

**BİNALARDA GÜNEŞ ISISI KAZANÇ FAKTÖRÜ VE YÜZEY
SICAKLIKLARININ SAYDAM VE OPAK YÜZEY TASARIMINA
ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Betül BEKTAŞ EKİCİ

**Doktora Tezi
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. U. Teoman AKSOY
EKİM-2012**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA GÜNEŞ ISISI KAZANÇ FAKTÖRÜ VE YÜZEY SICAKLIKLARININ
SAYDAM VE OPAK YÜZEY TASARIMINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK
ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Betül BEKTAŞ EKİCİ

(06125203)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 EYLÜL 2012
Tezin Savunulduğu Tarih : 01 EKİM 2012**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. U. Teoman AKSOY
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mustafa İNALLI
Prof. Dr. Zerrin YILMAZ
Doç. Dr. Ömer KELEŞOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Meral ÖZEL

EKİM-2012

ÖNSÖZ

Pencerelerin en önemli bileşeni olan cam yüzeylerin, enerji etkin bina tasarımında üstlendiği görevlerden birisi de pasif ısıtma ve soğutma elemanı olarak işlev görmektir. Pencere yönlenmesinin bina ısı konforu üzerindeki etkisini göz ardı eden tasarım anlayışı nedeniyle, binalarda kış aylarında aşırı ısı kayıpları, yaza aylarında da istenmeyen güneş ısı kazançlarına fırsat verilmektedir. Bu durum ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının önemli ölçüde artmasına neden olarak kullanıcılara ve ülke ekonomisine ağır yükler getirmektedir.

Bu tez çalışmasında, güneş enerjisinden yapı boyutunda optimum fayda sağlanabilmesi için saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı altındaki ısı davranışları termal kamera yardımıyla incelenmiştir. Bir yıl süre ile güneş ışınımı ölçümlerinden yola çıkarak bina kabuğundaki saydam yüzeylerin güneş ısı kazançlarının hesaplanmasında kullanılan bir parametre olan güneş ısı kazanç faktörü (SHGF) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen verilerden yola çıkarak yapı ve güneş tabanlı yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarımında faydalanılacak bir veri tabanının oluşturulmasında kullanılabilecek bir yöntemin temelleri atılmıştır.

Bu çalışmanın yürütülmesinde, bina prototipinin inşa edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi aşamalarında yol gösterici olan danışman hocam Doç. Dr. U. Teoman AKSOY'a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Çalışmanın uygulama bölümünün değerlendirilmesinde derin bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Sayın Prof. Dr. Mustafa İnalı'ya, ölçülen verilerin düzenlenmesindeki yardımlarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat KARABATAK'a ve tezin yazılması aşamasında beni motive eden Sayın Arş. Gör. Dr. Mehmet Üstündağ'a teşekkür ederim.

Yorucu ve zahmetli güneş ışınımı ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve termal kamera görüntülerinin alınması, hesaplamaların yapılmasında; kısacası tezin her aşamasında yardımlarını gördüğüm sevgili eşim Doç.Dr. Sami EKİCİ'ye, birlikte geçireceğimiz zamanlarımızdan çaldığım sevgili kızım Ecenaz'a, maddi ve manevi desteklerini hiç eksik etmeyen sevgili annem ve babam; Gül ve Süleyman BEKTAŞ'a ayrıca sonsuz şükranlarımı sunarım.

Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) yönetim birimi tarafından maddi olarak desteklenen 1799 no'lu projemize katkıda bulunan FÜBAP personeline de ayrıca teşekkür ederim.

Betül BEKTAŞ EKİCİ
ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	XII
SİMGELER LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	5
1.2. Önerilen Çalışmanın Literatürdeki Yeri ve Önemi	19
2. GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI	21
2.1. Güneş Açıları	21
2.2. Güneş Işınımının Hesaplanması	23
2.2.1. Atmosfer Dışında Yatay Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı	24
2.2.2. Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı	25
2.2.3. Yatay Düzleme Gelen Günlük Doğrudan ve Yayılı Güneş Işınımı	25
2.2.4. Yatay Düzleme Gelen Anlık Doğrudan ve Yayılı Güneş Işınımı	26
2.2.5. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Doğrudan Güneş Işınımı	26
2.2.6. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı	28
2.3. Güneş Isısı Kazanç Faktörü	29
2.4. Güneş Isısı Kazanç Faktörünün Hesaplanması	30
2.5. Eşdeğer Çevre Sıcaklığı	33
3. GÜNEŞ ISISI KAZANÇ FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YAKLAŞIM	36
3.1. Güneş Işınımı ve Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi	37
3.1.1. Ölçümler İçin Geliştirilen Prototip	37
3.1.2. Farklı Eğim ve Yönlendiriliş Durumundaki Bina Yüzeylerinde Güneş Işınımı Ölçümleri	41
3.1.2.1. Kullanılan Ölçüm Cihazları	42
3.1.2.2. Güneş Işınımı Değerlerinin Belirlenmesi	45

3.1.3.	Farklı Yönlerdeki Düşey Yüzeyler Üzerinde Sıcaklık Ölçümleri.....	46
3.1.3.1.	Termal Görüntüleme.....	46
3.1.3.2.	Termal Kamera ile Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi.....	48
3.2.	SHGF Değerlerinin Hesaplanması	49
4.	BULGULAR ve DEĞERLENDİRME.....	50
4.1.	Ölçülen Güneş Işınımı Verilerinin Hesaplanan Veriler ile Karşılaştırılması	50
4.2.	Ölçülen Güneş Işınımı Değerlerinin TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı ile Karşılaştırılması.....	54
4.3.	SHGF İçin Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	60
4.4.	Hesaplanan SHGF Değerleri ile ASHRAE Tarafından Verilen Değerlerin Karşılaştırılması.....	80
4.5.	Termal Kamera Görüntülerinin Değerlendirilmesi	87
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	108
	KAYNAKLAR	113
	EK-1	122
	EK-2.....	127
	EK-3.....	131
	EK-4.....	135
	EK-5.....	142
	ÖZGEÇMİŞ	161

ÖZET

Bu çalışmada, bina yatay ve düşey yüzeyleri üzerine gelen güneş ışınımı değerlerinin gerçek zamanlı ölçümü ile elde edilen verilerinden yola çıkılarak, bina enerji simülasyonları, iklimlendirme ekipmanlarının boyutlandırılması ve güneş enerjisi uygulamalarında kullanılacak TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı ve ASHRAE güneş ışınımı tablolarına alternatif yeni bir veri tabanı oluşturulmasında kullanılacak bir yöntemin temelleri atılmıştır.

Çalışmanın amacı, bina simülasyon ve güneş enerjisi sistem tasarımlarında kullanılacak olan ekipman boyut ve kapasitesinin belirlenmesinde önemli ölçüde etkili olan güneş ışınımı verisinin doğru olarak tespit edilmesi ve bu verilerden yola çıkılarak farklı cephelerde konumlandırılan opak ve saydam yüzeylerin güneş etkisi altındaki davranışlarının değerlendirilmesidir.

Çalışmada sekizgen plana sahip tek bir bölmeden oluşan bir bina prototipi üzerinden yatay düzlem ile dört ana ve dört arayöne ait güneş ışınımı değerleri piranometreler ve bir veri kaydedicisi yardımı ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Elde edilen bu toplam güneş ışınımı değerlerinden yola çıkarak, sayısal bağıntılar yardımı ile güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenleri hesap edilmiştir.

Ölçülen ve hesaplanan güneş ışınımı verileri kullanılarak 27 Temmuz 2010 - 4 Temmuz 2011 tarihleri arasındaki 343 güne ait saatlik SHGF değerleri MATLAB ortamında hazırlanmış olan bir bilgisayar programı ile hesaplanmış ve aylık ortalama değerler tespit edilmiştir. Ölçülen güneş ışınımı değerlerinin doğruluğunun tespit edilebilmesi için güneş ışınımı ölçümü yapılan dönem içerisindeki günlere ait saatlik güneş ışınımı değerleri sayısal metotlar ve MATLAB ortamında yazılan bir bilgisayar programı ile saatlik olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, ölçülen, hesaplanan ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı EK-C'de verilen güneş ışınımı değerleri karşılaştırılmıştır. Ana ve ara yönlerin aylara göre günlük ortalama saatlik SHGF değerleri grafikler ile sunulmuş ve tartışılmıştır. Bunun yanı sıra ASHRAE tarafından 40° Kuzey enlemi için verilen SHGF değerleri ile Elazığ ili ölçüm yapılan döneme ait SHGF değerleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Son olarak her ayın 1., 11. ve 21. günlerinde güneş ışınımı etkisi altında bina cephelerinin yüzey sıcaklık davranışları termal kamera ile saatlik olarak izlenmiş, grafik ve tablolar ile sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş Işınımı, Güneş Isısı Kazanç Faktörü, Termal Görüntüleme, Yönlenme, Enerji Etkinlik

ABSTRACT

Experimental Investigation of Solar Heat Gain Factor in Buildings and the Effects of Surface Temperatures on Transparent and Opaque Surface Design

In this study, the basis of a method for establishing a new data-base alternative to the solar radiation values given in TS 825 Thermal Insulation Rules in Buildings and ASHRAE Handbook of Fundamentals is developed by using the real time measured solar radiation on building's horizontal and vertical surfaces which will be used in building energy simulations, sizing of air-conditioning equipments and solar energy applications is presented.

The purpose of this study is to determine the accurate solar radiation data which has a major influence on building simulations and sizing and determining the capacity of the equipment used in solar energy system design.

Solar radiation on the horizontal, four main and four intermediate directions on the surfaces of a building prototype consisting of an octagonal plan with a single pane is measured with pyranometers and recorded with a datalogger. Based on the obtained values of the total solar radiation, direct, diffuse and reflected components were calculated by using numerical relations.

By using the measured and calculated solar radiation data, hourly SHGF values of 343 day between 27th July 2010 and 4th July 2011 were calculated with a computer program written in MATLAB and monthly average values were obtained. For the detection of the accuracy of the measured solar radiation values, the amount of hourly solar radiation of the days during the measurement period of solar radiation were calculated by using numerical methods and running a computer program written in MATLAB.

As a result, the measured, calculated solar radiation and the values given in TS 825 Thermal Insulation Rules in Buildings Standard Appendix-C were compared. Monthly average hourly SHGF values of horizontal, main and intermediate directions were discussed and presented in graphics. In addition the SHGF values given for the 40° North latitude by ASHRAE compared and evaluated with the calculated values belong to the measurement period for Elazığ. Finally the thermal behavior of the building facades under the influence of solar radiation were observed hourly for the 1st, 11th and 21st days of each month and presented in graphs and tables.

Key Words: Solar Radiation, Solar Heat Gain Factor, Thermal Imaging, Orientation, Energy Efficiency

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Güneş ışınımı geliş açıları.....	21
Şekil 2.2. Yatay ve eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışınımı.....	27
Şekil 2.3. Yatay yüzeyler için SHGF hesaplamalarında takip edilen iş akış şeması..	31
Şekil 2.4. Düşey yüzeyler için SHGF hesaplamalarında takip edilen iş akış şeması.....	32
Şekil 3.1. Prototip binanın planı.....	38
Şekil 3.2. Zemine tesviye amaçlı beton dökülmesi.....	39
Şekil 3.3. Duvarların örülmesi	39
Şekil 3.4. Tavan döşemesinin demir donatılarının döşenmesi ve kalıbın çakılması.....	40
Şekil 3.5. Tavan döşemesinin betonunun dökülmesi ve sıva işleminin bitirilmesi	40
Şekil 3.6. Kapı pencere takılması ve piranometrelerin monte edilmesinden sonra yapının son durumu.....	41
Şekil 3.7. Güneş ışınımı ölçüm düzeneğinin şematik görünümü.....	41
Şekil 3.8. Basit bir güneş hücresi devre şeması	42
Şekil 3.9. ApoGee PYR-s modeli piranometre algılayıcısı.....	43
Şekil 3.10. ApoGee PYR-S piranometresi dalga boyu-bağıl izgesel tepki grafiği	43
Şekil 3.11. Güneş ışınımı ölçümlerinde kullanılan veri kaydedicisi ve bilgisayar	44
Şekil 3.12. IOtech LogBook/360 veri kaydedicisi	45
Şekil 3.13. Elektromanyetik spektrum	47
Şekil 3. 14. FLIR E45 IR termal kamera.....	48
Şekil 4.1. Yatay düzlem ve ana yönler için ölçülen ve hesaplanan güneş ışınımı verilerinin karşılaştırılması	51
Şekil 4.2. Ara yönler için ölçülen ve hesaplanan güneş ışınımı verilerinin karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.3. Ana yönlere ait aylık ortalama toplam güneş ışınımının doğrudan yayılı ve yansıyan bileşenleri.....	53
Şekil 4.4. Arayönlere ait aylık ortalama toplam güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenleri.....	54
Şekil 4.5. Yatay düzlem için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması.....	55

Şekil 4.6. Güney (0°) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması.....	56
Şekil 4.7. Kuzey ($\pm 180^{\circ}$) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması	57
Şekil 4.8. Doğu (-90°) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması.....	58
Şekil 4.9. Batı (90°) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.10. 2010 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	61
Şekil 4.11. 2010 yılı Ağustos ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	62
Şekil 4.12. 2010 yılı Eylül ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	62
Şekil 4.13. 2010 yılı Ekim ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	63
Şekil 4.14. 2010 yılı Kasım ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	63
Şekil 4.15. 2010 yılı Aralık ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	64
Şekil 4.16. 2011 yılı Ocak ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	64
Şekil 4.17. 2011 yılı Şubat ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	65
Şekil 4.18. 2011 yılı Mart ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	65
Şekil 4.19. 2011 yılı Nisan ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	66
Şekil 4.20. 2011 yılı Mayıs ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	66
Şekil 4.21. 2011 yılı Haziran ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	67

Şekil 4.22. 2011 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	67
Şekil 4.23. 2010 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	70
Şekil 4.24. 2010 yılı Ağustos ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	71
Şekil 4.25. 2010 yılı Eylül ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	72
Şekil 4.26. 2010 yılı Ekim ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	72
Şekil 4.27. 2010 yılı Kasım ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	73
Şekil 4.28. 2010 yılı Aralık ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	73
Şekil 4.29. 2011 yılı Ocak ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	74
Şekil 4.30. 2011 yılı Şubat ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	74
Şekil 4.31. 2011 yılı Mart ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	75
Şekil 4.32. 2011 yılı Nisan ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	75
Şekil 4.33. 2011 yılı Mayıs ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	76
Şekil 4.34. 2011 yılı Haziran ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	76
Şekil 4.35. 2011 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri	77
Şekil 4.36. Yatay düzlem için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	81
Şekil 4.37. Güney cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	81

Şekil 4.38. Kuzey cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	82
Şekil 4.39. Doğu cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	83
Şekil 4.40. Batı cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	84
Şekil 4.41. Kuzeydoğu cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	85
Şekil 4.42. Kuzeybatı cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	85
Şekil 4.43. Güneydoğu cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	86
Şekil 4.44. Güneybatı cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması	86
Şekil 4.45. Opak yüzeyler için eşdeğer çevre ve yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması....	88
Şekil 4.46. Saydam yüzeyler için eşdeğer çevre ve yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	89
Şekil 4.47. 11 Ağustos 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	96
Şekil 4.48. 11 Eylül 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	97
Şekil 4.49. 11 Ekim 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	98
Şekil 4.50. 11 Kasım 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	99
Şekil 4.51. 11 Aralık 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	100
Şekil 4.52. 11 Ocak 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	101
Şekil 4.53. 11 Şubat 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışıını etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	102

Şekil 4.54. 11 Mart 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	103
Şekil 4.55. 11 Nisan 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	104
Şekil 4.56. 11 Mayıs 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	105
Şekil 4.57. 11 Haziran 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	106
Şekil 4.58. 1 Temmuz 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi.....	107

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Kullanılan yapı malzemelerinin ısı iletim veya toplam ısı geçirme katsayıları .	38
Tablo 3.2. IOtech firmasına ait LogBook/360 data veri kaydedicisine ait özellikler	45
Tablo 3.3. FLIR E45 IR termal kameranın teknik özellikleri.....	48
Tablo 4.1. Aylara ve yönlere göre pik SHGF değerleri (W/m ²).....	79
Tablo 4.2. 1 Ağustos 2010 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri.....	90
Tablo 4.3. 1 Kasım 2010 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri ..	91
Tablo 4.4. 1 Şubat 2011 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri....	92
Tablo 4.5. 1 Mayıs 2011 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri...	93
Tablo 3.1. Kullanılan yapı malzemelerinin ısı iletim veya toplam ısı geçirme katsayıları	38

SİMGELER LİSTESİ

ϕ	: Enlem açısı ($^{\circ}$)
δ	: Deklinasyon açısı ($^{\circ}$)
n	: 1 Ocaktan itibaren gün sayısı
ω	: Saat açısı ($^{\circ}$)
GS	: Güneş saati
ω_s	: Güneş doğuş ve batış saat açısı ($^{\circ}$)
t_0	: Gün uzunluğu (saat)
β	: Yüzey eğim açısı ($^{\circ}$)
γ	: Yüzey azimut açısı ($^{\circ}$)
θ	: Güneş ışınlama geliş açısı ($^{\circ}$)
θ_z	: Zenit açısı ($^{\circ}$)
t	: Güneşlenme süresi (saat)
Q_0	: Yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen güneş ışınlama (MJ/m ² -gün)
Q	: Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışınlama (MJ/m ² -gün)
I_a	: Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışınlama (W/m ²)
r_t	: Anlık tüm güneş ışınlama'nın, günlük tüm güneş ışınlama'na oranı
Q_y	: Anlık tüm güneş ışınlama'nın, günlük tüm güneş ışınlama'na oranı
K_y	: Yatay düzleme gelen yayılı ışınlama'nın tüm güneş ışınlama'na oranı
K_t	: Berraklık indeksi
I_y	: Birim yatay düzleme gelen anlık ortalama yayılı ışınlama (W/m ²)
r_y	: Birim yatay düzleme gelen anlık ortalama yayılı ışınlama'nın, günlük toplam yayılı ışınlama'na oranı
I_0	: Atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen anlık güneş ışınlama (W/m ²)
I_{gs}	: Güneş sabiti (=1353 W/m ²)
f	: Güneş sabitini düzeltme faktörü
I_n	: Güneş ışınlama'na dik birim düzleme gelen güneş ışınlama (W/m ²)
I_d	: Yatay düzleme gelen doğrudan güneş ışınlama (W/m ²)
I_{ed}	: Eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışınlama (W/m ²)
R_d	: Eğik düzleme gelen güneş ışınlama'nın yatay düzleme gelen güneş ışınlama'na oranı

I_{ey}	: Yeryüzünde eğik düzlemlere gelen yayılı ışınım (W/m^2)
ρ_y	: Yerin yansıtma oranı
I_{ya}	: Yeryüzünde eğik düzleme yansiyarak gelen güneş ışınımı (W/m^2)
I	: Yeryüzünde eğik düzlem üzerine gelen toplam güneş ışınımı (W/m^2)
$SHGF_y$: Yatay yüzeyler için saatlik güneş ısı kazanç faktörü (W/m^2)
H_y	: Yatay camlama yüzeyi üzerindeki saatlik doğrudan güneş ışınımı (W/m^2)
D_y	: Yatay camlama yüzeyi üzerindeki saatlik yayılı ışınım miktarı (W/m^2)
G_y	: Yatay camlama yüzeyi üzerindeki saatlik toplam ışınım miktarı (W/m^2)
N_i	: Yutulmuş ışınımın iç ortama geçme oranı (boyutsuz)
α_b	: Referans camlamanın doğrudan güneş ışınımını yutma oranı (boyutsuz)
α_d	: Referans camlamanın yayılı güneş ışınımını yutma oranı (boyutsuz)
τ_b	: Referans camlamanın doğrudan güneş ışınımını geçirme oranı (boyutsuz)
τ_d	: Referans camlamanın yayılı güneş ışınımını geçirme oranı (boyutsuz)
$SHGF_d$: Düşey yüzeyler için saatlik güneş ısı kazanç faktörü (W/m^2)
H_D	: Düşey camlama yüzeyi üzerindeki saatlik doğrudan güneş ışınımı (W/m^2)
I_d	: Düşey camlama yüzeyi üzerindeki toplam yayılı ve yansiyen ışınım miktarı (W/m^2)
G_d	: Düşey camlama yüzeyi üzerinden ölçülen saatlik toplam güneş ışınımı (W/m^2)
α	: Güneş yükseklik açısı ($^\circ$)
h_i	: İç ortam ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
h_o	: Dış ortam ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
V_w	: Ölçülen rüzgar hızı değeri (m/s)
V_s	: Yakın yüzey rüzgar hızı (m/s)
T_{ec}	: Eşdeğer çevre sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{ecI}	: Tek cam tabakalı saydam bileşene herhangi bir anda etkileyen eşdeğer çevre sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{ecII}	: Çift cam tabakalı saydam bileşene herhangi bir anda etkileyen eşdeğer çevre sıcaklığı ($^\circ C$)
T_o	: Dış ortam hava sıcaklığı ($^\circ C$)
LWR	: Dış ortam sıcaklığı ve açık gökyüzü sıcaklığı arasındaki fark nedeniyle oluşan kızılötesi ışınımın dış ortam ısı taşınım katsayısına oranıdır ($^\circ C$).

- α_y : Malzemenin özellik ve rengine bağlı olarak dış yüzeyin yutma katsayısı
- U_{cI} : Çift camlı saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı (W/m^2K)
- τ_{12b} : Çift cam tabakasının doğrudan güneş ışınımını geçirme oranı (boyutsuz)
- τ_{12d} : Çift cam tabakasının yayılı güneş ışınımını geçirme oranı (boyutsuz)
- α_{b1} : Çift tabakalı camda dıştaki camın içteki cama bağlı olarak doğrudan ışınımı yutma oranı (boyutsuz).
- α_{b2} : Çift tabakalı camda içteki camın dıştaki cama bağlı olarak doğrudan ışınımı yutma oranı (boyutsuz).
- α_{d1} : Çift tabakalı camda dıştaki camın içteki cama bağlı olarak yayılı ışınımı yutma oranı (boyutsuz).
- α_{d2} : Çift tabakalı camda içteki camın dıştaki cama bağlı olarak yayılı ışınımı yutma oranı (boyutsuz).
- U_{cII} : Çift camlı saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı (W/m^2K)
- k : Çift cam tabaka arasındaki havanın iletkenliği (W/m^2K).

1. GİRİŞ

Günümüzde fosil yakıt kaynakları hızla tükenmelerine rağmen yerel ve küresel düzeyde enerji ihtiyacının karşılanmasında en çok tercih edilen kaynakların başında gelmektedir. Bu yakıtların kullanılmasından kaynaklanan sera gazı emisyonunun zararlı etkileri ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak insanların enerji kullanım davranışlarındaki hızlı değişiklikler enerjinin daha etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de binalarda özellikle konutlarda tüketilen enerji miktarı toplam enerji tüketimi içerisinde % 40 oranında önemli bir yere sahiptir [1]. Bu nedenle tasarım önceliklerinin ve yapım tekniklerinin iyileştirilmesi, enerji verimliliğini arttırmak ve gaz emisyonlarını azaltmak için alternatif bir yoldur. Diğer enerji etkin stratejiler ile bina yönlendiği, seçilecek yapı malzemeleri, pencereler gibi pasif güneş tasarım parametreleri birleştirildiğinde, fosil yakıt tüketimine daha az bağımlı, konforlu mekanlar oluşturmak mümkündür. Aksi halde iç ortam konfor koşullarının tamamı veya önemli bir kısmı ısıtma-soğutma, aydınlatma ve havalandırma gibi bina alt sistemleri tarafından karşılanmak zorunda kalmaktadır [2]. Bu durum tüketilecek fazla enerji ile birlikte; küresel ısınmaya, sınırlı miktarda bulunan fosil kaynakların tükenmesine, hava kirliliğine, çevresel hasarlara, kullanıcılar ve ülke ekonomisi açısından ağır yüklerle neden olmaktadır.

Binalarda kullanılan enerji miktarını belirleyen parametrelerin başında bölgesel iklim koşulları gelmektedir. Bu nedenle farklı iklim bölgelerinin geleneksel yapı tipolojileri birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Soğuk [3] , tropik [4], Akdeniz [5] ve sıcak-yaz/soğuk-kış [6] iklimsel özellikleri gösteren farklı yerleşim yerlerindeki geleneksel konutların % 60 seviyelerinde enerji tasarrufu sağladığını ifade eden çalışmalar mevcuttur. Ancak geleneksel konut ve yapılaşma anlayışının, günümüz yaşam alışkanlıkları ve şehirleşme ile birlikte azalan arsa stoku nedeniyle geçerliliğini yitirmesi, bugün pek çok şehirde karşılaştığımız bilinçsiz ve kontrolsüz olarak üretilmiş yapı topluluklarının oluşmasına sebep olmuştur. Bu çağdaş yapılaşma anlayışı, yeni stiller ve malzemelerin etkisiyle, farklı iklim bölgeleri için aynı tasarım ve yapım yöntemlerini öngördüğünden, yapılardan beklenen konfor koşullarının sağlanması ikinci planda kalmıştır.

Bina enerji ihtiyaçları, dış ortam sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönü, güneş ışınımı miktarı, güneşlenme süresi vb. iklimsel parametrelerden etkilenmektedir. Dış ortamdaki bu koşullar

öncelikli olarak iç ortamları ara yüzey oluşturan kabuk eleman ve gerekli önlemler alınmamış ise de doğrudan iç ortamı etkileyecektir. Binalarda enerji etkinlik olgusu, ortamın kalitesinden ödün vermeden kullanıcı gereksinimlerini minimum enerji sarfıyatı ile karşılamayı öngörmektedir [7]. Binalarda enerji kullanımını bir zorunluluk haline getiren ise iç ortam konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla binaların aydınlatılması, yılın belirli zamanlarında ısıtılması veya soğutulması durumlarıdır. Yapay aydınlatma, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının olduğu dönemlerin kısaltılabilmesi, bu dönemlere ait enerji yüklerinin önceden belirlenmesi ve binaların minimum enerji kullanılarak aydınlatılacağı, ısıtılıp, soğutulacağı pasif sistemlerin tasarlanması ile mümkün olacaktır. Ancak bu durum gerçekleştirilirken çevreyi kirletmeyen ve düşük üretim maliyetine sahip doğal enerjili kaynakların kullanılmasıyla hem ekonomik hem de ekolojik açıdan daha fazla fayda sağlanacağı açıktır.

Pencereler bina kabuğunda üstlenmiş oldukları diğer pek çok görevden ötürü en fazla ısı kaybı ve kazançına fırsat veren yapı bileşenleridir [8]. Pencerelerden kaynaklanan ısı kaybı ve kazançları: güneş ısı kazancı, ısı transferi, hava infiltrasyonu/eksfiltrasyonu gibi pek çok durumda ortaya çıkar. Pencere ünitelerinde meydana gelen bu ısı geçişi sorunlarının tamamen ortadan kaldırılması mümkün değildir. Ancak binaların bu kayıplarını ve istenmeyen kazançlardan minimum seviyede etkilenmesini sağlamak büyük ölçüde tasarımcının elindedir. Fakat tasarımcının bu konuda kesin yargıya varabilmesi ancak ve ancak bölge hakim iklim koşullarının tam ve doğru olarak belirlenmiş olmasına bağlıdır. Farklı çalışmalarda farklı yaklaşımlar olmakla birlikte, özellikle güneş ısı kazancı faktörü (SHGF) pencereler üzerinde yapılan çalışmalarda oldukça yol gösterici olmaktadır. Bu parametrenin elde edilebilmesi için ise bölge güneş enerjisi potansiyelinin bilinmesi gerekmektedir.

Güneş ışınımı, diğer iklimsel parametrelerin yanı sıra, yapıların doğal aydınlatma, pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri olarak işlev görmelerinde kullanılan bir tür enerjiyi oluşturur. Yapı yüzeylerindeki güneş ışınımının değişim alanı, dolayısıyla enerji potansiyeli; yerlere, yapıların kullanıldığı devreye ve yapı yüzeylerinin konumuna (yön, eğim) göre değişkenlik göstermektedir. Güneşin bulunulan bölgede gün boyunca cephelere göre konumu değişeceğinden binaların güneşe göre uygun olarak yerleştirilmesiyle bu enerji kaynağından optimum seviyede faydalanmak mümkün olacaktır. Dolayısıyla etkisinden farklı mevsimsel dönemlerde faydalanılacak veya kaçınılacak olan güneş ışınımı değerlerinin ve güneş enerjisi potansiyelinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle

gelişmiş ülkelerin çoğu, hem çevresel koşullarının iyileştirilmesi hem de fazla enerji tüketimi ile ülke ekonomisine getirilen ağır yükü ortadan kaldırmanın yanı sıra güneş enerjisi tabanlı yenilenebilir enerji çalışmalarına hız vermek amacıyla güneş enerjisi veri tabanlarını güncelleyerek tasarımcı ve kullanıcılara bazı zorunluluklar getirilmektedir.

Ülkemizde şu an tasarımcı, mimar ve mühendislere yol gösterici olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Standardı [9] ve 2009 yılından bu yana Bina Enerji Performansı Yönetmeliği yürürlüktedir. TS 825'te bulunan ve Türkiye'deki her bir iklim bölgesi için aynı güneş enerjisi verilerini öngören tablo genelleme ve kabullere dayalı olarak üretildiğinden ve son yıllarda küresel ısınmanın da etkisiyle yetersiz kalmaktadır. Bu tabloyu referans alarak gerçekleştirilecek enerji simülasyonları da pek çok bölge için yanıltıcı sonuçlar vermektedir. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği ise saatlik güneş ışınımının değerlerinin meteorolojik verilerin kullanılması ile açık gökyüzü koşullarına göre hesaplanmasını öngörmektedir. Binaların güneş ısı kazançlarının hesaplanması için ASHRAE [10] (Amerika Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği) tarafından belirli enlem daireleri için verilmiş olan tablolarda kullanılmaktadır. Bina enerji simülasyonlarında özellikle pencerelerden olan güneş ısı kazancı hesaplamalarında kullanılan bu tablolar da yine bir takım kabullere dayandığından hem tablo değerleri olmayan ara enlemler için yetersiz kalmakta, hem de aynı enlem dairesi üzerinde bulunan fakat farklı iklimsel karakteristiklere sahip bölgelerde çok da gerçeği yansıtmayan sonuçlar verebilmektedir. Böyle bir yanılgıya düşmemek için farklı iklim bölgelerinin bölgesel güvenilir veri tabanlarının kalibre edilmiş cihazlarla yapılacak uzun süreli ölçümler sonucu oluşturulması gereklidir.

Bu ölçümlerin yapılması için gerekli olan cihazların pahalı olması nedeniyle, güneş ışınımı ölçümü Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ile az sayıdaki araştırma projeleri aracılığıyla belirli bazı istasyonlarda gerçekleştirilmektedir. Az sayıdaki bu araştırma projelerinin bir kısmı haricinde diğer ölçümler yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı değerleriyle sınırlıdır. Ancak güneş ışınımı verilerinin pasif bir tasarım parametresi olarak kullanılabilmesi için bina düşey yüzeylerine gelen güneş ışınımı şiddeti değerlerinin bilinmesi daha çok önem arz etmektedir. Özellikle bina ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerinde birinci derecede belirleyici olan pencere yüzeylerine gelen güneş ışınımının belirlenebilmesi için güneş ışınımının bu yüzeylere gelen doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin bilinmesi gerekmektedir. Daha doğru sonuçların elde edilebilmesi için güneş enerjisi çalışmalarında

kullanılan kaynak verilerin en kısa sürede gerçek güneş ışıını verileri ile güncellenmeleri gerekmektedir. Ölçüm yapılmadan gerçekleştirilen pek çok bilimsel çalışmada da, kabullerden yola çıkan sayısal modeller kullandığından, ulusal ve uluslararası alanda gerçek sonuçlar sunulamamaktadır.

Elazığ yöresinin güneş enerjisi potansiyelinin ve özellikle bina düşey yüzeyleri üzerine gelen güneş ışıını şiddetinin belirlenebilmesi ve bina opak ve saydam yüzey elemanlarının güneş ışıını etkisi altındaki ısıl davranışlarının gözlemlenmesi temeline dayanan bu tez çalışması toplam beş bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler aşağıda özetlenmiştir:

1. bölümde, güneş ışıını verisinin doğru olarak bilinmesinin gerekliliği, güneş ısı kazanç faktörünün belirlenmesinin, pasif tasarım parametresi olarak yapı kabuğunda pencere kullanımının önemi ile termal görüntüleme yönteminin faydaları vurgulanmıştır, Farklı pek çok uygulamanın bir arada olduğu bu tez çalışması kapsamında yukarıda ifade edilen konular hakkında geniş bir literatür çalışması verilmiştir.

2. bölümde, SHGF'nin hesaplanabilmesi amacıyla ölçülen güneş ışıını verilerinin yanı sıra, ihtiyaç duyulan ancak çalışma dahilinde ölçümü yapılamadığından sayısal olarak türetilen güneş ışıınının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin hesabında kullanılan sayısal hesaplama yöntemine yer verilmiştir. Bu bölümde güneş ışıınının yanı sıra SHGF hesaplamalarında kullanılan sayısal yöntem ve yüzey sıcaklıklarının değerlendirilmesinde kullanılan eşdeğer çevre sıcaklık metodu da detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3. bölümde, yatay düzlem ile düşey yüzeyler üzerine gelen güneş ışıını miktarının belirlenebilmesi amacıyla inşa edilen bina prototipi, kurulan ölçüm sistemi ve kullanılan ölçüm aletleri hakkında detaylı bilgi verilmiş ve fotoğrafları gösterilmiştir.

4. bölümde, ölçülen güneş ışıınılarının sayısal hesaplama yöntemi ile karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca, ölçülen aylık ortalama güneş ışıını verileri ile hesaplanan değerlerin TS 825 EK-C'de verilen değerler ile karşılaştırması yapılmıştır. Ana ve ara yönlere ait hesaplanan aylık ortalama saatlik SHGF değerleri grafiksel olarak ifade edilmiştir. ASHRAE tarafından verilen SHGF değerleri ile hesaplanan değerlerin karşılaştırılması ve son olarak da termal görüntüleme ile güneş ışıını etkisi altında saydam ve opak yüzey sıcaklıklarında gözlemlenen değişimini ifade eden grafikler verilmiş, sonuçlar tartışılmıştır.

5. bölümde ise elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

Bu çalışmada Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (FÜBAP) tarafından 1179 no'lu proje kapsamında maddi destek alınmıştır.

1.1. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Bilindiği gibi güneş ışınımının bina üzerindeki etkisi gün boyunca sürekli olarak değişmektedir. Yapılara saydam eleman olan pencere camından gelen ısı kazancı, çatı ve duvarlardan gelen ısı kazancından fazla olmaktadır. Yapıların insanların ihtiyaç duyduğu iklimsel konforu sağlamaları, içinde bulunulan mekânın ısı kayıplarının yanı sıra ısı kazancının doğru olarak tespit edilmesini gerektirmektedir. Yanlış bir hesabın özellikle iklimlendirmenin yapay olarak gerçekleştirilmesinin gerektiği durumlarda ilk yatırım ve işletme şartlarında sorunlar çıkaracağı açıktır. Bu nedenle farklı yüzeylere ait SHGF değerlerinin bölgesel olarak doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla pek çok araştırmacı konu ile ilgili deneysel ve teorik çalışmalar yapmıştır. SHGF'nin bazı bölgeler için tespit edildiği ve kullanıldığı bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Li ve Lam [11], subtropik iklim bölgelerinde, gökyüzü berraklık indeksi ve güneş geometrisini temel alan enerji etkin bina tasarımında kullanılacak yaklaşık SHGF değerlerini tanımlamışlardır. SHGF pik noktaları ve ölçülen ışınım verilerini kullanarak hesapladıkları SHGF önemli seviye değerlerini ASHRAE açık gökyüzü modeline ait değerlerle karşılaştırmışlardır.

Marinoski vd. [12], pencerelerden güneş ısı kazancının ölçülebilmesi amacıyla bir sistem geliştirmişlerdir. Güneş ışınımına bağlı olarak oda içerisine giren ısıyı ve de güneş faktörünü tanımlamışlardır.

Li ve Lam [13], Hong Kong Üniversitesi gözlemevi tarafından ölçülen sekiz yıllık yatay düzleme ait toplam ve yayılı ışınım ile üç yıllık düşey yüzeylere ait toplam güneş ışınımı verilerini kullanarak yatay ve düşey yüzeylere ait saatlik SHGF değerlerinin hesaplanacağı bir yöntemi sunmuşlardır. Elde edilen bu değerlerin iklimlendirme ekipmanlarının boyutlandırılmasında maksimum yük tahmininde belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir.

Bhandari ve Bansal [14], Hindistan'ın tipik güneş ışınımı ve iklimsel koşullarını göz önüne aldıkları çalışmalarında, gelen güneş ışınımının bir sonucu olarak SHGF kavramını, pasif ısıtma elemanları ve binaya ait diğer bileşenler için net ısı kazancının hesaplanabilmesi için kullanmışlardır. Pasif ısıtma hesaplarında kullanılması amacıyla SHGF ve ilgili ısı kaybı katsayılarına ait kesin analitik ifadeleri elde etmişlerdir.

Li ve Lam [15], farklı güneş ışınımı tahmin yöntemlerini kullanarak SHGF veri tabanı oluşturmuşlardır. Tahmin yöntemlerini birbirleri ile kıyaslayarak, gerçek ölçümler ve tahmin yöntemlerinden elde ettikleri güneş ışınımı verilerini kullanarak hesapladıkları

SHGF değerlerini, ASHRAE açık gökyüzü modelini ile karşılaştırmışlardır. Sonuçların iklimlendirme ekipmanı boyutlandırılması üzerindeki etkilerini tartışmışlardır.

Hernandez vd. [16], hazırlamış oldukları deney düzeneğinin duvar ve çatılarında geçici rejimde gerçekleşen ısı transferinin modellenmesi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, bina yüzeyi üzerine gelen toplam güneş ışınımını belirlerken SHGF parametresinden faydalanmışlardır.

Hamdy ve Fikry [17], güneş bacaları ile ilgili yürüttükleri çalışmada doğal havalandırmanın, sistemin uygun tasarlandığı takdirde büyük ölçüde güneşten kaynaklanan sıcaklık sebebiyle elde edileceğini ifade etmiş ve güneş bacaları ile ilgili hesaplamalarda SHGF parametresini kullanmışlardır.

Levinson vd. [18], özellikle çatı ve kaldırım gibi ortak yüzeylerin güneş ısı kazancının tahmin edilebilmesi için basit ve kolay ölçülen bir güneş yansıtıcılığı metrik sistemi önermişlerdir. Bu metrik sistemin spektral seçici yüzeylerin maksimum ve ortalama ısı kazançlarını yaygın olarak kullanılan yöntemlerden daha doğru olarak tahmin edebileceğini ne sürmüşlerdir.

Pereira ve Sharples [19], uzun ve kısa dalga ışınımın her ikisine de duyarlılığı olan bir radyometre yardımıyla ölçekli bir pencere sistemi modelini deneysel olarak inceleyerek, güneş ısı kazancı ve gölgeleme katsayıları tahmininde kullanılabilir bir yöntem geliştirmişlerdir.

Pal vd. [20], bina iç ortam ısı performansını da değerlendirdikleri çalışmada, güneş ışınımı etkisi altında pencerelerden oda içerisine giren ısı miktarını tespit için bir yöntem önermişlerdir. Cam yüzeyi üzerindeki güneşe bağlı sıcaklık değişimini deneysel olarak ölçüp, ilgili pencere üzerine gelen toplam ışınım ve yatay yüzey üzerine gelen ışınım verilerini kullandıkları bir simülasyon yardımı ile camlamanın toplam ısı iletim katsayısı ve güneş ısı kazancı (SHG) miktarını tahmin etmişlerdir.

Oliveti vd. [21], iklimlendirme sistemi kullanılan binaların ısı enerji ihtiyaçlarının basit olarak hesaplanmasında kullanılabilir, camlama yüzeylerinden güneş ısı kazancının doğru bir şekilde hesaplanması için bir model geliştirmişlerdir. Bu model içeri giren güneş ışınımı etkin yutma katsayısı, yazarlar tarafından geliştirilen iç ortam optik ve fiziksel özellikleri ile saydam yüzeylerin yayılı ışınımı geçirme katsayısı değerlerine bağlı bir doğrulamayı da esas almaktadır. Bu sayede aylık güneş ısı kazancı değerlendirmelerinin daha doğru olarak tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Saleh vd. [22], cam rotasyonu, büyüklük ve yönünün anlık, günlük ve mevsimlik güneş ısı kazancı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında pek çok parametreyi ele alarak bilgisayar tabanlı çok yönlü hesaplamalar gerçekleştirmişlerdir. Duvar yönü değişmeksizin sadece camlamanın azimutsal yönünün değişmesinin, güneş ısı kazancı açısından oldukça etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle ısıtma ve soğutma periyoduna göre iki farklı optimum rotasyon açısı olduğunu belirtmişlerdir.

Arnault vd. [23], faz değiştiren malzemeler içeren iç yüzeylerin ısı performanslarının tanımlanabilmesi için sayısal bir yöntem yürütmüşlerdir. Çalışma tipik bir beton döşeme ile faz değiştiren malzemeden üretilmiş bir döşemenin karşılaştırılması üzerine kurulmuştur. Performans değerlendirmeleri yapılırken dış ortam sıcaklığı ve güneş ışınımı parametrelerinin potansiyel ısı kazancı üzerindeki etkileri değerlendirmişlerdir.

Simmler ve Binder [24], aynı camlama grubu ile farklı zamanlarda yapılan ölçümlerin sonuçlarını karşılaştırarak, gelen ışınımın yöne bağlı dağılımının etkisini açıklamışlardır. Çalışmada çok sayıda gölgelendirmeli camlama kombinasyonunun güneş ısı kazancı, dış ortamda bulunan bir test düzeneği yardımıyla tanımlanmıştır. Sonuç olarak açılı seçicili geçirimsizlik ile oluşturulan genişletilmiş bir tanıma metodu sunmuşlardır.

Loutzenhiser vd. [25], enerji simülasyon programlarını deneysel olarak doğrulamak için dört farklı ısı kazancı deneyini aynı anda yürütmüşlerdir. Çalışmalarında yatay ve 45° eğimli pozisyonda bulunan pencere dış yüzeyi ve cam içerisindeki jaluzi ile oluşturulan farklı alternatiflerinin ısı kazancısını ölçmüşlerdir. Ölçülen değerleri Energy Plus ve Helios simülasyon programlarından elde edilen soğutma gücü ile karşılaştırdıklarında sırasıyla % 6.1 ve % 7.1 oranlarında kabul edilebilir farklılıklar görmüşlerdir.

Li vd. [26], pencerelerden olan güneş ısı kazancının, bina toplam soğutma yükü üzerindeki etkisinin % 17 olduğunu ifade ettikleri çalışmalarında, Hong Kong'da bir ofis binasının camlarının normal ve solar film kaplı iki ayrı durumu için, aydınlatma ve soğutma amaçlı kullanılan enerji miktarını SHGF parametresine bağlı olarak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için film kaplamanın olduğu ve olmadığı durumlara ait gün ışığı aydınlatması, güneş ışınımı, aydınlatma ve soğutma amaçlı tüketilen enerji miktarlarını sistematik olarak kaydedip incelemişlerdir. Sonuç olarak, pencerelerde güneş filmi kullanımı ile aydınlatmada günlük tüketimde % 16.8 ve % 28.9, soğutma yükünde de 37 ve 62 kWh/gün düşüş olduğunu ifade etmişlerdir.

Yang vd. [27], kuzey Çin bölgesinin iklimsel özelliklerini dikkate alarak, bina camlama sistemlerinin makul seçenekleri ve ısı karakteristیکlerini analiz etmişlerdir. Mimari

teknolojileri problemleri ve iklimlendirme cihazlarının enerji etkinliğini temel alarak kış aylarında güneş enerjisinden faydalanma ve binalarda enerji tasarrufu sağlanması amacıyla güneş ısısı sentetik etkinlik katsayısı (SEC) olarak adlandırdıkları bir katsayı tanımlamışlardır.

Li ve Lam [28], ofis binalarında pencere sistemlerinin enerji etkinliğinin değerlendirilmesinde gün ışığı aydınlatmasının yanı sıra soğutma enerjisi ihtiyacı açısından güneş ısısı kazancını da göz önünde bulunduran basit bir yöntem sunmuşlardır.

Oliveti vd. [29] bitişik güneş seralarının güneş ısısı kazançlarını değerlendirdikleri çalışmada, seranın verimini etkili yutma katsayısı ve faydalanma faktöründen yararlanarak karakterize etmişlerdir. Isıl konforu değerlendirmek için de etkin sıcaklık değerini kullanmışlardır.

Kassem vd. [30], düzlemsel olmayan dikey silindirik cam kabukların güneş ısısı kazancının hesaplanabilmesi için bir prosedür öne sürmüş ve bir bilgisayar programı kodlamışlardır. Çok yönlü olan bu programın ilgili tüm parametrelerini değiştirerek kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Yohanis ve Norton[31], faydalı güneş kazancının yönlenme ve ısı kütlesi üzerindeki bağımlılığını tartışmışlardır. Tipik bir binanın tek hücreli temel alan simülasyon tabanlı çalışmanın sonucunda yönlenme ve ısı kütlesinin yapı tasarımında mutlak dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Gouda vd. [32], pasif bir güneş evinin ortam ısınma kontrolünü yarı uyarlamalı bulanık bir kontrolörle gerçekleştirdikleri çalışmada, oda içerisinde güneş ısısı kazancı sebebiyle oluşan ısınma etkisini azaltmayı hedeflemişlerdir. Çalışmada gerçek zamanlı güneş ışınımı değerleri piranometreler yardımıyla toplanarak elde edilen veri kümesi bulanık denetleyicinin girişine yerleştirilen yapay sinir ağının girişinde kullanılmıştır.

Görüldüğü üzere literatürde güneş ısısı kazancı ve SHGF parametresini temel alan çalışmaların çok büyük bir kısmı pencereler ile ilgili olarak gerçekleştirilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere bina enerji simülasyonları ve özellikle binaların pasif olarak güneş enerjisinden faydalanmasını sağlayan en önemli yapı kabuğu bileşeni pencereler olmaktadır. Bu yapı bileşeninden maksimum seviyede fayda sağlamak ve ısı direnci zayıf olan bu elemanı daha güçlü kılmak adına gerçekleştirilen bazı çalışmalara aşağıda kısaca değinilmiştir.

Feng [6], çalışmada pilot binalar üzerinde yaptığı deneyler ve tipik bina örnekleri için geliştirdiği hesaplamalara dayanarak enerji etkin binaların ısı tasarımının ne şekilde

gerçekleştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Güney cephede enerji etkin pencerelerin kullanılmasının, pencereleri olmadan iyi derecede yalıtılmış bir binaya göre çok daha avantajlı olduğunu ve pencere alanının bina taban alanının % 10'undan az olmaması ve cephelere göre uygun dağıtılması gerektiğini belirtmiştir.

Persson vd. [33], 20 adet sıra ev üzerinde DEROB-LTH bina simülasyon programını kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada güney cephelerdeki pencere boyutunun azaltılarak, kuzey cephedekilerin artırılmasının düşük enerji kullanan binaların enerji tüketimini ve iç ortam sıcaklığını 23°C ile 26°C arasında tutulmasını sağlayacak maksimum güç miktarını ne şekilde etkileyeceğini incelemiştir. Enerji etkin camlamanın, kışın ısıtma enerjisi ihtiyacında çok büyük etkisi olmadığı, ancak soğutmanın istendiği yaz ayları için uygun olduğu ve kuzey cephelerdeki pencere alanının artırılması ile daha iyi aydınlatma koşulları sağlandığı sonucuna ulaşmışlardır.

Eskin ve Türkmen [34], farklı boyutlarda ve farklı şehirlerde bulunan ofis binalarının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini inceledikleri çalışmalarında; coğrafi konum, büyüklük, cam tipi, pencere/duvar oranı, pencere tipi ve kullanım oranı parametrelerini farklı boyutlardaki bina örnekleri için değerlendirmişlerdir.

Bojik ve Yik [35], Energy Plus simülasyon programı ile Hong Kong'daki tipik yüksek katlı binaların ileri camlama ile enerji tasarrufu miktarını değerlendirmişlerdir. Cam türüne göre soğutma yükünde % 1.9 ve 6.6 oranlarında elde edilecek tasarrufun bina ek bloklarının yönüne, tipine ve odaların dağılımına bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Oral [36], ısıtma enerjisi korunumu açısından uygun pencere türünün belirlenmesine yönelik çalışmada, farklı pencere tiplerine sahip bina kabuğu örneklerinin birim alandaki günlük ortalama saatlik ısıtma kayıplarını karşılaştırmıştır.

Turgut [37], deneysel olarak gerçekleştirdiği çalışmada yatay jaluzili aktif güneş ısıtıcı, hava tutuculu pencerelerin ısı performansını incelemiştir. Yutucu levha açısının camlar arasındaki mesafenin ve kütleli debinin kolektör performansına olan etkilerini gözlemlemiştir.

Spitler vd. [38], pencerelerden giren güneş ışınımına bağlı soğutma yüklerinin hesaplanması prosedürünü geliştirerek, yeni bir parametre (SCL) ekleyerek hesaplamaların daha kolay ve doğru olmasını amaçlamaktadır.

Çetiner ve Özkan [39], çift katlı cam cephelerin ılıman İstanbul iklimi için tek katmanlı cam cephelere göre enerji etkinlik ve maliyet açısından uygunluğunu incelemiştir. Sonuç olarak çift katmanlı cam cephelerin diğerine göre enerji etkinlik açısından % 22.84

daha avantajlı, tek katmanlı cam cephelerin ise maliyet açısından % 24.68 daha uygun olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Aydın [40], sonlu fark yöntemi ile çift camlı pencerelerden olan birleşik ısı transferini sayısal olarak incelemiştir. Türkiye'deki dört farklı iklim bölgesinde bulunan dört ayrı il için camlar arasındaki hava tabakasının kalınlığını hesaplamıştır. Camlar arasındaki hava tabakasının optimizasyonu ya da camlar arasındaki boşluğun havadan daha düşük ısı iletim değerine sahip gazlar ile doldurulmasının pencerelerin yalıtım seviyesini arttırabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Ben-Nakhi [41], bütünleştirilmiş üç boyutlu simülasyon tekniğini temel alarak yaptığı sayısal çalışmada iletim, taşınım, iç ve dış radyasyon gibi önemli ısı akış yollarını ve onların dinamik iç ilişkilerini hesaba katarak, bina pencere sistemlerindeki ısı köprülenmeyi minimize edecek uygulanabilir konstrüksiyonlar tasarlamıştır.

Baetens vd. [42], prototip ve piyasada var olan akıllı pencereler ile ilgili yaptıkları çalışmada elektrokromik, gazokromik, sıvı kristal ve elektroforetik veya asılı tanecik pencereleri incelemiş ve binaların dinamik güneş kontrolü açısından karşılaştırmıştır. Bu seçenekler arasında elektrokromik camların binaların soğutma ve ısıtma yükleri ile aydınlatma enerjisi ihtiyacını düşürecek en uygun cam türü olduğunu ve toplam güneş spektrumu geçirimsizliğinin % 68'e kadar olan kısmını ayarlayabileceğini belirtmişlerdir.

Manz vd. [43], üçlü camlama için uygun parametre kümelerini analitik ve deneysel metotlar kullanarak tanımlarken, atmosferik basınca bağlı olarak mekanik gerilmeleri de dikkate almışlardır. Sonuç olarak üçlü vakum camlama yönteminin kullanımı ile piyasadaki en iyi yalıtımlı camlama ünitesine göre ısı iletiminin önemli ölçüde azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Chow vd. [44], ılıman iklim bölgelerinde havalandırılmalı güneş pencerelerinin kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalarında; bu pencere sistemi için sayısal bir model geliştirmişlerdir. Dört farklı cam konfigürasyonu için Hong Kong'a ait iklimsel verileri kullanarak her bir pencereden ısıtma enerjisi ve/veya hava akışını analiz etmişlerdir.

Rosencrantz vd. [45], enerji ve gün ışığı simülasyonu kullanarak İskandinavya'da bulunan tipik bir konutun pencerelerindeki düz cam, low-e cam yerine antireflektif kaplamalı low-e kaplı durumlarının gün ışığı, güneş faktörü ve yıllık ısıtma ihtiyacı üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir.

Miyazaki vd. [46], çift camlı ve yarı saydam güneş pilinden oluşan bir fotovoltaik pencere ünitesi ile ilgili yaptıkları çalışmada, fotovoltaik pencerelerin ofis binasının ısıtma-soğutma yükü, aydınlatma ve elektrik üretimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yıllık enerji ihtiyaçlarını hesaplamak için Energy Plus programını kullandıkları çalışmada optimum solar hücre güneş geçirme oranı ve pencere/duvar oranını tespit etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak farklı yönlere göre farklı geçirme oranları tespit etmiş, pencere/duvar oranının % 50, solar hücre geçirme oranının % 40 olduğu yapay aydınlatmanın doğal aydınlatma ile kontrol edildiği durumda binanın minimum enerjiye ihtiyaç duyduğunu ifade etmişlerdir.

Karlsson ve Roos [47], camların toplam güneş enerjisi geçirimsizliğini modelleyebilmek için basit ve hassas bir yöntem sunmuşlardır. Yansıtma ve geçirme oranlarının yakın normal değerlerini kullanarak, farklı pencere ve cam kaplaması türlerine ait güneş enerjisi geçirme değerinin, açısal olarak değişimini inceleyebilmek için bir polinomal fonksiyonu temel almışlardır.

Karlsson vd. [48], güneş ışıını ve ısı kayıplarını dikkate alarak gerçekleştirdikleri çalışmada yıllık enerji dengesini modellemek için basit bir yöntem geliştirmişlerdir. Pencerelerden net ısı akışını değerlendirmek için güneş ışıını, dış ortam sıcaklığı gibi iklimsel verilerin yanı sıra pencerelerin optik ve ısıl özelliklerini de kullanmışlardır. Farklı pencere kombinasyonları için tipik İsviçre bölgesinde bulunan binaların enerji ve maliyet etkinliğini değerlendirerek modelin camların enerji tahmininde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Urbikain ve Sala [49], İspanyanın farklı iki iklim bölgesi için pencere enerji değerlendirmesi sistemi oluşturmak amacıyla gerçekleştirdikleri incelemede, farklı pencere türlerine sahip konut yapılarında ısıtma yükü ve enerji tasarruflarını üç şekilde elde etmişlerdir. Pencere ve çerçevenin U değeri, çerçevenin yutma oranı, infiltrasyon ve camın güneş ısı kazancını dikkate alarak iklim ve bina türü parametreleri yardımıyla bina ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır.

Alvarez vd. [50], güneş simülatörü ve özel olarak tasarlanmış bir kalorimetre ile gerçekleştirdikleri deneylerin sonuçlarını temel alan çalışmalarında, pencerelerin ısıl performanslarını değerlendirmek için bir yöntem sunmuşlardır.

Belirli bir bölgede SHGF değerlerinin doğru olarak hesaplanabilmesi ve güneş enerjisi tabanlı yenilenebilir enerji çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için o bölgeye ait güneş ışıını değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Literatürde güneş ışıınıının tespit

edilmesi için üç farklı yol takip edilmektedir. Bunlardan birincisi istatistiksel kabullere dayalı olan sayısal yöntemlerdir. Literatürde bu sayısal yöntemlerle gerçekleştirilmiş pek çok çalışma mevcuttur. Bunların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Li vd. [51], günlük toplam güneş ışınımı şiddetini tahmin edebilmek için sinüs ve kosinüs dalgaları birleştirdikleri bir trigonometrik model önermişlerdir. Sonuçları Çin'de temsili olarak seçtikleri 9 adet istasyon verisi ile karşılaştırıp yüksek oranda doğruluk elde etmişlerdir.

Gul vd. [52], meteorolojik ışınım modeli ve bulutluluk ışınım modeli adlı iki farklı güneş ışınımı tahmin modeli geliştirmişlerdir. Her iki model ile saatlik yatay yüzey toplam, yayılı ve doğrudan ışınım değerlerinin tespit edilebileceğini ancak meteorolojik ışınım modelinin diğerinden daha avantajlı olduğunu açıklamışlardır.

De la Flor vd. [53], her türlü kentsel yüzey ve bina içerisindeki doğrudan yayılı ve yansıtılarak gelen ışınımın hesaplanabilmesi için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemin binaların ısıtılması, gölgelendirme, binaların soğutulması ve aydınlatma konuları ile ilgili çalışmalarda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Li vd. [54], güneş ısı kazancının bina soğutma yükü hesaplanması ve iklimlendirme ekipmanlarının boyutlandırılmasında hayati öneme sahip olduğunu belirttikleri çalışmada, farklı eğimlere sahip yüzeyler üzerindeki yıllık güneş ışınımı miktarının güvenilir olarak tahmin edilebilmesi amacıyla güneşlenme süresi ve güneş açılarını temel alan bir model sunmuşlardır.

Gueymard ve Thevenard [55], binaların aylık ve aşırı soğutma yüklerinin hesap edilmesinde kullanılabilecek, açık gökyüzü şartlarında yatay düzleme gelen doğrudan ve yayılı ışınımın tanımlanmasını esas alan yeni bir model geliştirmişlerdir. Gökyüzü gözlemlerine ait veri kümelerine dayanan bu modelin ASHRAE açık gökyüzü modeline alternatif olmasını amaçlamaktadırlar.

Bugler [56], yatay düzlem üzerine gelen güneş ışınımından faydalanarak herhangi bir yöne bakan, herhangi bir açıda konumlandırılmış yüzey üzerine düşen saatlik güneş ışınımını hesaplayan bir yöntem geliştirmiştir. Metodun sonuçlarını 5 yıllık bir süre için Melbourne'da ölçülen saatlik verilerle karşılaştırarak hesaplanan veriler ile ölçülen saatlik değerler arasında 0.16MJ/m^2 bir standart sapma tespit etmiştir.

Hay [57], yatay ve eğimli yüzeyler üzerindeki aylık ortalama güneş ışınımı değerlerinin tespit edilmesi amacıyla saatlik güneş ışınımı verileri yerine günlük değerlerin kullanılmasının daha pratik olacağını ifade etmiştir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için

bulutsuz güneşlenme süresi ve yüzey albedo değerlerini giriş verisi olarak kullanmıştır. Mevsim ve konumdan bağımsız olmak üzere yatay yüzey üzerindeki yayılı ve toplam güneş ışınımı hesaplamalarına yeryüzü ve gökyüzü arasındaki çoklu yansımaların etkilerini de eklemiştir.

Gueymard [58], açık gökyüzü koşullarında parametrik model kullanarak toplam güneş ışınımını tahmin etmiştir. Sonuç olarak aylık ortalama güneş ışınımının olası güneş ışını ve günlük ışınım modelinin bir bölümünden çok basit bir denklem ile elde edilebileceğini göstermiştir.

Spencer [59], Avustralya'nın beş farklı yerleşim yeri için saatlik toplam güneş ışınımından faydalanarak saatlik yayılı ışınımın tahmin edildiği dört farklı metodu, Avustralya Meteoroloji bürosu tarafından verilen toplam ve yayılı güneş ışınımı değerleri ile karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda türetmiş olduğu sabitleri Avustralya'nın toplam ve yayılı ışınım değerlerinin ölçülebildiği diğer bölgelerinde de kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra 20° ve 45° derece güney enleminde yer alan yerleşim yerleri için de önerilen metod yardımıyla sabitler türetilabileceğini belirtmiştir.

Bakırcı [60], yedi farklı ampirik bağıntı ve güneşlenme süresi verisini kullanarak Türkiye'nin farklı bölgeleri için yatay düzleme ait aylık ortalama toplam güneş ışınımını tahmin etmiştir. Elde ettiği sonuçları Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin ettiği güneş ışınımı değerleri ile karşılaştırmıştır.

Robaa [61], Mısır'da yatay bir yüzey üzerindeki aylık ortalama toplam güneş ışınımını hesaplamak için güneş ışınımı tahmin modellerini inceleyerek test etmiştir. 1983-2006 yılları arasında dokuz farklı istasyon tarafından toplanan verileri kullanarak aylık ortalama güneş ışınımını, 10 adet güneş ışınımı tahmin modeline göre hesaplamış ve her birine istatistiksel hata testleri uygulamıştır. Sonuç olarak kendi önerdiği modelin Mısır için daha uygun olduğunu ifade etmiştir.

Literatürde yukarıda ifade edildiği üzere güneş ışınımının sayısal olarak modellenmesinin yanı sıra bir takım ölçüm aletleri ile gerçekleştirilen ölçümler sonucu elde edildiği çalışmalar da mevcuttur. Aşağıda gerçekleştirilen güneş ışınımı ölçümlerine dayanan ya da bu ölçümlerin sonuçlarını kullanan çalışmaların bazıları kısaca özetlenmiştir.

Li ve Lam [62], özellikle ofis binalarındaki aydınlatma ve gün ışığı kontrolünün sağlanması ile soğutma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinin azaltılmasını hedefledikleri çalışmalarında bina düşey yüzeyleri üzerinde piranometreler ve lüksmetreler kullanarak

gerçekleştirdikleri dört ana yöne ait güneş ışınımı ve gün ışığı ölçümlerini açıklamışlardır. Yapılan bu ölçümlerin sonuçlarını kullanarak binalarda aydınlatma ve soğutma enerjisi tasarrufu tahminine yönelik basit bir metot önermişlerdir.

Gairaa ve Benkaciali [63], güney Cezayir yarımadasında 1 Ocak 2005 ve 31 Aralık 2008 tarihleri arasında saatlik toplam ve yayılı güneş ışınımı şiddetlerini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri bu değerleri binaların ısı çevrelerini doğru olarak değerlendirmek ve bina enerji sistemlerinin düzgün tasarlanması açısından saatlik, günlük, aylık ve mevsimlik ısı akısı dağılımlarını belirlemek amacıyla kullanmışlardır.

İslam vd. [64], Abu Dabi'de güneş ışınımının direk bileşenini pirheliometre ile ölçtükleri çalışmada yüksek çözünürlüklü, gerçek zamanlı güneş ışınımı ve diğer meteorolojik verileri toplamışlardır. Elde ettikleri sonuçları NASA'nın yüzey meteoroloji ve güneş enerjisi modeli ile karşılaştırmış ve ölçülen değerler ile NASA'ya ait verilerin oldukça yakın olduğunu görmüşlerdir.

Padovan ve del Col [65], İtalya'nın Padova bölgesinde güneş ışınımının modellenmesi için yatay yüzeye ait toplam ve yayılı güneş ışınımı ile güneye 20° ve 30°, doğuya 45° ve 65° derece yönlendirilmiş yüzeylere ait toplam güneş ışınımı şiddetlerinin ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Eğik düzlemlerden aldıkları güneş ışınımı ölçümlerini bir adet izotropik ve üç adet anizotropik yer değiştirme modeli tarafından verilen tahminler ile karşılaştırmışlardır.

Ndukwe [66], Nijerya'nın Okigwe bölgesinde silikon bir piranometre kullanarak Ocak ve Nisan arasındaki 4 aylık periyoda ait saatlik ve günlük güneş ışınımı ölçümlerini gerçekleştirmiştir.

Li vd. [54], Farklı yönlerde eğimli yüzeyler üzerine gelen yıllık toplam güneş ışınımının tahmin edilebilmesi için ölçülen güneşlenme süresine dayalı bir model geliştirmişlerdir. 2004 yılına ait ölçümünü yaptıkları güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerini modelin geliştirilmesi için kullanırken, 2005 yılında gerçekleştirdikleri ölçüm sonuçlarını da modelin performans testinde kullanmışlardır. Sonuçlar arasındaki en büyük farkın % 5.2 olduğunu belirtmişlerdir.

Bulut vd. [67], Harran Üniversitesi bünyesindeki Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde piranometre ve pirheliometre kullanarak güneş ışınımının toplam, doğrudan ve yayılı bileşenlerini ölçen yüksek hassasiyetli bir güneş takip sistemi oluşturmuşlardır. Alınan ölçüm değerlerini analiz ederek sonuçları tartışmışlardır.

Grigante [68], İtalya'nın Trento şehrinde dağlık bir kentsel alanda toplam gökyüzü ışınımını hesaplamak için Bird [69] tarafından öne sürülen gerçek-gökyüzü modeline deneysel atmosferik parametreler ve bölgesel bulut örtüsü faktörünü ekleyerek oluşturduğu yenilikçi bir yöntemin etkinliğini değerlendirmiştir. Sonuçları Trento Üniversitesi Meteoroloji İstasyonunda 2003 - 2006 yılları arasında ölçülen güneş ışınımı ve diğer atmosferik veriler ile karşılaştırmış, geliştirilen yeni yöntemin kesin ortalama hatasının % 2.16 olduğunu tespit etmiştir.

Güneş ışınımının sayısal veya ölçümle tespit edilmesi oldukça zahmetli bir süreçtir. Sayısal olarak gerçekleştirilen hesaplamalar oldukça farklı değişken ve uzun işlemler gerektirmektedir. Güneş ışınımı ölçümlerinin yapılması da uzun zaman ve oldukça pahalı ekipman gerektiren bir işittir. Bu nedenle son yıllarda güneş ışınımı tahmininde yapay zeka tekniklerinden ve akıllı sistemlerden büyük ölçüde faydalanılmaktadır. İnsan beyninin bir takım özelliklerini taklit eden bu yöntemler aynen bir insan gibi geçmişte olan olaylardan bir takım iç hesaplarla öğrenme işlemi gerçekleştirme ve ileriye yönelik başarılı tahminler yapabilmektedir. Literatürde yapay zeka tekniklerini güneş ışınımı tahmininde kullanan çalışmaların bazıları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Jiang [70], yapay sinir ağı (YSA) kullanarak aylık ortama günlük güneş ışınımını tahmin eden bir model tasarlamıştır. Çin'in 8 farklı meteoroloji istasyonundan temin ettiği 1995-2004 yılları arasına ait veriyi ağın eğitimi, farklı bir istasyona ait veriyi de test amaçlı kullanmıştır. Sonuç olarak % 94.81 oranında başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Benghanem [71], Medine Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'ndan temin ettiği sıcaklık, güneşlenme süresi ve bağıl nem gibi meteorolojik verileri kullanarak günlük toplam güneş ışınımı miktarını tahmin eden radyal tabanlı fonksiyon (RBF) ağı kullanan bir model geliştirmiştir. 1998 - 2002 yılları arasında kaydedilen veriler ile gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda % 98.8 başarı sağlandığı ifade edilmiştir.

Zarzalejo vd. [72], uydu görüntülerinden saatlik toplam güneş ışınımı şiddetini tahmin edebilmek için bulanık mantık ve YSA kullanmışlardır. İspanya'nın 1994 - 1995 - 1996 yıllarına ait uydu görüntüleri ve 15 farklı ölçüm istasyonuna ait güneş ışınımı verilerinin kullanılması ile oluşturulan modelin oldukça başarılı sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Behrang [73], farklı YSA modelleri kullanarak meteorolojik veriler yardımı ile yatay düzlem üzerindeki günlük toplam güneş ışınımını tahmin etmiştir. Günlük ortalama hava sıcaklığı, güneşlenme süresi, bağıl nem, buharlaşma ve rüzgar hızı verileri ile oluşturduğu 6 farklı YSA modeli ile güneş ışınımı miktarını tahmin etmiştir. Çok Katmanlı Perceptron

(ÇKP) ve Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağlarının (RTFA) kullanımı ile başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Şen [74], Türkiye'nin batısına ait aylık ortalama günlük güneş ışınımı değerlerini tahmin ettiği bulanık mantık tabanlı bir çalışma yapmıştır. Güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verileri ve aralarındaki ilişkilerden oluşturulan bir kural tabanı kullanmıştır. Yazar çalışmanın klasik Angstorm ve diğer regresyon eşitlikler ile yer değiştirebilir nitelikte olduğunu ifade etmiştir.

Yapılan tez çalışmasının son aşamasında bina opak ve saydam yüzeylerinin güneş ışınımı altındaki ısıl davranışının gözlemlenebilmesi amacıyla ısıl görüntüleme yönteminden yararlanılmıştır. Literatürde özellikle son yıllarda sıklıkla karşılaşılan bu yöntemin kullanıldığı çok geniş bir alan bulunmaktadır. Aşağıda ısıl görüntülemenin farklı alanlarda kullanıldığı bu çalışmalardan bazılarını kısaca yer verilmiştir.

Haralambopoulos ve Paparsenos [75], spot ısıl direnç ölçümleri ve düzlemsel kızılötesi görüntüleme ile eski binaların ısı yalıtımlarını tanımlamışlardır. Test amacıyla yenilenen bir bina kullanılmıştır. Yapı kabuğundaki ısıl yetersizlikler belgelenmiş ve senkronize olarak anlık ölçümlerden ve kızılötesi görüntüleme analizi ile elde edilen sonuçlar sayısal olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemin yeni ve yenilenmiş binaların ısıl karakteristiklerinin belirlenmesinde güvenilir ve tahribatsız bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Avdelidis ve Moropoulou [76], emissivite ölçüm teknikleri ve bina teşhisinde emissivite değerlerinin önemini somutlaştırdıkları çalışmalarında; kızılötesi radyasyonun orta ve uzun dalga boyu sınırlarında farklı yaklaşımlar kullanarak farklı sıcaklık değerleri için seçilmiş yapı malzemelerinin emissivite değerlerini tanımlamış ve kullanılan yaklaşım, dalga boyu ve sıcaklık etkilerini tartışmışlardır.

Cerderia vd. [77], dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan taş plakların yapıştirilmasında kullanılan betondaki zayıflıkların tespit edilmesinde kızılötesi görüntülemeyle yararlanmıştır.

Balaras ve Argirou [78], yapı hasarlarının tespitinde kızılötesi görüntüleme tekniğinin kullanım alanları ve TOBUS yönteminin takip edilmesi ile ofis binalarının denetimine yardımcı olmak üzere nasıl uygulandığını incelemişlerdir. Ofis binalarına ait ortak problem örneklerinin incelendiği çalışmada temsili bir ofis binasının yapı kabuğu, mekanik ve elektrik tesisatına ait verilerini yorumlamışlardır.

Hoyano [79], Japonya'da farklı özelliklere sahip olan iki binanın yüzey sıcaklık dağılımlarını ölçmek için kızılötesi görüntülemeyle faydalanmıştır. Ölçümler sonuçların

karşılaştırılabilmesi için hem yaz, hem de kış aylarında gerçekleştirilmiştir. Bina yüzeylerine ait ısı akısı hesaplamaları detaylı proje üzerinden alınan her bir elemana ait yüzey alanları ve zamana bağlı ardışık ısı görüntüleme (TST) kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Meola [80], yığma yapıların tahribatsız değerlendirilmelerinde kızılötesi görüntüleme yöntemine dikkat çekmiştir. Laboratuvar ortamında tek ve çift katlı yığma yapıları simüle ettiği farklı geometri ve niteliğe sahip ve farklı derinlikte yerleştirilmiş örnekleri incelediği araştırmada hasar karakteristiği ve ilgili eleman arasındaki neden sonuç ilişkilerini incelemiş ve hasarlı eleman üzerindeki hasara bağlı ısı işaretleri gözlemlemiştir.

Grinzato vd. [81], binalarda kusur tespiti ve değerlendirilmesi için ters ısı transferi probleminin çözümüne dayalı bir yöntemi tartışmışlardır. Kusurlu yüzey sıcaklık verilerini açıklayabilmek için basitleştirilmiş modellerin açıklamalarıyla farklı kusurlara ait termofiziksel özellikleri incelemişlerdir. Yalıtım eksiklikleri, ısı köprülerinin değerlendirilmesi, hava kaçaklarının tespiti ve nem içeriğine ait deneysel sonuçları rapor etmişlerdir.

Albatici ve Tonelli [82], yarı sabit rejimde bina kabuğunun gerçek ısı iletkenliğini niceliksel olarak tespit edebilmek için potansiyeli henüz tam olarak araştırılmamış olan hızlı ve daha az invaziv bir yöntem olarak nitelendirdikleri kızılötesi ısı görüş tekniğini kullanmışlardır. Üç ayrı durum çalışmasına ait elde ettikleri sonuçlardan yola çıkarak, mevcut binaların enerji performanslarının bu yöntem ile sağlıklı bir şekilde değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Ocana vd. [83], İspanya'nın kırsal alanında yer alan modern ve geleneksel iki farklı konutu kızılötesi görüntüleme ile incelemiş, yapıların ısı performanslarının tespit edilmesi ve bu alanda kızılötesi görüntülemenin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Isı performansları karşılaştırılan iki bina örneğinden geleneksel olanı için en iyi sonuçların akşam saatlerinde, modern olan için ise şafak vakti alınan görüntülerden elde edildiğini belirtmişlerdir.

Pires vd. [84], toplam ısı direnç ile ilgili duvar yüzeyi yapılanmasının önemini değerlendirdikleri deneysel içerikli araştırmalarında, karşılaştırma yapabilmek amacıyla farklı malzemelerden oluşan farklı yüzeyler inşa ederek, doğal taşınım koşulları altında her bir örnek için taşınım katsayıları tanımlamışlardır. Taşınım katsayıları kızılötesi görüntüleme yardımı ile tespit edilmiştir.

Defer vd. [85], bir yapı yüzeyinde ölçülebilir ısı empedans kavramına dayalı yeni bir ısı yöntem geliştirmişlerdir. Termal kamera ile gerçekleştirilen kapsamlı ölçümlerin bir tamamlayıcısı olarak yerel bir nicel analiz yapmışlardır.

Fokaides ve Kalogirou [86], kızılötesi görüntüleme yöntemini kullanarak bina kabuklarına ait toplam ısı geçirme katsayısı (U-değeri) tanımlamak amacıyla gerçekleştirilen bir araştırmanın sonuçlarını sunmuşlardır. Önermiş oldukları yöntemin doğruluğunu kanıtlamak amacıyla ısı akı ölçerler kullanmış, tespit ettikleri U değerleri ile öne sürdükleri yöntemin sonuçlarını karşılaştırdıklarında elde ettikleri sapmanın kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını ifade etmişlerdir.

Datcu vd. [87], geliştirilmiş hassasiyeti sayesinde yakın çevre koşullarında kızıl ötesi görüntüleme ile geniş bir yüzeyde sıcaklık ölçümlerini yapmayı sağlayan kızılötesi bir ayna kullanarak yansıyan akıyı ölçen bir yöntem önermişlerdir. Yöntemin doğruluğunu teyit etmek için çok katmanlı bir duvar eleman üzerinde deneyler gerçekleştirdiklerinde, kızılötesi görüntüleme ve termokupl sıcaklıkları arasında uyuma olduğunu görmüşlerdir.

Chudzik [88], ısı yalıtım malzemelerinin ısı parametrelerinin belirlenebilmesi için kızılötesi görüntülemeyi kullanarak geliştirdiği yöntemi sunmuştur. Test ettiği malzemeyi periyodik olarak ısıttıktan sonra yüzeyin sıcaklık dağılımını termal kamera yardımıyla görüntülemiş ve bir simülasyon çalışması yardımıyla 3 boyutlu olarak modellediği ısı difüzyonu problemini tersten analitik olarak çözerek yöntemin geçerliliğini ispat etmiştir.

Asdrubali vd. [89], bazı ısı köprülerinin nicel analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için basit termografik ölçümleri ve birbirini izleyen analitik süreci içeren bir yöntem sunmuştur. Hava sıcaklığının basit olarak ölçümü ve kızılötesi görüntüleme analizlerinden elde edilen verilerle homojen duvar elemandaki ısı iletkenliğinin arttığı noktalarda ısı köprüsü etkisini tahmin etmişlerdir. Yöntemin doğruluğunu desteklemek amacıyla farklı türdeki ısı köprülerine ait deneysel ve nümerik analizler gerçekleştirmişlerdir.

Meola vd. [90], mimari yapıların tahribatsız değerlendirilebilmeleri için metodolojik yaklaşımları değerlendirmişlerdir. Kızılötesi görüntüleme, ultrasonik ve elektrik tipi jeofizik yöntemlerinin bina bozulmalarına sebep olan kaynakların tahmininde ne şekilde kullanılabileceğini analiz ederek, farklı yöntemlerin sinerjik kullanımı için veri toplamaya çalışmışlardır. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneylerde yığma yapıları taklit edecek şekilde mermer, tuğla ve tuf destek üzerini sıva ile kaplamışlardır. Kızılötesi

görsüntülemeyi de özellikle duvarları kaplayan karoların durumunu gözleme amacıyla kullanmışlardır.

Gayo vd. [91], granit ve kireçtaşı gibi bazı yapı malzemelerinin emme davranışını modelleyebilmek için matematiksel bir metot öne sürmüşlerdir. Buharlaştırma sıcaklığının değerlendirilebilmesi için kızılötesi görüntüleme yardımı almışlar ve buna ek olarak bu süreç için teorik bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Guerrero vd. [92], İspanya kırsal alanında geleneksel bina yapımında kullanılan kerpiç, kırmızı tuğla ve granit malzeme üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada termografik bina incelemelerinde sıcaklık okumalarının doğruluğuna etki eden yapı malzemesi, renk, şekil ve gelen güneş ışınımı faktörlerini analiz etmeyi amaçlamışlardır.

Zalewski vd. [93], ısı yalıtımında giderek artan ihtiyaçlara göre kompleks bina duvarlarının ısı iletkenliğinin karakterize edilmesine katkı sağlamak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma özellikle ısı köprülerinden olan ısı kayıplarının niceliksel olarak değerlendirilmesi ile ilgili olup kızılötesi görüntüleme, deney düzeneği üzerinden gerçekleştirilen ölçümleri ve üç boyutlu sayısal bir yöntemi kapsamaktadır.

Yukarıda yapılan mevcut çalışmalar incelendiğinde, yapılarıdaki ısı kazanç ve kayıpları üzerinde bina yüzeyleri üzerine düşen güneş ışınımının çok önemli bir etken olduğu görülmektedir. Yatay düzlem üzerine gelen güneş ışınımı ölçümlerinin sıklıkla ve uzun süreli gerçekleştirilmesine rağmen, düşey yüzeyler üzerinde yapılan güneş ışınımı ölçümlerinin genel olarak kısa vadede tutulduğu, sadece sayılı araştırmalarda uzun yıllara ait yıllık ölçümlerin yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada, özellikle saydam ve opak yüzeylerde hem yaz hem de kış şartlarında güneş ışınımından optimum fayda sağlayacak etkin bir yönlendirme ile binalarda iklimsel konfor ve enerji tasarrufunun minimum enerji sarfiyatı ile gerçekleştirilebileceği, bunun yanı sıra güneş tabanlı yenilenebilir enerji çalışmalarına referans olabilecek bir güneş veri tabanının temellerinin atılması amaçlanmıştır.

1.2. Önerilen Çalışmanın Literatürdeki Yeri ve Önemi

Literatür taramasından da anlaşılacağı üzere bu tez, pek çok farklı uygulamanın gerçekleştirildiği bir çalışmayı kapsamaktadır. Yapılan bu çalışmada, enerji etkin bina tasarımında güneş enerjisinden optimum fayda sağlamak adına gerçek güneş ışınımı ölçümlerine dayalı bir veri tabanının temelleri atılmıştır. Bu amaçla;

- 38.4° kuzey enleminde gerçekleştirilen çalışmada bir güneş ışıını veri tabanı oluşturma yöntemlerine yol göstermek amacıyla dünya üzerinde sayılı olarak gerçekleştirilen düşey yüzeyler üzerinden güneş ışıını ölçümü yapılmıştır. Bu sayede enerji etkin bina tasarımı için çevresel parametrelerden en önemlisi olan güneş ışıını bilgisinin sağlanmasının yanı sıra, mimari tasarımda, güneş enerjisi tabanlı yenilenebilir enerji çalışmalarının sistem tasarımı ve boyutlandırılmasında bundan sonra yapılacak çalışmalarda kullanılabilecek bir yöntemin ilkeleri sunulmuştur.
- Elazığ ili ve civarı ile aynı enlem dairesi üzerinde bulunan aynı iklimsel özelliklere sahip yerleşim bölgeleri için de bina enerji simülasyonlarında kullanılan TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı EK-C güneş ışıını tablosunun etkinliği değerlendirilmiştir.
- Elazığ ili ve 38.4° kuzey enlemi civarı için saatlik güneş ışıını, rüzgar hızı ve yönü gibi farklı iklimsel verilerinin kullanılması ile çok yönlü bir parametre olan saatlik SHGF değerleri hesaplanmıştır. ASHRAE tarafından verilmiş olan SHGF tablolarının Elazığ ili ve civarı için uygunluğu tartışılmıştır.
- Bina kabuğunda yer alan saydam ve opak bileşenlerin güneş ışıını etkisi altındaki ısı davranışları ısı görüntüleme ile incelenerek belirlenmiş ve değerlerin doğruluğu eşdeğer çevre sıcaklığı yöntemi ile kontrol edilmiştir. Son olarak ele alınan örnek prototip üzerinden ısıtma periyodunda en yüksek, soğutma periyodunda da en düşük kazançları sağlayacak bina yönlenmeleri belirlenmiştir.

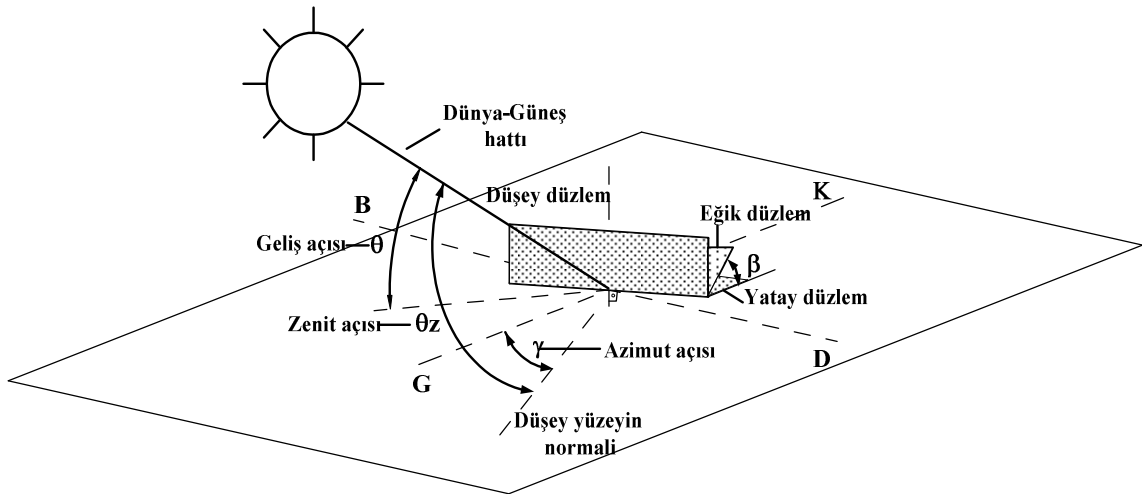
Çalışma konu ile ilgilenenlerin anlayabileceği teori ve uygulama bölümlerinin yanı sıra kolaylıkla kullanabilecekleri bilgisayar programları ile birlikte verilmiştir.

2. GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

SHGF'nin belirlenmesinde faydalanılan en önemli parametre güneş ışınımıdır. Yapılan çalışmada yatay ve düşey yüzeyler üzerine gelen anlık toplam güneş ışınımı değerleri bir bina prototipinin yatay ve düşey yüzeyleri üzerine yerleştirilen dokuz adet piranometre ile ölçülmüştür. Ancak SHGF hesaplamaları için gerekli olan güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin bilinmesidir. Bu amaçla ampirik bağıntılardan yararlanılmış ve kullanılan güneş açıları ile güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin tespiti için aşağıdaki sayısal ifadeler kullanılmıştır.

2.1. Güneş Açıları

Güneş açıları yeryüzünde, ele alınan herhangi bir eğim ve yönlendiriliş durumundaki düzlem yüzeyle, doğrudan güneş ışınları veya güneş arasındaki geometrik ilişkileri belirlemede kullanılan açılar olarak nitelendirilebilirler. Bu nedenle yüzeyleri etkileyen doğrudan, yayılı ve yansıyan güneş ışınımı şiddetlerinin hesaplanabilmesi için Şekil 2.1'de bir bölümü verilen bu açıların bilinmesi gereklidir.



Şekil 2.1. Güneş ışınımı geliş açıları

Enlem açısı (ϕ), yeryüzünde ele alınan yüzeyin bulunduğu noktanın ekvatora kuzey ve güney yönünde olan açısal uzaklığıdır. Diğer bir deyişle, bu noktayı yer merkezine birleştiren doğru ile bu doğrunun ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümü arasındaki açıdır. Kuzey yönünde (+), güney yönünde (-) değer olarak alınmaktadır.

Sapma-Deklinasyon açısı (δ), güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yapmış olduğu açıdır. -23.45° ve $+23.45^\circ$ arasında değişen değerler alır. Bu açı astronomlar tarafından ölçülür ve bu ölçülen değerlere en yakın sonucu veren bağıntı Cooper [94] tarafından verilen ampirik denklemdir. n , 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere deklinasyon açısı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad (2.1)$$

Saat açısı (ω), güneş öğlesine göre gün içinde bulunulan zamanı (gün saatini) tanımlar. 1 saatin karşılığı $360/24$ veya 15° lik saat açısıdır ve güneş öğlesinde $\omega=0^\circ$ dir. Yer merkezi ile ele alınan düzlem yüzeyin yeryüzünde bulunduğu nokta ve güneşin merkezini birleştiren doğruların ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümleri arasındaki açıdır. Saat açısı öğleden önce negatif (-), öğleden sonra pozitif (+) olarak alınır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\omega = 15(GS - 12) \quad (2.2)$$

Burada GS güneş saatidir. Güneş doğuş ve batış saat açısı (ω_s)' da aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\cos \omega_s = \frac{-\sin \delta \cdot \sin \phi}{\cos \delta \cdot \cos \phi} = -\tan \delta \cdot \tan \phi \quad (2.3)$$

Gün uzunluğu t_0 , ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$t_0 = (2/15)\omega_s = (2/15)\arccos(-\tan \delta \cdot \tan \phi) \quad (2.4)$$

Eğim açısı (β), ele alınan düzlem yüzeyle yatay düzlem arasındaki açıdır ve yüzeyin düşey ve yataya göre durumunu belirlemektedir. Değişim aralığı $0^\circ < \beta < 180^\circ$ arasındadır. Yatay bir yüzey için $\beta=0^\circ$ ve dik bir yüzey için $\beta=90^\circ$ dir.

Yüzey azimut açısı (γ), yüzey eğimli ise normalin yatay düzlemdeki izdüşümünün, yüzey düşey durumda ise doğrudan doğruya normalin güneyden (veya kuzeyden) yaptığı ve yatay düzlemde ölçülen sapma açısıdır. Yüzeyin yönler göre olan durumunu tanımlamakta kullanılır. Güneye bakan bir eğik düzlem için $\gamma=0^\circ$ dir. Güneyden doğuya doğru, kuzeye kadar negatif (-) ve güneyden batıya doğru, kuzeye kadar pozitif (+) alınır. - 180° ve $+180^\circ$ arasında değişik değerler alır.

Zenit Açısı (θ_z), güneş ışını ile düşey doğrultu arasındaki açıdır. Diğer bir deyişle güneş ışınımının yatay düzleme geliş açısıdır ve aşağıdaki denklem ile tanımlanır. Yatay düzleme gelen ışınlar dik geldiği zaman $\theta_z=0^\circ$ dir ve güneşin doğusunda ve batısında $\theta_z=90^\circ$ olur. Aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\cos\theta_z = \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega_s + \sin\delta \cdot \sin\phi \quad (2.5)$$

Geliş açısı (θ) eğik düzlemin normali ile doğrudan güneş ışınımı arasındaki açıdır. Verilen herhangi bir zamanda, yeryüzünde herhangi bir yerde, verilen yatay ile eğimi herhangi bir değer alan ve herhangi bir yöne bakan eğik bir düzleme gelen güneşin geliş açısı Benford ve Bock'e [95] göre aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} \cos\theta = & \sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega + \\ & \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega \end{aligned} \quad (2.6)$$

2.2. Güneş Işınımının Hesaplanması

Farklı yönler için SHGF değerlerinin tespit edilebilmesi için yüzeyler üzerine gelen doğrudan yayılı ve yansıyan güneş ışınımı değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Hazırlanan ölçüm düzeneği üzerinden yüzeylere ait toplam güneş ışınımı değerleri elde edilmiştir. Doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerin ölçülmesi için gerekli olan ölçüm aletlerinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle bu çalışmada güneş ışınımı bileşenleri

ölçülen toplam güneş ışınımı değerleri kullanılarak sayısal olarak tespit edilmiştir. Bu sayısal yöntem aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1. Atmosfer Dışında Yatay Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı

Yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının, bulutsuz bir günde aylık ortalama tüm güneş ışınımına oranının izafi güneşlenme süresinin (güneşlenme süresinin gün uzunluğuna oranı, t/t_0) bir fonksiyonu olarak lineer değiştiği ilk defa 1924 yılında Angstrom tarafından araştırılmıştır. Page [96] tarafından bulutsuz bir günde gelen güneş ışınımı yerine atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı esas alınmıştır. Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışınımı Q , atmosfer dışında yatay birim düzleme gelen güneş ışınımı Q_0 , günlük güneşlenme süresi t ve gün uzunluğu t_0 olmak üzere yeniden düzenlenmiş olan Angström denklemi;

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (2.7)$$

şeklinde dir. t , güneşlenme süresi verisi Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmektedir. Bu çalışmada da güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin hesaplanabilmesi için gerekli olan atmosfer dışında yatay birim düzleme gelen güneş ışınımı Q_0 , yukarıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır. Çeşitli kaynaklarda, çok sayıda farklı ampirik bağıntı bulunmaktadır. Ancak (2.7) eşitliği, pratik olarak Türkiye için daha kullanışlıdır. Eşitlik (2.7)'deki a ve b katsayıları tüm güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerine bağlı olarak istatistik metotlarla tayin edilmektedir, a ve b katsayıları için;

$$a = 0.103 + 0.000017 z + 0.198 \cos(\phi - \delta) \quad (2.8)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\phi - \delta) \quad (2.9)$$

eşitlikleri kullanılabilir.

2.2.2. Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı

Anlık tüm güneş ışınımı, günlük toplam tüm güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Anlık tüm güneş ışınımının (I_a), günlük tüm güneş ışınımına (Q) oranı ($r_t=I_a/Q$), gün boyunca anlık tüm güneş ışınımının değişimi eksponansiyel ve sinüzoidal değişimler birlikte göz önüne alınarak aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\psi = \exp\left\{-4\left(1 - \frac{|\omega|}{\omega_s}\right)\right\} \quad (2.10)$$

$$r_t = \frac{I_a}{Q} = \frac{\pi}{4t_0} = \left\{ \cos\left(\frac{180\omega}{2\omega_s}\right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot (1 - \psi) \right\} \quad (2.11)$$

2.2.3. Yatay Düzleme Gelen Günlük Doğrudan ve Yayılı Güneş Işınımı

Günlük doğrudan veya yayılı güneş ışınımının hesaplanabileceği tüm güneş ışınımın fonksiyonu olan çok sayıdaki ampirik bağıntılarda, genellikle yayılı ışınım oranı (yatay düzleme gelen yayılı ışınımın tüm güneş ışınımına oranı),

$$K_y = Q_y / Q \quad (2.12)$$

Berraklık indeksinin (yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının atmosfer dışında gelen ışınımına oranı),

$$K_t = Q / Q_0 \quad (2.13)$$

veya izafi güneşlenme süresinin (t/t_0) bir fonksiyonu olarak verilmektedir.

Yayılı ışınım oranının $K_y = Q_y / Q$, berraklık indeksi $K_t = Q / Q_0$ ile değişimi konusunda ilk çalışma Liu ve Jordan tarafından 1960 yılında yapılmış ve yayılı ışınım oranının berraklık indeksi ile değişimi bir diyagram ile verilmiş, daha sonra 1977'da Klein tarafından bu değişim üçüncü dereceden bir polinom ile [97],

$$K_y = 1.390 - 4.027K_t + 5.531K_t^2 - 3.108K_t^3 \quad (2.14)$$

şeklinde ifade edilmiştir.

2.2.4. Yatay Düzleme Gelen Anlık Doğrudan ve Yayılı Güneş Işınımı

Uzun yıllar ortalamasında, bir anda birim yatay düzleme gelen anlık ortalama yayılı ışınımın (I_y) günlük yayılı toplam ışınımına (Q_y) oranı (r_y), genellikle atmosfer dışında yatay düzleme bir anda gelen ışınımın (I_0) atmosfer dışında bir gün boyunca gelen ışınımına (Q_0) oranına eşit alınmaktadır. Buna göre;

$$r_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{I_0}{Q_0} \quad (2.15)$$

$$r_y = \frac{\pi}{24} \left\{ \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi}{180} \cdot \omega_s \cdot \cos \omega_s} \right\} \quad (2.16)$$

eşitliği elde edilir. Anlık doğrudan güneş ışınımı ise;

$$I_d = I_a - I_y = r_t Q - r_y Q_y \quad (2.17)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

2.2.5. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Doğrudan Güneş Işınımı

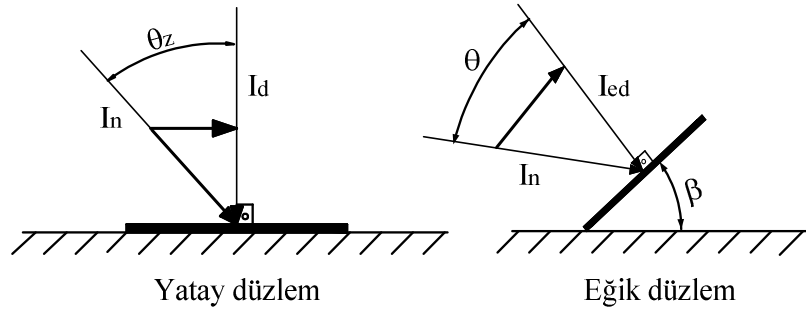
Yerküre üzerinde herhangi bir yerde, herhangi bir zamanda ve herhangi bir konumda bulunan eğik bir düzlem ile aynı yer aynı zamanda yatay bir düzlem üzerine gelen anlık doğrudan güneş ışınımı bileşenleri Şekil 2.2'de gösterildiği gibidir. Güneş ışınımına dik birim düzleme gelen güneş ışınımı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.

$$I_n = I_{gs} \cdot f \quad (2.18)$$

Burada; I_{gs} ($=1353 \text{ W/m}^2$) güneş sabiti, f güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$f = 1 + 0.033 \cos\left(360 \frac{n}{365}\right) \quad (2.19)$$

Güneş ışınımının eğik düzleme geliş açısı θ , zenit açısı da θ_z olmak üzere sırasıyla yatay ve eğik düzlemlere gelen doğrudan güneş ışınımı miktarları aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilmektedir.



Şekil 2.2. Yatay ve eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışınımı

$$I_d = I_n \cdot \cos \theta_z \quad (2.20)$$

$$I_{ed} = I_n \cdot \cos \theta \quad (2.21)$$

Bu iki eşitlik birbiriyle oranlandığında ise,

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (2.22)$$

şeklinde yazılabilir. Güneş ışınımının, herhangi bir yüzeye geliş açısı için (2.6) ve zenit açısı için (2.5) denklemleri ile güney kuzey doğrultusuna dönük yüzey ($\gamma=0$) için;

$$R_d = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta} \quad (2.23)$$

dik yüzeyler için ($\beta=90^\circ$) ise aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_d = \frac{\cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega - \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \gamma}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta} \quad (2.24)$$

2.2.6. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı

Eğik bir düzlem üzerine gelen toplam ışınım; doğrudan ve yayılı güneş ışınimleri ile yansıtılarak gelen ışınımın toplanması ile elde edilir. Eğik düzleme gelen yayılı güneş ışınımı,

$$I_{ey} = I_y \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (2.25)$$

ile hesaplanır. Burada kullanılan I_y ve β sırasıyla eğik bir düzleme bir anda gelen yayılı ışınım ve düzlemin eğimidir. Eğik düzlem üzerine yansıtılarak gelen güneş ışınımı miktarı ise yerin yansıtma oranı ρ_y ve yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımı I_a olmak üzere,

$$I_{ya} = \rho_y I_a \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (2.26)$$

ile hesaplanır. Çevrenin yansıtma oranı bitki örtüsü topoğrafik yapı ve kar durumu gibi çevresel ve iklimsel verilerden etkilenmektedir. Yerde kar olmayan bütün aylarda yerin yansıtma oranının ortalama değeri olarak 0.2 sabiti kabul edilmektedir [98-99]. Bu tez çalışması dahilinde gerçekleştirilen hesaplamalarda da yerin yansıtma oranı $\rho_y=0.2$ olarak seçilmiştir. Yeryüzünde ele alınan eğik bir düzlem üzerine gelen güneş ışınımı miktarı eğik düzlem üzerine gelen doğrudan, yayılı ve yansıyan ışınım miktarlarının toplamına eşittir.

$$I = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (2.27)$$

2.3. Güneş Isısı Kazanç Faktörü

Bir bina için güneş ısı kazancı duvar, çatı ve pencerelerine gelen güneş ışınımı ile doğru orantılıdır. Isıtmanın istendiği kış aylarında az güneş ışınımı, az güneş ısı kazancına dolayısıyla da daha fazla ısıtma ihtiyacı ve fazla yakıt tüketimi anlamına gelmektedir. Bunu tam tersi durum sıcak yaz aylarındaki fazla güneş ışınımı ve fazla güneş ısı kazancı ve büyük soğutma ekipmanı gereksinimi ve elektrik sarfiyatı anlamına gelecektir.

Isıtma yükü, ortam konfor koşullarının sürekliliğinin sağlanması amacıyla iç ortama verilmesi gereken, soğutma yükü ise ortamdaki uzaklaştırılması istenen ısı miktarını ifade etmektedir. Soğutma yükü hesabı, ısıtma yüküne nazaran daha fazla parametrenin göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Ancak öncelikli olarak bilinmesi gereken bina saydam yüzeyleri üzerine gelen güneş ışınımı şiddetidir.

Bina kabuğunda saydam yüzeylerdeki güneş ışınımından kaynaklanan ısı transferi, opak yüzeylerdekinden farklı olarak gerçekleşmektedir. Güneş ışınımı opak bir yüzeye geldiğinde bir kısmı yutulur ve geri kalan kısmı ise geri yansıtılır. Bu yutulan ışınımın sadece bir bölümü bina iç ortamlarına kadar iletebilir. Ancak saydam yüzeylerde ise çok küçük bir bölümü yutulan veya yansıtılan ışınımın büyük bölümü doğrudan bina iç ortamına iletilir. Bu nedenle pencereler veya camlı yüzeyler bina toplam ısıtma ve soğutma yüklerini önemli ölçüde etkileyen yapı elemanlarıdır.

Pencerelerden bina içerisine giren güneş ısı kazancı miktarı güneş ısı kazanç faktörü olarak tanımlanmaktadır. İlgili yüzey üzerine gelen güneş ışınımı değerinin yanı sıra, rüzgar hızı ve yönü bilgisinden yola çıkılarak hesaplandığından, enerji etkin yapı tasarımında faydalanılacak çok yönlü bir parametredir. Son yıllarda, bölge hakim iklim koşullarını temsil eden SHGF değerleri bilgisayar simülasyon programları, gün ışığı aydınlatması ve iklimlendirme ekipmanlarının boyutlandırılmasında kullanılan pratik bir ölçüttür.

SHGF Amerika Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği hesaplama yöntemi için, 33.38 mm kalınlığında, 0.86 geçirme, 0.08 yansıtma ve 0.06 yutma oranlarına sahip referans cam için güneş ışınımından elde edilen ısı kazancı (W/m^2) değerini ifade etmektedir. Her ayın 21. günü için referans camın yukarıda verilen solar-optik özellikleri kullanılarak sayısal olarak hesaplanmıştır. 8'er derece arayla 0° 'den 64° 'ye kadar farklı enlemler için hazırlanmış olan tablolarda yatay ve düşey yüzeyler için

verilmektedir. Bulutsuz açık gökyüzü kabulünden yola çıkmış olmalarına rağmen bu tablolar maksimum değerleri içermez. Maksimum değer tablo değerinden % 15 fazla olacağı kabulü yapılır. Çok fazla kirli endüstriyel bölgeler ile istisnai çok nemli yerleşim yerlerinde % 20 - 30 oranında daha az alınması öngörüsü vardır.

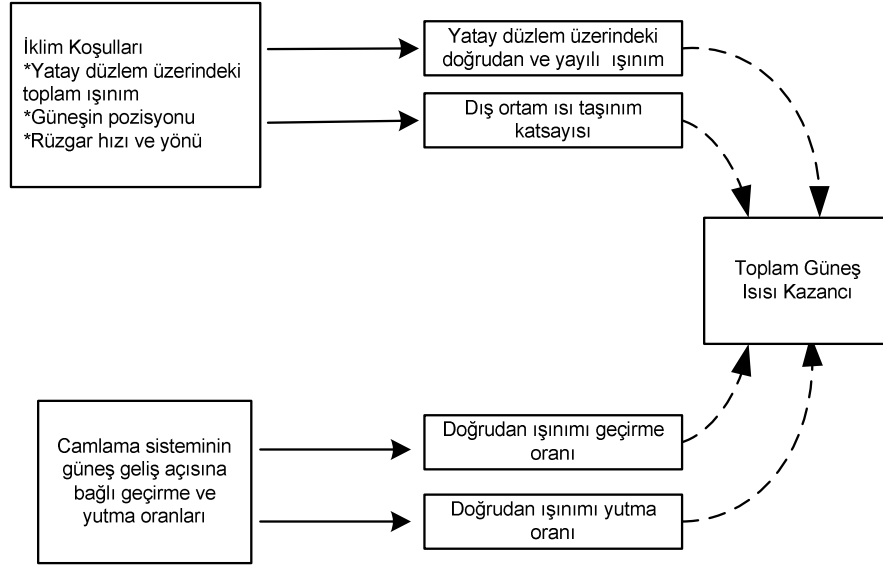
2.4. Güneş Isısı Kazanç Faktörünün Hesaplanması

Yukarıda açıklanan sayısal hesaplamalar ve gerçekleştirilen güneş ışınımı ölçümleri ile yatay ve düşey yüzeylere ait doğrudan, yayılı ve yansıyan güneş ışınımı değerleri tespit edildikten sonra bu veriler SHGF hesaplamaları için kullanılır. Yatay ve düşey yüzeylere ait SHGF değerleri Powell ve Yellot [100] tarafından önerilen yaklaşım kullanılarak tanımlanabilir. Yatay yüzeyleri için saatlik ısı kazanç faktörü değeri olan $SHGF_y$ aşağıdaki eşitlik ile verilmiştir.

$$SHGF_y = H_y (\tau_b + N_i \alpha_b) + D_y (\tau_d + N_i \alpha_d) \quad (2.28)$$

$$H_y = G_y - D_y \quad (2.29)$$

Burada; H_y (W/m^2) yatay camlama yüzeyi üzerindeki saatlik doğrudan güneş ışınımı, D_y (W/m^2) yatay camlama yüzeyi üzerindeki saatlik yayılı ışınım miktarı, G_y (W/m^2) ise yatay camlama yüzeyi üzerindeki saatlik toplam ışınım miktarıdır. N_i yutulan ışınımın iç ortama geçme oranı (boyutsuz), α_b camlamanın doğrudan güneş ışınımını yutma oranı (boyutsuz), τ_b camlamanın doğrudan güneş ışınımını geçirme oranı (boyutsuz), α_d referans camlamanın yayılı güneş ışınımını yutma oranı (boyutsuz) ve τ_d camlamanın yayılı güneş ışınımını geçirme oranıdır (boyutsuz). Yatay düzlem için SHGF hesaplamalarında takip edilen akış şeması Şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3. Yatay yüzeyler için SHGF hesaplamalarında takip edilen iş akış şeması

Düşey yüzeyler için, saatlik $SHGF_d$ aşağıdaki formülde olduğu gibi ifade edilebilir.

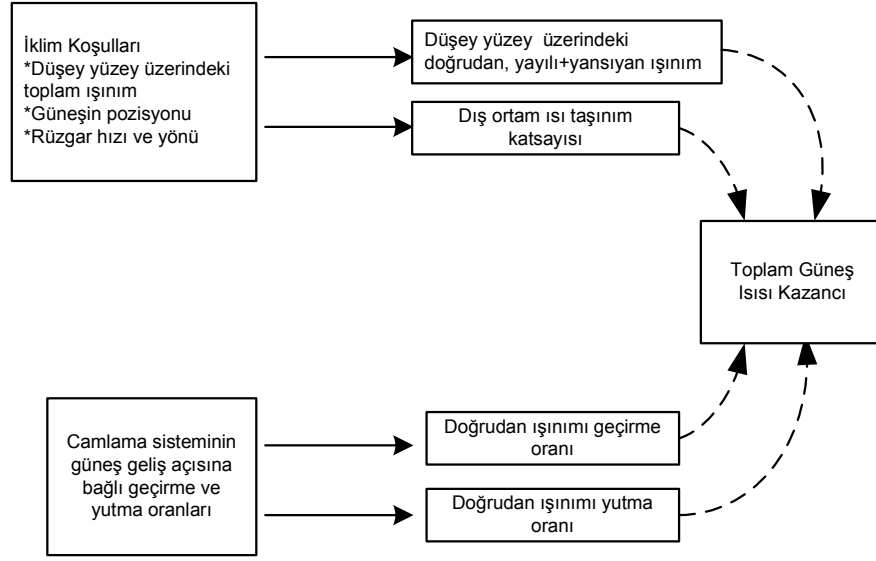
$$SHGF_d = H_d(\tau_b + N_i\alpha_b) + I_d(\tau_d + N_i\alpha_d) \quad (2.30)$$

H_d (W/m^2) düşey camlama yüzeyi üzerindeki saatlik doğrudan güneş ışınımı ve I_d (W/m^2) düşey camlama yüzeyi üzerindeki toplam yayılı ve yansıyan ışınım miktarıdır. H_d ve I_d (W/m^2) düşey bileşenleri yatay düzleme gelen doğrudan güneş ışınımına bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanırlar.

$$H_d = (H_y / \sin \alpha) + \cos \theta \quad (2.31)$$

$$I_d = G_d - H_d \quad (2.32)$$

Burada G_d (W/m^2) düşey camlama yüzeyi üzerinden ölçülen saatlik toplam güneş ışınımı, α ($^\circ$) güneş yükseklik açısı, θ ($^\circ$) güneş ışınlarının geliş açısıdır ve saatlik olarak hesaplanmaktadır. Düşey yüzeyler için SHGF hesaplamalarında takip edilen akış şeması Şekil 2.4'te görülmektedir.



Şekil 2.4. Düşey yüzeyler için SHGF hesaplamalarında takip edilen iş akış şeması

Doğrudan güneş ışınımı için geçirme (τ_b) ve yutma (α_b) oranları, yüzeye bağlı olarak güneş ışınımının geliş açısının bir fonksiyonudur.

$$\tau_b = -0.00885 + 2.71235 \cos \theta - 0.62062 \cos^2 \theta - 7.07329 \cos^3 \theta + 9.75995 \cos^4 \theta - 3.89922 \cos^5 \theta \quad (2.33)$$

$$\alpha_b = 0.001154 + 0.77674 \cos \theta - 3.94657 \cos^2 \theta + 8.57881 \cos^3 \theta - 8.38135 \cos^4 \theta + 3.01188 \cos^5 \theta \quad (2.34)$$

Yayıllı bileşenler için Stephenson, τ_d ve α_d değerlerini sırasıyla 0.799 ve 0.0544 olarak hesaplamıştır [101]. Hesaplamalarda bu değerler kullanılmıştır. Bunun yanı sıra yutulan ışınımın iç ortama geçme oranı şu şekilde ifade edilebilir.

$$N_i = h_i / (h_i + h_o) \quad (2.35)$$

Burada h_i ve h_o (W/m^2K) sırasıyla iç ve dış ortam ısı taşınım katsayılarıdır. İç ortamda doğal taşınım olduğu varsayıldığından genel bina tasarımı için önerilen iç ortam taşınım katsayısı $h_i=8.29 W/m^2K$ olarak alınmıştır [9]. h_o 'a ait daha doğru sonuçlar elde edebilmek için bina yüzeyindeki saatlik rüzgâr hızı ve yönü değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Loveday ve Taki [102] tarafından “ h_o ” değerlerini hesaplayabilmek için öne sürülen matematiksel ifadeler aşağıdaki gibidir.

$$h_o = 16.21V_s^{0.452} \quad (2.36)$$

Yatay yüzeyler için;

$$V_s = V_w \quad (2.37)$$

olarak alınır. Düşey yüzeyler için rüzgar akışı iki kategoriye ayrılmıştır. Buna göre bina yüzeyine önden gelen rüzgarın geliş açısının 20-160° olması durumunda Eşitlik 2.38 rüzgar geliş açısının diğer yönlerde olması durumunda Eşitlik 2.39 kullanılır.

$$V_s = 0.68V_w - 0.5 \quad (2.38)$$

$$V_s = 0.157V_w - 0.027 \quad (2.39)$$

Burada V_w (m/s) ölçülen rüzgar hızı değeridir ve V_s (m/s) yakın yüzey rüzgar hızıdır. Böylece iç ortam akış oranı (N_i) aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$N_i = 8.29 / [8.29 + (16.21V_s^{0.452})] \quad (2.40)$$

Buradan da anlaşılacağı üzere yüksek rüzgar hızı V_s , dış yüzeyler için yüksek ısı taşınım katsayısı (h_o) anlamına gelirken iç ortam akış oranını da düşürmektedir.

2.5. Eşdeğer Çevre Sıcaklığı

Bir binanın ısıtma ve soğutma yükü sadece dış ortam sıcaklığına bağlı değildir. Bir yüzey üzerindeki güneş ışınlama miktarı, yüzeyin yutma oranı, dış ortam hava sıcaklığı ve ilgili yüzeyin yakın yüzey rüzgar hızına ait birleşik etki, niceliksel olarak eşdeğer çevre sıcaklığı olarak ifade edilmektedir. Bir başka deyişle, bina kabuğunda yer alan bir

elemanın yüzeyine ait eşdeğer çevre sıcaklığı, o elemanda kendisi üzerine gelen güneş ışınımı ve dış ortam hava koşullarının birleşik ısı etkisini üreten teorik bir dış hava sıcaklığıdır. Yani o elemanın yüzeyinden ölçülecek aynı dış yüzey sıcaklığı, elemandan geçen ısı akışını ve iç sıcaklık değerlerini verir.

Yüzey rengine ve pürüzlülüğüne bağlı olarak değişen eşdeğer çevre sıcaklıkları gece ve gündüz, yaz ve kış arasında aşırı sıcaklık farklarına neden olur. Bu durum da binanın kendisinde ve dış yüzeyinde aşırı genleşme ve büzölmelere sebebiyet ve dolayısıyla dış yüzeyde çatlaklar ve bazı durumlarda taşıyıcı elemanlarda hasar oluşturabilecek gerilmelere sebep olabilir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen termal kamera ölçümlerinin sonuçları değerlendirmek amacıyla eşdeğer çevre sıcaklığı yönteminden yararlanılmıştır. Eğik bir opak yüzeye ait eşdeğer çevre sıcaklığı değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır [103].

$$T_{ec} = T_o + a_y \left(\frac{I}{h_o} \right) - LWR \quad (2.41)$$

Burada; T_{ec} ($^{\circ}\text{C}$) eşdeğer çevre sıcaklığı, T_o ($^{\circ}\text{C}$) dış ortam sıcaklığı, a_y kullanılan malzemenin özellik ve rengine bağlı olarak dış yüzeyin yutma katsayısı, I (W/m^2) yüzeye gelen toplam güneş ışınımı şiddeti, h_o ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) ise rüzgar hızına bağlı olarak Eşitlik 2.36'da verilen dış ortam ısı taşınım katsayısıdır. LWR ($^{\circ}\text{C}$) ise dış ortam sıcaklığı ve açık gökyüzü sıcaklığı arasındaki fark nedeniyle oluşan kızılötesi ışınımın dış ortam ısı taşınım katsayısına oranıdır.

Eğik bir saydam bir yüzeye ait eşdeğer çevre sıcaklığı değerini hesaplamak ise opak yüzeyden oldukça farklıdır. Saydam bileşenin tek cam veya çift cam tabakasından oluşması durumuna göre, herhangi bir anda etkili olan eşdeğer çevre sıcaklıkları sırasıyla aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir [104-105]:

$$T_{ecI} = T_o + I_{ed} \left[\left(\frac{\alpha_b}{\alpha_b} \right) + \left(\frac{\tau_b}{U_{cl}} \right) \right] + I_{ey} \left[\left(\frac{\alpha_d}{\alpha_b} \right) + \left(\frac{\tau_d}{U_{cl}} \right) \right] \quad (2.42)$$

$$T_{ecII} = T_o + I_{ed} \left[\left(\frac{\tau_{12b}}{U_{cII}} \right) + \left(\frac{\alpha_{b1}}{\alpha_b} \right) + \alpha_{b2} \left[\left(\frac{1}{\alpha_b} \right) + \left(\frac{1}{k} \right) \right] \right] + I_{ey} \left[\left(\frac{\tau_{12d}}{U_{cII}} \right) + \left(\frac{\alpha_{d1}}{\alpha_d} \right) + \alpha_{d2} \left[\left(\frac{1}{\alpha_b} \right) + \left(\frac{1}{k} \right) \right] \right] \quad (2.43)$$

Burada T_{ecI} , T_{ecII} ($^{\circ}\text{C}$) sırasıyla tek ve çift cam tabakalı saydam bileşenlere herhangi bir anda etkileyen eşdeğer çevre sıcaklıkları, T_o ($^{\circ}\text{C}$) dış ortam sıcaklığı, I_{ed} ve I_{ya} (W/m^2) sırasıyla saydam bileşeni ele alınan anda etkileyen doğrudan ve yayılı güneş ışınımıdır. U_{cI} ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) tek camlı saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı değeridir. τ_{12b} ve τ_{12d} sırasıyla çift cam tabakasının doğrudan ve yayılı güneş ışınımını geçirme oranı, α_{b1} ve α_{d1} sırasıyla çift tabakalı camda dıştaki camın içteki cama bağlı olarak doğrudan ve yayılı ışınımı yutma oranıdır. α_{b2} ve α_{d2} sırasıyla çift tabakalı camda içteki camın dıştaki cama bağlı olarak doğrudan ve yayılı ışınımı yutma oranıdır. U_{cII} ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) çift camlı saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, k ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) ise çift cam tabaka arasındaki havanın ısı taşınım katsayısıdır.

3. GÜNEŞ ISISI KAZANÇ FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YAKLAŞIM

Güneş ısı kazanc faktörlerinin belirlenmesinde önerilen yaklaşım bu bölümde tez çalışması kapsamında yapılan örnek uygulama üzerinden anlatılmaktadır. Yaklaşım deneysel ölçüm ve hesaplama çalışmalarını kapsamaktadır. Tez çalışması dahilinde gerçekleştirilen uygulamalarda dikkate alınan ön kabul ve sınırlılıklar daha önceki bölümlerde yeri geldikçe açıklanmış olmakla beraber, şöyle özetlenebilir.

- Uygulama çalışması Elazığ iline ait 27 Temmuz 2010 - 4 Temmuz 2011 iklimsel verileri ile 343 günlük bir zaman periyodu ($343 \times 24=8232$ saat) için gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde Elazığ iline ait dış ortam sıcaklığı, günlük güneşlenme süresi ve saatlik rüzgar hızı ve yönü iklimsel verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.
- Çalışmada yatay düzlem ve sekiz adet düşey yüzeye ait toplam güneş ışıını değeri Fırat Üniversitesi yerleşkesi içerisine inşa edilen bir bina prototipi üzerinden ölçülmüştür.
- Güneş ışıını ölçümleri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen verilerdeki eksiklikler (saatlik ise; önceki ve sonraki saatin ortalaması, günlük ise o ayın ortalama değeri alınarak) Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'nde ifade edildiği şekilde tamamlanmıştır.
- Elazığ ili için güneş ışıını bileşenlerinin hesaplanmasında enlem açısı $\phi=38.4^\circ$, yükseklik $z=1105$ m olarak alınmıştır.
- Hesaplamalarda güneş sabiti $I_{gs}=1353$ W/m² olarak alınmıştır.
- Eğik düzlemler için yüzey eğim açısı $\beta=90^\circ$ ve iç ortam ısı taşınım katsayısı $h_i=8.29$ W/m²K alınmıştır.
- Yerin yansıtma katsayısı $\rho=0.2$, camlama yüzeyinin güneş ışıını yayılı bileşenini geçirme oranı $\tau_d=0.799$ ve yutma oranı $\alpha_d=0.0544$ olarak seçilmiştir.
- Bina prototipi zemine güney ($\gamma=0^\circ$), kuzey ($\gamma=\pm 180^\circ$), doğu ($\gamma=-90^\circ$), batı ($\gamma=90^\circ$), kuzeydoğu ($\gamma=-135^\circ$), kuzeybatı ($\gamma=135^\circ$), güneydoğu ($\gamma=-45^\circ$), güneybatı ($\gamma=45^\circ$) azimut açıları ile oturtulmuştur.

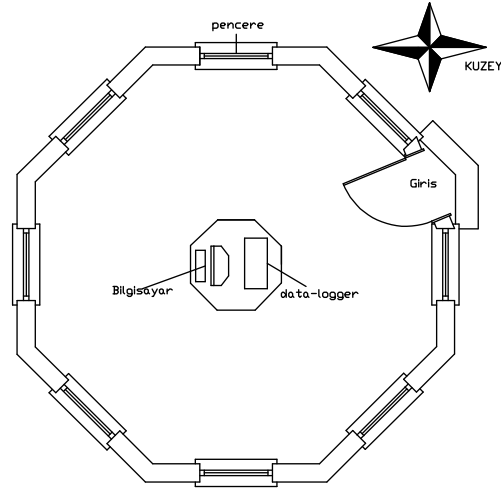
- Güneş ışınım ölçümü yapan piranometreler üzerine gölge düşmemesi için yakın binalardan uzakta konumlandırılmıştır. Saçaklardan kaynaklanan bir gölgelemenin olmaması için ise piranometreler saçak alınlarına yerleştirilmiştir.
- Eşdeğer çevre sıcaklığı hesaplamalarında kullanılan opak elemanlara ait yüzey yutma katsayısı $a_y = 0.5$ olarak alınmıştır. Dış ortam sıcaklığı ve açık gökyüzü sıcaklığı arasındaki fark nedeniyle oluşan ilave kızılötesi ışınımın dış ortam ısı taşınım katsayısına oranı olan LWR değeri ise Elazığ ili için 6°C olarak kabul edilmiştir [103].

3.1. Güneş Işınımı ve Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi

Bir binanın güneş ısı kazancı duvar, çatı ve pencere elemanlarının maruz kaldığı güneş ışınımı ile doğru orantılıdır. Bina içerisine giren güneş ısı, SHGF parametresiyle tanımlanmaktadır. Bu parametrenin belirlenebilmesinde en önemli ölçüt, bulunulan bölgedeki bina yatay ve düşey yüzeyleri üzerine düşen güneş ışınımının doğru olarak tespit edilmesidir. Ülkemizde meteorolojik ölçüm yapan istasyonların pek çoğunda yatay düzlem üzerine düşen saatlik güneş ışınımı ölçümü gerçekleştirilmektedir. Ancak düşey yüzeyler üzerindeki güneş ışınımı sadece çok az sayıda araştırma projesi için mevcuttur. Son yıllarda çok katlı binaların gittikçe artmasıyla bina düşey yüzeyleri üzerine gelen güneş ışınımının tespit edilmesi de önem kazanmıştır. Bu çalışmada bina yüzeylerine gelen güneş ışınımı şiddetleri geliştirilen prototip üzerinde ölçüm yoluyla belirlenmiş, yüzey sıcaklıkları termal kamera ile tespit edilmiş ve ölçüm yoluyla belirlenemeyen değerler için 2. Bölümde anlatılan yöntemlerden yararlanarak hesaplamalar yapılmıştır.

3.1.1. Ölçümler İçin Geliştirilen Prototip

Güneş ışınımı ölçümü yapılacak olan bina prototipinin inşası öncesinde Fırat Üniversitesi yerleşkesi içerisinde üzerine çevredeki ağaç ve yapıların gölgesinin düşmeyeceği bir yer seçimi gerçekleştirilmiştir. Planı Şekil 3.1'de verilmiş olan bina prototipini inşa etmeden önce doğal toprak zemin üzerine Şekil 3.2'de görüldüğü gibi tesviye amaçlı 40 cm kalınlığına beton bir taban dökülmüştür.



Şekil 3.1. Prototip binanın planı

Bina düşey yüzeylerine gelen güneş ışınımı şiddetinin ve yönlenmeye bağlı yüzey sıcaklıklarındaki değişimleri tespit edilebilmesi amacıyla bir tek odadan oluşan bina prototipi inşa edilmiştir. Bina prototipinin duvarlarının örülmesi aşamasında kaydedilen fotoğraf Şekil 3.3’de verilmiştir. Kenar uzunluğu 1.40 m, taban alanı 9.46 m² olan yapının yüksekliği 2.50 m’dir. Bina prototipinin inşasında kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan yapı malzemelerinin ısı iletim veya toplam ısı geçirme katsayıları

No	Malzeme	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Toplam ısı geçirme katsayısı (W/m ² K)
1	Betonarme döşeme	2.1	-
2	Çimento sıva	1.4	-
3	Düşey delikli tuğla	0.45	-
4	PVC ısıcamlı pencere	-	1.6



Şekil 3.2. Zemine tesviye amaçlı beton dökülmesi



Şekil 3.3. Duvarların örülmesi

Duvarlar tuğla malzeme kullanılarak yığma olarak örülmüştür. Duvar kalınlığı 20 cm'dir. Duvar örülmesi işleminin tamamlanmasına yakın üst döşeme kalıbı çakılarak Şekil 3.4'te görüldüğü üzere 15 cm kalınlığındaki betonarme plak döşemenin döşeme demir donatıları yerleştirilmiş ve kalıp metal direklerle desteklenmiştir. Bina üzerinde büyük gölgeler oluşmasını engellemek için saçak genişlikleri 15 cm ile sınırlı tutulmuştur.



Şekil 3.4. Tavan döşemesinin demir donatılarının döşenmesi ve kalıbın çakılması



Şekil 3.5. Tavan döşemesinin betonunun dökülmesi ve sıva işleminin bitirilmesi

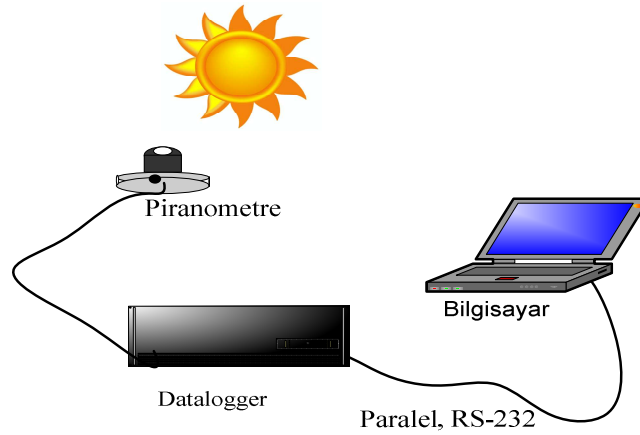
Şekil 3.5'te verilen fotoğrafta görüldüğü üzere tavan döşemesi için hazırlanan kalıba hazır beton döküldükten sonra kuzey ve kuzeydoğu duvarları örülerek sıva uygulaması gerçekleştirilmiştir. Duvar yüzeylerinde dört tanesi ana yönlere dört tanesi de ara yönlere bakmak üzere konumlandırılmış sekiz adet pencere bulunmaktadır. 0.60 m x 0.83 m boyutlarında PVC doğramalı ve ısıcamlı olarak kullanılan pencereler Şekil 3.6'da görülmektedir. Sekiz adet piranometre, üzerlerine gölge düşmemesi için saçak alınlıklarına ara bir eleman yardımıyla monte edilmişlerdir. Yatay düzlem üzerine gelen güneş ışınımının ölçülebilmesi amacıyla bir adet piranometre de tavan döşemesi üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Kapı pencere takılması ve piranometrelerin monte edilmesinden sonra yapının son durumu

3.1.2. Farklı Eğim ve Yönlendiriliş Durumundaki Bina Yüzeylerinde Güneş Işınımı Ölçümleri

Elazığ iklim şartlarında yatay ve düşey yüzeyler üzerindeki güneş ışınımı şiddetinin tespit edilmesi amacıyla anlık güneş ışınımı şiddetini ölçen bir sistem kurulmuştur. Güneş ışınım şiddetini ölçmek için ApoGee marka dokuz adet silikon piranometre kullanılmıştır. Bina prototipi üzerinden sekiz adet düşey ve bir adet yatay yüzeye ait güneş ışınımı ölçümü yapan piranometreler, IOtech LogBook/360 model bir veri kaydedicisine bağlanmıştır. Anlık güneş ışınımı değerlerinin RS-232 kablosu ile bilgisayar ortamına aktarıldığı ölçüm sisteminin şematik görünümü Şekil 3.7’de verilmiştir.



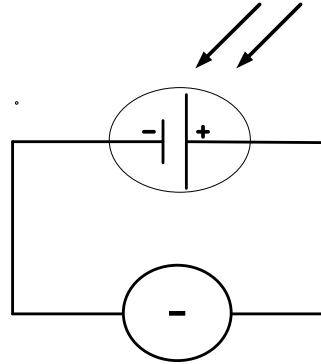
Şekil 3.7. Güneş ışınımı ölçüm düzeneğinin şematik görünümü

3.1.2.1. Kullanılan Ölçüm Cihazları

- **Piranometre**

Toplam güneş ışınımı veya insolasyonu ölçen cihazlara piranometre adı verilmektedir. Temel olarak iki tür piranometre vardır. Bunlardan birincisi termopil alıcı (dedektör) kullanılır, termokupllardan oluşmuşlardır ve yüksek kalitede cam veya kuvars kubbe altında dairesel olarak yapılandırılmışlardır. Bu aletler genellikle rutin insolasyon görüntüleme profesyonel olarak kullanıldığından pahalıdır. İkinci olarak da biraz daha ucuz bir alternatif olan silikon piranometreler gelir.

Silikon güneş hücreleri saf olmayan katkı maddeleriyle doldurulmuş ince silikon tabakalardan meydana gelen yarı iletken cihazlardır. İki tip katkı maddesi kullanılır. Bir tanesi fazla sayıda bağımsız elektronları olan (N tipi), diğeri ise eksik sayıda elektronu olanlardır (P tipi). Işık hücreyi uyardığında münferit fotonların enerjisi atomlar tarafından yutulmakta ve potansiyel fark yaratmaktadır. Şekil 3.8 güneş hücresi ve ampermetreden oluşan bir devre şemasını göstermektedir. Işığa maruz kaldığında güneş hücresi elektrik akımı (I) üreten bir elektron akışı meydana getirmektedir. Akım miktarı hücre üzerine gelen güneş ışınımı ile doğru orantılıdır [106].



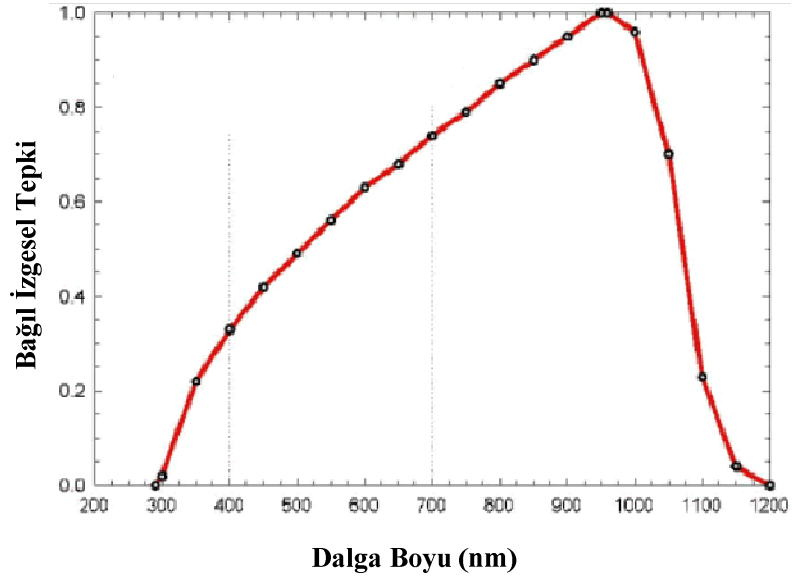
Şekil 3.1. Basit bir güneş hücresi devre şeması

Bina prototipi üzerinden gerçekleştirilen güneş ışınımı ölçümleri için kullanılan ApoGee Instruments firmasına ait PYR-s modeli piranometre Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bu algılayıcı yaklaşık 300-2800 nm dalgaboyu aralığında ölçüm yapabilmekte ve 0.200 mV/Wm^{-2} hassasiyette çıkış vermektedir. Piranometre $4-6 \mu\text{V/Wm}^2$ duyarlılık, 700-1500 ohm empedans değerlerine sahiptir ve tepki süresi 5 saniyenin altındadır.



Şekil 3.2. ApoGee PYR-s modeli piranometre algılayıcısı

1100 W/m² güneş ışınımı altında 220 V çıkış gerilimi elde edilirken, 0 - 1750 W/m² aralığında ise maksimum 350 mV çıkış gerilimi mümkün olmaktadır. Kendinden beslemeli olan piranometre -40°C ile 55°C aralığında sıcaklık ve % 0 ile 100 aralığında nem değerlerinde dış ortam koşullarında kullanılmak için tasarlanmış bir ölçüm cihazıdır. Su altında da kullanım imkanı sunmaktadır. Piranometreye ait dalga boyu-bağıl izgesel tepki grafiği Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.3. ApoGee PYR-S piranometresi dalga boyu-bağıl izgesel tepki grafiği

- **Veri Kaydetme Cihazı**

Sekiz farklı düşey yüzey ve yatay düzlem üzerine yerleştirilen piranometreler, Şekil 3.11’de olduğu gibi bir veri kayıt ve depolama aygıtı olan veri kaydediciye bağlanmıştır. IOtech firmasına ait LogBook/360 veri kaydedicisine ait resim Şekil 3.12 ve teknik özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Ölçüm yapacak kanallar, örnekleme ve ölçüm aralığı değerlerinin belirlenmesi ile verilerin bilgisayar ortamına aktarılması için Logview programı kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Güneş ışınımı ölçümlerinde kullanılan veri kaydedicisi ve bilgisayar

Güneş ışınımı şiddeti değerleri her 50 saniyede bir 1 Gbyte belleğe sahip harici hafıza kartı ile kayıt altına alınmıştır ve karttaki veriler belirli aralıklarla RS-232 kablosu ile Logview programı yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Yatay düzlem, ana ve arayönlere ait ölçülen güneş ışınımı verileri EK-1’de verilmiştir. Piranometreler veri kaydedicisinin analog girişine bağlanmış ve çıkış gerilimleri dijital ortama aktarılmıştır.

Tablo 3.2. Iotech firmasına ait LogBook/360 data veri kaydedicisine ait özellikler

Ölçüm yapılan yerde bilgisayarsız kullanılabilme.
16 bit, 100 kHz analog ve dijital örnekleme.
500 milyondan fazla örneği çıkarılabilir bir harici hafıza kartı üzerinden bağımsız kalıcı depolanma.
Kart değişimi ve veri yükleme esnasında yeni veri alımında süreklilik.
RS-232, paralel port, modem üzerinden PC ile veya harici hafıza kartı ile taşıyarak iletişim; opsiyonel RS-422 ara yüzü.
20 V' a kadar 14 programlanabilir aralığı destekleyen yerleşik analog girişler
Analog, dijital ve sayaç girişinin karışık sinyal alımında eşzamanlılık.
Uzaktan iletişim sağlayan isteğe bağlı modem desteği.
Konum bilgilerini kaydeden opsiyonel GPS desteği.
İsteğe bağlı kontrol terminali kanal denetimi ve kazanım sorgulaması.



Şekil 3.5. Iotech LogBook/360 veri kaydedicisi

3.1.2.2. Güneş Işınımı Değerlerinin Belirlenmesi

- ***Yeryüzünde yatay ve eğik düzlem üzerine gelen güneş ışınımı değerlerinin tespit edilmesi:***

Bina prototipi Fırat Üniversitesi yerleşkesi içerisine inşa edilmiştir. Yatay düzlem ile dört ana yön ve dört ara yöne bakan düşey yüzeyler üzerinden toplam güneş ışınımı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Piranometreler ile gerçekleştirilen ölçümler 50 sn aralıklarla veri kaydedicisinin içindeki harici hafıza kartına kaydedilmiştir. Hafıza kartına kaydedilen .bin uzantılı verilerin bilgisayar ortamına aktarılması için Logview programı kullanılmıştır. .bin uzantılı dosyaları MATLAB ortamında kullanabilmek için DaqConverter 1.1 programı kullanılmış ve veriler .mat uzantılı dosyalara çevrilmiştir. Çıkış değerleri mV cinsinden olduğundan bu değerler piranometrenin düzeltme sabiti olan 5 ile çarpılmış ve güneş

ışınımı değerleri W/m^2 olarak elde edilmiştir. Veriler SQL programı ile günlük ve saatlik olarak ayrılmıştır. Bir saatlik süre içerisinde gerçekleştirilen ölçümlerin aritmetik ortalamalarından faydalanarak ortalama anlık güneş ışıını değeri tespit edilmiş ve bu değeri 60x60 ile çarpılması sonucu saatlik güneş ışıını değeri tespit edilmiştir.

- ***Ölçülen güneş ışıını verilerinden ölçülemeyen güneş ışıını bileşenlerinin elde edilmesi:***

Bina prototipi üzerine yerleştirilen piranometreler ile yüzey üzerine düşen toplam güneş ışıını şiddeti ölçülmüştür. Oysa yatay ve düşey yüzeylere ait saatlik SHGF değeri hesaplanırken ilgili yüzeyin güneş ışıınıının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla $0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ, \pm 135^\circ, \pm 180^\circ$ azimut açıları ile zemine oturtulmuş olan her bir yüzey için, ihtiyaç duyulan güneş açıları ile güneş ışıınıının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenleri sayısal olarak hesaplanmıştır.

- ***Güneş ışıını ölçümlerinin değerlendirilmesi:***

Bu çalışmada, 38.4° kuzey enleminde yer alan Elazığ ilinde farklı yönere bakan (dört ana yön ve dört ara yön) eğik yüzeyler ile yatay düzlem üzerine gelen anlık toplam tüm güneş ışıını değeri 27 Temmuz 2010 - 4 Temmuz 2011 tarihleri arasında ölçülmüştür. Ölçülen toplam güneş ışıını verilerinin doğruluğu değerlendirmek için ölçüm yapılan bütün yönler için güneş ışıını değeri literatürde sıklıkla kullanılan ve ikinci bölümde açıklanan sayısal hesaplama yöntemi yardımıyla hesaplanmış, sonuçlar ile ölçülen değeri karşılaştırılmıştır.

Ölçülen toplam güneş ışıını bilgisinden yola çıkarak hesaplanan aylık ortalama doğrudan, yayılı ve yansıyan güneş ışıını bileşenleri grafiksel olarak ifade edilmiştir.

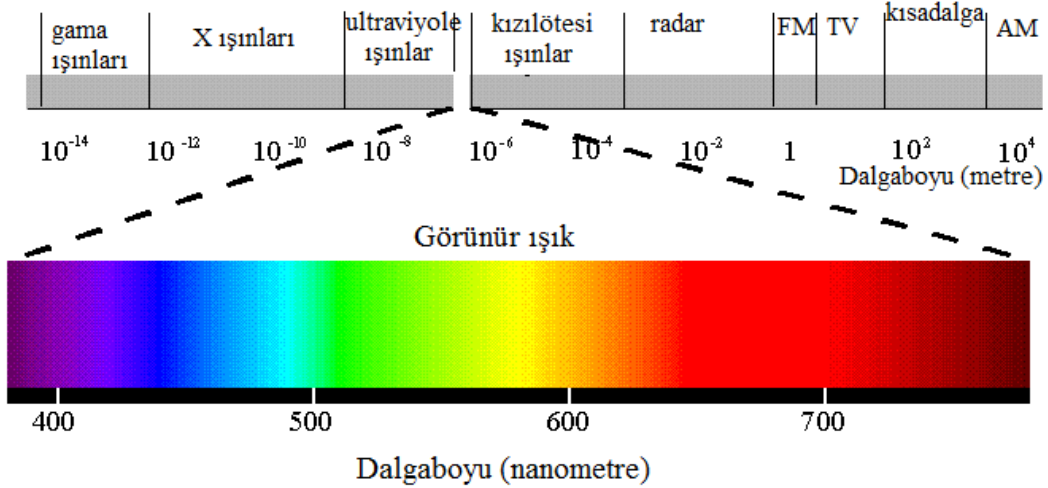
Ölçülen güneş ışıını değeri TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı EK-C'de verilen güneş ışıını değeri ile karşılaştırılarak, sonuçlar grafiklerle sunulmuştur.

3.1.3. Farklı Yönlerdeki Düşey Yüzeyler Üzerinde Sıcaklık Ölçümleri

3.1.3.1. Termal Görüntüleme

Kızılötesi ışıını Şekil 3.13'de de görüldüğü gibi radyo dalgaları, mikrodalgalar, ultraviyole ışıınılar, görünür ışık ve X ve gama ışıınıları gibi elektromanyetik ışıınıının bir formudur. Elektromanyetik spektrumu meydana getiren bütün bu ışıını türlerinin ortak

özelliği ışık hızında hareket eden elektromanyetik dalga formunda enerji yaymalarıdır. Spektrum içerisindeki her bir kuşağı bir diğerinden ayıran başlıca özellik dalgaların taşıdığı enerji miktarı ile ilişkili olarak ışınların dalga boyudur. Kızılötesi ışınımın dalga boyu kuşağı 0.78-1000 μm 'dir.



Şekil 3.6. Elektromanyetik spektrum

Cismin sıcaklığının mutlak sıfırdan (-273°C) fazla olduğu durumlarda cismin yüzeyindeki atom ve moleküllerin hareketi sebebiyle saçılan enerji kızılötesi (infrared) ışınımdır. Kızılötesi ısı görüntüleme nesnelerin yüzey sıcaklıklarını belirlemek için kullanılan tahribatsız bir test teknolojisidir. Kızılötesi ışınım insan gözüyle görülemez. Kameralar nesnelere ışık yayan elektromanyetik spektrumun kızılötesi bandındaki ısı enerjisiyi elektrik sinyalleri haline dönüştürerek her bir enerji seviyesinin bir renkle veya grilik seviyesinde sunulduğu, görülebilir şekillere çevirir ve nesnelerin yüzeysel ısı dağılımını gösteren bir ısı haritası oluştururlar. Bu aşamada her bir renk veya gölge belirli bir sıcaklık değerine karşılık gelir [79]. Görüntüler dijital formatta saklanabilir. Bu tez çalışmasında cephelerin, güneş ışınımı ve dış hava koşulları etkisi altındaki yüzey sıcaklıkları FLIR E 45 IR termal kamera (Şekil 3.14) kullanılarak elde edilmiştir. Kameralara ait teknik özellikler Tablo 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3. 7. FLIR E45 IR termal kamera

Tablo 3.3. FLIR E45 IR termal kameranın teknik özellikleri

Termal hassasiyet	0.1 (°C) (30°C)
Spektrum aralığı	7.5-13µm
Görüntü Frekansı	50/60 Hz
Sıcaklık aralığı (°C)	-20°C - +250°C veya -4°F - +482°F
Ekran	2.5 inch renkli LCD
Odaklama	Manuel
Ölçme düzeltmeleri	Yayıcılık ayarlayabilme aralığı 0.1-1.0
Görüş alanı/Minimum odak mesafesi	9.2 mm lens ile tipik olarak 34°x25°/0.1 m
Dedektör tipi	Focal Plane Array (FPA), 160x120 piksel soğutmasız mikrobolometre
Video çıkışı	PAL, NTSC, Standart RCA karma video sinyali

3.1.3.2. Termal Kamera ile Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi

İnşa edilen bina prototipi üzerinden farklı yönlerde bakan yüzeylerin güneş ışınımı altındaki dış yüzey sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Bir yıl boyunca sürdürülen yüzey sıcaklık görüntülemeleri için Elagöz'ün [107] çalışmasında da olduğu gibi her ayın 1., 11. ve 21. günleri karakteristik günler olarak seçilmiştir. Güneşin doğuşundan batışına kadar geçen süre içerisinde her saat başı yüzey sıcaklıkları kızılötesi görüntüleme yöntemi ile kaydedilmiştir.

Ölçülen yüzey sıcaklıklarının değerlendirilebilmesi amacıyla eşdeğer çevre sıcaklık yönteminden faydalanılmış, ilgili yüzeylere ait eşdeğer çevre sıcaklıkları hesaplanarak ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır. Güneş ışınımı ölçümünün gerçekleştirildiği dönem içinde termal görüntüleme yöntemi yardımıyla bina kabuğundaki saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı altındaki saatlik sıcaklık değişimleri izlenerek, sonuçlar grafik ve tablolarla (EK-5) sunulmuştur.

3.2. SHGF Değerlerinin Hesaplanması

- ***SHGF değerlerinin hesaplanabilmesi için gerekli diğer iklimsel verilerin temini:***

Güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenleri ile dış ortam ısı taşınım katsayısının hesaplanması için gerekli olan Elazığ iline ait günlük güneşlenme süresi ve saatlik rüzgar hızı ve yönü verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

- ***SHGF değerlerinin hesaplanması:***

Ölçülen, sayısal olarak hesaplanan güneş ışınımı şiddeti değerleri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen değerler kullanılarak Elazığ iline ait saatlik SHGF değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar grafiklerle ifade edilmiş ve ASHRAE tarafından 40° enlemi için verilen SHGF değerleri ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

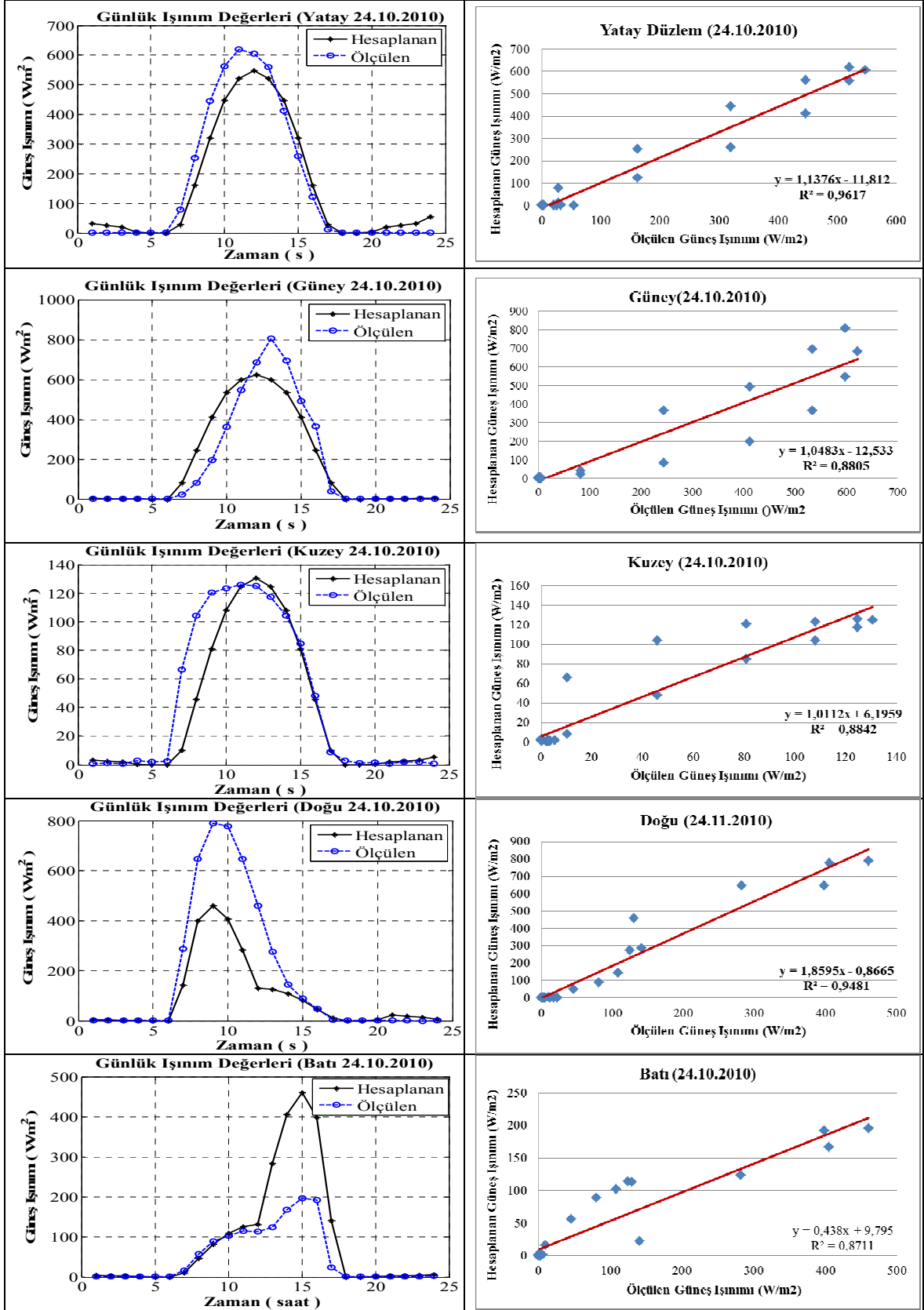
4.1. Ölçülen Güneş Işınımı Verilerinin Hesaplanan Veriler ile Karşılaştırılması

Yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınımı Türkiye’de Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait ölçüm istasyonlarında ölçülmektedir. Elazığ’da bu ölçümün yapıldığı istasyondaki güneş ışınımı ölçümleri 2010 yılı itibariyle sonlandırılmış ve en yakın ölçümler Bingöl ili Solhan ilçesinde yapılmaya başlanmıştır. Bölgesel farklılıklar nedeniyle ölçülen güneş ışınımının değerlendirilmesi amacıyla Solhan istasyonundan alınan ölçümler yerine, sayısal olarak hesaplanan yatay düzlem üzerine gelen güneş ışınımı değerleri kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

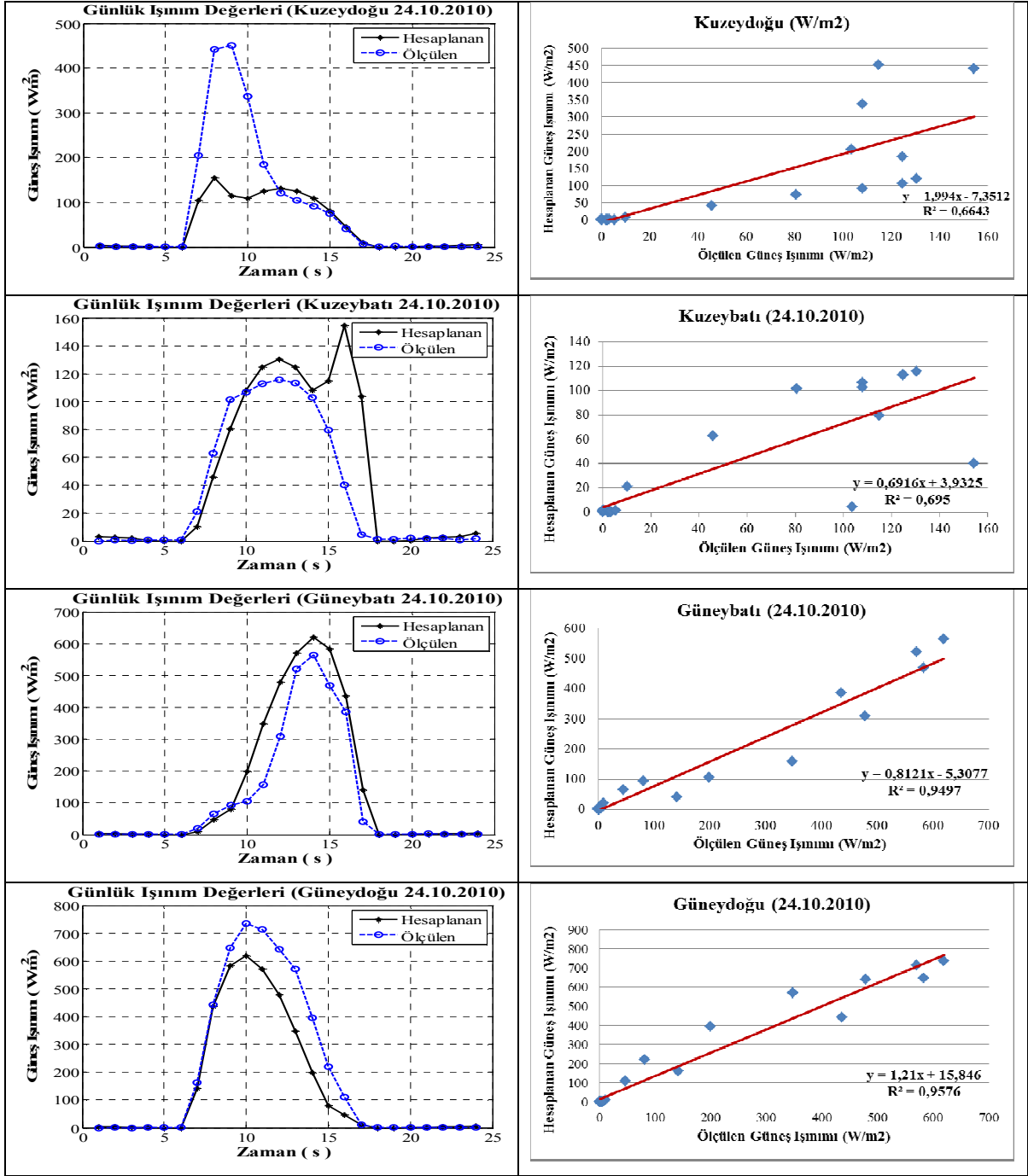
Eğik düzlemler üzerine gelen güneş ışınımı şiddeti ölçümleri dünya üzerinde sayılı olarak gerçekleştirildiğinden ölçülen değerlerin karşılaştırılması için hazır veriler mevcut değildir. Ölçülen verilerin doğruluğunun değerlendirilebilmesi amacıyla yatay düzlemde olduğu gibi, eğimli yüzeylere gelen saatlik toplam güneş ışınımı değerleri sayısal olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar MATLAB ortamında yazılan bir bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiştir. Yatay düzlem ve düşey yüzeyler için saatlik güneş ışınımı şiddetinin hesaplanmasında kullanılan bilgisayar programı çalışmanın sonunda Ek-2’de verilmiştir.

Ölçümlerin doğruluğunu değerlendirmek için ölçüm yapılan günlerden 90. gün (24 Ekim 2010) rastgele seçilmiş ve bu güne ait yatay düzlem ve dört ana yön için ölçülen güneş ışınımı ile hesaplanan güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırması Şekil 4.1’de verilmiştir. Arayönler için ölçülen ve hesaplanan güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Şekil 4.1 ve 4.2 genel olarak incelediğinde birkaç yönde aynı saatlerde gözlemlenen sıçramalar dışında hemen hemen aynı değerlerin elde edildiği gözlemlenmektedir. Aynı saatlerde meydana gelen anlık piklerin çevredeki binaların cam yüzeylerinden oluşabilecek yansımalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle doğu ve kuzeydoğu yönlerinde etkili olan bu yansımalar sonucu ölçülen yüksek güneş ışınımı grafiklerde açıkça görülmektedir. Batı yönünde ise ölçüm yapılan bölgenin batısında bulunan yüksek tepeler nedeniyle güneş ışınlarının alınamadığı saatlerde hesaplanan değerlerin altında güneş ışınımı ölçülmüştür.



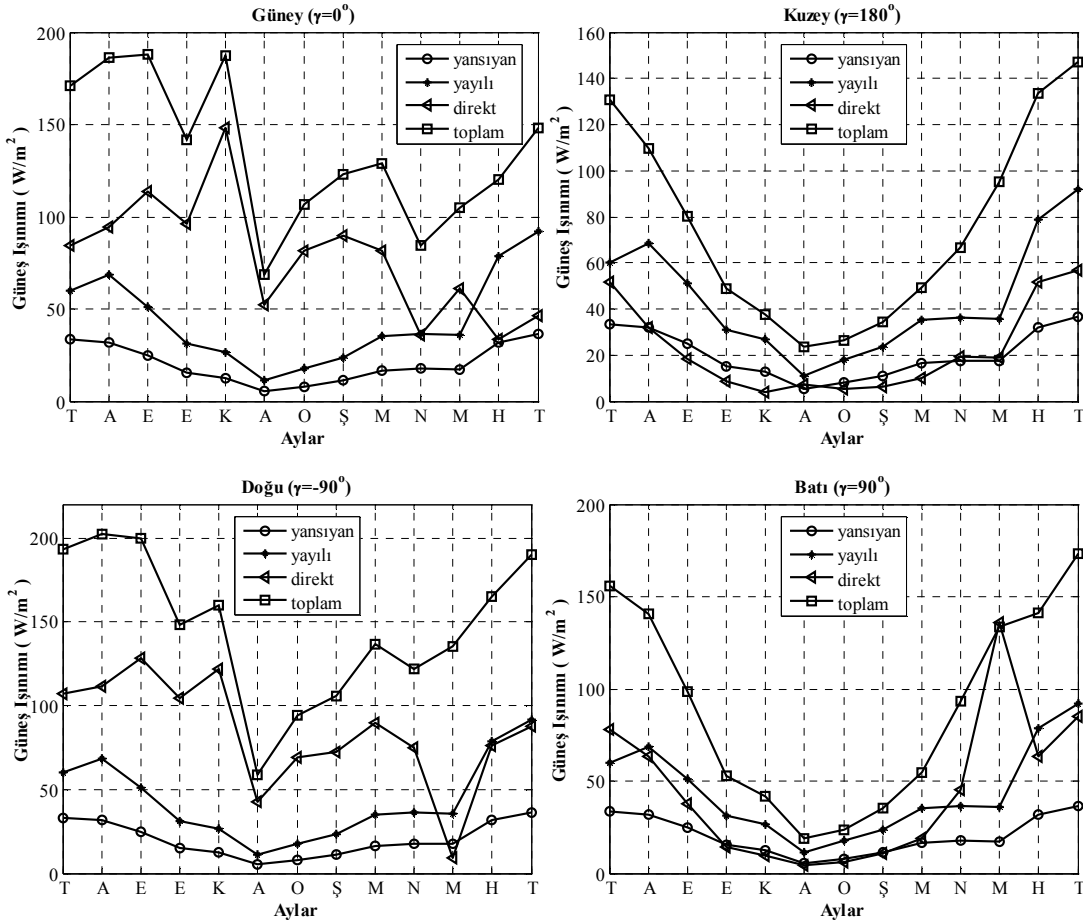
Şekil 4.1. Yatay düzlem ve ana yönler için ölçülen ve hesaplanan güneş ışınmı verilerinin karşılaştırılması



Şekil 4.2. Ara yönler için ölçülen ve hesaplanan güneş ışımmı verilerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada ölçülen ve hesaplanan güneş ışımmı değerlerinin değerlendirilmesinde R^2 parametresinden yararlanılmıştır. Eğer bu çalışmada olduğu gibi iki değişkenli regresyon analizi yapılıyor ise geometrik olarak x-y düzeyinde regresyon tahmini, bu düzeyde olan noktalara en küçük kareler prensibine göre en iyi uyan bir doğru uydurmaktadır. Bütün noktalar bu tahmin edilen doğru üzerinde ise, tahmin edilen doğru uyumu bu veri noktaları

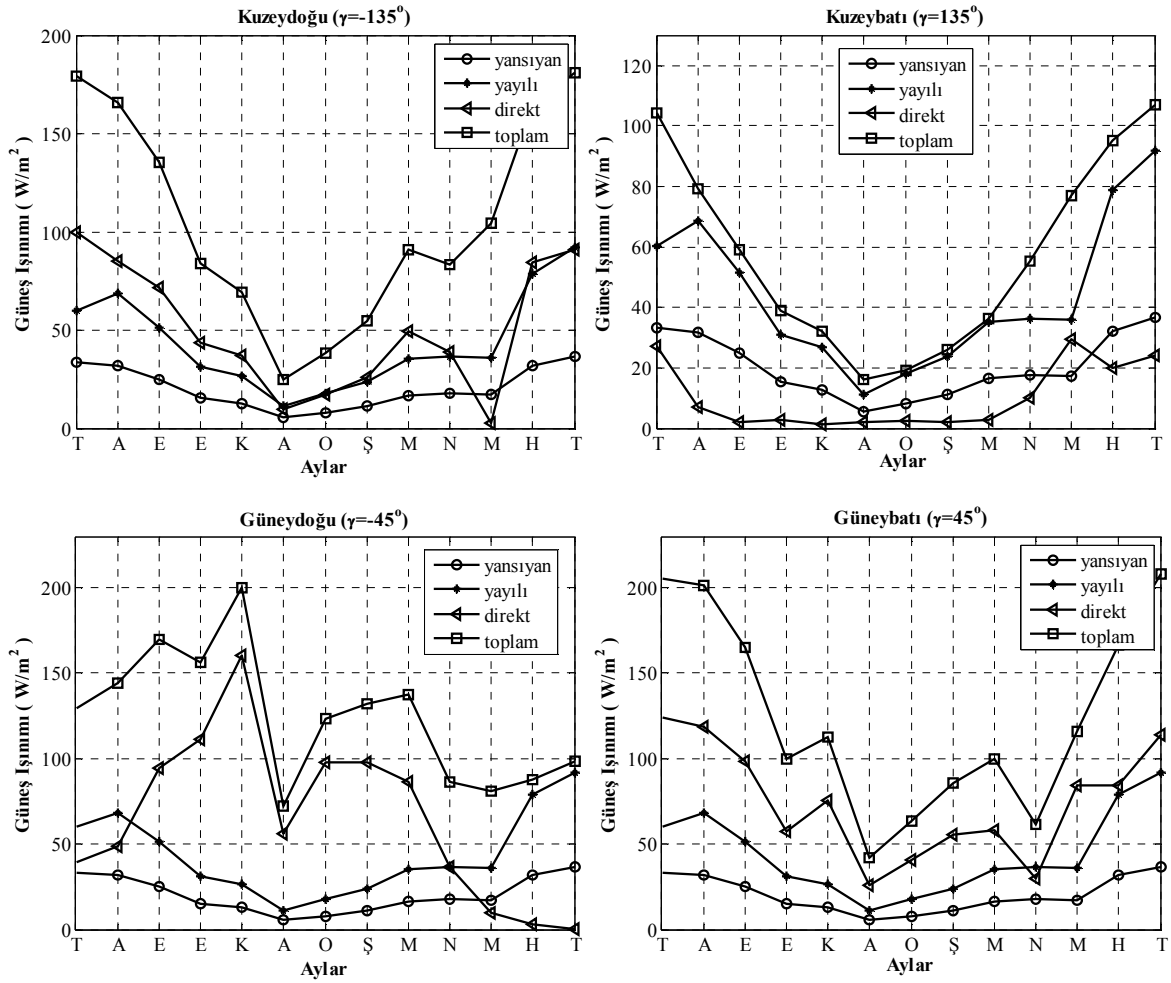
için hatasızdır. Bu veri noktaları tahmin edilen doğrudan uzaklaştıkça hatalar varyasyonu çoğalmaktadır. R^2 değeri 0 ve 1 aralığında değişmektedir. R^2 'nin 1'e yaklaşması değerlerin doğruluğunun, 0'a yaklaşması ise değerler arasındaki uyumsuzluğun göstergesidir. Ana ve arayönler için R^2 değerleri şekil 4.1 ve 4.2'de de görüleceği gibi 0.66 ile 0.96 arasında değer almaktadır. Silikon piranometrelerin kullanıldığı bu çalışmada elde edilen verilerin sayısal hesaplamalar sonucu elde edilen güneş ışınımı verilerine yukarıdaki şekillerde ifade edilen değerler doğrultusunda yakınsadığı görülmüştür. Ölçülen toplam güneş ışınımı değerlerinden yola çıkılarak farklı yönler için güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlere ait aylık ortalamalar Şekil 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Ana yönlere ait aylık ortalama toplam güneş ışınımının doğrudan yayılı ve yansıyan bileşenleri

Şekil 4.3 ve 4.4'te tüm yönler için verilen grafikler incelendiğinde kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri hariç toplam güneş ışınımının en büyük bileşeninin doğrudan ve en küçük bileşeninin de yansıyan güneş ışınımı bileşeni olduğu görülmektedir. Kuzey yönü

yıl boyunca doğrudan güneş ışınımını sadece çevredeki yansılardan dolayı aldığından bu yöne ait en büyük bileşen yayılı güneş ışınımıdır. Kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri ise sırasıyla doğu ve batı yönlerindeki doğrudan ışınımın etkin olduğu saatlerde en yüksek doğrudan bileşene sahip olmaktadır.



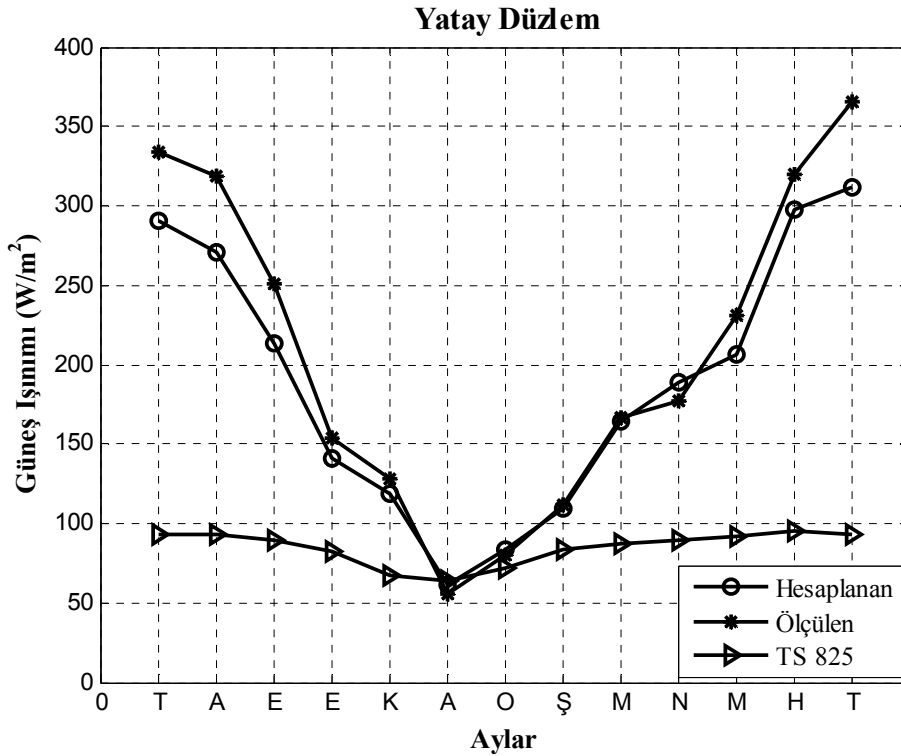
Şekil 4.4. Arayönlere ait aylık ortalama toplam güneş ışınımının doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenleri

4.2. Ölçülen Güneş Işınımı Değerlerinin TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı ile Karşılaştırılması

Güneş ışınımı verisi binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilen enerji miktarının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Binaların enerji etkin olarak tasarlanması (ısı kazancı ve aydınlatma yükü tayini) ve güneş enerjisi tabanlı yenilenebilir enerji sistemlerinin kapasitelerinin belirlenmesi, toplayıcıların boyutlandırılması aşamalarında gerçekleştirilecek hesaplamalarda doğru güneş ışınımı verisine ihtiyaç duyulmaktadır.

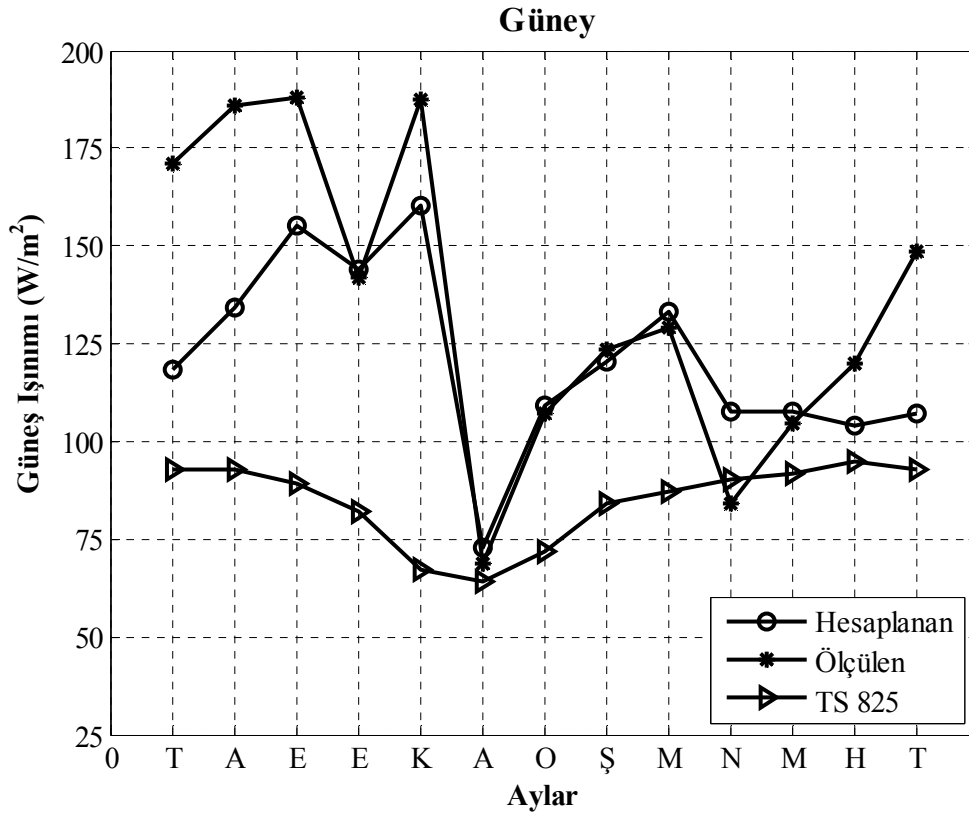
Ülkemizde yeni çıkan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve onun eki olan BEP-TR Hesap Yöntemi'nde [108] iklim verileri daha detaylı ele alınmakla birlikte halen yürürlükte ve zorunlu olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı farklı iklim bölgeleri için aynı güneş ışıını verisinin kullanılmasını önermektedir. Ancak bu standarda göre Türkiye iklimsel olarak dört derece gün bölgesine ayrılmıştır. Birbirinden farklı özelliklere sahip iklim bölgelerindeki güneş ısı kazancı hesaplamalarında kullanılacak bu değerlerinin aynı olması, yapılacak enerji simülasyonlarında yanıltıcı olmaktadır.

Bu amaçla, uygulama çalışması dahilinde TS 825 EK-C'de verilen güneş ışıını değerlerinin Elazığ yöresi için uygunluğu değerlendirilmiştir. EK-C'de yatay düzlemde yapılacak bir camlama için güney yüzeylere ait güneş ışıını değerlerinin kullanılması öngörüldüğünden yatay düzleme ait ölçülen güneş ışıını, bu değerler ile mukayese edilmiştir. Şekil 4.5 □ 9'da sırasıyla yatay, güney (0°), kuzey (±180°), doğu (-90°) ve batı (90°) yönleri için TS 825 Ek-C'de verilen güneş ışıını değerlerinin ölçülen ve hesaplanan güneş ışıını değerleri ile kıyaslaması grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.5. Yatay düzlem için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışıını değerlerinin karşılaştırılması

Yeryüzünde en fazla güneş ışınımı yatay düzlemler üzerine gelmektedir. Şekil 4.5'ten de anlaşılacağı üzere yatay camlama uygulamalarının yapılacağı durumlar için standartta önerildiği gibi, güney cepheye ait güneş ışınımı değerlerinin kullanılması çok büyük hatalara sebebiyet verecektir. Ölçülen ve hesaplanan güneş ışınımı değerleri aylık ortalamalarda $10 \square 50 \text{ W/m}^2$ arasında farklılıklar gösterse bile yıl geneline bakıldığında hemen hemen aynı büyüklükte değerler almaktadır. Bu değerlerin de bazı ayları için Ek-C'de verilen değerlerin iki, bazen de üç katına karşılık geldiği görülmektedir. TS 825'de verilen değerler ile sadece Aralık ve Ocak ayı için yakınsama sağlandığı, yıl boyunca yatay düzlem üzerine gelen enerji miktarı öngörülenin çok üzerinde olduğu açıkça görülmektedir.

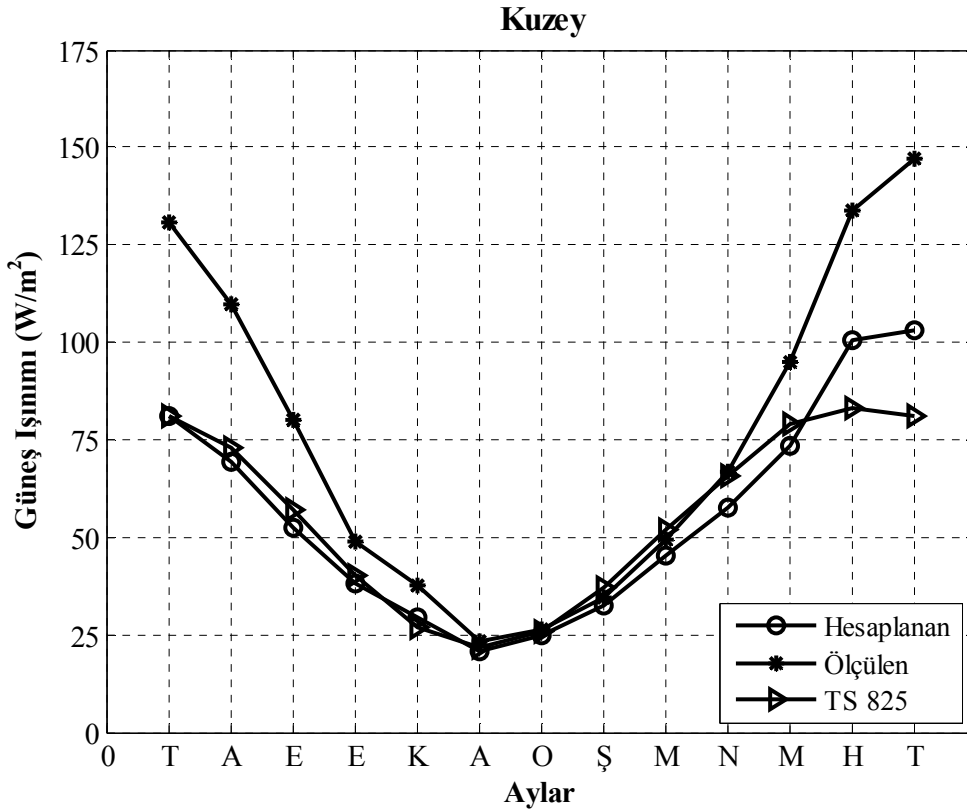


Şekil 4.6. Güney (0°) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması

Güney yönüne bakan yüzeyler için karşılaştırmanın yapıldığı Şekil 4.6 dikkate alındığında, ölçülen ve hesaplanan değerlerde büyüklük yönünden farklılıklar olsa bile yüzey üzerine düşen güneş ışınımının günlük güneşlenme süresinden kaynaklanan davranışının aynı olduğu görülmektedir. Uzun yıllara dayalı bir ortalama alındığında,

güneş ışınımında ölçüm yapılan dönemde özellikle şekilde Aralık ayında görülen ani düşüşün ve yıl boyunca süren aşırı dalgalanmaların yaşanmayacağı söylenebilir. Ancak yine de yüzey üzerinden TS 825 EK-C’de verilen değerlerden daha yüksek güneş ışınımı elde edileceği açıktır.

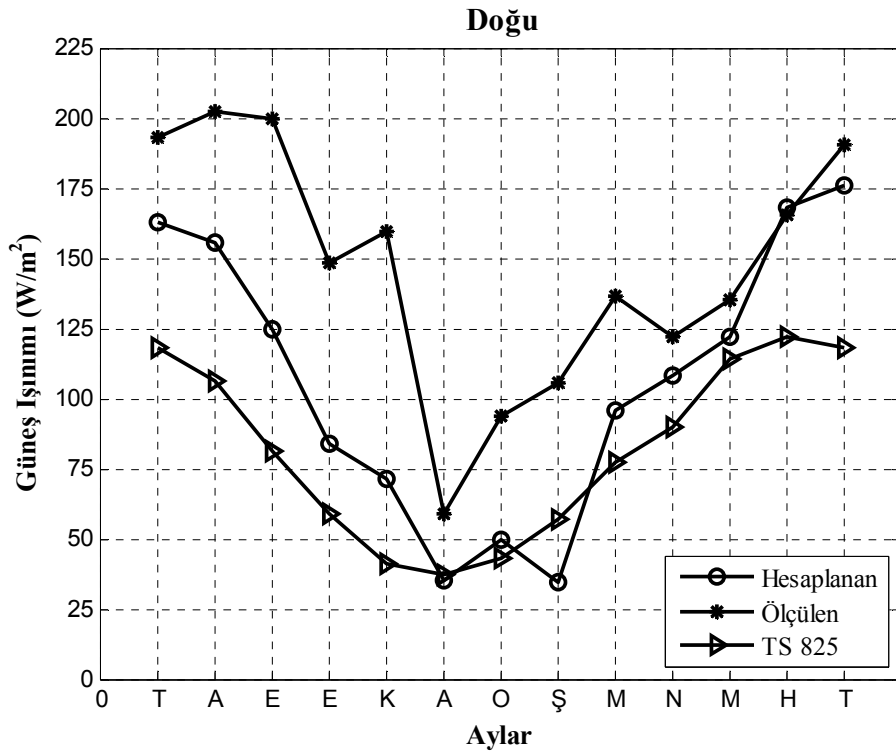
Şekil 4.7’de kuzey yönü için ölçülen, hesaplanan ve TS 825 tarafından öngörülen değerler yıl içinde hemen hemen aynı davranışı göstermekte ve birbirine çok yakın değerler almaktadır. Yıl içerisinde doğrudan güneş ışınımına maruz kalmayan kuzey cepheler üzerindeki toplam güneş ışınımında, yayılı ve yansıyan güneş ışınları daha etkili olmaktadır. Kuzey cepheler için TS 825 EK-C’nin kullanılmasının hesaplamalarda büyük hatalara sebebiyet vermeyecektir.



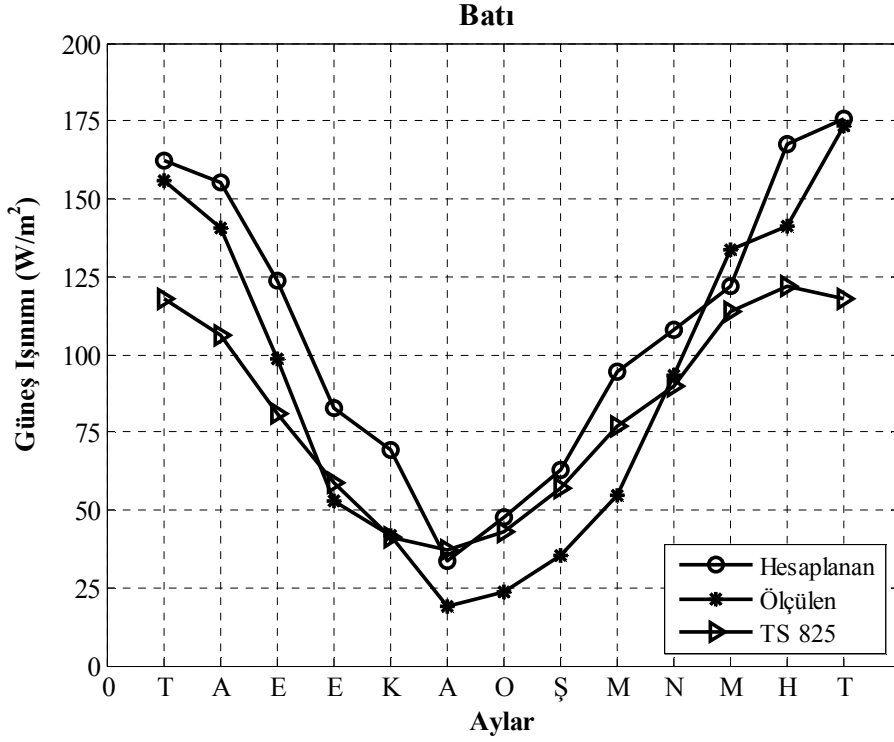
Şekil 4.7. Kuzey ($\pm 180^\circ$) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825’te önerilen toplam güneş ışınımı değerlerinin karşılaştırılması

Ölçüm yapılan dönemde kış mevsiminin kar yağışsız ve mevsim normallerinin üzerinde güneşli geçmesi doğu ve batı cephelerin yıl içindeki güneş ışınımı davranışlarının bilinenden biraz farklı olmasına sebep olmuştur. Şekil 4.8’de doğu cepheler için ölçülen hesaplanan ve standartta önerilen değerlere bakıldığında ölçülen ve hesaplanan güneş

ışınımı değerlerinin standartta verilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Sayısal olarak gerçekleştirilen hemen hemen bütün güneş ışıını hesaplamalarında doğu ve batı cepheler için elde edilen güneş ışıınının günlük toplam değerleri için aynı sonuçlar elde edilmesine rağmen bu çalışma dahilinde (yaz dönemi hariç) doğu cephelerin batı cephelerden gün içerisinde daha yüksek güneş ışıını aldığı görülmüştür. Bunun sebebinin kış aylarında güneşin erken saatlerde batması ve ölçüm yapılan bölgenin özellikle batı tarafında yer alan yüksek tepeler nedeniyle güneş ışıını güneşin batış saatlerine yakın alamaması olduğu düşünölmektedir. Batı cephe için Şekil 4.9’da yapılan mukayesede ölçölen, hesaplanan ve TS 825’de önerilen verilerin birbirine çok yakın olduğu görölmektedir. Ancak hiçbir çevresel faktörün engellemediğı bir alanda güneş ışıını ölçümü yapıldığı takdirde bu cepheye ait güneş ışıını değerlerinin de en az doğu cephe kadar olacağı açıktır.



Şekil 4.8. Doğu (-90°) cephe için ölçölen, hesaplanan ve TS 825’te önerilen toplam güneş ışıını değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.9. Batı (90°) cephe için ölçülen, hesaplanan ve TS 825'te önerilen toplam güneş ışıınımlı değerlerinin karşılaştırılması

Sayısal olarak gerçekleştirilen güneş ışıınımlı hesaplamaları dikkate alındığında, TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı EK-C'de verilen değerlerin Elazığ ili ve civarı için özellikle yatay düzlem, güney ve doğu yönlerinde oldukça düşük değerler verdiği görülmüştür. Bu tablo göz önüne alınarak Elazığ'da bulunan bir bina için hesaplama yapıldığı takdirde, ısıtma döneminde gerçek durumdan daha az güneş ısısı kazancı elde edilecek ve fazla ısıtma gereksinimi çıkacaktır. Bu durum da gerekli olmadığı halde daha büyük boyutlu bir ısıtma ekipmanı ve yüksek maliyet anlamına gelecektir. Bunun tam tersi soğutma döneminde de bazı yönler için tablodaki değerlerin gerektekenden düşük olması ihtiyacı karşılayamayacak düşük kapasiteli ekipman boyutlandırmalarına ve yüksek soğutma maliyetine sahip yapıların tasarlanmasına sebebiyet verilecektir.

Hesaplamalar sonucu elde edilen güneş ışıınımlı verilerinin ölçülen değerlere daha yakın sonuçlara sahip olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle ölçüm yapılmasının mümkün olmadığı durumlarda, çalışmada önerilen sayısal hesaplama yönteminin kullanılmasının TS 825 Ek-C'ye göre hesaplamalarda daha gerçekçi sonuçlar vereceği açıktır. Bu amaçla ülkemizde her il için olmasa bile farklı enlemlerde yer alan ve bulunduğu derece gün bölgesini temsil edecek iller için yapılacak olan hesaplamaların sonuçlarına dayalı bir

güneş ışınımı veri tabanının oluşturulması bile mevcut standarttaki verilerden daha faydalı olacaktır.

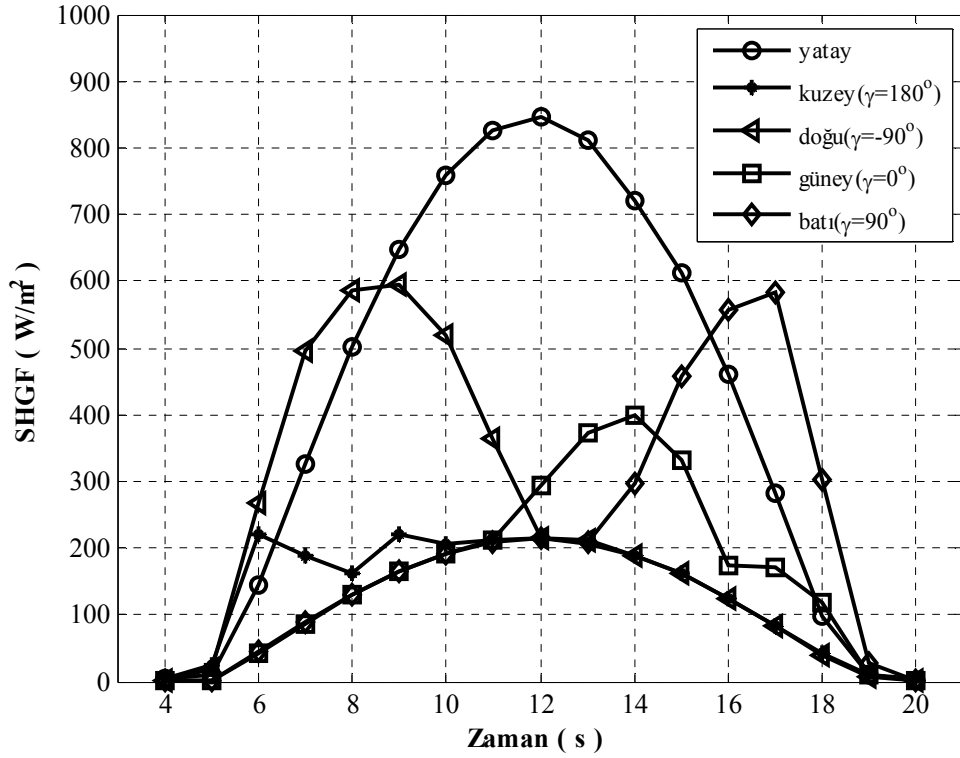
4.3. SHGF İçin Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

2. Bölümde açıklanan hesaplama metodu ve varsayılan kabul ve sınırlılıklara dayanarak farklı yönlere bakan yüzeylere ait SHGF değerleri hesaplanmıştır. Bina prototipi üzerinden ölçülen güneş ışınımı değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen saatlik rüzgar hızı ve yönü ile günlük güneşlenme süresi verilerine bağlı olarak saatlik SHGF değerlerinin hesaplandığı bilgisayar programı ise Ek-3'te, hesaplanan saatlik SHGF değerleri ise Ek-4'te verilmiştir.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere Temmuz ayında öğle saatlerinde (12:00) yaklaşık 90°'ye yaklaşan güneş yüksekliği sebebiyle yatay düzlemler bina düşey yüzeylerine gelen güneş ışınımından daha yüksek ışınım ve SHGF değerlerine sahiptirler. Son yıllarda çok katlı ve giydirme cam cepheli binaların artması ile bina dış yüzey alanı ile karşılaştırıldığında, çatı yüzeyleri oldukça küçük kalmaktadır. Bu nedenle güneş ısısı kazancında ve bina ısı yüklerinin üzerinde asıl belirleyici olan yüzeylerin bina düşey yüzeyleri olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle yaz aylarında sabah saatlerinde doğu, öğleden sonra ise batı cephelerde yaklaşık 600 W/m² civarındaki SHGF değerleri binalarda soğutma gereksinimini doğrudan etkilemektedir. Bu ay için saatlik maksimum SHGF değerleri sıralandığında;

Yatay > Doğu > Batı > Güney > Kuzey

olduğu görülmektedir. 850 W/m² seviyesindeki yatay düzlem SHGF değeri, taban alanı büyük ve yatay camlamanın kullanılacağı tasarımlarda göz ardı edilemeyecek derecede önemli ve iç ortam konfor koşullarını etkileyecek seviyede bir değerdir. Yatay düzleme ait SHGF değeri özellikle çatı tasarlanması ve detaylandırılmasını etkileyen önemli bir parametredir. Bu nedenle kış aylarında dış ortam sıcaklıklarının düşük olması sonucu gerçekleşen ısı kayıplarının yanı sıra, güneşli yaz günlerinde karşılaşılabilecek sıcak tavan riskini ortadan kaldırmak amacıyla gerekli ısı yalıtımı yapılmalı ve mümkünse yatay camlamalardan kaçınılmalıdır.



Şekil 4.10. 2010 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri

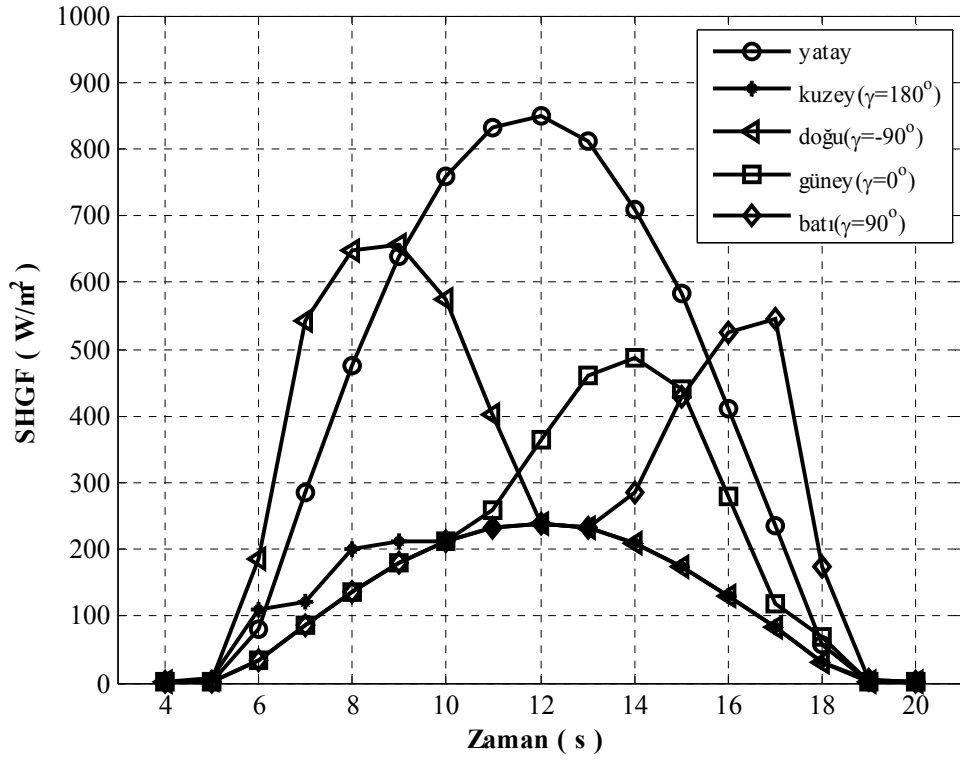
Ağustos ayı için verilen Şekil 4.11’de yönler göre saatlik maksimum SHGF değerleri incelendiğinde doğu yönündeki SHGF değerlerinin önceki aya göre % 10.6 arttığı, batı yönünde ise % 6.7 oranında azaldığı görülmüştür. Güney yönünde Temmuz ayına oranla % 22.3’lük bir artış varken yatay düzleme ait SHGF değerleri hemen hemen aynıdır. Bu ay için maksimum kazançlar değerlendirildiğinde yönler göre aşağıdaki sıralama elde edilmektedir.

Yatay>Doğu>Batı>Güney>Kuzey

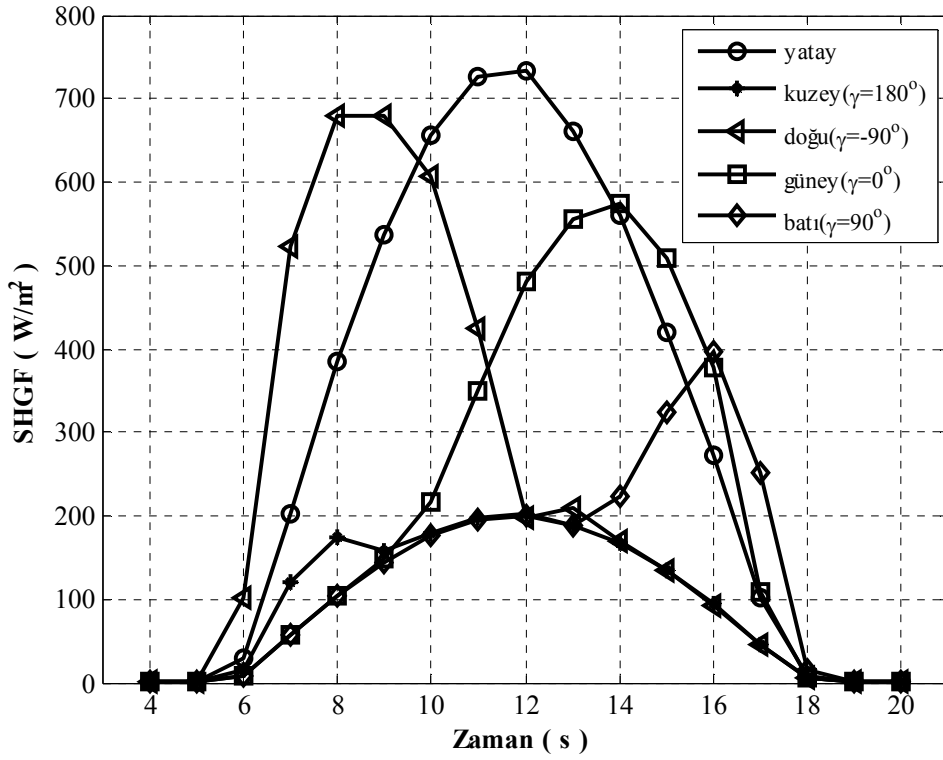
Eylül ayının gelmesi ile birlikte (Şekli 4.12) güneş ışınları yeryüzüne daha eğik gelmeye başladığından güney cephelere ait SHGF değeri en yüksek 575 W/m² seviyelerine ulaşmaktadır. Yatay düzleme ait SHGF 733 W/m² ile halen gün içerisindeki en yüksek değere sahip iken kuzey cephe 202 W/m² seviyelerindedir. Doğu cephelerde bir önceki aya göre 3.3 artış varken, batı yönünde % 27.4’lük bir düşüş gözlemlenmiştir. Eylül ayı için SHGF sıralaması;

Yatay>Doğu>Güney>Batı>Kuzey

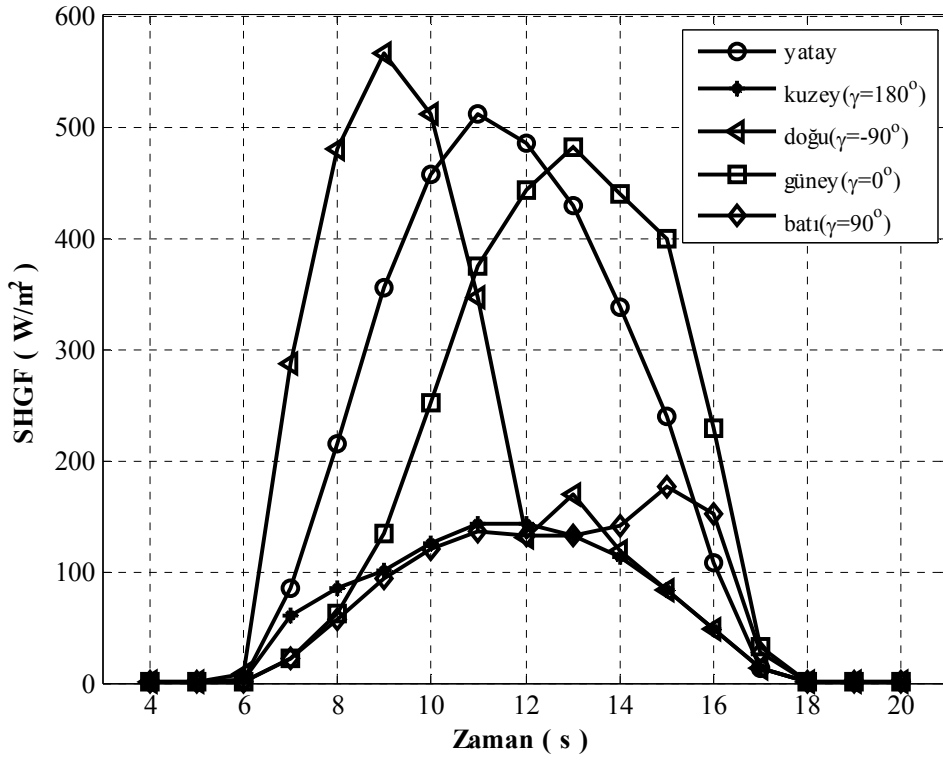
şeklindedir.



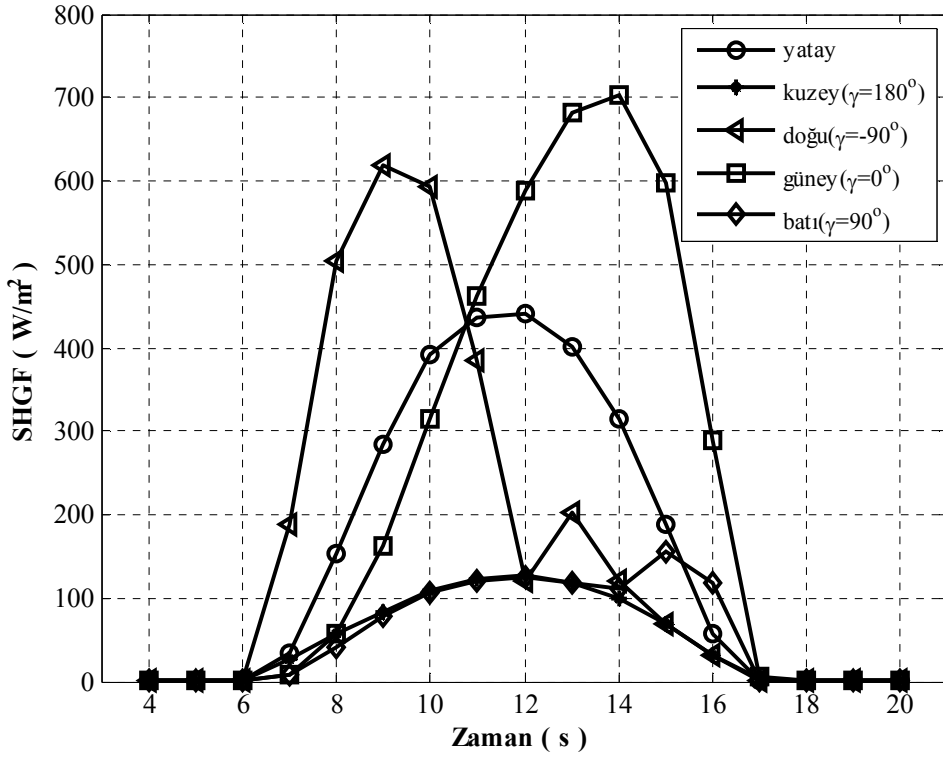
Şekil 4.11. 2010 yılı Ağustos ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



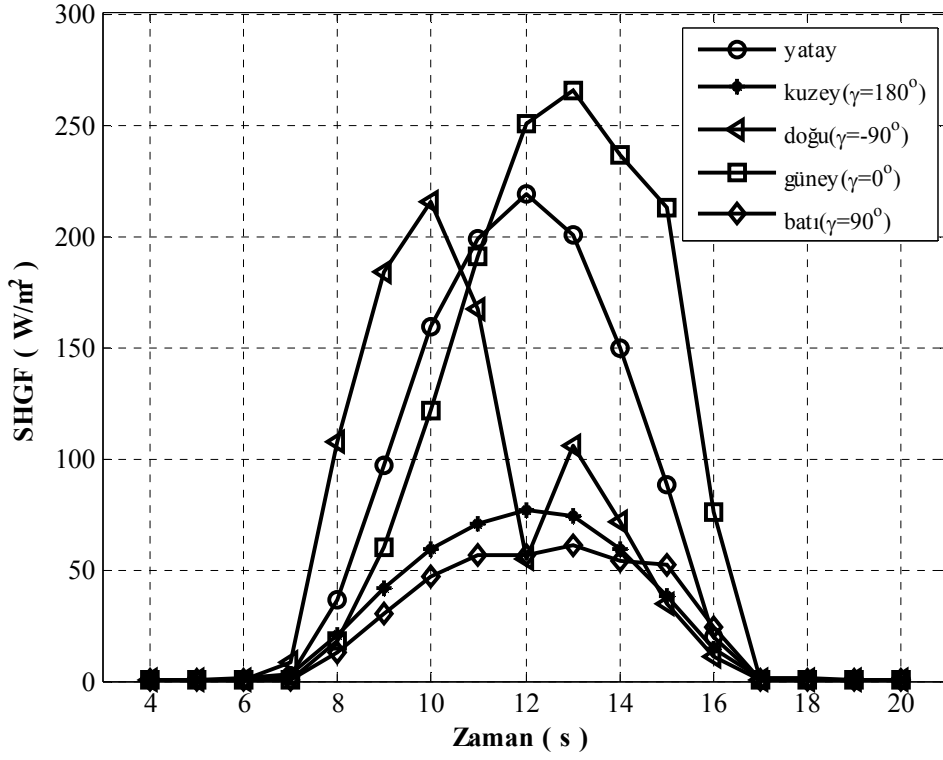
Şekil 4.12. 2010 yılı Eylül ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



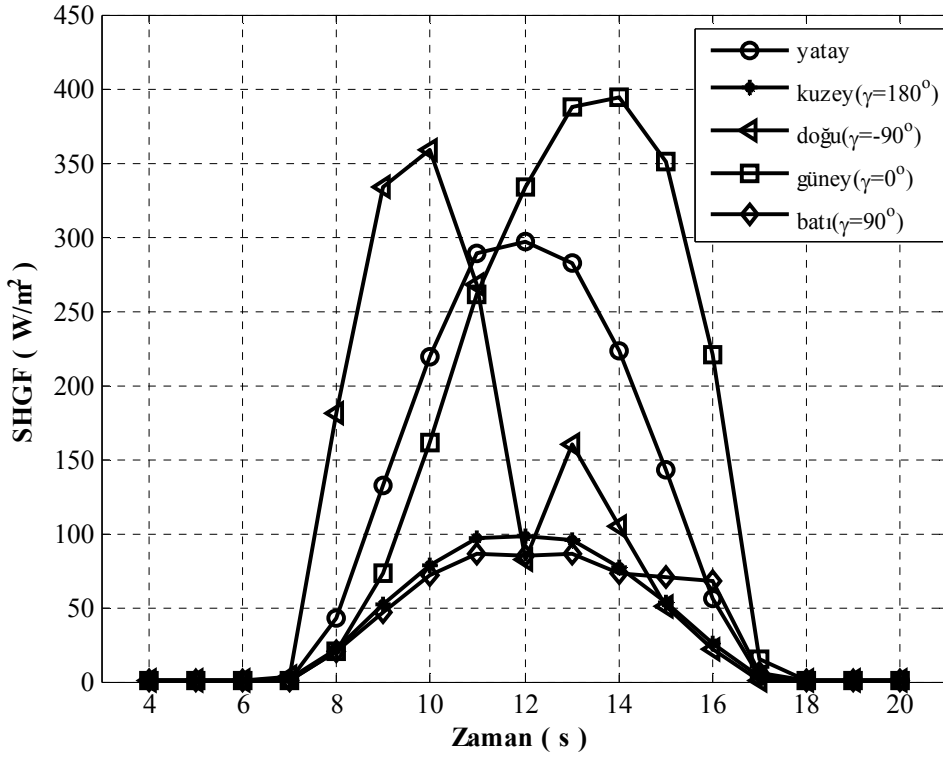
Şekil 4.13. 2010 yılı Ekim ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



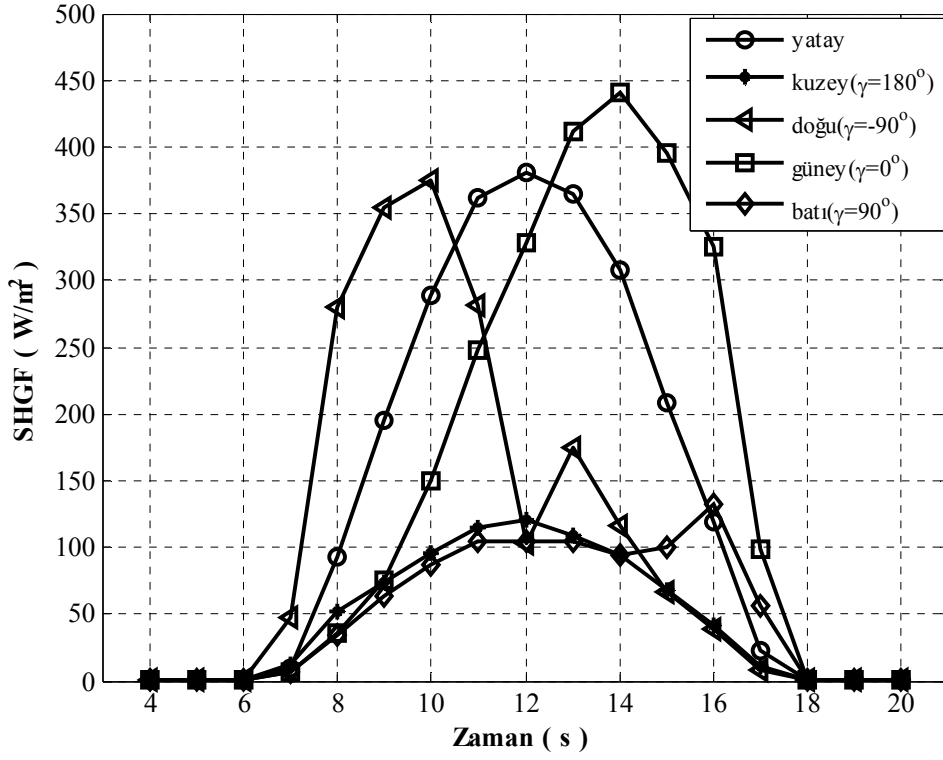
Şekil 4.14. 2010 yılı Kasım ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



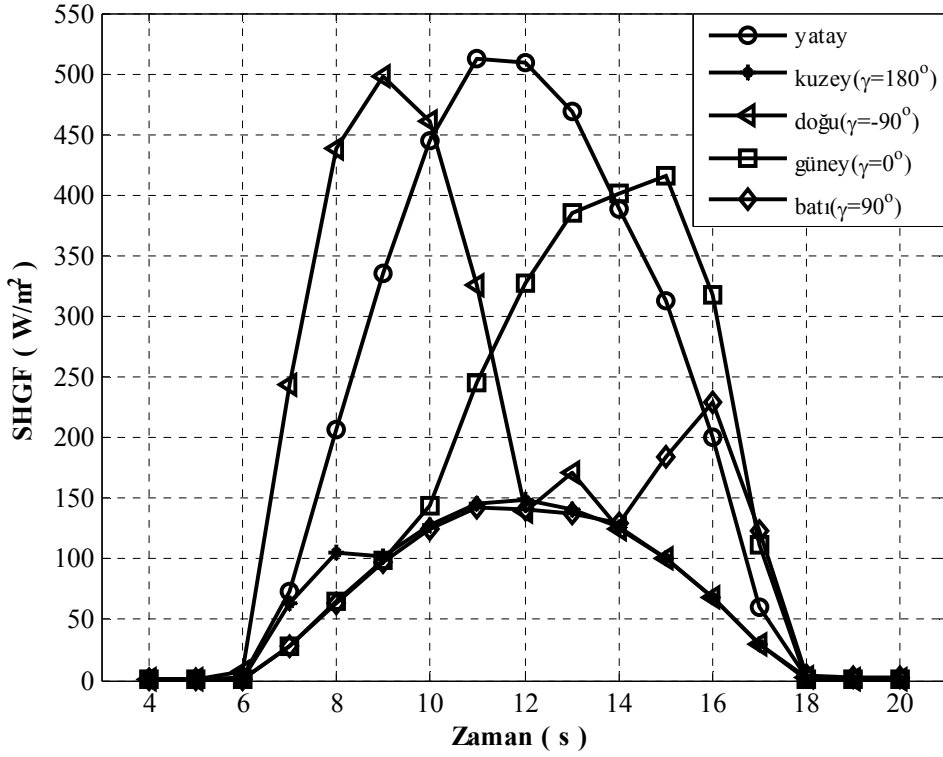
Şekil 4.15. 2010 yılı Aralık ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



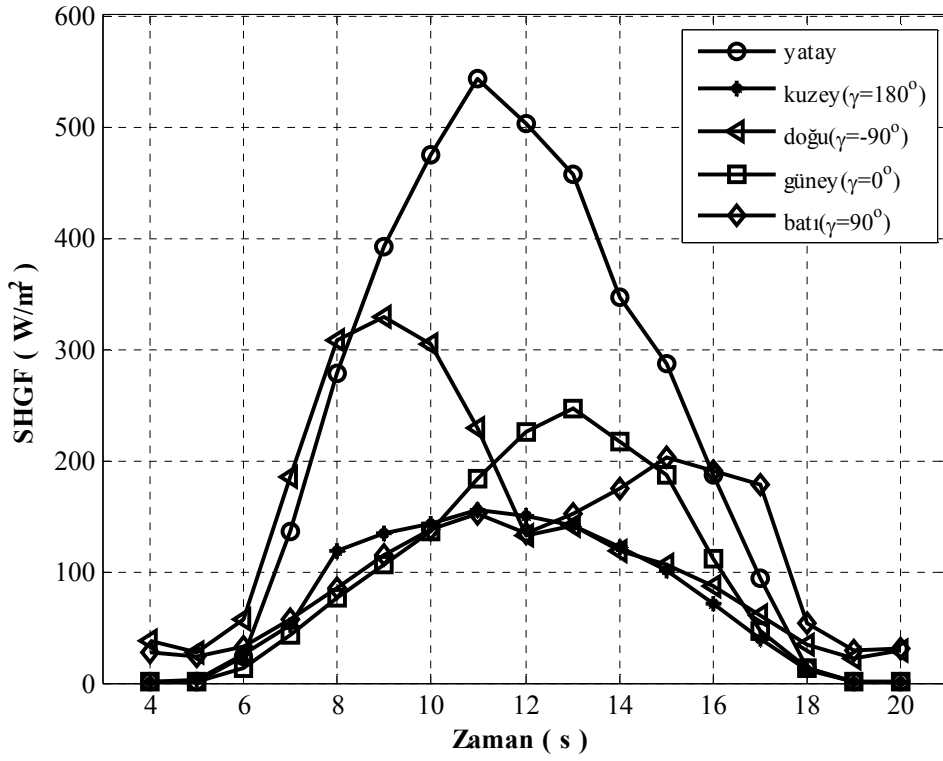
Şekil 4.16. 2011 yılı Ocak ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



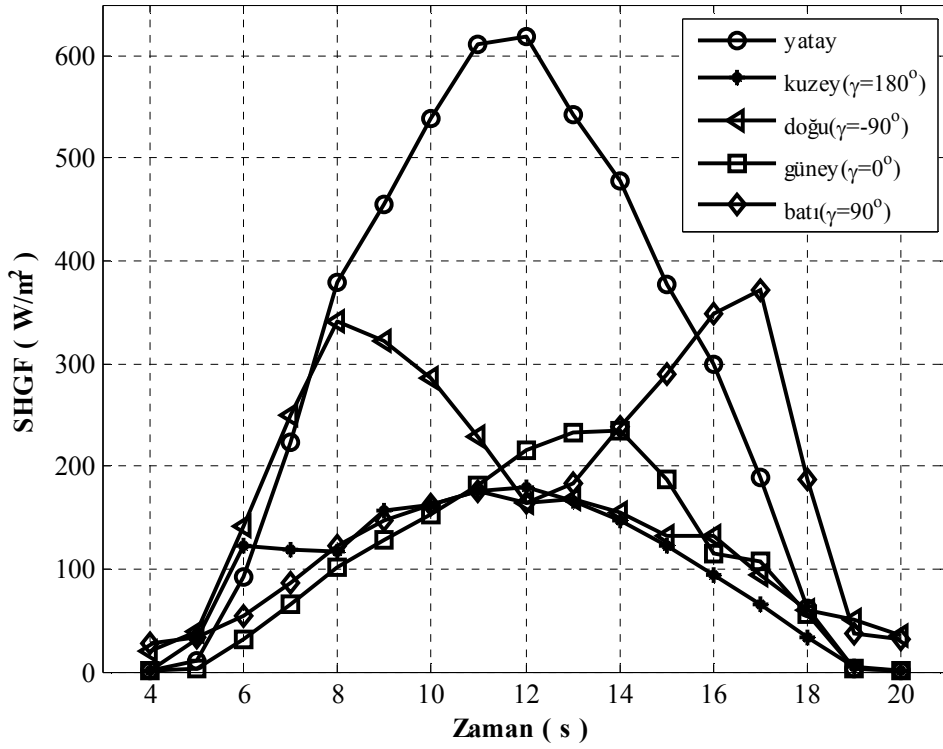
Şekil 4.17. 2011 yılı Şubat ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



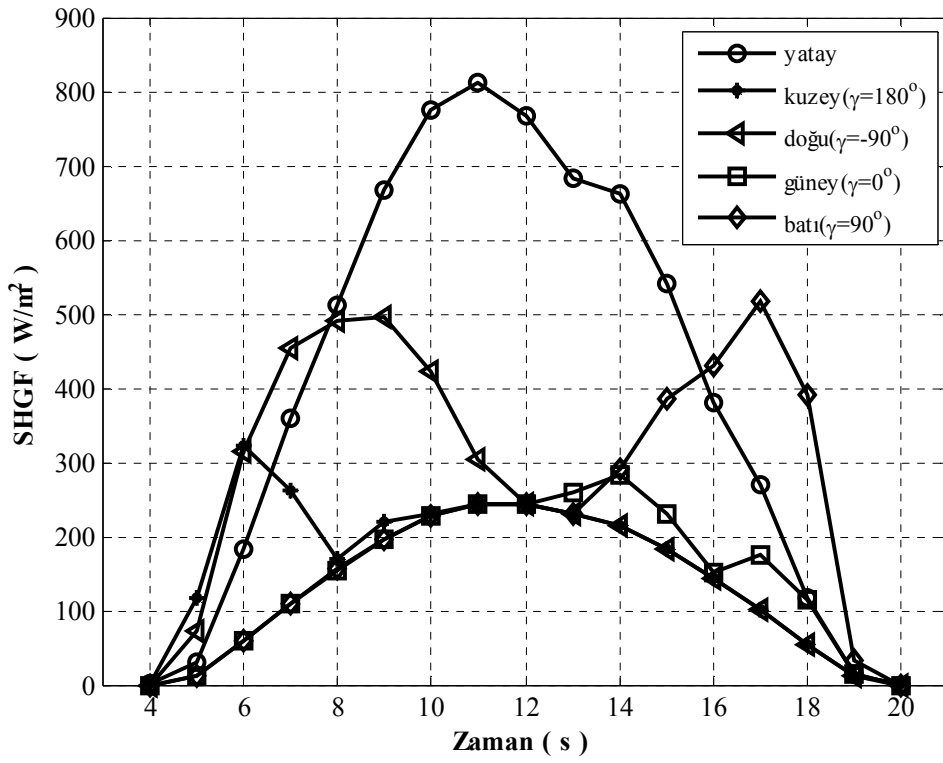
Şekil 4.18. 2011 yılı Mart ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



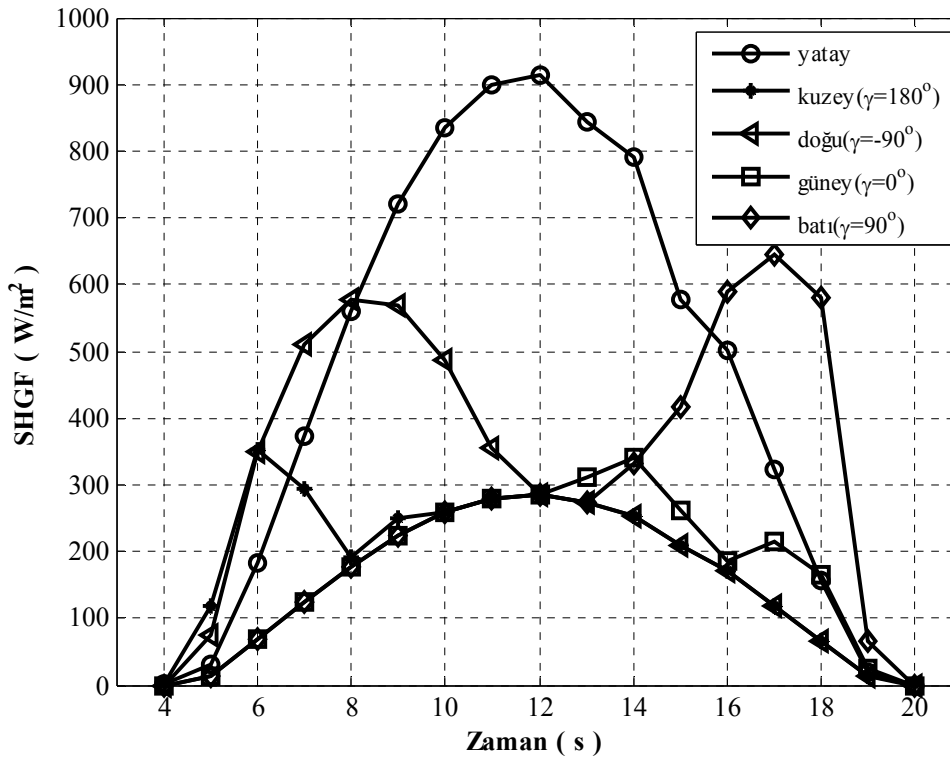
Şekil 4.19. 2011 yılı Nisan ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



Şekil 4.20. 2011 yılı Mayıs ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



Şekil 4.21. 2011 yılı Haziran ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



Şekil 4.22. 2011 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ana yöne bakan cephelerin SHGF değerleri

Şekil 4.13'te güney Ekim ayı için verilen grafik dikkate alındığında yatay düzlem ve güney yönüne ait SHGF'lerin yakın değerler almaya başladığı görülmektedir. Ancak halen doğu cephelerin güneş ısı kazancında sabah saatlerinde 565 W/m^2 gibi önemli seviyelerdedir. Ölçüm yapılan bölgenin batısında yer alan coğrafi engeller nedeniyle zaten eğik gelen güneş ışınımı batı cepheler üzerinde tesirli olamamaktadır. Bu nedenle bu ay için ölçülen maksimum saatlik ortalama değer 177 W/m^2 seviyesinde kalmıştır. Bu ay için en yüksek SHGF değerleri dikkate alındığında;

Doğu > Yatay > Güney > Batı > Kuzey

şeklinde bir sıralama görülmektedir.

Kasım ayıyla birlikte ısıtma periyoduna girilmesi ile Şekil 4.14'te de görüldüğü üzere güneş ısı kazancında maksimum fayda sağlayan cephe güney olmaktadır. Güney cephe yıl boyunca aldığı en yüksek SHGF değeri olan 703 W/m^2 'ye ulaşmıştır. Bu ay ile birlikte doğu cephelerin SHGF değerleri bir önceki aya göre % 9.3 artarak bundan sonraki aylarda düşmeye başlayacaktır. Yaz aylarında yoğun güneş ışınımına maruz kalmadığından bina soğutma yükleri üzerinde belirgin bir etkisi olmayan güney cephe açıklıkları, kış aylarında sağladıkları faydalı kazanç ile ısıtma enerjisi ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır. Kasım ayında yönlere bağlı güneş ısı kazancı sıralaması ise;

Güney > Doğu > Yatay > Batı > Kuzey'dir.

Şekil 4.15'de Aralık ayında doğu cephe güneş ışınımı kazancındaki etkinliğini kaybetmiştir. Uzun yılların ortalamalarında daha yüksek değerler almış olmasına rağmen 2010 yılı Aralık ayında güneşlenme sürelerindeki düşme nedeniyle grafikten de anlaşılacağı üzere özellikle güney cephede oldukça düşük SHGF değerleri elde edilmiştir. Bu ay için bütün yönler dikkate alındığında;

Güney > Yatay > Doğu > Kuzey > Batı

şeklinde bir sıralama olmaktadır. Doğru cephelerin aylık ortalama saatlik maksimum güneş ısı kazancı değeri 215 W/m^2 civarında olurken Ocak ayı (Şekil 4.16) ile yeniden yükselişe geçerek 360 W/m^2 seviyelerine ulaşmaktadır. Elazığ ili için 2010 yılı Ocak ayında doğu yönündeki kazançlar yıl içerisinde yüksek seviyelerde seyretmiştir, öyle ki bu durum Ocak ayında

Güney > Doğu > Yatay > Batı > Kuzey

şeklinde bir sıralamanın oluşmasına neden olmuştur. Kış mevsiminin oldukça yumuşak geçtiği 2010-2011 yıllarında yürütülen bu çalışmanın sonuçlarından yola çıkılarak aylar için bir genelleme yapılması hatalı sonuçlara sebebiyet verebilir. Bir genellemenin

yapılabilmesi için bu çalışmanın uzun süreli ölçümlerle desteklenmesi, uzun yılların aylık ortalama değerlerinin dikkate alınması ve hesaplamaların elde edilecek bu verilerle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 2011 yılı Ocak ayında karşılaşılan durum değerlendirilirken, sadece o yıla ait gölgeleme, yağış durumu, güneşlenme süresi vb. farklı iklimsel değişkenlerden kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Şubat ayı için SHGF hesaplamaları yapıldığında aylık ortalama saatlik değerlerden elde edilen Şekil 4.17’de,

Güney > Yatay > Doğu > Batı > Kuzey

sıralamasının olduğu görülmüştür. Mart ayının gelmesi ile birlikte de (Şekil 4.18) güney cepheler güneş ısı kazancındaki etkinliğini kaybetmiştir. Günlük maksimum değerinde bir önceki aya göre % 33.15 artış olan doğu cepheler yatay düzlemden sonra yüksek SHGF değerine sahip olan yön olmuştur. Mart ayında SHGF değerlerinde,

Yatay>Doğu > Güney >Kuzey > Batı

şeklinde bir sıralama tespit edilmiştir.

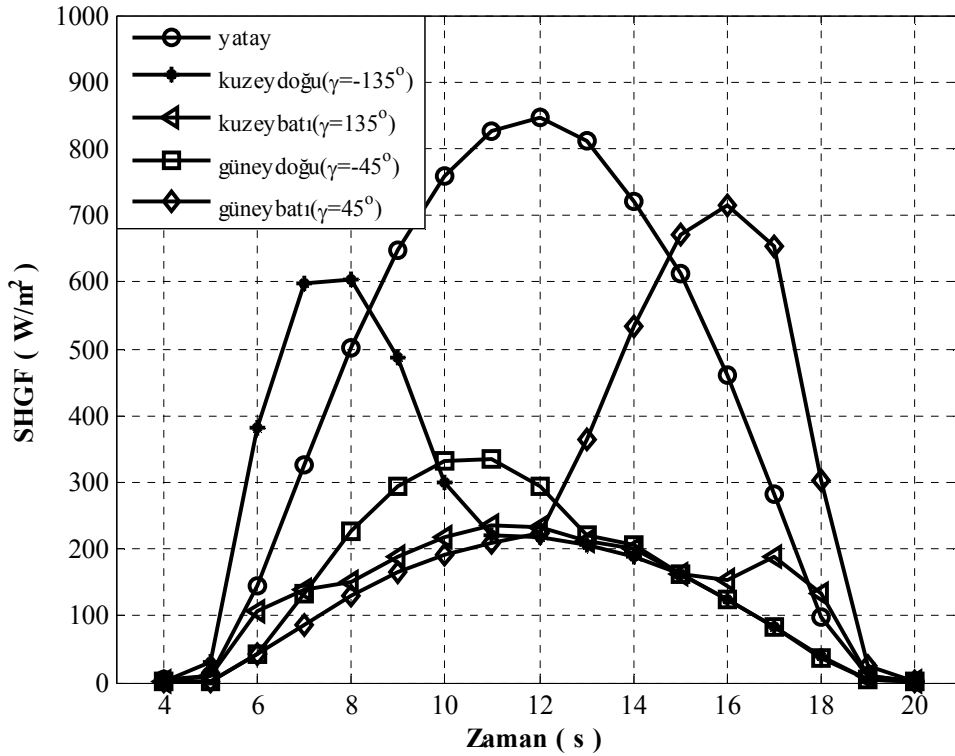
Kış dönemi boyunca ölçüm yapılan yerin yakın çevre coğrafi durumu nedeniyle batı cephe üzerine düşen güneş ışınımı normalin altında değerler almıştır. Şekil 4.19’da görüldüğü üzere Nisan ayıyla birlikte güneş ışınlarının yerküreye daha dik gelmesi, batı cephenin kuzeyden daha yüksek ışınım ve SHGF değerleri almaya başlamasına neden olmuştur. Nisan ayında günlük maksimum SHGF değeri Mart ayına göre % 6.1 oranında artarak yine en yüksek değere sahip olan yatay düzlemi, sırasıyla doğu, güney, batı ve kuzey yönleri takip etmektedir. Bir önceki aya göre % 40.8 oranında daha düşük SHGF’ye sahip olan güney cepheler de bu aydan itibaren güneş ısı kazancındaki etkinliğini kaybetmektedir.

Şekil 4.20 □ 22 incelendiğinde soğutma periyodunda yatay düzlemin diğer yönlere göre çok daha yüksek SHGF değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu üç ay için yönlere göre bir SHGF’ler değerlendirildiğinde;

Yatay > Batı > Doğu > Güney > Kuzey

şeklinde bir sıralama dikkati çekmektedir. Bu üç ay için bina soğutma ihtiyaçlarını doğrudan belirleyen batı ve doğu cephelere ait güneş ısı kazancı değerlerinin yatay düzlemden hemen sonra en etkili yönler olduğu görülmüştür. Güney cephe güneş ışınlarının yeryüzüne daha dik bir açı ile gelmesiyle kuzey yönüne çok yakın SHGF’ye sahip olmaktadır.

Çalışmada ana yönlerin yanı sıra dört ara yöne {kuzeydoğu (-135°), kuzeybatı (135°), güneydoğu (-45°), güneybatı (45°) } ait aylık ortalama saatlik SHGF değerleri de hesaplanmıştır. Bu yönlerle ait değerlendirmenin ve ana yönlerle kıyaslanmanın daha kolay yapılabilmesi için bu yönlerle ait SHGF değerleri ana yönlerde olduğu gibi yatay düzleme ait aylık ortalama saatlik değerler ile birlikte farklı aylar için Şekil 4.23-35’de sunulmuştur.

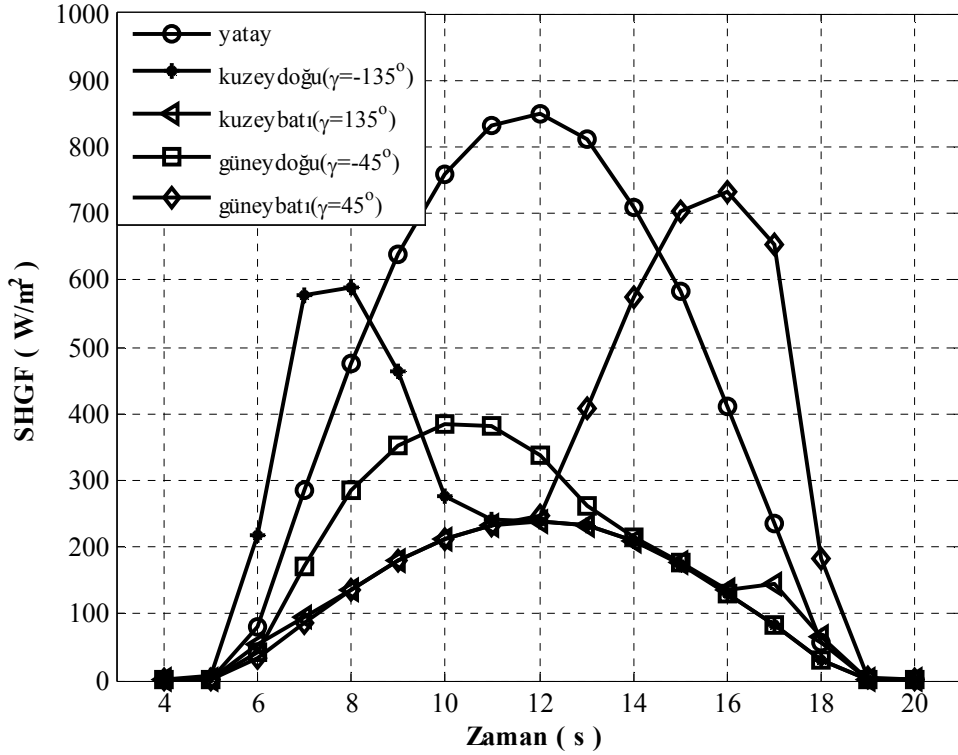


Şekil 4.23. 2010 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri

Şekil 4.23’te Temmuz ayı için yatay düzlem ve arayönler için verilen grafik incelendiğinde yatay düzlemden sonra en yüksek SHGF değerinin 714 W/m^2 ile güneybatı yönüne ait olduğu görülmektedir. Bu yönü sırasıyla 605 W/m^2 ile kuzeydoğu takip etmektedir. Bütün yönler için bir değerlendirme yapıldığında;

Yatay>Güneybatı>Kuzeydoğu>Doğu>Batı>Güney>Güneydoğu>Kuzeybatı>Kuzey şeklinde bir sıralama olduğu görülmektedir. Güneybatı ve kuzeydoğu yönlerinin ya aylarında güneş ısı kazancı ve dolayısıyla soğutma yükü üzerinde doğu ve batı cephelerden daha fazla etkili olduğu görülmektedir.

Ağustos ayında (Şekil 4.24) Temmuz ayında olduğu gibi SHGF değerlerinde en yüksek olan yönler sırasıyla 848 W/m² ile yatay düzlem, 733 W/m² ile güneybatı, 657 W/m² ile doğu, 588 W/m² ile kuzeydoğu ve 544 W/m² ile batıdır.

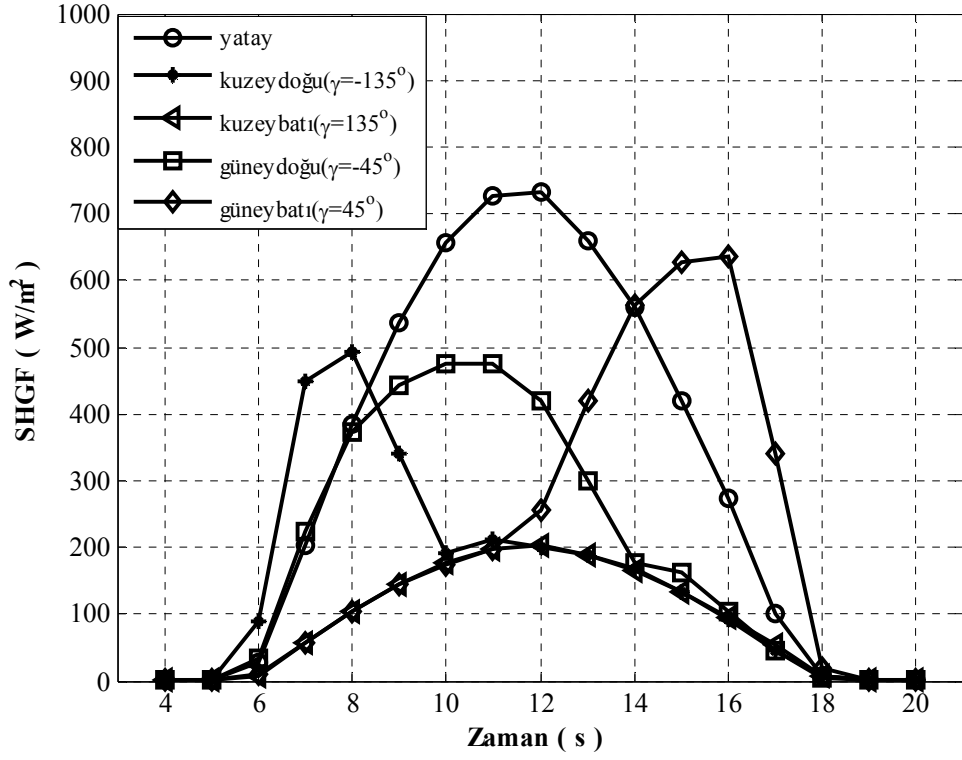


Şekil 4.24. 2010 yılı Ağustos ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri

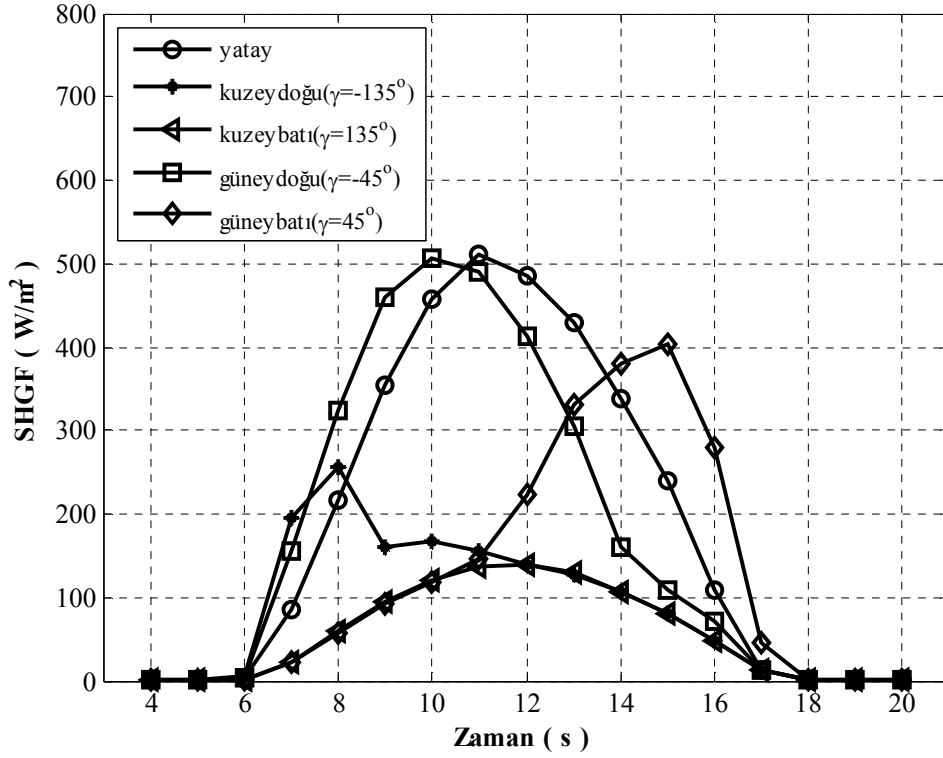
Eylül ayı için (Şekil 4.25) yönlere göre SHGF değerleri değerlendirildiğinde;

Yatay>Güneybatı>Doğu>Kuzeydoğu>Batı>Güney>Güneydoğu>Kuzeybatı>Kuzey sıralaması görülmektedir. Eylül ayı ile birlikte SHGF değerlerinde bir önceki aya göre yatayda % 13.6, güneybatıda % 13.1, kuzeydoğuda % 16.5, kuzeybatı ve kuzey yönlerinde % 15.9 oranlarında düşüşler izlenmiştir. Güney ve doğu yönlerindeki SHGF değerlerinde sırasıyla % 17.8 ve % 3.3'lük artışlar olmuştur.

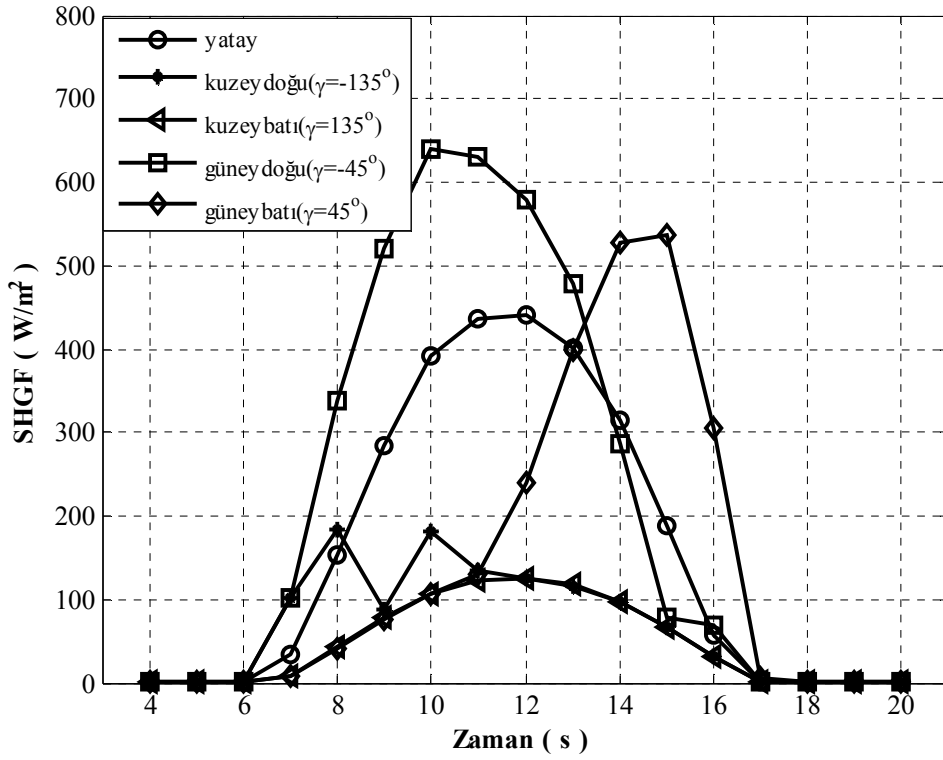
Ekim ayında (Şekil 4.26) güneydoğu yönü arayönler içinde en yüksek SHGF değerine sahip olan yön durumundadır. Güneş ışınlarının yeryüzüne daha eğik bir açıyla gelmesiyle saatlik en yüksek SHGF değerlerinde güneyde 481 W/m², güneydoğuda 505 W/m² ve güneybatıda 404 W/m² seviyelerinde kazançlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Ancak bu ay için en yüksek kazançlar 565 W/m² ile doğu ve 511 W/m² ile de yatay düzleme aittir.



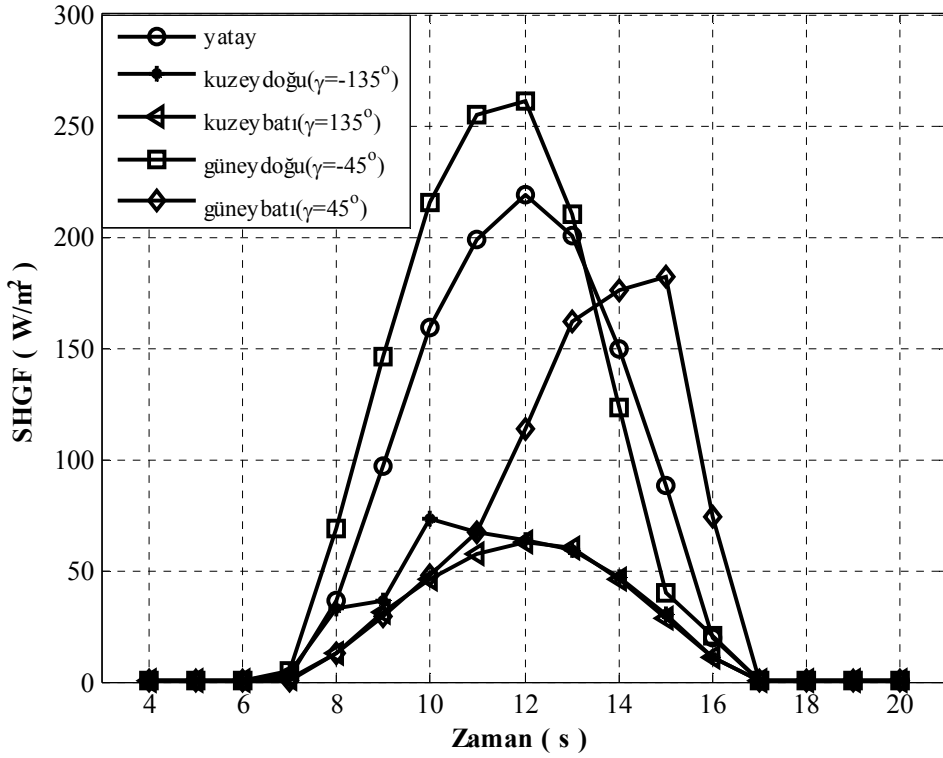
Şekil 4.25. 2010 yılı Eylül ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



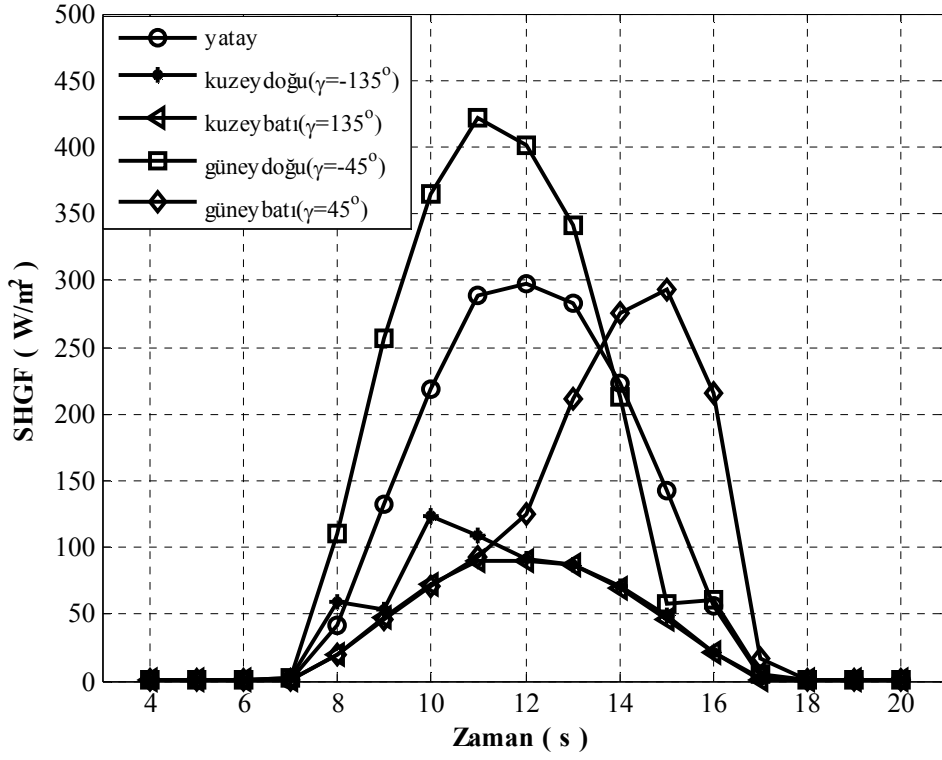
Şekil 4.26. 2010 yılı Ekim ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



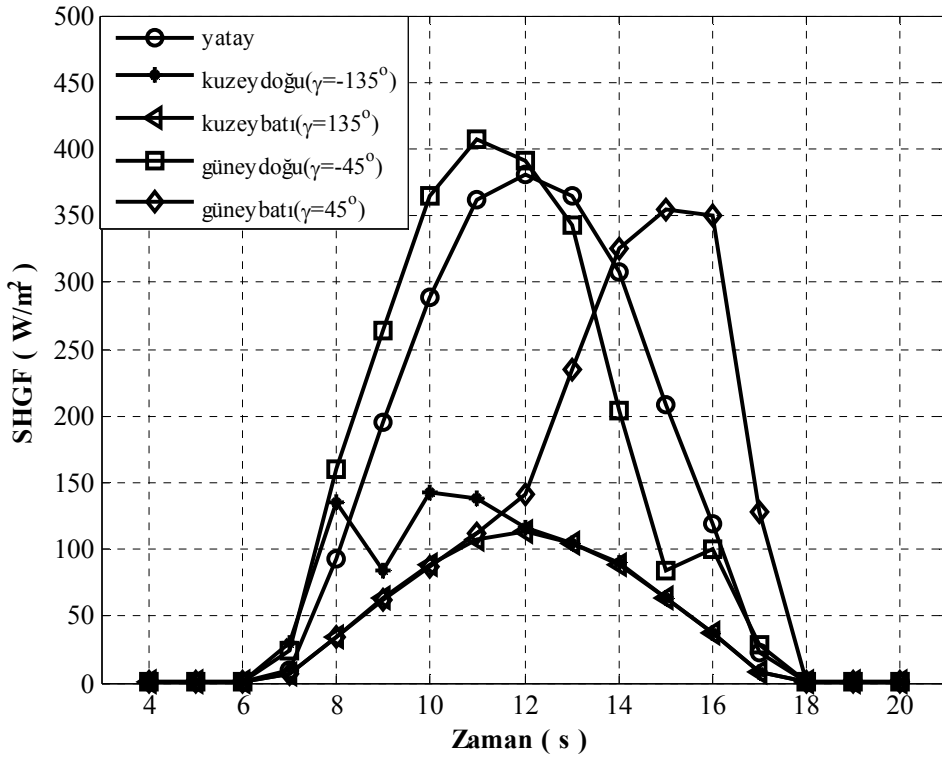
Şekil 4.27. 2010 yılı Kasım ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



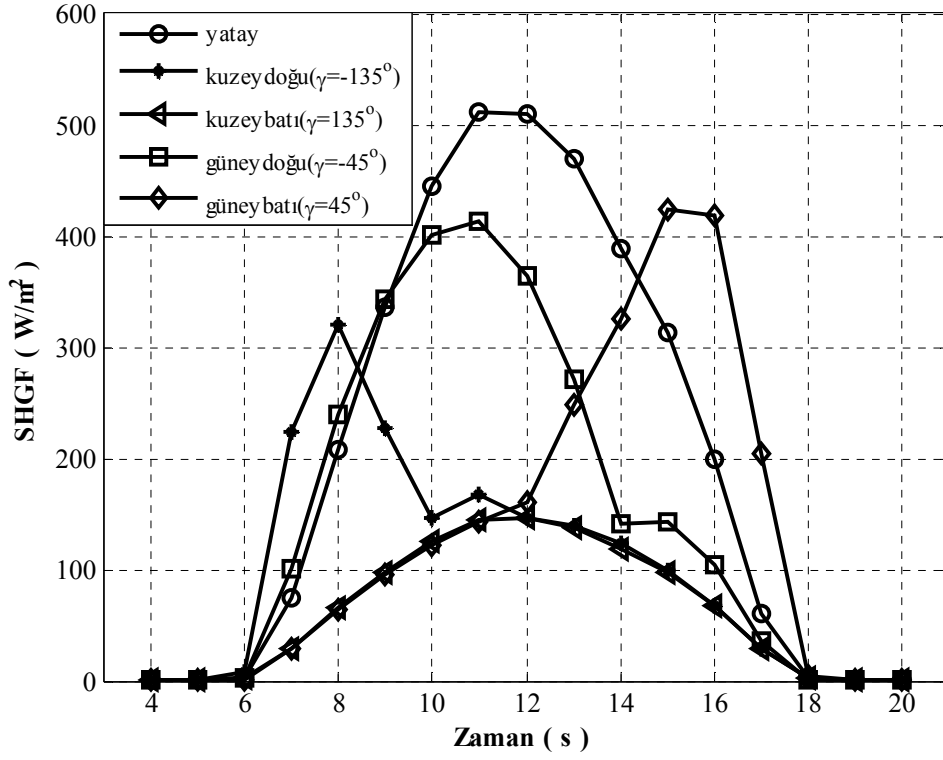
Şekil 4.28. 2010 yılı Aralık ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



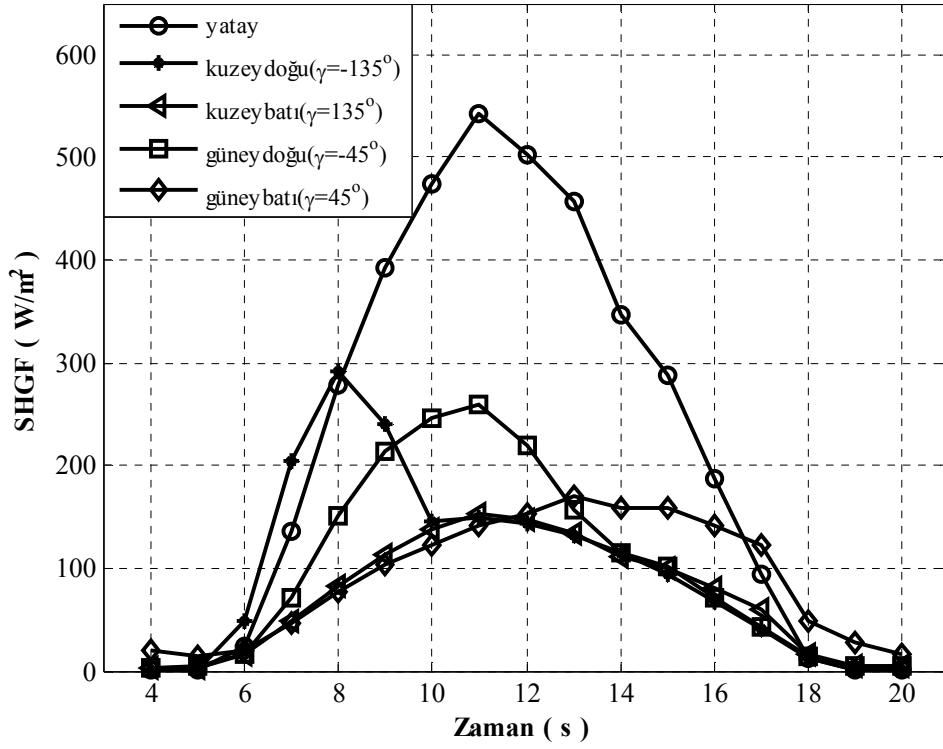
Şekil 4.29. 2011 yılı Ocak ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



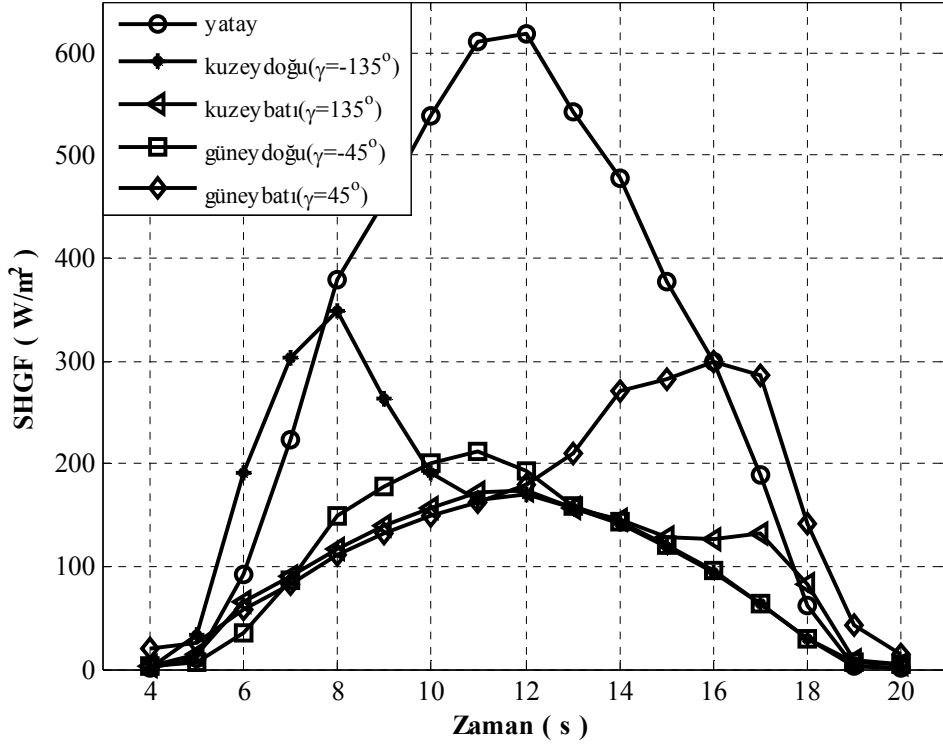
Şekil 4.30. 2011 yılı Şubat ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



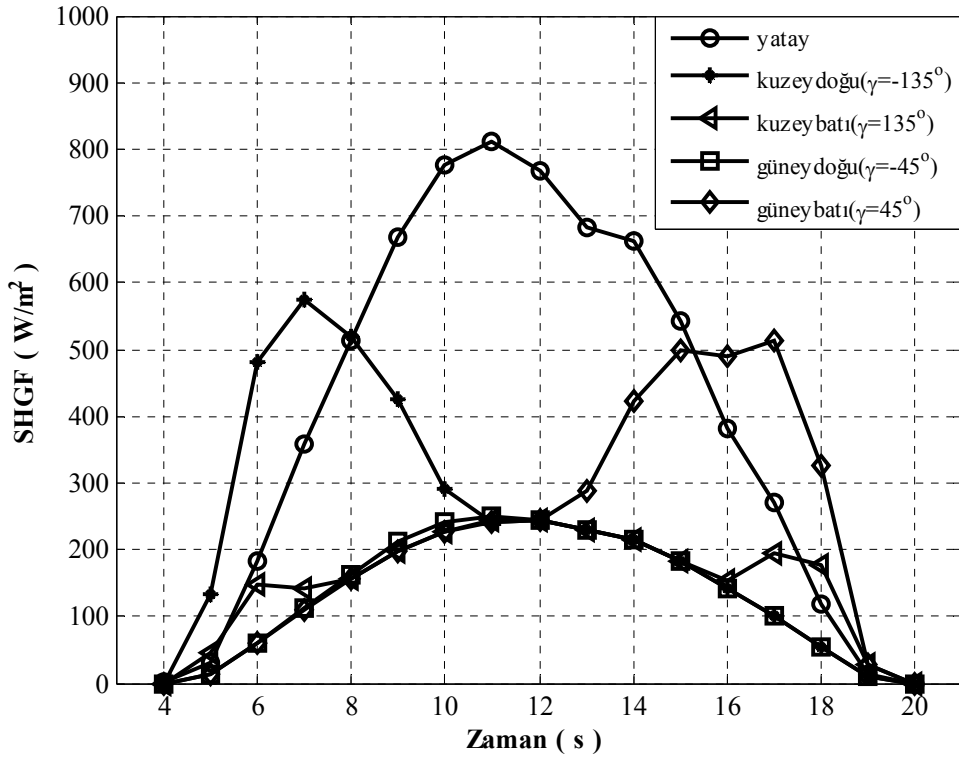
Şekil 4.31. 2011 yılı Mart ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



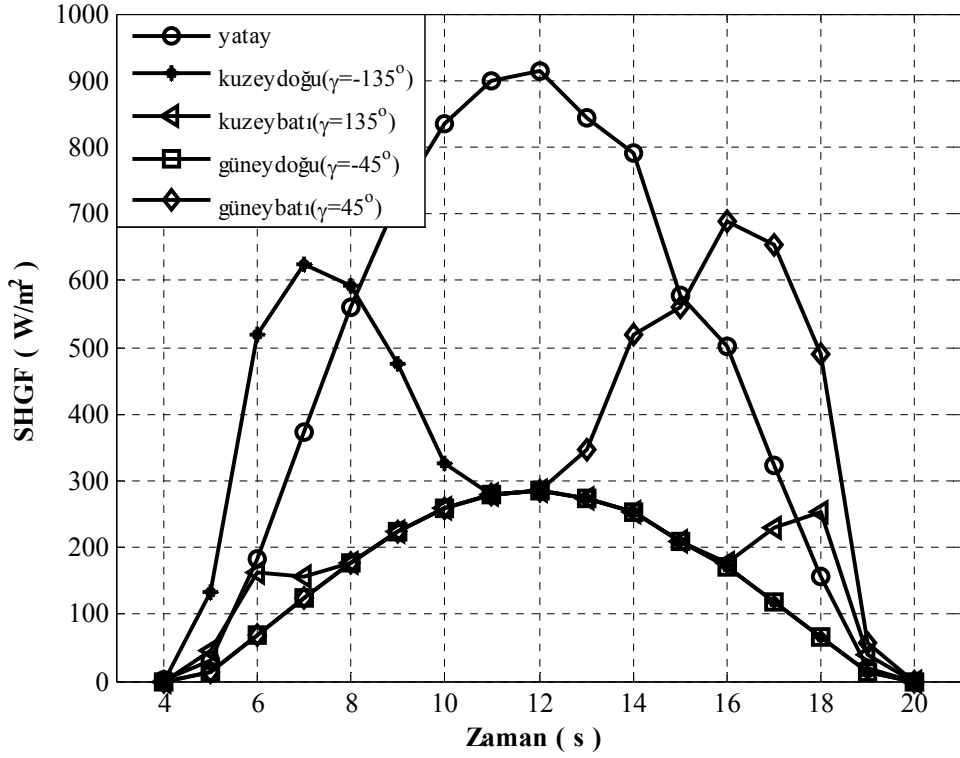
Şekil 4.32. 2011 yılı Nisan ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



Şekil 4.33. 2011 yılı Mayıs ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



Şekil 4.34. 2011 yılı Haziran ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri



Şekil 4.35. 2011 yılı Temmuz ayı için yatay düzlem ve dört ara yöne bakan cephelerin SHGF değerleri

Kasım ayıyla (Şekil 4.27) birlikte güney cepheler ölçüm yapılan dönemdeki en yüksek SHGF değeri olan 703 W/m^2 'ye ulaşmıştır. Bu ay için bir sıralama yapıldığında;

Güney>Güneydoğu>Doğu>Güneybatı>Yatay>Kuzeydoğu>Batı>Kuzeybatı>Kuzey şeklinde bir SHGF dizilişi görülür. Kasım ayında da yine bir önceki ayda olduğu gibi güney ve onunla bağlantılı olarak güneydoğu ve güneybatı yönleri, Elazığ ili için artık ısıtma ihtiyacının kendisini hissettirdiği bu dönemde önemli ısı kazançları sağlamaktadır.

2010 yılı Aralık ayı (Şekil 4.28) aylık ortalama günlük güneşlenme süresi uzun yılların ortalamasının altında değerler almıştır. Bu nedenle bu aya ait kazançlar Aralık ayı karakteristik ortalamasının altında değerler almıştır. Bu aya ait en yüksek kazanç 265 W/m^2 ile güney yönüne aittir. SHGF sıralaması ise aşağıdaki gibidir.

Güney>Güneydoğu>Yatay>Doğu>Güneybatı>Kuzey>Kuzeydoğu<Kuzeybatı>Batı

Ocak, Şubat ve Mart 2011 döneminde (Şekil 4.29-31) en yüksek güneş ısı kazançları güney, güneydoğu, güneybatı, yatay ve doğu yönlerinde elde edilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere kış aylarında maksimum kazancın elde edileceği özellikle güney, güneydoğu ve güneybatı yönündeki pencere açıklıklarından önemli seviyelerde güneş ısı kazancı sağlanacaktır. Ancak güneybatı cephesine yönelme kış aylarında faydalı olmasına

rağmen, bu yönde yazın oluşacak aşırı kazanç dikkate alındığında bu durum çok cazip görünmemektedir.

Mart ayından itibaren Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz Döneminde (Şekil 4.32 □ 35) yatay düzlemler yeniden en yüksek SHGF değerine sahip yön olmaktadır. Yine bu ay ile birlikte güneş ışınları yeryüzüne daha dik gelmeye başladığı için güney ve güneydoğu yönünün güneş ısı kazancındaki etkinliği azalmıştır. Özellikle Mayıs ayı ile birlikte binalarda istenmeyen aşırı kazançların elde edildiği doğu, batı ve güneybatı yönündeki kazançlar, binalarda soğutma ihtiyacının hissedilmesine sebep olmaktadır. SHGF değerleri Aylık ortalama saatlik maksimum değerlerde Nisan ayı için;

Yatay>Doğu>kuzeydoğu>Güneydoğu>Güney>Batı >Güneybatı>Kuzey>Kuzeybatı

Mayıs ayı için;

Yatay>Batı>Kuzeydoğu>Doğu>Güneybatı>Güney>Güneydoğu>Kuzey>Kuzeybatı

Haziran ayı için;

Yatay>Kuzeydoğu>Batı>Güneybatı>Doğu>Güneybatı>Güneydoğu>Kuzey>Kuzeybatı

Temmuz ayı için ise;

Yatay>Güneybatı>Batı>Kuzeydoğu>Doğu>Güney>Kuzeybatı>Kuzey>Güneydoğu

şeklinde sıralanmaktadır.

İklimsel parametreler farklı mevsimlerde farklı özellikler gösterebileceğinden ötürü bir mevsime veya döneme ait genellemenin yapılabilmesi için uzun süreli ölçümlerin ve hesaplamaların yapılmasını gerektirmektedir. Temmuz 2010, Temmuz 2011 dönemlerindeki SHGF sıralamalarındaki farklılık bundan kaynaklanmaktadır.

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarlanması için yapılan genel uygulama, ihtiyaç duyulan iç ve dış ortamın hakim tasarım koşullarının maksimum değerleri ile günün belirli bir saatinde yapılan pik tasarım yükü hesaplamasıdır. Burada iklim koşullarının en çetin olduğu döneme ait hava durumu verileri pik tasarım yükleri olarak HVAC (Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistem hesaplamalarında kullanılmaktadır. Bu amaçla ölçüm yapılan dönem içerisinde elde edilen maksimum güneş ışınımı değerleri aylara göre ana ve arayönlere bakan yüzeylere ait hesaplanan maksimum SHGF değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Güneş tabanlı yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarlanmasında ve klima boyutlandırmalarında aylık ortalama değerlerden ziyade maksimum değerlerin ele alınması kullanım esnasında yük aşımından kaynaklanacak sıkıntılarla karşılaşılmasını sağlayacaktır.

Tablo 4.1. Aylara ve yönlere göre pik SHGF değerleri (W/m²)

Aylar	Yönler								
	Yatay	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	Kuzeydoğu	Kuzeybatı	Güneydoğu	Güneybatı
Temmuz 2010	894.3142	235.0884	626.8361	411.4457	606.0118	629.1752	299.4439	351.1886	734.5690
Ağustos 2010	899.7113	279.0811	711.9396	572.8368	664.6231	656.9667	279.0811	429.6652	811.9610
Eylül 2010	818.7178	249.8460	783.4409	714.6576	511.1093	588.3359	249.8460	570.3882	817.8334
Ekim 2010	688.2121	189.0319	816.3377	827.0642	403.8433	487.5038	189.0319	746.8682	767.3735
Kasım 2010	561.7622	180.5049	811.1827	830.4097	259.2305	348.7620	180.5049	754.1775	742.2892
Aralık 2010	407.1306	127.5471	676.4228	794.7293	118.8035	178.9449	110.7610	756.1121	557.2971
Ocak 2011	505.8200	184.1935	736.5520	789.9269	171.3194	231.5460	144.7382	790.5576	622.1688
Şubat 2011	592.9350	178.0390	854.7710	815.4930	281.4318	323.2819	178.0390	869.9525	730.2767
Mart 2011	753.5316	220.3194	788.8114	690.0332	388.3153	548.5426	212.3416	629.4220	752.9414
Nisan 2011	860.7989	226.7328	769.8350	459.3408	524.7251	589.2442	226.7328	436.9916	666.7650
Mayıs 2011	881.4077	317.8834	748.8995	407.3439	677.8282	615.8701	258.8879	324.5063	689.2456
Haziran 2011	961.4921	386.1549	575.5771	338.5107	675.0957	634.0335	283.2104	292.4385	684.2145
Temmuz 2011	921.7072	391.5668	587.6948	341.3271	676.4361	658.6316	290.2906	290.2906	717.2650

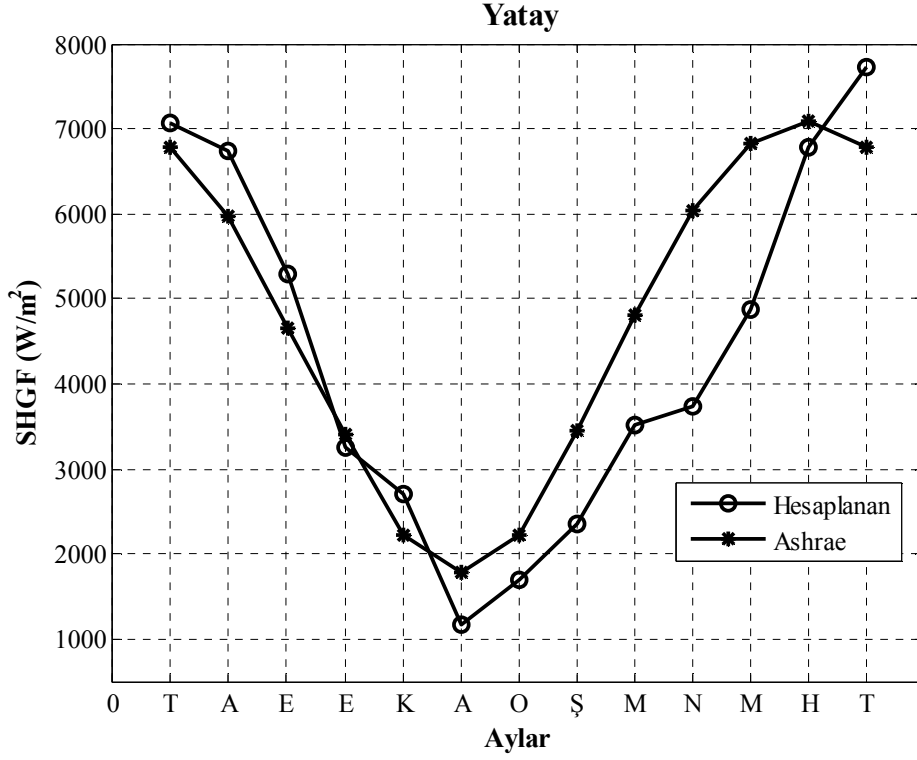
4.4. Hesaplanan SHGF Değerleri ile ASHRAE Tarafından Verilen Değerlerin Karşılaştırılması

ASHRAE 0°'den 64° kuzey enlemine kadar her 8° enlem dairesi için sayısal olarak türetilmiş SHGF değerlerini tablolar halinde vermektedir. Tablolardan elde edilen bu veriler yardımı ile binalarda pencerelerden olan güneş ısı kazancı değerleri hesaplanmakta ve diğer iç ısı kazancı hesaplamaları da eklenerek bina soğutma yükleri tayin edilmektedir.

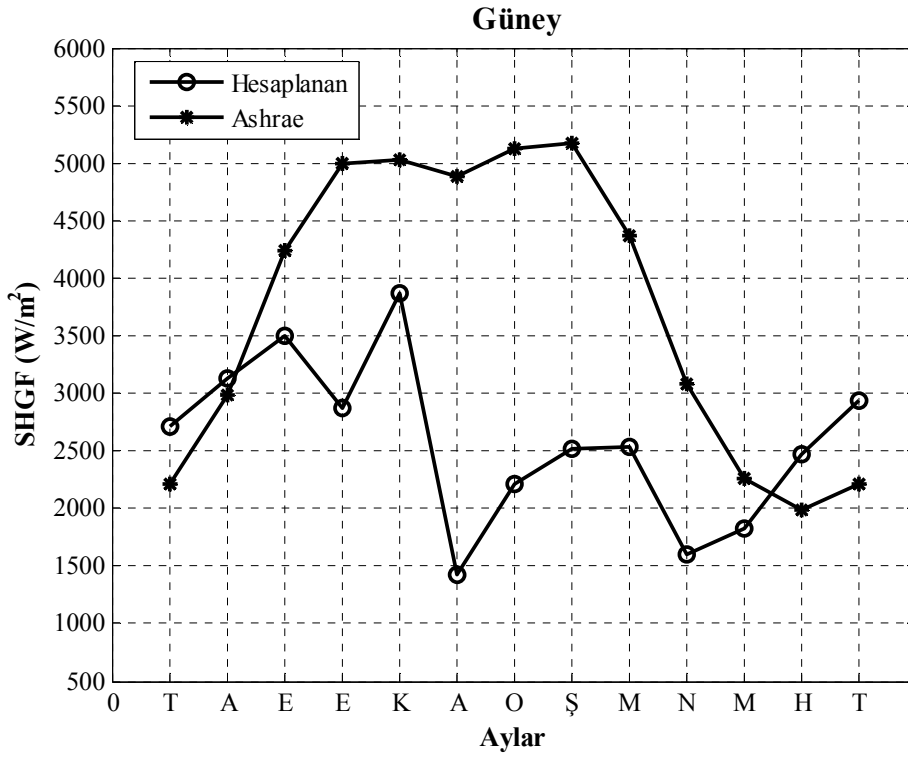
Çalışmanın bu aşamasında 38.4° kuzey enleminde yer alan Elazığ ili için ölçülen ve hesaplanan güneş ışınlamı verileri kullanılarak elde edilen SHGF değerleri, ASHRAE tarafından 40° kuzey enlemi için verilen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.36'de verilen yatay düzleme ait aylık ortalama günlük toplam SHGF değerleri ASHRAE tarafından açık gökyüzü koşulları için verilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Temmuz 2010 ve Şubat 2011 dönemi arasında hesaplanan ve ASHRAE tarafından verilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ancak özellikle Şubat-Temmuz 2011 dönemi arasında ASHRAE tarafından 40° kuzey enlemi için verilen değerler 38.4 kuzey enleminde yer alan Elazığ için hesaplanan değerlerden çok yüksektir. Öyle ki, bu fark aylara göre değişmekle birlikte 325 W/m² ile 2298 W/m² arasında değerler almaktadır. Yatay düzlem için bu dönemde yatay aydınlatmanın yapıldığı bir uygulama için ASHRAE tarafından veriler ile bir uygulama yapıldığında, soğutma ihtiyacı güneş ışınlamı ölçümü yapılan dönemin çok üzerinde çıkacaktır. Bu durum da büyük kapasiteli ekipman gereksinimi ile ilk yatırım maliyetini arttıracaktır.

Güney cepheler için elde edilen SHGF değerlerinin ASHRAE tarafından verilen değerlerden oldukça düşük olduğu Şekil 4.37'de açıkça görülmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan günlük güneşlenme süreleri ile hesaplanan güneş ışınlamı değerleri de bu sonucu doğrulamaktadır. Temmuz – Ağustos – Eylül 2010 dönemi ile Mayıs – Haziran – Temmuz 2011 dönemlerine ait SHGF değerleri birbirine yakın sonuçlar vermesine rağmen ısıtma periyodu için elde edilen sonuçların bazı aylar için 145 W/m² ile 3455 W/m² arasında değişen değerlerde farklı olduğu durumlar ortaya çıkmıştır.



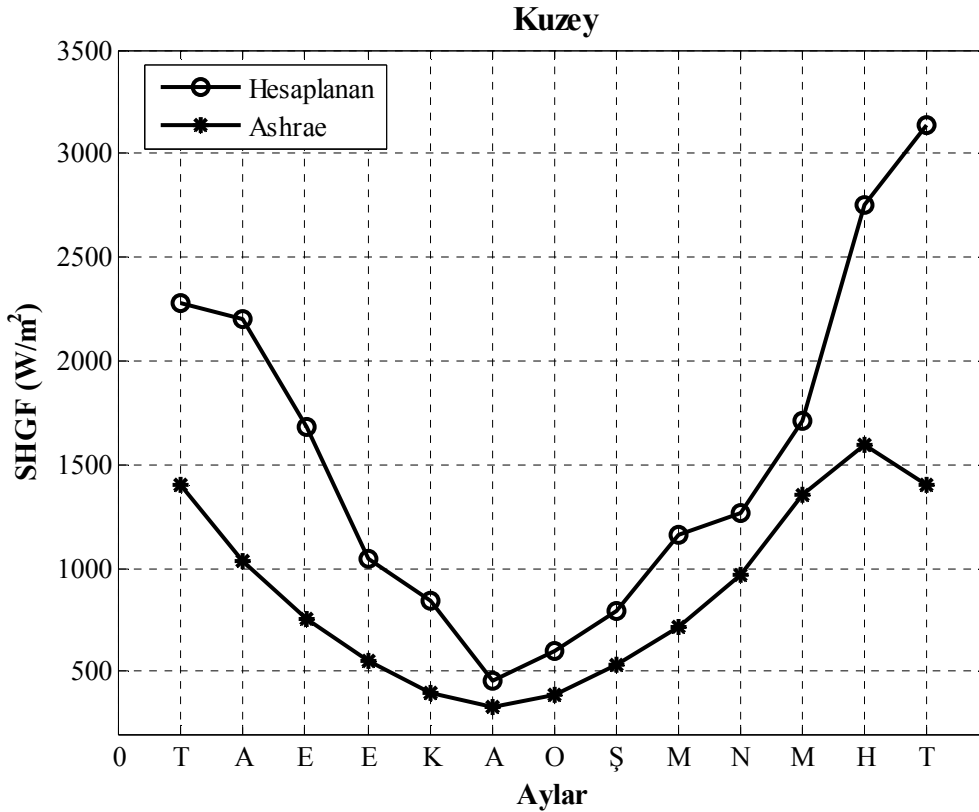
Şekil 4.36. Yatay düzlem için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 4.37. Güney cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.38’de kuzey cepheler için hesaplanan ve ASHRAE tarafından verilen SHGF’ler değerlendirildiğinde özellikle 2011 yılının ilk altı ayı için birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. 2010 yılının ikinci yarısı için ise günlük toplamda 117 W/m^2 ile 590 W/m^2 ’lik farkların olduğu durumlarla karşılaşmıştır.

ASHRAE SHGF tablo değerleri ile yapılan karşılaştırmalar genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. ASHRAE’nin verdiği değerlerin, yatay düzlem (Şekil 4.36), güney (Şekil 4.37), batı (Şekil 4.40), kuzeybatı (Şekil 4.42), güneydoğu (Şekil 4.43), güneybatı (Şekil 4.44), yönlerinde ölçüm yapılan sürenin tamamında, hesaplanan aylık ortalama günlük toplam SHGF değerlerinden % 0.9’dan % 75’e kadar daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Doğu (Şekil 4.39), kuzeydoğu (Şekil 4.41) yönlerinde ise, 2010 yılının ikinci altı aylık döneminde hesaplanan SHGF değerleri ASHRE tablo değerlerinden % 2.6 ile % 54.77 daha yüksektir. 2011 yılının ilk yedi aylık döneminde ASHRAE hesaplanan SHGF değerlerinden % 2.3 ile % 40.38 arasında daha yüksek değerler almıştır.

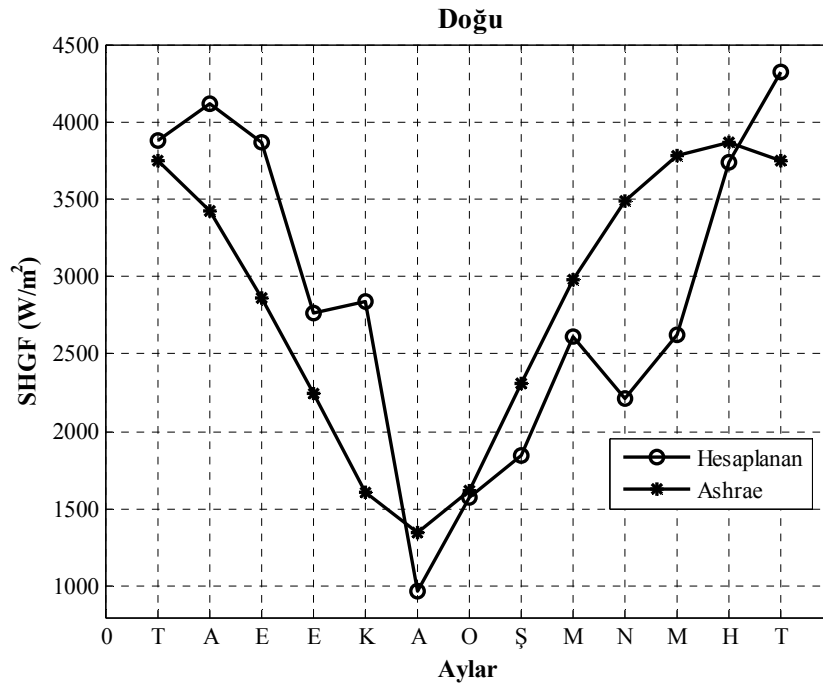


Şekil 4.38. Kuzey cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.38’de kuzey cepheleri için hesaplanan ve ASHRAE tarafından verilen değerler karşılaştırıldığında ölçüm yapılan dönem için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE tablolarında verilen değerlerden yüksek olduğu görülmüştür. Ekvatora daha yakın bir enlem dairesinde bulunan Elazığ ilinin 40° enlem dairesi için verilen değerlerden daha yüksek SHGF’ye sahip olması beklenen bir durumdur. Ancak yaz (özellikle Temmuz-Ağustos-Eylül 2010 ve Haziran-Temmuz 2011) döneminde grafikte görülen aşırı farkların, ölçüm düzeneği yakın çevresinde konumlandırılmış olan binaların camlı yüzeylerinden olan yansılardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

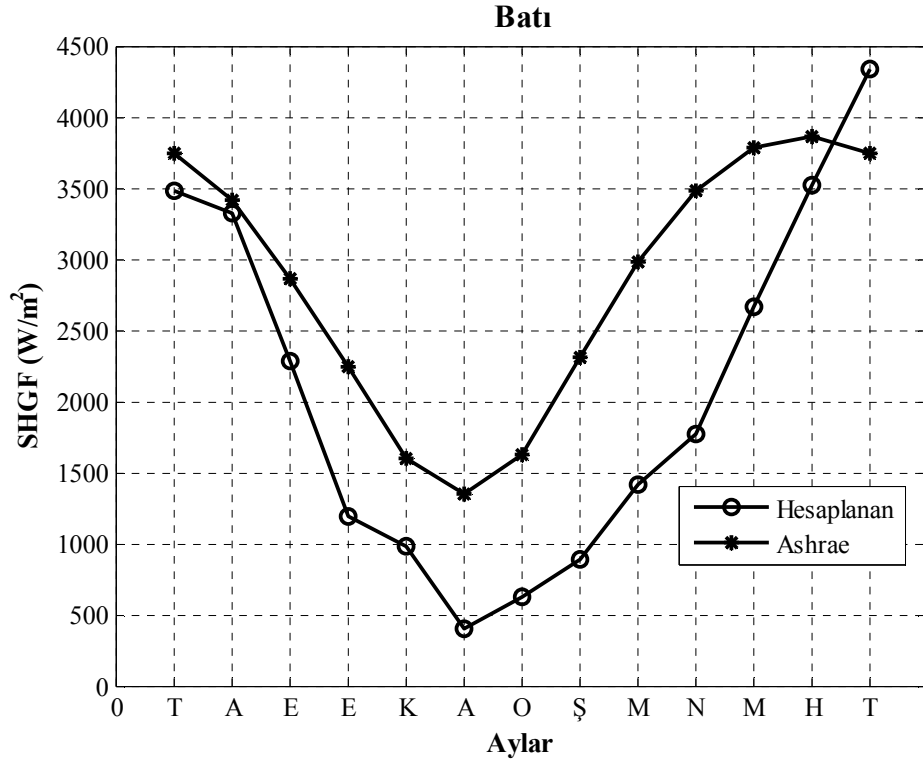
Doğu yönü (Şekil 4.39) Temmuz-Kasım 2010 dönemi için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE tarafından verilen değerlerden 129 W/m² ile 1233 W/m² arasında değişen miktarlarda daha yüksek değerler aldığı görülmüştür. Aralık 2010 – Temmuz 2011 döneminde ise hesaplanan değerlerin ASHRAE tarafından verilen değerlerden 52 W/m² ile 1164 W/m² arasında değişen miktarlarda daha düşük değer aldığı görülmüştür.

Batı yönündeki güneş ışınımı ölçümlerinin ısıtma periyodunda normalin altında ölçüldüğü bölüm 4.1 ve 4.2’de belirtilmişti. Şekil 4.40’ta da görüldüğü üzere yaz aylarında ASHRAE değerlerine yakın değerler elde edilmesine rağmen kış döneminde aylara göre 619 W/m² ile 1710 W/m² arasında değişen farklara rastlanmıştır.

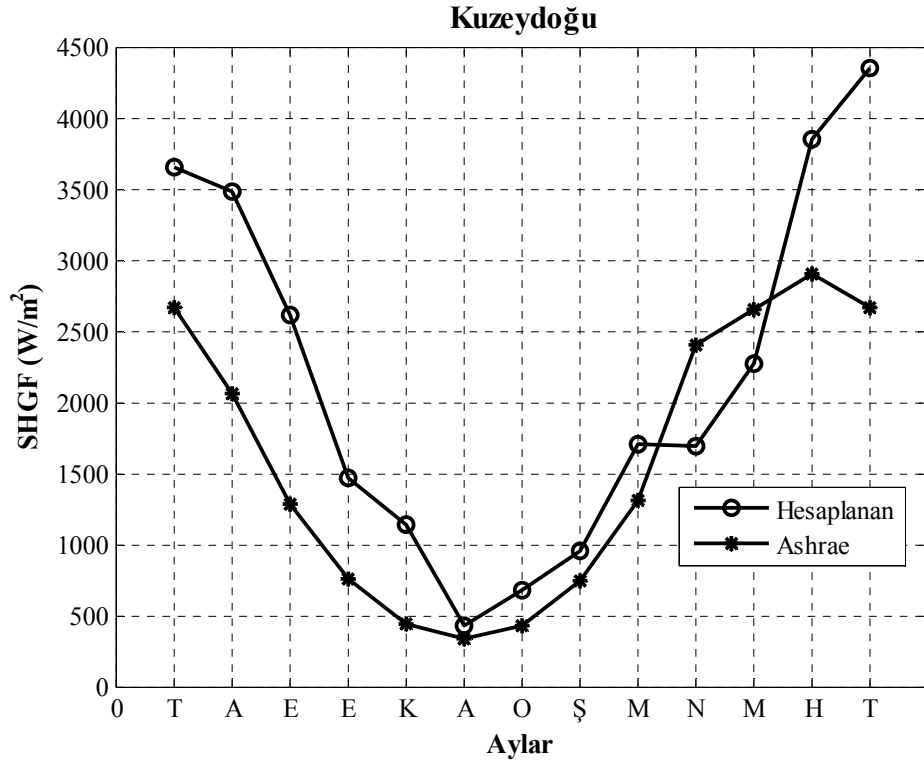


Şekil 4.39. Doğu cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması

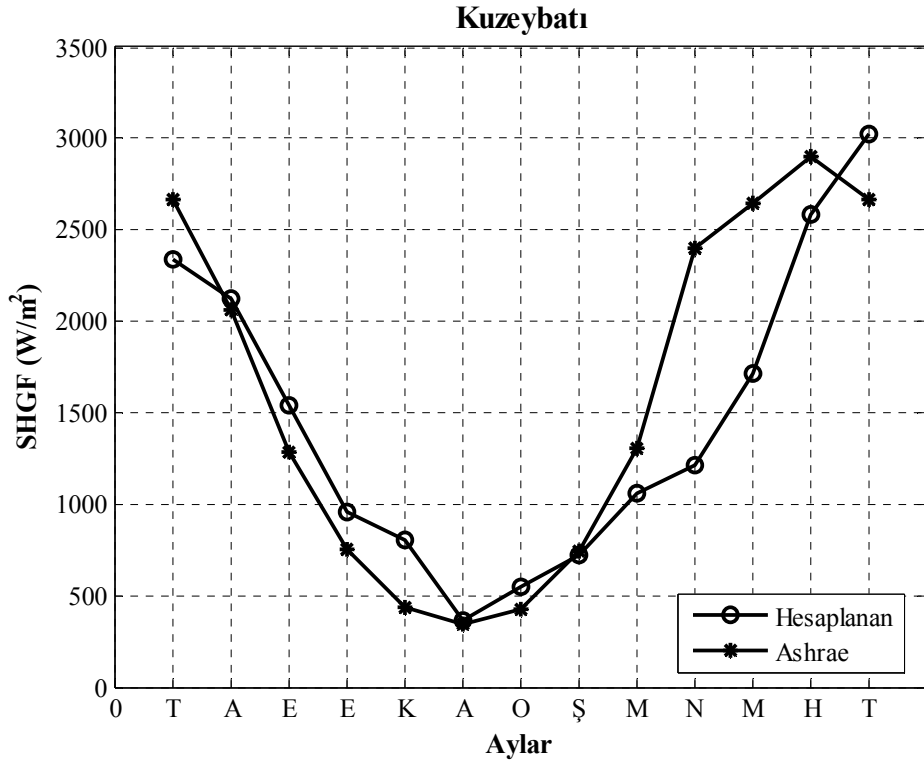
Yatay düzlem, doğu, kuzeydoğu (Şekil 4.41) ve kuzeybatı (Şekil 4.42) yönlerinde Temmuz – Kasım 2010 döneminde ASHRAE’den daha yüksek, Aralık 2010 – Temmuz 2011 döneminde ise daha düşük SHGF elde edilmesi sadece ölçüm yapılan döneme ait bir durum olabilir. Güney yönünde karşılaşılan durum ile bağlantılı olarak ASHRAE tarafından verilen değerlerden güneydoğu (Şekil 4.43) için % 2 ile % 61, güneybatı’ da (Şekil 4.44) ise % 8 ile % 74 arasında değişen oranlarda daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ancak güneş ışınımındaki mevsimsel davranışın sadece bu döneme ait olup olmadığının tespit edilebilmesi için ölçümlerin daha uzun bir süre için gerçekleştirilmesi ve hesaplamalarda uzun yıllara ait ortalama değerlerin kullanılması gerekmektedir.



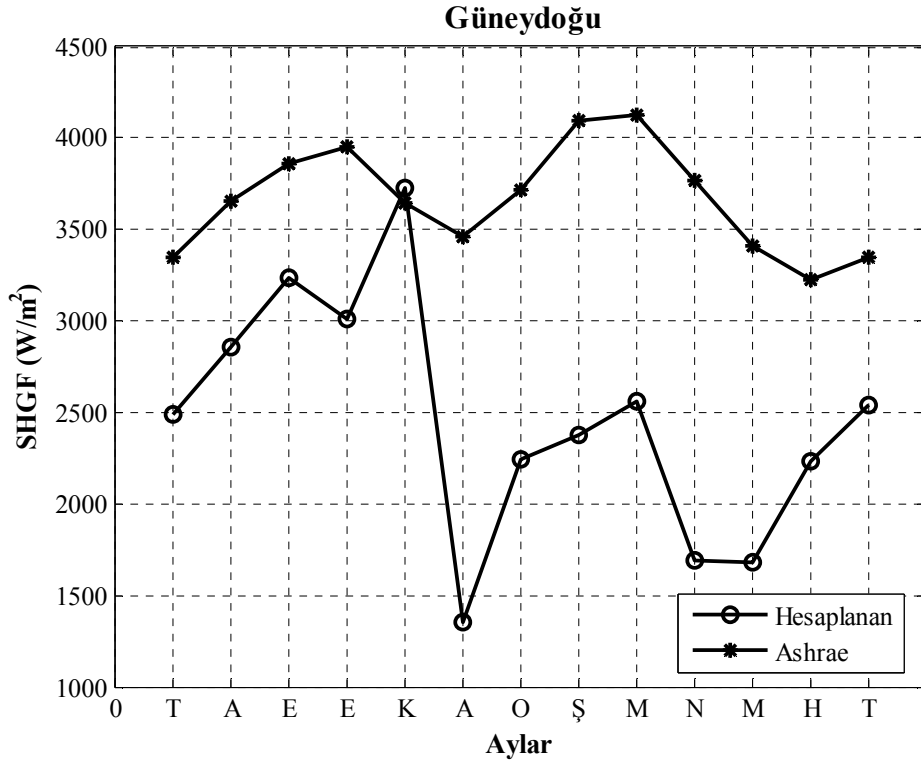
Şekil 4.40. Batı cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması



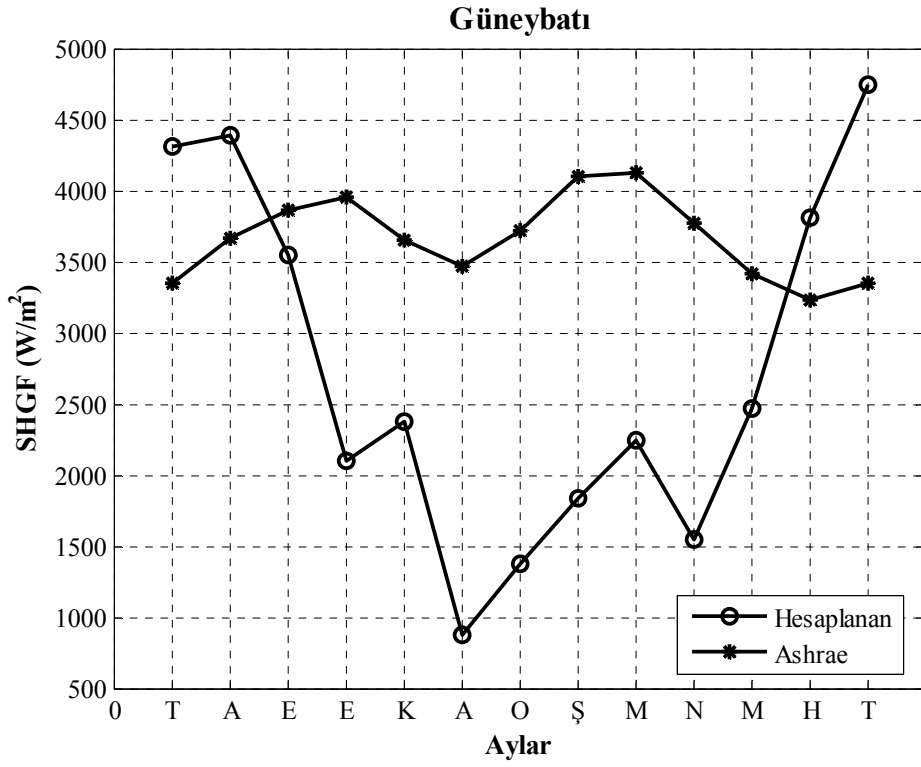
Şekil 4.41. Kuzeydoğu cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 4.42. Kuzeybatı cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 4.43. Güneydoğu cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 4.44. Güneybatı cephe için hesaplanan SHGF değerlerinin ASHRAE değerleri ile karşılaştırılması

4.5. Termal Kamera Görüntülerinin Değerlendirilmesi

Güneş ışıını ölçümlerinin gerçekleştirildiği dönem içerisinde bina kabuğunda yer alan saydam ve opak yüzeylerin yüzeylerindeki sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Her ayın karakteristik günleri olarak seçilen 1, 11 ve 21. günlerinde güneşin doğuş ve batış saatleri arasında her saat başı cephelere ait sıcaklık görüntüleri termal kamera yardımı ile kayıt altına alınmıştır. Resimlerden elde edilen yüzey sıcaklık değerleri ThermoCAM Quickview Programı ile tespit edilmiştir. Yüzey sıcaklık ölçümleri 1 Ağustos 2010 tarihinde başlamış, her ay için 3 gün olmak üzere 12 ayda toplam 36 gün için gerçekleştirilmiştir.

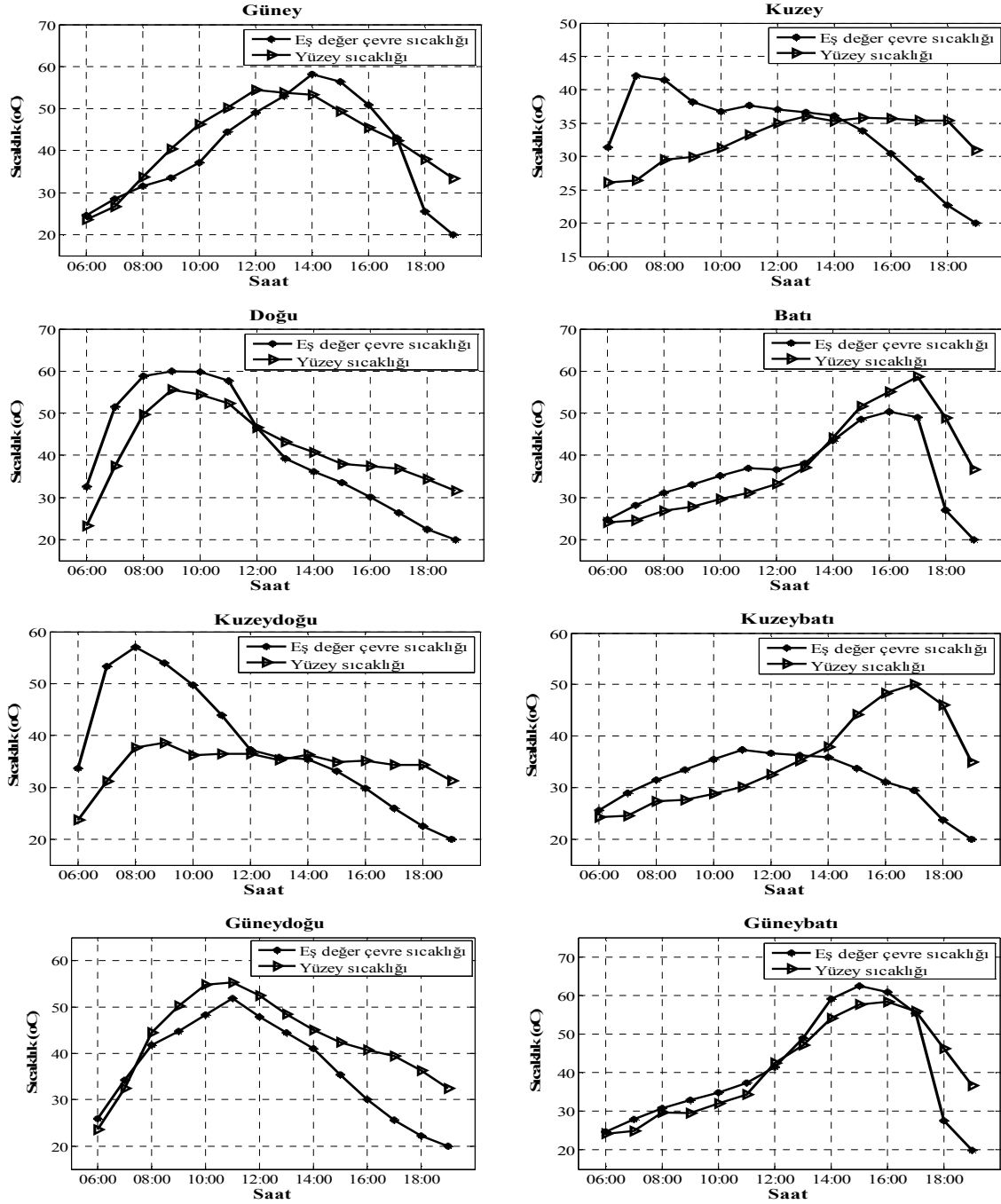
Yaz şartlarında dış yüzeyde sıcaklık değişim genliğinin büyük değerlere ulaşmasının sebebi bu yüzeyleri dış ortam hava sıcaklığının yanında etkin bir şekilde güneş ışıınının da etkilemesidir. Hesaplarda güneş ışıınının etkisini ayrıca dikkate almak yerine, dış ortam sıcaklığı için hava sıcaklığının ve güneş ışıınının etkilerini birlikte dikkate alan eşdeğer çevre sıcaklık kavramından faydalanılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde termal kamera ile gerçekleştirilen yüzey sıcaklık ölçümlerinin değerlendirilmesi amacıyla eşdeğer çevre sıcaklığı yönteminden faydalanılmıştır. Termal görüntülerden elde edilen saydam ve opak yüzeylere ait sıcaklık değerleri ile hesaplanan eşdeğer çevre sıcaklıkları karşılaştırılmıştır.

Bu nedenle 21 Ağustos 2010 tarihinde gerçekleştirilen yüzey sıcaklık görüntülemesi sonucunda elde edilen değerler, yine aynı günler için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen iklimsel veriler ve ölçülen güneş ışıını değerleri kullanılarak hesaplanan eşdeğer çevre sıcaklıkları ile karşılaştırılmıştır. Tüm yönlere bakan opak ve saydam yüzeylerin yüzey sıcaklık ve hesaplanan eşdeğer çevre sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.45 ve 4.46'da verilmiştir.

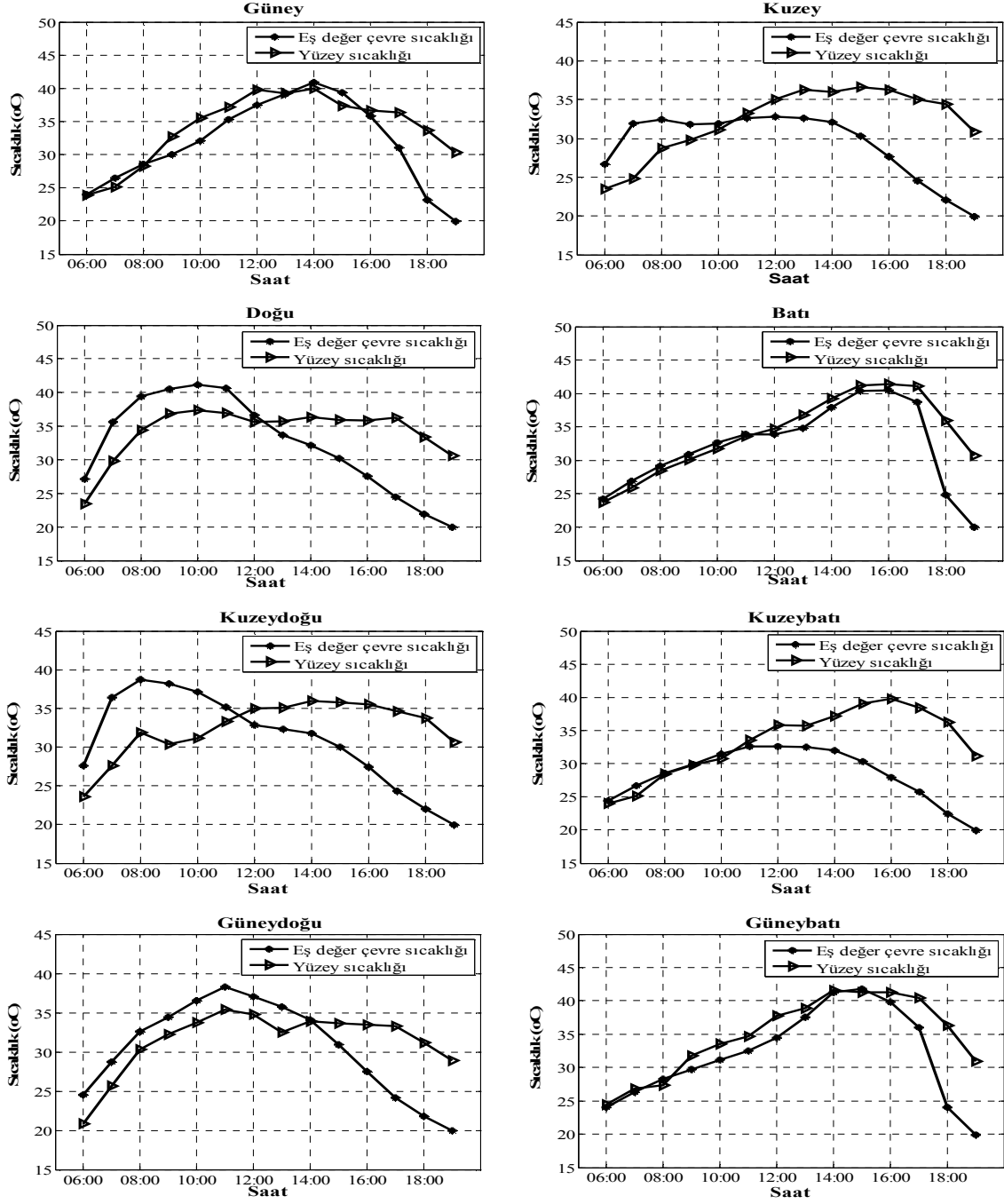
Eşdeğer çevre sıcaklığı grafikleri dikkatle incelendiğinde kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinde yine aynı saatlerde, ölçülen güneş ışıını şiddetine bağlı olarak hesaplanan eşdeğer çevre sıcaklıklarının da pikler yaptığı görülmektedir. Bu üç yön dışındaki diğer tüm yönlerde opak ve saydam yüzeyler için hesaplanan eşdeğer çevre sıcaklıkları ile termal kamera ile kaydedilen sıcaklıkların birbirine yakın değerler aldığı ve güneş ışıını altında aynı ısıl davranışı sergilediği görülmektedir.

Ölçümlerin gerçekleştirildiği farklı mevsimleri temsil eden aylara ait termal görüntülerin bir bölümü Tablo 4.2 □ 5'te verilmiştir. Sıcaklıkların güneşin doğuş ve batış saatleri arasında gün içerisinde ölçülmesinin sebebi ilgili yüzeye düşen güneş ışıını etkisi

altında opak ve saydam yüzeylerdeki sıcaklık değişimini değerlendirmektir. Ölçümler aynı bina prototipinin farklı yüzeyleri üzerinden gerçekleştirilmiş olduğundan farklı yönlere ait karşılaştırmalarda yüzey renk ve pürüzlülük gibi özellikleri göz ardı edilmiştir.

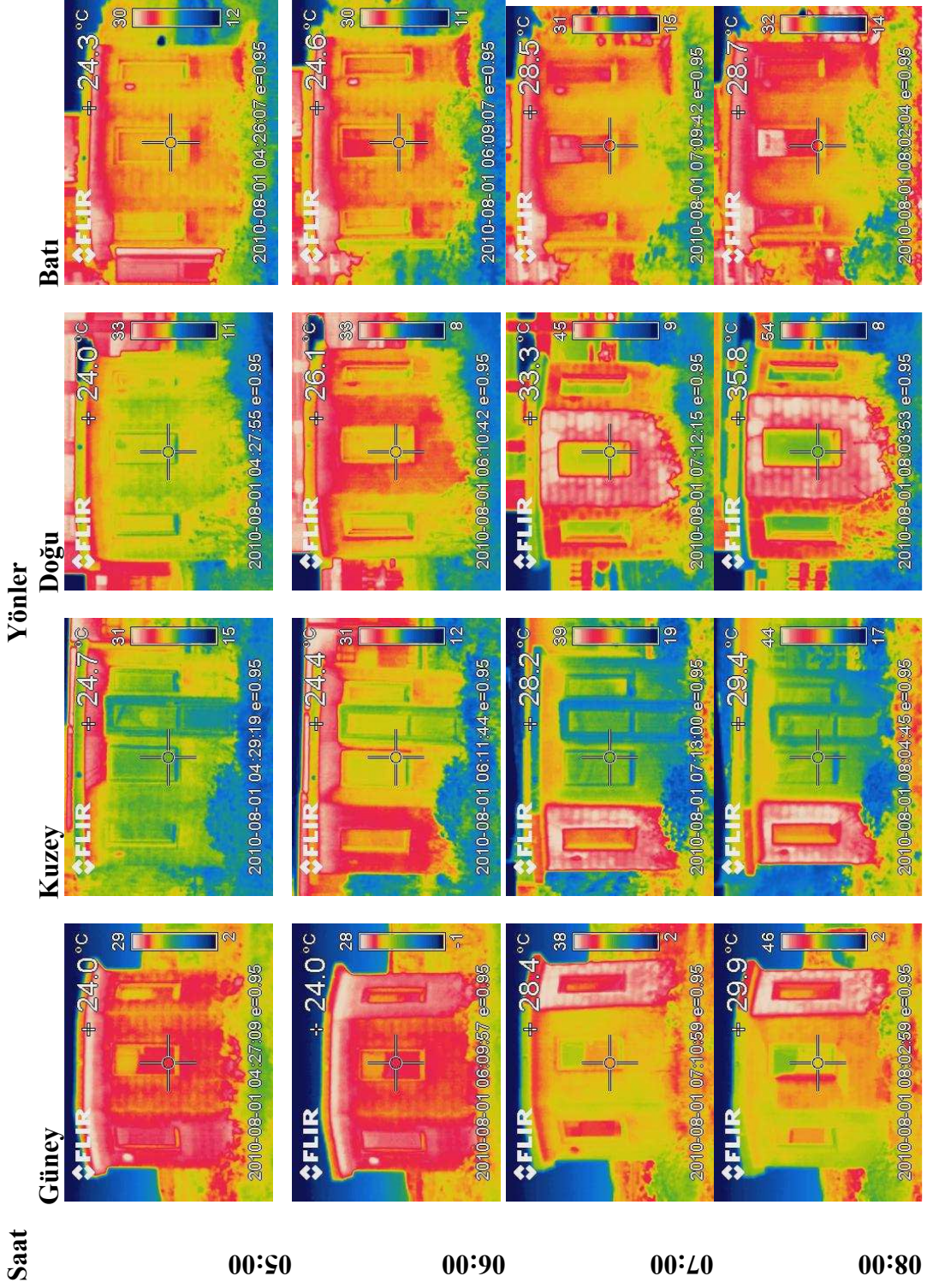


Şekil 4.45. Opak yüzeyler için eşdeğer çevre ve yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

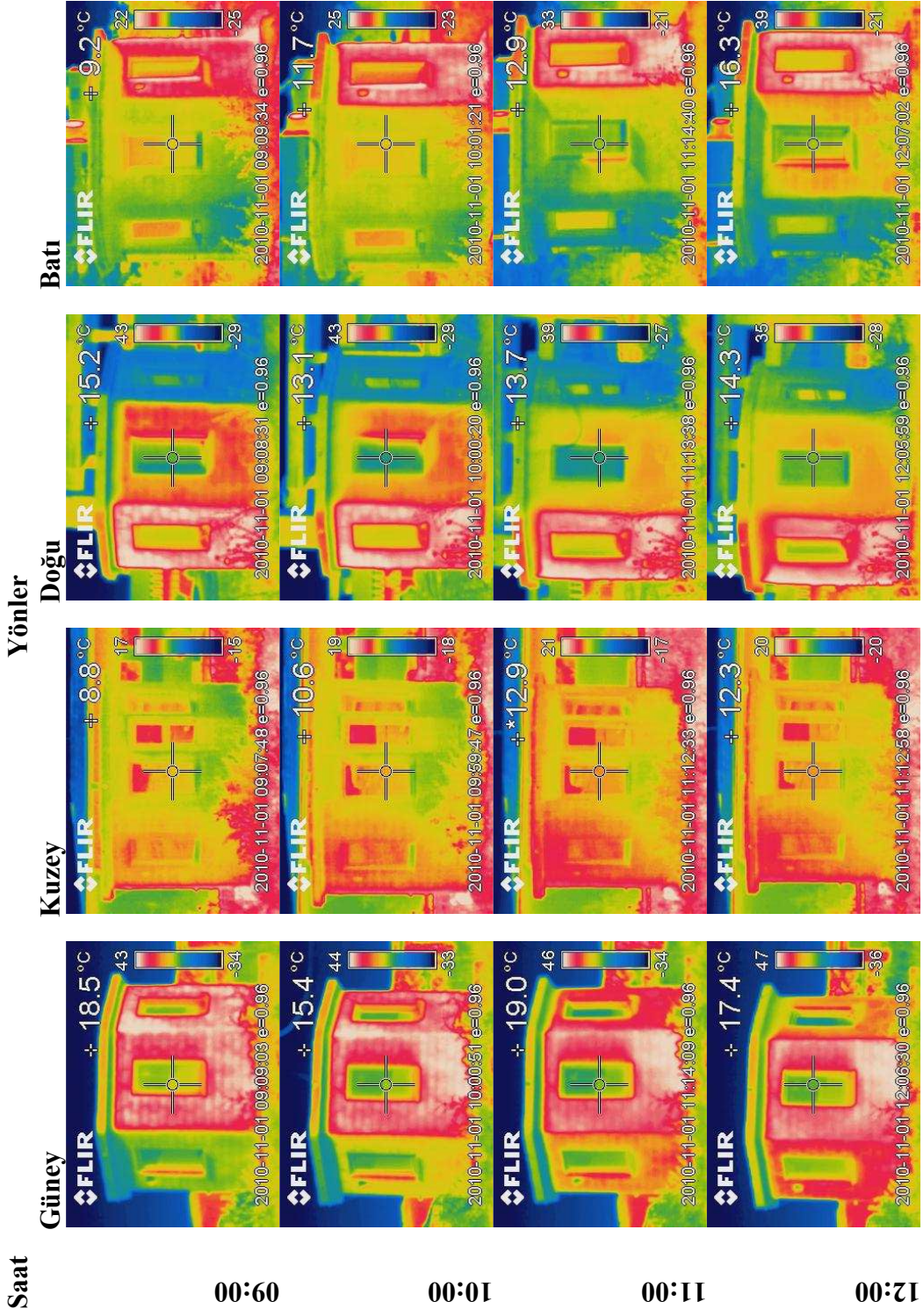


Şekil 4.46. Saydam yüzeyler için eşdeğer çevre ve yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

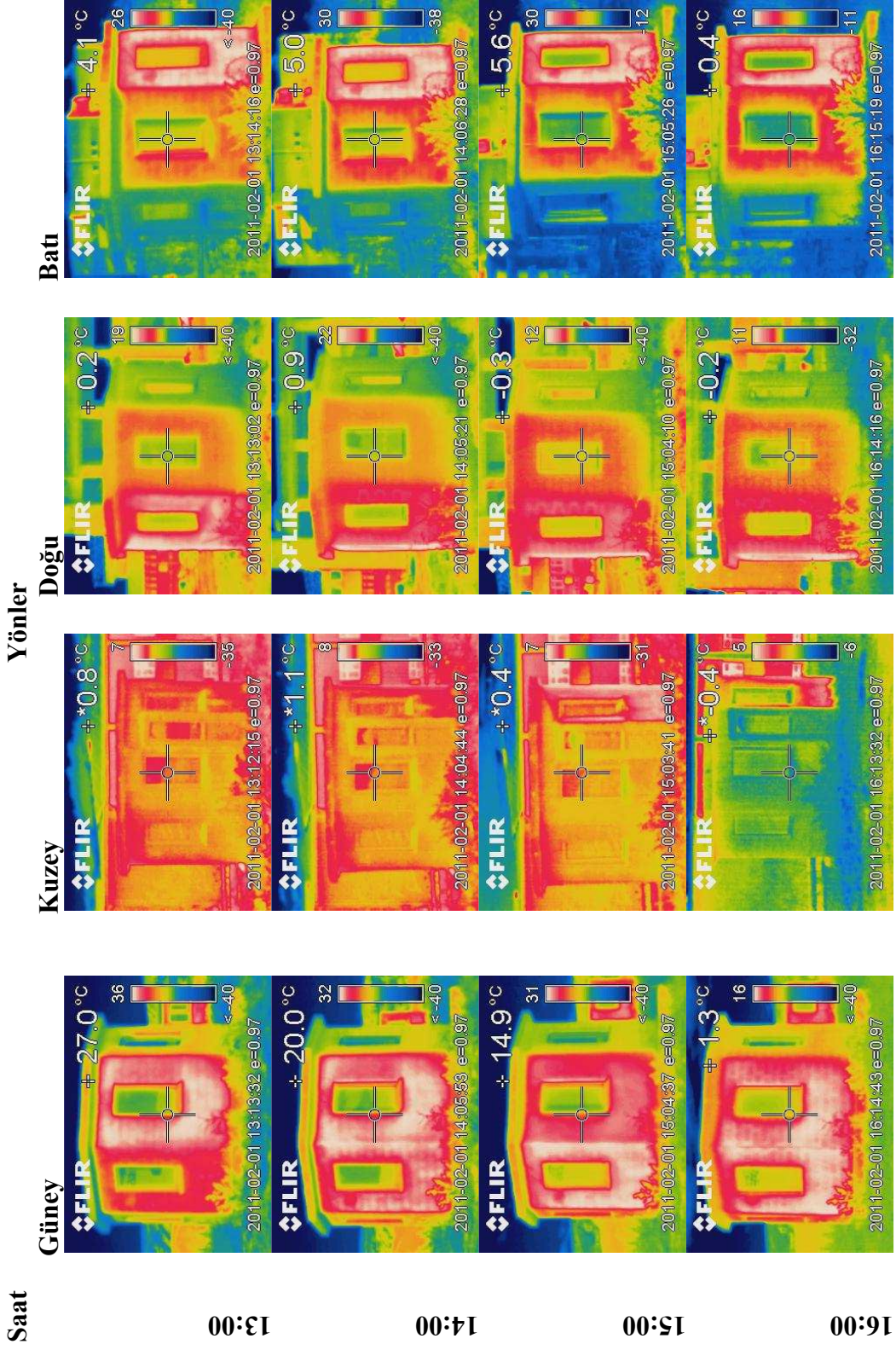
Tablo 4.2. 1 Ağustos 2010 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri



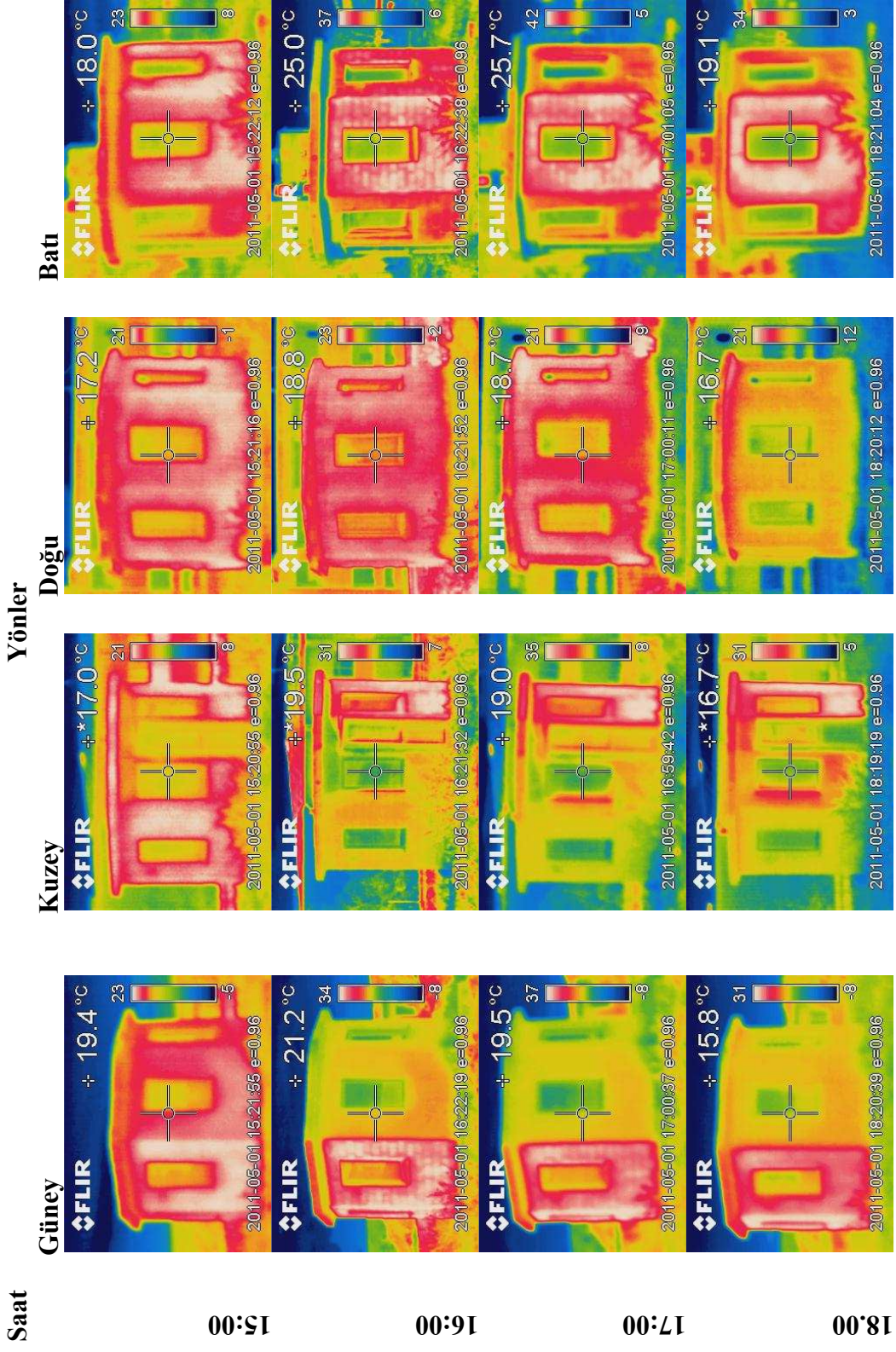
Tablo 4.3. 1 Kasım 2010 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri



Tablo 4.4. 1 Şubat 2011 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri



Tablo 4.5. 1 Mayıs 2011 tarihinde termal kamera ile çekilen yüzey sıcaklık görüntüleri



Çalışmanın bu bölümünde her ayın 11. gününe ait yüzey sıcaklık değerleri verilmiştir. Diğer ölçümler sonucu elde edilen yüzey sıcaklıklarının tamamı tez çalışmasının sonunda EK-3'te sunulmuştur. Yüzey sıcaklıkları ile güneş ışıınımlı değerlerinin birlikte değerlendirilmesi amacıyla Şekil 4.47-58'de her ayın 11. günü için farklı yönde grafikler çizilmiştir. Üç eksenli grafiklerin, sol tarafındaki eksen güneş ışıınımlı (W/m^2) miktarını, sağ taraftaki eksen ise yüzey sıcaklık ($^{\circ}C$) değerlerini ifade etmektedir. Her bir grafikte o güne ait saatlik ortalama dış sıcaklık değerleri de verilerek yüzey sıcaklıkları ile ilişkisi gözlemlenmiştir. Ana yönler bakan yüzeyler için opak ve saydam elemanların iç yüzey sıcaklıkları da ölçülerek grafiklere eklenmiştir. Her ayın 1., 11. ve 21. günlerinde gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen yüzey sıcaklık değerleri Ek-5'te verilmiştir.

Güneş ışıınımlı ve yüzey sıcaklıklarının birlikte verildiği grafikler incelendiğinde (Şekil 4.47-58) günün erken saatlerinde yıl boyunca hemen hemen bütün yönlerde en yüksek sıcaklık değerlerinin dış ortam sıcaklıkları olduğu görülmektedir. Gün içerisinde belirli sürelerde doğrudan güneş ışıınımlı maruz kalan cephelerin en yüksek yüzey sıcaklığı değerlerini dış duvarlar almaktadır. Öyle ki, sadece günün ilk saatlerinde bile güneş ışıınımlı maruz kalan bazı cepheler (örneğin; kuzeydoğu) dış ortam sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde gün sonuna doğru daha yüksek yüzey sıcaklığı değerlerine ulaşmaktadırlar. Ancak kuzey gibi doğrudan güneş ışıınımlı almayan cephelerde en yüksek yüzey sıcaklığı değerleri dış ortam sıcaklığından çok daha kolay etkilendiği halde, doğrudan rüzgar etkisinde olmayan camların iç yüzey sıcaklıkları almaktadır.

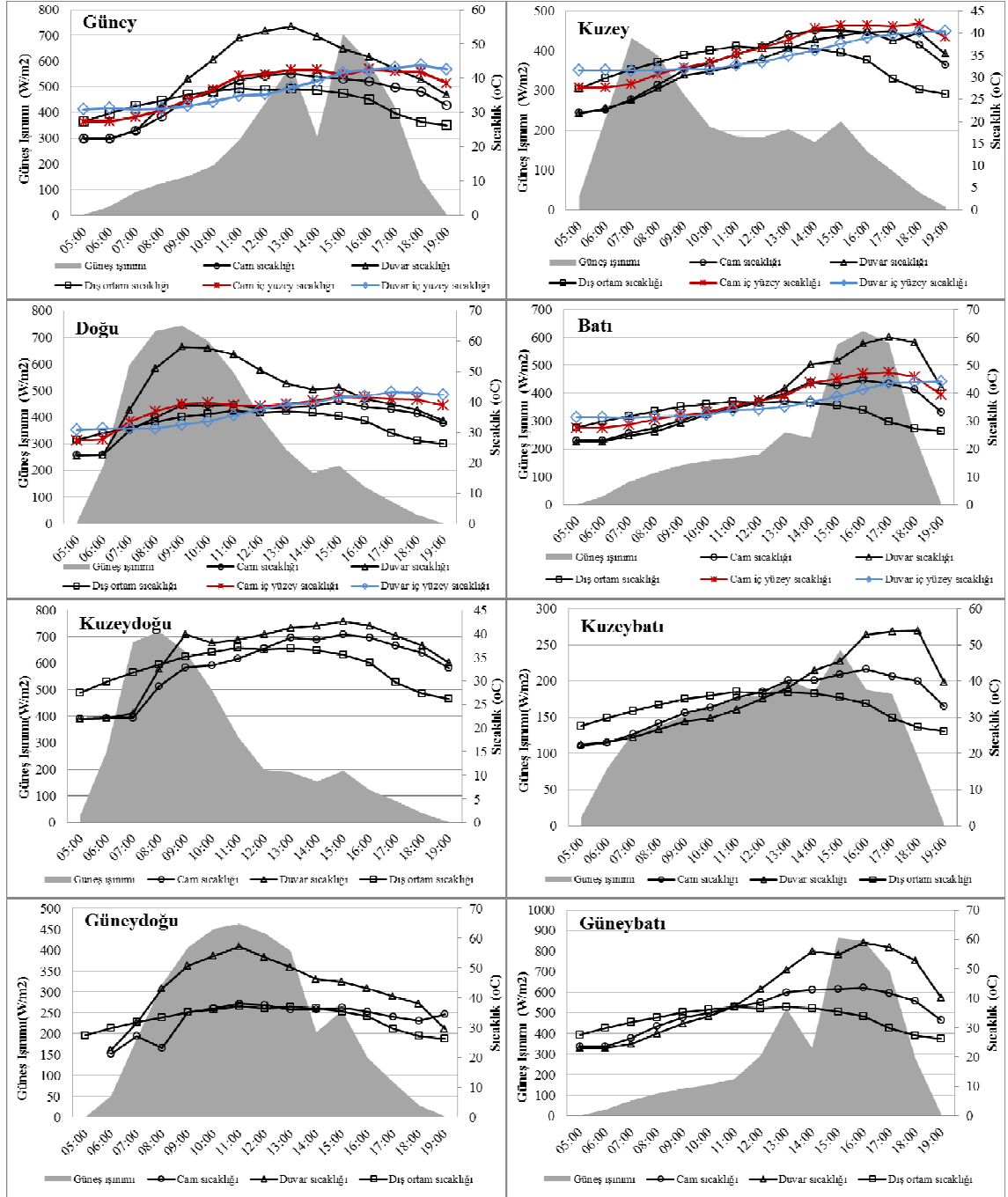
Hemen hemen bütün yönlerde duvar dış yüzey sıcaklıkları, gün içerisinde pik değerine ulaştıktan sonra akşam saatlerine doğru düşük değerler almakta iken, iç yüzey sıcaklıkları gün boyunca yükselme eğilimindedir. Cam yüzeyler için de aynı durum söz konusudur. Ancak güneşin batma saatlerine yakın camların iç yüzey sıcaklıklarında bir miktar düşüş söz konusu olmaktadır.

Soğutma ihtiyacının hissedildiği 11 Ağustos 2010 tarihinde gerçekleştirilen yüzey sıcaklık ölçümleri sonucu elde edilen Şekil 4.47 değerlendirildiğinde, yüzey sıcaklıklarının ilgili yüzeye gelen güneş ışıınımlı maksimum seviyeye ulaştığı saatlerde en yüksek değerleri aldığı görülmektedir. Sıcaklık eğrileri ile güneş ışıınımlı temsil eden alanın sınırı hemen hemen birbirini takip eden bir yol izlemektedir. Duvar dış yüzey sıcaklıklarının duvarın ısı depolama özelliği sebebiyle gün içerisinde doğu, batı, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde $60^{\circ}C$ 'ye ulaştığı, aynı saatler için cam yüzeylerin sıcaklıklarının ise en yüksek $40^{\circ}C$ ile $50^{\circ}C$ aralığında olduğu görülmektedir. Cam ve duvar yüzeylerine ait iç yüzey

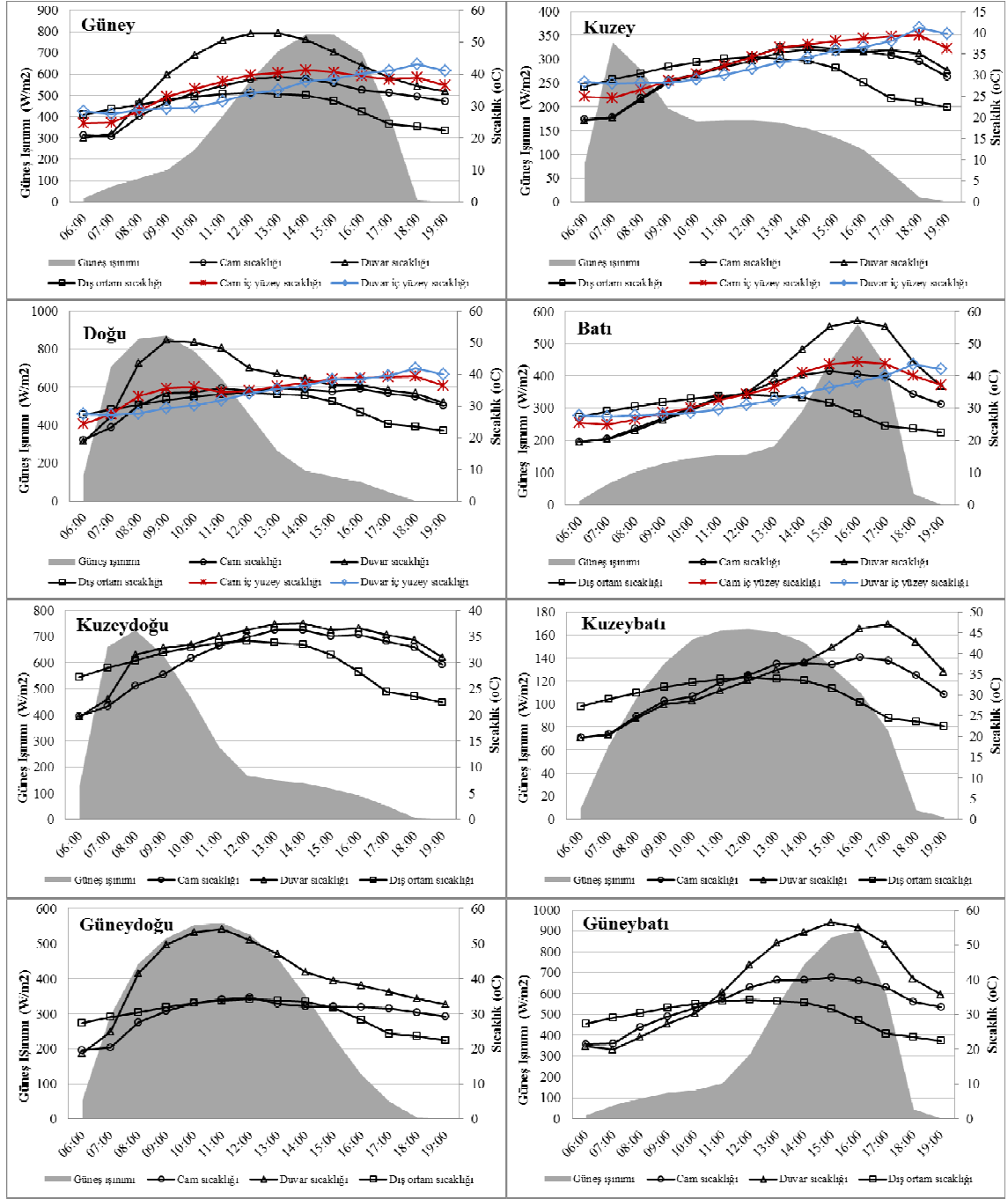
sıcaklığı değerleri ise gün sonunda ana yönler için 40°C'nin üzerindedir. Saydam yüzeyler, dış ortam koşullarından çok daha çabuk etkilense bile hiçbir zaman bir opak eleman kadar yüksek sıcaklık değerine ulaşmamaktadır. Cephelere göre yüzey sıcaklıklarının en yüksek değerleri güneş ışınımının maksimum olduğu doğu yönü için saat 09:00'da, güney için 13:00'da ve batıda ise saat 17:00'de kaydedilmiştir.

Isıtma periyodu için 11 Ocak 2011 tarihinde gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarına göre hazırlanan Şekil 4.52 incelendiğinde ise güney, doğu, batı, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde en yüksek yüzey sıcaklık değerlerinin dış duvarlara ait olduğu görülmektedir. Dış ortam sıcaklık değerleri ise gün boyunca 0°C ile 6°C arasında değişmektedir. Güney cephelerin kış dönemindeki faydalı güneş ısı kazançları ile güney, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde 25 °C ile 40°C arasında değişen duvar sıcaklıkları elde edilmiştir. Bu da ısıtma ihtiyacının çok yüksek olduğu bu dönemde enerji etkin yapıların tasarlanması için değerlendirilmesi gereken önemli bir kazançtır. Yine 11 Ocak tarihli kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerine ait grafikler incelendiğinde yüzey sıcaklık değerlerinin dış ortam sıcaklığının altında kaldığı açıkça anlaşılmaktadır. Buradan yola çıkarak güneydoğu ve güneybatıdaki yüksek sıcaklıkların neredeyse tamamen güney cepheye bağlı olarak elde edildiği söylenebilir. Çünkü kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri için elde edilen duvar ve cam yüzey sıcaklıkları cephelerin güneş ışınımına maruz kaldığı saatlerde dahi dış ortam sıcaklık değerlerinin altındadır.

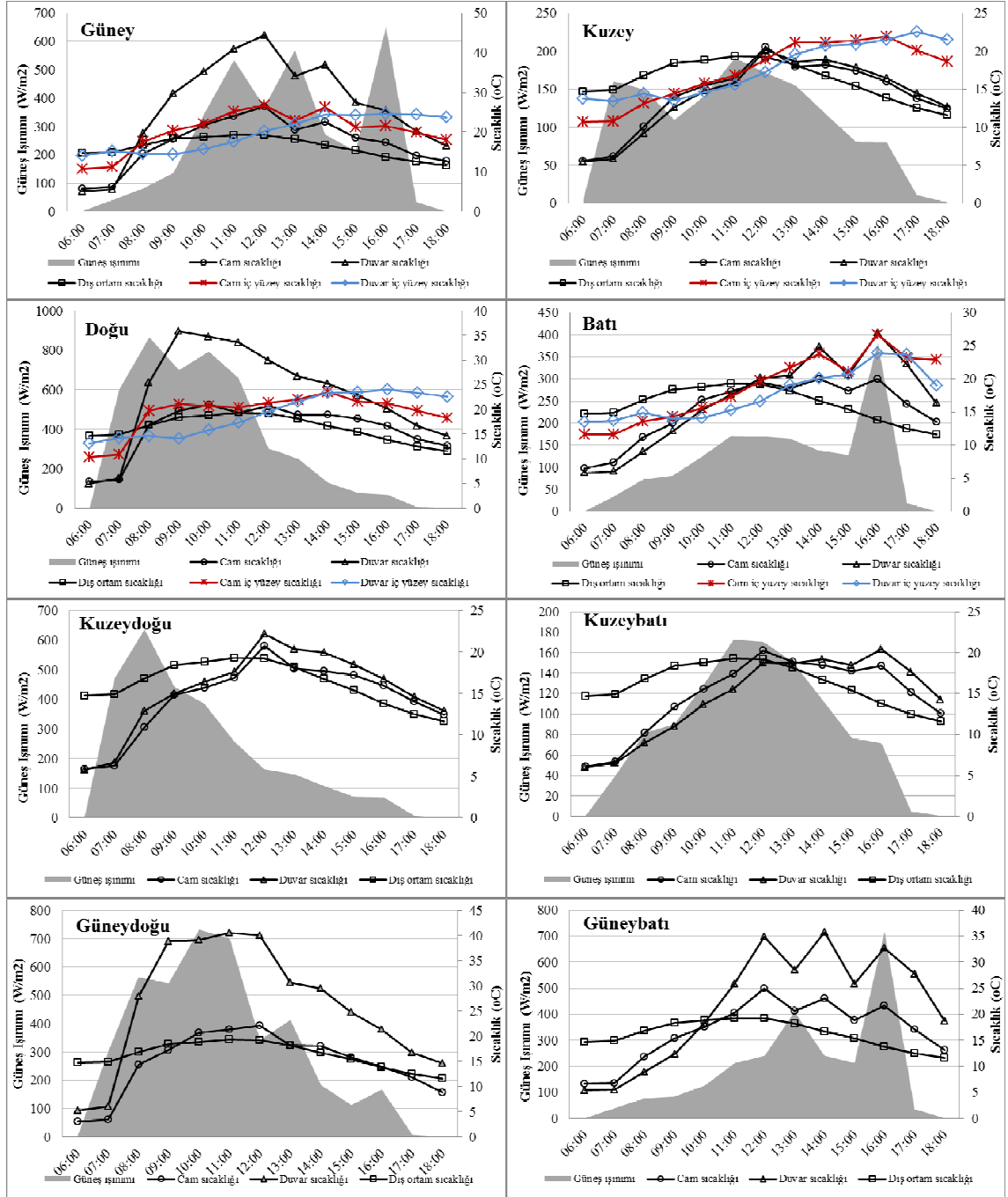
Cepheler üzerine düşen güneş ışınımı yüzey sıcaklıkları üzerinde doğrudan etkilidir. Bu durum 11 Ekim 2010 tarihli Şekil. 4.49 ve 11 Haziran 2011 tarihli Şekil 4.57'de açıkça görülmektedir. Işınım değerlerinde bulutluluk faktöründen kaynaklanan dalgalanma ile birlikte özellikle güney, batı, kuzeybatı, güneybatı yönlerine ait grafiklerde yüzey sıcaklık değerlerinde güneş ışınımına paralel saatlik düşüş ve çıkışlar bariz olarak gözlemlenebilmektedir.



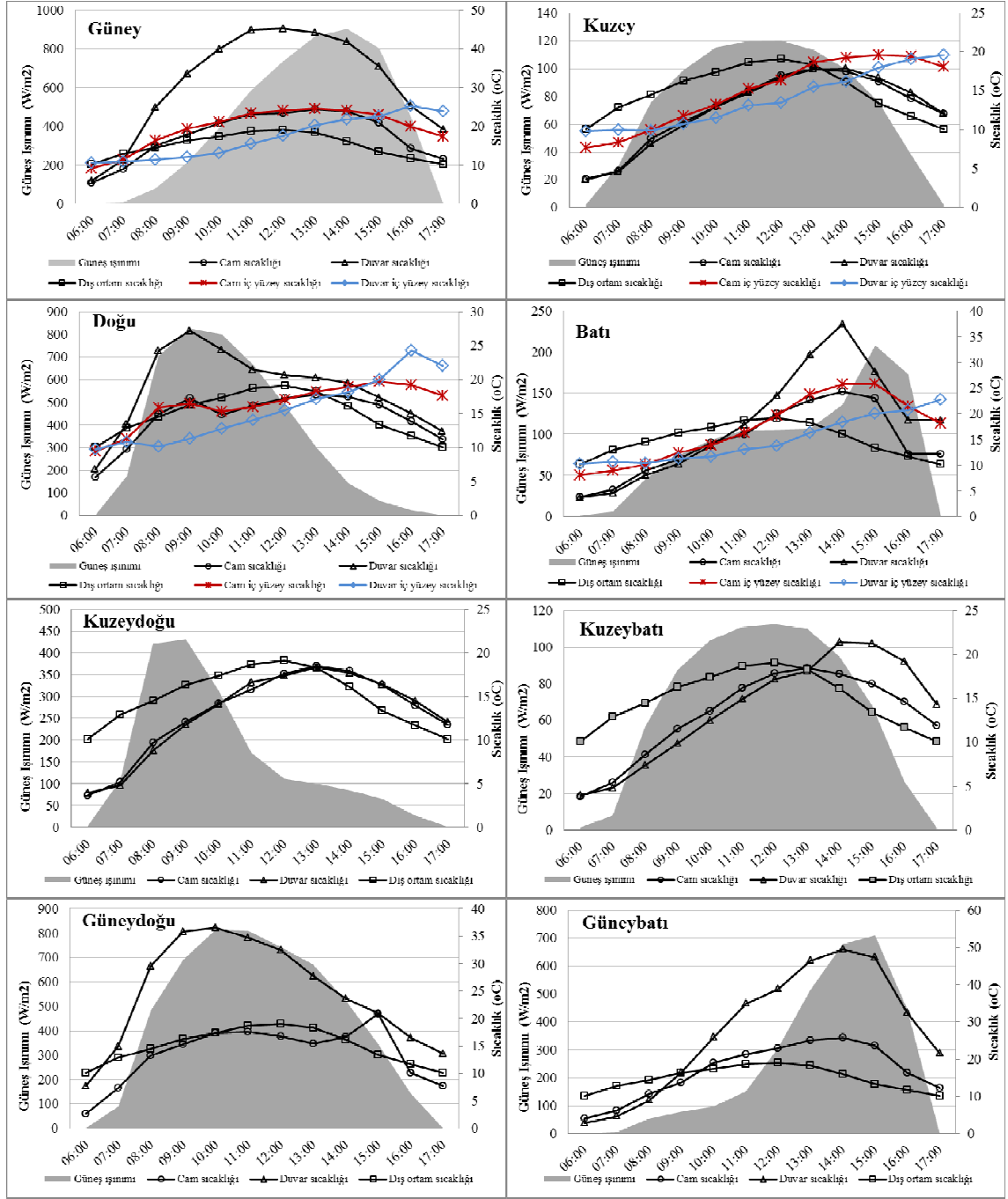
Şekil 4.47. 11 Ağustos 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



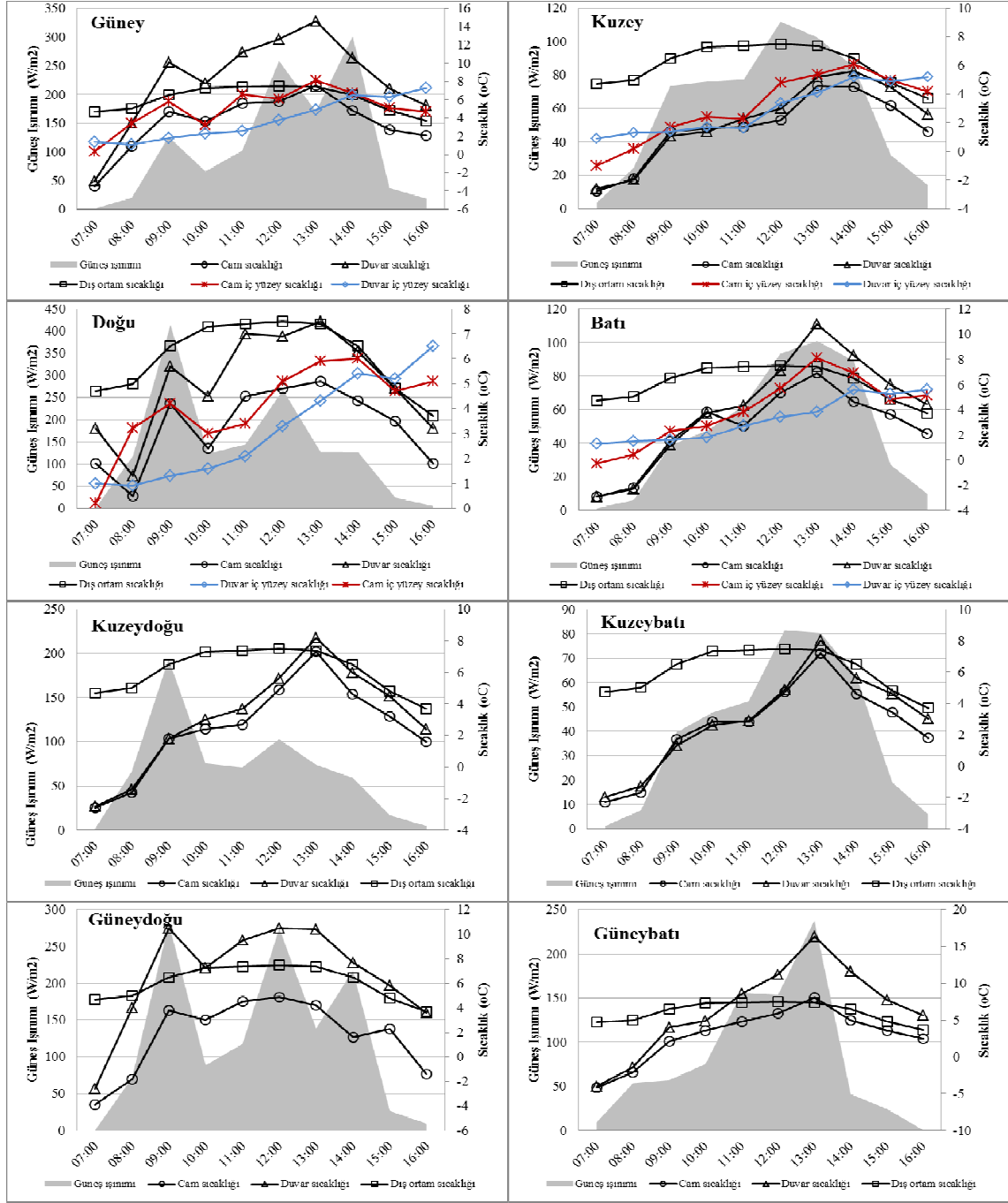
Şekil 4.48. 11 Eylül 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi



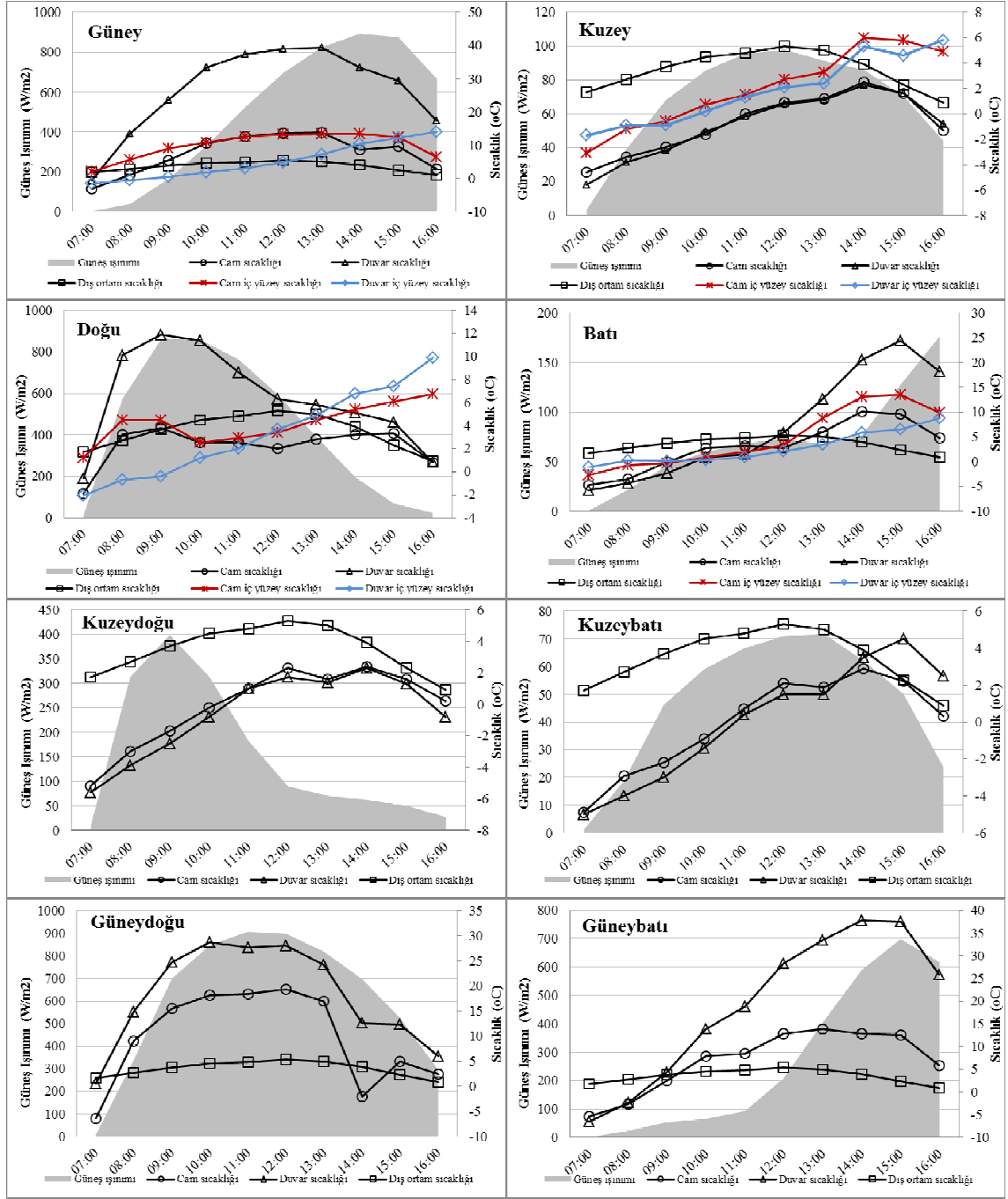
Şekil 4.49. 11 Ekim 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



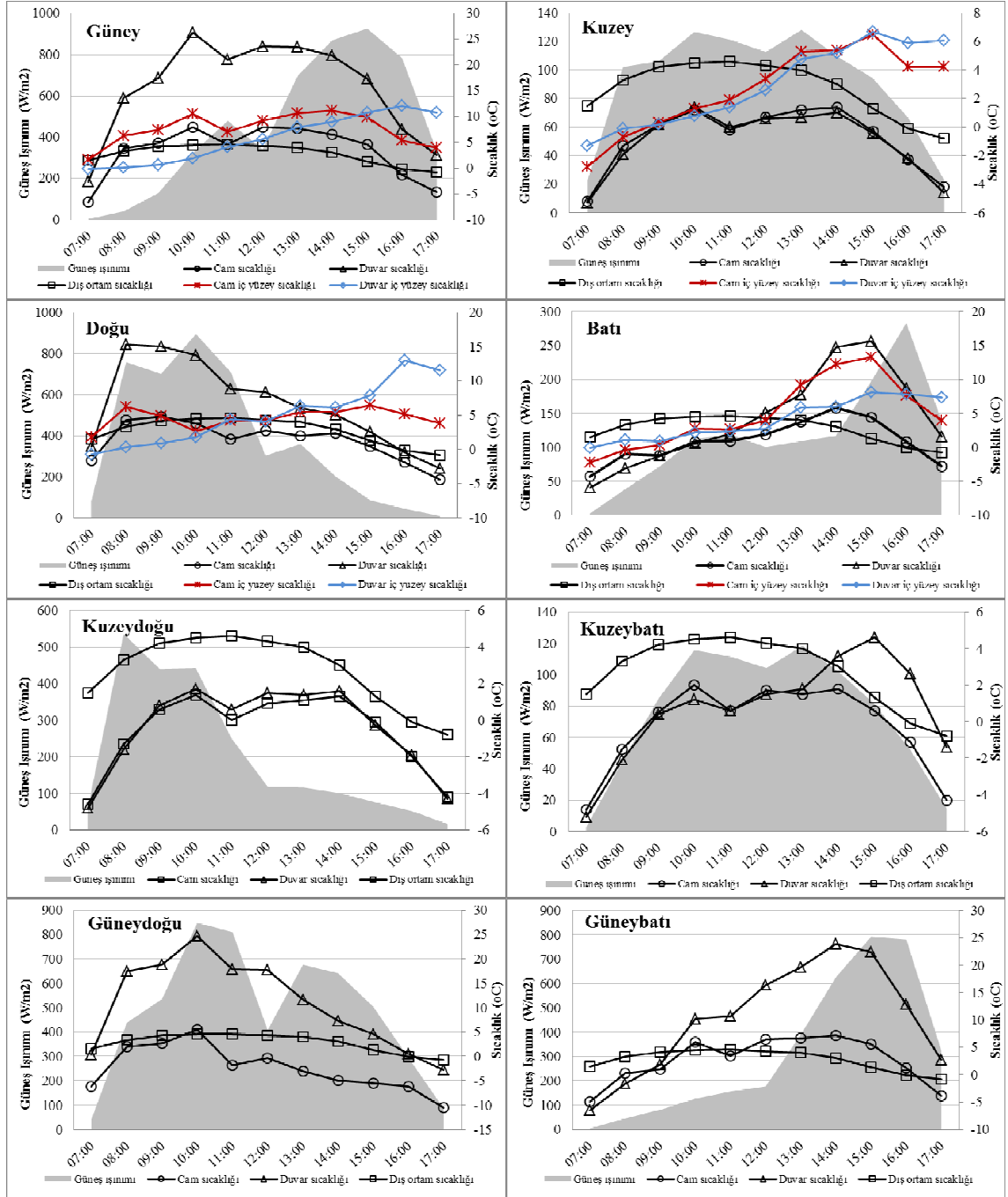
Şekil 4.50. 11 Kasım 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



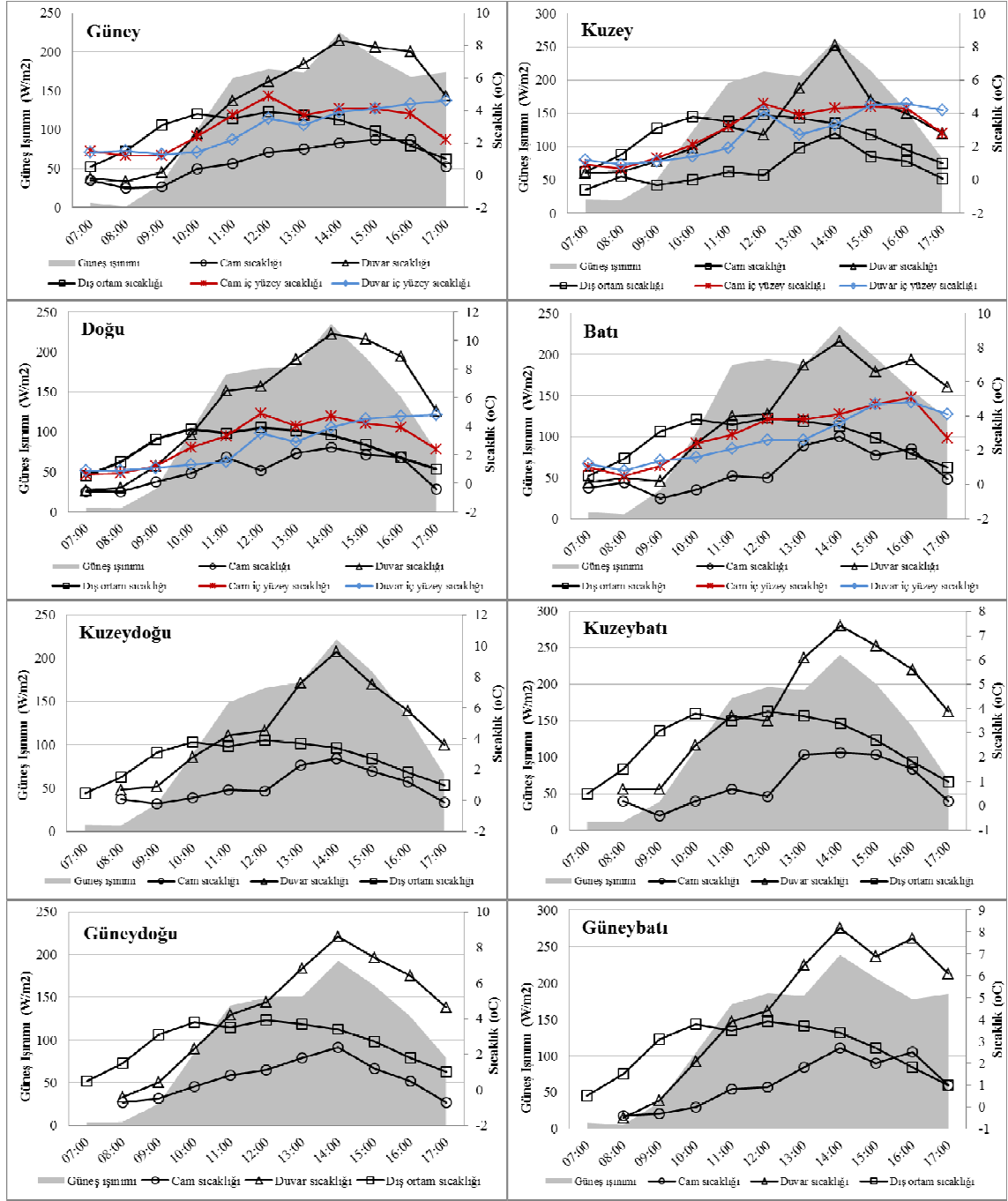
Şekil 4.51. 11 Aralık 2010 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



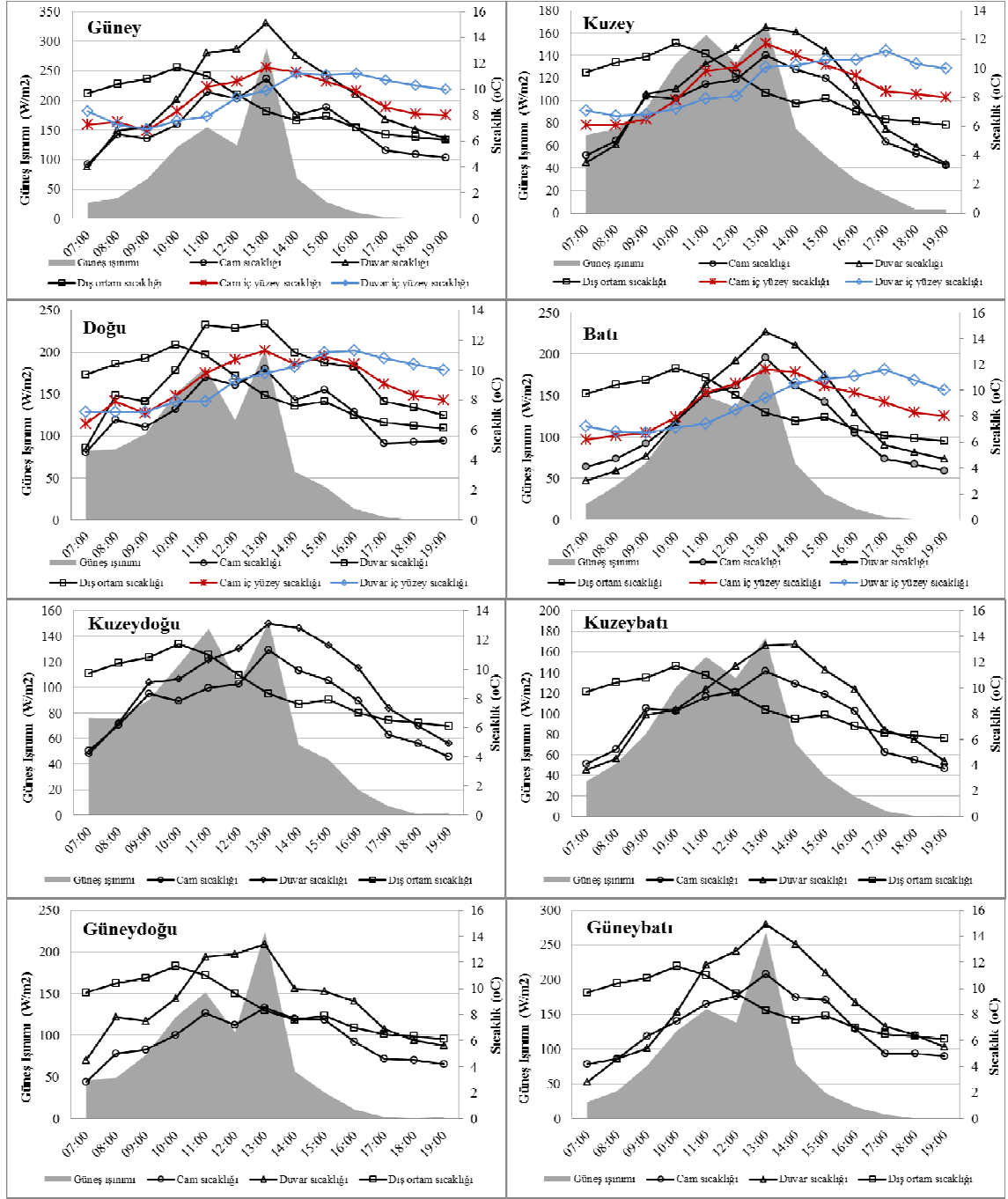
Şekil 4.52. 11 Ocak 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



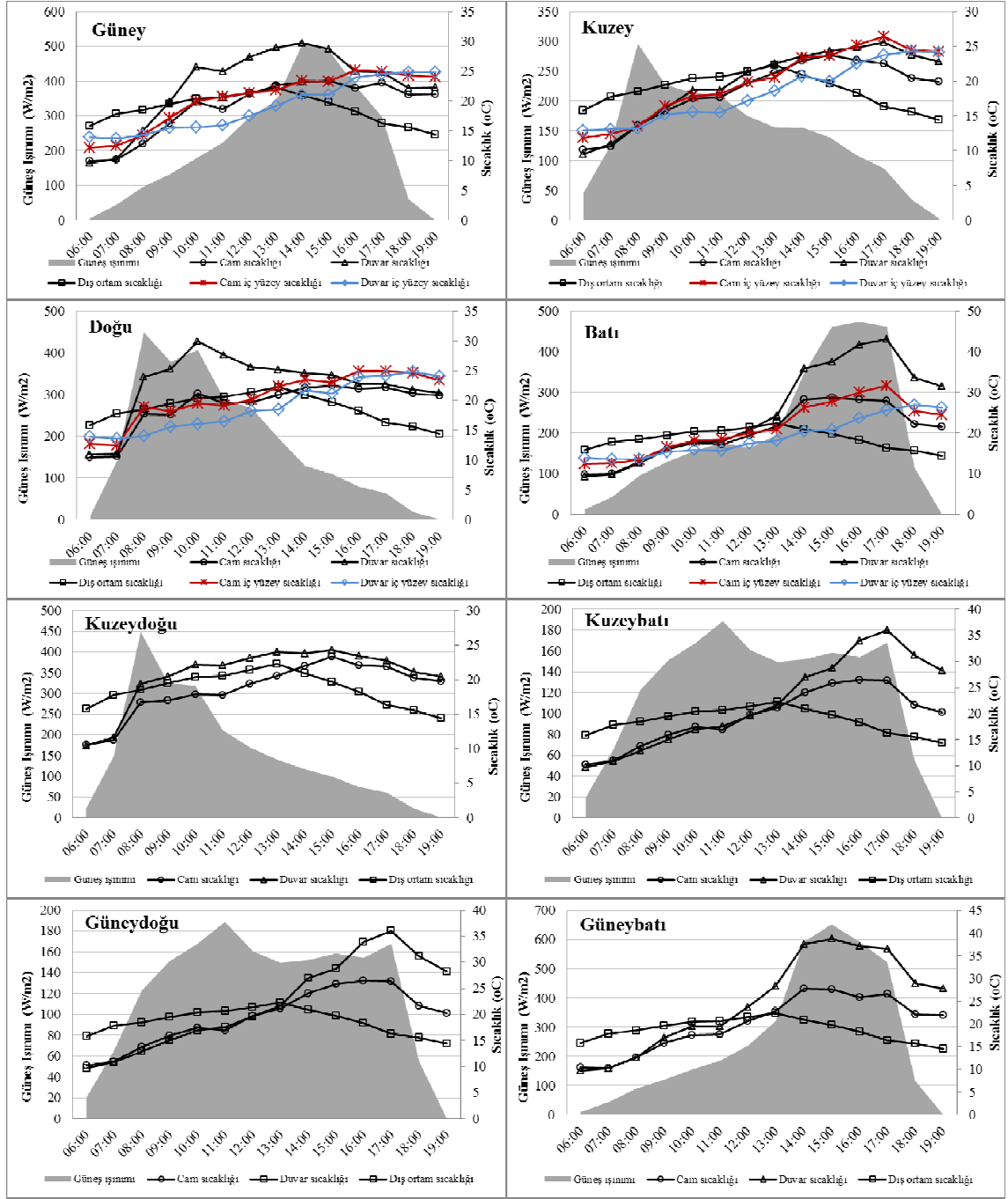
Şekil 4.53. 11 Şubat 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



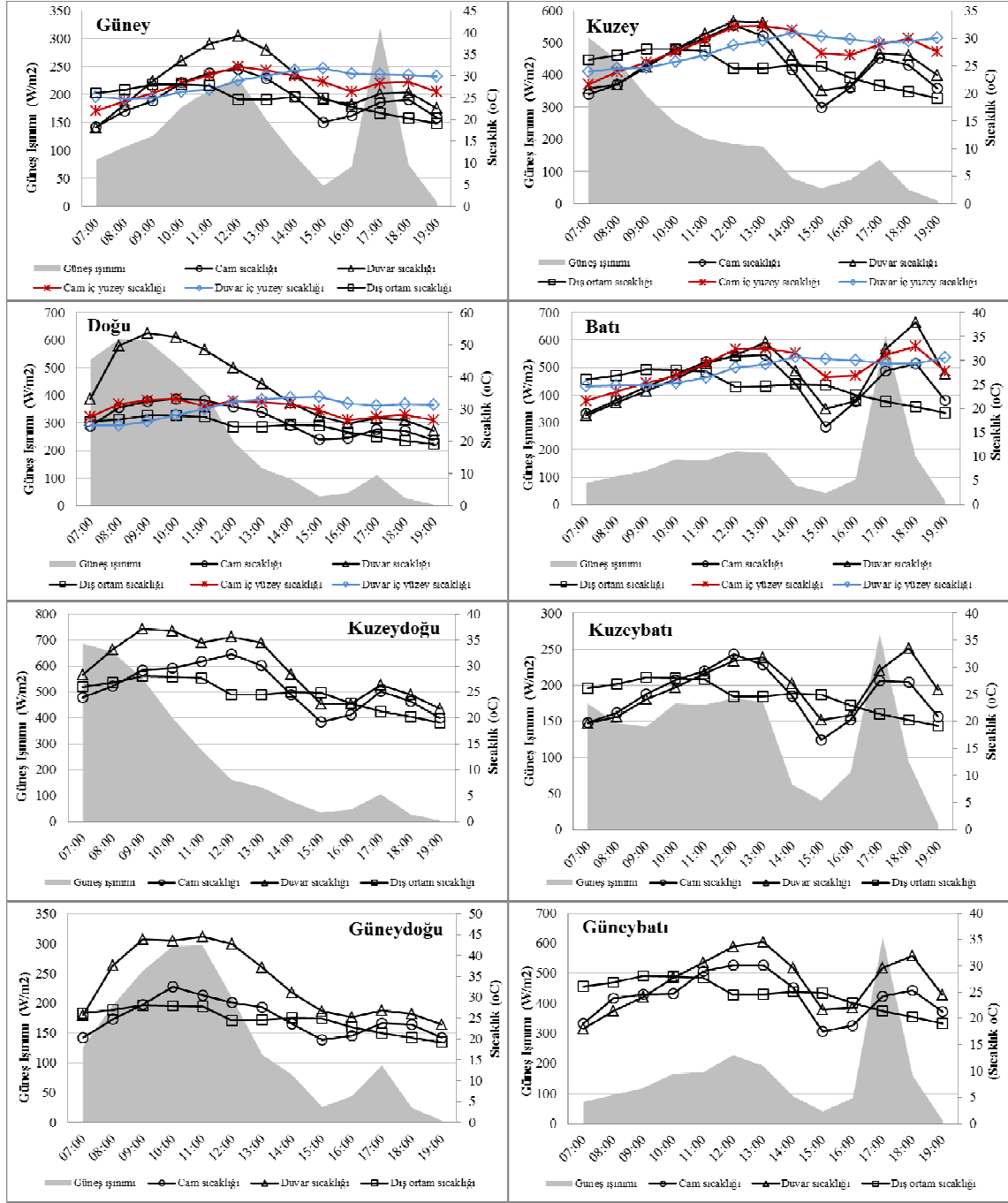
Şekil 4.54. 11 Mart 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi



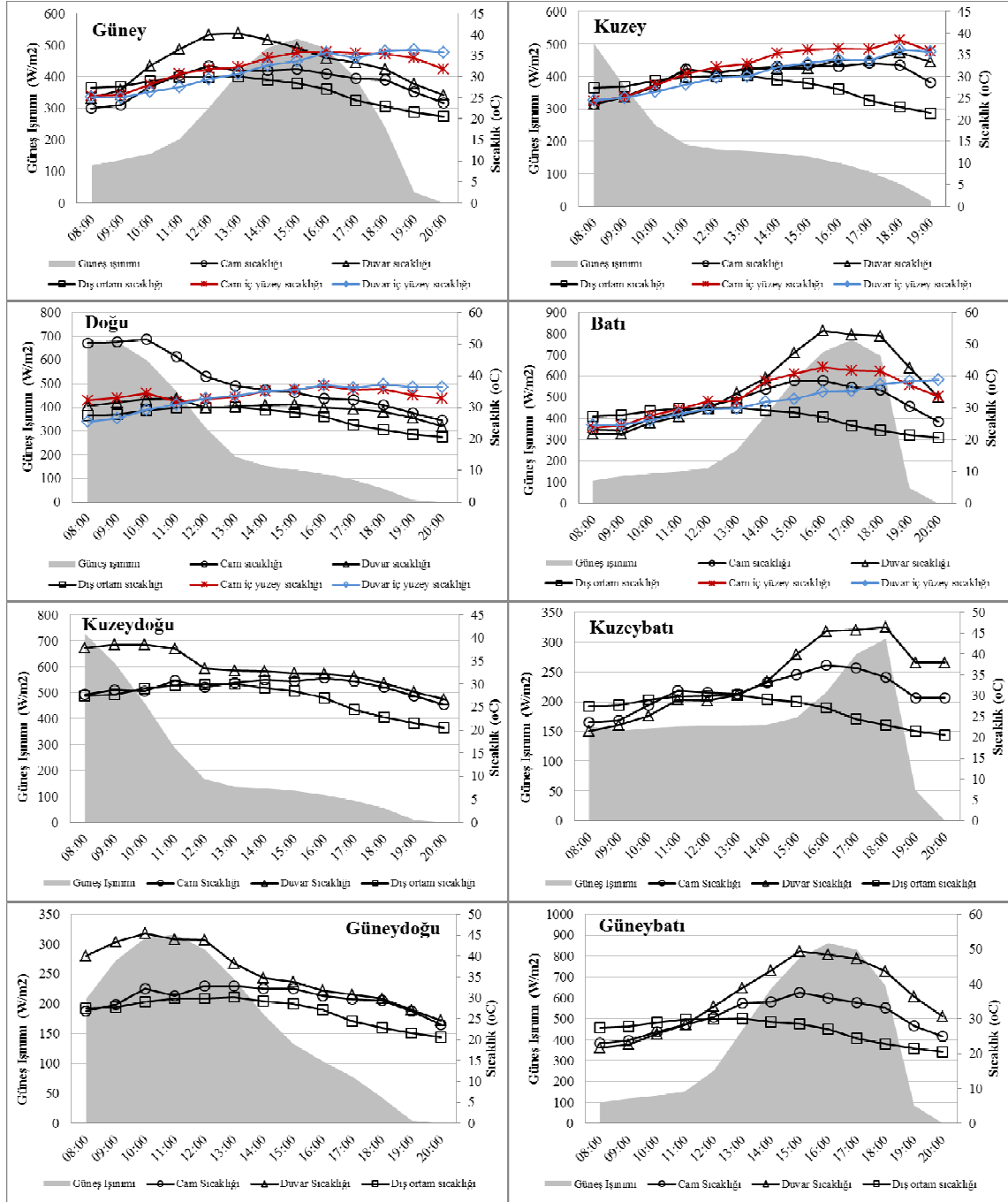
Şekil 4.55. 11 Nisan 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışımasını etkisi altındaki sıcaklık değişimi



Şekil 4.56. 11 Mayıs 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi



Şekil 4.57. 11 Haziran 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi



Şekil 4.58. 1 Temmuz 2011 için farklı cephelere ait saydam ve opak yüzeylerin güneş ışınımı etkisi altındaki sıcaklık değişimi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ülkemizde Elazığ ili ve 38.4° kuzey enleminde bulunan yerleşim bölgeleri için TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı EK-C’de yer alan güneş ışınlam değerleri ve ASHRAE el kitabı SHGF tabloları dışında yeni bir güneş veri tabanı geliştirmenin önemi ortaya konmuştur. Bu çalışma dahilinde dünya üzerinde az sayıda örneği olan düşey yüzeyler üzerine gelen güneş ışınlamı ölçümü hazırlanan prototip için gerçekleştirilmiş ve düşey yüzeyler için gerçek güneş ışınlamı verilerine dayalı değerler elde edilmiştir. Yapılan çalışma başlıca dört aşamadan oluşmaktadır.

İlk aşama Elazığ ili için farklı yönere ait güneş ışınlamı ile diğer iklimsel değişkenlere ait verinin temin edilmesidir. Bu amaçla Fırat Üniversitesi yerleşkesi içerisine sekizgen taban alanına sahip bir bina prototipi inşa edilmiştir. Prototipin dört ana yön ve dört ara yöne bakan sekiz düşey yüzeyi ile yatay yüzeye bakan çatısı üzerinden 27 Temmuz 2010 - 4 Temmuz 2011 tarihleri arasında piranometreler kullanılarak güneş ışınlamı ölçümü yapılmıştır. Ölçülen bu veriler bir veri kaydedicisi aracılığıyla kaydedilmiştir. Çalışmada her ayın karakteristik günleri olarak seçilen 1., 11. ve 21. günlerinde güneşin doğu ve batış saatleri arasında saydam ve opak yüzey sıcaklıkları saatlik olarak termal görüntüleme yöntemi ile ölçülmüştür. SHGF değerlerinin hesaplanabilmesi için gerekli olan saatlik rüzgar hızı ve yönü ile günlük toplam güneşlenme süresi verileri de Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

İkinci aşamada ise dört ana ve dört ara yöne ait saatlik ortalamaları alınan güneş ışınlamı değerlerinin doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlerinin tespit edilebilmesi amacıyla literatürde sıklıkla kullanılan sayısal hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede güneş ışınlamı ölçümü yapılan bütün yüzeylere ait toplamda 74088 veriye indirgenen ve her bir yön için doğrudan, yayılı ve yansıyan bileşenlere ait 343 x 24’lük birer veri matrisi elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada ise bir önceki aşamada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilen rüzgar hızı ve yönü verileri ile ASHRAE tarafından önerilen hesaplama yöntemi kullanılarak her bir yüzey için saatlik ısı taşınım katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen ısı taşınım katsayıları ve bir önceki aşamada hesaplanan güneş ışınlamı bileşenleri ile her bir yön için saatlik SHGF değerleri hesaplanmıştır. Ölçülen

yüzey sıcaklıklarının değerlendirilebilmesi amacıyla temsili bir gün için üzerinde ölçüm yapılan bütün saydam ve opak yüzeylere ait saatlik eşdeğer çevre sıcaklıkları hesaplanmıştır.

Dördüncü ve son aşamada ise elde edilen veriler ile mevcut TS 825 Standardı ve veri tabanlarında kullanılan değerler kıyaslanmıştır. Bu bölümün aşamaları sırasıyla aşağıdaki gibidir.

- Öncelikli olarak ölçülen güneş ışıınımı verilerinin doğruluğunun değerlendirilebilmesi amacıyla ilgili güne ait güneş ışıınımı değerleri yine o güne ait günlük toplam güneşlenme süresi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar R^2 parametresi ile değerlendirilmiştir.

- Ölçülen güneş ışıınımı değerleri ile TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı EK-C’de verilen aylık ortalama değerler karşılaştırılmıştır.

- Hesaplanan saatlik SHGF değerlerinin aylık ortalama saatlik değişimi ana ve ara yönler için ayrı olarak grafiklerle ifade edilmiştir.

- ASHRAE tarafından 40° kuzey enlemi için verilen SHGF değerleri ile Elazığ ili için hesaplanan değerler birbiriyle kıyaslanarak, sonuçlar tartışılmıştır.

- Termal görüntüleme ile elde edilen yüzey sıcaklıkları, ilgili güne ait güneş ışıınımı ve dış ortam sıcaklığı değerleriyle birlikte grafiksel olarak ifade edilmiş sonuçlar değerlendirilmiştir.

Gün boyunca güneş etkisi altındaki bina dış yüzeylerinin yönlendirilmesi ve biçimlendirilmesinde yol gösterici olarak kullanılacak bir veri tabanının hazırlanması için yöntem temellerinin önerildiği bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilmektedir.

- Yapılan uygulama çalışmasında ölçülen güneş ışıınımı verilerinin ülkemizde yürürlükte olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı EK-C’de bütün derece gün bölgeleri için aynı güneş ışıınımı değerlerini veren tablo değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun bina enerji simülasyonlarında 38.4° kuzey enleminde bulunan Elazığ ve daha düşük enlem dairelerinde yer alan illerimiz için oldukça yanıltıcı olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla ilk etapta derece gün bölgelerini temsil eden bölgelerde yatay ve düşey yüzeyler üzerine gelen güneş ışıınımı ölçümlerinin yapılması önerilmektedir. Güneş ışıınımı ölçümlerinin yapılamayacağı durumlarda ise güneş ışıınımı literatürdeki hesaplama yöntemleri ile hesaplanması ile doğruluk oranı daha yüksek sonuçların alınacağı açıktır. Bina kabuğunda pencerelerden olan güneş ısı kazancının gerçek güneş ışıınımı

verilerine dayandırılarak belirlenmesi ile TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardında bina yalıtım değerlerinin daha doğru belirlenebileceği düşünülmektedir.

- Bütün yönlerin dahil olduğu ortak bir değerlendirme yapıldığında mevsimsel anormallikler olmakla birlikte SHGF değerleri sıralaması, 2010 yılı Temmuz ayı için;

Yatay>Güneybatı>Kuzeydoğu>Doğu>Batı>Güney>Güneydoğu>Kuzeybatı>Kuzey şeklinde gerçekleşmiştir. 2010 yılı Kasım ayında ise sıralama,

Güney>Güneydoğu>Doğu>Güneybatı>Yatay>Kuzeydoğu>Batı>Kuzeybatı>Kuzey durumundadır. Isıtma ihtiyacının olduğu kış aylarında ise sıralama 2010 yılı Aralık ayı için:

Güney>Güneydoğu>Yatay>Doğu>Güneybatı>Kuzey>Kuzeydoğu<Kuzeybatı>Batı, 2011 yılı Nisan ayı için ise;

Yatay>Doğu>kuzeydoğu>Güneydoğu>Güney>Batı >Güneybatı>Kuzey>Kuzeybatı şeklinde gerçekleşmiştir.

- Yukarıdaki sıralamadan hareketle yıl boyunca yüksek miktarda güneş ışınımına maruz kalan çatı penceresi gibi yatay açıklıklar özellikle yaz aylarında sıcak tavan etkisi sebebiyle kullanıcılara sıkıntı yaratacağından çok gerekli olmadıkça kullanılmaması, kullanılmasının gerekli olduğu durumlarda ise, iç ortamın konfor koşullarını dengelemek amacıyla gölgeleme ekipmanları ile birlikte kullanımı ve günün belirli saatlerinde kapatılması önerilebilir.

- Kış aylarında pencerelerden olan ısı kazancının maksimum seviyelerde sağlanabilmesi için saydam yüzeylerin güney ve güneydoğu yönünde konumlandırılması faydalı olacaktır. Bu yönler yaz aylarında aşırı ısınmalara sebep olan kazançlara fırsat vermediğinden hem ısıtma hem de soğutma periyodu için en çok avantaj sağlayacak olan yönlerdir. Soğutma yüküne doğrudan etki eden güneybatı, batı ve doğu yönündeki pencerelere ait güneş ışınımı kazancı değerleridir. Bu cepheler yazın aşırı ısınmalara sebebiyet verdiği gibi, kışın da ısı kayıplarına nazaran çok düşük güneş ısı kazancı sağladıklarından, binaların enerji etkin olarak tasarlanmasında dezavantajlı cephelerdir. Bu nedenle bu yönlerde konumlandırılacak olan pencerelerin sınırlı tutulması, özellikle yaz aylarında karşılaşılabilecek aşırı ısınmalar ve büyük soğutma yüklerini önlemek için en etkili yoldur.

- ASHRAE'nin 40° kuzey enlemi için verdiği SHGF değerlerinin, 27 Temmuz 2010 - 4 Temmuz 2011 döneminde Elazığ ili için hesaplanan değerlerden bazı durumlarda % 90 seviyesine kadar daha yüksek sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ancak ölçümlerin bir yıl süre

ile gerçekleştirilmiş olması bu konuda kesin bir yargıya varılmasına engel olmaktadır. Bu nedenle çalışmanın uzun yıllar için yapılacak güneş ışınımı ölçümleri ile desteklenmesini gerektirmektedir. Ancak yine de açık gökyüzü varsayımı ile 40° kuzey enlemi için yapılan hesaplamaların sonuçlarına dayanan bu tablo verilerinin kullanılmasının ülkemiz için gerçekçi uygulamalara fırsat vermeyeceği açıktır. Bu nedenle daha önce de ifade edildiği üzere gerekli güneş ışınımı ölçümlerinin pilot bölgelerde uzun yıllar ortalamalarının alınıp bu değerlerden yola çıkılarak bir SHGF veri tabanının oluşturulması gerekmektedir.

- Yapılan güneş ışınımı ölçümlerinin sayısal olarak da desteklendiği bu çalışmada bir yöne ait güneş ışınımının bazı yıllarda mevsim normallerinden farklı davranış gösterdiği görülmüştür. Ölçümler sadece bir yıllık bir süre için gerçekleştirildiğinden bu çalışma sadece ilgili yıla ait bir değerlendirmenin yapılmasına fırsat vermektedir. Bir veri tabanının oluşturulabilmesi için uzun süreli gerçekleştirilen ölçümlerden alınacak ortalama değerlere ihtiyaç duyulur. Böylece mevsim normallerinin altında veya üzerindeki aşırı durumlar tolere edilebilecektir

- Termal görüntüleme sonucunda elde edilen yüzey sıcaklıklarının, güneş ışınımını günün herhangi bir saatinde doğrudan alan yüzeylerde, güneş ışınımının maksimum olduğu anda en yüksek değerine ulaştığı, güneş ışınımındaki düşüş ile yüzey sıcaklıklarında da bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Güneş ışınımını doğrudan almayan kuzey yönünde ise dış ortam sıcaklığının yüksek olduğu günlerde opak yüzeylerin gün boyunca ısı depolayarak gün sonunda maksimum sıcaklık değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir. Güneş ışınımındaki anlık değişimlerin ise duvar ve cam yüzey sıcaklıklarına direkt olarak yansıdığı, güneş ışınımına paralel artış ve azalmalar gösterdiği tespit edilmiştir.

Dünya üzerinde düşey yüzeylere gelen güneş ışınımı ölçümünün sayılı olarak gerçekleştiriliyor olması nedeniyle bu çalışmanın ilgili alanda daha sonra yapılacak pek çok farklı çalışmaya yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Çalışmanın gösterdiği yol sayesinde Türkiye'nin sadece TS 825'deki derece gün bölgelerinde değil, daha detaylı illere ve ilçelere yaygın gerçekleştirilecek ölçümler doğrultusunda TS 825 Standardı ve ASHRAE el kitabında verilen tabloları dışında daha sağlıklı verilerin olduğu bir güneş enerjisi veri bankası oluşturulabilecektir. Böylece yapıların enerji simülasyonları ve güneş enerjisi tabanlı yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarımında daha doğru verilerin kullanılması sağlanacaktır.

İleriye yönelik çalışmalar ve öneriler:

Bu çalışmada bir yıllık sürede gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları değerlendirilmiştir. Daha doğru bir veri tabanı için ise, uzun yıllara ait güneş ışınımı verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bu doktora çalışması bir noktada nihayete erdirilmiş olsa bile daha sonradan yapılacak olan çalışmalara referans olunabilmesi açısından düşey yüzeyler üzerindeki güneş ışınımı ölçümlerinin devam ettirilmesi düşünülmektedir. Sadece bina enerji simülasyonları için değil, güneş enerjisinden aktif olarak faydalanabilmek amacıyla gerekli olan sistemlerin boyutlandırılması için de bu son derece gereklidir. İleriki çalışmalarda bu tez çalışmasında önerilen veri tabanı oluşturma yönteminin geçerlilik ve güvenilirliğinin sağlanması hedeflenmektedir. Daha uzun sürede (en az 10 yıl) gerçekleştirilecek olan güneş ışınımı ölçümleri ile ölçümlerde meydana gelen kayıplar ve bazı yıllarda meydana gelen mevsim anormallikleri telafi edilecek ve de alınan ortalamalar ile daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

Düşey yüzeyler üzerine gelen güneş ışınımı verisinin doğru olarak tespit edilebilmesi amacıyla farklı derece gün bölgelerinde oluşturulacak ölçüm istasyonları ile uzun süreli ölçümlerin gerçekleştirilmeli ve farklı alandaki pek çok çalışmaya referans sağlanmalıdır.

Çalışmada hesaplamalar sonucu elde edilen güneş ışınımı verileri ile ölçülen güneş ışınımı verilerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu nedenle öncelikli olarak Türkiye'deki farklı derece gün bölgelerindeki il ve ilçeler için, yönlere göre aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti değerlerinin uzun yıllara ait ortalama iklimsel veriler ile hesaplanmasıyla kısa vadede TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardına alternatif daha doğru güneş ışınımı tablolarının elde edilmesi sağlanmalıdır.

Son yıllarda gittikçe yaygınlaşan ve farklı alanlarda önemli faydalar sağlayan akıllı sistemlerin de kullanılması ile hem ölçümlerdeki eksikliklerin tamamlaması hem de zahmetli hesaplama sürecinin bertaraf edilmesi amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Bektaş Ekici, B., Aytaç Gülten, A. and Aksoy, U.T.**, 2012. A study on the optimum insulation thicknesses of various types of external walls with respect to different materials, fuels and climate zones in Turkey, *Applied Energy*, **92**, 211–217.
- [2] **Oral, G.K., Yılmaz, Z.**, 2002. The limit U values for building envelope related to building form in temperate and cold climate zones, *Building and Environment*, **37**, 1173–1180.
- [3] **Wall, M.**, 2006. Energy-efficient terrace houses in Sweden Simulations and measurements, *Energy and Buildings*, **38**, 627–634.
- [4] **Garde, F., Adelard, L. Boyer, H. and Rat, C.**, 2004. Implementation and experimental survey of passive design specifications used in new low-cost housing under tropical climates, *Energy and Buildings*, **36**, 353–366.
- [5] **Cardinale, N. and Ruggiero, F.**, 2000. Energetic aspects of bioclimatic buildings in the Mediterranean area: a comparison between two different computation methods, *Energy and Buildings*, **31**, 55–63.
- [6] **Feng, Y.**, 2004. Thermal design standards for energy efficiency of residential buildings in hot summer/cold winter zones, *Energy and Buildings*, **36**, 1309–1312.
- [7] **Bektaş Ekici, B. and Aksoy, U.T.**, 2011. Prediction of building energy needs in early stage of design by using ANFIS, *Expert Systems with Applications*, **38**, 5352-5358.
- [8] **Bektaş, B. and Aksoy, U.T.**, 2005. Soğuk iklimlerdeki binalarda pencere sistemlerinin enerji performansı, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **17**, 199-208.
- [9] **TS 825**, 2008. Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [10] **ASHRAE**, ASHRAE Handbook 1997 Fundamentals, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, Atlanta, GA.
- [11] **Li, D.H.W. and Lam, J.C.**, 2000. Solar heat gain factors and the implications to building designs in subtropical regions, *Energy and Buildings*, **32**, 47-55.
- [12] **Marinoski, D.L., Güths, S., Pereira, F.O.R. and Lamberts, R.**, 2007. Improvement of a measurement system for solar heat gain through fenestrations, *Energy and Buildings*, **39**, 478-487.

- [13] **Li, D.H.W. and Lam, J.C.**, 2001. Analysis of solar heat gain factors using sky clearness index and energy implications, *Energy Conversion and Management*, **42**, 555-571.
- [14] **Bhandari, M.S. and Bansal, N.K.**, 1994. Solar heat gain factors and heat loss coefficients for passive heating concepts, *Solar Energy*, **53**, 199-208.
- [15] **Li, D.H.W. and Lam, J.C.**, 2001. Development of solar heat gain factors database using meteorological data, *Building and Environment*, **36**, 469-483.
- [16] **Hernandez, M., Medina, M.A. and Schruben, D.L.**, 2003. Verification of an energy balance approach to estimate indoor wall heat fluxes using transfer functions and simplified solar heat gain calculations, *Mathematical and Computer Modelling*, **37**, 235-243.
- [17] **Hamdy, I.F. and Fikry, M.A.**, 1998. Passive solar ventilation, *Renewable Energy*, **14**, 381-386.
- [18] **Levinson, R., Akbari, H. and Berdahl, P.**, 2010. Measuring solar reflectance—Part I: Defining a metric that accurately predicts solar heat gain, *Solar Energy*, **84**, 1717-1744.
- [19] **Pereira, F.O.R. and Sharples, S.**, 1991. The development of a device for measuring solar heat gain and shading coefficients of windows in scale models, *Energy and Buildings*, **17**, 271-281.
- [20] **Pal, S., Roy, B. and Neogi, S.**, 2009. Heat transfer modelling on windows and glazing under the exposure of solar radiation, *Energy and Buildings*, **41**, 654-661.
- [21] **Oliveti, G., Arcuri, N., Bruno, R. and Simone, M.D.**, 2011. An accurate calculation model of solar heat gain through glazed surfaces, *Energy and Buildings*, **43**, 269-274.
- [22] **Saleh, M.A., Kaseb, S. and El-Refaie, M.F.**, 2004. Glass–azimuth modification to reform direct solar heat gain, *Building and Environment*, **39**, 653-659.
- [23] **Arnault, A., Potvin, F.M. and Gosselin, L.**, 2010. Internal surfaces including phase change materials for passive optimal shift of solar heat gain, *International Journal of Thermal Sciences*, **49**, 2148-2156.
- [24] **Simmler, H. and Binder, B.**, 2008. Experimental and numerical determination of the total solar energy transmittance of glazing with venetian blind shading, *Building and Environment*, **43**, 197-204.
- [25] **Loutzenhiser, P.G., Manz, H., Carl, S., Simmler, H. and Maxwell, G.M.**, 2008. Empirical validations of solar gain models for a glazing unit with exterior and interior blind assemblies, *Energy and Buildings*, **40**, 330-340.

- [26] Li, D.H.W., Lam, T.N.T., Wong, S.L. and Tsang, E.K.W., 2008. Lighting and cooling energy consumption in an open-plan office using solar film coating, *Energy*, **33**, 1288-1297.
- [27] Yang, Z., Li, X.H. and Hu, Y.F., 2006. Study on solar radiation and energy efficiency of building glass system, *Applied Thermal Engineering*, **26**, 956-961.
- [28] Li, D.H.W. and Lam, J.C., 2000. Measurements of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting implications, *Renewable Energy*, **20**, 389-404.
- [29] Oliveti, G., Arcuri, N., Simone, M.D. and Bruno, R., 2012. Solar heat gains and operative temperature in attached sunspaces, *Renewable Energy*, **39**, 241-249.
- [30] Kassem, M.A., Kaseb, S. and El-Refaie, M.F., 1998. Solar heat gain through vertical cylindrical glass, *Building and Environment*, **34**, 253-262.
- [31] Yohanis, Y.G. and Norton, B., 2002. Useful solar heat gains in multi-zone non-domestic buildings as a function of orientation and thermal time constant, *Renewable Energy*, **27**, 87-95.
- [32] Gouda, M.M. Danaher, S. and Underwood, C.P., 2006. Quasi-adaptive fuzzy heating control of solar buildings, *Building and Environment*, **41**, 1881-1891.
- [33] Persson, M.L., Roos, A. and Wall, M., 2006. Influence of window size on the energy balance of low energy houses, *Energy and Buildings*, **38**, 181-188.
- [34] Türkmen, H.İ. ve Eskin, N., 2003. Konut dışı binaların soğutma yüklerinin transfer fonksiyonu yöntemi ile hesaplanması, *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İZFAŞ, İzmir, 8-11 Ekim.
- [35] Bojić, M. and Yik, F., 2007. Application of advanced glazing to high-rise residential buildings in Hong Kong, *Building and Environment*, **42**, 820-828.
- [36] Oral, G.K., 2000. Appropriate window type concerning energy consumption for heating, *Energy and Buildings*, **32**, 95-100.
- [37] Turgut, O., 2002. Yatay jaluzili, aktif güneş ısıtıcılı, hava-tutuculu pencerenin ısı performansının deneysel olarak incelenmesi, *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, **17**, 71-82.
- [38] Spitler, J.D. McQuiston, F.C. and Lindsey, K., 1993. The CLTD/SCL/CLF Cooling Load Calculation Method, *ASHRAE Transaction*, **99**, 183,192.
- [39] Cetiner, I. and Özkan, E., 2005. An approach for the evaluation of energy and cost efficiency of glass façades, *Energy and Buildings*, **37**, 673-684.

- [40] Aydın, O., 2006. Conjugate heat transfer analysis of double pane windows, *Building and Environment*, **41**, 109-116.
- [41] Ben-Nakhi, A.E., 2002. Minimizing thermal bridging through window systems in buildings of hot regions, *Applied Thermal Engineering*, **22**, 989-998.
- [42] Baetens, R., Jelle, B.P. and Gustavsen, A., 2010. Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: A state-of-the-art review, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **94**, 87-105.
- [43] Manz, H., Brunner, S. and Wullschleger, L., 2006. Triple vacuum glazing: Heat transfer and basic mechanical design constraints, *Solar Energy*, **80**, 1632-1642.
- [44] Chow, T.T., Lin, Z., He, W., Chan, A.L.S. and Fong, K.F., 2006. Use of ventilated solar screen window in warm climate, *Applied Thermal Engineering*, **26**, 1910-1918.
- [45] Rosencrantz, T., Hübe, H.B., Karlsson, B. and Roos, A., 2005. Increased solar energy and daylight utilisation using anti-reflective coatings in energy-efficient windows, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **89**, 249-260.
- [46] Miyazaki, T., Akisawa, A. and Kashiwagi, T., 2005. Energy savings of office buildings by the use of semi-transparent solar cells for Windows, *Renewable Energy*, **30**, 281-304.
- [47] Karlsson, J. and Roos, A., 2000. Modelling the angular behavior of the total solar energy transmittance of windows, *Solar Energy*, **69**, 321-329.
- [48] Karlsson, J., Karlsson, B. and Roos, A., 2001. A simple model for assessing the energy performance of windows, *Energy and Buildings*, **33**, 641-651.
- [49] Urbikain, M.K. and Sala, J.M., 2009. Analysis of different models to estimate energy savings related to windows in residential buildings, *Energy and Buildings*, **41**, 687-695.
- [50] Alvarez, G., Palacios, M.J. and Flores, J.J., 2000. A test method to evaluate the thermal performance of window glazings, *Applied Thermal Engineering*, **20**, 803-812.
- [51] Li, H., Ma, W., Lian, Y. and Wang, X., 2010. Estimating daily global solar radiation by day of year in China, *Applied Energy*, **87**, 3011-3017.
- [52] Gul, M.S., Muneer, T. and Kambezidis, H.D., 1998. Models for obtaining solar radiation from other meteorological data, *Solar Energy*, **64**, 99-108.

- [53] **de la Flor, F.J.S., Cebolla, R.O., Félix, J.L.M. and Domínguez, S.A.,** 2005. Solar3radiation calculation methodology for building exterior surfaces, *Solar Energy*, **79**, 513-522.
- [54] **Li, D.H.W., Lam, T.N.T. and Chu, V.W.C.,** 2008. Relationship between the total solar radiation on tilted surfaces and the sunshine hours in Hong Kong, *Solar Energy*, **82**, 1220-1228.
- [55] **Gueymard, C.A. and Thevenard, D.,** 2009. Monthly average clear-sky broadband irradiance database for worldwide solar heat gain and building cooling load calculations, *Solar Energy*, **83**, 1998-2018.
- [56] **Bugler, J.W.,** 1977. The determination of hourly insolation on an inclined plane using a diffuse irradiance model based on hourly measured global horizontal insolation, *Solar Energy*, **19**, 477-491.
- [57] **Hay, J.E.,** 1979. Calculation of monthly mean solar radiation for horizontal and inclined surfaces, *Solar Energy*, **23**, 301-307.
- [58] **Gueymard, C.,** 1993. Mathematically integrable parameterization of clear-sky beam and global irradiances and its use in daily irradiation applications, *Solar Energy*, **50**, 385-397.
- [59] **Spencer, J.W.,** 1982. A comparison of methods for estimating hourly diffuse solar radiation from global solar radiation, *Solar Energy*, **29**, 19-32.
- [60] **Bakirci, K.,** 2009. Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey, *Energy*, **34**, 485-501.
- [61] **Robaa, S.M.,** 2009. Validation of the existing models for estimating global solar radiation over Egypt, *Energy Conversion and Management*, **50**, 184-193.
- [62] **Li, D.H.W. and Lam, J.C.,** 2000. Measurements of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting implications, *Renewable Energy*, **20**, 389-404.
- [63] **Gairaa, K. and Benkacali, S.,** 2011. Analysis of solar radiation measurements at Ghardaïa area, south Algeria, *Energy Procedia*, **6**, 123-130.
- [64] **Islam, M.D., Alili, A.A. Kubo, I. and Ohadi, M.,** 2010. Measurement of solar-energy (direct beam radiation) in Abu Dhabi, UAE, *Renewable Energy*, **35**, 515-519.
- [65] **Padovan, A. and Col, D.D.,** 2010. Measurement and modeling of solar irradiance components on horizontal and tilted planes, *Solar Energy*, **84**, 2068-2084.
- [66] **Ndukwe, I.C.,** 2000. Measurement of solar energy radiation at Okigwe using silicon solar cell, *Energy Conversion and Management*, **41**, 189-197.

- [67] **Bulut, H., Işiker, Y., Aktacir, M.A. ve Yeşilata, B.,** 2010. Güneş enerjisi uygulamalarının potansiyelini belirlemek için toplam, direkt ve yayılı güneş ışınım şiddetlerinin anlık ölçümü, *Uluslararası Katılımlı Kamu-Üniversite-Sanayi İşbirliği Sempozyumu ve Mermercilik Şurası Bildiriler Kitabı*, Diyarbakır, s. 484-490.
- [68] **Grigante, M., Mottes, F., Zardi, D. and de Franceschi, M.,** 2011. Experimental solar radiation measurements and their effectiveness in setting up real-sky irradiance model, *Renewable Energy*, **36**, 1-8.
- [69] **Bird R.E. and Hulstrom R.L.,** 1981. A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surfaces, *SERI Technical Report, SERI/TR:642-761*, Solar Energy Research Institute.
- [70] **Jiang, Y.,** 2008. Prediction of monthly mean daily diffuse solar radiation using artificial neural networks and comparison with other empirical models, *Energy Policy*, **36**, 3833-3837.
- [71] **Benghanem, M. and Mellit, A.,** 2010. Radial Basis Function Network-based prediction of global solar radiation data: Application for sizing of a stand-alone photovoltaic system at Al-Madinah, Saudi Arabia, *Energy*, **35**, 3751-3762.
- [72] **Zarzalejo, L.F., Ramirez, L. and Polo, J.,** 2005. Artificial intelligence techniques applied to hourly global irradiance estimation from satellite-derived cloud index, *Energy*, **30**, 1685-1697.
- [73] **Behrang, M.A., Assareh, E., Ghanbarzadeh, A. and Noghrehabadi, A.R.,** 2010. The potential of different artificial neural network (ANN) techniques in daily global solar radiation modeling based on meteorological data, *Solar Energy*, **84**, 1468-1480.
- [74] **Şen, Z.,** 1998. Fuzzy algorithm for estimation of solar irradiation from sunshine duration, *Solar Energy*, **63**, 39-49.
- [75] **Haralambopoulos, D.A. and Paparsenos, G.F.,** 1998. Assessing the thermal insulation of old buildings—The need for *in situ* spot measurements of thermal resistance and planar infrared thermography, *Energy Conversion and Management*, **39**, 65-79.
- [76] **Avdelidis, N.P. and Moropoulou, A.,** 2003. Emissivity considerations in building thermography, *Energy and Buildings*, **35**, 663-667.
- [77] **Cerdeira, F., Vázquez, M.E., Collazo, J. and Granada, E.,** 2011. Applicability of infrared thermography to the study of the behavior of stone panels as building envelopes, *Energy and Buildings*, **43**, 1845-1851.
- [78] **Balaras, C.A. and Argiriou, A.A.,** 2002. Infrared thermography for building diagnostics, *Energy and Buildings*, **34**, 171-183.

- [79] **Hoyano, A., Asano, K. and Kanamaru, T.**, 1999. Analysis of the sensible heat flux from the exterior surface of buildings using time sequential thermography, *Atmospheric Environment*, Volume **33**, 3941-3951.
- [80] **Meola, C.**, 2007. Infrared thermography of masonry structures, *Infrared Physics & Technology*, **49**, 228-233.
- [81] **Grinzato, E., Vavilov, V. and Kauppinen, T.**, 1998. Quantitative infrared thermography in buildings, *Energy and Buildings*, **29**, 1-9.
- [82] **Albatici, R. and Tonelli, A.M.**, 2010. Infrared thermovision technique for the assessment of thermal transmittance value of opaque building elements on site, *Energy and Buildings*, **42**, 2177-2183.
- [83] **Ocaña, S.M., Guerrero, I.C. and Requena, I.G.**, 2004. Thermographic survey of two rural buildings in Spain, *Energy and Buildings*, **36**, 515-523.
- [84] **Pires, L., Silva, P.D. and Gonçalves, L.C.**, 2005. Surface configuration relevance in the overall thermal resistance of a wall, *Energy and Buildings*, **37**, 1068-1074.
- [85] **Defer, D., Shen, J., Lassue, S. and Duthoit, B.**, 2002. Non-destructive testing of a building wall by studying natural thermal signals, *Energy and Buildings*, **34**, 63-69.
- [86] **Fokaides, P.A. and Kalogirou, S.A.**, 2011. Application of infrared thermography for the determination of the overall heat transfer coefficient (U -Value) in building envelopes, *Applied Energy*, **88**, 4358-4365.
- [87] **Datcu, S., Ibos, L., Candau, Y. and Matteï, S.**, 2005. Improvement of building wall surface temperature measurements by infrared thermography, *Infrared Physics & Technology*, **46**, 451-467.
- [88] **Chudzik, S.**, 2012. Measurement of thermal parameters of a heat insulating material using infrared thermography, *Infrared Physics & Technology*, **55**, 73-83.
- [89] **Asdrubali, F., Baldinelli, G. and Bianchi, F.**, 2012. A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in buildings, *Applied Energy*, **97**, 365-373.
- [90] **Meola, C., Maio, R.D., Roberti, N. and Carlomagno, G.M.**, 2005. Application of infrared thermography and geophysical methods for defect detection in architectural structures, *Engineering Failure Analysis*, **12**, 875-892.
- [91] **Gayo, E., Frutos, J.D., Palomo, A. and Massa, S.**, 1996. A mathematical model simulating the evaporation processes in building materials: Experimental checking through infrared thermography, *Building and Environment*, **31**, 469-475.

- [92] **Guerrero, I.C., Ocaña, S.M. and Requena, I.G.**, 2005. Thermal–physical aspects of materials used for the construction of rural buildings in Soria (Spain), *Construction and Building Materials*, **19**, 197-211.
- [93] **Zalewski, L., Lassue, S., Rouse, D. and Boukhalfa, K.**, 2010. Experimental and numerical characterization of thermal bridges in prefabricated building walls, *Energy Conversion and Management*, **51**, 2869-2877.
- [94] **Cooper, P.I.**, 1969. The absorption of solar radiation in solar radiation in solar stills, *Solar Energy*, **12**, 333-346.
- [95] **Benford, F., Bock, J.E.**, 1939. A Time Analysis of Sunshine. *Transaction of the American Illumination Engineering Society*, **34**, 200-.
- [96] **Page, J.K.**, 1964. The estimation of monthly mean values of total shortwave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40N-40S. *Proceedings of the UN Conference on New Sources of Energy*, **4**, 35-98.
- [97] **Klein, S.A.**, 1977. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces, *Solar Energy*, **21**, 393-402.
- [98] **Aksoy, U.T.**, 2002. İklimsel Konfor açısından bina yönlendirilmesi ve bina biçimlendirilmesinin ısıtma maliyetine etkisi, *Doktora Tezi*, F. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [99] **Liu, B.Y.H. and Jordan R.C.**, 1963. The long-term average performance of flat-plane solar energy collectors, *Solar Energy*, **7**, 53-74.
- [100] **Powell, G.L. and Yellott, J.I.**, 1980. Solar heat gain factors on average days, *Proc. of the American Section of the International Solar Energy Society Annual Meeting*, Phoenix, AZ, 826–830.
- [101] **Stephenson, D.G.**, 1965. Equations for solar heat gain through windows, *Solar Energy*, **9**, 81-86.
- [102] **Loveday D.L. and Taki, A.H.**, 1996. Convective heat transfer coefficients at a plane surface on a full-scale building facade, *Int. J. Heat and Mass Transfer*, **39**, 1729-1742.
- [103] **Givoni, B.**, 1998. Climate Consideration in Building and Urban Design, *Van Nostrand Reinhold*, NY, USA.
- [104] **Koçlar Oral, G., Akşit, Ş.F.**, 2001. TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin konutlarda ısı korunumu açısından değerlendirilmesi. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi*, Eskişehir, 140-144.
- [105] **Berköz, E., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak, E.**, 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, *TÜBİTAK İNTAG 201*, İstanbul.

- [106] **Brooks, D.R.**, 2008. Bringing the sun down to earth: Designing inexpensive instruments for monitoring the atmosphere, *Springer Science+Business Media V.D.*, PA, USA.
- [107] **Elagöz, A.**, 1989. Enerji korunumlu yapıların Yönlendirilmesi ve Biçimlendirilmesi için yeni bir metod, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [108] **Bina Enerji Performansı Yönetmeliği**, 1 Nisan 2010, *Resmi Gazete*, sayı:27539.

EK-1

ELAZIĞ İLİ İÇİN 27 TEMMUZ 2010-4 TEMMUZ 2011 TARİHLERİ ARASINDA FARKLI YÖNLER İÇİN ÖLÇÜLEN
TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİ (W/m²)

TEMMUZ 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	4,23	13,09	163,07	371,37	567,93	734,83	858,62	938,60	960,44	913,43	817,36	695,89	522,30	321,14	109,42	10,27	2,27
Güney	0,75	3,52	42,20	92,35	126,20	149,92	179,21	252,72	376,15	499,74	585,26	599,32	554,22	435,68	186,21	12,58	1,10
Kuzey	4,61	33,75	358,26	488,33	444,82	336,82	243,23	197,15	183,04	176,53	168,16	154,33	133,11	102,85	55,48	11,58	5,01
Doğu	0,86	21,95	302,51	563,10	675,96	697,67	641,34	526,82	371,64	233,90	177,52	146,54	124,18	92,23	44,74	6,82	1,45
Batı	0,64	3,01	47,42	91,83	120,27	142,28	159,69	168,43	178,98	232,56	365,06	537,46	640,32	662,13	343,63	32,51	0,88

AĞUSTOS 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,92	2,79	92,74	321,87	537,24	726,61	862,60	944,09	963,22	923,10	805,12	662,06	465,26	264,98	64,17	3,20	1,11
Güney	1,04	1,31	28,70	85,76	122,32	152,09	200,35	307,69	452,64	584,03	651,61	675,07	607,41	466,45	119,53	2,71	1,03
Kuzey	2,01	9,99	204,33	420,37	371,90	275,36	203,33	184,33	182,15	181,52	170,59	154,99	127,04	91,12	34,65	4,63	1,90
Doğu	0,93	4,44	210,86	616,14	744,02	769,65	706,76	577,08	406,37	250,85	175,12	148,79	119,23	82,32	26,34	1,85	0,88
Batı	0,90	1,19	27,75	78,36	111,93	138,88	156,45	166,31	175,94	225,67	348,78	504,53	605,28	617,90	198,13	4,72	1,03

EYLÜL 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	1,09	0,91	32,54	230,10	436,36	608,12	744,02	825,31	829,63	749,26	635,57	476,22	309,06	114,76	8,15	0,94	1,04
Güney	0,65	1,14	11,97	66,18	109,58	158,99	260,36	420,73	575,24	665,81	701,59	660,34	580,62	274,26	12,36	1,06	1,11
Kuzey	2,34	2,01	67,05	272,12	244,21	187,16	172,23	176,05	175,07	163,66	153,42	131,67	101,97	50,80	7,75	2,37	2,13
Doğu	0,97	0,88	114,73	591,85	775,16	790,19	741,53	625,49	447,59	263,37	166,83	129,28	94,90	42,84	4,32	1,06	0,86
Batı	1,02	0,85	8,70	58,24	97,32	126,47	148,14	160,27	165,41	182,84	271,81	379,48	453,05	283,18	17,47	1,30	1,14

EKİM 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,72	0,82	2,93	95,28	243,95	403,20	518,58	580,14	551,05	487,54	383,54	271,04	122,74	15,35	0,91	0,89	0,85
Güney	0,79	0,67	1,21	26,48	69,79	158,76	297,32	438,82	515,81	560,35	516,23	477,34	288,37	42,85	0,91	0,84	0,72
Kuzey	1,97	1,66	6,55	87,56	106,03	112,77	131,96	147,37	144,01	134,21	118,35	93,28	52,24	11,07	2,20	1,73	1,71
Doğu	0,78	0,71	8,28	323,86	544,78	654,50	628,02	527,52	370,77	228,19	134,24	87,35	41,96	5,91	0,82	0,78	0,77
Batı	0,80	0,89	1,46	22,34	54,94	85,50	112,48	130,12	136,30	141,99	169,45	208,10	169,71	27,10	1,10	0,91	0,92

KASIM 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,69	0,70	0,65	38,23	173,59	320,95	443,60	494,00	499,17	453,69	356,95	212,62	65,49	1,18	0,70	0,70	0,69
Güney	0,59	0,70	0,78	9,90	69,61	191,89	367,44	533,71	674,83	782,17	809,53	696,79	348,62	8,97	0,66	0,73	0,70
Kuzey	1,65	1,98	1,96	33,94	70,51	94,53	115,33	121,38	122,04	113,26	99,46	73,86	33,05	2,80	1,73	1,99	2,01
Doğu	0,66	0,54	0,69	210,96	572,92	720,33	734,20	610,87	457,47	290,80	143,07	64,43	20,77	1,00	0,77	0,70	0,68
Batı	0,68	0,68	0,84	8,71	41,27	71,39	94,32	105,86	108,33	106,58	130,90	182,86	135,44	1,64	0,76	0,72	0,67

ARALIK 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,74	0,71	0,63	2,34	41,08	110,14	180,91	226,00	247,65	227,33	169,35	99,25	21,90	0,77	0,70	0,62	0,60
Güney	0,82	0,63	0,66	1,04	19,43	66,98	139,25	218,84	285,97	303,59	270,52	244,00	87,95	0,71	0,75	0,62	0,61
Kuzey	2,00	1,90	1,65	3,86	24,99	49,96	70,23	82,07	88,32	86,43	69,31	44,99	14,90	2,19	1,74	1,82	1,87
Doğu	0,62	0,75	0,62	9,37	120,26	212,85	268,70	268,62	228,42	158,95	87,65	38,35	6,36	0,62	0,55	0,59	0,73
Batı	0,68	0,87	0,64	0,99	10,15	29,87	49,55	64,35	71,87	74,34	65,22	60,12	26,02	0,68	0,77	0,64	0,79

OCAK 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,70	0,72	0,68	0,88	47,87	150,48	247,99	327,38	337,09	321,30	252,76	161,39	63,66	3,66	0,63	0,62	0,64
Güney	0,61	0,68	0,71	0,77	18,50	85,43	186,48	302,64	383,53	444,11	452,65	405,09	260,92	19,38	0,55	0,64	0,71
Kuzey	1,93	1,98	1,77	2,68	25,92	54,58	78,55	92,91	93,43	92,39	77,26	57,65	31,41	4,40	1,53	1,86	2,12
Doğu	0,59	0,62	0,53	4,10	204,37	389,59	445,23	428,80	337,94	238,24	127,85	53,52	17,37	1,27	0,70	0,64	0,64
Batı	0,84	0,82	0,65	0,78	8,92	32,69	54,87	70,83	73,69	77,36	72,01	82,12	77,18	7,11	0,71	0,65	0,73

ŞUBAT 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,58	0,74	0,76	10,38	104,96	221,67	328,28	410,36	432,22	414,05	350,02	237,13	134,20	25,46	0,76	0,68	0,71
Güney	0,66	0,63	0,64	2,95	29,19	88,65	176,44	290,50	381,40	475,06	510,24	463,48	395,93	136,19	0,78	0,54	0,76
Kuzey	1,69	1,80	1,86	14,93	61,99	79,98	95,48	111,69	114,37	102,58	91,24	69,14	48,53	14,72	2,05	1,69	1,95
Doğu	0,76	0,60	0,51	52,14	316,69	411,37	461,22	437,18	351,58	250,62	139,84	64,13	34,18	5,97	0,79	0,60	0,69
Batı	0,88	0,85	0,73	1,89	22,80	49,07	70,04	89,45	96,35	88,24	94,22	117,47	150,70	62,68	0,90	0,75	0,81

MART 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,64	0,55	2,45	83,85	235,44	380,92	504,82	581,62	578,69	532,97	441,60	355,31	226,80	68,29	3,07	0,43	0,52
Güney	0,69	0,63	1,31	17,13	45,49	83,20	169,65	292,67	388,43	457,17	478,97	514,62	437,63	202,48	2,55	0,55	0,65
Kuzey	1,77	1,56	6,38	113,10	137,93	110,16	111,68	123,55	122,45	120,65	111,33	94,49	71,39	32,52	4,59	1,48	1,75
Doğu	0,62	0,55	7,71	273,53	497,67	578,28	563,51	486,43	359,15	224,66	125,22	78,56	54,45	19,44	1,18	0,44	0,70
Batı	0,76	0,60	0,93	14,76	41,66	64,44	88,59	104,77	109,07	116,27	140,93	216,26	262,83	137,96	4,71	2,23	2,21

NİSAN 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,29	0,40	26,16	153,90	316,09	445,58	539,31	617,88	570,80	520,48	393,13	326,79	212,24	107,33	14,17	0,43	0,33
Güney	0,78	0,54	6,24	35,01	67,32	100,51	146,03	224,57	275,51	304,02	274,02	254,14	184,24	126,91	15,44	0,76	0,64
Kuzey	2,00	2,82	47,42	158,48	198,99	174,42	156,91	161,96	149,63	144,73	130,70	112,95	83,44	49,36	13,34	2,11	1,74
Doğu	43,40	29,57	60,45	207,24	349,97	384,70	372,25	322,41	237,02	163,76	115,29	96,86	73,94	46,78	30,00	23,84	31,94
Bati	29,77	27,53	33,85	58,78	87,01	113,28	141,00	167,18	166,02	190,70	212,16	236,10	217,70	201,90	60,99	31,49	34,29

MAYIS 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,06	10,90	103,81	252,70	429,62	516,70	609,97	694,21	703,81	615,41	542,52	428,79	339,13	214,38	70,50	3,65	0,59
Güney	0,73	3,02	27,22	64,15	104,71	128,33	152,69	206,70	269,92	299,91	326,96	306,12	294,70	237,67	79,08	3,63	1,25
Kuzey	1,57	40,49	193,49	269,14	288,51	232,09	193,33	182,25	181,01	163,78	148,89	131,30	114,95	83,06	40,20	5,77	1,97
Doğu	22,28	43,69	157,46	281,87	392,75	379,18	351,51	314,30	250,41	172,87	134,18	117,76	128,92	90,62	55,41	55,69	39,09
Bati	31,87	36,79	55,42	89,81	124,30	151,92	163,10	181,14	199,19	221,96	287,39	338,23	401,73	419,71	211,44	40,29	35,54

HAZİRAN 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,00	35,31	206,87	406,55	581,86	757,69	878,98	921,34	872,64	776,97	750,86	612,69	430,23	307,14	132,85	15,32	0,00
Güney	0,00	7,05	48,80	82,07	104,24	122,66	145,60	190,42	260,39	319,31	398,16	398,80	335,58	297,22	153,28	15,82	0,00
Kuzey	0,07	147,42	470,01	507,49	426,72	332,91	238,64	189,26	169,45	157,37	157,38	139,38	114,33	93,20	52,56	11,88	0,05
Doğu	0,00	81,56	358,07	519,06	571,15	586,87	522,64	405,29	264,75	167,88	145,83	122,25	97,89	78,81	39,52	4,32	0,00
Bati	0,00	5,85	44,85	78,52	101,71	122,71	141,37	151,17	162,28	218,04	350,49	454,80	495,47	588,00	442,82	35,80	0,00

TEMmuz 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,00	33,37	208,34	423,28	635,42	815,08	946,19	1022,07	1038,47	959,12	901,42	656,02	568,72	367,47	177,57	22,02	0,00
Güney	0,00	7,89	56,14	94,35	121,03	139,56	159,20	206,56	307,04	400,95	492,83	452,25	475,34	383,64	232,59	31,45	0,00
Kuzey	0,19	150,46	516,57	566,06	493,14	368,84	253,40	194,65	181,21	171,26	168,47	138,22	136,86	107,40	68,80	17,82	0,27
Doğu	0,00	84,54	399,83	585,69	671,23	673,97	602,50	473,83	318,03	193,44	158,18	123,95	122,85	93,83	55,97	8,14	0,00
Batı	0,00	6,50	49,94	86,70	112,38	132,27	145,82	155,89	174,97	247,82	408,64	494,81	683,95	734,50	656,35	74,97	0,00

Yatay düzlem, ana ve ara yönlerle ait her 50 saniyede bir ölçülen tüm ışınım değerleri CD ortamında verilmiştir.

EK-2

FARKLI YÖNLERE BAKAN CEPHELERE AİT GÜNEŞ İŞİNİMİNİN HESAPLANMASI İÇİN HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI

*****YATAYDÜZLEM*****

```
clearall
clc
% Yatay Düzlem için
for i=1:24;
for k=1:343;
beta=0;
v(i)=(15*(i-12))* pi/180;
beta2=beta+180;
az2=beta2*pi/180;
e=38.4*pi/180;
a=208:365;b=1:185;
n(1:158,:)=a';
n(159:343,:)=b';
bbb=90;
bb=90;
de(k)=23.45*sin(360*((284+n(k))/365)*pi/180)*pi/180;
rd12(i,k)=cos(de(k))*cos(e)*cos(bb)*cos(v(i))+cos(az2)*cos(de(k))*sin(e)*cos(v(i))*sin(bb)+sin(az2)*cos(de(k))*sin(v(i))*sin(bb)+sin(de(k))*sin(e)*cos(bb)-sin(de(k))*cos(e)*sin(bb)*cos(az2);
rd2(i,k)=(cos(e)*cos(de(k))*cos(v(i))+sin(e)*sin(de(k)));
rdd2(i,k)=rd12(i,k)/rd2(i,k);
if rdd2(i,k)>10;
rdd2(i,k)=10;
end;
if rd12(i,k)<0 ;
rdd2(i,k)=0;
end
if rdd2(i,k)<0;
rdd2(i,k)=0;
end
vs(i)=v(i)*180/pi;
rr1=0.2;
s(k)=acos(-tan(de(k))*tan(e));
ss(k)=(s(k))*180/pi;
to(k)=2*ss(k)/15;
zz=1105;
Igs=1353;
f(k)=(1+0.033*cos((360*n(k)/365)*pi/180));
loadguneslenme.mat
qo(k)=(24/pi)*Igs*f(k)*(cos(de(k))*cos(e)*sin(s(k))+s(k)*sin(de(k))*sin(e))*0.0036;
a(k)=0.103+0.000017*zz+0.198*cos(e-de(k));
b(k)=0.533-0.165*cos(e-de(k));
q(k)=qo(k)*(a(k)+b(k)*(t(k)/to(k)));
f1(i,k)=exp(-4*(1-abs(vs(i))/ss(k))^2);
```

```

rt(i,k)=(pi/(4*to(k)))*(cos(90*v(i)/ss(k))+(2/(sqrt(pi))*(1-
fl(i,k)))));
cc(i,k)=rt(i,k)*q(k);
if cc(i,k)<0;
cc(i,k)=0;
end
ry(i,k)=pi/24*(cos(v(i))-cos(s(k)))/(sin(s(k))-s(k)*cos(s(k)));%Ty
ky(i,k)=1.390-4.027*(q(k)/qo(k))+5.531*(q(k)/qo(k))^2-
3.108*(q(k)/qo(k))^3;
qy(i,k)=ky(i,k)*q(k);
y(i,k)=ry(i,k)*qy(i,k);
if y(i,k)<0;
y(i,k)=0;
end;
dif(i,k)=cc(i,k)-y(i,k);
if dif(i,k)<0;
dif(i,k)=0;
end
Ied(i,k)=rdd2(i,k)*dif(i,k);
Iey(i,k)=y(i,k)*(1+cos(bb))/2;
Iya(i,k)=cc(i,k)*rr1*(1-cos(bb))/2;
I(i,k)=Ied(i,k)+Iey(i,k)+Iya(i,k);
end
end
Ihsp=cc*1000/3.6;
load isinim.mat
It(1:23,:)=I(2:24,9:9:3087)*5000;%1:K,2:KD, 3:D, 4:Gd, 5:g, 6:Gb, 7:B,
8:Kb,9:yatay
It(24,:)=I(1,9:9:3087)*5000;
m=2;
l=90;
plot (Ihsp(:,l),'k-*','linewidth',m)
hold on
plot (It(:,l),'b--o','linewidth',m)
grid on
xlabel('Zaman ( s ) ')
ylabel('Güneş Işınımı ( W/m^2 )')
title('Günlük Işınım Değerleri (Yatay 24.10.2010)')
%set (gca,'xtick',(3:21))
hold off
legend('Hesaplanan','Ölçülen')
figure
[m,b,r]=postreg(Ihsp(:,l)',It(:,l)');

```



```

*****DUSEY DUZLEM*****
clearall
clc
% Kuzeye bakan duvar için,
for i=1:24;
for k=1:343;
beta=0;
v(i)=(15*(i-12))* pi/180;
beta2=beta+180;
az2=beta2*pi/180;
e=38.4*pi/180;
a=208:365;b=1:185;
n(1:158,:)=a';
n(159:343,:)=b';
bbb=90;
bb=90;
de(k)=23.45*sin(360*((284+n(k))/365)*pi/180)*pi/180;
rd12(i,k)=cos(de(k))*cos(e)*cos(bb)*cos(v(i))+cos(az2)*cos(de(k))*sin(
e)*cos(v(i))*sin(bb)+sin(az2)*cos(de(k))*sin(v(i))*sin(bb)+sin(de(k))*
sin(e)*cos(bb)-sin(de(k))*cos(e)*sin(bb)*cos(az2);
rd2(i,k)=(cos(e)*cos(de(k))*cos(v(i))+sin(e)*sin(de(k)));
rdd2(i,k)=rd12(i,k)/rd2(i,k);
if rdd2(i,k)>10;
rdd2(i,k)=10;
end;
if rd12(i,k)<0 ;
rdd2(i,k)=0;
end
if rdd2(i,k)<0;
rdd2(i,k)=0;
end
vs(i)=v(i)*180/pi;
rr1=0.2;
s(k)=acos(-tan(de(k))*tan(e));
ss(k)=(s(k))*180/pi;
to(k)=2*ss(k)/15;
zz=1105;
Igs=1353;
f(k)=(1+0.033*cos((360*n(k)/365)*pi/180));
loadguneslenme.mat
qo(k)=(24/pi)*Igs*f(k)*(cos(de(k))*cos(e)*sin(s(k))+s(k)*sin(de(k))*si
n(e))*0.0036;
a(k)=0.103+0.000017*zz+0.198*cos(e-de(k));
b(k)=0.533-0.165*cos(e-de(k));
q(k)=qo(k)*(a(k)+b(k)*(t(k)/to(k)));
fl(i,k)=exp(-4*(1-abs(vs(i))/ss(k))^2);
rt(i,k)=(pi/(4*to(k)))*(cos(90*v(i)/ss(k))+(2/(sqrt(pi))*(1-
fl(i,k))));
cc(i,k)=rt(i,k)*q(k);
if cc(i,k)<0;
cc(i,k)=0;
end
ry(i,k)=pi/24*(cos(v(i))-cos(s(k)))/(sin(s(k))-s(k)*cos(s(k)));
ky(i,k)=1.390-4.027*(q(k)/qo(k))+5.531*(q(k)/qo(k))^2-
3.108*(q(k)/qo(k))^3;
qy(i,k)=ky(i,k)*q(k);
y(i,k)=ry(i,k)*qy(i,k);
if y(i,k)<0;
y(i,k)=0;
end;

```

```

dif(i,k)=cc(i,k)-y(i,k);
ifdif(i,k)<0;
dif(i,k)=0;
Ied(i,k)=rdd2(i,k)*dif(i,k);
Iey(i,k)=y(i,k)*(1+cos(bb))/2;
Iya(i,k)=cc(i,k)*rr1*(1-cos(bb))/2;
I(i,k)=Ied(i,k)+Iey(i,k)+Iya(i,k);
end
Ihsp=I*1000/3.6;
loadisnim.mat
It(1:23,:)=I(2:24,1:9:3087)*5000;%1:K,2:KD, 3:D, 4:Gd, 5:g, 6:Gb, 7:B,
8:Kb,
It(24,:)=I(1,6:9:3087)*5000;m=2;
l=90;
plot (Ihsp(:,l),'k-*','linewidth',m)
holdon
plot (It(:,l),'b--o','linewidth',m)
gridon
xlabel('Zaman ( s ) ')
ylabel('Güneş Işınımı ( W/m^2 )')
title('Günlük Işınım Değerleri (Kuzey 24.10.2010)')
%set (gca,'xtick',(3:21))
holdoff
legend('Hesaplanan','Ölçülen')
figure
[m,b,r]=postreg(Ihsp(:,l)',It(:,l)');

```

EK-3

FARKLI YÖNLERE BAKAN CEPHELERE AİT SAATLİK SHGF DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI İÇİN HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI

%%%

YATAY DÜZLEM

%%%

```
clearall
clc

loadisinim.mat
k=I(:,9:9:3087);
a=208:365;b=1:185;
c(1:158,:)=a';
c(159:343,:)=b';
Ia=k*5000;
Q=sum(k(5:21,:));
%Q=rand(24,365);
n=c';
Igs=1353;
e=38.4;
f=1+0.033*cos(360*n/265);
de=23.45*sin((360*(284+n)/365)*pi/180);
ws=acos(-tan(de*pi/180)*tan(e*pi/180)); ws=ws*180/pi;
Qo=(24/pi)*Igs*f.*(cos(de*pi/180)*cos(e*pi/180).*sin(ws(1,:)*pi/180)+(
pi/180)*ws(1,:).*sin(de*pi/180)*sin(e*pi/180));
To=2*ws/15;
for j=1:24
    Q(j,:)=Q(1,:);
    Qo(j,:)=Qo(1,:);
    ws(j,:)=ws(1,:);
    de(j,:)=de(1,:);
    To(j,:)=To(1,:);
end
Kt=Q./Qo;
Ky=1.39-4.027*Kt+5.531*Kt.^2-3.108*(Kt).^3;
Qy=Ky.*Q;
for i=1:343
    Gs(i,:)=1:24;
end
w=15.*(Gs-12);w=w';
fi=exp(-4.*(1-abs(w)./(ws)).^2);
% Ia=(pi*Q./(4*To)).*(cos((180*w./(2*ws))*pi/180)+(2/sqrt(pi))*(1-
fi));
Iy=(pi*Qy/24).*((cos(w*pi/180)-cos(ws*pi/180))./(sin(ws*pi/180)-
(pi/180).*ws.*cos(ws*pi/180)));
Id=Ia-Iy;
```

%%

SHGF Hesabı

%%

```
C=cos(de*pi/180)*cos(e*pi/180).*cos(w*pi/180)+sin(de*pi/180)*sin(e*pi/180);
Tz=acos(C);
Tb=-0.00885+2.71235*cos(Tz*pi/180)-0.62062*(cos(Tz*pi/180)).^2-
7.07329*(cos(Tz*pi/180)).^3+9.75995*(cos(Tz*pi/180)).^4-
3.89922*(cos(Tz*pi/180)).^5;
Ab=0.001154+0.77674*cos(Tz*pi/180)-
3.94657*(cos(Tz*pi/180)).^2+8.57881*(cos(Tz*pi/180)).^3-
8.38135*(cos(Tz*pi/180)).^4+3.01188*(cos(Tz*pi/180)).^5;
Td=0.799;
Ad=0.0544;
Hi=8.29;
load ruz.mat
r1=R(1:8232,5);
r2=R(1:8232,6);
rh=reshape(r1,24,343);
ry=reshape(r2,24,343);
Vs=rh;
Ni=8.29./(8.29+(16.21*Vs.^0.452));
SHGF_yatay=Id.*(Tb+Ni.*Ab)+Iy.*(Td+Ni*Ad);
save yatay.mat SHGF_yatay
```

%% DÜŞEY DÜZLEM %%%

```
clearall
clc

G=0; %gama azimut acisi---güney:0---kuzey:180---batı:+90---doğu:-90---
kd:-135---kb:135---Gd:-45---Gb:45
B=90;
P=0.2;
loadisininim.mat
k=I(:,9:9:3087);% 9:yatay
It=I(:,5:9:3087)*5000;%1:K,2:KD, 3:D, 4:Gd, 5:g, 6:Gb, 7:B, 8:Kb,
a=208:365;b=1:185;
c(1:158,:)=a';
c(159:343,:)=b';
k=k*5000;
Ia=k;

Q=sum(k(5:21,:));
n=c';
Igs=1353;
e=38.4;
f=1+0.033*cos(360*n/365);
de=23.45*sin((360*(284+n)/365)*pi/180);
ws=acos(-tan(de*pi/180)*tan(e*pi/180)); ws=ws*180/pi;

Qo=(24/pi)*Igs*f.*(cos(de*pi/180)*cos(e*pi/180).*sin(ws(1,:)*pi/180)+(
pi/180)*ws(1,:).*sin(de*pi/180)*sin(e*pi/180));
To=2*ws/15;

for j=1:24
    Q(j,:)=Q(1,:);
    Qo(j,:)=Qo(1,:);
    ws(j,:)=ws(1,:);
    de(j,:)=de(1,:);
    To(j,:)=To(1,:);
end

Kt=Q./Qo;
Ky=1.39-4.027*Kt+5.531*Kt.^2-3.108*(Kt).^3;

Qy=Ky.*Q;

for i=1:343
    Gs(i,:)=0:23;
end

w=15.*(Gs-12);w=w';
fi=exp(-4.*(1-abs(w)./(ws)).^2);

%Ia=(pi*Q./(4*To)).*(cos((180*w./(2*ws))*pi/180)+(2/sqrt(pi))*(1-fi));
Iy=(pi*Qy/24).*(cos(w*pi/180)-cos(ws*pi/180))./(sin(ws*pi/180)-
(pi/180)*ws.*cos(ws*pi/180));

Iey=Iy.*(1+cos(B*pi/180))/2;
Iya=P*Ia*(1-cos(B*pi/180))/2;
```

```
Ied=It-(Iey+Iya);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%          SHGF Hesabı          %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
A=sin(de*pi/180).*sin(e*pi/180).*cos(B*pi/180)-  
sin(de*pi/180).*cos(e*pi/180).*sin(B*pi/180).*cos(G*pi/180)+cos(de*pi/  
180).*cos(e*pi/180).*cos(B*pi/180).*cos(w*pi/180)+cos(de*pi/180).*sin(  
e*pi/180).*sin(B*pi/180).*cos(G*pi/180).*cos(w*pi/180)+cos(de*pi/180).  
*sin(B*pi/180).*sin(G*pi/180).*sin(w*pi/180); % A=cos(T)
```

```
T=acos(A);
```

```
for i=1:24
```

```
for j=1:343
```

```
if T(i,j)>90
```

```
    TT(i,j)=180-T(i,j);
```

```
else
```

```
    TT(i,j)=T(i,j);
```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

```
T=TT;
```

```
Tb=-0.00885+2.71235*cos(T*pi/180)-0.62062*(cos(T*pi/180)).^2-
```

```
7.07329*(cos(T*pi/180)).^3+9.75995*(cos(T*pi/180)).^4-
```

```
3.89922*(cos(T*pi/180)).^5;
```

```
Ab=0.001154+0.77674*cos(T*pi/180)-
```

```
3.94657*(cos(T*pi/180)).^2+8.57881*(cos(T*pi/180)).^3-
```

```
8.38135*(cos(T*pi/180)).^4+3.01188*(cos(T*pi/180)).^5;
```

```
Td=0.799;
```

```
Ad=0.0544;
```

```
Hi=8.29;
```

```
loadrüz.mat
```

```
r1=R(1:8232,5);
```

```
r2=R(1:8232,6);
```

```
rh=reshape(r1,24,343);
```

```
ry=reshape(r2,24,343);
```

```
Vw=rh;
```

```
C=G+180;
```

```
m=abs(ry-C);
```

```
if 20<m & m<160 &Vw>2
```

```
    Vs=0.25*Vw;
```

```
elseif 20<m & m<160 &Vw<2
```

```
    Vs=0.5*Vw;
```

```
else
```

```
    Vs=0.05*Vw+0.3;
```

```
end
```

```
Ni=Hi./(Hi+(16.21*(Vs.^0.452)));
```

```
Hv=Ied;
```

```
Iv=Iey+Iya;
```

```
SHGF_dusey=Hv.*(Tb+Ni.*Ab)+Iv.*(Td+Ni*Ad);
```

EK-4

FARKLI YÖNLERE BAKAN CEPHELERE AİT AYLIK ORTALAMA SHGF DEĞERLERİ (W/m²)

TEMİMİZ 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	3,35	11,11	141,44	325,78	501,38	649,00	761,15	831,49	850,21	814,77	725,54	614,91	460,76	282,71	95,86	8,81	1,85
Güney	0,68	2,90	32,45	63,45	89,33	117,45	142,68	196,80	285,68	363,59	383,63	307,92	140,06	151,43	115,06	8,75	1,01
Kuzey	4,09	25,93	215,00	166,87	128,20	195,04	178,90	157,27	148,83	143,91	135,34	118,17	86,95	63,43	38,64	8,45	4,05
Doğu	1,88	19,71	269,80	501,43	595,25	599,82	520,58	344,43	143,66	176,31	144,85	121,48	103,75	77,52	37,40	5,62	1,95
Batı	1,51	2,51	39,00	76,05	99,30	117,17	131,32	139,35	145,28	175,87	297,45	457,55	560,21	586,43	306,74	26,99	1,73
Kuzeydoğu	1,76	29,85	384,04	599,91	606,13	479,74	266,38	164,80	159,45	134,60	124,15	110,42	94,17	72,19	37,01	5,29	-4,59
Kuzeybatı	-4,63	9,59	108,13	136,08	141,90	155,25	165,39	170,16	164,68	144,94	145,61	135,00	153,80	190,46	133,36	10,54	2,14
Güneydoğu	-4,55	2,47	36,98	135,65	229,15	299,94	336,50	330,58	271,77	165,31	171,67	137,02	102,89	71,62	31,26	3,33	1,87
Güneybatı	1,83	2,30	34,96	68,57	92,50	112,79	128,22	142,70	201,69	361,21	536,89	672,71	717,11	654,92	305,34	22,34	-4,30

AĞUSTOS 2010																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,81	2,49	81,87	284,00	473,80	640,24	759,92	831,78	847,99	812,63	710,02	583,67	410,26	234,22	56,66	2,83	0,98
Güney	0,44	0,24	20,80	51,88	87,36	119,01	159,07	244,05	357,88	451,93	473,48	416,30	241,79	86,95	63,09	1,26	0,44
Kuzey	1,23	6,52	104,02	88,71	163,86	187,01	159,98	150,19	149,07	147,94	137,06	118,79	85,24	48,58	22,71	2,61	1,14
Doğu	2,03	4,25	186,40	545,12	652,75	661,07	573,83	374,70	137,41	185,00	143,61	123,54	99,99	69,71	22,25	1,93	1,99
Batı	2,01	1,34	23,30	65,74	93,06	114,71	128,58	136,58	139,34	170,33	284,04	431,56	530,36	547,33	175,35	4,49	2,12
Kuzeydoğu	2,39	7,19	220,29	578,79	587,85	448,31	218,20	178,28	153,24	134,75	125,26	111,86	90,18	64,50	23,52	1,62	0
Kuzeybatı	0	2,42	52,59	91,83	107,48	125,82	137,59	144,16	145,51	138,85	126,73	126,11	127,44	146,27	65,46	3,01	2,14
Güneydoğu	0	0,78	40,70	173,93	288,78	356,53	386,54	379,29	315,65	196,70	155,87	146,88	100,25	61,53	17,79	1,67	2,02
Güneybatı	2,20	1,41	23,59	61,47	87,19	107,47	123,69	139,18	217,81	405,52	577,23	707,20	735,44	656,48	182,74	3,59	0

EYLÜL 2010

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,97	0,80	28,69	202,74	384,74	536,28	655,89	727,06	733,02	660,03	560,29	419,98	272,72	101,58	7,21	0,83	0,92
Güney	0	0	4,84	42,55	83,97	128,05	213,90	350,96	483,18	556,16	572,43	502,87	366,87	95,25	3,79	0	0
Kuzey	0	0	12,63	106,80	164,69	148,42	141,42	145,17	144,48	134,84	125,93	105,90	76,20	31,16	2,69	0	0
Doğu	3,01	1,90	101,60	524,43	682,82	681,53	605,55	403,92	124,07	188,65	136,87	107,77	79,90	36,08	3,69	2,07	2,91
Batı	3,05	1,87	7,41	48,98	81,20	104,74	121,76	129,60	126,43	141,16	222,41	325,14	397,85	250,37	15,38	2,28	3,15
Kuzeydoğu	2,92	2,01	89,66	449,78	488,72	321,19	133,69	185,00	140,23	121,82	112,81	95,09	71,16	34,77	4,30	1,33	0
Kuzeybatı	0	1,25	7,84	50,64	85,16	110,42	128,08	137,45	138,11	126,12	104,91	96,67	84,19	51,97	5,74	2,01	2,98
Güneydoğu	0	0,85	35,12	224,03	374,95	445,45	477,97	476,62	414,65	273,76	118,32	141,60	98,41	35,39	2,90	1,98	2,88
Güneybatı	3,13	1,98	9,41	48,24	77,29	97,61	112,32	139,93	249,12	421,13	563,86	629,44	637,99	340,60	18,37	1,09	0

EKİM 2010

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,63	0,73	2,60	84,23	215,61	355,18	456,94	511,03	485,36	429,38	337,70	239,40	108,40	13,55	0,81	0,78	0,75
Güney	0	0	0	20,66	56,86	131,95	251,89	376,06	444,12	482,15	440,40	398,68	225,09	28,07	0	0	0
Kuzey	0	0	0	58,68	84,76	93,07	109,16	122,00	119,08	110,96	97,93	77,00	42,49	9,27	0	0	0
Doğu	4,21	2,99	8,14	287,36	479,25	563,53	510,93	338,88	104,95	161,97	110,00	72,33	34,41	4,44	1,53	3,07	4,21
Batı	4,23	3,15	2,09	18,54	45,13	70,11	92,53	106,96	106,91	111,69	138,61	177,09	147,71	23,34	1,78	3,18	4,34
Kuzeydoğu	3,41	2,36	6,40	195,46	253,20	147,65	154,20	149,44	110,24	96,36	83,72	63,98	32,80	5,14	1,73	2,09	0
Kuzeybatı	0	2,05	1,98	20,57	50,87	74,15	93,06	106,62	108,50	101,88	86,77	64,97	35,73	4,99	1,20	2,16	3,43
Güneydoğu	0	2,18	4,04	154,24	322,57	458,05	507,25	490,68	411,85	301,76	147,38	95,71	63,96	8,24	1,16	2,14	3,50
Güneybatı	3,41	2,36	1,43	21,34	47,98	73,49	96,08	133,66	222,43	332,47	380,43	405,35	277,89	41,93	1,45	2,13	0

KASIM 2010

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,61	0,62	0,58	33,86	153,22	283,96	391,37	436,16	440,85	400,38	315,64	187,90	57,75	1,04	0,62	0,62	0,61
Güney	0	0	0	7,65	57,66	162,96	317,11	465,03	590,69	684,81	705,27	599,16	289,39	6,52	0	0	0
Kuzey	0	0	0	25,60	58,39	78,91	96,12	100,82	101,24	93,90	82,72	61,49	27,25	2,07	0	0	0
Doğu	4,41	3,46	2,17	187,95	504,18	619,57	591,23	374,49	86,88	191,27	116,55	53,36	16,85	0,98	2,25	3,61	4,43
Bati	4,43	3,58	2,30	7,61	34,32	58,93	77,56	87,08	89,80	86,47	106,83	155,69	118,18	1,55	2,24	3,62	4,42
Kuzeydoğu	2,55	1,51	0,38	100,65	179,73	68,23	170,78	128,42	88,80	78,33	68,18	48,40	18,13	1,21	2,15	2,92	1,60
Kuzeybatı	1,54	2,94	2,16	9,45	41,85	67,58	84,47	91,04	93,86	88,52	74,88	47,00	19,65	0,55	0,27	1,52	2,50
Güneydoğu	1,49	2,88	2,12	101,42	338,40	523,13	641,71	633,53	579,63	476,78	274,96	58,22	64,82	1,52	0,27	1,40	2,34
Güneybatı	2,38	1,34	0,26	8,33	34,75	55,77	79,33	119,93	240,00	400,59	529,22	537,55	305,36	4,84	2,23	2,73	1,60

ARALIK 2010

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,65	0,63	0,56	2,06	36,20	97,04	159,39	199,07	218,46	200,43	149,54	87,76	19,33	0,68	0,62	0,55	0,53
Güney	0	0	0	0,64	16,02	56,29	119,06	189,27	248,85	264,47	234,85	210,39	74,19	0,38	0	0	0
Kuzey	0	0	0	2,87	20,74	41,51	58,30	68,04	73,30	71,92	57,59	37,28	12,26	1,54	0	0	0
Doğu	4,45	3,87	2,41	8,75	104,92	181,54	215,36	169,24	62,91	108,11	71,35	31,52	4,72	0,97	2,35	3,73	4,55
Bati	4,50	3,98	2,42	1,29	7,94	24,15	41,04	55,24	64,22	60,86	53,50	50,26	22,03	1,03	2,55	3,78	4,60
Kuzeydoğu	1,58	0,78	0	3,10	33,31	39,89	74,76	66,94	55,94	51,40	39,82	22,64	4,67	1,27	2,61	3,22	2,07
Kuzeybatı	2,18	3,21	2,51	1,61	9,46	25,16	39,31	48,93	55,31	55,86	45,55	31,53	9,32	0	0	0,63	1,68
Güneydoğu	2,06	3,10	2,41	5,52	66,69	142,34	212,61	253,58	259,52	210,49	124,10	43,18	20,55	0	0	0,52	1,63
Güneybatı	1,41	0,72	0	-0,31	12,47	32,60	46,62	67,39	113,07	160,82	174,94	179,97	72,57	1,23	2,50	3,23	2,02

OCAK 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,62	0,64	0,60	0,78	42,23	132,71	218,53	288,27	296,84	282,89	222,95	142,96	56,18	3,23	0,56	0,54	0,57
Güney	0	0	0	0,46	15,20	71,96	159,93	262,47	334,39	387,76	393,86	349,29	219,34	14,90	0	0	0
Kuzey	0	0	0	1,94	21,43	45,21	65,07	76,83	77,07	76,41	63,92	47,86	26,01	3,27	0	0	0
Doğu	4,30	3,56	2,12	3,88	179,00	333,79	357,28	263,59	71,26	156,06	103,76	44,26	14,01	1,34	2,28	3,59	4,35
Bati	4,52	3,74	2,22	0,93	6,64	26,31	45,48	62,06	73,47	65,57	59,18	68,92	66,78	6,54	2,28	3,59	4,43
Kuzeydoğu	2,21	1,27	0,21	1,85	57,19	47,95	119,82	106,96	67,96	58,32	46,66	32,67	14,59	1,83	2,48	3,08	1,90
Kuzeybatı	1,73	3,04	2,40	1,08	8,69	28,39	45,86	56,70	58,93	61,06	52,84	39,49	16,88	0,65	0	1,21	2,06
Güneydoğu	1,84	2,86	2,22	2,51	108,23	255,97	364,49	422,16	401,49	339,69	209,02	51,95	59,14	4,35	0	1,17	2,00
Güneybatı	2,11	1,24	0	0,07	13,17	38,40	53,05	74,59	125,42	212,18	275,25	293,13	214,82	17,31	2,36	2,89	1,73

ŞUBAT 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,52	0,66	0,67	9,15	92,43	195,03	288,82	361,15	380,43	364,21	307,78	208,91	118,61	22,46	0,68	0,60	0,63
Güney	0	0	0	3,05	24,19	73,66	149,25	249,08	329,22	411,03	439,47	394,02	323,49	98,09	0	0	0
Kuzey	0	0	0	11,33	50,67	66,19	78,82	92,20	94,27	84,17	75,01	57,00	39,90	11,45	0	0	0
Doğu	4,17	3,02	1,48	46,00	277,87	352,91	373,43	277,52	87,57	169,96	114,09	52,64	27,83	4,75	1,74	3,02	4,10
Bati	4,27	3,24	1,68	1,22	17,92	39,65	57,79	77,08	89,71	76,46	77,33	98,79	130,92	55,30	1,84	3,15	4,21
Kuzeydoğu	3,12	2,02	1,08	29,37	131,19	75,26	135,43	137,33	93,90	71,78	61,16	43,69	28,59	6,98	1,96	2,27	0,62
Kuzeybatı	0,67	2,33	1,59	1,83	21,72	45,71	60,54	74,22	78,10	73,95	69,75	52,33	29,64	5,62	0,98	1,96	3,07
Güneydoğu	0,52	2,08	1,70	22,60	157,29	262,88	363,51	408,07	390,36	340,73	198,19	74,44	96,99	27,04	0,97	2,01	2,96
Güneybatı	3,04	2,14	1,01	2,98	24,95	51,60	69,42	90,42	140,49	235,85	325,79	354,42	349,33	127,19	1,77	2,29	0,50

MART 2011

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,57	0,49	2,16	73,81	207,33	335,42	444,30	511,73	509,08	469,40	388,26	312,65	199,98	60,25	2,71	0,38	0,46
Güney	0	0	0	18,32	40,06	68,95	140,36	245,53	328,19	386,30	400,17	414,37	314,57	107,70	0	0	0
Kuzey	0	0	0	60,16	102,90	90,10	91,69	101,06	99,94	98,67	91,35	77,72	58,01	25,11	0	0	0
Doğu	3,54	2,21	6,99	241,67	437,25	497,65	459,91	319,04	115,45	163,71	102,79	63,81	44,17	15,47	1,19	2,11	3,62
Bati	3,67	2,25	0,98	11,19	32,74	51,45	73,06	94,30	117,55	99,94	115,60	183,36	229,09	121,09	4,33	3,71	4,95
Kuzeydoğu	3,59	2,12	7,19	222,48	317,94	218,69	129,62	160,89	105,45	85,65	77,80	63,36	46,50	19,64	1,60	1,40	0
Kuzeybatı	0	1,36	1,51	15,43	41,05	59,40	78,20	90,46	93,53	97,91	94,46	75,13	52,67	20,74	2,13	2,40	3,69
Güneydoğu	0	1,13	2,87	98,43	238,64	342,84	400,84	413,81	363,64	263,97	125,69	132,65	100,93	31,39	1,15	1,96	3,41
Güneybatı	3,44	2,10	1,24	14,97	39,21	67,43	98,28	102,06	151,94	244,80	318,31	417,89	416,30	200,61	4,86	1,75	0

NISAN 2011

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,25	0,35	23,05	135,60	278,20	392,12	474,16	543,27	502,05	457,81	346,01	287,60	186,87	94,72	12,55	0,38	0,29
Güney	0	0	9,02	39,66	63,54	86,07	119,90	182,43	224,30	245,05	214,11	181,70	107,33	44,46	11,95	0	0
Kuzey	0	0	25,07	49,85	117,32	132,73	127,81	132,86	123,33	119,14	107,63	92,01	66,04	38,27	11,00	0	0
Doğu	40,58	27,16	52,84	181,19	304,30	328,01	303,39	226,37	130,14	131,47	94,86	79,04	60,48	38,53	25,83	22,04	30,39
Bati	28,50	25,31	29,13	48,88	71,39	92,76	115,83	135,76	130,74	147,17	173,42	199,70	187,87	176,82	53,39	28,85	32,51
Kuzeydoğu	2,61	1,44	46,16	201,34	288,21	238,73	143,63	146,92	114,28	95,22	81,22	66,99	45,29	22,71	3,22	0,15	-5,54
Kuzeybatı	0	3,32	14,38	41,21	69,59	92,96	111,53	126,72	122,50	122,18	106,16	93,09	75,09	55,44	15,42	5,52	6,82
Güneydoğu	0	3,76	12,53	67,79	148,21	211,04	244,60	258,43	216,50	154,04	111,14	92,54	54,84	25,25	7,02	5,47	7,01
Güneybatı	22,27	14,51	16,33	23,33	38,99	58,80	104,91	106,71	102,48	124,65	117,26	129,03	127,83	118,34	46,57	28,20	10,63

MAYIS 2011

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,05	9,63	91,52	222,71	378,66	455,47	538,60	610,97	619,54	541,99	477,42	378,02	299,57	189,82	62,51	3,23	0,52
Güney	0,79	2,37	23,96	56,40	89,40	108,88	127,37	165,51	210,01	225,48	225,37	177,01	104,86	101,52	53,82	2,78	1,22
Kuzey	1,49	31,08	121,48	113,45	107,81	150,35	150,11	148,61	148,75	135,30	123,03	106,12	83,41	59,55	30,71	4,41	1,82
Doğu	20,92	38,80	138,06	246,21	340,08	321,67	284,94	223,04	147,07	140,90	110,68	96,49	107,78	76,18	47,32	49,57	35,77
Bati	29,38	32,67	47,10	75,17	103,14	125,60	134,05	147,58	147,49	168,72	233,42	286,73	348,65	369,41	186,48	35,82	32,61
Kuzeydoğu	1,51	33,33	188,72	300,50	347,25	260,40	181,21	148,33	134,28	106,48	90,42	77,99	65,58	45,31	17,87	1,61	0
Kuzeybatı	0	14,66	63,90	86,88	106,60	119,63	124,64	134,93	141,87	136,34	121,65	112,56	122,60	130,98	80,47	9,00	6,03
Güneydoğu	0	5,05	27,43	81,08	146,48	175,96	197,45	207,99	184,57	142,05	124,61	93,39	71,29	44,67	15,76	4,47	5,49
Güneybatı	21,83	24,76	49,21	60,37	74,52	88,36	109,90	137,21	148,41	185,94	260,96	272,67	294,72	283,09	139,84	41,98	8,44

HAZİRAN 2011

Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,00	31,16	182,39	358,48	512,69	667,52	774,92	811,31	768,30	683,59	661,15	540,95	380,42	270,87	117,23	13,52	0,00
Güney	0,29	5,86	39,47	67,94	96,12	116,29	129,73	155,20	196,63	224,51	242,75	180,51	97,51	151,79	107,16	12,76	0,29
Kuzey	0,35	117,14	316,94	241,84	114,80	171,16	173,01	154,50	142,25	132,67	130,65	112,48	85,06	68,36	40,74	9,63	0,33
Doğu	0,67	71,92	315,98	456,12	496,00	498,98	420,28	274,87	149,30	138,64	120,31	100,02	80,22	65,20	32,65	3,37	0,67
Bati	0,67	4,59	36,90	64,29	82,71	99,88	117,14	133,22	150,16	166,58	282,95	385,95	430,17	517,99	392,00	31,36	0,67
Kuzeydoğu	0,78	133,49	483,12	576,22	520,45	418,76	255,98	152,53	138,98	111,53	106,68	91,61	73,60	60,85	32,73	5,05	0
Kuzeybatı	0	43,19	147,22	142,20	120,22	119,20	129,00	136,27	137,96	139,99	130,46	128,93	144,95	195,18	177,05	25,19	0,78
Güneydoğu	0	4,76	38,00	102,37	157,89	208,14	233,47	223,02	181,05	140,26	134,53	98,06	70,59	54,60	24,74	1,58	0,78
Güneybatı	0,78	4,97	35,39	59,19	77,15	97,49	124,37	151,92	174,35	268,13	415,99	497,20	486,65	511,04	322,73	26,73	0

TEMMUZ 2011																	
Saat	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Yatay	0,00	29,44	183,82	372,99	559,79	719,45	834,36	899,31	912,85	844,41	792,30	577,32	500,66	324,00	156,39	19,38	0,00
Güney	0,22	6,48	43,39	69,47	90,42	114,26	131,39	161,41	223,34	270,76	285,50	188,19	103,99	184,74	158,82	25,08	0,22
Kuzey	0,38	119,43	346,20	261,09	110,12	175,14	175,57	154,62	147,87	139,75	133,88	104,93	86,11	72,48	51,18	14,30	0,45
Doğu	0,52	74,71	353,67	515,92	584,53	574,67	483,70	309,95	144,06	152,06	129,83	101,94	102,17	78,84	47,38	6,80	0,52
Batı	0,52	5,28	41,82	72,10	92,58	108,60	120,38	132,73	145,26	182,39	328,77	420,76	596,06	648,79	582,31	66,22	0,52
Kuzeydoğu	0,599	133,6	522,6	628,4	594,7	464,5	273,6	143,4	142,78	118,2	111,9	89,93	88,82	69,75	43,78	7,416	0
Kuzeybatı	0	43,48	160,3	155,6	134,1	128,3	131,4	135,48	140,1	137,3	133	126,2	180,4	232,8	255,9	39,91	0,604
Güneydoğu	0	4,834	44,16	109,8	172,4	224,4	251,3	243,83	200,07	137,9	142,2	100,1	88,18	64,45	33,73	2,77	0,604
Güneybatı	0,599	5,354	39,01	64,61	83,82	101,6	120,3	142,35	183,75	325,7	513,9	560	688,6	652,3	488	56,1	0

Yatay düzlem, ana ve ara yönlere ait hesaplanan saatlik tüm SHGF değerleri CD ortamında verilmiştir.

EK-5

TERMAL GÖRÜNTÜLEME İLE HER AYIN 1. 11. VE 21. GÜNLERİ İÇİN ELDE EDİLEN YÜZEY SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)

Saat	Doğu (-90°)		Batı (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00	24,4	24,5	24,5	24,6	24,7	25,6	24,1	23,7	24,7	25,2	24,9	25,7	24,0	24,4	24,9	25,0
06:00	26,1	27,8	25,2	24,9	24,8	25,1	24,1	23,3	25,7	27,0	24,4	24,7	24,1	25,4	24,9	24,9
07:00	33,4	43,5	29,2	27,3	28,3	28,0	28,3	27,6	32,3	37,4	28,2	27,4	30,9	35,9	29,6	27,2
08:00	35,7	50,6	29,7	28,8	29,7	29,1	30,0	32,2	34,1	41,4	29,4	28,5	33,9	43,9	31,8	29,5
09:00	38,6	55,4	32,1	31,0	32,1	31,1	31,9	38,0	35,3	42,5	30,9	29,7	36,4	50,2	34,2	31,8
10:00	39,3	56,0	34,5	33,6	34,7	33,4	36,7	44,7	36,6	43,8	34,9	31,6	37,3	54,1	36,4	35,4
11:00	39,2	52,9	37,3	36,3	36,8	35,1	38,2	47,5	37,9	42,5	36,4	33,2	37,0	53,4	37,2	37,0
12:00	38,8	48,4	38,4	37,8	39,0	36,1	41,0	52,1	38,8	41,7	39,5	35,7	39,7	53,8	38,9	42,6
13:00	40,0	45,7	39,8	43,0	39,7	37,6	40,7	51,7	39,9	39,8	40,3	38,5	37,9	47,5	41,8	48,4
14:00	39,9	44,1	43,5	49,5	41,0	39,1	40,1	51,1	39,8	40,0	41,7	42,5	36,6	45,4	43,5	54,4
15:00	39,2	42,5	46,0	56,5	41,3	40,4	39,6	48,7	40,0	39,7	43,7	49,2	37,3	44,0	43,7	58,8
16:00	39,3	41,8	46,3	60,6	40,5	40,4	39,8	45,1	40,3	39,6	44,0	53,9	37,1	42,3	44,	60,3
17:00	38,7	40,9	44,5	61,1	40,1	41,5	39,4	43,6	39,7	39,7	43,9	56,6	36,0	40,8	43,5	60,3
18:00	38,0	39,7	43,4	61,4	39,7	42,3	38,8	41,7	37,9	38,3	43,5	57,1	40,6	39,6	41,8	56,6
19:00	35,6	36,5	36,5	49,4	39,9	42,6	35,6	38,3	35,7	36,8	41,6	58,2	39,8	37,5	36,4	46,5
20:00																

01 Ağustos 2010

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	21,2	21,1	21,7	21,7	22,1	22,4	21,6	21,0	21,5	21,2	22,6	22,4	21,4	20,7	22,5	21,5
07:00	26,7	30,5	24,3	22,8	23,0	23,2	23,2	23,8	25,1	26,6	23,6	22,8	36,4	38,2	24,3	22,7
08:00	33,5	47,3	26,6	25,5	26,9	26,1	28,6	32,2	30,2	35,0	26,6	25,1	33,1	42,5	28,5	26,0
09:00	35,4	53,7	29,8	28,5	30,2	28,6	32,7	40,7	31,5	37,8	29,9	27,4	35,9	50,4	32,0	29,6
10:00	36,9	54,7	32,6	30,3	33,0	30,5	36,0	47,3	33,3	37,3	33,2	30,7	37,4	54,2	33,1	34,3
11:00	36,8	49,5	34,5	33,3	34,3	31,3	36,8	49,6	34,8	37,2	34,4	32,6	37,3	50,9	34,9	36,3
12:00	34,6	42,6	34,5	35,1	36,6	33,7	37,2	48,5	36,1	37,6	36,8	35,6	36,3	46,5	36,6	41,4
13:00	35,6	39,8	37,3	38,8	36,4	34,6	38,2	50,0	35,9	36,8	35,8	36,4	34,5	43,0	38,1	46,6
14:00	36,9	40,0	41,2	45,8	36,9	35,5	38,5	49,2	37,1	37,3	35,8	37,9	36,0	41,6	40,1	51,5
15:00	35,8	37,9	40,9	49,3	37,2	36,7	37,9	47,1	36,1	35,8	37,6	42,4	35,4	39,6	40,8	54,6
16:00	35,8	37,6	40,3	53,5	36,8	37,3	35,3	42,3	36,1	36,6	38,8	46,6	35,3	38,8	39,5	54,6
17:00	34,2	35,2	39,1	52,6	35,7	37,4	33,9	38,6	35,1	36,1	39,2	48,7	33,8	36,3	37,6	50,6
18:00	32,6	33,6	33,8	43,5	32,8	35,2	32,0	35,2	32,4	33,2	34,3	41,7	32,4	34,5	33,3	42,3
19:00	31,5	30,6	33,9	43,6	30,4	32,5	30,8	33,3	30,2	31,0	31,2	36,2	30,8	32,1	31,4	37,1
20:00																
01 Eylül 2010																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	19,4	18,8	19,5	19,5	19,5	19,2	20,8	20,1	19,7	19,6	19,7	19,7	19,6	18,7	21,5	20,8
07:00	23,4	27,0	20,5	20,4	20,0	19,9	20,4	21,4	21,6	23,0	20,5	20,4	20,4	24,9	21,6	19,9
08:00	30,3	43,4	23,7	23,1	24,5	24,2	27,0	31,0	25,6	31,5	24,8	24,3	27,5	41,5	26,3	23,6
09:00	34,2	50,8	27,0	26,3	28,8	28,4	31,2	39,7	27,8	32,8	28,5	27,8	30,8	49,7	29,4	27,3
10:00	34,5	50,1	30,1	29,5	30,2	30,0	34,1	46,0	30,9	33,5	29,7	28,6	33,1	53,2	31,9	30,4
11:00	35,6	48,3	33,3	32,9	32,4	31,9	36,5	50,6	33,2	35,1	33,0	31,0	34,2	54,3	34,4	36,4
12:00	34,8	41,9	34,7	34,8	34,2	33,4	38,3	52,6	34,9	36,3	34,8	33,5	34,7	51,0	37,8	44,3
13:00	35,7	40,0	38,2	41,0	36,6	35,3	39,1	52,8	36,3	37,4	37,4	36,0	32,8	47,0	39,9	50,6
14:00	35,2	38,5	40,3	48,4	36,8	36,0	38,5	50,8	36,3	37,5	37,6	37,9	32,0	41,9	40,0	53,6
15:00	34,7	36,7	41,5	55,3	36,2	35,6	37,1	46,8	35,1	36,3	37,3	41,5	32,1	39,5	40,7	56,4
16:00	35,5	36,8	40,5	57,1	35,7	35,6	35,1	42,6	35,4	36,7	39,0	46,0	31,9	38,2	39,7	55,0
17:00	34,0	35,1	39,6	55,4	34,6	35,9	34,2	39,0	34,1	35,4	38,3	47,1	31,5	36,2	37,8	50,1
18:00	32,9	33,9	34,3	44,5	33,2	35,0	33,0	36,3	33,0	34,3	34,7	42,7	30,4	34,4	33,6	40,3
19:00	30,3	31,0	31,3	36,8	29,6	31,2	31,5	34,6	29,7	31,0	30,1	35,5	29,3	32,7	32,0	35,8
20:00																
11 Eylül 2010																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00	16,8	16,2	16,7	16,9	17	17,2	16,5	15,5	17,6	17,4	17,7	17,9	14,1	15,8	17,6	16,3
06:00	19,7	21,7	17,4	17,1	17,3	17,2	17,0	16,0	18,6	19,0	17,5	17,5	16,8	20,9	18,3	16,7
07:00	27,8	41,0	17,5	17,1	21,9	21,5	24,9	29,1	23,5	27,9	22,2	21,6	25,2	40,0	23,7	21,0
08:00	31,7	50,6	24,6	23,7	25,3	25,3	29,8	39,4	26,2	30,2	25,0	23,7	28,5	49,3	27,0	24,7
09:00	33,0	49,9	27,7	27,1	29,6	29,3	32,7	45,8	30,1	32,2	28,8	27,8	31,3	53,3	29,7	28,8
10:00	33,8	46,5	31,1	30,4	30,9	31,0	35,8	52,2	31,6	32,8	31,1	29,0	32,4	55,0	33,6	36,5
11:00	32,9	41,3	34,2	33,9	32,9	33,3	38,6	58,8	33,4	34,9	34,1	32,2	33,7	53,4	37,9	45,0
12:00	33,7	38,4	37,0	40,1	33,7	34,1	39,6	59,3	33,6	34,5	34,6	33,8	31,3	48,0	40,6	54,4
13:00	35,2	38,6	41,3	49,5	35,6	35,8	39,2	57,1	34,5	35,3	36,7	36,7	30,8	43,0	41,7	59,1
14:00	35,6	38,1	40,9	52,5	37,6	38,2	37,7	52,0	36,4	37,2	38,1	42,3	31,4	40,7	40,4	58,1
15:00	34,3	36,6	40,9	58,5	35,0	36,6	34,6	45,4	34,3	35,3	38,5	46,0	31,0	38,4	39,6	57,9
16:00	33,2	34,8	39,2	57,8	33,9	35,9	34,7	42,6	33,6	34,8	38,8	48,1	31,6	38,3	39,2	55,0
17:00	30,0	31,4	30,7	40,6	29,5	31,8	30,0	35,8	29,5	31,2	30,3	38,5	27,4	32,5	30,8	38,2
18:00	28,2	29,8	28,4	36,9	27,5	29,7	27,8	32,6	27,2	29,0	28,0	34,7	25,1	30,3	28,6	35,4
19:00																
20:00																
21 Eylül 2010																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	16,3	16,4	14,9	14,2	15,5	14,7	15,5	15,7	16,0	15,6	15,5	15,1	15,1	15,4	15,8	15,1
08:00	16,3	16,6	16,8	15,7	15,9	15,1	16,4	17,0	16,1	15,8	15,8	15,2	16	16,6	17,1	16,7
09:00	19,6	23,7	17,8	16,8	18,0	17,1	19,9	23,2	18,5	18,8	18,0	16,8	19,7	25,1	19,5	19,6
10:00	22,6	29,4	19,2	17,9	18,1	18,9	24,0	31,1	19,5	20,1	18,7	17,6	23,0	34,1	21,9	22,1
11:00	21,4	28,5	20,1	18,7	19,8	19,9	22,2	31,1	20,3	21,7	19,5	17,6	22,2	34,6	21,8	23,9
12:00	23,7	29,1	22,8	22,0	21,8	20,5	31,3	47,1	22,7	23,8	22,5	19,6	27,6	41,5	29,8	38,3
13:00	24,4	28,4	27,3	29,4	23,5	21,8	30,0	46,8	23,9	24,7	24,6	22,3	24,6	38,7	30,0	44,6
14:00	25,3	29,2	29,2	35,5	22,7	24,0	31,2	47,4	24,0	24,9	24,5	23,3	24,8	34,2	31,8	49,6
15:00	24,8	28,2	31,5	41,9	24,3	23,6	30,3	45,0	24,2	25,1	25,8	28,6	23,2	32,1	32,1	53,7
16:00	24,4	26,6	31,1	46,9	23,2	23,4	26,2	38,9	23,2	24,0	27,5	32,6	22,6	30,3	31,5	53,4
17:00	23,6	25,3	27,8	43,4	22,7	22,9	25,5	34,1	22,7	23,5	26,2	33,2	22,9	29,0	29,6	47,9
18:00	21,6	23,2	22,1	33,5	21,8	22,1	22,2	28,5	22,0	22,6	22,7	29,0	19,3	24,6	23,0	34,7
19:00																
20:00																
01 Ekim 2010																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	5,4	5,0	6,5	5,8	5,6	5,5	5,7	5,1	5,9	5,8	6,1	6,0	3,0	5,3	6,6	5,4
07:00	5,8	6,1	7,4	6,0	6,2	5,8	6,3	5,6	6,3	6,7	6,7	6,5	3,4	6,1	6,8	5,5
08:00	16,9	25,5	11,2	9,0	10,1	9,2	14,5	19,7	10,9	12,9	10,2	9,0	14,4	27,9	11,9	9,0
09:00	19,7	35,8	13,3	12,1	14,0	12,6	18,3	29,7	14,8	15,0	13,4	11,0	17,3	38,8	15,4	12,4
10:00	21,0	34,8	16,8	15,3	15,5	14,8	21,7	35,2	15,7	16,4	15,6	13,7	20,7	39,1	17,6	18,3
11:00	19,3	33,6	18,1	17,6	16,4	15,8	24,1	40,9	16,9	17,6	17,4	15,6	21,3	40,5	20,2	25,9
12:00	20,7	29,9	19,5	20,1	20,5	20,2	26,5	44,5	20,7	22,2	20,3	18,8	22,1	40,0	24,9	34,8
13:00	19,0	26,7	18,6	20,5	17,9	18,6	20,5	34,1	18,0	20,3	18,7	18,6	18,1	30,7	20,6	28,5
14:00	18,9	25,3	20,0	24,3	18,2	18,9	22,5	37,0	17,7	19,9	18,5	19,2	18,0	29,4	23,0	35,7
15:00	18,1	22,8	18,2	20,6	17,4	17,8	18,6	37,4	17,2	18,5	17,8	18,5	15,8	24,7	18,8	25,8
16:00	16,7	20,1	20,0	26,9	16,0	16,4	17,4	25,4	15,9	16,7	18,4	20,4	13,9	21,3	21,6	32,7
17:00	14,0	16,7	16,2	22,2	13,7	14,4	14,1	20,2	14,0	14,6	15,2	17,7	11,8	16,7	17,1	27,8
18:00	12,6	14,7	13,5	16,3	13,4	12,7	12,7	16,6	12,4	12,9	12,6	14,3	8,8	14,6	13,2	18,7
19:00																
20:00																
11 Ekim 2010																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	16,2	16,2	16,5	16,6	16,5	16,6	16,5	16,7	16,7	16,9	16,7	17,0	15,8	16,6	16,9	16,9
08:00	18,0	17,8	17,8	17,5	17,9	17,7	17,1	17,2	18,1	18,1	18,0	17,7	16,5	17,3	17,4	17,2
09:00	19,4	19,8	19,1	19,4	18,7	19,2	19,4	19,8	19,5	19,7	19,1	19,2	18,4	20,1	19,2	19,4
10:00	25,9	28,4	23,2	23,5	23,1	23,8	26,2	31,9	24,3	24,7	23,9	23,2	25,8	33,0	24,5	27,3
11:00	25,0	28,5	23,8	25,3	23,7	25,5	25,4	31,4	24,9	26,0	24,4	24,3	24,3	30,9	25,0	28,4
12:00	25,8	29,1	26,0	27,9	25,1	26,6	28,3	38,2	25,3	26,6	26,3	26,6	26,4	35,3	27,8	34,4
13:00	24,6	27,7	25,3	27,8	24,4	26,8	25,0	31,4	24,9	26,7	24,9	26,5	23,5	29,2	25,3	29,9
14:00	24,2	25,9	24,0	25,7	23,6	26,0	24,0	27,2	24,0	25,8	23,8	25,4	22,7	26,1	24,1	26,1
15:00	22,8	24,4	22,8	24,0	22,2	24,0	22,8	25,1	22,4	23,9	22,5	23,7	21,6	24,5	22,6	24,4
16:00	20,6	22,8	20,8	22,2	20,3	21,7	20,8	23,0	20,6	22,2	20,4	21,8	19,8	22,6	20,8	22,5
17:00	18,5	20,2	18,7	20,0	18,5	19,9	18,7	20,6	18,5	20,1	18,4	19,9	17,8	20,4	18,7	19,9
18:00	18,0	19,6	18,0	19,3	17,8	19,3	19,3	21,0	17,8	19,5	17,8	19,8	18,3	20,6	19,6	20,5
19:00																
20:00																
21 Ekim 2010																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	11,8	20,4	4,3	3,0	4,1	3,2	8,5	14,9	4,4	4,5	4,5	3,4	7,6	22,5	5,4	2,6
08:00	14,7	28,4	7,1	5,9	7,1	5,6	13,7	26,3	7,1	5,5	7,1	5,6	11,8	34,7	9,0	5,9
09:00	15,2	28,7	9,8	8,7	9,4	8,5	18,4	37,6	9,3	8,5	9,8	7,8	14,5	40,0	12,8	15,6
10:00	13,1	26,6	12,2	11,1	10,8	10,0	18,3	39,2	10,8	10,0	11,1	9,6	15,0	39,6	15,7	22,6
11:00	13,8	19,8	12,6	14,6	12,8	12,2	19,2	39,4	12,7	12,2	13,7	12,5	14,7	35,8	18,0	30,8
12:00	14,5	18,7	16,3	20,3	13,0	12,2	20,9	41,1	12,9	12,0	13,8	12,6	12,8	31,5	19,8	37,0
13:00	14,6	18,0	18,6	26,4	14,4	13,4	21,4	42,5	14,2	13,3	14,8	14,1	10,6	24,9	21,1	41,8
14:00	13,5	15,9	19,4	32,7	13,4	12,7	20,5	39,8	13,3	12,6	13,4	15,4	9,7	20,6	23,3	48,0
15:00	13,1	14,1	19,0	34,9	12,9	12,6	15,7	31,7	12,9	12,5	13,6	18,1	7,8	16,6	20,8	45,8
16:00	11,0	13,1	14,2	27,4	11,5	11,9	11,8	23,2	11,6	11,8	13,0	16,7	5,6	13,6	17,0	36,5
17:00	7,6	8,6	9,0	15,8	7,8	8,2	7,8	14,9	7,8	8,1	8,3	10,2	6,6	9,5	8,6	19,5
18:00																
19:00																
20:00																
01 Kasım 2010																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00	5,7	6,8	3,8	3,7	3,7	3,6	5,4	5,8	3,7	4,0	3,8	4,0	2,6	7,7	4,1	2,8
07:00	9,8	13,5	5,2	4,6	4,7	4,6	9,0	11,4	5,2	4,8	5,4	4,8	7,3	14,9	6,3	4,6
08:00	14,9	24,3	9,0	8,0	8,9	8,2	14,9	24,9	9,7	8,8	8,6	7,4	13,3	29,6	10,7	8,9
09:00	17,3	27,2	11,2	10,3	11,0	10,6	17,9	33,6	12,1	11,8	11,5	9,9	15,3	35,8	13,7	16,4
10:00	14,8	24,4	14,4	13,8	13,0	13,0	20,7	39,9	14,2	14,1	13,6	12,5	17,3	36,6	19,1	25,8
11:00	16,2	21,5	15,9	17,8	15,0	14,8	23,2	45,0	15,8	16,6	16,2	14,9	17,6	34,8	21,3	34,8
12:00	17,3	20,7	20,0	23,5	17,0	16,7	23,4	45,3	17,6	17,4	17,9	17,2	16,8	32,4	23,0	38,7
13:00	17,8	20,3	22,6	31,5	17,8	17,7	24,3	44,2	18,5	18,4	18,5	18,1	15,4	27,7	25,0	46,4
14:00	17,5	19,5	24,3	37,4	17,5	17,8	23,8	41,8	17,9	17,7	17,8	21,4	16,6	23,6	25,8	49,4
15:00	16,3	17,4	23,0	28,1	16,2	16,6	20,9	35,5	16,3	16,4	16,7	21,3	20,9	21,0	23,6	47,3
16:00	13,9	15,0	12,2	18,8	14,0	14,8	14,2	25,2	14,0	14,5	14,6	19,2	10,1	16,5	16,4	32,4
17:00	11,2	12,4	9,6	16,1	11,6	12	11,5	19,2	11,8	12,1	11,9	14,3	7,7	13,6	12,3	21,5
18:00																
19:00																
20:00																
11 Kasım 2010																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	2,9	3,0	2,9	3,7	1,8	1,6	2,7	2,8	1,8	1,6	1,9	2,1	1,2	3,9	3,6	1,6
07:00	9,8	13,7	5,8	4,0	7,0	4,9	9,0	12,9	6,0	5,6	5,7	5,5	7,0	16,6	5,5	3,6
08:00	13,5	22,0	7,5	6,7	7,1	5,5	13,9	23,8	7,8	7,0	6,1	5,1	11,8	27,8	9,2	8,3
09:00	14,9	24,4	9,4	9,0	8,9	8,7	16,6	33,6	9,8	9,3	9,3	8,5	13,7	33,4	13,4	15,2
10:00	13,1	23,2	11,3	11,4	12,0	11,7	19,1	39,7	12,4	12,5	12,8	11,5	15,7	36,3	17,3	24,6
11:00	14,3	19,8	13,8	15,0	13,1	12,8	19,9	40,8	13,7	13,8	14,1	13,1	15,4	31,9	19,4	30,5
12:00	15,4	18,8	17,5	21,5	14,9	14,9	21,4	42,8	15,8	15,2	16,2	15,5	14,6	30,0	21,5	37,2
13:00	16,7	18,9	20,5	28,9	15,6	15,3	21,9	41,5	15,4	15,3	16,5	16,3	13,7	26,5	23,0	43,8
14:00	16,0	17,7	20,6	36,7	15,0	15,2	22,0	38,4	15,0	14,8	15,7	18,0	12,9	21,9	23,4	46,5
15:00	15,3	16,1	20,2	35,8	14,3	14,8	17,7	31,6	14,4	14,3	14,9	19,1	11,6	18,2	20,5	41,8
16:00	12,0	13,3	13,8	23,7	11,6	12,5	12,8	22,8	11,8	12,2	12,2	15,8	7,9	14,6	13,9	27,6
17:00	9,0	10,7	9,5	15,7	8,9	9,8	9,2	16,2	8,9	9,8	9,0	11,6	6,0	11,1	9,9	18,7
18:00																
19:00																
20:00																
21 Kasım 2010																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	7,6	8,8	5,1	4,4	5,1	4,2	7,2	8,1	4,6	4,6	4,6	4,5	6,5	9,7	5,4	4,5
08:00	11,3	15,5	6,6	6,5	6,9	6,8	10,8	16,5	7,4	7,4	7,0	7,0	9,6	18,8	7,9	7,9
09:00	13,7	20,7	9,7	9,2	8,5	8,3	16,2	28,5	9,4	9,2	9,0	8,0	15,4	31,2	13,4	15,4
10:00	12,8	21,2	11,9	11,6	11,4	11,4	18,7	37,8	12,9	12,5	12,1	11,2	14,9	32,7	16,0	22,4
11:00	12,9	17,3	13,2	14,8	11,9	12,3	16,8	34,0	12,6	13,2	12,7	12,4	14,2	27,8	16,3	26,3
12:00	15,8	18,7	18,1	22,0	14,6	14,5	21,4	40,2	15,0	14,9	15,2	14,9	16,3	30,3	21,8	36,6
13:00	15,2	17,9	18,5	26,7	15,2	14,5	19,4	37,1	14,5	15,2	15,5	16,0	14,4	24,9	20,1	37,5
14:00	14,5	16,4	19,0	28,8	13,6	14,6	18,8	32,1	13,7	14,3	14,4	16,6	12,8	20,5	20,2	36,7
15:00	12,8	14,1	17,6	29,8	13,4	12,5	16,5	27,5	12,6	13,2	13,1	17,3	12,8	16,7	18,5	33,5
16:00	9,1	10,7	10,1	19,3	13,0	9,4	10,5	19,6	9,5	10,8	9,6	13,3	7,1	12,8	10,8	22,0
17:00	8,7	9,7	9,1	12,7	9,0	8,4	8,8	14,3	8,3	8,8	8,5	10,2	6,2	10,1	8,9	15,3
18:00																
19:00																
20:00																
01 Aralık 2010																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	1,8	3,2	-2,9	-2,9	-2,8	-2,6	-3,5	-2,9	-2,6	-2,5	-2,3	-2,0	-3,9	-2,6	-4,2	-4,0
08:00	0,5	1,3	-2,2	-2,3	-1,9	-2,0	0,9	3,4	-1,6	-1,4	-1,7	-1,3	-1,8	4,0	-2,1	-1,4
09:00	4,2	5,7	1,5	1,2	1,4	1,1	4,7	10,1	1,8	1,8	1,7	1,3	3,8	10,5	2,1	4,0
10:00	2,4	4,5	3,8	3,7	1,6	1,4	3,6	7,8	2,4	3,0	2,8	2,6	3,0	7,3	3,6	4,9
11:00	4,5	7,0	2,7	4,3	1,7	2,3	5,6	11,2	2,7	3,7	2,8	2,9	4,5	9,5	4,8	8,6
12:00	4,8	6,9	5,3	7,1	2,2	3,0	5,8	12,6	4,9	5,6	4,7	4,9	4,9	10,5	5,9	11,2
13:00	5,1	7,5	6,9	10,8	4,6	5,2	7,6	14,6	7,3	8,2	7,2	8,0	4,2	10,4	8,1	16,4
14:00	4,3	6,3	4,6	8,3	4,5	5,6	4,8	10,6	4,6	6,0	4,6	5,6	1,6	7,7	5,0	11,6
15:00	3,5	4,8	3,6	6,0	3,2	4,5	2,7	7,2	3,2	4,5	3,4	4,6	2,3	5,8	3,6	7,7
16:00	1,8	3,2	2,1	4,4	1,4	2,6	2,1	5,4	1,6	2,4	1,8	3,0	-1,4	3,6	2,5	5,7
17:00																
18:00																
19:00																
20:00																
11 Aralık 2010																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	6,0	5,6	5,4	5,4	5,7	5,6	5,6	5,7	6,0	5,7	5,9	5,8	4,2	4,2	5,7	6,0
08:00	5,4	5,4	5,5	5,5	6,3	6,3	4,8	5,2	6,3	6,2	6,2	6,4	4,2	4,8	5,6	5,6
09:00	4,9	5,3	5,5	5,4	5,7	6,0	5,5	5,8	6,4	6,7	5,9	6,0	4,6	5,4	6,2	6,3
10:00	4,7	4,9	5,6	5,8	6,4	6,5	4,2	4,5	6,3	6,5	6,4	6,8	3,8	4,1	5,6	5,6
11:00	4,4	4,6	5,4	5,8	5,9	6,3	3,7	3,9	5,0	5,4	6,0	6,6	3,7	3,8	4,8	5,1
12:00	4,5	4,1	5,7	6,2	5,7	6,0	4,3	4,1	5,7	5,9	5,3	5,8	4,1	4,2	5,2	5,4
13:00	4,1	4,0	5,7	6,1	5,8	6,1	4,3	4,5	5,7	6,0	5,6	6,2	4,3	4,5	4,8	5,3
14:00	4,3	4,3	5,3	5,8	5,0	5,2	4,3	4,6	4,7	4,9	5,2	5,8	4,3	4,7	5,0	5,5
15:00	3,9	3,9	5,2	5,6	5,3	5,5	4,3	3,8	4,8	4,8	5,0	5,4	3,8	3,9	4,7	5,1
16:00	4,4	3,8	5,4	5,7	5,1	5,1	4,2	4,3	4,9	5,2	5,1	5,5	4,2	4,2	4,9	5,1
17:00																
18:00																
19:00																
20:00																
21 Aralık 2010																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	-3,8	-3,3	-4,9	-4,7	-3,3	-3,0	-4,7	-3,5	-3,2	-2,8	-3,1	-2,4	-5,3	-3,3	-4,4	-4,3
08:00	0,1	1,1	-4,7	-4,2	-4,3	-4,2	-0,3	1,7	-3,8	-3,7	-4,1	-3,7	-1,7	2,9	-3,5	-4,1
09:00	4,8	10,7	0,1	-0,5	-0,5	-0,6	7,3	18,3	-0,4	-0,2	-0,2	-0,7	4,6	18,4	3,8	5,1
10:00	3,5	11,8	0,7	0,6	1,9	1,6	10,2	27,7	2,6	2,5	2,2	1,8	9,3	24,9	5,8	11,4
11:00	4,4	9,3	3,3	3,9	3,2	3,1	9,1	33,4	3,9	4,2	3,6	3,9	9,3	25,8	9,4	20,3
12:00	5,2	9,2	6,7	10,2	4,3	4,4	10,0	32,5	4,5	5,2	5,2	5,1	5,6	23,7	10,6	26,8
13:00	5,5	8,8	6,3	10,6	4,7	5,0	10,2	27,2	5,0	5,9	5,6	5,8	5,0	19,2	9,8	23,4
14:00	3,8	7,1	4,0	7,6	2,9	3,4	6,4	18,5	3,1	3,9	3,5	4,2	3,0	13,2	5,9	13,6
15:00	3,2	5,7	3,3	5,6	4,1	4,2	4,6	13,6	4,2	4,7	4,4	4,9	2,4	10,7	4,2	10,3
16:00	2,8	4,6	2,6	4,2	2,5	2,4	2,4	9,9	2,4	2,8	2,6	3,1	1,7	8,2	3,1	7,2
17:00																
18:00																
19:00																
20:00																
01 Ocak 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	-1,9	-0,6	-4,8	-5,8	-4,6	-5,6	-3,1	-0,7	-5,2	-5,6	-4,9	-5,0	-6,4	0,6	-5,4	-6,6
08:00	3,2	10,1	-3,5	-4,3	-3,4	-3,8	1,0	13,4	-3,0	-3,9	-2,9	-4,0	9,0	14,9	-2,6	-2,4
09:00	3,8	11,9	-0,1	-2,4	-2,6	-2,9	5,4	23,6	-1,7	-2,5	-2,2	-3,0	15,5	24,8	2,5	4,3
10:00	2,5	11,4	2,8	0,9	-1,6	-1,4	10,6	33,4	-0,2	-0,8	-0,9	-1,4	18,2	28,7	7,9	13,8
11:00	2,5	8,6	3,1	1,4	0,0	-0,2	12,6	37,4	1,0	1,0	0,7	0,4	18,4	27,6	8,5	18,8
12:00	2,0	6,3	2,8	5,8	0,9	0,8	13,5	39,0	2,3	1,7	2,1	1,5	19,4	28,0	12,8	28,2
13:00	2,8	5,8	5,9	12,6	1,2	1,1	13,7	39,3	1,6	1,4	1,9	1,5	17,0	24,2	13,9	33,4
14:00	3,2	5,1	10,1	20,5	2,5	2,3	8,5	33,3	2,4	2,3	2,9	3,5	-2,1	12,6	12,8	37,7
15:00	3,3	4,3	9,6	24,5	1,6	1,6	9,6	29,4	1,6	1,3	2,2	4,5	4,9	12,3	12,5	37,5
16:00	0,8	0,8	4,7	18,2	-1,3	-0,8	2,7	17,3	0,2	-0,8	0,3	2,5	2,4	6,0	5,8	25,8
17:00																
18:00																
19:00																
20:00																
11 Ocak 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00																
08:00																
09:00	3,2	-2,8	-5,6	-6,5	-5,3	-6,1	-5,2	-2,3	-5,7	-5,9	-5,4	-5,5	-5,9	-0,7	-5,3	-6,4
10:00	1,6	4,7	-3,6	-4,4	-3,6	-5,2	3,9	8,4	-4,0	-4,8	-3,9	-5,1	5,2	10,8	-1,1	-1,8
11:00	3,8	10,2	-1,1	-1,5	-2,1	-2,7	7,2	19,3	-1,2	-1,8	-2,2	-3,0	9,6	20,3	4,3	-4,6
12:00	4,9	12,2	1,2	0,4	0,4	-0,2	10,1	25,4	1,5	0,4	0,7	-0,4	16,7	24,4	4,3	11,4
13:00	3,8	8,9	3,9	4,0	2,5	2,3	11,9	30,7	3,7	3,4	3,2	2,4	12,8	25,3	10,4	19,6
14:00	4,5	7,9	6,2	8,9	3,6	3,3	11,7	30,3	4,6	4,3	4,3	3,8	12,3	22,7	11,1	23,5
15:00	5,2	8,0	12,8	17,4	5,0	4,6	12,4	32,1	5,3	5,2	5,9	5,7	5,8	18,6	13,6	31,6
16:00	6,4	8,8	13,4	25,4	6,0	6,0	13,8	33,2	6,3	5,9	7,0	8,4	9,0	15,7	15,4	38,7
17:00	5,4	7,3	11,8	26,9	5,5	5,7	10,2	27,0	5,0	5,4	6,6	8,6	6,3	10,1	14,4	34,8
18:00	3,7	4,6	6,6	20,6	2,5	3,7	4,5	17,6	3,4	3,3	3,9	9,8	1,1	8,8	7,6	24,9
19:00																
20:00																
21 Ocak 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00																
08:00																
09:00	2,6	14,5	-1,6	-2,6	-4,5	-4,0	1,8	23,5	-4,2	-3,3	-4,1	-4,0	1,6	23,8	-0,8	2,8
10:00	2,1	14,2	-2,7	-1,8	-2,8	-2,7	5,7	27,6	-2,4	-1,4	-2,2	-2,0	3,0	25,6	4,1	6,8
11:00	0,4	9,8	-1,4	-0,8	-1,1	-1,2	7,9	33,2	-0,4	1,5	-0,1	0,4	10,5	27,0	4,9	14,8
12:00	0,1	6,5	-0,9	2,8	-2,1	-2,2	8,6	34,5	-1,4	0,1	-0,7	-0,6	0,9	23,8	5,5	18,8
13:00	0,3	4,8	4,5	10,7	0,2	-0,3	8,7	33,7	-0,2	0,6	0,5	0,9	-0,6	15,4	8,8	25,9
14:00	0,9	4,0	5,3	15,5	0,6	0,2	7,5	29,2	0,4	0,6	1,1	2,1	1,4	11,4	8,4	29,4
15:00	-0,3	2,2	4,8	17,8	0,2	-0,2	4,4	24,4	0,1	0,3	0,6	4,6	-2,7	6,7	7,6	28,8
16:00	-0,6	1,5	-0,1	8,4	-0,7	-1,0	-0,6	13,6	-0,6	-0,6	0,3	2,6	-4,2	3,3	1,0	13,9
17:00	-1,4	0,2	-2,0	1,3	-2,3	-2,9	-2,7	6,1	-2,4	-2,7	-2,3	-1,5	-4,0	0,6	-1,3	4,8
18:00																
19:00																
20:00																
01 Şubat 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	-1,6	0,4	-4,3	-6,0	-5,2	-5,3	-6,6	-2,6	-4,6	-4,8	-4,8	-4,8	-5,2	-6,2	0,3	-4,9
08:00	4,3	15,4	-1,0	-3,1	-1,3	-1,9	3,8	13,6	-1,3	-1,6	-1,5	-2,1	-1,5	1,9	17,5	0,3
09:00	4,8	15,1	-1,2	-1,3	0,2	0,2	4,8	17,5	0,6	0,8	0,5	0,4	2,6	2,6	18,8	1,0
10:00	3,8	13,8	0,8	0,6	1,2	1,4	8,0	26,3	1,4	1,7	2,0	1,2	5,5	5,5	24,7	5,9
11:00	1,5	8,9	0,9	2,0	-0,2	0,0	4,6	21,0	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	-1,9	17,9	3,4
12:00	2,8	8,4	1,9	5,1	0,7	0,6	7,9	23,6	0,9	1,5	1,7	1,5	-0,4	-0,4	17,7	6,4
13:00	2,0	6,1	3,7	7,7	1,2	0,7	7,7	23,5	1,1	1,4	1,5	1,8	-3,1	-3,1	11,6	6,7
14:00	2,4	5,1	5,8	14,8	1,4	1,0	6,5	21,8	1,3	1,6	1,8	3,6	-5,0	-5,0	7,3	7,2
15:00	0,4	2,6	4,4	15,6	-0,3	-0,4	4,6	17,3	-0,1	-0,3	0,6	4,6	-5,5	-5,5	4,6	5,6
16:00	-1,9	-0,4	0,8	8,7	-2,3	-2,2	-1,3	7,6	-2,0	-1,9	-1,1	2,6	-6,2	-6,2	0,5	12,9
17:00	-4,4	-2,8	-2,8	1,6	-4,2	-4,6	-4,6	2,6	-4,2	-4,3	-4,3	-1,4	-10,6	-2,8	-2,8	2,7
18:00																
19:00																
20:00																
11 Şubat 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	1,7	1,5	0,8	0,9	2,2	2,3	1,6	1,4	2,2	2,3	2,3	2,7	1,2	1,4	1,4	1,7
08:00	8,0	13,5	3,3	3,0	3,3	3,3	8,4	12,6	4,0	4,3	3,3	3,2	8,7	15,3	4,9	4,6
09:00	11,1	17,1	5,0	4,7	5,0	5,2	10,5	20,3	5,7	6,2	5,4	4,5	14,8	22,5	6,1	7,9
10:00							12,4	25,4					18,4	24,8	7,4	12,7
11:00	9,4	15,2	7,8	8,2	6,8	6,8	8,3	20,1	7,2	7,9	7,8	8,0	11,1	16,7	7,9	15,4
12:00	7,5	11,7	7,3	8,2	7,2	7,8	10,8	20,8	7,6	8,2	7,5	7,9	9,7	16,2	8,5	17,8
13:00	9,0	12,2	9,6	11,6	7,3	7,4	14,5	24,8	7,6	7,5	8,0	9,2	8,5	13,7	15,6	29,7
14:00	8,4	10,6	12,6	19,8	7,3	7,5	10,1	19,6	6,7	6,4	7,2	11,4	5,9	9,5	13,3	27,0
15:00	6,7	8,2	11,3	21,3	5,9	6,3	7,5	16,6	4,8	4,7	7,3	11,0	4,5	9,0	12,4	25,6
16:00	5,0	6,2	10,2	21,2	4,3	4,7	3,4	8,5	2,5	2,8	2,7	5,5	1,2	4,3	4,3	9,9
17:00	2,6	3,9	3,1	8,3	2,4	2,6										
18:00																
19:00																
20:00																
21 Şubat 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	2,7	2,5	2,6	2,3	4,1	3,8	2,5	2,6	4,1	4,2	4,3	4,4	2,4	2,8	2,9	2,4
07:00	3,1	2,9	2,7	2,5	2,7	2,3	2,1	2,4	2,9	2,6	2,8	2,7	2,5	2,4	2,8	2,3
08:00	6,1	7,1	5,0	5,3	5,2	5,3	4,7	6,6	5,8	6,3	5,1	5,7	4,9	7,2	4,8	5,3
09:00	8,0	10,8	6,4	7,4	6,5	7,0	6,5	10,9	7,5	8,1	6,8	6,9	3,4	11,5	6,6	8,2
10:00	11,4	15,3	8,2	9,9	7,8	8,5	11,0	18,6	8,4	9,8	8,5	8,6	8,5	18,3	10,0	13,8
11:00																
12:00																
13:00	10,7	15,0	13,6	20,8	8,9	9,6	14,5	30,1	9,0	10,7	9,7	10,4	8,1	18,8	14,7	28,3
14:00	11,0	13,5	16,6	28,9	10,4	10,6	16,2	30,0	10,4	11,0	10,9	14,3	10,4	17,6	18,5	36,9
15:00	12,8	13,2	15,9	29,1	9,5	9,8	14,6	28,5	9,3	9,7	10,1	14,5	8,8	16,2	18,8	37,7
16:00	9,4	11,2	11,2	21,1	8,3	9,0	8,7	19,1	8,6	9,3	9,6	13,1	6,9	12,7	12,0	36,2
17:00	6,3	7,8	6,7	13,9	6,6	7,6	5,4	12,9	6,8	7,6	6,9	9,1	1,9	8,6	7,0	14,2
18:00																
19:00																
20:00																
01 Mart 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	-0,6	-0,5	-0,2	0,1	-0,6	0,4	-0,3	-0,2	0,1	0,7	0,2	0,7	-0,7	-0,4	-0,4	-0,5
08:00	-0,6	-0,3	0,1	0,4	0,2	0,5	-0,8	-0,4	-0,2	0,9	-0,4	0,7	-0,5	0,4	-0,3	0,3
09:00	0,1	1,2	-0,8	0,2	-0,3	1,1	-0,7	0,2	-0,2	2,8	0,2	2,5	0,2	2,3	0,0	2,1
10:00	0,7	3,4	-0,3	2,4	0,0	1,9	0,4	2,6	0,2	4,2	0,7	3,7	0,8	4,2	0,8	3,9
11:00	1,8	6,5	0,5	4,0	0,5	3,2	0,7	4,6	0,7	4,5	0,4	3,5	1,1	4,9	0,9	4,4
12:00	0,9	6,8	0,4	4,1	0,3	2,7	1,4	5,8	0,6	4,5	0,4	3,5	1,1	4,9	0,9	4,4
13:00	2,1	8,7	2,3	7,0	1,9	5,5	1,6	6,9	2,3	7,6	2,1	6,1	1,8	6,8	1,8	6,5
14:00	2,5	10,5	2,8	8,4	2,8	8,1	2,0	8,3	2,7	9,6	2,2	7,4	2,4	8,6	2,7	8,2
15:00	2,0	10,1	1,7	6,6	1,4	4,8	2,2	7,9	1,9	7,5	2,1	6,6	1,2	7,4	2,0	6,9
16:00	1,8	8,9	2,1	7,3	1,1	4,0	2,2	7,6	1,2	5,8	1,5	5,6	0,5	6,4	2,5	7,7
17:00	-0,4	5,1	0,3	5,7	0,1	2,8	0,5	4,9	-0,1	3,6	0,2	3,9	-0,7	4,6	1,0	6,1
18:00																
19:00																
20:00																
11 Mart 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	7,9	7,4	7,6	7,4	7,8	7,4	7,1	7,3	7,8	7,6	8,0	7,7	6,8	7,0	7,8	7,5
08:00	8,3	8,1	8,2	8,1	8,5	8,2	7,9	8,3	8,8	8,6	8,5	8,6	7,6	7,8	8,2	8,4
09:00	8,2	8,1	8,7	8,8	8,0	8,0	8,5	8,5	8,0	8,1	8,3	8,3	7,9	8,0	8,5	8,7
10:00	9,3	9,0	9,1	9,7	10,3	10,5	9,6	9,6	10,4	10,9	10,6	10,9	8,6	9,3	9,2	9,8
11:00	10,2	10,8	10,5	11,5	10,8	11,3	9,5	10,9	10,7	11,4	10,9	11,4	9,3	10,3	10,2	11,3
12:00	10,0	10,8	10,0	11,2	10,9	11,8	9,1	10,7	10,9	11,9	10,9	11,8	9,2	10,4	9,4	10,8
13:00	9,9	11,3	8,5	10,0	10,4	11,9	8,2	10,0	10,5	12,1	10,4	11,3	9,0	10,5	8,4	9,7
14:00	10,1	11,6	10,6	11,5	10,5	12,2	8,9	10,4	10,4	12,2	10,8	11,6	9,3	10,7	9,6	10,5
15:00	11,3	13,4	13,7	17,5	13,1	15,3	14,6	10,7	13,0	15,1	13,7	15,8	10,6	13,4	12,3	16,6
16:00	11,1	13,2	13,3	17,8	11,8	14,3	10,1	13,9	11,7	14,1	12,5	15,3	9,5	12,8	11,8	15,9
17:00	10,9	12,6	11,8	15,9	10,7	13,1	9,6	12,2	10,4	12,4	11,5	14,7	10,5	13,5	11,0	14,6
18:00	8,9	9,9	9,0	11,4	9,1	10,7	7,9	9,6	9,2	10,4	9,4	11,7	9,9	12,8	8,6	10,4
19:00																
20:00																
21 Mart 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00	8,9	11,0	6,8	7,0	6,6	7,0	7,1	7,9	7,6	8,4	6,9	7,2	6,9	9,9	7,3	6,9
07:00	16,5	27,8	10,8	10,2	11,9	11,8	13,4	16,1	14,8	17,9	12,2	10,9	13,8	24,5	11,9	11,0
08:00	18,9	34,7	13,3	12,8	14,3	14,1	17,9	23,9	15,8	19,5	14,3	13,2	19,1	33,4	14,8	14,6
09:00	21,8	34,9	16,3	15,8	18,1	18,0	21,1	30,5	18,8	20,6	18,3	17,2	21,2	36,9	17,4	17,7
10:00	22,4	33,4	19,9	19,3	20,3	20,5	24,1	34,9	21,0	22,1	20,5	19,0	23,6	38,4	21,3	24,8
11:00	21,1	28,8	20,4	20,9	21,6	21,6	25,0	38,1	22,0	22,8	22,0	20,8	21,1	34,8	23,3	28,9
12:00	21,9	25,5	24,7	27,7	22,6	22,7	25,9	39,5	22,5	23,0	22,0	22,9	25,0	31,4	26,5	37,7
13:00	21,6	24,6	26,1	32,5	22,1	23,5	24,3	34,1	21,3	22,8	23,2	25,5	20,6	27,1	26,2	38,2
14:00	22,1	24,6	26,4	34,5	23,7	25,3	23,1	29,9	22,8	24,4	25,3	28,8	22,0	25,4	25,4	36,4
15:00	19,8	22,5	23,5	30,5	21,0	23,2	22,2	28,4	20,3	22,6	21,6	25,7	20,1	24,1	22,8	31,7
16:00	19,9	22,0	21,1	24,8	20,0	22,2	19,9	24,4	19,8	21,9	20,3	23,5	18,1	21,6	20,6	24,8
17:00	17,7	19,2	18,2	21,5	17,2	19,4	17,8	21,2	16,9	19,2	17,4	20,7	16,9	18,9	18,3	21,6
18:00																
19:00																
20:00																
01 Nisan 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	4,5	4,8	4,1	3,0	4,0	3,5	4,2	4,0	4,4	4,2	4,1	3,6	2,8	4,5	4,2	2,8
08:00	6,7	8,3	4,7	3,8	5,0	4,7	6,5	6,8	6,2	6,3	5,2	4,5	5,0	7,8	4,6	4,6
09:00	6,2	7,9	5,9	4,9	8,1	8,2	6,2	7,1	8,3	9,1	8,4	7,9	5,3	7,5	6,3	5,4
10:00	7,4	10,0	7,6	7,5	7,9	8,6	7,3	9,2	7,8	9,3	8,2	8,3	6,4	9,2	7,5	8,2
11:00	9,5	13,0	9,7	10,4	8,9	10,3	9,8	12,8	8,7	10,6	9,3	9,9	8,1	12,4	8,8	11,8
12:00	9,0	12,8	10,3	12,3	9,2	11,4	9,3	13,1	9,0	11,4	9,7	11,7	7,2	12,6	9,4	12,9
13:00	10,1	13,1	12,5	14,5	10,9	12,8	10,8	15,1	11,3	13,1	11,3	13,3	8,5	13,4	11,1	14,9
14:00	8,0	11,2	10,3	13,5	9,9	12,5	8,0	12,6	9,9	12,8	10,3	13,4	7,7	10,0	9,3	13,4
15:00	8,7	10,5	9,1	11,2	9,3	11,2	8,6	11,1	9,2	11,6	9,5	11,4	7,6	9,8	9,1	11,2
16:00	7,2	10,2	6,7	8,3	7,6	8,8	7,0	9,6	7,8	10,1	8,2	9,9	5,9	9,0	6,9	8,9
17:00	5,1	7,9	4,7	5,8	4,9	5,8	5,3	7,7	5,5	7,3	5,0	6,7	4,6	6,9	5,0	7,1
18:00	5,3	7,0	3,8	4,7	3,3	3,4	4,7	6,2	4,0	4,9	3,7	4,3	4,2	5,6	4,8	5,5
19:00																
20:00																
11 Nisan 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybatı (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybatı (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	14,0	25,5	9,0	8,1	9,4	8,8	9,1	10,1	13,2	16,4	9,9	8,4	9,1	18,0	10,6	7,8
08:00	14,9	28,9	9,5	8,7	10,1	9,2	9,4	11,5	13,2	18,0	10,1	8,2	10,6	21,0	11,1	8,4
09:00	19,3	37,6	12,3	11,7	13,7	13,8	15,5	21,5	14,9	22,4	13,2	11,9	16,9	31,2	12,2	11,9
10:00	21,5	37,3	14,6	13,8	15,3	15,5	18,7	26,7	15,5	19,8	14,8	13,5	18,6	34,5	15,3	14,7
11:00	19,6	29,0	19,6	19,8	18,9	20,3	22,5	32,4	19,2	22,6	18,1	18,5	20,8	34,4	21,3	24,4
12:00	18,3	27,9	19,0	19,9	18,3	19,8	21,3	32,8	18,0	21,	17,8	18,6	19,0	31,6	20,4	23,9
13:00	19,5	26,2	21,6	24,3	20,1	21,5	22,2	33,7	19,5	23,2	19,9	21,3	18,2	28,8	23,2	29,7
14:00	18,5	22,9	23,8	29,0	20,9	23,0	21,2	29,9	19,1	21,9	20,7	24,0	16,6	24,2	23,3	32,6
15:00	19,1	22,7	24,5	32,3	21,8	24,0	20,8	28,8	20,8	23,6	22,2	26,9	17,0	23,5	24,0	33,5
16:00	18,4	21,2	23,0	33,3	19,3	22,2	19,0	24,3	18,8	21,3	20,7	27,5	15,7	21,7	21,3	30,7
17:00	17,1	19,8	21,2	31,3	18,2	21,4	17,6	22,2	17,4	20,3	19,9	26,6	15,0	19,9	19,9	28,3
18:00	15,6	17,1	16,5	25,0	15,9	18,9	16,0	18,1	15,3	17,2	16,1	23,7	12,2	17,1	16,7	22,6
19:00	14,5	15,7	15,2	21,6	15,0	16,9	14,4	16,2	14,8	16,3	14,7	21,0	12,5	15,6	14,9	19,0
20:00																
21 Nisan 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	9,9	10,3	9,9	10,1	10,7	10,7	10,7	10,7	11,0	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
08:00	11,2	11,9	11,7	11,9	12,4	12,4	11,6	12,2	12,2	12,2	12,2	12,4	11,2	12,2	11,8	12,5
09:00	13,6	15,3	13,4	14,3	15,2	16,3	13,5	14,8	15,3	17,0	15,5	15,9	12,9	14,8	13,1	14,9
10:00	15,3	18,4	15,0	16,7	14,8	16,5	15,5	18,0	14,8	17,1	14,8	15,6	15,1	18,1	15,2	17,9
11:00	15,5	18,5	16,4	18,9	18,1	19,8	16,1	19,0	18,0	20,7	18,6	19,0	15,5	18,5	16,1	19,4
12:00	16,5	19,7	17,8	21,2	18,3	21,1	17,2	21,5	18,3	21,3	18,7	20,7	16,2	20,1	17,2	22,0
13:00	17,8	21,3	19,4	24,5	18,2	21,6	18,8	24,3	17,7	21,6	18,5	21,3	17,2	21,3	19,1	25,9
14:00	17,6	21,1	19,2	24,7	19,0	22,4	18,8	23,5	18,9	22,8	19,6	22,5	17,8	20,8	17,4	25,5
15:00	16,3	19,2	18,4	22,6	16,9	20,5	16,9	20,4	16,9	20,3	17,3	20,7	15,8	18,6	16,9	22,0
16:00	18,7	20,8	24,7	36,0	19,6	22,2	18,7	21,6	19,6	21,9	23,8	29,8	16,4	20,2	22,7	32,5
17:00	17,7	19,3	25,2	41,5	18,5	22,3	17,9	20,5	18,3	20,7	24,2	33,6	16,6	19,1	22,4	33,5
18:00	16,8	17,3	19,0	34,1	16,8	21,5	16,6	17,9	16,1	17,9	18,8	30,5	15,5	17,1	17,1	26,8
19:00																
20:00																
01 Mayıs 2011	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
	10,5	10,9	9,8	9,3	10,1	9,5	9,9	9,6	10,6	10,5	10,2	9,7	9,3	10,2	10,4	9,6
	10,6	11,1	9,9	9,8	10,6	11,0	10,2	10,3	11,3	11,6	11,0	10,8	9,7	10,6	10,2	10,3
	17,7	23,9	12,9	12,5	13,7	13,7	12,8	15,0	16,7	19,4	13,8	12,9	15,7	20,7	12,6	12,6
	17,6	25,3	16,0	16,0	15,7	16,0	16,3	19,8	17,0	20,5	15,9	15,0	16,0	23,8	15,8	16,9
	21,2	29,9	17,6	17,9	17,5	18,7	19,8	25,7	17,9	22,2	17,5	17,0	20,4	29,8	17,5	19,4
	19,5	27,6	17,2	18,0	17,7	18,7	18,6	24,9	17,8	22,1	17,0	17,6	18,5	26,5	17,6	19,4
	19,7	25,6	19,5	20,7	19,8	21,3	21,2	27,4	19,4	23,1	19,7	19,6	19,1	27,6	20,6	23,6
	20,9	25,2	21,7	24,3	21,2	22,5	22,6	28,9	20,6	24,0	21,1	21,7	19,3	25,6	22,7	28,3
	22,2	24,6	28,3	35,9	22,9	23,6	23,2	29,7	22,0	23,8	24,1	27,0	20,4	24,9	27,7	37,5
	22,5	24,3	28,8	37,6	23,8	24,3	23,4	28,7	23,3	24,3	25,8	28,7	20,8	24,7	17,6	38,7
	22,0	22,5	28,3	41,8	23,0	24,8	22,2	24,9	22,1	23,4	26,5	33,9	19,8	23,1	25,9	37,0
22,2	22,7	27,9	43,1	22,5	25,6	23,1	24,8	21,9	22,8	26,4	36,0	20,6	23,7	26,5	36,5	
21,2	21,8	22,2	33,6	20,4	23,8	21,0	22,2	20,3	21,1	21,6	31,2	19,3	21,5	22,1	28,9	
20,8	21,3	21,6	31,5	20,0	22,8	21,2	22,3	19,8	20,5	20,2	28,3	19,8	21,4	21,9	27,7	
20:00																
11 Mayıs 2011	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
	10,5	10,9	9,8	9,3	10,1	9,5	9,9	9,6	10,6	10,5	10,2	9,7	9,3	10,2	10,4	9,6
	10,6	11,1	9,9	9,8	10,6	11,0	10,2	10,3	11,3	11,6	11,0	10,8	9,7	10,6	10,2	10,3
	17,7	23,9	12,9	12,5	13,7	13,7	12,8	15,0	16,7	19,4	13,8	12,9	15,7	20,7	12,6	12,6
	17,6	25,3	16,0	16,0	15,7	16,0	16,3	19,8	17,0	20,5	15,9	15,0	16,0	23,8	15,8	16,9
	21,2	29,9	17,6	17,9	17,5	18,7	19,8	25,7	17,9	22,2	17,5	17,0	20,4	29,8	17,5	19,4
	19,5	27,6	17,2	18,0	17,7	18,7	18,6	24,9	17,8	22,1	17,0	17,6	18,5	26,5	17,6	19,4
	19,7	25,6	19,5	20,7	19,8	21,3	21,2	27,4	19,4	23,1	19,7	19,6	19,1	27,6	20,6	23,6
	20,9	25,2	21,7	24,3	21,2	22,5	22,6	28,9	20,6	24,0	21,1	21,7	19,3	25,6	22,7	28,3
	22,2	24,6	28,3	35,9	22,9	23,6	23,2	29,7	22,0	23,8	24,1	27,0	20,4	24,9	27,7	37,5
	22,5	24,3	28,8	37,6	23,8	24,3	23,4	28,7	23,3	24,3	25,8	28,7	20,8	24,7	17,6	38,7
	22,0	22,5	28,3	41,8	23,0	24,8	22,2	24,9	22,1	23,4	26,5	33,9	19,8	23,1	25,9	37,0
22,2	22,7	27,9	43,1	22,5	25,6	23,1	24,8	21,9	22,8	26,4	36,0	20,6	23,7	26,5	36,5	
21,2	21,8	22,2	33,6	20,4	23,8	21,0	22,2	20,3	21,1	21,6	31,2	19,3	21,5	22,1	28,9	
20,8	21,3	21,6	31,5	20,0	22,8	21,2	22,3	19,8	20,5	20,2	28,3	19,8	21,4	21,9	27,7	
20:00																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	15,3	21,9	9,8	9,6	9,7	10,4	9,8	8,8	14,0	17,8	9,6	9,4	12,3	17,4	9,7	8,7
07:00	16,1	26,5	9,8	9,3	9,9	10,5	9,7	8,6	14,9	18,6	10,2	9,6	13,7	18,4	9,8	8,5
08:00	21,1	40,8	13,2	12,5	14,5	14,6	13,8	15,7	19,3	27,6	14,0	12,9	18,1	30,1	13,9	12,5
09:00	23,8	43,6	15,3	14,5	17,0	17,1	17,3	21,1	20,1	27,7	16,8	16,0	21,6	35,1	16,1	14,8
10:00	23,7	41,7	17,2	16,0	17,3	17,7	20,6	26,7	18,4	24,9	17,0	16,6	21,5	37,7	16,6	17,3
11:00	20,8	32,6	19,6	18,5	18,7	19,5	23,6	30,5	19,4	22,0	18,6	18,1	20,7	34,5	19,0	19,8
12:00	20,7	31,4	20,0	18,8	19,3	20,1	23,9	31,1	19,5	22,6	19,5	18,6	21,3	35,3	19,5	22,0
13:00	21,3	28,0	22,6	23,6	21,2	21,8	24,2	31,7	21,0	22,8	20,7	20,6	19,8	37,2	24,2	29,5
14:00	21,9	27,0	28,6	34,1	21,8	22,4	23,5	30,7	21,8	23,5	22,3	24,4	20,1	26,3	27,0	35,7
15:00	22,0	26,3	27,5	36,2	22,9	23,8	22,2	27,8	22,5	24,4	25,3	28,5	18,8	25,1	26,9	36,8
16:00	16,6	23,1	19,6	23,8	18,0	20,0	18,8	23,9	18,2	20,6	18,0	21,8	17,7	22,0	19,5	25,4
17:00	21,0	24,4	26,0	35,1	21,0	23,2	20,9	24,1	21,0	22,1	25,0	29,8	17,7	22,9	24,6	31,4
18:00	19,0	21,5	23,6	33,5	20,9	23,6	19,0	21,2	19,4	20,2	23,5	29,7	17,2	20,1	21,8	29,6
19:00	17,7	19,9	19,2	24,8	18,7	21,3	17,9	19,7	18,2	19,0	18,8	24,4	16,0	18,8	16,5	23,3
20:00																
21 Mayıs 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	21,9	26,9	19,3	19,6	17,9	19,0	19,1	19,6	20,7	23,6	18,0	18,3	20,3	25,2	20,2	19,7
07:00	20,8	27,2	18,5	19,2	18,5	18,7	18,6	19,5	19,6	22,7	17,7	18,2	19,0	23,0	19,3	19,4
08:00	21,7	31,4	20,7	21,4	20,7	21,7	20,4	22,1	21,3	26,8	20,8	21,1	20,3	26,8	20,6	21,2
09:00	20,2	28,8	19,1	20,9	19,7	20,8	19,6	21,8	20,4	24,7	19,8	20,7	19,8	24,5	20,1	20,9
10:00	28,6	41,9	24,1	24,4	23,4	24,4	26,3	31,6	24,1	29,3	22,9	23,7	26,4	37,5	24,4	25,2
11:00	26,8	38,5	26,9	26,6	25,6	27,2	27,7	35,1	26,0	29,3	25,2	26,1	27,1	38,0	26,1	27,3
12:00	27,7	35,8	27,9	28,1	27,5	28,8	29,1	36,7	27,6	30,2	26,6	27,5	28,3	38,1	27,3	29,8
13:00	24,1	30,4	24,0	26,2	23,9	27,3	24,0	29,3	24,2	28,3	24,1	24,8	23,3	30,1	24,5	27,9
14:00	25,2	30,8	25,8	28,9	24,0	25,3	24,7	30,3	24,3	27,3	24,3	27,1	23,4	29,3	26,0	30,3
15:00	23,3	27,9	27,7	33,5	22,8	23,5	23,8	28,1	23,1	24,7	25,6	28,5	22,2	26,6	26,6	33,2
16:00	23,9	27,3	28,9	37,6	25,0	26,4	24,7	28,0	25,2	26,0	28,7	33,6	23,2	26,3	28,4	36,5
17:00	24,3	27,6	28,6	38,3	25,1	26,1	25,7	28,6	24,1	25,2	27,7	34,4	24,7	27,5	28,5	36,2
18:00	20,4	23,8	20,7	23,5	21,2	23,8	20,4	23,6	20,8	23,3	20,7	26,5	19,8	23,4	20,5	22,9
19:00	20,3	22,4	22,0	25,4	21,7	24,6	20,4	22,7	21,0	22,4	21,8	25,8	20,3	22,2	21,5	23,4
20:00																
01 Haziran 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00	24,8	33,3	19,0	18,5	19,8	20,9	18,3	18,1	24,0	28,4	19,8	19,6	20,3	25,7	19,0	18,1
08:00	20,5	49,8	21,8	21,2	21,7	21,6	21,9	23,4	26,2	33,2	21,6	20,8	24,7	37,6	23,8	21,5
09:00	32,3	53,7	24,5	23,7	25,1	24,8	24,3	28,8	29,3	27,3	25,0	24,0	28,3	43,8	24,6	24,1
10:00	33,3	52,4	27,1	26,2	28,1	28,1	28,5	33,5	29,7	36,8	27,6	26,3	32,5	43,6	24,7	27,7
11:00	32,8	48,5	29,8	29,4	30,1	30,8	30,7	37,4	30,9	34,6	29,4	28,8	30,5	44,5	29,0	30,6
12:00	30,7	43,0	30,9	31,2	32,4	33,1	31,6	39,3	32,4	35,7	32,4	31,2	28,8	42,7	30,2	33,7
13:00	29,1	38,0	31,2	33,8	30,5	32,9	29,4	36,0	30,2	34,5	30,4	31,8	27,6	37,1	30,1	34,5
14:00	25,0	32,0	25,1	27,8	24,3	27,0	25,3	30,5	24,6	28,5	24,7	27,0	23,7	31,1	25,9	29,6
15:00	20,6	27,8	16,2	20,0	17,4	20,6	19,4	24,6	19,3	22,8	16,5	20,2	19,8	26,6	17,6	21,7
16:00	21,1	25,5	21,4	21,6	21,1	21,3	20,8	23,5	20,7	22,8	20,2	21,1	20,8	25,3	18,7	22,1
17:00	23,7	27,3	27,8	32,4	26,5	27,3	23,9	25,9	25,2	26,5	27,5	29,5	23,8	26,8	24,2	29,8
18:00	23,2	26,6	29,4	37,9	25,2	27,0	24,5	26,2	23,3	24,6	27,3	33,5	23,4	26,0	25,4	31,9
19:00	20,4	23,2	21,8	27,2	20,9	23,3	20,4	22,5	20,0	21,8	20,8	25,8	20,3	23,5	21,3	24,5
20:00																
11 Haziran 2011																
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	24,4	35,1	17,6	17,4	16,9	19,6	17,9	17,0	22,1	28,7	16,8	16,9	19,4	25,3	17,8	17,1
07:00	25,1	39,8	18,9	18,0	19,7	20,9	18,3	17,6	23,8	31,0	19,1	18,4	21,5	27,5	18,9	17,7
08:00	30,3	51,4	22,4	21,8	22,8	22,9	22,3	23,4	27,4	34,9	23,0	22,1	24,9	38,2	22,9	21,7
09:00	31,9	53,8	23,8	23,2	24,6	24,2	24,8	28,4	28,8	34,8	24,6	23,4	30,8	41,6	24,6	23,8
10:00	33,5	53,2	26,5	25,6	27,8	27,7	28,8	34,3	29,3	35,8	27,7	26,4	29,1	45,6	26,7	26,4
11:00	32,9	48,6	29,8	28,7	28,9	28,3	31,7	38,2	29,2	32,6	28,3	27,2	30,0	45,3	28,9	29,1
12:00	30,3	43,0	29,8	28,8	30,4	29,6	32,1	39,6	30,2	32,4	30,1	28,5	29,0	42,0	29,5	30,1
13:00	30,8	37,0	33,5	35,3	31,2	30,3	30,9	39,7	31,2	31,6	30,7	30,1	31,3	34,8	33,4	39,4
14:00	30,7	36,1	34,2	36,9	32,7	31,8	31,4	39,7	32,2	33,0	32,8	32,7	29,9	34,8	34,3	41,0
15:00	31,3	34,7	37,9	46,7	33,2	32,3	31,5	35,6	32,7	32,5	35,5	38,6	28,1	33,3	37,2	47,6
16:00	30,8	33,3	39,3	51,7	33,0	33,3	31,4	35,1	32,5	32,4	36,3	42,4	29,8	32,7	36,9	48,7
17:00	30,5	33,0	38,6	54,8	34,5	35,8	30,8	33,6	32,5	32,6	37,4	46,4	28,0	31,7	36,1	47,8
18:00	30,0	31,8	37,3	53,6	34,2	37,3	30,4	32,4	31,5	31,8	36,9	47,9	26,8	30,7	34,8	45,3
19:00	28,0	29,5	30,6	40,9	28,9	33,2	27,6	28,9	28,1	28,7	29,8	39,9	25,7	27,9	29,5	36,2
20:00	26,5	28,0	27,5	33,1	27,4	29,3	26,2	27,6	27,3	28,1	27,3	33,5	23,2	25,3	27,5	31,6
21 Haziran 2011																

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00																
07:00																
08:00	50,4	30,6	23,2	21,9	23,5	23,5	22,5	24,8	27,8	37,8	23,6	21,5	26,8	40,1	23,0	21,6
09:00	50,7	31,5	22,9	21,8	25,4	25,2	23,2	26,8	28,8	38,6	24,1	23,0	28,4	43,3	23,7	22,6
10:00	51,6	32,7	26,4	25,2	27,9	27,7	27,7	32,6	28,5	38,6	27,7	25,1	32,2	45,4	26,2	25,7
11:00	46,1	32,8	28,7	27,4	31,7	31,7	30,3	36,6	30,8	37,7	31,3	29,0	30,5	44,0	28,3	28,4
12:00	39,8	29,9	30,6	29,6	30,8	30,9	32,6	40,0	29,4	33,4	30,8	28,8	32,8	43,8	30,5	33,5
13:00	36,8	30,4	32,8	34,7	31,8	31,6	31,3	40,3	30,3	32,9	30,5	30,1	32,9	38,3	34,5	38,8
14:00	35,7	30,7	35,9	39,5	32,3	31,8	31,4	38,8	30,9	32,8	33,1	33,5	32,3	34,7	34,8	43,8
15:00	34,8	30,9	38,6	47,4	32,5	31,8	31,8	36,8	30,7	32,4	35,1	39,9	32,2	33,8	37,5	49,3
16:00	32,8	29,9	38,5	54,2	32,3	33,8	30,6	34,4	31,4	32,2	37,3	45,4	30,5	31,8	36,0	48,4
17:00	32,1	29,4	36,5	53,0	33,0	33,7	29,6	33,3	30,6	31,6	36,6	45,7	29,7	30,8	34,6	47,3
18:00	30,7	28,7	35,7	52,6	32,6	35,5	29,3	31,8	29,3	30,2	34,4	46,3	29,4	29,8	33,1	43,6
19:00	28,2	26,7	30,4	42,5	28,6	33,3	26,4	28,3	27,5	28,4	29,4	38,0	26,8	27,2	28,0	36,4
20:00	25,8	24,0	25,6	33,4	26,1	29,6	23,7	25,6	25,6	26,7	29,4	38,0	23,7	24,6	24,9	30,7
Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
05:00																
06:00																
07:00	30,8	43,8	25,8	25,7	26,2	26,6	25,5	26,3	29,1	34,5	25,4	25,9	28,5	35,6	26,2	25,7
08:00	33,2	49,0	28,5	28,0	29,4	29,4	28,9	31,6	31,0	37,1	28,3	28,8	31,5	41,8	29,2	29,2
09:00	34,3	49,6	30,7	30,4	31,2	31,5	31,4	35,6	32,0	38,1	30,0	31,1	32,6	42,8	30,7	31,6
10:00	36,7	53,5	31,2	30,9	32,5	32,6	34,1	39,3	32,3	38,5	30,6	31,5	34,9	47,0	31,7	32,4
11:00	36,3	48,5	34,0	33,7	35,7	35,7	35,6	42,7	34,3	39,0	33,8	34,6	35,7	47,5	34,0	35,4
12:00	36,3	46,2	36,2	36,2	35,6	36,2	38,0	45,9	35,4	38,8	33,6	34,6	37,7	48,2	36,2	37,8
13:00	32,4	39,8	32,1	33,9	32,2	34,3	31,9	38,2	31,8	36,3	30,8	33,4	31,8	39,2	32,5	34,9
14:00	34,4	40,3	35,8	38,9	35,1	36,2	35,2	41,9	34,0	37,6	34,0	36,4	36,8	39,6	36,3	41,4
15:00	36,6	39,7	40,8	47,3	36,7	37,5	37,6	42,5	35,6	37,2	38,4	41,7	39,3	40,4	41,8	49,8
16:00	34,2	36,9	38,3	47,7	35,6	37,0	34,7	38,9	34,5	35,9	36,8	41,9	35,9	37,1	38,0	47,6
17:00	33,0	35,8	34,8	40,7	34,3	35,9	32,6	36,5	33,5	35,4	33,7	37,5	33,1	35,1	33,7	41,2
18:00	31,4	33,6	33,2	36,1	32,2	33,0	32,1	34,8	31,8	33,3	31,9	34,3	32,3	33,3	32,7	37,1
19:00	29,6	31,4	30,8	32,6	29,8	30,6	30,2	31,9	29,6	30,6	29,5	31,4	29,2	30,9	30,8	32,7
20:00	28,0	29,6	27,9	28,9	28,9	29,4	27,8	29,6	28,8	29,8	28,8	30,2	27,7	28,7	28,5	29,9

01 Temmuz 2011

11 Temmuz 2011

Saat	Doğu (-90°)		Bati (90°)		Kuzey (±180°)		Güney (0°)		Kuzeydoğu (-135°)		Kuzeybati (135°)		Güneydoğu (-45°)		Güneybati (45°)	
	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar	Pencere	Duvar
05:00																
06:00	22,2	26,7	19,2	18,8	19,2	19,9	18,8	18,5	21,8	24,2	19,3	19,2	20,6	22,6	19,3	18,7
07:00	27,1	29,9	21,5	20,8	23,0	24,0	21,3	21,1	27,6	34,6	22,9	22,6	25,3	31,1	21,9	20,8
08:00	30,7	49,5	24,1	23,3	25,6	26,3	23,7	25,7	30,1	39,7	25,7	24,9	27,8	39,1	24,4	23,1
09:00	31,9	50,2	26,2	25,4	27,1	27,5	28,1	31,6	29,8	38,9	27,1	25,6	30,7	43,6	27,1	26,3
10:00	33,3	49,3	28,1	27,2	30,6	31,2	30,0	35,4	31,3	39,8	30,5	28,8	33,0	45,3	28,5	28,0
11:00	33,5	47,3	32,1	31,3	31,5	32,5	33,0	40,0	31,0	36,3	32,0	29,8	33,6	44,5	30,8	31,3
12:00	32,6	43,4	32,7	31,9	34,0	34,9	34,1	41,7	33,2	37,8	34,3	32,2	35,5	44,0	31,8	34,3
13:00	34,7	41,9	36,9	39,0	35,5	35,9	35,8	44,5	34,3	38,5	36,4	34,8	37,0	39,7	36,8	42,3
14:00	32,1	38,5	35,5	40,1	33,5	35,3	33,2	42,2	32,7	36,7	34,8	35,7	34,2	38,1	34,6	42,8
15:00	33,9	37,9	39,6	47,3	34,8	35,1	34,4	41,9	33,4	36,2	37,8	39,8	35,8	37,8	38,8	49,3
16:00	33,3	36,0	41,3	55,3	35,5	36,3	33,5	38,6	34,6	36,7	39,6	45,5	35,1	35,6	38,9	51,1
17:00	32,7	34,9	41,2	58,5	36,2	38,4	33,5	37,3	34,3	36,5	38,8	50,3	34,5	35,0	38,5	50,9
18:00	32,1	33,7	37,4	52,9	34,9	38,7	32,0	34,4	31,9	33,8	36,6	46,8	33,0	32,9	35,7	44,8
19:00	30,2	32,0	33,3	45,3	32,6	37,8	30,0	32,6	30,6	32,8	33,5	42,8	30,6	31,5	31,8	39,5
20:00	27,3	29,1	28,7	36,1	28,1	31,6	27,3	29,5	27,4	29,6	28,5	35,6	27,6	28,5	28,4	33,8

21 Temmuz 2011

ÖZGEÇMİŞ

19 Haziran 1980 yılında Tekirdağ ilinin Saray ilçesinde doğan Betül BEKTAŞ EKİCİ, İlköğrenimini İstanbul ve Doğubayazıt'ta tamamladı. Ortaöğretimini, İskenderun İstiklal Makzume Anadolu Lisesi'nde 1998 yılında tamamladıktan sonra aynı yıl Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. Bu bölümden 2003 yılında mezun olduktan sonra Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim dalı Yapı Tasarımı bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında bu bölümdeki yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, aynı yıl aynı bölümde doktora başladı. Halen Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Yabancı dili İngilizce'dir. Evli ve bir çocuk annesidir.