466,9	16%
	G_D_30_20_30°_30	10504,26	15,7%
	G_Y_30_20_0°_30	10561,6	15,2%
	G_Y_30_40_45°_30	10705,9	14,1%
	G_Y_20_20_30°_30	10713,93	14%
3.GRUP (12-14%) (12 SENARYO)	G_Y_40_40_30°_30	10775,16	13,5%
	G_D_20_20_30°_30	10784,72	13,4%
	G_Y_20_20_0°_30	10797,98	13,3%
	G_D_30_40_45°_30	10837,03	13,0%
	G_Y_40_40_0°_30	10872,75	12,7%
	G_Y_30_40_30°_30	10918,7	12,4%
4.GRUP (10-12%) (14 SENARYO)	G_D_20_20_15°_30	10966,62	12%
	G_Y_40_80_45°_30	10987,74	11,8%
	G_D_40_40_15°_30	11055,04	11,3%
	G_D_30_40_30°_30	11085,04	11%
	G_Y_30_40_0°_30	11092,8	11%
	G_Y_20_40_30°_30	11140,97	10,6%
	G_Y_30_60_30°_30	11165,4	10,4%
5.GRUP (8-10%) (18 SENARYO)	G_D_40_60_30°_30	11214,74	10%
	G_Y_40_60_0°_30	11231,12	9,9%
	G_Y_30_80_45°_30	11255,89	9,7%
	G_D_30_40_15°_30	11287,27	9,4%
	G_Y_30_60_15°_30	11338,96	9,0%
	G_Y_40_80_15°_30	11352,3	8,9%
	G_Y_30_80_30°_30	11414,42	8,4%
	G_Y_20_40_0°_30	11439,41	8,2%
	G_D_30_60_30°_30	11457,45	8%
6.GRUP (6-8%) (14 SENARYO)	G_Y_30_60_0°_30	11473,44	7,9%
	G_Y_40_80_0°_30	11490,79	7,8%
	G_Y_30_80_15°_30	11571,99	7,1%
	G_D_20_40_15°_30	11592,16	7,0%
	G_D_30_60_15°_30	11629,97	6,6%
	G_Y_20_60_15°_30	11648,55	6,5%
	G_Y_20_80_45°_30	11666,97	6,4%

Tablo 4.18'de doğu cephe için oluşturulan gruplar incelendiğinde;

- 1. gruptaki 3 senaryodan 3'ü de örnek olarak seçilmiştir ve senaryoların tamamı dikey gölgeleme elemanlarından oluşmaktadır. 20cm eleman aralığı olan dikey gölgeleme elemanı senaryolarından; eleman derinliği 30cm olan senaryonun eleman açısının, eleman derinliği 40cm olan senaryolara göre daha fazla olduğu görölmektedir.
- 2. gruptaki 5 senaryodan 4 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların tamamı dikey gölgeleme elemanlarından oluşmaktadır. Örneklerin bağımsız değişkenleri incelendiğinde eleman derinliği 20cm, 30cm ve 40cm; eleman aralığı 20cm, 40cm ve 60cm; eleman açısı ise 0°, 30° ve 45° olan senaryolar olduğu görölmektedir. Eleman aralığı 20cm olan senaryolardan; eleman derinliği 30cm olan senaryonun eleman açısı, eleman aralığı 20cm olan senaryodan daha azdır. Eleman derinliği 30cm olan senaryolardan; eleman aralığı 40cm olan senaryonun eleman açısı, eleman derinliği 20cm olan senaryodan daha fazladır. Eleman açısı 45° olan senaryolardan ise eleman aralığı 60cm olan senaryonun eleman derinliği, eleman aralığı 40cm olan senaryodan daha fazladır.
- 3.gruptaki 4 senaryodan 4'üde örnek olarak seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü dikey, 1'i yatay elemanlardan oluşmaktadır. Yatay gölgeleme elemanı incelendiğinde eleman derinliğinin 40cm, eleman aralığının 20cm ve açısının 0° olduğu görölmektedir. Doğu cephede dikey elemanların daha etkin koruma sağlamasına rağmen aynı grupta yer alan dikey elemanlara kıyasla kapalılığı daha yüksek olduğu için yakın enerji etkinliği sağlamaktadır. Yatay elemanlar incelendiğinde ise eleman derinliği 40cm, eleman aralığı 20cm ve 40cm olan, eleman açısı ise 15° ve 30° olan senaryolar olduğu görölmektedir. Yatay gölgeleme elemanlarında eleman açısı 15° olan senaryolardan; eleman aralığı 40cm olan senaryonun eleman derinliği, eleman aralığı 20cm olan senaryonun eleman derinliğinden daha fazladır.
- 4.gruptaki 6 senaryodan 4 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü dikey, 1'i yatay elemanlardan oluşmaktadır. Yatay gölgeleme elemanı incelendiğinde eleman derinliğinin 30cm, eleman aralığının 20cm ve açısının 0° olduğu görölmektedir. Aynı grupta yer alan yatay elemanlardan eleman derinliği 30cm olan senaryo ile kıyaslandığında eleman aralığının daha az olduğu görölmektedir. Bu sebeple kapalılık oranı daha yüksektir. Doğu cephede dikey elemanların daha etkin koruma

sağlamasına rağmen aynı grupta yer alan dikey elemanlara kıyasla kapalılığı daha yüksek olduğu için yakın enerji etkinliği sağlamaktadır. Yatay gölgeleme elemanı senaryoları incelendiğinde eleman derinliği 20cm, 30 ve 40 cm olarak arttıkça eleman aralıklarının da 20cm, 40cm ve 60cm olmak üzere arttığı görülmektedir. Eleman açısı 30° olan senaryolardan eleman derinliği 40cm olan senaryonun eleman aralığı, eleman derinliği 30cm olan gölgeleme elemanının aralığından fazladır.

- 5.gruptaki 10 senaryodan 5 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü dikey, 2'si yatay elemanlardan oluşmaktadır. Yatay gölgeleme elemanları incelendiğinde eleman derinliği 20cm ve 30 cm olan senaryolar olduğu görülmektedir. Aynı grup içerisinde eleman derinliği aynı olan dikey gölgeleme elemanı senaryoları ile kıyaslandığında eleman aralığının azalarak veya eleman açısının artarak kapalılığın arttığı görülmektedir. Dikey gölgeleme elemanları incelendiğinde eleman aralığı 40cm olan senaryolardan eleman derinliği 30 cm olan senaryonun eleman açısı, eleman derinliği 20 cm olan senaryonun eleman açısından azdır. Eleman açısı 45° olan senaryolardan ise eleman derinliği 40cm olan senaryonun eleman aralığı, eleman derinliği 20cm olan senaryonun eleman aralığından fazladır.
- 6.gruptaki 12 senaryodan 6 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 4'ü dikey, 2'si yatay elemanlardan oluşmaktadır. 7.gruptaki 15 senaryodan 8 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 6'sı dikey, 2'si yatay elemanlardan oluşmaktadır. 6 ve 7. Gruptaki örnekler incelendiğinde 2, 3, 4 ve 5. grupta açıklandığı gibi bağımsız değişkenlerin benzer şekilde artış azalış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.18: Gruplara ayrılmış toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri: Doğu cephe.

DOĞU CEPHE			
	SENARYO KODU	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (KWH)	KAZANÇ (%)
1.GRUP (18-20%) (3 SENARYO)	D_D_40_20_15°_30	10586,61	19,3%
	D_D_30_20_30°_30	10635,29	19,0%
	D_D_40_20_0°_30	10701,82	18,5%
2.GRUP (16-18%) (5 SENARYO)	D_D_20_20_30°_30	10967,37	16,4%
	D_D_30_20_0°_30	10970,12	16,4%
	D_D_40_60_45°_30	10988,73	16,3%
	D_D_30_40_45°_30	11020,32	16,0%
3.GRUP (14-16%) (4 SENARYO)	D_D_40_40_30°_30	11035,03	15,9%
	D_D_20_20_15°_30	11178,36	14,8%
	D_Y_40_20_0°_30	11241,71	14,3%
	D_D_40_40_15°_30	11253,54	14,3%
4.GRUP (12-14%) (6 SENARYO)	D_D_30_40_30°_30	11300,65	13,9%
	D_D_20_20_0°_30	11455,12	12,7%
	D_D_40_60_30°_30	11472,23	12,6%
	D_Y_30_20_0°_30	11525,8	12,2%
5.GRUP (10-12%) (10 SENARYO)	D_D_20_40_45°_30	11568,32	11,9%
	D_D_30_40_15°_30	11579,72	11,8%
	D_D_40_80_45°_30	11608,3	11,5%
	D_Y_20_20_30°_30	11736,58	10,6%
	D_Y_30_40_45°_30	11784,44	10,2%
6.GRUP (8-10%) (12 SENARYO)	D_D_30_40_0°_30	11837,18	9,8%
	D_Y_40_40_30°_30	11866,69	9,6%
	D_Y_20_20_15°_30	11944,1	9,0%
	D_D_30_80_45°_30	11984,82	8,7%
	D_D_20_40_15°_30	12026,72	8,4%
	D_D_30_60_15°_30	12061,8	8,1%
7.GRUP (6-8%) (15 SENARYO)	D_D_40_80_15°_30	12079,65	8,0%
	D_D_20_60_45°_30	12118,41	7,7%
	D_D_30_80_30°_30	12161,47	7,3%
	D_D_20_40_0°_30	12230,1	6,8%
	D_Y_30_40_0°_30	12256,35	6,6%
	D_D_30_60_0°_30	12271,82	6,5%
	D_Y_40_80_45°_30	12274,34	6,5%
	D_D_40_80_0°_30	12293,02	6,3%

Tablo 4.19'da batı cephe için oluşturulan gruplar incelendiğinde;

- 1. ve 2. gruptaki 2 senaryodan 2'si de örnek olarak seçilmiştir ve senaryoların tamamı dikey gölgeleme elemanlarından oluşmaktadır. Senaryoların tamamında gölgeleme elemanı aralığı 20cm'dir. Diğer bağımsız değişkenler için gruplar kendi içinde incelendiğinde eleman derinliği 40cm olan senaryoların eleman açısı, eleman derinliği 30cm olan senaryolardan daha azdır. Ayrıca 4 senaryo birlikte incelendiğinde eleman derinliği ve aralığı aynı değerde olan senaryolardan eleman açısı az olan senaryo enerji tüketimi kazancı açısından bir alt grupta yer almaktadır.
- 3.gruptaki 6 senaryodan 4 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü dikey, 1'i yatay elemanlardan oluşmaktadır. Yatay gölgeleme elemanı aynı grupta yer alan dikey gölgeleme elemanlarına kıyas yapılarak incelendiğinde; eleman derinliğinin aynı olması durumunda eleman aralığı azalarak, eleman aralığı ve açısının aynı olması durumunda eleman derinliğinin artarak kapalılığının yatay elemanlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Eleman aralığı 20cm olan dikey gölgeleme elemanı senaryolarından; eleman derinliği 30cm olan senaryonun eleman açısı, eleman derinliği 20cm olan senaryonun eleman açısından daha azdır. Dikey gölgeleme elemanları içinde eleman derinliği 20cm, 30cm ve 40cm olarak arttığında; eleman aralığının da arttığı örneklerin yanında eleman aralığının sabit kalarak eleman açısının azaldığı örneklerde bulunmaktadır.
- 4.gruptaki 7 senaryodan 4 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü dikey, 1'i yatay elemanlardan oluşmaktadır. Yatay gölgeleme elemanı senaryosu 30cm eleman derinliği, 20cm eleman aralığı ve 30° eleman açısına sahiptir. Aynı grup içinde yer alan 30cm eleman derinliğine sahip dikey gölgeleme elemanı senaryosu ile kıyaslandığında eleman aralığı daha azdır. Buna bağlı olarak kapalılık oranı daha fazla olduğu için yakın enerji etkinliği gösterebilmektedir. Dikey gölgeleme elemanları kendi içerisinde değerlendirildiğinde eleman aralığı 20cm olan senaryolardan; eleman derinliği 20cm olan senaryonun eleman açısı, eleman derinliği 30cm olan senaryonun eleman açısından daha azdır. Ayrıca eleman derinliği 20cm, 30cm ve 40cm şeklinde arttıkça ya eleman aralığı ve açısı artmakta ya da eleman aralığı sabit kalarak eleman açısı artmaktadır.

- 5.gruptaki 8 senaryodan 4 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 3'ü dikey, 1'i yatay elemanlardan oluşmaktadır. Yatay gölgeleme elemanı senaryosu 20cm eleman derinliği, 20cm eleman aralığı ve 30° eleman açısına sahiptir. Aynı grup içinde yer alan 20cm eleman derinliğine sahip dikey gölgeleme elemanı senaryosu ile kıyaslandığında eleman aralığı daha azdır. Buna bağlı olarak kapalılık oranı daha fazla olduğu için yakın enerji etkinliği gösterebilmektedir. Dikey gölgeleme elemanları kendi içerisinde değerlendirildiğinde eleman aralığı 40cm olan senaryolardan; eleman derinliği 40cm olan senaryonun eleman açısı, eleman derinliği 20cm olan senaryonun eleman açısından daha azdır. Ayrıca eleman derinliği 20cm, 30cm ve 40cm şeklinde arttıkça ya eleman aralığı artmakta ya da eleman aralığı sabit kalarak eleman açısı artmaktadır.
- 6.gruptaki 14 senaryodan 7 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 5'i dikey, 2'si yatay elemanlardan oluşmaktadır. 7.gruptaki 16 senaryodan 8 örnek seçilmiştir ve bu senaryoların 4'ü dikey, 4'ü yatay elemanlardan oluşmaktadır. 6 ve 7. Gruptaki örnekler incelendiğinde 2, 3, 4 ve 5. grupta açıklandığı gibi bağımsız değişkenlerin benzer şekilde artış azalış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.19: Gruplara ayrılmış toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri: Batı cephe.

BATI CEPHE			
	SENARYO KODU	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (KWH)	KAZANÇ (%)
1.GRUP (18-20%) (2 SENARYO)	B_D_40_20_15°_30	10557,37	18,6%
	B_D_30_20_30°_30	10607,77	18,2%
2.GRUP (16-18%) (2 SENARYO)	B_D_40_20_0°_30	10663,1	17,8%
	B_D_30_20_15°_30	10788,24	16,8%
3.GRUP (14-16%) (6 SENARYO)	B_D_30_20_0°_30	10925,82	15,7%
	B_D_40_40_30°_30	10996,79	15,2%
	B_Y_40_20_0°_30	11111,22	14,3%
	B_D_20_20_15°_30	11146,78	14,0%
4.GRUP (12-14%) (7 SENARYO)	B_D_40_60_45°_30	11167,19	13,9%
	B_Y_30_20_30°_30	11218,31	13,5%
	B_D_30_40_30°_30	11276,03	13,0%
	B_D_20_20_0°_30	11331,49	12,6%
5.GRUP (10-12%) (8 SENARYO)	B_D_40_40_0°_30	11427,1	11,9%
	B_D_20_40_45°_30	11511,33	11,2%
	B_D_30_60_45°_30	11538,6	11,0%
	B_Y_20_20_30°_30	11625,88	10,3%
6.GRUP (8-10%) (14 SENARYO)	B_D_40_60_15°_30	11674,52	10,0%
	B_D_30_40_0°_30	11723,64	9,6%
	B_Y_20_20_0°_30	11725,23	9,6%
	B_D_30_60_30°_30	11754,52	9,3%
	B_Y_40_60_45°_30	11846,15	8,6%
	B_D_40_60_0°_30	11877,66	8,4%
	B_D_20_40_15°_30	11926,39	8,0%
7.GRUP (6-8%) (16 SENARYO)	B_D_40_80_15°_30	11978,02	7,6%
	B_Y_30_40_30°_30	11987,45	7,5%
	B_Y_20_40_45°_30	12062,44	7,0%
	B_D_20_40_0°_30	12095,64	6,7%
	B_Y_40_40_15°_30	12115,4	6,6%
	B_Y_40_60_30°_30	12125,94	6,5%
	B_D_30_60_0°_30	12135,39	6,4%
	B_D_20_60_30°_30	12153,17	6,3%

Güney, doğu ve batı cepheler için oluşturulan **Tablo 4.17**, **Tablo 4.18** ve **Tablo 4.19**'da enerji etkinliklerine göre gruplandırılmış senaryolar görülmektedir. Yüzde kazançlarına göre gruptaki eleman sayıları incelendiğinde enerji kazancı arttıkça gruptaki toplam senaryo sayılarında genel olarak azalma gözlemlenmiştir. Sayısal değişim

Tablo 4.20'de görülmektedir. Bu değişim göz önüne alındığında enerji kazancı arttıkça eleman tasarımının sınırlandığını söyleyebiliriz. 3 cephe için enerji kazancı 16% ve üzerindeki senaryolar yukarıda detaylı olarak incelenmiştir. Genellikle eleman aralıklarının 20cm ve eleman derinliklerinin 40cm olduğu kapalılık oranı diğer senaryolara oranla daha fazla olan senaryolardır. Kazanç değeri %16 ve altına indikçe senaryo sayıları ve bağımsız değişkenlerdeki farklılaşma artmaktadır.

Tablo 4.20: Gölgeleme elemanlarının gruplara sayısal dağılımı

SENARYO SAYILARI			
ENERJİ KAZANÇ GRUBU	GÜNEY	DOĞU	BATI
6-8%	14	15	16
8-10%	18	12	14
10-12%	14	10	8
12-14%	12	6	7
14-16%	9	4	6
16-18%	2	5	2
18-20%	-	3	2

Bu farklılaşmalara sahip senaryolara bakıldığında;

- Eleman derinliğinin artması durumunda eleman aralığının da arttığı ya da eleman aralığının sabit kalıp açının azaldığı,
- Eleman derinliğinin azalması durumunda eleman aralığının da azaldığı ya da eleman aralığının sabit kalıp açının arttığı,
- Eleman aralığının artması durumunda eleman derinliğinin de arttığı ya da eleman derinliğinin sabit kalarak eleman açısının arttığı,
- Eleman aralığının azalması durumunda eleman derinliğinin de azaldığı ya da eleman derinliğinin sabit kalarak eleman açısının azaldığı,

- Eleman açısının artması durumunda eleman aralığının da arttığı ya da eleman aralığının sabit kalarak eleman derinliğinin azaldığı,
- Eleman açısının azalması durumunda eleman aralığının da azaldığı ya da eleman aralığının sabit kalarak eleman derinliğinin arttığı seçenekler oluşturduğu görülmektedir.

Bağımsız değişkenlerin farklılığının artması enerji etkinliğine ek olarak görsel bağlantı, ilk yapım maliyeti, yapı cephesindeki görsel algısı gibi farklı performans kriterlerine göre seçim yapılabileceğini göstermektedir. Örneğin pencere boyutunun sabit olduğu durumlarda eleman aralığının artması eleman sayısını azaltacağı için ilk yapım maliyetini düşürebilmektedir. Bir başka örnek olarak eleman açısının aynı olduğu durumlarda eleman boyutunun artması iç ve dış mekan arasındaki görsel bağlantıyı zayıflatabilmektedir. Senaryolar içinden yakın enerji tüketim kazancı olanların önceliklere ve beklentilere göre değerlendirilmesi yapılarak uygun gölgeleme elemanı seçimi yapılabilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada birçok sektör, gerekli olan enerjiyi fosil tabanlı yenilenemez kaynaklardan sağlamaktadır. Fosil tabanlı yenilenemez enerji kaynaklarının zaman içerisinde tükenecek olması ve karbon emisyonları ile birlikte çevreye verdikleri zararlardan dolayı tüketimlerinin sınırlandırılması gerekmektedir. Bununla ilgili dünya çapında farklı politika, yönetmelik ve anlaşmalar bulunmaktadır. Ancak bu anlaşmalara, yönetmeliklere tamamen uyulması durumunda bile zaman içerisinde yeterli olmayacağını savunan organizasyonlar mevcuttur. Bu organizasyonlar fosil tabanlı yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ve kullanılan enerjinin etkin kullanımını bu soruna çözüm olarak görmektedirler.

Mimarlık disiplini yapının işlevsel çözümü ile birlikte iç mekan konfor koşullarının da sağlanmasından sorumludur. İç mekan konfor koşullarını sağlamak için çevresel faktörlere göre tasarım yapılmalıdır. Çevresel faktörlerden yararlanılarak oluşturulan sistemler pasif sistemler olarak adlandırılmaktadır. Pasif sistemler ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi mekanik sistemlere ihtiyacı azaltarak enerji tüketimini azaltmaktadır. Pasif sistemler yetersiz kaldığında ise aktif sistemlerden destek alınmalıdır. Sanayi devrimiyle beraber yüksek katlı ve büyük hacimli iç mekanlara sahip yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Yoğun şehir yapılaşmaları ve dikey mimariye bağlı olarak pasif sistemlerle tasarım yapılma oranı düşmektedir ve bu yüzden iç mekan konfor koşullarını aktif sistemlerle sağlanmaya çalışılmaktadır.

Güneş dünyanın en büyük ısı ve ışık kaynağı olmakla beraber yapı tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir çevresel faktördür. Ancak yapı içine fazla alınmasının sebep olacağı olumsuz durumlardan korunabilmek için kontrollü kullanılması gerekmektedir. Gölgeleme elemanları güneşin yapı içine ulaşımını kontrol edebilmektedir. Doğru tasarlanan gölgeleme elemanları hem güneşin zararlı etkilerinden korunma hem de ısı ve ışık denetimi sağlayarak iç mekan konfor koşullarına olumlu etki sağlamaktadır. Güneş ve dünya birbirine göre sabit değildir. Bununla birlikte dünyaya gelen güneş ışınlarının açısı yıl içinde değişkenlik göstermektedir. Hareketli gölgeleme elemanları bu açısal değişime sistemsel mekanizmaları ile uyum sağlayabilirken sabit gölgeleme elemanlarının bu

değişkenliğe göre konumlanamamaktadır. Bu sebeple enerji etkin sabit gölgeleme elemanı tasarlayabilmek için tasarım kararları oldukça önemlidir.

Bu çalışmada sabit gölgeleme elemanlarının enerji etkinliklerinin bağlı olduğu bağımsız değişkenlerin, bu değişkenlerin birbiri ile ilişkisinin ve bir araya getirilerek oluşturulan farklı senaryoların enerji etkinliğine katkısının tespitini yapmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada sırayla literatür araştırması, nicel ve nitel analiz ve simülasyon çalışması yapılmıştır. Yapılan literatür araştırması ve analizine bağlı olarak simülasyon çalışmasının girdileri tespit edilmiştir. Simülasyon çalışması için cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı ve gölgeleme elemanlarının yapı cephesinden uzaklık değişkenleri ve bu değişkenlerin kapsam dahilinde kabul edilen değerleri çaprazlanarak 864 gölgeleme elemanı senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryolar yine kapsam dahilinde belirlenen ılımlı-nemli iklim bölgesinde, 6x9m boyutlarında varsayımsal yükseköğretim dersliğine uygulanarak DesignBuilder programı aracılığı ile yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Literatür araştırması ve analizinin sonuçlarına bağlı olarak gölgeleme elemanı bağımsız değişkenleri ve kontrol değişkenleri belirlenmiştir. Bu değişkenler ve belirlenen farklı değerleri ile senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryoların DesignBuilder Simülasyon aracı ile yıllık toplam enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Ayrıca senaryoların Revit programı ile görselleştirmeleri yapılarak görsel bağlantı seviyeleri incelenmiştir. Tüm bu sonuçlar bağlamında senaryolar Microsoft Excel aracılığı ile istatistiki olarak analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

- Seçilen örneklem (Ek-A) kapsamında daha az çalışılmış olması ve ısıl-görsel konfor koşullarının yetersiz olmasının öğrenme güçlüğü, odaklanma kaybı gibi olumsuzluklara yol açması sebebiyle varsayımsal yapı işlevi ‘eğitim’ olarak belirlenmiştir.
- Gölgeleme elemanı tasarımının bağımsız değişkenleri, seçilen örneklem (Ek-A) kapsamında daha az çalışılmış olduğu için yapı cephesinden uzaklığı; çalışılma oranları yüksek olmasına rağmen birlikte çalışılma oranları düşük olduğu için cephe yönü, gölgeleme elemanı türü, eleman derinliği, eleman aralığı, eleman açısı olarak belirlenmiştir.

- Cephe yönü değişkeni için güney, doğu ve batı, eleman türü için yatay ve dikey elemanlar değişken değeri olarak belirlenmiştir. Eleman derinliği için 20cm, 30cm ve 40cm; eleman aralığı için 20cm, 40cm, 60cm ve 80cm; eleman açısı için 0°, 15°, 30° ve 45°; yapı cephesinden uzaklığı için 10cm, 30cm ve 50cm değişken değerleri olarak belirlenmiştir.

Literatür araştırması ve analizinin sonuçlarına bağlı olarak gölgeleme elemanı bağımsız değişkenleri ve kontrol değişkenleri belirlenmiştir. Bu değişkenler ve belirlenen farklı değerleri ile senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryoların DesignBuilder Simülasyon aracı ile yıllık toplam enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Ayrıca senaryoların Revit programı ile görselleştirmeleri yapılarak görsel etkinlik yüzdeleri incelenmiştir. Tüm bu sonuçlar bağlamında senaryolar Microsoft Excel aracılığı ile istatistiki olarak analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmeye göre simülasyon çalışması ile ulaşılan sonuçlar:

- Gölgeleme elemanının yapı cephesinde kapattığı alan (kapalılık) arttıkça güneş ışınlarının iç mekana ulaşma oranı azalmaktadır.
- Senaryolar için toplam enerji tüketim kazanç değerleri her bağımsız değişkenin artıp azalmasına bağlı olarak değişmektedir. Kazanç değeri birbirine yakın senaryolarda ise farklı değişkenlerin dengeli olarak arttırılıp azaltılmasıyla denge sağlanmaktadır.
- Gölgeleme elemanı derinliği arttıkça toplam enerji tüketim kazanç değeri de doğru orantılı olarak artmaktadır.
- Gölgeleme elemanı aralığı arttıkça toplam enerji tüketim kazanç değeri azalmaktadır.
- Eleman aralığındaki her bir değer artışında enerji tüketim kazanç değerindeki azalma miktarı yaklaşık yarıya inmektedir.
- Gölgeleme elemanı açısı arttıkça toplam enerji tüketim kazanç değeri de doğru orantılı olarak artmaktadır.
- Gölgeleme elemanının yapı cephesinden uzaklığı toplam enerji tüketimini çok az miktarda etkilemektedir.
- Çalışma kapsamında yapı cephesinden uzaklık değişkeni için ele alınan en alt ve en üst değerler arasında toplam enerji tüketim kazanç değerinde yaklaşık olarak 0,003-0,004% değişmektedir.

- Görsel etkinlik yüzdesinin %40'ın altında yani görsel bağlantının 'çok zayıf' veya 'zayıf' olduğu senaryolar, kapalılık oranı çok yüksek olduğu için soğutma enerjisi tüketiminde yüksek oranda kazanç sağlamaktadır.
- Toplam enerji tüketimindeki değişim eleman derinliği ve eleman açısı ile doğru orantılı eleman aralığı ile ters orantılıdır.
- Gölgeleme elemanı senaryolarının tamamı ısıtma enerji tüketim kazanç değerinde negatiftir. Bunun sebebi ise herhangi bir gölgeleme elemanı tasarımı uygulanmadığında mekanın pasif ısı kazancının daha fazla olmasıdır.
- Soğutma ve toplam enerji tüketiminde yatay gölgeleme elemanları güney cephede, dikey gölgeleme elemanları doğu ve batı cephelerde daha iyi sonuç vermektedir. Ancak güney cephede iyi sonuç veren dikey elemanlar ve doğu-batı cephelerde iyi sonuç veren yatay gölgeleme elemanları bulunabilmektedir. Bunun sebebi ise kapalılık oranının çok yüksek olmasıdır.
- Her cephe için senaryoların soğutma enerjisi tüketiminde ve toplam enerji tüketiminde ortaya koydukları performanslar paralellik göstermektedir.
- Tüm senaryo sonuçlarında ısıtma enerjisi tüketimi toplam enerji tüketiminin %30'u ile %50'si kadardır. Soğutma enerjisi tüketimi ise %50'si ile %70'i kadardır.
- Çalışma kapsamında ılımlı-nemli iklim bölgesinde ve cephesinin %50 saydamlık oranına sahip olduğu kabul edilen varsayımsal yapının toplam enerji tüketimine, ısıtma enerjisi tüketiminin etkisi soğutma enerjisi tüketiminin etkisinden düşüktür.
- Gölgeleme elemanı tasarımında toplam enerji tüketim kazancına göre en etkin senaryodan değil en etkin senaryolardan bahsetmek mümkündür. Yani toplam enerji tüketimi kazancı için en iyi 1 senaryo değil en iyi performans sağlayan senaryo grubu vardır.
- Toplam enerji tüketim kazanç değerleri birbirine yakın senaryolar eleman derinliği, eleman aralığı ve eleman açısı değişkenlerinin farklı değerlerinin bir araya gelmesiyle oluşabilmektedir.
- Toplam enerji tüketim kazanç değerleri yükseldikçe, kazanç değerini sağlayan senaryo sayısı azalmaktadır.
- Kapalılık oranı en düşük olan senaryoların eleman derinliği 20cm veya 30cm; eleman aralığı ise 60cm veya 80cm olan senaryolardır.

- Tüm cepheler için ısıtma tüketimi kazanç değeri en az olan yani ısıtma enerjisi tüketiminde en az artışa sebep olan senaryoların %47'si 20cm eleman derinliği ve 80cm eleman aralığına sahiptir. Kalan senaryoların ise eleman derinliği 20cm, eleman aralığı 60cm ya da eleman derinliği 30cm, eleman aralığı 80cm'dir.
- Isıtma enerjisi tüketiminde; güney cephede yatay, doğu ve batı cephelerde dikey olmak üzere eleman derinliği 20cm, eleman aralığı 80cm ve eleman açısı 0° olan senaryolar ısıtma enerjisi tüketiminde en etkin senaryolardır.
(G_Y_20_80_0°_30 - D_D_20_80_0°_30 - B_D_20_80_0°_30)
- Soğutma enerjisi tüketimi için tüm cephelerde eleman aralığı 20cm olan senaryolar ağırlıktadır.
- Soğutma enerjisi tüketiminde; güney cephede yatay, doğu ve batı cephelerde dikey olmak üzere eleman derinliği 40cm, eleman aralığı 20cm ve eleman açısı 15° olan senaryolar en etkin senaryolardır.
(G_Y_40_20_15°_30 - D_D_40_20_15°_30 - B_D_40_20_15°_30)
- Soğutma enerjisi tüketiminde; güney cephede yatay, doğu ve batı cephelerde dikey olmak üzere eleman derinliği 30cm, eleman aralığı 20cm ve eleman açısı 30° olan senaryolar en etkin 2. senaryolardır.
(G_Y_30_20_30°_30 - D_D_30_20_30°_30 - B_D_30_20_30°_30)
- Toplam enerji tüketiminde; güney cephede yatay, doğu ve batı cephelerde dikey olmak üzere eleman derinliği 40cm, eleman aralığı 20cm olan senaryolar en etkin senaryolardır.
(G_Y_40_20_0°_30 - D_D_40_20_15°_30 - B_D_40_20_15°_30)
- Toplam enerji tüketiminde; güney cephede yatay, eleman derinliği 40cm, eleman aralığı 20cm ve eleman açısı 15° olan senaryo en etkin 2. Senaryodur.
(G_Y_40_20_0°_30)
- Toplam enerji tüketiminde; doğu ve batı cephelerde dikey, eleman derinliği 30cm, eleman aralığı 20cm ve eleman açısı 30° olan senaryolar en etkin senaryolardır.
(D_D_30_20_30°_30 - B_D_30_20_30°_30)
- Toplam enerji tüketim kazanç grupları içinde yakın enerji kazancı sağlayan senaryolar içerisinden iç ve dış mekan görsel bağlantı seviyesi, ilk yapım maliyeti, yapı cephesi tasarımı gibi farklı performans kriterlerine göre seçim yapılabilmektedir.

Gelecek çalışmalarda dikkate alınması gereken hususlar ve neriler aşağıdaki gibidir:

- Çalışmada ılımlı-Nemli iklim bölgesi için ‘Toplam enerji tüketimi kazancı için en etkin tekil senaryo/senaryolar değıl en iyi performans sağılayan senaryo grupları vardır.’ Sonucuna ulaşılmıştır. Aynı sonuç diğıer iklim tiplerinde de geçerli olabileceğı için benzer bir çalışma diğıer iklim tiplerinde de yürütülebilir.
- Çalışmada sadece ana yönler değıerlendirilmiştir. Ara yönler de değıerlendirilebilir.
- Çalışmada gölgeleme elemanı malzeme türü ve pencere cam türü kontrol değışkeni olarak ele alınmıştır. Bu değışkenlerin etkisi de çalışılabilir.
- Çalışmada sadece ısıtma ve soğıutma enerjileri incelenmiştir. Aydınlatma ve havalandırma enerjilerinin de incelendiğı çalışmalar yapılabilir.
- Enerji kazanç gruplarındaki senaryoların ilk yapım maliyeti ve bakım onarım, görsel konfor performansı gibi farklı performans kriterlerinde de değıerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Akkuş, K., (2019), “Jean Nouvel Yapılarında Malzeme Kullanımı Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi.

Al Dakheel, J., Tabet Aoul, K., (2017), “Building Applications, Opportunities and Challenges of Active Shading Systems: A State-Of-The-Art Review”, *Energies*, 10 (10), 1672.

Al-Masrani, S. M., Al-Obaidi, K. M., Zalin, N. A., & Isma, M. A. (2018), “Design optimisation of solar shading systems for tropical office buildings: Challenges and future trends”, *Solar Energy*, 170, 849-872.

Anaç, M., (2019), “Cephe Gölgeleme Elemanlarının Isıtma Ve Soğutma Yükleri Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi.

Anderson B., (1977), “Solar Energy: Fundamentals in Building Design”, McGraw-Hill Book Co, New York.

Bahar, Z., Yalçinkaya, Ş., (2021), “Bir Tasarım Ögesi Olarak Gün Işığı: Jean Nouvel”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9, 1724-1738.

Başaran, Ö., (2015), “Kinetik Gölgeleme Elemanları Entegre Edilmiş Bir Binanın Enerji Etkinliğinin Arttırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.

Bayram, G., (2015), “A Proposal For A Retrofitting Model For Educational Buildings In Terms Of Energy Efficient Lighting Criteria”, Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Bellia, L., De Falco, F., Minichiello, F., (2013), “Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates”, *Applied Thermal Engineering*, 54(1), 190-201.

Bostancı, C. S., (2006), “Akıllı Kinetik Güneş Kontrol Sistemi Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Ceylan, Ö., (2019), “Gelişmiş cephe sistemlerinde güneş kontrolü: Ankara'daki bir ofis binasında performans analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.

Cer, S. T., (2015), “Gölgeleme Bileşeni Olarak Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Cirit, A., (2012), “Binalarda Güneş Kontrol Elemanlarının Soğutma Enerjisi Yüklerine Etkisinin İrdelenmesine İlişkin Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Çetin, H.G., (2018), “Bir Ofis Binasının Enerji Yüklerinin Çift Kabuklu Cephe Sistemi Ve Güneş Kırıcılar İle Azaltılması”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.

Çetiner, İ. (2002), “Çift Kabuklu Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomi Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Çoban, M., (1999), “Güneş-mimari tasarım ilişkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

D. Prowler, <https://www.wbdg.org/resources/sun-control-and-shading-devices#rcas>, Erişim Tarihi: 19.12.2023

Dikmen, Ç.B., (2011), “Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi”, Politeknik Dergisi, 14(2), 121-134.

Erdemli, M. İ., (2018), “Elektrokromik Kaplamalı Camın Farklı İklim Bölgelerine Göre Enerji Performansı Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Erlalelitepe, İ., Aral, D., Kazanasmaz, Z. T., (2011), “Eğitim Yapılarının Doğal Aydınlatma Performansı Açısından İncelenmesi”, Megaron Dergisi, 6(1), 39-51.

Foolady, M., (2017), “A Computational Method For The Design Exploration And Optimization Of Daylighting Performance Of Museum Buildings”, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Freewan, A. A. Y., (2014), “Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions”, Solar Energy, 102, 14–30.

Göksu, A. U., (2016), “Farklı İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanı Olarak PV Sistemlerin Ofis Binalarının Enerji Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Görgün, A. Ö., (2019), “Shading device design and optimization via genetic algorithm by using surface temperature metric and electricity load”, Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi.

Gunavan, F., (2019), “Daylight Control Using Building Envelope for Kunsthaus Zurich”, Architecture Innovation, 3(1), 68-85.

Güvenkaya, R. K., (2008), “İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Hançerli, M. Y., (2008), “Appropriate Passive Cooling Strategies For Hot And Humid Climates: A Case Study In Cyprus”, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Huo, H., Xu, W., Li, A., Lv, Y., Liu, C., (2021), “Analysis and optimization of external venetian blind shading for nearly zero-energy buildings in different climate regions of China”, Solar Energy, 223, 54-71.

IEA (2021), Net Zero by 2050, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (ERİŞİM TARİHİ: 21.06.2022)

IEA (2022), Binalar , IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/buildings>, Lisans: CC BY 4.0 (ERİŞİM TARİHİ: 26.11.2022)

Kalemci, B., (2005), “Türkiye’de Değişik Yönlerde Bakan Pencerelele Yatay ve Dikey Dış Gölgeleme Elemanı Tasarımı İçin Bir Yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Kensek, K., Noble, D., Schiler, M., Setiadarma, E., (1996), “Shading Mask: A computer-based teaching tool for sun shading devices”, Automation in Construction 5, 219-231.

Kırımtat, A., (2016), “Design and Computational Optimization of an Integrated Shading Device Into A Building”, Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi.

Kırımtat A., Koyunbaba B. K., Chatzikonstantinou I., Sariyildiz S., (2016), “Review of simulation modeling for shading devices in buildings”, Renewable Sustainable Energy Review, 53 (2016) 23–49.

Kırımtat A., Krejcar O., Ekici B., Fatih Tasgetiren M., (2019), “Multi-objective energy and daylight optimization of amorphous shading devices in buildings”. Solar Energy, 185, 100–11.

Kısa Ovalı, P., (2019), “Biyoklimatik Tasarım Matrisi (Türkiye) ”, Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(2), 51-66.

Koç, S. G., (2019), “Sıcak-Nemli İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanı Kullanımının Bina Enerji Performansına Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Kuhn T. E., Bühler C., Platzer W. J., (2000), “Evaluation of overheating protection with sun-shading systems”, Solar Energy, 69(1-6), 59–74.

Kunwar, N., Cetin, K. S., Passe, U., (2018), “Dynamic shading in buildings: a review of testing methods and recent research findings”, Current Sustainable/Renewable Energy Reports, 5, 93–100.

Lau, A. K. K., Salleh, E., Lim, C. H., Sulaiman, M. Y., (2016), “Potential of shading devices and glazing configurations on cooling energy savings for high-rise office buildings in hot-humid climates: The case of Malaysia”, International Journal of Sustainable Built Environment, 5(2), 387-399.

Lechner, N., (2015), “Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Desing Methods for Architects”, 4.Edition, John Wiley&Sons Inc., New Jersey.

Manioğlu, G., (2011), “Enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarının örneklerle değerlendirilmesi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 126, 35-47.

Manzan, M., Clarich, A., (2017), FAST energy and daylight optimization of an office with fixed and movable shading devices”, Building Environment, 113, 175–184.

Mazria, E., (1979), “The Passive Solar Energy Book”, Rodale Press.

Mihlayanlar, E., Kartal, S., Erten, Ş. Y., (2017), “Yükseköğretim yapılarında ısı konfor şartlarının araştırılması: Mimarlık Fakültesi örneği”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(3), 917-927.

Nazari, S., MirzaMohammadi, P. K., Sajadi, B., Ha, P. P., Talatahari, S., Sareh, P., (2023), “Designing energy-efficient and visually-thermally comfortable shading systems for office buildings in a cooling-dominant climate”, Energy Reports, 10, 3863-3881.

Odaman Kaya, H., (2018), A model for designing climate adaptive shading devices to improve the energy performance of Office buildings: The case of Bayraklı Tower”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Orhan, H., (2022), “Kampüs binalarında enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik bir çalışma: İnönü Üniversitesi”, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi.

Öner, D., (2020), “Uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin parametrik tasarım araçlarıyla performans değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S., (2017), “Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye’nin İklim Tipleri”, Journal of Geography, 35, 17-27.

Özyalın, S., (2021), “Ofis mekanlarında dinamik cam ve güneş kırıcı kullanımının görsel konfor ve enerji performansı bakımından irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Özyer, N. S., (2017), “Cephede Dıştan Kullanılan Gölgeleme Elemanları Ve Uygulama Yöntemlerinin Örnekler Üzerinden İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Reman, O., (1984), “Mimaride Güneş Kontrolü”, Journal of the Faculties of Engineering of Uludağ University, 1(1).

ResGaz 1, (2008), “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”, 5Aralık 2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete.

Szokolay S.V., (2007), Solargeometry, Second Edition, Plea, University Of Queensland, Brisbane.

Şahin, C. D., Atak, Z., Kılıç, M., Döner, D., Çelik, E., Gemici, A., Özcan, K., Öner, F., (2015), “Üniversite Dersliklerinin Isıl Konforunun Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma”, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2415-2425, İzmir, Türkiye, 8-11 Nisan.

Şahinoğlu, S., (2012), “Gölge Elemanlarının Pencerenin Isıtma/Soğutma Enerjisi ve Görsel Konfor Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Sav, S., (2018), “The comparative performance assessment of dynamic shading devices for different climatic regions in Turkey”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Şener Yılmaz, F., (2016), “Güneş Kontrolü Tasarımının Görsel Konfor ve Günişığı Performansına Etkisi: Ofis Binaları”, Online Journal of Art and Design 4(4).

Taşkın, M. S., (2022), “Gökdelenlerde günişığı kontrolünün görsel ve ısıl konfora etkilerinin irdelenmesi: İzmir Bayraklı örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Teksoy, M., (2017), “A Novel Framework To Evaluate The Performance Of Responsive Kinetic Shading Devices In The Early Design Stages”, Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi.

Timoçin, A.S., (2001), “Bina Cephe Oluşumu Ve Bina Ekonomisi Açısından Güneş Kontrol Sistemlerinin İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Topay, M., Yılmaz, B., (2004), “Biyoklimatik konfora sahip alanların belirlenmesinde CBS’den yararlanma olanakları: Muğla ili örneği”, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 1-12, İstanbul, Türkiye, 06-09 Ekim.

Türkmenoğlu Bayraktar, N., (2008), “Gölgeleme Araçlarının Mekanın Toplam Soğutma Yükleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Geliştirilen Yöntem”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Türkyılmaz, O., (2009), “Türkiye’nin Enerji Görünümü”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Ankara, Türkiye, 06-09 Mayıs 2009.

Uslusoy Şenyurt, S., (2018), “Ofis Yapıları İçin Yapı Kabuğu Tasarım Parametrelerinin Enerji Tüketimine Etkisini Belirlemede Kullanılabilecek Bir Yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Ünver, E., (2007), “Mekanın Dikey Bileşeni Duvarın Zaman ve Teknolojiye Bağlı Olarak Gelişimi ve Dönüşümü”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Valladares-Rendón, L. G., Schmid, G., Lo, S. L., (2017), “Review on energy savings by solar control techniques and optimal building orientation for the strategic placement of façade shading systems”, Energy and Buildings, 140, 458-479.

Web 1, (2023) <http://www.yok.gov.tr/universiteler/universitelerimiz> (Erişim Tarihi: 02.01.2023).

Web 2, (2022), <https://en.wikiarquitectura.com/building/arab-world-institute/> (Erişim Tarihi: 08.03.2022).

Web 3, (2021), <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas> (Erişim Tarihi: 20.12.2021).

Web 4, (2021), <https://gksdergisi.com/gunes-kontrolu-gunes-kirici-ve-raflari/> (Erişim Tarihi: 14.05.2021).

Web 5, (2023), <http://andrewmarsh.com/apps/releases/sunpath2d.html> <https://andrewmarsh.com/apps/releases/sunpath2d.html> (Erişim Tarihi: 27.09.2023).

Web 6, (2023), <https://tr.pinterest.com/pin/350928995978593053/> (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

Web 7, (2023), <https://glasstool.sisecam.com/tr/HomePage.aspx> (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

Web 8, (2023), <http://www.stylepark.com/en/colt/adjustable-vertical-lamellae-front?nr=1> (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

Web 9, (2023), https://tr.pinterest.com/pin/68745562667/ (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

Web 10, (2023), <https://www.pimeks.com/urunler/269/cift-cephe-arasi-jaluzi> (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

Web 11, (2023), <http://www.archdaily.com/214040/head-offices-of-cmt-batlle-roig-architects> (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

Web 13, (2023), https://www.archdaily.com/875996/villa-heerenveen-lautenbag-architectuur?ad_medium=gallery (Erişim Tarihi: 13.11.2023).

Web 14, (2023), https://www.archdaily.com/795192/cy-residence-kedem-shinar-design-and-architecture?ad_medium=gallery (Erişim Tarihi: 13.11.2023).

Web 15, (2023), <https://www.gordon-inc.com/project/amd-advanced-micro-devices/> (Erişim Tarihi: 13.11.2023).

Web 16, (2023), <https://www.archdaily.com/217355/bentini-headquarters-piuarch> (Erişim Tarihi: 13.11.2023).

Web 17, (2023), <https://www.dezeen.com/2019/11/22/kvadrat-shade-roller-blind-ronan-erwan-bouroullec/amp/> (Erişim Tarihi: 13.11.2023).

Web 18, (2023) <https://gksdergisi.com/serge-ferrari-mimari-cephelerde-gunes-kontrol-yontemleri/> (Erişim Tarihi: 14.11.2023).

Web 19, (2023), <https://tr.pinterest.com/pin/550072542003579320/> (Erişim Tarihi: 14.11.2023).

Web 20, (2023), <https://archello.com/story/31614/attachments/photos-videos> (Erişim Tarihi: 13.11.2023).

Web 21, (2023), <https://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/> (Erişim tarihi: 18.11.2023)

Xue, J.; Wang, Y.; Wang, M., (2021), “Smart Design of Portable Indoor Shading Device for Visual Comfort—A Case Study of a College Library”, Applied Sciences, 11, 10644, 1-16.

Yavuzarslan, G., (2019), “Using Computer Analysis For Calculating Energy Efficiency And İmplementing Shading Device For Glass Facade Of A High Rise Building İn İzmir”, Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi.

Yurttakal, Ö., (2007), “Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Eleman Ve Bina Düzeyinde Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Yücel, Ş.B., (2019), “Açık Planlı Ofislerde Aydınlatma Tasarımının İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

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

ÖZGEÇMİŞ

Emine Şeyma Erkan ilk ve orta öğrenimini Karaman’da tamamlayarak 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümüne başlamıştır. Lisans eğitimini 2019 yılında onur öğrencisi olarak tamamlamıştır. 2020 yılında Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalında lisansüstü eğitime başlamıştır.2023 yılında T.C. İstanbul Rumeli Üniversitesi’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamış ve halen devam etmektedir.



TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR

Erkan, E. Ş., Özer Yüksel, E. (2022) “Bina Enerji Performansının Belirlenmesinde Gölgeleme Elemanı Tasarım Parametrelerine İlişkin Literatür Araştırması”, 6. GTÜ Lisansüstü Araştırmalar Sempozyumu,143, Gebze, Kocaeli, 1-2 Haziran.



EKLER

Ek- A: Örnekleme Tez Listesi.

Sıra No	Tez No	Yazar	Yıl	Tez Adı	Tez Türü	Konu	Açıklama
1	501536	GÜLEN DİNÇ	1996	Pencerelere uygulanan gölgeleme araçlarının tasarımında iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanması amacıyla kullanılabilir bir yaklaşım	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Ulaşılamadı
2	55656	ALPİN KÖKNEL YENER	1996	Pencerelere uygulanan gölgeleme araçlarının tasarımında iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanması amacıyla kullanılabilir bir yaklaşım	Doktora	Mimarlık = Architecture	Ulaşılamadı
3	104020	ALPER SİNAN TİMOÇİN	2001	Bina cephe oluşumu ve bina ekonomisi açısından güneş kontrol sistemlerinin irdelenmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Örnek İnceleme
4	198852	BANU KALEMCİ	2005	Türkiye'de değişik yönlerde bakan pencerelere yatay ve dikey dış gölgeleme elemanı tasarımı için bir yaklaşım	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Güneşten Korunma Yüzdesi
				An approach for the design of horizontal and vertical shading devices of windows in Turkey			
5	201401	CİHAN SİNAN BOSTANCI	2006	Akıllı kinetik güneş kontrol sistemi önerisi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	İç Ve Dış Mekan Görsel Etki
				Proposition of intelligent kinetic solar control system			
6	252173	RANA KUTLU GÜVENKAYA	2008	İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetimi açısından yönlerde göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi üzerine bir yaklaşım	Doktora	Mimarlık = Architecture	Aydınlatma Enerjisi
				An approach to determine facade options in accordance with different orientations in elementary school classrooms from the perspective of lighting energy management			

Ek- A: Örnekleme Tez Listesi(devam).

7	177570	MUSTAFA YILMAZ HANÇERLİ	2008	Appropriate passive cooling strategies for hot and humid climates: A case study in Cyprus	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Sıcak ve nemli iklimlerdeki yapılarda doğal soğutma stratejileri: Kıbrıs üzerine örnek çalışma			
8	252163	NESLİHAN TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR	2008	Gölgeleme araçlarının mekanın toplam soğutma yükleri açısından etkinliklerinin değerlendirilmesinde geliştirilen yöntem	Doktora	Mimarlık = Architecture	
				Shading device efficiency evaluation method developed on zone total cooling loads			
9	310388	GÜLÇİN YÜKSEL	2009	Evaluating the energy efficient solar control strategies on building facades through a case study	Yüksek Lisans	Enerji = Energy ; Mimarlık = Architecture	
				Bina cephelerinde enerji etkin güneş kontrol stratejilerinin bir örnek uygulama ile değerlendirilmesi			
10	323945	AYŞEGÜL CİRİT	2012	Binalarda güneş kontrol elemanlarının soğutma enerjisi yüklerine etkisinin irdelenmesine ilişkin bir çalışma	Yüksek Lisans	Enerji = Energy ; Mimarlık = Architecture	
				An evaluation study on the effect of solar control devices onto cooling energy loads in buildings			
11	323652	SELİN ŞAHİNOĞLU	2012	Gölge elemanlarının pencerenin ısıtma/soğutma enerjisi ve görsel konfor performansına etkisinin değerlendirilmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Heating/cooling energy and visual comfort performance evaluation of windows with various shading devices			
12	397044	ÖZLEM BAŞARAN	2015	Kinetik gölgeleme elemanları entegre edilmiş bir binanın enerji etkinliğinin artırılması	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Gün Işığı Aydınlatma Performansı - Aydınlatma Enerjisi
				Increasing energy efficiency in a kinetic shading components integrated building			

Ek- A: Örneklem Tez Listesi(devam).

13	405178	GÖZE BAYRAM	2015	A proposal for a retrofitting model for educational buildings in terms of energy efficient lighting criteria	Doktora	Mimarlık = Architecture	Aydınlatma Enerjisi
				Eğitim binaları için enerji etkin aydınlatma ölçütleri açısından bir iyileştirme modeli önerisi			
14	389229	SEVAL TURHAN CER	2015	Gölgeleme bileşeni olarak kullanılan fotovoltaik panellerin enerji etkinliğinin değerlendirilmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Evaluating the energy efficiency of photovoltaic panels used as shading devices			
15	432033	ABDULLAH UMUR GÖKSU	2016	Farklı iklim bölgelerinde gölgeleme elemanı olarak PV sistemlerin ofis binalarının enerji performansına etkisinin değerlendirilmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Evaluation of the effect of energy performance of PV systems' as shading device of office buildings' in the different climate regions			
16	441817	AYÇA KIRIMTAT	2016	Design and computational optimization of an integrated shading device into a building	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Bir binaya entegre gölgeleme elemanının tasarımı ve bilişimsel optimizasyonu			
17	474862	MAYSAM FOOLADY	2017	A computational method for the design exploration and optimization of daylighting performance of museum buildings	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Gün Işığı Aydınlatma Performansı
				Müzelerinin günışığı aydınlatma performansının tasarım araştırması ve optimizasyonu için sayısal bir yöntem			
18	485297	NACİYE SENA ÖZYER	2017	Cephede dıştan kullanılan gölgeleme elemanları ve uygulama yöntemlerinin örnekler üzerinden incelenmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Örnek İnceleme
				External shading devices that are applied to facades and examining shading devices' application methods through application examples			

Ek- A: Örneklem Tez Listesi(devam).

19	467927	MUSTAFA TEKSOY	2017	A novel framework to evaluate the performance of responsive kinetic shading devices in the early design stages	Yüksek Lisans	... Mimarlık = Architecture ...	• Gün Işığı Aydınlatma Performansı
				Tepkisel kinetik gölgeleme araçlarının erken tasarım aşamalarında performans değerlendirmesi için özgün bir yaklaşım			
20	507128	HANSA GÜL ÇETİN	2018	Bir ofis binasının enerji yüklerinin çift kabuklu cephe sistemi ve güneş kırıncılar ile azaltılması	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Reduction of the energy loads of an office building with double-skin facade system and solar shading devices			
21	516540	HANDE ODAMAN KAYA	2018	A model for designing climate adaptive shading devices to improve the energy performance of Office buildings: The case of Bayrakli Tower	Doktora	Enerji = Energy ; Mimarlık = Architecture	
				Ofis binalarının enerji performansını iyileştirmek üzere iklime uyumlu gölgeleme elemanları tasarımı için bir model: Bayrakli Tower örneği			
22	511911	SUZAN SAV	2018	The comparative performance assessment of dynamic shading devices for different climatic regions in Turkey	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Türkiye'de farklı iklim bölgeleri için dinamik gölge elemanlarının karşılaştırmalı performans değerlendirmesi			
23	531399	SELMA USLUSOY ŞENYURT	2018	Ofis yapıları için yapı kabuğu tasarım parametrelerinin enerji tüketimine etkisini belirlemede kullanılabilecek bir yaklaşım	Doktora	Mimarlık = Architecture	
				An approach to determine the effect of building shell design parameters of office buildings on energy consumption			
24	573549	MERVE ANAÇ	2019	Cephe gölgeleme elemanlarının ısıtma ve soğutma yükleri üzerine etkisi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				The effect of facade shading elements on heating and cooling loads			

Ek- A: Örneklem Tez Listesi(devam).

25	598625	ÖZGE CEYLAN	2019	Gelişmiş cephe sistemlerinde güneş kontrolü: Ankara'daki bir ofis binasında performans analizi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Gün Işığı Aydınlatma Performansı
				Solar control in advanced facade systems: performance analysis in an office building in Ankara			
26	573794	AYŞEGÜL ÖYKÜ GÖRGÜN	2019	Shading device design and optimization via genetic algorithm by using surface temperature metric and electricity load	Yüksek Lisans	Enerji = Energy ; Mimarlık = Architecture	Aydınlatma Enerjisi
				Gölgeleme elemanı tasarımı ve yüzey sıcaklık metriği ve elektrik enerji tüketimi kullanılarak genetik algoritma yardımıyla optimizasyonu			
27	535752	SENA GÖKNUR KOÇ	2019	Sıcak-nemli iklim bölgelerinde gölgeleme elemanı kullanımının bina enerji performansına etkisinin incelenmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Investigation of the effect of shading devices on building energy performance in hot-humid climate regions			
28	539702	GİZEM YAVUZARSLAN	2019	Using computer analysis for calculating energy efficiency and implementing shading device for glass facade of a high rise building in İzmir	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Enerji etkinliği hesaplanması için bilgisayar analizlerinin kullanılması ve İzmir'deki bir yüksek yapının cam cephesi için gölgeleme elemanı uygulaması			
29	609860	DİLAN ÖNER	2020	Uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin parametrik tasarım araçlarıyla performans değerlendirmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Gün Işığı Aydınlatma Performansı - Aydınlatma Enerjisi
				Performance evaluation of adaptive shading components with parametric design tools			
30	690368	ŞİMGE ÖZYALIN	2021	Ofis mekanlarında dinamik cam ve güneş kırıcı kullanımının görsel konfor ve enerji performansı bakımından irdelenmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				Dynamic glass and solar shading utilization in office spaces: an investigation based on visual comfort and energy performance			

Ek- A: Örneklem Tez Listesi(devam).

31	742357	HATİCE ORHAN	2022	Kampüs binalarında enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik bir çalışma: İnönü Üniversitesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	
				A study on increasing energy efficiency in campus buildings: İnönü University			
32	774294	MÜZEYYEN SEDEF TAŞKIN	2022	Gökdelenlerde günışığı kontrolünün görsel ve ısı konfora etkilerinin irdelenmesi: İzmir Bayraklı örneği	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Gün Işığı Aydınlatma Performansı
				Investigation of the effects of daylight control on visual and thermal comfort in scyscrapers: The case of ızmir Bayraklı			
33	808020	GÜL ŞERİFE GEDİRİ GÖKÇEN	2023	Uyum gösteren (adaptif) cepheler: Hareketli güneş kontrol elemanlarının ısı enerji performansının değerlendirilmesi	Yüksek Lisans	Mimarlık = Architecture	Ulaşılamadı
				Adaptive façades: Thermal energy performance evaluation of kinetic solar control elements			

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması.

Sıra No	Tez	Yöntem	Simülasyon Programı	Bağımlı Değişken	Yapı Konumu	Yapı İşlevi (Tasarım Periyodu)	Kontrol Değişkenleri	Bağımsız Değişkenler	Diğer Kontrol ve Bağımsız Değişkenler	Açıklama
1	[Timoçin, 2001]	- Literatür Taraması - Örnek Analizi	Simülasyon veya Performans Analizi Üzerinden Bir Çalışma Yapılmamıştır.							
2	[Kalemci, 2005]	- Literatür Taraması - Formülasyon - Karşılaştırma		Güneşten Korunma Yüzdesi	37°-41° Kuzey Enlemleri	Ofis (08.30-18.30)	G.E. Konumu	- Cephe Yönü (36) - G.E. Türü (2) - G.E. Derinliği (7) (G.E. Sayısı ve Aralığı Derinlik Değerine Göre Hesaplanmaktadır.) - G.E. Açısı (3) - Görsel Etkinlik Yüzdesi (4)	Pencere Boyutu(4)	Cephe Yönü Kuzey İle Yaptığı Aç 10'ar Arttırılarak Denenmiştir.
3	[Bostancı, 2006]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Alan Çalışması (Prototip Deney)	- Amethyts Shadow FX - Sun Path - Build It Solar	İç / Dış Mekan Görsel Etki	Ankara	Ofis (09.00 – 17.30)	- G.E. Konumu - G.E. Türü	- Cephe Yönü (3) - G.E. Derinliği (3)		Farklı Zaman Dilimlerinde Güneş Açısına Bağlı İç Ve Dış Görsel Durumu İncelemiştir.
4	[Güvenkaya, 2008]	- Literatür Taraması - Simülasyon - İstatistiki Analiz	Radiance	- Isıtma Enerjisi - Aydınlatma Enerjisi	İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim)	İlköğretim Derslik (07.00 – 17.00)	- Cephe Yönü (Proje Yönleri) - G.E. Konumu - G.E. Derinliği - G.E. Sayısı - G.E. Açısı - G.E. Türü		Saydamlık Oranı (1)	Güney, Doğu ve Batı Yönleri için Tasarlanan Gölgeleme Elemanlarının varlığı ve yokluğu denenmiştir.

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması(devam).

5	[Hançerli, 2008]	• Literatür Taraması • Simülasyon • (Mevcut Yapı) • Karşılaştırma • Alan Çalışması	• Summer-Building	• Soğutma Enerjisi	• Girne/ Kıbrıs	• Konut	• Cephe Yönü • (Mevcut Yapı) • G.E. Konumu	• G.E. Türü (2) • G.E. Derinliği (5)		
6	[Türkmenoğlu Bayraktar, 2008]	• Literatür Taraması • Simülasyon • Karşılaştırma • Alan Çalışması (Rüzgar Tüneli)	Energyplus	• Soğutma Enerjisi	• İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim)	Ofis (Tek Katlı)	• Cephe Yönü • G.E. Konumu	• G.E. Türü (2) • G.E. Açısı (2)	• Pencere Boyutu(1)	
7	[Yüksel, 2009]	• Literatür Taraması • Simülasyon (Mevcut Yapı) • Karşılaştırma • Alan Çalışması (Mevcut Yapı Analizi)	Desing Builder	• Isıtma / Soğutma Enerjisi • Aydınlatma Enerjisi	• Barselona • İspanya • Antalya	Sağlık	• Cephe Yönü (Mevcut Yapı)	• G.E. Konumu (2) • G.E. Türü (7) • G.E. Açısı (2)* • G.E. Aralığı (2)* • G.E. Sayısı (5)* • G.E. Derinliği (2 – 4) • G.E. Yapı Cephesinden Uzaklığı (4)	• Saydamlık Oranı (2) • G.E. Malzemesi (3 – 6 – 7)	* İle belirtilenler Sadece 1 Tür G.E. için Denenmiştir. Birden fazla sayı ile gösterilen bağımsız değişkenlerin her biri farklı G.E. Türleri için geçerlidir.
8	[Cirit, 2012]	• Literatür Taraması • Simülasyon • Karşılaştırma	Desing Builder	• Soğutma Enerjisi	• İstanbul (Ilımlı-Nemli) • Diyarbakır (Sıcak-kuru İklim) • Antalya (Sıcak-Nemli)	Konut (Çok Katlı)	• G.E. Türü • G.E. Derinliği • Cephe Yönü			Doğu/Batı yönü için 1 tür eleman, Güney yönü için 1 tür eleman seçilerek çalışma yürütülmüştür.

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması(devam).

9	[Şahinoğlu, 2012]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Karşılaştırma	- Window 6 - Comfen 4	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Gün Işığı Verisi	İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim)	Ofis (Modül)	G.E. Derinliği	- G.E. Konumu (3) - G.E. Türü (3-2?) - G.E. Açısı (4)	- Saydamlık Oranı (3) - Cam Türü (5)	
10	[Başaran, 2015]	- Literatür Taraması - Simülasyon (Mevcut Yapı)	- Revit - Ecotect	- Gün Işığı Aydınlatma Performansı - Aydınlatma Enerjisi	Ankara	Ofis (09.00 – 18.00)	- Cephe Yönü - G.E. Konumu - G.E. Türü - G.E. Derinliği	G.E. Açısı (19)	G.E. Malzemesi (3)	Mevcut Yapı İçin Sabit ve Hareketli Sistemlerle Tasarlanmış Gölgeleme Elemanı Çalışılmıştır.
11	[Bayram, 2015]	- Literatür Taraması - Simülasyon (Mevcut Yapı) - Karşılaştırma - Alan Çalışması (Mevcut Yapı Analizi)	DiaLux	Aydınlatma Enerjisi	İzmir	Eğitim (09.00 – 18.00)	- Cephe Yönü (Mevcut Yapı) - G.E. Konumu - G.E. Derinliği (1 Eleman Türü İçin)	- G.E. Türü (3) - G.E. Açısı (7) (2 Eleman türü İçin) - G.E. Derinliği (2) (2 Eleman Türü İçin)	- Cam Türü (4) - Saydamlık Oranı (1)	Bağımsız değişkenler ile oluşturulan farklı senaryolar birbiri ile gruplanarak aynı cephede birarada denenmiştir.
12	[Cer, 2015]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Karşılaştırma	- Meteonorm - Ecotect - PvSol	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - PV Sistem Performansı	- İzmir - İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim) - Ankara - Van - Erzurum	Ofis (08.00 - 15.00)	- G.E. Konumu - G.E. Türü	- Cephe Yönü (4) - G.E. Açısı (2)		

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması(devam).

[illegible]

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması(devam).

17	[Teksoy, 2017]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Genetik Algoritma - Karşılaştırma	- Rhinoceros 3D Grasshopper - Energyplus - Ladybug - Honeybee - Radiance	- Gün Işığı Aydınlatma Performansı - İç Mekan Sıcaklığı - Dış Ortam ile Görsel Bağlantı	İzmir	09.00 - 17.00 (saatler arasında rasgele 50saat incelendi)	- Cephe Yönü - G.E. Türü - G.E. Konumu - G.E. Yapı - Cephesinden Uzaklığı	G.E. Açısı (180) (0° - 180° arası)		
18	[Çetin, 2018]	- Literatür Taraması - Simülasyon (Mevcut Yapı) - Alan Çalışması - Karşılaştırma	Desingbuilder	Isıtma / Soğutma Enerjisi	Antalya (Sıcak-Nemli İklim)	Ofis	- G.E. Konumu - G.E. Türü - G.E. Yapı - Cephesinden Uzaklığı	- Cephe Yönü (2) - G.E. Aralığı (4)		
19	[Odaman Kaya, 2018]	- Literatür Taraması - Simülasyon (Mevcut Yapı) - Karşılaştırma	OpenStudio	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Havalandırma Enerjisi	İzmir	Ofis Doğu: 05.00-11.00 Batı: 14.00-18.00 Güney: 10.00-14.00 (yaz) 09.00-16.00 (kış)	G.E. Türü	- Cephe Yönü (4) (Mevcut Yapı) - G.E. Açısı (Kuzey-Doğu-Batı için 2; Güney için 3) - G.E. Sayısı (4)		
20	[Sav, 2018]	- Literatür Taraması - Örnek Analizi - Simülasyon - Karşılaştırma	EnergyPlus	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Aydınlatma Enerjisi - Görsel Konfor Koşulları	- Ankara - İzmir - İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim)	Ofis (08.00 – 18.00)	G.E. Konumu	Cephe Yönü (2)	Kontrol Stratejisi (6)	6 farklı senaryo ile hareketli elemanların açık ve kapalı olma durumları incelenmiştir.
21	[Uslusoy Şenyurt, 2018]	- Literatür Taraması - Simülasyon - İstatistiki Analiz - Karşılaştırma	- Desingbuilder - Spss	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Aydınlatma Enerjisi	İzmir	Ofis	- G.E. Türü - G.E. Konumu - G.E. Malzemesi - G.E. Kalınlığı (Derinliğe Bağlı)	- Cephe Yönü (4) - G.E. Açısı (7) - G.E. Derinliği (3) - G.E. Aralığı (4)	- Cam Türü (3) - Saydamlık oranı (3)	

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması(devam).

22	[Anaç, 2019]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Karşılaştırma	Desingbuilder	Isıtma / Soğutma Enerjisi	- Antalya (Sıcak-Nemli İklim) - İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim) - Ankara - Sivas - Kars	Ofis Binası	- Cephe Yönü - G.E. Konumu - G.E. Yapı Cephesinden Uzaklığı - G.E. Açısı - G.E. Sayısı	G.E. Türü (2)		(G.E. Türü: Sabit / Hareketli)
23	[Ceylan, 2019]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Karşılaştırma	- Rhinoceros 3D Grasshopper - Divia	Gün Işığı Aydınlatma Performansı	Ankara	Ofis (09.00 – 17.00)	G.E. Konumu	- Cephe Yönü (2) - G.E. Türü (4) - G.E. Derinliği (4/2/3) - G.E. Sayısı (4/4/3) - G.E. Açısı (3/3/2)		Birden fazla sayı ile ifade edilen bağımsız değişkenlerin her biri farklı G.E. Türleri için geçerlidir.
26	[Görgün, 2019]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Genetik Algoritma - İstatistiki Analiz - Karşılaştırma	- Rhinoceros 3D Grasshopper - Open Studio - Ladybug Honeybee - Spss	- Aydınlatma Enerjisi - İç Mekan Isı Kazanımı	İzmir	Ofis	Yatay Gölgeleme Elemanı ve Parametrik Tasarımla Oluşturulan toplam 3 Tür Gölgeleme Elemanının Simülasyon Çalışması Yapılarak Çalışma Yürütülmüştür.			
25	[Koç, 2019]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Genetik Algoritma - Karşılaştırma	- Desingbuilder - Matlab	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Aydınlatma Enerjisi	Antalya (Sıcak-Nemli İklim)	Ofis	G.E. Konumu	- Cephe Yönü (3) - G.E. Türü (5) - G.E. Derinliği (3) - G.E. Açısı (4)	- Saydamlık Oranı (3) - Cam Türü (5)	

Ek- B: İncelenen çalışmaların detaylı açıklaması(devam).

26	[Yavuzarslan, 2019]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Alan Çalışması (İklim Verisi)	- Rhinoceros 3D Grasshopper - Ladybug Honeybee	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Aydınlatma Enerjisi	İzmir	Ofis (09.00 – 18.00)	- G.E. Konumu - G.E. Yapı Cephesinden Uzaklığı - G.E. Açısı - G.E. Sayısı	- Cephe Yönü (2) - G.E. Türü (3) - G.E. Derinliği (0.1m-0.3m arası değişken) - G.E. Sayısı (1-10 3m arası değişken) - G.E. Açısı (0° - 45° arası değişken)	Cam Türü (4)	
27	[Öner, 2020]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Karşılaştırma	- Rhinoceros 3D Grasshopper - Energyplus - Diva - Excel	- Gün Işığı Aydınlatma Performansı - Aydınlatma Enerjisi	İstanbul (Ilımlı-Nemli İklim)	Ofis (08.30 – 17.30)	- G.E. Konumu - G.E. Derinliği - G.E. Yapı Cephesinden Uzaklığı	- Cephe Yönü (2) - G.E. Türü (2) - G.E. Açısı (10)	- Saydımlık Oranı (1) - G.E. Hareket Stratejisi (3)	(Hareket Stratejisi: /Kayma/Katlanma-Dönme)
28	[Özyalın, 2021]	- Literatür Taraması - Örnek Analizi - Simülasyon - Karşılaştırma	- Rhinoceros 3D - ClimateStudio	- Isıtma / Soğutma Enerjisi - Gün Işığı Aydınlatma Performansı	- Ankara - İzmir	Ofis (08.00 – 18.30)	Cephe Yönü		- Cam Türü(3) - Saydımlık Oranı (2)	Tek bir dinamik gölgeleme elemanı tasarlanmıştır. Gölgeleme elemanının olup olmama durumu incelenmiştir.
29	[Orhan, 2021]	- Literatür Taraması - Simülasyon (Mevcut Yapı) - Karşılaştırma	Desingbuilder	Isıtma / Soğutma Enerjisi	Malatya	Eğitim (06.00 – 20.00)	Mevcut Yapı Durumu	- Cephe Yönü (4) - G.E. Türü (3) - G.E. Derinliği (3)	- Cam Türü(2) - Saydımlık Oranı (3)	Bağımsız değişkenler birbirini etkilemeden mevcut yapı üzerinde ayrı ayrı denenmiştir.
30	[Taşkın, 2022]	- Literatür Taraması - Simülasyon - Alan Çalışması (İklim Verisi) - Karşılaştırma	- Desingbuilder - Metonorm - Radiance	- Gün Işığı Aydınlatma Performansı - Isıl Performans	İzmir (2 ayrı yapı)	Karma Yapılı (ofis, konut, ticaret)	- Cephe Yönü (Mevcut Durum) - G.E. Derinliği - G.E. Aralığı - G.E. Açısı	G.E. Türü (2)	- G.E. Malzemesi (1) - Cam türü (2)	

Ek- C: Simülasyon Sonuçları.

GÜNEY CEPHE					DOĞU CEPHE					BATI CEPHE				
SENARYO KODU	Isıtma Enerji tüketimi (kWh)	Soğutma Enerji tüketimi (kWh)	Toplam (kWh)	Kazanç (%)	SENARYO KODU	Isıtma Enerji tüketimi (kWh)	Soğutma Enerji tüketimi (kWh)	Toplam (kWh)	Kazanç (%)	SENARYO KODU	Isıtma Enerji tüketimi (kWh)	Soğutma Enerji tüketimi (kWh)	Toplam (kWh)	Kazanç (%)
GÜNEY_REF	3842,55	8884,11	12726,66	0,000%	DOĞU_REF	4314,88	8794,25	13109,13	0,000%	BATI_REF	4383,65	8619,44	13003,09	0,000%
G_D_20_20_0°_10	3842,99	8879,6	12722,59	0,032%	D_D_20_20_0°_10	4589,35	6967,27	11556,62	11,843%	B_D_20_20_0°_10	4604,99	6818,57	11423,56	12,147%
G_Y_20_20_0°_10	3843,01	8879,61	12722,62	0,032%	D_Y_20_20_0°_10	4611,08	7360,62	11971,7	8,677%	B_Y_20_20_0°_10	4626,56	7169,74	11796,3	9,281%
G_D_20_20_0°_30	4255,91	7059,84	11315,75	11,086%	D_D_20_20_0°_30	4592,19	6964,11	11556,3	11,845%	B_D_20_20_0°_30	4607,85	6813,62	11421,47	12,163%
G_Y_20_20_0°_30	4286,12	6669,59	10955,71	13,915%	D_Y_20_20_0°_30	4613,86	7356,44	11970,3	8,687%	B_Y_20_20_0°_30	4629,37	7165,36	11794,73	9,293%
G_D_20_20_0°_50	4256,01	7060,21	11316,22	11,083%	D_D_20_20_0°_50	4592,37	6964,37	11556,74	11,842%	B_D_20_20_0°_50	4608,04	6813,75	11421,79	12,161%
G_Y_20_20_0°_50	4286,22	6696,76	10982,98	13,701%	D_Y_20_20_0°_50	4614	7356,72	11970,72	8,684%	B_Y_20_20_0°_50	4629,53	7165,58	11795,11	9,290%
G_D_20_20_15°_10	4340,45	6804,21	11144,66	12,431%	D_D_20_20_15°_10	4654,5	6625,93	11280,43	13,950%	B_D_20_20_15°_10	4666,46	6572,26	11238,72	13,569%
G_Y_20_20_15°_10	4429,68	6547,82	10977,5	13,744%	D_Y_20_20_15°_10	4599,57	7437,98	12037,55	8,174%	B_Y_20_20_15°_10	4616,86	7236,12	11852,98	8,845%
G_D_20_20_15°_30	4343,72	6799,96	11143,68	12,438%	D_D_20_20_15°_30	4657,56	6622,72	11280,28	13,951%	B_D_20_20_15°_30	4669,5	6568,59	11238,09	13,574%
G_Y_20_20_15°_30	4432,95	6543,38	10976,33	13,753%	D_Y_20_20_15°_30	4602,6	7434,74	12037,34	8,176%	B_Y_20_20_15°_30	4619,92	7232,96	11852,88	8,846%
G_D_20_20_15°_50	4343,75	6800,31	11144,06	12,435%	D_D_20_20_15°_50	4657,68	6622,97	11280,65	13,948%	B_D_20_20_15°_50	4669,66	6568,68	11238,34	13,572%
G_Y_20_20_15°_50	4432,96	6543,56	10976,52	13,752%	D_Y_20_20_15°_50	4602,71	7434,03	12036,74	8,180%	B_Y_20_20_15°_50	4620,05	7233,25	11853,3	8,842%
G_D_20_20_30°_10	4438,89	6501,94	10940,83	14,032%	D_D_20_20_30°_10	4725,77	6345,97	11071,74	15,542%	B_D_20_20_30°_10	4734,69	6288,21	11022,9	15,229%
G_Y_20_20_30°_10	4566,15	6283,51	10849,66	14,749%	D_Y_20_20_30°_10	4607,07	7238,13	11845,2	9,642%	B_Y_20_20_30°_10	4625,63	7082,89	11708,52	9,956%
G_D_20_20_30°_30	4442,28	6497,68	10939,96	14,039%	D_D_20_20_30°_30	4728,91	6342,94	11071,85	15,541%	B_D_20_20_30°_30	4737,82	6284,54	11022,36	15,233%
G_Y_20_20_30°_30	4569,57	6279,25	10848,82	14,755%	D_Y_20_20_30°_30	4610,25	7234,95	11845,2	9,642%	B_Y_20_20_30°_30	4628,8	7079,82	11708,62	9,955%
G_D_20_20_30°_50	4442,07	6498,35	10940,42	14,035%	D_D_20_20_30°_50	4728,86	6343,32	11072,18	15,538%	B_D_20_20_30°_50	4737,8	6284,85	11022,65	15,231%
G_Y_20_20_30°_50	4569,38	6279,65	10849,03	14,754%	D_Y_20_20_30°_50	4610,22	7235,63	11845,85	9,637%	B_Y_20_20_30°_50	4628,79	7080,4	11709,19	9,951%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_20_20_45°_10	4555,9	6137,39	10693,29	15,977%	D_D_20_20_45°_10	4804,17	5990,39	10794,56	17,656%	B_D_20_20_45°_10	4810,63	5941,77	10752,4	17,309%
G_Y_20_20_45°_10	4689,24	5935,82	10625,06	16,513%	D_Y_20_20_45°_10	4647,25	6799,39	11446,64	12,682%	B_Y_20_20_45°_10	4665,04	6672,25	11337,29	12,811%
G_D_20_20_45°_30	4559,75	6133,11	10692,86	15,981%	D_D_20_20_45°_30	4807,33	5986,9	10794,23	17,659%	B_D_20_20_45°_30	4813,81	5938,16	10751,97	17,312%
G_Y_20_20_45°_30	4692,69	5931,89	10624,58	16,517%	D_Y_20_20_45°_30	4650,94	6796,47	11447,41	12,676%	B_Y_20_20_45°_30	4668,71	6669,4	11338,11	12,804%
G_D_20_20_45°_50	4558,65	6134,33	10692,98	15,980%	D_D_20_20_45°_50	4806,88	5987,76	10794,64	17,656%	B_D_20_20_45°_50	4813,41	5938,88	10752,29	17,310%
G_Y_20_20_45°_50	4691,99	5932,84	10624,83	16,515%	D_Y_20_20_45°_50	4650,14	6797,83	11447,97	12,672%	B_Y_20_20_45°_50	4667,93	6670,65	11338,58	12,801%
G_D_20_40_0°_10	4034,36	7931,72	11966,08	5,976%	D_D_20_40_0°_10	4443,23	7882,94	12326,17	5,973%	B_D_20_40_0°_10	4463,41	7715,77	12179,18	6,336%
G_Y_20_40_0°_10	4038,43	7634,43	11672,86	8,280%	D_Y_20_40_0°_10	4465,82	8127,65	12593,47	3,934%	B_Y_20_40_0°_10	4485,94	7914,14	12400,08	4,637%
G_D_20_40_0°_30	4037,18	7928,62	11965,8	5,978%	D_D_20_40_0°_30	4445,72	7880,39	12326,11	5,973%	B_D_20_40_0°_30	4465,87	7713,22	12179,09	6,337%
G_Y_20_40_0°_30	4041,26	7631,44	11672,7	8,282%	D_Y_20_40_0°_30	4468,27	8124,89	12593,16	3,936%	B_Y_20_40_0°_30	4488,39	7911,48	12399,87	4,639%
G_D_20_40_0°_50	4037,43	7928,62	11966,05	5,977%	D_D_20_40_0°_50	4445,99	7880,39	12326,38	5,971%	B_D_20_40_0°_50	4466,13	7713,21	12179,34	6,335%
G_Y_20_40_0°_50	4041,52	7631,5	11673,02	8,279%	D_Y_20_40_0°_50	4468,52	8124,82	12593,34	3,935%	B_Y_20_40_0°_50	4488,64	7911,49	12400,13	4,637%
G_D_20_40_15°_10	4089	7722,45	11811,45	7,191%	D_D_20_40_15°_10	4489,58	7635,69	12125,27	7,505%	B_D_20_40_15°_10	4507,79	7503,96	12011,75	7,624%
G_Y_20_40_15°_10	4133,87	7391,59	11525,46	9,438%	D_Y_20_40_15°_10	4455,06	8161,43	12616,49	3,758%	B_Y_20_40_15°_10	4476,38	7968,5	12444,88	4,293%
G_D_20_40_15°_30	4091,81	7719,45	11811,26	7,193%	D_D_20_40_15°_30	4492,03	7633,18	12125,21	7,506%	B_D_20_40_15°_30	4510,24	7501,53	12011,77	7,624%
G_Y_20_40_15°_30	4136,65	7388,59	11525,24	9,440%	D_Y_20_40_15°_30	4457,61	8158,65	12616,26	3,760%	B_Y_20_40_15°_30	4478,87	7965,83	12444,7	4,294%
G_D_20_40_15°_50	4092	7719,48	11811,48	7,191%	D_D_20_40_15°_50	4492,26	7633,25	12125,51	7,503%	B_D_20_40_15°_50	4510,47	7501,56	12012,03	7,622%
G_Y_20_40_15°_50	4136,86	7388,65	11525,51	9,438%	D_Y_20_40_15°_50	4457,82	8158,59	12616,41	3,759%	B_Y_20_40_15°_50	4479,08	7965,86	12444,94	4,292%
G_D_20_40_30°_10	4153,01	7475,89	11628,9	8,626%	D_D_20_40_30°_10	4541,31	7353,96	11895,27	9,260%	B_D_20_40_30°_10	4557,48	7252,76	11810,24	9,174%
G_Y_20_40_30°_10	4229,03	7108,34	11337,37	10,916%	D_Y_20_40_30°_10	4458,14	8074,21	12532,35	4,400%	B_Y_20_40_30°_10	4479,82	7870,43	12350,25	5,021%
G_D_20_40_30°_30	4155,9	7472,95	11628,85	8,626%	D_D_20_40_30°_30	4543,81	7351,46	11895,27	9,260%	B_D_20_40_30°_30	4559,95	7250,35	11810,3	9,173%
G_Y_20_40_30°_30	4231,81	7105,24	11337,05	10,919%	D_Y_20_40_30°_30	4460,71	8071,37	12532,08	4,402%	B_Y_20_40_30°_30	4482,4	7867,75	12350,15	5,021%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_20_40_30°_50	4155,96	7473,19	11629,15	8,624%	D_D_20_40_30°_50	4543,94	7351,67	11895,61	9,257%	B_D_20_40_30°_50	4560,09	7250,52	11810,61	9,171%
G_Y_20_40_30°_50	4231,88	7105,45	11337,33	10,917%	D_Y_20_40_30°_50	4460,85	8071,52	12532,37	4,400%	B_Y_20_40_30°_50	4482,54	7867,96	12350,5	5,019%
G_D_20_40_45°_10	4224,6	7200,75	11425,35	10,225%	D_D_20_40_45°_10	4594,01	7073,27	11667,28	10,999%	B_D_20_40_45°_10	4608,37	6989,24	11597,61	10,809%
G_Y_20_40_45°_10	4314,31	6821,41	11135,72	12,501%	D_Y_20_40_45°_10	4481,2	7830,11	12311,31	6,086%	B_Y_20_40_45°_10	4502,58	7646,65	12149,23	6,567%
G_D_20_40_45°_30	4227,49	7198,04	11425,53	10,224%	D_D_20_40_45°_30	4596,52	7070,83	11667,35	10,998%	B_D_20_40_45°_30	4610,88	6986,94	11597,82	10,807%
G_Y_20_40_45°_30	4317,08	6818,78	11135,86	12,500%	D_Y_20_40_45°_30	4483,91	7827,48	12311,39	6,085%	B_Y_20_40_45°_30	4505,26	7644,12	12149,38	6,565%
G_D_20_40_45°_50	4227,26	7198,66	11425,92	10,221%	D_D_20_40_45°_50	4596,4	7071,35	11667,75	10,995%	B_D_20_40_45°_50	4610,79	6987,36	11598,15	10,805%
G_Y_20_40_45°_50	4316,84	6819,29	11136,13	12,498%	D_Y_20_40_45°_50	4483,8	7827,96	12311,76	6,083%	B_Y_20_40_45°_50	4505,15	7644,61	12149,76	6,563%
G_D_20_60_0°_10	3950,02	8305,92	12255,94	3,699%	D_D_20_60_0°_10	4387,32	8277,07	12664,39	3,393%	B_D_20_60_0°_10	4409,11	8100,86	12509,97	3,792%
G_D_20_60_45°_30	4078,39	7772,52	11850,91	6,881%	D_Y_20_60_0°_10	4405,08	8429,9	12834,98	2,091%	B_Y_20_60_0°_10	4426,88	8221,01	12647,89	2,732%
G_Y_20_60_0°_10	3949,42	8077,93	12027,35	5,495%	D_D_20_60_0°_30	4389,57	8274,59	12664,16	3,394%	B_D_20_60_0°_30	4411,33	8098,37	12509,7	3,794%
G_D_20_60_0°_30	3952,59	8303,08	12255,67	3,701%	D_Y_20_60_0°_30	4407,3	8427,37	12834,67	2,094%	B_Y_20_60_0°_30	4429,07	8218,53	12647,6	2,734%
G_Y_20_60_0°_30	3952,02	8075,17	12027,19	5,496%	D_D_20_60_0°_50	4389,83	8274,49	12664,32	3,393%	B_D_20_60_0°_50	4411,59	8098,31	12509,9	3,793%
G_D_20_60_0°_50	3952,86	8302,99	12255,85	3,699%	D_Y_20_60_0°_50	4407,55	8427,21	12834,76	2,093%	B_Y_20_60_0°_50	4429,31	8218,46	12647,77	2,733%
G_Y_20_60_0°_50	3952,29	8075,1	12027,39	5,495%	D_D_20_60_15°_10	4420,72	8096,63	12517,35	4,514%	B_D_20_60_15°_10	4440,97	7939,53	12380,5	4,788%
G_D_20_60_15°_10	3987,45	8142,96	12130,41	4,685%	D_Y_20_60_15°_10	4396,25	8456,38	12852,63	1,957%	B_Y_20_60_15°_10	4418,74	8266,07	12684,81	2,448%
G_Y_20_60_15°_10	4016,26	7868,53	11884,79	6,615%	D_D_20_60_15°_30	4422,94	8094,34	12517,28	4,515%	B_D_20_60_15°_30	4443,18	7937,23	12380,41	4,789%
G_D_20_60_15°_30	3990,1	8140,17	12130,27	4,686%	D_Y_20_60_15°_30	4398,48	8453,82	12852,3	1,959%	B_Y_20_60_15°_30	4420,96	8263,49	12684,45	2,450%
G_Y_20_60_15°_30	4018,83	7865,94	11884,77	6,615%	D_D_20_60_15°_50	4423,18	8094,32	12517,5	4,513%	B_D_20_60_15°_50	4443,41	7937,24	12380,65	4,787%
G_D_20_60_15°_50	3990,25	8140,14	12130,39	4,685%	D_Y_20_60_15°_50	4398,72	8453,69	12852,41	1,958%	B_Y_20_60_15°_50	4421,19	8263,47	12684,66	2,449%
G_Y_20_60_15°_50	4019,07	7865,93	11885	6,613%	D_D_20_60_30°_10	4456,88	7900,52	12357,4	5,734%	B_D_20_60_30°_10	4475,93	7759,42	12235,35	5,904%
G_D_20_60_30°_10	4030,91	7958,37	11989,28	5,794%	D_Y_20_60_30°_10	4397,92	8408,66	12806,58	2,308%	B_Y_20_60_30°_10	4420,79	8197,94	12618,73	2,956%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_Y_20_60_30°_10	4080,52	7644,97	11725,49	7,867%	D_D_20_60_30°_30	4459,08	7898,32	12357,4	5,734%	B_D_20_60_30°_30	4478,13	7757,28	12235,41	5,904%
G_D_20_60_30°_30	4033,55	7955,73	11989,28	5,794%	D_Y_20_60_30°_30	4400,24	8406,09	12806,33	2,310%	B_Y_20_60_30°_30	4423,07	8195,36	12618,43	2,958%
G_Y_20_60_30°_30	4083,1	7642,5	11725,6	7,866%	D_D_20_60_30°_50	4459,25	7898,41	12357,66	5,732%	B_D_20_60_30°_50	4478,29	7757,34	12235,63	5,902%
G_D_20_60_30°_50	4033,69	7955,8	11989,49	5,792%	D_Y_20_60_30°_50	4400,41	8406,06	12806,47	2,309%	B_Y_20_60_30°_50	4423,23	8195,42	12618,65	2,957%
G_Y_20_60_30°_50	4083,23	7642,62	11725,85	7,864%	D_D_20_60_45°_10	4489,93	7724,77	12214,7	6,823%	B_D_20_60_45°_10	4508,31	7588,38	12096,69	6,971%
G_D_20_60_45°_10	4075,75	7775,09	11850,84	6,882%	D_Y_20_60_45°_10	4412,4	8215,89	12628,29	3,668%	B_Y_20_60_45°_10	4435,02	8049,66	12484,68	3,987%
G_Y_20_60_45°_10	4133	7448,82	11581,82	8,996%	D_D_20_60_45°_30	4492,21	7722,78	12214,99	6,821%	B_D_20_60_45°_30	4510,58	7586,56	12097,14	6,967%
G_Y_20_60_45°_30	4135,62	7446,67	11582,29	8,992%	D_Y_20_60_45°_30	4414,77	8213,3	12628,07	3,670%	B_Y_20_60_45°_30	4437,36	8047,12	12484,48	3,988%
G_D_20_60_45°_50	4078,41	7772,77	11851,18	6,879%	D_D_20_60_45°_50	4492,28	7723	12215,28	6,819%	B_D_20_60_45°_50	4510,64	7586,74	12097,38	6,965%
G_Y_20_60_45°_50	4135,64	7446,92	11582,56	8,990%	D_Y_20_60_45°_50	4414,85	8213,42	12628,27	3,668%	B_Y_20_60_45°_50	4437,42	8047,3	12484,72	3,987%
G_D_20_80_0°_10	3905,54	8508,45	12413,99	2,457%	D_D_20_80_0°_10	4358,37	8489,31	12847,68	1,994%	B_D_20_80_0°_10	4380,7	8306,31	12687,01	2,431%
G_Y_20_80_0°_10	3904,19	8353,87	12258,06	3,682%	D_Y_20_80_0°_10	4372,08	8589,81	12961,89	1,123%	B_Y_20_80_0°_10	4394,34	8392,61	12786,95	1,662%
G_D_20_80_0°_30	3907,98	8505,65	12413,63	2,460%	D_D_20_80_0°_30	4360,49	8487,04	12847,53	1,996%	B_D_20_80_0°_30	4382,79	8303,96	12686,75	2,433%
G_Y_20_80_0°_30	3906,64	8351,32	12257,96	3,683%	D_Y_20_80_0°_30	4374,18	8587,45	12961,63	1,125%	B_Y_20_80_0°_30	4396,43	8390,21	12786,64	1,665%
G_D_20_80_0°_50	3908,25	8505,64	12413,89	2,458%	D_D_20_80_0°_50	4360,75	8486,89	12847,64	1,995%	B_D_20_80_0°_50	4383,04	8303,87	12686,91	2,432%
G_Y_20_80_0°_50	3906,91	8351,22	12258,13	3,681%	D_Y_20_80_0°_50	4374,43	8587,45	12961,88	1,123%	B_Y_20_80_0°_50	4396,67	8390,31	12786,98	1,662%
G_D_20_80_15°_10	3934,37	8376,68	12311,05	3,266%	D_D_20_80_15°_10	4384,56	8351,28	12735,84	2,848%	B_D_20_80_15°_10	4405,82	8178,17	12583,99	3,223%
G_Y_20_80_15°_10	3955,57	8174,65	12130,22	4,687%	D_Y_20_80_15°_10	4365,23	8612,47	12977,7	1,003%	B_Y_20_80_15°_10	4388,16	8424,13	12812,29	1,467%
G_D_20_80_15°_30	3936,82	8374,02	12310,84	3,267%	D_D_20_80_15°_30	4386,67	8349,09	12735,76	2,848%	B_D_20_80_15°_30	4407,9	8175,91	12583,81	3,224%
G_Y_20_80_15°_30	3958,03	8172,2	12130,23	4,686%	D_Y_20_80_15°_30	4367,37	8610,08	12977,45	1,004%	B_Y_20_80_15°_30	4390,28	8421,65	12811,93	1,470%
G_D_20_80_15°_50	3937,07	8373,92	12310,99	3,266%	D_D_20_80_15°_50	4386,91	8348,99	12735,9	2,847%	B_D_20_80_15°_50	4408,13	8175,86	12583,99	3,223%
G_Y_20_80_15°_50	3958,27	8172,13	12130,4	4,685%	D_Y_20_80_15°_50	4367,6	8609,92	12977,52	1,004%	B_Y_20_80_15°_50	4390,51	8421,59	12812,1	1,469%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_20_80_30°_10	3966,65	8231,79	12198,44	4,150%	D_D_20_80_30°_10	4411,28	8203,65	12614,93	3,770%	B_D_20_80_30°_10	4431,67	8040,7	12472,37	4,081%
G_Y_20_80_30°_10	4003,45	7998,31	12001,76	5,696%	D_Y_20_80_30°_10	4365,99	8552,56	12918,55	1,454%	B_Y_20_80_30°_10	4389,31	8374,19	12763,5	1,843%
G_D_20_80_30°_30	3969,12	8229,16	12198,28	4,152%	D_D_20_80_30°_30	4413,43	8201,26	12614,69	3,772%	B_D_20_80_30°_30	4433,79	8038,22	12472,01	4,084%
G_Y_20_80_30°_30	4005,92	7995,67	12001,59	5,697%	D_Y_20_80_30°_30	4368,15	8549,9	12918,05	1,458%	B_Y_20_80_30°_30	4391,46	8371,58	12763,04	1,846%
G_D_20_80_30°_50	3969,3	8229,17	12198,47	4,150%	D_D_20_80_30°_50	4413,61	8201,22	12614,83	3,771%	B_D_20_80_30°_50	4433,96	8038,24	12472,2	4,083%
G_Y_20_80_30°_50	4006,09	7995,71	12001,8	5,696%	D_Y_20_80_30°_50	4368,33	8549,81	12918,14	1,457%	B_Y_20_80_30°_50	4391,62	8371,6	12763,22	1,845%
G_D_20_80_45°_10	3998,83	8096,14	12094,97	4,964%	D_D_20_80_45°_10	4435,44	8072,17	12507,61	4,589%	B_D_20_80_45°_10	4455,32	7966,68	12422	4,469%
G_Y_20_80_45°_10	4040,89	7858,72	11899,61	6,499%	D_Y_20_80_45°_10	4376,3	8435,7	12812	2,267%	B_Y_20_80_45°_10	4399,66	8263,12	12662,78	2,617%
G_D_20_80_45°_30	4001,34	8093,73	12095,07	4,963%	D_D_20_80_45°_30	4437,59	8070,05	12507,64	4,588%	B_D_20_80_45°_30	4457,44	7912,99	12370,43	4,865%
G_Y_20_80_45°_30	4043,37	7856,43	11899,8	6,497%	D_Y_20_80_45°_30	4378,51	8433,33	12811,84	2,268%	B_Y_20_80_45°_30	4401,82	8260,68	12662,5	2,619%
G_D_20_80_45°_50	4001,47	8093,81	12095,28	4,961%	D_D_20_80_45°_50	4437,73	8070,1	12507,83	4,587%	B_D_20_80_45°_50	4457,58	7913,06	12370,64	4,864%
G_Y_20_80_45°_50	4043,49	7856,52	11900,01	6,495%	D_Y_20_80_45°_50	4378,66	8433,33	12811,99	2,267%	B_Y_20_80_45°_50	4401,96	8260,77	12662,73	2,618%
G_D_30_20_0°_10	4386,23	6583,29	10969,52	13,807%	D_D_30_20_0°_10	4681,95	6397,64	11079,59	15,482%	B_D_30_20_0°_10	4694,46	6328,77	11023,23	15,226%
G_Y_30_20_0°_10	4694,46	6328,77	11023,23	13,385%	D_Y_30_20_0°_10	4692,65	6915,68	11608,33	11,449%	B_Y_30_20_0°_10	4705,58	6742,1	11447,68	11,962%
G_D_30_20_0°_30	4386,67	6583,01	10969,68	13,806%	D_D_30_20_0°_30	4682,13	6397,38	11079,51	15,482%	B_D_30_20_0°_30	4694,16	6328,36	11022,52	15,232%
G_Y_30_20_0°_30	4450,39	6270,21	10720,6	15,763%	D_Y_30_20_0°_30	4693,11	6915,64	11608,75	11,445%	B_Y_30_20_0°_30	4706,06	6741,89	11447,95	11,960%
G_D_30_20_0°_50	4386,14	6584,17	10970,31	13,801%	D_D_30_20_0°_50	4681,76	6398,32	11080,08	15,478%	B_D_30_20_0°_50	4694,32	6329,19	11023,51	15,224%
G_Y_30_20_0°_50	4449,81	6271,12	10720,93	15,760%	D_Y_30_20_0°_50	4692,73	6916,66	11609,39	11,440%	B_Y_30_20_0°_50	4705,7	6742,81	11448,51	11,955%
G_D_30_20_15°_10	4487,89	6324,35	10812,24	15,043%	D_D_30_20_15°_10	4752,14	6174,04	10926,18	16,652%	B_D_30_20_15°_10	4760,9	6122,68	10883,58	16,300%
G_Y_30_20_15°_10	4601,83	6129,86	10731,69	15,676%	D_Y_30_20_15°_10	4682,98	6996,26	11679,24	10,908%	B_Y_30_20_15°_10	4698,07	6824	11522,07	11,390%
G_D_30_20_15°_30	4488,26	6324,03	10812,29	15,042%	D_D_30_20_15°_30	4752,57	6173,69	10926,26	16,652%	B_D_30_20_15°_30	4761,36	6122,34	10883,7	16,299%
G_Y_30_20_15°_30	4602,24	6129,33	10731,57	15,676%	D_Y_30_20_15°_30	4683,38	6996,38	11679,76	10,904%	B_Y_30_20_15°_30	4698,52	6823,98	11522,5	11,386%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_30_20_15°_50	4487,6	6325,21	10812,81	15,038%	D_D_30_20_15°_50	4752,14	6174,58	10926,72	16,648%	B_D_30_20_15°_50	4760,97	6123,16	10884,13	16,296%
G_Y_30_20_15°_50	4601,61	6130,26	10731,87	15,674%	D_Y_30_20_15°_50	4682,95	6997,57	11680,52	10,898%	B_Y_30_20_15°_50	4698,12	6825,05	11523,17	11,381%
G_D_30_20_30°_10	4588,4	6047,53	10635,93	16,428%	D_D_30_20_30°_10	4818,54	5923,31	10741,85	18,058%	B_D_30_20_30°_10	4824,89	5879,56	10704,45	17,678%
G_Y_30_20_30°_10	4703,57	5890,37	10593,94	16,758%	D_Y_30_20_30°_10	4693,27	6723,6	11416,87	12,909%	B_Y_30_20_30°_10	4709,54	6598,69	11308,23	13,034%
G_D_30_20_30°_30	4588,54	6047,34	10635,88	16,428%	D_D_30_20_30°_30	4818,82	5923,14	10741,96	18,057%	B_D_30_20_30°_30	4825,19	5879,4	10704,59	17,677%
G_Y_30_20_30°_30	4703,76	5890,11	10593,87	16,758%	D_Y_30_20_30°_30	4693,5	6724,04	11417,54	12,904%	B_Y_30_20_30°_30	4709,82	6599,16	11308,98	13,029%
G_D_30_20_30°_50	4587,64	6048,69	10636,33	16,425%	D_D_30_20_30°_50	4818,22	5924,23	10742,45	18,054%	B_D_30_20_30°_50	4824,63	5880,39	10705,02	17,673%
G_Y_30_20_30°_50	4702,91	5891,27	10594,18	16,756%	D_Y_30_20_30°_50	4692,91	6725,63	11418,54	12,896%	B_Y_30_20_30°_50	4709,28	6600,68	11309,96	13,021%
G_D_30_20_45°_10	4692,75	5704,19	10396,94	18,306%	D_D_30_20_45°_10	4885,69	5606,34	10492,03	19,964%	B_D_30_20_45°_10	4890,56	5578,21	10468,77	19,490%
G_Y_30_20_45°_10	4797,06	5569,33	10366,39	18,546%	D_Y_30_20_45°_10	4739,3	6156,78	10896,08	16,882%	B_Y_30_20_45°_10	4754,08	6127,43	10881,51	16,316%
G_D_30_20_45°_30	4692,31	5704,63	10396,94	18,306%	D_D_30_20_45°_30	4885,5	5606,87	10492,37	19,961%	B_D_30_20_45°_30	4890,41	5578,65	10469,06	19,488%
G_Y_30_20_45°_30	4796,68	5569,8	10366,48	18,545%	D_Y_30_20_45°_30	4739,13	6157,97	10897,1	16,874%	B_Y_30_20_45°_30	4753,97	6128,66	10882,63	16,307%
G_D_30_20_45°_50	4690,99	5706,54	10397,53	18,301%	D_D_30_20_45°_50	4884,55	5608,32	10492,87	19,958%	B_D_30_20_45°_50	4889,53	5579,98	10469,51	19,484%
G_Y_30_20_45°_50	4795,45	5571,31	10366,76	18,543%	D_Y_30_20_45°_50	4738,21	6160,14	10898,35	16,864%	B_Y_30_20_45°_50	4753,09	6130,69	10883,78	16,299%
G_D_30_40_0°_10	4131,37	7536,65	11668,02	8,318%	D_D_30_40_0°_10	4511,81	7426,82	11938,63	8,929%	B_D_30_40_0°_10	4530,18	7281,36	11811,54	9,164%
G_Y_30_40_0°_10	4150,55	7150,19	11300,74	11,204%	D_Y_30_40_0°_10	4533,13	7802,19	12335,32	5,903%	B_Y_30_40_0°_10	4551,07	7590,23	12141,3	6,628%
G_D_30_40_0°_30	4131,89	7536,44	11668,33	8,316%	D_D_30_40_0°_30	4512,33	7426,63	11938,96	8,926%	B_D_30_40_0°_30	4530,71	7281,1	11811,81	9,162%
G_Y_30_40_0°_30	4151,08	7149,92	11301	11,202%	D_Y_30_40_0°_30	4533,62	7801,99	12335,61	5,901%	B_Y_30_40_0°_30	4551,58	7590,05	12141,63	6,625%
G_D_30_40_0°_50	4131,63	7537,13	11668,76	8,312%	D_D_30_40_0°_50	4512,15	7427,24	11939,39	8,923%	B_D_30_40_0°_50	4530,55	7281,6	11812,15	9,159%
G_Y_30_40_0°_50	4150,81	7150,54	11301,35	11,199%	D_Y_30_40_0°_50	4533,43	7802,5	12335,93	5,898%	B_Y_30_40_0°_50	4551,4	7590,54	12141,94	6,623%
G_D_30_40_15°_10	4209,05	7276,2	11485,25	9,754%	D_D_30_40_15°_10	4572,53	7107,07	11679,6	10,905%	B_D_30_40_15°_10	4587,61	7021,35	11608,96	10,722%
G_Y_30_40_15°_10	4282,78	6951,3	11234,08	11,728%	D_Y_30_40_15°_10	4520,15	7873,32	12393,47	5,459%	B_Y_30_40_15°_10	4539,82	7657,13	12196,95	6,200%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_30_40_15°_30	4209,52	7276,17	11485,69	9,751%	D_D_30_40_15°_30	4573,02	7106,86	11679,88	10,903%	B_D_30_40_15°_30	4588,11	7021,06	11609,17	10,720%
G_Y_30_40_15°_30	4283,22	6950,99	11234,21	11,727%	D_Y_30_40_15°_30	4520,65	7873,28	12393,93	5,456%	B_Y_30_40_15°_30	4540,32	7657,19	12197,51	6,195%
G_D_30_40_15°_53	4209,2	7276,9	11486,1	9,748%	D_D_30_40_15°_51	4572,79	7107,66	11680,45	10,898%	B_D_30_40_15°_52	4587,91	7021,8	11609,71	10,716%
G_Y_30_40_15°_50	4282,88	6951,84	11234,72	11,723%	D_Y_30_40_15°_54	4520,41	7873,85	12394,26	5,453%	B_Y_30_40_15°_55	4540,11	7657,74	12197,85	6,193%
G_D_30_40_30°_10	4300,64	6961,47	11262,11	11,508%	D_D_30_40_30°_10	4641,11	6758,65	11399,76	13,040%	B_D_30_40_30°_10	4652,97	6714,9	11367,87	12,576%
G_Y_30_40_30°_10	4413,92	6658,2	11072,12	13,001%	D_Y_30_40_30°_10	4526,48	7710,79	12237,27	6,651%	B_Y_30_40_30°_10	4546,97	7522,27	12069,24	7,182%
G_D_30_40_30°_30	4300,96	6961,43	11262,39	11,506%	D_D_30_40_30°_30	4641,49	6758,6	11400,09	13,037%	B_D_30_40_30°_30	4653,37	6714,73	11368,1	12,574%
G_Y_30_40_30°_30	4414,23	6658,01	11072,24	13,000%	D_Y_30_40_30°_30	4526,9	7710,75	12237,65	6,648%	B_Y_30_40_30°_30	4547,39	7522,24	12069,63	7,179%
G_D_30_40_30°_50	4300,48	6962,35	11262,83	11,502%	D_D_30_40_30°_50	4641,14	6759,24	11400,38	13,035%	B_D_30_40_30°_50	4653,06	6715,32	11368,38	12,572%
G_Y_30_40_30°_50	4413,72	6658,76	11072,48	12,998%	D_Y_30_40_30°_50	4526,56	7711,53	12238,09	6,645%	B_Y_30_40_30°_50	4547,07	7522,96	12070,03	7,176%
G_D_30_40_45°_10	4409,17	6586,91	10996,08	13,598%	D_D_30_40_45°_10	4716,11	6408,07	11124,18	15,142%	B_D_30_40_45°_10	4725,43	6366,51	11091,94	14,698%
G_Y_30_40_45°_10	4540,51	6306,6	10847,11	14,769%	D_Y_30_40_45°_10	4561,75	7341,69	11903,44	9,197%	B_Y_30_40_45°_10	4581,75	7194,93	11776,68	9,432%
G_D_30_40_45°_30	4409,17	6587,34	10996,51	13,595%	D_D_30_40_45°_30	4716,23	6408,25	11124,48	15,139%	B_D_30_40_45°_30	4725,57	6366,64	11092,21	14,696%
G_Y_30_40_45°_30	4540,47	6306,76	10847,23	14,768%	D_Y_30_40_45°_30	4561,91	7342,11	11904,02	9,193%	B_Y_30_40_45°_30	4581,91	7195,31	11777,22	9,428%
G_D_30_40_45°_50	4408,36	6588,56	10996,92	13,591%	D_D_30_40_45°_50	4715,66	6409,17	11124,83	15,137%	B_D_30_40_45°_50	4725,05	6367,44	11092,49	14,693%
G_Y_30_40_45°_50	4539,68	6307,74	10847,42	14,766%	D_Y_30_40_45°_50	4561,36	7343,27	11904,63	9,188%	B_Y_30_40_45°_50	4581,39	7196,39	11777,78	9,423%
G_D_30_60_0°_10	4020,84	7992,8	12013,64	5,603%	D_D_30_60_0°_10	4433,68	7929,58	12363,26	5,690%	B_D_30_60_0°_10	4457,99	7760,56	12218,55	6,033%
G_Y_30_60_0°_10	4028,59	7680,13	11708,72	7,998%	D_Y_30_60_0°_10	4457,02	8187,53	12644,55	3,544%	B_Y_30_60_0°_10	4477,43	7973,81	12451,24	4,244%
G_D_30_60_0°_30	4021,36	7992,49	12013,85	5,601%	D_D_30_60_0°_30	4438,17	7929,35	12367,52	5,657%	B_D_30_60_0°_30	4458,48	7760,31	12218,79	6,032%
G_Y_30_60_0°_30	4029,13	7679,89	11709,02	7,996%	D_Y_30_60_0°_30	4457,5	8187,17	12644,67	3,543%	B_Y_30_60_0°_30	4477,91	7973,58	12451,49	4,242%
G_D_30_60_0°_50	4021,19	7992,95	12014,14	5,599%	D_D_30_60_0°_50	4438,08	7929,76	12367,84	5,655%	B_D_30_60_0°_50	4458,38	7760,66	12219,04	6,030%
G_Y_30_60_0°_50	4028,69	7680,41	11709,1	7,995%	D_Y_30_60_0°_50	4457,39	8187,51	12644,9	3,541%	B_Y_30_60_0°_50	4477,81	7973,92	12451,73	4,240%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_30_60_15°_10	4077,03	7773,87	11850,9	6,881%	D_D_30_60_15°_10	4485,04	7674,69	12159,73	7,242%	B_D_30_60_15°_10	4503,36	7542,19	12045,55	7,364%
G_Y_30_60_15°_10	4126,35	7426,19	11552,54	9,226%	D_Y_30_60_15°_10	4445,91	8222,83	12668,74	3,359%	B_Y_30_60_15°_10	4467,47	8029,09	12496,56	3,895%
G_D_30_60_15°_30	4077,52	7773,6	11851,12	6,880%	D_D_30_60_15°_30	4485,5	7674,51	12160,01	7,240%	B_D_30_60_15°_30	4503,83	7541,97	12045,8	7,362%
G_Y_30_60_15°_30	4126,82	7425,89	11552,71	9,224%	D_Y_30_60_15°_30	4446,38	8222,5	12668,88	3,358%	B_Y_30_60_15°_30	4467,95	8028,88	12496,83	3,893%
G_D_30_60_15°_50	4077,31	7774,11	11851,42	6,877%	D_D_30_60_15°_50	4485,37	7674,96	12160,33	7,238%	B_D_30_60_15°_50	4503,71	7542,34	12046,05	7,360%
G_Y_30_60_15°_50	4126,6	7426,4	11553	9,222%	D_Y_30_60_15°_50	4446,25	8222,86	12669,11	3,357%	B_Y_30_60_15°_50	4467,81	8029,26	12497,07	3,892%
G_D_30_60_30°_10	4143,31	7518,06	11661,37	8,371%	D_D_30_60_30°_10	4537,67	7387,77	11925,44	9,030%	B_D_30_60_30°_10	4553,95	7286,3	11840,25	8,943%
G_Y_30_60_30°_10	4224,01	7138,49	11362,5	10,719%	D_Y_30_60_30°_10	4448,99	8135,63	12584,62	4,001%	B_Y_30_60_30°_10	4470,94	7930,25	12401,19	4,629%
G_D_30_60_30°_30	4143,69	7517,91	11661,6	8,369%	D_D_30_60_30°_30	4538,06	7387,7	11925,76	9,027%	B_D_30_60_30°_30	4554,35	7286,17	11840,52	8,941%
G_Y_30_60_30°_30	4224,39	7138,29	11362,68	10,718%	D_Y_30_60_30°_30	4449,4	8135,42	12584,82	4,000%	B_Y_30_60_30°_30	4471,35	7930,13	12401,48	4,627%
G_D_30_60_30°_50	4143,36	7518,56	11661,92	8,366%	D_D_30_60_30°_50	4537,83	7388,27	11926,1	9,024%	B_D_30_60_30°_50	4554,13	7286,65	11840,78	8,939%
G_Y_30_60_30°_50	4224,04	7138,9	11362,94	10,715%	D_Y_30_60_30°_50	4449,17	8135,94	12585,11	3,997%	B_Y_30_60_30°_50	4471,12	7930,64	12401,76	4,625%
G_D_30_60_45°_10	4217,4	7234,25	11451,65	10,018%	D_D_30_60_45°_10	4591,27	7102,13	11693,4	10,800%	B_D_30_60_45°_10	4605,64	7018,81	11624,45	10,602%
G_Y_30_60_45°_10	4311,51	6849,48	11160,99	12,302%	D_Y_30_60_45°_10	4472,38	7887,99	12360,37	5,712%	B_Y_30_60_45°_10	4494,01	7702,93	12196,94	6,200%
G_D_30_60_45°_30	4217,54	7234,48	11452,02	10,016%	D_D_30_60_45°_30	4591,43	7102,31	11693,74	10,797%	B_D_30_60_45°_30	4605,85	7018,94	11624,79	10,600%
G_Y_30_60_45°_30	4311,63	6849,64	11161,27	12,300%	D_Y_30_60_45°_30	4472,61	7888,09	12360,7	5,709%	B_Y_30_60_45°_30	4494,23	7703,07	12197,3	6,197%
G_D_30_60_45°_50	4216,95	7235,42	11452,37	10,013%	D_D_30_60_45°_50	4591	7103,1	11694,1	10,794%	B_D_30_60_45°_50	4605,45	7019,65	11625,1	10,597%
G_Y_30_60_45°_50	4311,05	6850,44	11161,49	12,298%	D_Y_30_60_45°_50	4472,18	7888,9	12361,08	5,706%	B_Y_30_60_45°_50	4493,81	7703,84	12197,65	6,194%
G_D_30_80_0°_10	3961,42	8256,59	12218,01	3,997%	D_D_30_80_0°_10	4398,19	8212,43	12610,62	3,803%	B_D_30_80_0°_10	4419,65	8034,88	12454,53	4,219%
G_Y_30_80_0°_10	3965,28	7994,12	11959,4	6,029%	D_Y_30_80_0°_10	4414,25	8398,9	12813,15	2,258%	B_Y_30_80_0°_10	4435,85	8188,59	12624,44	2,912%
G_D_30_80_0°_30	3961,94	8256,25	12218,19	3,995%	D_D_30_80_0°_30	4398,67	8212,08	12610,75	3,802%	B_D_30_80_0°_30	4420,11	8034,62	12454,73	4,217%
G_Y_30_80_0°_30	3965,8	7993,84	11959,64	6,027%	D_Y_30_80_0°_30	4414,71	8398,52	12813,23	2,257%	B_Y_30_80_0°_30	4436,3	8188,34	12624,64	2,910%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_30_80_0°_50	3961,8	8256,62	12218,42	3,994%	D_D_30_80_0°_50	4398,6	8212,38	12610,98	3,800%	B_D_30_80_0°_50	4420,04	8034,91	12454,95	4,215%
G_Y_30_80_0°_50	3965,67	7994,22	11959,89	6,025%	D_Y_30_80_0°_50	4414,63	8398,76	12813,39	2,256%	B_Y_30_80_0°_50	4436,23	8188,61	12624,84	2,909%
G_D_30_80_15°_10	4004,42	8072,05	12076,47	5,109%	D_D_30_80_15°_10	4435,78	8005,81	12441,59	5,092%	B_D_30_80_15°_10	4455,58	7853,73	12309,31	5,336%
G_Y_30_80_15°_10	4041	7761,42	11802,42	7,262%	D_Y_30_80_15°_10	4404,55	8427,89	12832,44	2,111%	B_Y_30_80_15°_10	4426,92	8236,48	12663,4	2,612%
G_D_30_80_15°_30	4004,91	8071,74	12076,65	5,107%	D_D_30_80_15°_30	4404,2	8424,3	12828,5	2,141%	B_D_30_80_15°_30	4455,6	7852,62	12308,22	5,344%
G_Y_30_80_15°_30	4004,3	8068,87	12073,17	5,135%	D_Y_30_80_15°_30	4405	8427,5	12832,5	2,110%	B_Y_30_80_15°_30	4427,36	8236,22	12663,58	2,611%
G_D_30_80_15°_50	4004,74	8072,15	12076,89	5,106%	D_D_30_80_15°_50	4436,14	8006	12442,14	5,088%	B_D_30_80_15°_50	4455,92	7853,84	12309,76	5,332%
G_Y_30_80_15°_50	4041,32	7661,67	11702,99	8,044%	D_Y_30_80_15°_50	4404,89	8427,79	12832,68	2,109%	B_Y_30_80_15°_50	4427,26	8236,54	12663,8	2,609%
G_D_30_80_30°_10	4055,02	7862,82	11917,84	6,355%	D_D_30_80_30°_10	4476,39	7781,51	12257,9	6,493%	B_D_30_80_30°_10	4494,87	7650,59	12145,46	6,596%
G_Y_30_80_30°_10	4115,06	7516,31	11631,37	8,606%	D_Y_30_80_30°_10	4406,55	8370,58	12777,13	2,533%	B_Y_30_80_30°_10	4429,35	8160,82	12590,17	3,176%
G_D_30_80_30°_30	4055,43	7862,62	11918,05	6,354%	D_D_30_80_30°_30	4476,78	7781,39	12258,17	6,491%	B_D_30_80_30°_30	4495,25	7650,46	12145,71	6,594%
G_Y_30_80_30°_30	4115,47	7516,17	11631,64	8,604%	D_Y_30_80_30°_30	4406,96	8370,29	12777,25	2,532%	B_Y_30_80_30°_30	4429,73	8160,65	12590,38	3,174%
G_D_30_80_30°_50	4055,15	7863,14	11918,29	6,352%	D_D_30_80_30°_50	4476,6	7781,88	12258,48	6,489%	B_D_30_80_30°_50	4495,08	7650,87	12145,95	6,592%
G_Y_30_80_30°_50	4115,19	7516,7	11631,89	8,602%	D_Y_30_80_30°_50	4406,77	8370,71	12777,48	2,530%	B_Y_30_80_30°_50	4429,55	8161,08	12590,63	3,172%
G_D_30_80_45°_10	4108,27	7648,35	11756,62	7,622%	D_D_30_80_45°_10	4515,5	7568,71	12084,21	7,818%	B_D_30_80_45°_10	4532,96	7451,91	11984,87	7,831%
G_Y_30_80_45°_10	4178,13	7288,26	11466,39	9,903%	D_Y_30_80_45°_10	4423,42	8188,27	12611,69	3,795%	B_Y_30_80_45°_10	4445,97	7990	12435,97	4,361%
G_D_30_80_45°_30	4108,53	7648,36	11756,89	7,620%	D_D_30_80_45°_30	4515,77	7568,74	12084,51	7,816%	B_D_30_80_45°_30	4533,23	7451,95	11985,18	7,828%
G_Y_30_80_45°_30	4178,37	7288,32	11466,69	9,900%	D_Y_30_80_45°_30	4423,71	8188,17	12611,88	3,793%	B_Y_30_80_45°_30	4446,24	7989,99	12436,23	4,359%
G_D_30_80_45°_50	4108,09	7649,07	11757,16	7,618%	D_D_30_80_45°_50	4515,46	7569,38	12084,84	7,814%	B_D_30_80_45°_50	4532,94	7452,5	11985,44	7,826%
G_Y_30_80_45°_50	4177,94	7288,98	11466,92	9,898%	D_Y_30_80_45°_50	4423,39	8188,79	12612,18	3,791%	B_Y_30_80_45°_50	4445,94	7990,58	12436,52	4,357%
G_D_40_20_0°_10	4304,71	6251,35	10556,06	17,056%	D_D_40_20_0°_10	4609,41	6092,3	10701,71	18,364%	B_D_40_20_0°_10	4626,24	6036,74	10662,98	17,997%
G_Y_40_20_0°_10	4412,41	5992,62	10405,03	18,242%	D_Y_40_20_0°_10	4612,05	6629,19	11241,24	14,249%	B_Y_40_20_0°_10	4630,73	6480,26	11110,99	14,551%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_40_20_0°_30	4304,72	6251,44	10556,16	17,055%	D_D_40_20_0°_30	4609,51	6092,31	10701,82	18,364%	B_D_40_20_0°_30	4626,39	6036,71	10663,1	17,996%
G_Y_40_20_0°_30	4412,44	5992,46	10404,9	18,243%	D_Y_40_20_0°_30	4612,15	6629,56	11241,71	14,245%	B_Y_40_20_0°_30	4630,78	6480,44	11111,22	14,549%
G_D_40_20_0°_50	4303,9	6252,75	10556,65	17,051%	D_D_40_20_0°_50	4608,99	6093,46	10702,45	18,359%	B_D_40_20_0°_50	4625,92	6037,75	10663,67	17,991%
G_Y_40_20_0°_50	4411,62	5993,55	10405,17	18,241%	D_Y_40_20_0°_50	4611,59	6630,94	11242,53	14,239%	B_Y_40_20_0°_50	4630,39	6481,66	11112,05	14,543%
G_D_40_20_15°_10	4432,44	6034,52	10466,96	17,756%	D_D_40_20_15°_10	4681,51	5905,03	10586,54	19,243%	B_D_40_20_15°_10	4693,27	5863,99	10557,26	18,810%
G_Y_40_20_15°_10	4546,56	5886,85	10433,41	18,019%	D_Y_40_20_15°_10	4602,5	6683,76	11286,26	13,905%	B_Y_40_20_15°_10	4623,98	6560,8	11184,78	13,984%
G_D_40_20_15°_30	4432,37	6034,53	10466,9	17,756%	D_D_40_20_15°_30	4681,56	5905,05	10586,61	19,242%	B_D_40_20_15°_30	4693,37	5864	10557,37	18,809%
G_Y_40_20_15°_30	4546,51	5868,8	10415,31	18,161%	D_Y_40_20_15°_30	4602,54	6684,38	11286,92	13,900%	B_Y_40_20_15°_30	4624,09	6561,25	11185,34	13,979%
G_D_40_20_15°_50	4431,43	6035,85	10467,28	17,753%	D_D_40_20_15°_50	4680,96	5906,17	10587,13	19,239%	B_D_40_20_15°_50	4692,84	5865,07	10557,91	18,805%
G_Y_40_20_15°_50	4545,64	5869,94	10415,58	18,159%	D_Y_40_20_15°_50	4601,92	6686,01	11287,93	13,893%	B_Y_40_20_15°_50	4623,53	6562,71	11186,24	13,972%
G_D_40_20_30°_10	4530,96	5780,84	10311,8	18,975%	D_D_40_20_30°_10	4741,02	5678,52	10419,54	20,517%	B_D_40_20_30°_10	4749,83	5653,94	10403,77	19,990%
G_Y_40_20_30°_10	4636,48	5652,51	10288,99	19,154%	D_Y_40_20_30°_10	4612,97	6359,46	10972,43	16,299%	B_Y_40_20_30°_10	4634,43	6286,28	10920,71	16,015%
G_D_40_20_30°_30	4530,65	5781,16	10311,81	18,975%	D_D_40_20_30°_30	4740,87	5678,78	10419,65	20,516%	B_D_40_20_30°_30	4749,75	5654,19	10403,94	19,989%
G_Y_40_20_30°_30	4636,21	5652,72	10288,93	19,155%	D_Y_40_20_30°_30	4612,79	6360,42	10973,21	16,293%	B_Y_40_20_30°_30	4634,34	6287,34	10921,68	16,007%
G_D_40_20_30°_50	4529,54	5783,24	10312,78	18,967%	D_D_40_20_30°_50	4740,09	5680,11	10420,2	20,512%	B_D_40_20_30°_50	4749,05	5655,46	10404,51	19,984%
G_Y_40_20_30°_50	4635,16	5654,1	10289,26	19,152%	D_Y_40_20_30°_50	4612,02	6362,4	10974,42	16,284%	B_Y_40_20_30°_50	4633,63	6289,22	10922,85	15,998%
G_D_40_20_45°_10	4626,84	5478,73	10105,57	20,595%	D_D_40_20_45°_10	4802,55	5387,03	10189,58	22,271%	B_D_40_20_45°_10	4809,06	5371,03	10180,09	21,710%
G_Y_40_20_45°_10	4721,14	5356,65	10077,79	20,814%	D_Y_40_20_45°_10	4657,64	5817,69	10475,33	20,091%	B_Y_40_20_45°_10	4676,65	5815,46	10492,11	19,311%
G_D_40_20_45°_30	4625,83	5479,92	10105,75	20,594%	D_D_40_20_45°_30	4801,9	5388,06	10189,96	22,268%	B_D_40_20_45°_30	4808,51	5372,05	10180,56	21,707%
G_Y_40_20_45°_30	4720,2	5357,68	10077,88	20,813%	D_Y_40_20_45°_30	4657	5819,48	10476,48	20,083%	B_Y_40_20_45°_30	4676,06	5817,17	10493,23	19,302%
G_D_40_20_45°_50	4624,37	5481,82	10106,19	20,590%	D_D_40_20_45°_50	4800,86	5389,63	10190,49	22,264%	B_D_40_20_45°_50	4807,57	5373,56	10181,13	21,702%
G_Y_40_20_45°_50	4718,8	5359,27	10078,07	20,811%	D_Y_40_20_45°_50	4655,95	5821,72	10477,67	20,073%	B_Y_40_20_45°_50	4675,08	5819,42	10494,5	19,292%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_40_40_0°_10	4001,9	7216,72	11218,62	11,849%	D_D_40_40_0°_10	4421,87	7134,42	11556,29	11,845%	B_D_40_40_0°_10	4445,02	6981,8	11426,82	12,122%
G_Y_40_40_0°_10	4044,35	6827,49	10871,84	14,574%	D_Y_40_40_0°_10	4442,32	7585,05	12027,37	8,252%	B_Y_40_40_0°_10	4466,53	7382,41	11848,94	8,876%
G_D_40_40_0°_30	4002,09	7216,89	11218,98	11,847%	D_D_40_40_0°_30	4422,1	7134,63	11556,73	11,842%	B_D_40_40_0°_30	4445,27	6981,83	11427,1	12,120%
G_Y_40_40_0°_30	4044,53	6828,22	10872,75	14,567%	D_Y_40_40_0°_30	4442,52	7585,24	12027,76	8,249%	B_Y_40_40_0°_30	4466,76	7382,48	11849,24	8,874%
G_D_40_40_0°_50	4001,65	7217,85	11219,5	11,843%	D_D_40_40_0°_50	4421,81	7135,43	11557,24	11,838%	B_D_40_40_0°_50	4444,99	6982,53	11427,52	12,117%
G_Y_40_40_0°_50	4044,05	6828,38	10872,43	14,570%	D_Y_40_40_0°_50	4442,2	7586,01	12028,21	8,246%	B_Y_40_40_0°_50	4466,47	7383,18	11849,65	8,871%
G_D_40_40_15°_10	4116,55	6938,21	11054,76	13,137%	D_D_40_40_15°_10	4496,04	6757,23	11253,27	14,157%	B_D_40_40_15°_10	4514,45	6710,76	11225,21	13,673%
G_Y_40_40_15°_10	4225,21	6661,69	10886,9	14,456%	D_Y_40_40_15°_10	4426,96	7654,24	12081,2	7,841%	B_Y_40_40_15°_10	4453,38	7461,64	11915,02	8,368%
G_D_40_40_15°_30	4116,65	6938,39	11055,04	13,135%	D_D_40_40_15°_30	4496,23	6757,31	11253,54	14,155%	B_D_40_40_15°_30	4514,67	6710,72	11225,39	13,671%
G_Y_40_40_15°_30	4225,3	6661,64	10886,94	14,456%	D_Y_40_40_15°_30	4427,14	7654,49	12081,63	7,838%	B_Y_40_40_15°_30	4453,59	7661,81	12115,4	6,827%
G_D_40_40_15°_50	4116,13	6939,42	11055,55	13,131%	D_D_40_40_15°_50	4495,89	6758,09	11253,98	14,152%	B_D_40_40_15°_50	4514,34	6711,44	11225,78	13,668%
G_Y_40_40_15°_50	4224,74	6662,53	10887,27	14,453%	D_Y_40_40_15°_50	4426,79	7655,36	12082,15	7,834%	B_Y_40_40_15°_50	4453,26	7462,59	11915,85	8,361%
G_D_40_40_30°_10	4240,73	6611,91	10852,64	14,725%	D_D_40_40_30°_10	4573,52	6461,27	11034,79	15,824%	B_D_40_40_30°_10	4587,85	6408,69	10996,54	15,431%
G_Y_40_40_30°_10	4388,95	6386,12	10775,07	15,335%	D_Y_40_40_30°_10	4431,92	7434,19	11866,11	9,482%	B_Y_40_40_30°_10	4458,63	7288,19	11746,82	9,661%
G_D_40_40_30°_30	4240,67	6612,29	10852,96	14,723%	D_D_40_40_30°_30	4573,59	6461,44	11035,03	15,822%	B_D_40_40_30°_30	4587,95	6408,84	10996,79	15,429%
G_Y_40_40_30°_30	4388,89	6386,27	10775,16	15,334%	D_Y_40_40_30°_30	4432,01	7434,68	11866,69	9,478%	B_Y_40_40_30°_30	4458,74	7288,6	11747,34	9,657%
G_D_40_40_30°_50	4239,96	6613,47	10853,43	14,719%	D_D_40_40_30°_50	4573,12	6462,31	11035,43	15,819%	B_D_40_40_30°_50	4587,51	6409,62	10997,13	15,427%
G_Y_40_40_30°_50	4388,17	6387,24	10775,41	15,332%	D_Y_40_40_30°_50	4431,56	7435,86	11867,42	9,472%	B_Y_40_40_30°_50	4458,3	7289,62	11747,92	9,653%
G_D_40_40_45°_10	4381,13	6229,34	10610,47	16,628%	D_D_40_40_45°_10	4657,92	6093,87	10751,79	17,982%	B_D_40_40_45°_10	4668,74	6048,03	10716,77	17,583%
G_Y_40_40_45°_10	4529,18	6031,16	10560,34	17,022%	D_Y_40_40_45°_10	4471,98	6955,27	11427,25	12,830%	B_Y_40_40_45°_10	4497,76	6839,93	11337,69	12,808%
G_D_40_40_45°_30	4380,64	6230,16	10610,8	16,625%	D_D_40_40_45°_30	4657,67	6094,45	10752,12	17,980%	B_D_40_40_45°_30	4668,54	6048,51	10717,05	17,581%
G_Y_40_40_45°_30	4528,74	6031,77	10560,51	17,021%	D_Y_40_40_45°_30	4471,78	6956,39	11428,17	12,823%	B_Y_40_40_45°_30	4497,58	6841,08	11338,66	12,800%

Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_40_40_45°_50	4379,6	6231,62	10611,22	16,622%	D_D_40_40_45°_50	4656,98	6095,56	10752,54	17,977%	B_D_40_40_45°_50	4667,9	6049,49	10717,39	17,578%
G_Y_40_40_45°_50	4527,79	6032,98	10560,77	17,019%	D_Y_40_40_45°_50	4471,12	6957,9	11429,02	12,816%	B_Y_40_40_45°_50	4496,93	6842,54	11339,47	12,794%
G_D_40_60_0°_10	3857,02	7720,54	11577,56	9,029%	D_D_40_60_0°_10	4330,39	7669,1	11999,49	8,465%	B_D_40_60_0°_10	4357,02	7520,34	11877,36	8,657%
G_Y_40_60_0°_10	3878,47	7352,25	11230,72	11,754%	D_Y_40_60_0°_10	4353,79	8036,38	12390,17	5,484%	B_Y_40_60_0°_10	4380,2	7821,83	12202,03	6,161%
G_D_40_60_0°_30	3857,26	7720,62	11577,88	9,027%	D_D_40_60_0°_30	4330,64	7669,36	12000	8,461%	B_D_40_60_0°_30	4357,28	7520,38	11877,66	8,655%
G_Y_40_60_0°_30	3878,72	7352,4	11231,12	11,751%	D_Y_40_60_0°_30	4354,01	8036,36	12390,37	5,483%	B_Y_40_60_0°_30	4380,43	7821,84	12202,27	6,159%
G_D_40_60_0°_50	3856,96	7721,32	11578,28	9,023%	D_D_40_60_0°_50	4330,43	7669,97	12000,4	8,458%	B_D_40_60_0°_50	4357,07	7520,91	11877,98	8,653%
G_Y_40_60_0°_50	3878,41	7353,05	11231,46	11,749%	D_Y_40_60_0°_50	4353,79	8036,88	12390,67	5,481%	B_Y_40_60_0°_50	4380,21	7822,35	12202,56	6,156%
G_D_40_60_15°_10	3945,55	7469,57	11415,12	10,305%	D_D_40_60_15°_10	4392	7355,98	11747,98	10,383%	B_D_40_60_15°_10	4414,56	7259,71	11674,27	10,219%
G_Y_40_60_15°_10	4020,21	7143,24	11163,45	12,283%	D_Y_40_60_15°_10	4337,78	8093,04	12430,82	5,174%	B_Y_40_60_15°_10	4365,86	7887,28	12253,14	5,767%
G_D_40_60_15°_30	3945,75	7469,65	11415,4	10,303%	D_D_40_60_15°_30	4392,22	7356,05	11748,27	10,381%	B_D_40_60_15°_30	4414,8	7259,72	11674,52	10,217%
G_Y_40_60_15°_30	4020,39	7143,28	11163,67	12,281%	D_Y_40_60_15°_30	4338	8093,05	12431,05	5,173%	B_Y_40_60_15°_30	4366,08	7887,33	12253,41	5,765%
G_D_40_60_15°_50	3945,39	7470,37	11415,76	10,300%	D_D_40_60_15°_50	4391,96	7356,7	11748,66	10,378%	B_D_40_60_15°_50	4414,57	7260,29	11674,86	10,215%
G_Y_40_60_15°_50	4020,01	7143,96	11163,97	12,279%	D_Y_40_60_15°_50	4337,74	8093,61	12431,35	5,170%	B_Y_40_60_15°_50	4365,84	7887,88	12253,72	5,763%
G_D_40_60_30°_10	4046,58	7167,85	11214,43	11,882%	D_D_40_60_30°_10	4460,94	7011,01	11471,95	12,489%	B_D_40_60_30°_10	4479,97	6957,12	11437,09	12,043%
G_Y_40_60_30°_10	4161,02	6845,83	11006,85	13,513%	D_Y_40_60_30°_10	4339,6	7938,46	12278,06	6,340%	B_Y_40_60_30°_10	4368,54	7757,05	12125,59	6,748%
G_D_40_60_30°_30	4046,63	7168,11	11214,74	11,880%	D_D_40_60_30°_30	4461,06	7011,17	11472,23	12,487%	B_D_40_60_30°_30	4480,11	6957,24	11437,35	12,041%
G_Y_40_60_30°_30	4161,05	6845,98	11007,03	13,512%	D_Y_40_60_30°_30	4339,75	7936,64	12276,39	6,352%	B_Y_40_60_30°_30	4368,71	7757,23	12125,94	6,746%
G_D_40_60_30°_50	4046,11	7169	11215,11	11,877%	D_D_40_60_30°_50	4460,71	7011,91	11472,62	12,484%	B_D_40_60_30°_50	4479,78	6957,89	11437,67	12,039%
G_Y_40_60_30°_50	4160,52	6846,75	11007,27	13,510%	D_Y_40_60_30°_50	4339,41	7937,4	12276,81	6,349%	B_Y_40_60_30°_50	4368,37	7757,95	12126,32	6,743%
G_D_40_60_45°_10	4160,47	6809,21	10969,68	13,806%	D_D_40_60_45°_10	4534,02	6654,38	11188,4	14,652%	B_D_40_60_45°_10	4550,15	6616,73	11166,88	14,121%
G_Y_40_60_45°_10	4291,88	6501,66	10793,54	15,190%	D_Y_40_60_45°_10	4368,61	7591,97	11960,58	8,761%	B_Y_40_60_45°_10	4396,94	7448,7	11845,64	8,901%

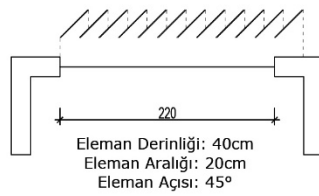
Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_40_60_45°_30	4160,18	6809,87	10970,05	13,803%	D_D_40_60_45°_30	4333,9	6654,83	10988,73	16,175%	B_D_40_60_45°_30	4550,06	6617,13	11167,19	14,119%
G_Y_40_60_45°_30	4291,59	6502,11	10793,7	15,188%	D_Y_40_60_45°_30	4368,52	7592,61	11961,13	8,757%	B_Y_40_60_45°_30	4396,86	7449,29	11846,15	8,897%
G_D_40_60_45°_50	4159,41	6811,02	10970,43	13,800%	D_D_40_60_45°_50	4533,38	6654,74	11188,12	14,654%	B_D_40_60_45°_50	4549,58	6617,89	11167,47	14,117%
G_Y_40_60_45°_50	4290,83	6503,02	10793,85	15,187%	D_Y_40_60_45°_50	4368	7593,71	11961,71	8,753%	B_Y_40_60_45°_50	4396,36	7450,25	11846,61	8,894%
G_D_40_80_0°_10	3776,01	8024,38	11800,39	7,278%	D_D_40_80_0°_10	4278,58	8014,19	12292,77	6,227%	B_D_40_80_0°_10	4306,96	7848,32	12155,28	6,520%
G_Y_40_80_0°_10	3787,72	7702,81	11490,53	9,713%	D_Y_40_80_0°_10	4299,98	8289,1	12589,08	3,967%	B_Y_40_80_0°_10	4327,88	8075,82	12403,7	4,610%
G_D_40_80_0°_30	3776,27	8024,33	11800,6	7,277%	D_D_40_80_0°_30	4278,83	8014,19	12293,02	6,226%	B_D_40_80_0°_30	4307,21	7848,28	12155,49	6,518%
G_Y_40_80_0°_30	3787,99	7702,8	11490,79	9,711%	D_Y_40_80_0°_30	4300,22	8288,97	12589,19	3,966%	B_Y_40_80_0°_30	4328,12	8075,8	12403,92	4,608%
G_D_40_80_0°_50	3776,02	8024,89	11800,91	7,274%	D_D_40_80_0°_50	4278,65	8014,69	12293,34	6,223%	B_D_40_80_0°_50	4307,05	7848,71	12155,76	6,516%
G_Y_40_80_0°_50	3787,74	7703,41	11491,15	9,708%	D_Y_40_80_0°_50	4300,03	8289,39	12589,42	3,964%	B_Y_40_80_0°_50	4327,95	8076,21	12404,16	4,606%
G_D_40_80_15°_10	3845	7804,94	11649,94	8,460%	D_D_40_80_15°_10	4329,91	7749,48	12079,39	7,855%	B_D_40_80_15°_10	4355,2	7622,6	11977,8	7,885%
G_Y_40_80_15°_10	3901,33	7450,76	11352,09	10,801%	D_Y_40_80_15°_10	4285,31	8321,07	12606,38	3,835%	B_Y_40_80_15°_10	4314,62	8134,4	12449,02	4,261%
G_D_40_80_15°_30	3845,23	7804,95	11650,18	8,458%	D_D_40_80_15°_30	4330,14	7749,51	12079,65	7,853%	B_D_40_80_15°_30	4355,43	7622,59	11978,02	7,883%
G_Y_40_80_15°_30	3901,55	7450,75	11352,3	10,799%	D_Y_40_80_15°_30	4285,54	8320,98	12606,52	3,834%	B_Y_40_80_15°_30	4314,84	8134,4	12449,24	4,259%
G_D_40_80_15°_50	3844,95	7805,52	11650,47	8,456%	D_D_40_80_15°_50	4329,94	7750,08	12080,02	7,850%	B_D_40_80_15°_50	4355,24	7623,09	11978,33	7,881%
G_Y_40_80_15°_50	3901,26	7451,38	11352,64	10,796%	D_Y_40_80_15°_50	4285,34	8321,42	12606,76	3,832%	B_Y_40_80_15°_50	4314,65	8134,85	12449,5	4,257%
G_D_40_80_30°_10	3924,64	7549,47	11474,11	9,842%	D_D_40_80_30°_10	4385,74	7456,72	11842,46	9,663%	B_D_40_80_30°_10	4408,16	7361,41	11769,57	9,486%
G_Y_40_80_30°_10	4012,76	7164,93	11177,69	12,171%	D_Y_40_80_30°_10	4285,93	8222,81	12508,74	4,580%	B_Y_40_80_30°_10	4315,87	8031,5	12347,37	5,043%
G_D_40_80_30°_30	3924,75	7549,61	11474,36	9,840%	D_D_40_80_30°_30	4385,88	7456,88	11842,76	9,660%	B_D_40_80_30°_30	4408,31	7361,51	11769,82	9,484%
G_Y_40_80_30°_30	4012,85	7165,01	11177,86	12,170%	D_Y_40_80_30°_30	4286,09	8222,86	12508,95	4,578%	B_Y_40_80_30°_30	4316,03	8031,61	12347,64	5,041%
G_D_40_80_30°_50	3924,34	7550,32	11474,66	9,838%	D_D_40_80_30°_50	4385,6	7457,51	11843,11	9,658%	B_D_40_80_30°_50	4408,05	7362,08	11770,13	9,482%
G_Y_40_80_30°_50	4012,43	7165,66	11178,09	12,168%	D_Y_40_80_30°_50	4285,79	8223,46	12509,25	4,576%	B_Y_40_80_30°_50	4315,74	8032,19	12347,93	5,038%

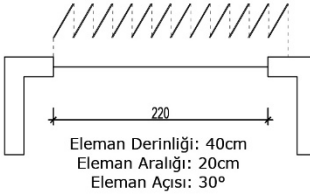
Ek- C: Simülasyon Sonuçları(devam).

G_D_40_80_45°_10	4010,08	7262,61	11272,69	11,425%	D_D_40_80_45°_10	4442,87	7165,07	11607,94	11,451%	B_D_40_80_45°_10	4463,17	7088,95	11552,12	11,159%
G_Y_40_80_45°_10	4112,71	6874,81	10987,52	13,665%	D_Y_40_80_45°_10	4307,32	7966,65	12273,97	6,371%	B_Y_40_80_45°_10	4337,04	7797,4	12134,44	6,680%
G_D_40_80_45°_30	4009,91	7263,1	11273,01	11,422%	D_D_40_80_45°_30	4442,8	7165,5	11608,3	11,449%	B_D_40_80_45°_30	4463,13	7089,32	11552,45	11,156%
G_Y_40_80_45°_30	4112,53	6875,21	10987,74	13,664%	D_Y_40_80_45°_30	4307,28	7967,06	12274,34	6,368%	B_Y_40_80_45°_30	4337	7797,81	12134,81	6,677%
G_D_40_80_45°_50	4009,29	7264,06	11273,35	11,419%	D_D_40_80_45°_50	4442,36	7166,29	11608,65	11,446%	B_D_40_80_45°_50	4462,71	7090,03	11552,74	11,154%
G_Y_40_80_45°_50	4111,91	8676,02	12787,93	-0,481%	D_Y_40_80_45°_50	4306,83	7967,95	12274,78	6,365%	B_Y_40_80_45°_50	4336,56	7798,62	12135,18	6,675%

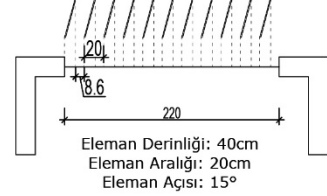
Ek- D: Görsel Etkinlik Yüzdesi Hesaplama Çizimleri.



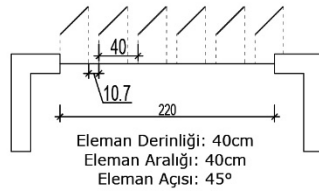
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır1)
%0 Görsel Etkinlik



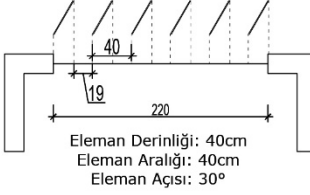
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır2)
%0 Görsel Etkinlik



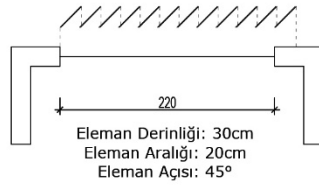
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır3)
%43 Görsel Etkinlik



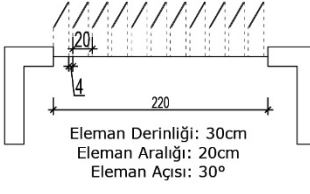
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır4)
%26 Görsel Etkinlik



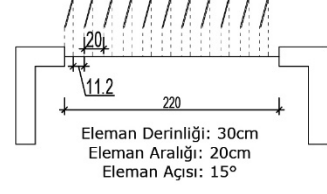
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır5)
%47 Görsel Etkinlik



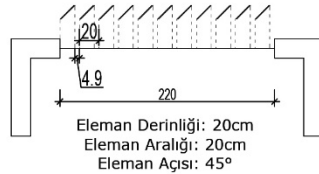
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır6)
%0 Görsel Etkinlik



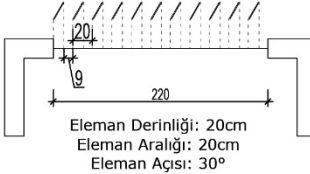
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır7)
%20 Görsel Etkinlik



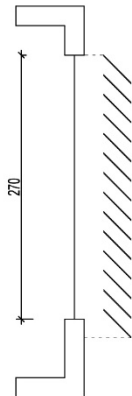
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır8)
%56 Görsel Etkinlik



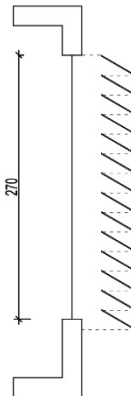
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır9)
%24 Görsel Etkinlik



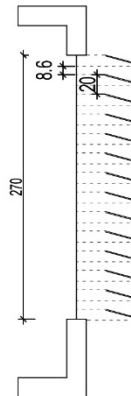
Dikey Gölgeleme Elemanı (Satır10)
%45 Görsel Etkinlik



Eleman Derinliği: 40cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 45°
Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır1)
%0 Görsel Etkinlik

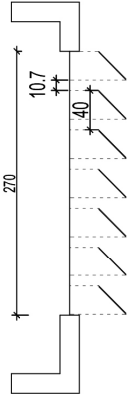


Eleman Derinliği: 40cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 30°
Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır2)
%0 Görsel Etkinlik



Eleman Derinliği: 40cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 15°
Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır3)
%43 Görsel Etkinlik

Ek- D: Görsel Etkinlik Yüzdesi Hesaplama Çizimleri(devam).



Eleman Derinliği: 40cm
Eleman Aralığı: 40cm
Eleman Açısı: 45°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır4)
%26 Görsel Etkinlik



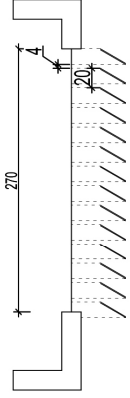
Eleman Derinliği: 40cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 30°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır5)
%47 Görsel Etkinlik



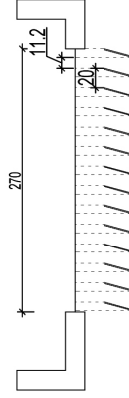
Eleman Derinliği: 30cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 45°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır6)
%0 Görsel Etkinlik



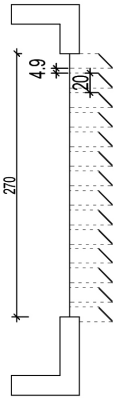
Eleman Derinliği: 30cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 30°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır7)
%20 Görsel Etkinlik



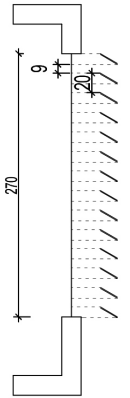
Eleman Derinliği: 30cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 15°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır8)
%56 Görsel Etkinlik



Eleman Derinliği: 20cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 45°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır9)
%24 Görsel Etkinlik



Eleman Derinliği: 20cm
Eleman Aralığı: 20cm
Eleman Açısı: 30°

Yatay Gölgeleme Elemanı (Satır10)
%45 Görsel Etkinlik