

**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK VE YAPILI ÇEVRE ANABİLİM DALI

**TARİHİ CAMİLERDE TERMAL KONFOR İNCELEMESİ:
TRABZON ÇARŞI CAMİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Çağla SAYITOĞLU TAŞ

**EKİM 2019
TRABZON**

**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK VE YAPILI ÇEVRE
ANABİLİM DALI**

**TARİHİ CAMİLERDE TERMAL KONFOR İNCELEMESİ:
TRABZON ÇARŞI CAMİ ÖRNEĞİ**

Mimar Çağla SAYITOĞLU TAŞ

**Avrasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Yüksek Mimar"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10.09.2019
Tezin Savunma Tarihi : 16.10.2019**

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Esra LAKOT ALEMDAĞ

Trabzon 2019

Avrasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık ve Yapılı Çevre Anabilim Dalında
Çağla SAYITOĞLU TAŞ tarafından hazırlanan

**TARİHİ CAMİLERDE TERMAL KONFOR İNCELEMESİ:
TRABZON ÇARŞI CAMİ ÖRNEĞİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 27 / 09 / 2019 gün ve 15 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Mustafa KAVRAZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Esra LAKOT ALEMDAĞ

Üye : Doç. Dr. Buket ÖZDEMİR IŞIK

Prof. Dr. Ragıp ERDÖL
Enstitü Müdürü



Anneannem Hafız Necmiye Kalfa anısına...

ÖNSÖZ

“Tarihi Camilerde Termal Konfor İncelemesi: Trabzon Çarşı Cami Örneği” isimli bu çalışma Avrasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ve Yapılı Çevre Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programında yapılmıştır.

Çalışmanın yürütülmesi boyunca ilgisi, sabrı ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın son halini alabilmesi için büyük emek veren danışmanım değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra LAKOT ALEMDAĞ’a, tez konumun oluşmasından itibaren her aşamada yanımda olan, farklı alanlarda da desteğini gördüğüm hocam Sayın Doç. Dr. Buket ÖZDEMİR IŞIK’a, Demet ÖZDEMİR ve Yüksek Mimar Uğur IŞIK’a sabırla beni hiçbir zaman yalnız bırakmadıkları ve sonsuz desteklerini sundukları için teşekkür ederim. Mesleki gelişimim en önemli parçaları Yeditepe Üniversitesi ve Avrasya Üniversitesi’ndeki değerli hocalarıma ve öğretmenlerim adına en büyük öğreticilerim Nejla GÜLTEPE ve Murat ŞAHİN’e hayata dair kattıkları her şey için minnettarım.

Tez jürisi olarak sunduğu katkılar için Sayın Doç. Dr. Mustafa KAVRAZ’a, termal kamera çalışmalarındaki destekleri için Dr. Öğr. Üyesi Cemalettin AYGÜN ve Mustafa Yusuf YAZICI’ya, bütün yardımları için Çarşı Cami personeline teşekkür ederim.

Tez sürecinden daha fazla zorluklar getiren bu süreçte yanımda olan ve devam etmemi sağlayan, farklı noktalarda motivasyon ve desteklerini gördüğüm Aslı EROL, Dr. Dt. Emine AKBAŞ, Ufuk Hande TURNA, Dr. Ecz. M. Ezgi DURGUN KILIÇ, Selin DÜNDAR ve meslektaşlarım Enise KOCAMAN, Göksu Selin ODACI, Yağmur KABLAN GÜNAYDIN ile Burak Han SEMERCİ’ye çalışmalar boyunca sundukları ilgi, katkı ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Hayata dair vizyonuyla her alanda akıl hocam, en büyük idolüm teyzem Prof. Dr. Göksel SOMAY’a, bu süreçte büyük bir sabır ve özveri gösteren sevgili eşim Mahir TAŞ’a ve sevgileriyle bugüne kadar verdiğim tüm kararların arkasında duran ablam Selin CİNCİL, abim Ömer CİNCİL, kardeşim Atakan SAYİTOĞLU, maddi manevi tüm desteklerini sunarak başardığım her şeyi mümkün kılan annem Gülsen SAYİTOĞLU ve babam Haşim SAYİTOĞLU’na minnet ve şükranlarımı sunarım.

Son olarak en değerlim, yeğenim Defne CİNCİL’e varlığı ve sevgisiyle verdiği motivasyon için teşekkür ederim.

Çağla SAYİTOĞLU TAŞ
Trabzon 2019

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum ‘Tarihi Camilerde Termal Konfor İncelemesi: Trabzon Çarşı Cami Örneği’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doktor Öğretim Üyesi Esra Lakot Alemdağ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı ve analiz ettiğimi, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	IV
TEZ BEYANNAMESİ.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.3. Termal Konfor	4
1.3.1. Termal Konforu Etkileyen Parametreler	8
1.3.1.1 Çevresel Parametreler	9
1.3.1.1.1. Hava Sıcaklığı.....	9
1.3.1.1.2. Ortalama Radyan Sıcaklık	10
1.3.1.1.3. Bağlı Nem	11
1.3.1.1.4. Hava Hızı	11
1.3.1.2. Kişisel Parametreler	13
1.3.1.2.1. Metabolik Aktivite Düzeyi	13
1.3.1.2.2. Giysi Direnci	15
1.3.1.2.3. Yaş	18
1.3.1.2.4. Cinsiyet	19
1.3.2. Termal Konfor ile İlgili Standartlar	19
1.3.2.1. ISO 7730 Standardı	20
1.3.2.2. ASHRAE Standart 55	20
1.3.3. Termal Konfor Modelleri	22
1.3.3.1. PMV Modeli	23
1.3.3.1.1. Termal Kabul Edilebilirlik.....	26
1.3.3.2. Uyarlanabilir Termal Konfor Modeli (ATC).....	26

1.4.	Camiler	27
1.4.1.	Camilerde Kullanılan Malzemeler.....	28
1.4.2.	Camilerin Kısımları	29
1.4.2.1.	Harim	29
1.4.2.2.	Mihrap.....	30
1.4.2.3.	Minber.....	31
1.4.2.4.	Vaaz Kürsüsü.....	31
1.4.2.5.	Müezzin Mahfili	32
1.4.2.6	Hünkâr Mahfili	32
1.4.2.7	Son Cemaat Yeri.....	32
1.4.2.8	Kadınlar Mahfili	33
1.4.2.9	Minare.....	33
1.4.3.	Namaz İbadeti.....	34
1.4.3.1.	Namaz Vakitlerinin Belirlenmesi	34
1.5.	Camilerde Termal Konfor.....	36
1.5.1.	Camilerde Termal Konfor ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	37
1.6.	Enerji Simülasyon Programları.....	40
1.6.1.	IES-VE Programı.....	41
2.	YAPILAN ÇALIŞMA.....	43
2.1.	Çalışma Alanı	43
2.1.1.	Çarşı Cami	44
2.1.2.	Çarşı Cami Mimari Özellikleri	45
2.1.3.	Çarşı Cami Malzeme Özellikleri	48
2.2.	Yöntem	49
2.2.1.	DeneySEL Ölçümler	50
2.2.2.	Termal Kamera Ölçümleri.....	55
2.2.3.	Anket Çalışması.....	56
2.2.4.	Enerji Simülasyon Çalışması.....	57
2.2.4.1.	Binanın Modellenmesi.....	58
2.2.4.2.	Malzemelerin Belirlenmesi.....	59
2.2.4.3.	Simülasyonda Kullanılan Çalışma Programları (Schedule).....	60
2.2.4.3.1.	Kullanıcı Yoğunluğunun Planlanması.....	60
2.2.4.3.2.	Aydınlatma Programlarının Planlanması.....	62

2.2.4.3.3.	Isıtma ve Soğutma Sistemi Programları	62
2.2.4.4.	Mahallere Göre İç Yüklerin Tanımlanması	64
2.2.4.4.1.	Kullanıcı Yükü.....	64
2.2.4.4.2.	Aydınlatma Yükü.....	65
2.2.4.5.	Isıtma ve Soğutma Sistemleri	66
2.2.4.6.	DeneySEL Ölçümler ve Simülasyon Programı Kalibrasyonu	67
2.2.4.7.	Alternatif Senaryolar	69
3.	BULGULAR.....	71
3.1.	DeneySEL Ölçüm Bulguları	71
3.1.1.	Kış Dönemi Ölçüm Bulguları.....	71
3.1.2.	Yaz Dönemi Ölçüm Bulguları	74
3.2.	Termal Kamera Bulguları	78
3.2.1.	Kış Dönemi Termal Kamera Görüntüleri	78
3.2.2.	Yaz Dönemi Termal Kamera Görüntüleri	83
3.2.3.	Kış ve Yaz Dönemi Dış Kabuk Termal Kamera Görüntüleri.....	86
3.3.	Anket Bulguları	88
3.3.1.	Konfor Hissi Bulguları	89
3.3.2.	Sıcaklık Beklentisi Bulguları.....	90
3.3.3.	Termal His Bulguları	91
3.4.	Simülasyon Bulguları	92
3.4.1.	Senaryo-1	95
3.4.2.	Senaryo-2.....	98
3.4.3.	Senaryo-3.....	101
3.4.4.	Senaryo-4.....	103
3.4.5.	Senaryo-5.....	106
3.4.6.	Senaryo-6.....	110
3.4.7.	Senaryo-7.....	112
3.4.8.	Isıtma Yükleri	114
3.4.9.	Soğutma Yükleri.....	116
4.	SONUÇ ve ÖNERİLER	118
5.	KAYNAKLAR	123
6.	EKLER	134

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

TARİHİ CAMİLERDE TERMAL KONFOR İNCELEMESİ:
TRABZON ÇARŞI CAMİ ÖRNEĞİ

Çağla SAYITOĞLU TAŞ

Avrasya Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık ve Yapılı Çevre Anabilim
Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esra LAKOT ALEMDAĞ

Tarihi camiler kültürel olarak toplumlarda önemli bir yer tutmaktadır ve birçoğu koruma altında tescilli yapılardır. Camiler namaz vakitlerine göre aralıklı olarak kullanılmaları ve gün içerisinde farklı kullanıcı yoğunluklara sahip olmaları nedeniyle diğer binalardan farklılaşmaktadır. Tarihi cami yapılarında da diğer binalarda olduğu gibi konfor koşullarının optimum değerlerde sağlanması gerekmektedir. Optimum koşullar sağlanırken binanın enerji tüketimi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bağlamda Trabzon ili merkez Ortahisar ilçesinde bulunan ve bölgenin en büyük camisi olan Trabzon Çarşı Cami'sinde Fanger'in PMV modeli kullanılarak termal konfor çalışması yürütülmüştür. Çalışma dört aşamadan oluşmuş olup, bunlar deneysel ölçümler, anket çalışması, termal kamera görüntülemesi ve simülasyon aşamalarıdır. Deneysel ölçümler, Ağustos 2018 ve Şubat 2019 tarihlerinde yaz ve kış dönemi birer hafta olacak şekilde gerçekleştirilmiş, anket çalışması ve termal kamera görüntülemeleri eş zamanlı yürütülmüştür. Ölçümlerden elde edilen veriler ile IES-VE programında mevcut bina modellemesi yapılarak kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Tarihi taş camilerde termal konfor koşullarının iyileştirilmesi adına farklı senaryolar değerlendirilmiştir. Bu senaryolar farklı özellikte cam tipleri, çatı yalıtımı, içten duvar yalıtımı ile soğutma dönemi için doğal havalandırma senaryolarının oluşturulması şeklindedir. Alternatif senaryolardan elde edilen veriler mevcut veriler ile karşılaştırılarak caminin termal performansındaki ve enerji tüketimindeki değişim analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dini yapılar, tarihi camiler, termal konfor, PMV modeli, enerji simülasyonu

Master Thesis

SUMMARY

THERMAL COMFORT ANALYSIS IN HISTORICAL MOSQUES: CASE STUDY OF
TRABZON ÇARŞI MOSQUE

Çağla SAYITOĞLU TAŞ

Avrasya University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture and Built Environment
Department
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ

Historical mosques have an important place in cultural societies and many of them are under protection. Mosques differ from other buildings because they are used discontinuously according to prayer times and have different user densities during the day. As in other buildings, comfort conditions should be ensured at optimum values in historical mosque buildings. The building's energy consumption should also be taken into account while maintaining optimum conditions.

In this research, thermal comfort study was carried out by using PMV model of Fanger in Trabzon Çarşı Mosque, which is located in Ortahisar district of central Trabzon and the biggest mosque of the region. Study consist of four stages; experimental measurements, survey study, thermal camera view and simulation. Experimental measurements were carried out in August 2018 and February 2019 for one week in summer and winter. The surveys and thermal camera were conducted simultaneously. With the data obtained from the measurements, existing model made with IES-VE program was calibrated. Different scenarios have been proposed to improve thermal comfort conditions in historical stone mosques. These scenarios consist of different types of glass, roof insulation, interior wall insulation, and natural ventilation scenarios for the cooling period. The data obtained from alternative scenarios were compared with the existing data and the changes in thermal performance and energy consumption of the mosque were analyzed.

Key Words: Religious buildings, historical mosques, thermal comfort, PMV model, energy simulation

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye’de bulunan camilerin yıllara göre sayısı.....	2
Şekil 2. İnsan vücudundan çevreye olan ısı kaybı (Kış dönemi, iç mekân, ayakta duran kişi)	7
Şekil 3. ASHRAE Standart 55’e göre aktive seviyeleri	14
Şekil 4. Termal giysi clo değerleri	15
Şekil 5. ISO 7730 ve ASHRAE 55’e göre konfor bölgesi	22
Şekil 6. Mescid-i Nebevi’nin Anlatımlara göre görselleştirilmesi	28
Şekil 7. Trabzon Çarşı Cami harim bölümü görseli	30
Şekil 8. Trabzon Çarşı Cami mihrap görseli	30
Şekil 9. Trabzon Çarşı Cami minber (a), vaaz kürsüsü (b), müezzin mahfili (c) görseli.....	31
Şekil 10. Trabzon Çarşı Cami son cemaat yeri görseli.....	32
Şekil 11. Trabzon Çarşı Cami kadınlar mahfili görseli	33
Şekil 12. Güneşin gün içerisindeki açılarına göre namaz vakitlerinin şematik gösterimi..	36
Şekil 13. Çarşı Cami’nin Trabzon ilindeki konumu harita görseli.....	44
Şekil 14. Trabzon Çarşı cami görseli.....	45
Şekil 15. Çarşı Cami giriş kat planı	46
Şekil 16. Trabzon Çarşı Cami teknik çizimleri	47
Şekil 17. Çalışmada izlenen yöntem.....	49
Şekil 18. Ölçüm noktalarının kat planı üzerinde gösterilişi	51
Şekil 19. Cami içerisindeki farklı noktalardan alınan ölçüm görselleri	51
Şekil 20. Termal kamera ölçüm görselleri	56
Şekil 21. Simülasyon programı çalışma akış şeması.....	58
Şekil 22. Çarşı Cami modeli.....	59
Şekil 23. Çarşı cami çevre bina modeli	59
Şekil 24. IES-VE programında kullanılan kullanıcı yoğunluk programı grafik örnekleri ..	61
Şekil 25. IES-VE programında kullanılan aydınlatma programı grafik örnekleri	62
Şekil 26. IES-VE programında kullanılan ısıtma ve soğutma programları grafikleri	63
Şekil 27. Çarşı Cami aydınlatma elemanı örneği	65
Şekil 28. Çarşı Cami ısıtma ve soğutma ekipmanı görselleri.....	66

Şekil 29. Kış dönemi operatif sıcaklık verileri kalibrasyon grafiği.....	68
Şekil 30. Yaz dönemi operatif sıcaklık verileri kalibrasyon grafiği.....	68
Şekil 31. Kış dönemi dış ve iç ortam sıcaklık ve nem ortalamalarının karşılaştırılması.....	72
Şekil 32. Kış ölçümleri sıcaklık verilerine göre PMV değeri grafiği.....	73
Şekil 33. Yaz dönemi dış ve iç ortam sıcaklık ve nem değerleri grafiği.....	76
Şekil 34. Yaz ölçümleri operatif sıcaklık verilerine göre PMV değeri grafiği.....	76
Şekil 35. Kış ve yaz dönemi sıcaklık, operatif sıcaklık ve PMV ortalamalarının karşılaştırılması.....	78
Şekil 36. Kış ve yaz dönemine göre termal konfor hissi.....	89
Şekil 37. Camide geçirilen süreye göre konfor hissi.....	90
Şekil 38. Dönemlere göre kullanıcıların sıcaklık beklentisi.....	90
Şekil 39. Camide geçirilen süreye göre sıcaklık beklentisi grafiği.....	91
Şekil 40. Döneme göre ısı his grafiği.....	91
Şekil 41. Geçirilen zamana göre ısı his grafiği.....	92
Şekil 42. Kış dönemi mevcut bina simülasyonu için operatif sıcaklık değerleri.....	93
Şekil 43. Kış dönemi mevcut bina simülasyonu için PMV değerleri.....	93
Şekil 44. Yaz dönemi mevcut bina simülasyonu için operatif sıcaklık değerleri.....	94
Şekil 45. Yaz dönemi mevcut bina simülasyonu için PMV değerleri.....	95
Şekil 46. Kış dönemi Senaryo-1 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	96
Şekil 47. Kış dönemi Senaryo-1 için PMV değeri karşılaştırmaları.....	96
Şekil 48. Yaz dönemi Senaryo-1 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	97
Şekil 49. Yaz dönemi Senaryo-1 için PMV değeri karşılaştırmaları.....	97
Şekil 50. Kış dönemi Senaryo-2 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	98
Şekil 51. Kış dönemi Senaryo-2 için PMV değeri karşılaştırmaları.....	99
Şekil 52. Yaz dönemi Senaryo-2 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	100
Şekil 53. Yaz dönemi Senaryo-2 için PMV değeri karşılaştırmalar.....	100
Şekil 54. Kış dönemi Senaryo-3 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	101
Şekil 55. Kış dönemi Senaryo-3 için PMV değeri karşılaştırmaları.....	102
Şekil 56. Yaz dönemi Senaryo-3 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	102
Şekil 57. Yaz dönemi Senaryo-3 için PMV değeri karşılaştırmaları.....	103
Şekil 58. Kış dönemi Senaryo-4 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	104
Şekil 59. Kış dönemi Senaryo-4 için PMV değeri karşılaştırmaları.....	104
Şekil 60. Yaz dönemi Senaryo-4 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları.....	105

Şekil 61. Yaz dönemi Senaryo-4 için PMV değeri karşılaştırmaları	106
Şekil 62. Kış dönemi Senaryo-5 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları	107
Şekil 63. Kış dönemi Senaryo-5 için PMV değeri karşılaştırmaları	107
Şekil 64. Yaz dönemi Senaryo-5 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları	108
Şekil 65. Yaz dönemi Senaryo-5 için PMV değeri karşılaştırmaları	109
Şekil 66. Yaz dönemi Senaryo-6 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları	111
Şekil 67. Yaz dönemi Senaryo-6 için PMV değeri karşılaştırmaları	112
Şekil 68. Yaz dönemi Senaryo-7 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları	113
Şekil 69. Yaz dönemi Senaryo-7 için PMV değeri karşılaştırmaları	113
Şekil 70. Yıllık ısıtma yükleri grafiği.....	114
Şekil 71. Yıllık ısıtma yükleri kazanç yüzdesi grafiği.....	115
Şekil 72. Yıllık soğutma yükleri grafiği	116
Şekil 73. Yıllık soğutma yükü yüzdeleri grafiği	117

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Hava hızının insan üzerindeki etkisi	12
Tablo 2. ISO-7730'a göre farklı aktiviteler için verilmiş metabolik oranlar	14
Tablo 3. ASHRAE Standart 55-2017'ye göre farklı aktiviteler için verilmiş metabolik oranlar	15
Tablo 4. Çeşitli giysi türleri için ASHRAE Standart 55'de verilen değerler	16
Tablo 5. Çeşitli giysi türleri için ISO 7730'da verilen değerler	17
Tablo 6. Farklı yaş grupları için konfor koşullarının karşılaştırılması	18
Tablo 7. Tipik mekanlar için PMV, PPD ve sıcaklık kriterleri	20
Tablo 8. Farklı standartlara göre konforun sağlanabilmesi için önerilen koşullar	21
Tablo 9. ASHRAE 7'li termal duyum ölçeği	26
Tablo 10. Namaz ibadetinin başlangıç ve bitiş zamanları	35
Tablo 11. Trabzon ili için 1927-2018 yılları arasında gerçekleşen ortalama iklimsel değerler	43
Tablo 12. Çarşı cami mahaller ve alanları	46
Tablo 13. Trabzon Çarşı Cami malzeme özellikleri	48
Tablo 14. Deneysel ölçümlerde kullanılan aletler ve özellikleri	52
Tablo 15. Ölçüm günlerine ait Trabzon ili namaz vakitleri	53
Tablo 16. Noktalara göre kış ölçüm günleri, vakitleri ve saatleri	54
Tablo 17. Noktalara göre yaz ölçüm günleri, vakitleri ve saatleri	54
Tablo 18. Termal kamera cihaz özellikleri	55
Tablo 19. Kış dönemi kullanıcı yoğunluğu, aydınlatma ve ısıtma programları tablosu	63
Tablo 20. Yaz dönemi kullanıcı yoğunluğu, aydınlatma ve ısıtma programları tablosu	64
Tablo 21. Mahallere göre kişi sayısı	65
Tablo 22. Çarşı Cami mahallere göre aydınlatma ekipmanları dağılımları	66
Tablo 23. Çarşı Cami içinde kullanılan klimaların teknik özellikleri	67
Tablo 24. Alternatif senaryolarda kullanılan malzeme değerleri	69
Tablo 25. Senaryolar ve alternatif kullanımlar	70
Tablo 26. Kış dönemi ölçüm gün ve saatlerine göre saatlik dış ortam ve ortalama iç ortam verileri	71
Tablo 27. Kış dönemi ölçüm alınan vakitlere göre ölçüm noktalarının ortalaması	74
Tablo 28. Yaz dönemi ölçüm gün ve saatlerine göre saatlik dış ortam ve ortalama iç ortam verileri	75

Tablo 29. Yaz dönemi ölçüm alınan vakitlere göre ölçüm noktalarının ortalaması	77
Tablo 30. Kış dönemi güney cephesi (Mihrap), güney ve batı cephesi fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri	79
Tablo 31. Kış dönemi doğu ve batı cephelerinde bulunan kapı ve yakın çevrelerinin fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri	81
Tablo 32. Kış dönemi ana kubbenin kuzey ve güney yönleri fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri.....	82
Tablo 33. Yaz dönemi güney cephesi (Mihrap), batı cephesi fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri.....	84
Tablo 34. Yaz dönemi ana kubbenin kuzey ve güney yönleri fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri.....	86
Tablo 35. Kış ve yaz dönemi dış ortam, iç ortam sıcaklık ve yüzey sıcaklığı verileri	87
Tablo 36. Kış ve yaz dönemi batı yönü dış duvar fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri	88
Tablo 37. Anket çalışmasına katılan kullanıcıların dönem ve vakte göre dağılımı.....	89

KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ

ASHAE	: American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers
ASHRAE	: The American Society of Heating and Air Conditioning Engineers
ASRE	: American Society of Refrigerating Engineers
ATC	: Uyarlanabilir Termal Konfor Modeli (Adaptive Thermal Comfort)
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers
Clo	: Giysi direnci birimi. $0.155 \text{ m}^2\text{K/W}$ olarak ölçülür.
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
IES-VE	: Integrated Environmental Solution – Virtual Environment
ISO	: International Standard Organization
met	: Metabolik oran birimi. $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$
MRT	: Ortalama radyan sıcaklık
Ort	: Ortalama
PMV	: Öngörülen Ortalama Oy (Predicted Mean Vote)
PPD	: Öngörülen Kişi Memnuniyetsizliği (Predicted Person Dissatisfied)
Sıc	: Sıcaklık
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
f_{cl}	: Kıyafet yüzey alan faktörü
h_c	: Konveksiyon ısı transferi katsayısı [$\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$]
I_{cl}	: Kıyafet yalıtımı ($\text{m}^2.\text{K/W}$)
M	: Metabolik oran (W/m^2)
P_a	: Kısmi su buhar basıncı (P_a)
t_a	: Hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
t_a	: İç hava kuru termometre sıcaklığı, [$^{\circ}\text{C}$]
t_{cl}	: Kıyafet yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
t_{mr}	: Ortalama ışıınım sıcaklığı, [$^{\circ}\text{C}$]
t_o	: Operatif sıcaklık
t_r	: Ortalama ışıınım sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
V_{ar}	: Bağlı hava hızı (m/sn)
W	: Etkin mekanik güç (W/m^2)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya enerji piyasasına olan talep gün geçtikçe artarken, fosil enerji kaynaklarına bağlı enerji tüketiminin gelecekte nasıl karşılanacağı konusu önem kazanmaktadır (Amer vd., 2015). Türkiye'nin de üyesi olduğu Uluslararası Enerji Ajansının vermiş olduğu son verilere göre dünya genelinde enerji tüketimi, güçlü bir küresel ekonominin yanı sıra dünyanın bazı bölgelerinde daha yüksek ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının etkisiyle, 2018'de %2,3 artarken, 2010'dan bu yana ortalama büyüme oranının iki katına çıkmıştır. Binalar ve inşaat sektörü, küresel enerji tüketiminin %36'sından ve toplam doğrudan ve dolaylı CO₂ emisyonlarının yaklaşık %40'ından sorumludur. Verimli Dünya Senaryosu, toplam bina alanının %60 oranında artmasına rağmen, küresel bina enerji talebinin 2040 yılına kadar düşme potansiyelini vurgulamaktadır. Bu senaryoya göre binaların ortalama olarak, 2040 yılında bugün olduğundan %40 daha fazla enerji tasarruflu olabileceği öngörülmektedir (URL-1). Bu durum binalar için enerji verimliliği yasalarının gerekliliği ortaya koymuştur. Ancak bina enerji verimliliği yasalarının çoğu, korunmaya çalışılan mimari vb. özel değerlerden ödün vermeden enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasının zorluğu nedeniyle, tarihi binaları, ibadet yerlerini, sanatsal ve tarihi değere sahip diğer özel amaçlı binaları içermemektedir (Martinez-Molina vd., 2016). Bununla birlikte tarihi binalar için enerji tasarrufu senaryolarının oluşturulması bir zorunluluktur.

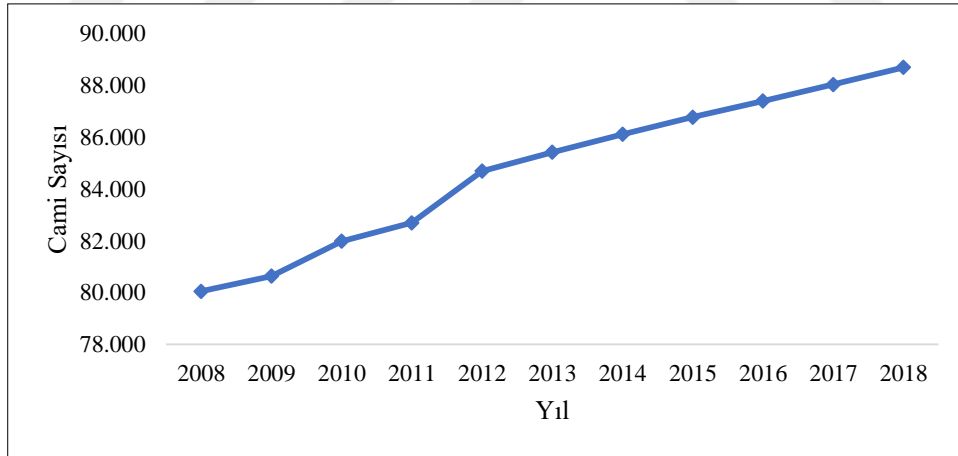
Son yıllarda yapılan araştırmalar, tarihi yapıların mevcut enerji verimliliğine ve termal konfor standartlarına uyarlanmasının, sürdürülebilirlik ve enerji performansını iyileştirme ve tarihi yapıların yerleşik mirasını korumak için gerekli olduğunu göstermektedir. Binaların enerji verimliliğini arttırırken ya da sürdürülebilirliğini değerlendirirken, asgari enerji tüketimi ile kullanıcıların termal konforunu sağlamak önemli bir konudur. Buradaki temel amaç ise, enerji gereksinimlerini azaltarak kullanıcıların termal konforundan ödün verilmemesidir. Bu nedenle, binaların enerji verimliliğini değerlendirme ya da belirleme de termal konfor düşünülmelidir (Kordjamshidi, 2011).

2010 yılı verilerine göre Müslümanlar dünya nüfusunun %24,86'dır. Bu oranın 2020 yılında %26,01 olacağı öngörülmektedir (Kettani, 2010). Tarihi yapılarda termal konforla

ilgili literatür incelendiğinde tarihi camilerle ilgili çalışmanın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri Müslümanlar için kutsal bir yer olan camilerin günün beş vaktine bölünmüş ibadet şekli ile aralıklı ve farklı kullanım şekline sahip olmasıdır. Her biri farklı uzunlukta beş vakte bölünen bu kullanım şekli Cuma günlerinde Cuma namazı, Ramazan aylarında teravih namazı ve dini bayramlarda bayram namazı ile birlikte daha uzun süreli farklı kullanıcı yoğunlukları ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bilinen bina kullanımının dışına çıkmaktadır.

Müslümanlar için camilerde ibadet etmek büyük bir önem taşımaktadır. Camilerin kullanım önceliği ve manevi bir eylem olan namaz ibadetinin yerine getirilebilmesi için termal konfor koşullarının sağlanması bir gerekliliktir. Termal konfor koşullarının sağlanamaması ibadet eden kullanıcıları ve buna bağlı olarak ibadetlerini ve cami içinde yapmakta oldukları diğer faaliyetleri etkiler.

Günümüzde artan nüfusla birlikte cami sayısı artmaktadır. TÜİK verilerine göre Türkiye'deki camilerin sayısı 2008 yılından bugüne %11 oranında artarak 88,681 adete ulaşmıştır (Şekil 1). Bunlardan 2,036 adeti Trabzon ilinde bulunmaktadır (URL-2).



Şekil 1. Türkiye'de bulunan camilerin yıllara göre sayısı (URL-2).

Türkiye'deki camilerde daha iyi konfor koşulları oluşturabilmek için yaz aylarında klima, kış aylarında halı altı ısıtma sistemleri en yaygın kullanılan iklimlendirme sistemleridir. Camide çalışan personelin iklimlendirme sistemini kendi kontrolünde bilinçsizce aktifleştirmesi ya da kapatması enerji tüketiminin artmasına sebep olmaktadır.

Ayrıca bu durum caminin iç ortam konfor koşullarını gün içinde olumsuz yönde etkilemektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Dünya genelinde Müslümanların ibadet mekânı olarak kullanılan ve tarihi değerde koruma altına alınan binlerce cami bulunmaktadır. Bu camilerin birçoğu buldukları yöreye ait geleneksel malzemelerle (taş vb.) inşa edilmiş ve kentlerin önemli anıtsal yapıları haline gelmiştir. Zaman içerisinde yıpranan bu tarihi tescilli camilerin birçoğu aslına uygun şekilde restore edilmektedir. Son yıllarda gündemde olan mevcut binaların enerji etkin iyileştirilmesi ve iç mekân konfor koşullarının optimum seviyelerde tutulması konusu tarihi camiler gibi birçok tescilli bina içinde son derece önemlidir. Bu bağlamda koruma altına alınan binalarda yapılabilecek müdahaleler dahilinde enerji tüketiminin azaltılması ve termal konforun iyileştirilmesi için neler yapılabileceğini araştırmak çalışmanın genel amacıdır. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanı olarak seçilen Trabzon Çarşısı Cami’de yaz ve kış dönemlerinde belirli günlerde termal konfor durumunu tespit etmek için deneysel ölçümler ve anket çalışması yapılmıştır. Durum tespiti ardından tarihi camiye yapılabilecek müdahaleler belirlenerek, alternatif senaryolar üzerinden enerji simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın hedefleri;

- Ülkemizde ve dünya genelinde yaygın olarak bulunan tarihi taş camilerin termal konfor durumu hakkında kullanıcı algısını sorgulamak,
- Seçilen caminin ibadet salonlarında yaz ve kış dönemlerinde kabul edilebilir konfor aralığı dahilinde sıcaklık, nem ve PMV-PPD değerlerini irdelemek,
- Cami dış kabuğuna yapılabilecek sınırlı müdahaleleri (alternatif cam çeşitleri, iç duvar ve çatı yalıtımı) enerji simülasyon programı ile test ederek iklimlendirme sistemlerine olan ihtiyacı azaltmak,
- Ilıman nemli iklim bölgesinde yer alan tescilli dini yapılarda termal konfor koşullarının iyileştirilmesi için uygun yöntemleri tespit etmek ve enerji etkin iyileştirme için önerilerde bulunmak

olarak özetlenebilir.

1.3. Termal Konfor

Geçmiş yıllarda binalar, herhangi bir enerji arzı ya da kaynağının bulunmamasından dolayı açık bir şekilde pasif önlemler kullanılarak inşa edilmiştir. II. Dünya Savaşı ile birlikte sanayileşen ülkeler binalarda konfor sorunlarının giderilmesinin kolay ve hızlı bir yolu olarak aktif sistemleri kullanmaya başlamıştır. Bu durum 1970'lerde ortaya çıkan enerji krizi sonrası konforlu ortamları oluşturmak için tüketilen enerji miktarının ele alınmasını zorunlu kılmıştır (Koch-Nielsen, 2007). Yirminci yüzyıla gelindiğinde ise mimari teoriler ve teknik kılavuzlar, fiziksel boyutta bir birey olarak insanı merkeze koyarak binaların tasarım ve yapımına yönelmiştir (Fabbri, 2015).

Günümüzde düşük enerji kullanımı ile çevresel ve iklimsel etkiler karşısında kullanıcı konforunu elde etmek veya geliştirmek için belirli bina özelliklerini ve mimari özellikleri uygulayan mimari tasarım yaklaşımlarını tanımlamak için bir dizi terim ve sınıflandırma kullanılmaktadır (Evans, 2007). Bunlar sürdürülebilir mimarlık, ekolojik tasarım, enerji etkin tasarım, organik tasarım, pasif tasarım, aktif tasarım, yeşil mimari, yerel mimari vb. temel başlıklar altında tanımlanmaktadır. Başlıklar içeriklerine göre farklı tasarım kriterleri gerektirmektedir. Yürütülecek çalışma içinde sürdürülebilirlik, enerji etkin tasarım ile aktif/pasif tasarım kriterleri ön planda tutulmaktadır.

Sürdürülebilir terimi, çevresel sürdürülebilirlikle ilgili ekolojik, ekonomik ve sosyal yönleri içermektedir (Evans, 2007). Sürdürülebilir mimarlık, kullanıcılara güvenli ve konforlu ortam koşulları sağlarken; doğal kaynak kullanımını minimumda tutarak çevreye saygılı bina tasarımını ifade etmektedir (Lakot, 2007). Sürdürülebilir mimarlık tasarım kriterleri;

- Yapının kabuk ve formunun, konum, hakim rüzgar, iklim, topoğrafya, manzara vb. gibi fiziksel çevre verilerine uygun tasarımlarla enerji verimliğinin sağlanması,
- Kaynakların korunarak, enerji etkin ve verimli kullanılması ve alternatif enerji kullanımının yaygınlaştırılması,
- Atık ve kirliliğin azaltılması ve atıkların değerlendirilmesi,
- Değişen koşullara adapte olabilen esnek ve değişken yapı tasarımı ile uzun kullanım süresinin sağlanması ve performans seviyelerinin artırılması,

- Yapı malzemelerinin sürdürülebilirlik ve geri dönüştürülebilirlik kriterlerine uygun olarak seçilmesi ile yapıda kullanılmakta olan ürünlerdeki verimliliğin ve konforun sağlanması ve artırılması,
- Yaşanabilir sağlıklı çevreler ve nitelikli alanlar oluşturarak kullanıcıların memnun olmasını sağlayan konforlu mekanların oluşturulması
- Biyolojik çeşitliliğin ve habitatın korunumu olarak sıralanabilir (Dikmen, 2011).

Sürdürülebilirlik bağlamında enerji etkin tasarım ise, yapının enerji korunumunun ön planda tutularak, iklim verilerinden yararlanarak, doğal etkenlerin ve pasif sistem olanaklarının iyi değerlendirilmesidir (Lakot, 2007). Yapının tipine ve konumuna göre, çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma gibi yöntemleri uygulayarak aktif sistemlerin enerji kullanımını geciktirmek ve azaltmak olarak tanımlanabilir (Utkutuğ, 2002).

Bir yapının maksimum doğal kaynak kullanırken, minimum enerji tüketmesi enerji etkin sürdürülebilir bir çevre oluşturması için şarttır. Bu bağlamda yapının termal, görsel ve işitsel konfor koşullarını sağlamak için kullandığı pasif sistemlerin enerji verimliliğini etkileyen faktörler şöyle sıralanmaktadır (Utkutuğ 1995, Lakot 2007);

- Yapının konumu,
- Yapının çevre yapılarına göre konumlandırılması ve mesafesi,
- Yapının yönelimi,
- Yapı kabuğunun ısı geçiş özelliği,
- Dış ortam aydınlık seviyesi,
- Yapının dışında termal ve görsel konforu etkileyebilecek faktörler,
- Yapının iç ortamının fiziksel nitelikleri,
- Pencere gibi saydam yapı elemanlarının ebatları, yüzey alanları ve yapısal özellikleri,
- Yapay aydınlatma elemanlarının özellikleri,
- Güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri.

Yeni inşa edilecek yapılar ya da mevcut yapıların enerji etkin hale dönüştürülmesi için bu kriterler mimari tasarımın temellerini oluşturmaktadır. Mevcut yapıların dönüştürülmesinde yapı malzemeleri, ekipmanları ve pasif/aktif havalandırma sistemleri birincil faktörlerdir. Pasif tasarımlarda, mimarlar bir bina tasarlarlarken, mühendisler binayı çevre iklim koşullarına adapte etmeye çalışır. Ancak çoğu zaman bu adapte etme süreci,

enerji tüketimi geri planda bırakılarak aktif (mekanik havalandırma ve/veya iklimlendirme) önlemlerin kullanılmasını gerektirir. Aktif bir tasarım sürecinde, bir mimarın tasarımlarının ısı değerlendirmelerinin tasarım süreci boyunca yapılması şarttır. Bina tasarımında kullanılan pasif yöntemler, mimari üzerinde enerji etkin çözümler elde etmek için kullanılmaktadır (Koch-Nielsen, 2007).

Olgay (1963) kitabında, mimarlığın, konfor şartlarının ölçülmesi ve amacının tanımlanması için biyolojiden, mevcut iklim koşullarının kesin bir tanımlaması için meteorolojiden ve rasyonel bir çözüm ve uygulama için mühendislik bilimlerinden ilham alması gerektiğine vurgu yapmıştır. Diğer bilimlerden elde edilen bulguları, dört iklim bölgesine uygulayarak, mimari yönelim teorileri, gölgelendirme, yapı formu, hava hareketleri, arazi konumu ve malzeme etkileriyle yeni yorumlara ve kesinliğe nasıl ulaşılacağını ortaya koymuştur.

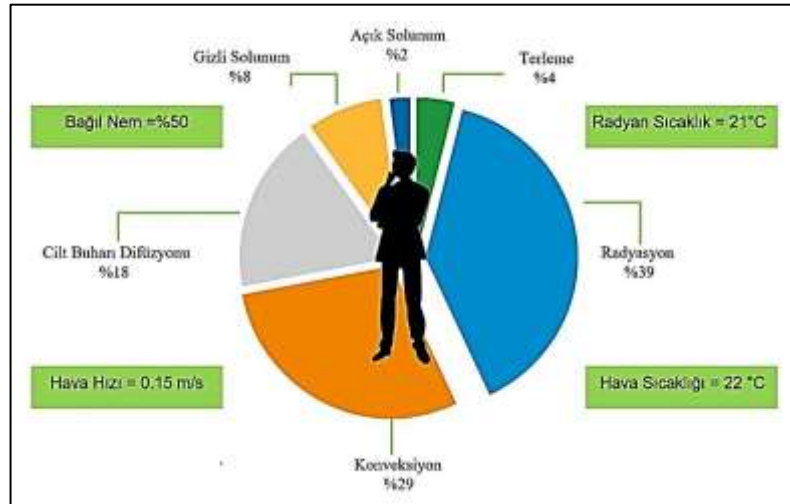
Termal konfor, kişinin sağlıklı ve üretken olması için belirli parametrelerin sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Belirli bir ortamda termal konfor koşulları sağlanamadığında iklimlendirme sistemleri devreye girmektedir. Bu durum tüketilen enerji miktarını arttırmakta ve aynı zamanda atmosfere salınan gazlarla birlikte çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Lakot Alemdağ, 2013).

Termal konfora kaynaklarda ilk rastlayış M.Ö. 400'lü yıllarda Sokrates'in evlerin iklime uygunluğu ve termal konforun nasıl sağlanacağı konusundaki düşünceleri ile gerçekleşmiştir. Daha sonra termal konfor konusuna Vitruvius'un (M.Ö. 1.y.y.) bina tasarımı yapılırken sağlık ve rahatlık nedeniyle iklimi düşünmenin gerekliliği hakkındaki yazılarında rastlanmaktadır. Ancak o dönemlerde termal konforun mimari yapılaşmaya etkisi üzerine çok fazla çalışma yapılmamıştır. Haldane (1905), Houghten ve Yagloglou (1923), Vernon ve Varner (1932), Bedford (1936), Winslow, Herrington ve Gagge (1937) termal konforu farklı alanlarda ele alarak literatüre önemli katkılarda bulunmuşlardır (Auliciems ve Szokolay, 1997). Bununla birlikte, termal konfor üzerine belirgin bir mimari tasarım yaklaşımına sahip ilk çalışma, 1963 yılında Olgay tarafından, yaşam alanlarındaki termal konfora odaklanarak gerçekleştirilmiştir (Olgay, 1963).

Modern toplumda, insanlar günlük yaşamlarının çoğunu iç ortamlarda geçirmektedir. Bu nedenle iç ortam koşulları kullanıcıların verimliliği, sağlığı ve duygusal durumu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Fanger, 1970). Günümüzde insanların yaşamlarının neredeyse %90'ını yapay olarak havalandırılmış ortamlarda geçirmesi iç mekân konfor koşullarını iyileştirme çalışmalarına olan ilgiyi arttırmıştır (Al-Rashidi, 2011). ASHRAE

Standart 55'e göre termal konfor kişinin öznel değerlendirme ile zihinsel olarak termal çevresinden memnun olması olarak tanımlanmaktadır (ASHRAE Standart 55, 2017). Givoni (1976)'ye göre termal konfor sığağa veya soğuga bağılı bir rahatsızlık duymadan çevre koşullarından hoşnut olma durumudur. Bu tanım, Hensen (1991)'ın termal konforu "çevreyi davranışla düzeltmek için itici dürtülerin olmadığı bir durum" olarak tanımlamasıyla benzerlik göstermektedir. Olesen (1982), termal konforu bulunulan ortamdaki tatmini ifade eden bir kavram olarak tanımlamıştır. Bu tanımların hepsini kapsayan ve diğere termal konfor tanımlarına temsil ve vurgu yapan bir tanım ise; termal konfor, bireyin gerçekleştirmesi gereken işe uygun bir giysi giyerken ne soğuk ne de sıcak hissetmesi durumudur (Fanger, 1970).

İnsan vücudu enerjisini yemeğı yakarak üreten bir ısı motorudur (metabolizma). Termal konfor insan vücudu ile çevre arasındaki transfere bağılıdır. İnsan vücudunda, radyasyon (gökyüzü ve daha soğuk çevre), buharlaşma (solunum ve terleme) ve dışa doğru taşınım (hava ile temas eden deri sıcaklığı) veya iletim (sıcak-soğuk yüzeylerle olan temas) nedeniyle ısı kaybı oluşabilir. Şekil 2'de kış dönemi için tipik iç mekan giyimine sahip, ayakta duran ve rahat bir kişinin vücudundan çevreye olan ısı kaybı gösterilmektedir (Mora ve Bean, 2018).



Şekil 2. İnsan vücudundan çevreye olan ısı kaybı (Kış dönemi, iç mekân, ayakta duran kişi) (Mora ve Bean, 2018).

İnsan vücut sıcaklığı yaklaşık 37 °C'dir. Günlük döngülere bağılı olarak normal vücut ısısı yaklaşık 1 °C değişmektedir (Sessler, 2016). Termal nötrlük bazal veya minimum

vücut ısısı üretim hızı, çevreye ısı kaybına denk olduğunda oluşur. Sonuç olarak, bir insanın normal bazal metabolizma hızının üstünde ve ötesinde enerji kullanmaya gerek kalmadan normal vücut sıcaklığını koruyabildiği bir ortam koşuluna ihtiyaç vardır. Termal çevre genel anlamda insan vücudu ısı alış-verişinin gerçekleştiği çevresel koşullardır. Termal çevreyle ilişkili konfor modelleri ve standartları fiziksel, fizyolojik ve psikolojik etkenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Hoof vd. 2010).

1.3.1. Termal Konforu Etkileyen Parametreler

Termal konfor, hava sıcaklığının yanında, ortalama radyant sıcaklık, hava hızı, bağıl nem, aktivite seviyesi ve giysi ısı direncine bağlıdır (Olgay, 1963). Fanger termal konforu etkileyen önemli değişkenleri kişisel ve çevresel parametreler olarak iki başlıkta ifade etmektedir.

- Çevresel parametreler;
 - Hava sıcaklığı,
 - Bağıl nem,
 - Ortalama radyant sıcaklık,
 - Hava hızı,
- Kişisel parametreler;
 - Metabolik aktivite düzeyi,
 - Giysi direnci,

Szokolay (2004) ise vücuttan ısı dağılımı ve buna ek olarak termal konfor etkenlerini üç gruba ayırır;

- Çevresel parametreler;
 - Hava sıcaklığı,
 - Nem,
 - Işınım,
 - Hava hızı,
- Kişisel parametreler;
 - Metabolik oran (aktivite),
 - Giysi,
 - Sağlık durumu,

- İklimlendirme,
- Diğer;
 - Yeme ve içme
 - Vücut şekli
 - Deri altı yağı
 - Yaş ve cinsiyet

1.3.1.1. Çevresel Parametreler

1.3.1.1.1. Hava Sıcaklığı

Hava sıcaklığı, kişiyi sarmalayan çevrenin sıcaklığıdır. Kuru termometre (dry bulb thermometer) ile ölçülür. Hava sıcaklığı vücuttan taşınım ile ısı yayılımını belirlemesi sebebiyle en baskın çevresel faktördür (Auliciems ve Szokolay, 1997). Vücuttan kaynaklanan ısı kaybının 2/5'i odanın içindeki taşınım sebebiyle meydana gelmektedir (Parsons, 2010).

ASHRAE Standart 55'e göre, mekânsal sıcaklık ortalaması, oturmuş veya ayakta duranlar için değişken olan ayak bileği, bel ve baş seviyelerini dikkate alır. Bunlar arasındaki sıcaklık farkının 3 °C'den fazla olmaması önerilir. Bu seviyeler oturan kişiler için 0.1, 0.6 ve 1.1, ayakta olanlar için 0.1, 1.1 ve 1.7 metredir. Ortalama sıcaklık en az 3 dakika, en fazla 15 dakikalık periyod içinde ölçülerek belirlenir (ASHRAE Standart 55, 2017).

Fizyolojik ve psikolojik faktörler kişiye göre değişkenlik gösterdiğinden herkes için uygun sıcaklığı belirlemek zordur. ASHRAE Standart 55 katılımcıların %80'inin sıcaklıktan memnun olması durumunu kabul edilebilir termal ortam olarak nitelendirmiştir. İnsanın bir binada hissettiği sıcaklık, çevre duvarlardan gelen radyasyonun ve binadaki açıklıklardan gelen doğrudan radyasyonun etkisini de içerir. Hava sıcaklığı için konfor aralığı, şartlandırılmış alan içindeki hava hızına bağlı olarak, genellikle 22 °C ile 26 °C değerleri arasındadır (Fanger, 1972). Sıcaklık bu seviyenin üstünde veya altındaysa, termal konfor ancak aktivite seviyesinin, giysinin termal direncinin veya hava hareketinin artırılması veya azaltılmasıyla sağlanabilir (Gabril, 2014). Çalışmada sıcaklıkla ilgili ölçümlerde TESTO termal akış probu ve TESTO radyan sıcaklık probundan alınan veriler kullanılmıştır.

1.3.1.1.2. Ortalama Radyan Sıcaklık

İnsan vücudu ile etrafındaki nesnelere arasındaki radyasyonla ısı değişimi, termal algının belirlenmesinde büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle çevre yüzeylerin ortalama sıcaklığı hesaplanır ve bu değer ortalama radyan sıcaklık olarak adlandırılır (ISO 7726; Szokolay, 2004). ASHRAE Standart 55, ortalama radyan sıcaklığı, aynı miktarda ısıyı radyasyon yoluyla, insanı çevre olarak göreyerek değiştiren üniform, siyah bir muhafazanın sıcaklığı olarak tanımlamıştır.

Radyasyon yoluyla değişim, ortalama radyan sıcaklık (mean radiant temperature MRT) olarak adlandırılan çevre yüzeylerin ortalama sıcaklığına veya güçlü tek yönlü radyasyonun varlığına bağlıdır (Auliciems ve Szokolay, 1997). Tüm nesnelere, sıcaklıklarından dolayı elektromanyetik dalgalarla radyasyon verir. Bir vücut çevresinden daha sıcaksa, emdiğinden daha fazla radyasyon yayar ve soğumaya eğilimlidir. Aynı durum tersi senaryo için de geçerlidir. Radyasyon absorpsiyonu ve emisyonu eşit olduğunda, çevresi ile termal dengeye gelecektir (Halliday vd., 2003). Bununla birlikte, güneşten gelen yoğun radyasyon yüksek düzeyde giden radyasyona neden olmaktadır. Bu durumun yüzeyin dışında oluşturacağı etkiden dolayı konforsuzluk oluşabilir. Odanın dış duvarları için uygun bir yalıtım kalınlığının kullanılması, ortalama radyan sıcaklığını oda sıcaklığına yaklaştırır (Gabril, 2014).

Ortalama radyan sıcaklığı ölçmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bir yöntem, tavanların, duvarların ve zeminlerin yüzey sıcaklığını termokulplarla veya bir termo radyometre ile ölçmek ve daha sonra açılı faktörü diyagramlarının kullanımıyla farklı konumlardaki ortalama radyan sıcaklığı hesaplamaktır. Öte yandan, dış ortam sıcaklığını, hava sıcaklığını ve hava hızını elde ederek de ortalama radyan sıcaklık hesaplanabilir (Fanger, 1970). Ortalama radyan sıcaklık doğrudan ölçülemez, ancak küre termometre ile yaklaşık olarak hesaplanabilir. Küre termometre, merkezinde bulunan bir termometreye sahip, genellikle 150 mm çapında bir mat siyah bakır küredir. Bir odaya yerleştirilen küre dengeye ulaşıldıktan sonra (10-15 dakika içinde), çevredeki yüzeylere veya yüzeylerden gelen net radyasyona cevap vermektedir (Auliciems ve Szokolay, 1997). Çalışmada radyan sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilirken TESTO 150mm radyan sıcaklık probu kullanılmıştır.

1.3.1.1.3. Bağıl Nem

Bağıl nem, belirli bir sıcaklık ve basınç için, havadaki su buharı miktarının, havanın tutabileceği su buharı miktarına oranıdır. İnsan vücudu cildin içinde sıcak ve soğuk hissetmek için oldukça etkili olan sensörlere sahipken, bağıl nem dolaylı olarak algılanır. Terleme, ciltteki buharlaşmaya dayanan etkili bir ısı kaybı mekanizmasıdır. Bununla birlikte, bağıl neme sahip hava, tutabileceği maksimum su buharına yakın olduğundan buharlaşma ve dolayısıyla ısı kaybı azalır (Balaras vd., 2007, Wolkoff, 2007). Öte yandan, çok kuru ortamlar cildin kuruması, mukus zarların tahrişi, gözlerde kuruluk, statik elektrik üretimi gibi olumsuz sonuçlar oluşturabilir (ASHRAE Standart 55, 2017). Bağıl nem termal konfor için önemli bir faktördür. Ancak insanlar sıcaklık değişimlerinde daha duyarlıdır (Fanger, 1970). ASHRAE Standart 55' e göre iç mekanlarda termal konfor, diğer faktörlerin seviyelerine bağlı olarak, %0-100 arasında değişen bağıl nemlilik ile PMV yöntemiyle elde edilir. Bununla birlikte, klimalı binalara da önerilen iç mekân bağıl nem aralığı %30-60 seviyesidir (ASHRAE Standard 160, 2016). Bağıl nem ile ilgili yapılmış çalışmaların önemli bir kısmı %50 bağıl nem oranını konforluluk açısından kabul edilebilir bulmuştur (Szokolay, 2004). Bütün faktörler göz önünde bulundurulduğunda genel olarak daha yüksek sıcaklıklar daha düşük bağıl nem gerektirir (Schiavon vd. 2013). Atmaca ve Yiğit (2009) çalışmalarında bağıl nemin yüksek ortam sıcaklıklarında önemli bir etken olduğu, bununla birlikte, ortam sıcaklığı konfor aralığında olduğunda deri sıcaklığı ve deriden ısı kaybına etki etmediği sonucuna ulaşmışlardır. Yüksek sıcaklıklarda, yüksek nem, vücutta terlemeye ve buna bağlı konforsuzluk durumuna sebep olmaktadır. Çalışmada nem ölçümleri, TESTO termal akış probu ile gerçekleştirilmiştir.

1.3.1.1.4. Hava Hızı

Hava hızı, yönden bağımsız olarak bir noktadaki havanın hareket hızı olarak tanımlanır. ASHRAE'ye göre konum ve zaman bakımından vücudun maruz kaldığı havanın ortalama hızıdır. Bununla birlikte, bazı ortamlar kuvvetli bir şekilde eşit olmayan hava hızı alanları sağlayabilir ve bunun sonucunda düzgün kabul edilemeyen cilt ısı kayıpları oluşabilir. Bu nedenle, tasarımcı özellikle daha fazla soğutma etkisi ve bölgesel konforsuzluk potansiyeli olan, giysisiz vücut parçaları üzerindeki hava hızları da dahil olmak üzere uygun ortalamaya karar vermelidir (ANSI/ASHRAE Standart 138, 2013).

Genel olarak hava hareketi, konveksiyonu hızlandırır ve hem cildin hem de giysilerin yüzey direncini azaltır (Szokolay, 2004). Gövdenin etrafındaki hava ince bir yalıtım katmanı gibi davrandığından, hava hareketi bu yalıtımı azaltma etkisine sahiptir. Hava hareketinin etkisi, ter buharlaşmasının verimliliğini arttırmaya ve böylece ciltteki nem nedeniyle oluşan rahatsızlığı engellemeye yardımcı olduğu için önem taşımaktadır (Szokolay, 1990). Bununla birlikte, hava hareketi 0,5 m / s civarında iyi ve 1,5 m / s'nin üzerinde rahatsız edici olabilen fizyolojik bir etkiye sahiptir (Szokolay, 2004). Hsieh (1985) çalışmasında artan hava hızının, hava sıcaklığı etkisini dengeleyebileceği gibi, aynı zamanda optimum konforun daha yüksek hızda daha iyi olduğunu göstermektedir. Konforun oranının artmasındaki neden, bir insanın belirli çevresel değişken, giysi ve aktivite seviyesi kombinasyonuna maruz kaldığında, termoregülatör sisteminin, vücudun çevre ile ısı değişimini düzenlemek için otomatik olarak ayarlamasıdır. Hava hızı, insan ve çevre arasındaki taşınımlı ısı değişimini etkiler. Termal konforu sağlamak için belirtilen minimum hava hızı değeri yoktur. Bununla birlikte, artan sıcaklıktan kaynaklanan sıcaklık hissini dengelemek için hava hızı artırılabilir. Genellikle, hava hızı pencerelerin açılması veya daha sıcak ortamlarda fan kullanılmasıyla sağlanır. Hava hızının artırılması ile kazanılabilecek faydalar, giysiye, aktiviteye ve giysinin/derinin yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farka bağlıdır (ISO 7730, 2005).

Uzaydaki hava hızının $<0,1$ m/s olduğu kabul edilir. Vücut hareketinin neden olduğu değişken hava hızının metabolik bir hız için sıfır olduğu, M 'nin 1 metten az olduğu ve $M > 1$ için $v = 0,3 (M - 1)$ olduğu tahmin edilmektedir (M =metabolik oran (W/m^2)). Diyagramlar bağıl nem = %50 için belirlenir, ancak nem yalnızca optimum ve izin verilen sıcaklık aralıkları üzerinde hafif bir etkiye sahiptir (ISO 7730, 2005). Hava hızının $<0,1$ m/sn ile $>1,5$ m/sn arasındaki etkileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hava hızının insan üzerindeki etkisi (Szokolay, 2004)

<0.1	Havasız oda
0.2	Fark edilmez
0.5	Hoş
1	Fark edilir
1.5	Hava Akımlı (cereyanlı)
>1.5	Sıkıcı

Tercih edilen hava hızı bakımından insanlar arasında büyük bireysel farklılıklar vardır. Hava hızını ölçmek için en yaygın olarak kullanılan alet, normalde odalarda oluşan küçük hızları ölçmek için uygun tipte bir termal anemometredir (Fanger, 1970).

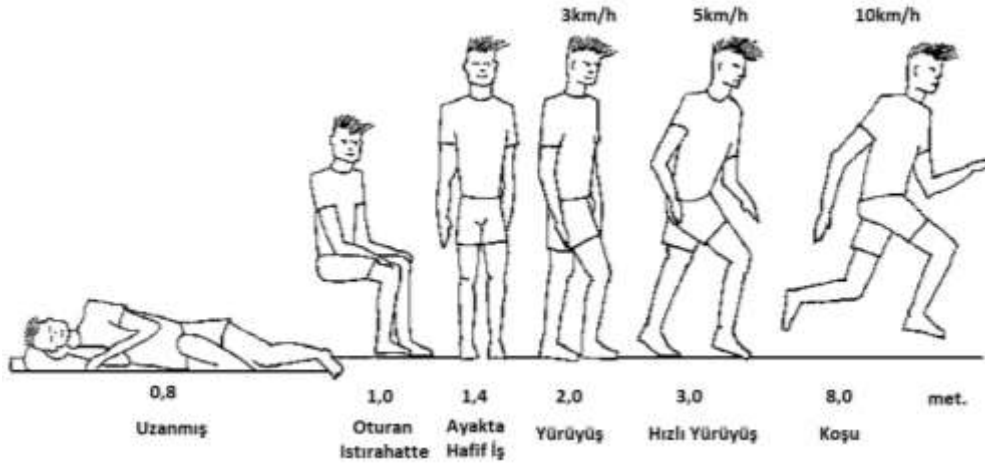
Sonuç olarak yerel hava sıcaklığının, ortalama radyan sıcaklığın veya hava hızının bireysel kontrolü, bireysel gereksinimler arasındaki oldukça büyük farkların dengelenmesine katkıda bulunabilir ve daha az memnuniyetsizliğe neden olabilir (ISO 7730, 2005). Çalışma için hava hızı ölçümleri TESTO türbülans seviyesi probu ile yapılmıştır.

1.3.1.2. Kişisel Parametreler

1.3.1.2.1. Metabolik Aktivite Düzeyi

Metabolik hız ve iklimlendirme, yaş, cinsiyet, yiyecek ve içecek, vücudun şekli, aktivite düzeyi, deri altı yağı ve sağlık durumu gibi vücudun ısı yayılma mekanizmasını etkileyen, termal konfor üzerinde dolaylı etkisi olan bazı faktörler vardır (Szokolay, 1990). Bununla birlikte, metabolik hız üzerinde önemli etkiye sahip en önemli faktör aktivite düzeyidir. Boy ve kilo gibi kişisel faktörler, kişinin metabolik oranını etkileyebilir, ancak çok sayıda insanın ortalaması dikkate alındığında büyük bir etkisi yoktur. McIntyre (1973), kişisel farklılıkların, metabolik hızı belirlemede önemli bir fark yaratmadığını ve dikkate alınması gerekmediğini belirtmiştir.

Metabolik aktivite düzeyi, bir bireyin vücutta serbest bıraktığı kimyasal enerji miktarını ifade eder. ASHRAE Standart 55-2017, aktivite düzeyini toplam vücut yüzeyinin birim alanı olarak ifade edilen, bir organizma içindeki metabolik faaliyetlerle kimyasal enerjinin ısıya ve mekanik çalışmaya dönüşüm düzeyi olarak tanımlar. İstirahatte oturan ortalama bir kişinin birim cilt yüzeyi alanı başına üretilen enerji $58,2 \text{ W/m}^2$ 'ye eşit metabolik aktivite ile sağlanır ve "met" birimiyle ifade edilir. (ASHRAE Standart 55, 2017). ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$) Şekil. 3'de ASHRAE Standart 55'e göre bu aktivitelerin görselleştirilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 3. ASHRAE Standart 55'e göre aktive düzeyi (URL-3).

İnsanların, aktivite düzeyi ve çevre koşulları nedeniyle oluşabilecek farklı metabolik oranları vardır (Toftum, 2005). Tablo 2'de ISO 7730 standartlarında çeşitli etkinlikler için verilen met değerleri görülmektedir.

Tablo 2. ISO-7730'a göre farklı aktiviteler için verilmiş metabolik oranlar

Aktivite	W/m ²	Met
Uzanmış	46	0,8
Oturan, istirahat	58	1,0
Oturan, aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	1,2
Ayakta, hafif aktivite (alış-veriş, hafif endüstri)	93	1,6
Ayakta, orta ağırlıkta aktivite (tezgahtarlık, ev işi, makine işi)	116	2,0
Yürüyüş		
2 km/saat	110	1,9
3 km/saat	140	2,4
4 km/saat	165	2,8
5 km/saat	200	3,4

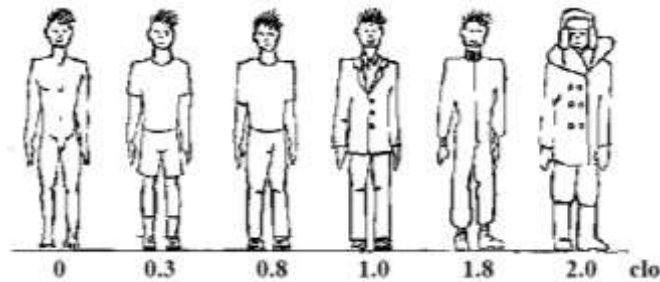
ASHRAE Standart 55'in belirlemiş olduğu aktiviteye bağlı metabolik oranları Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. ASHRAE Standart 55-2017'ye göre farklı aktiviteler için verilmiş metabolik oranlar

Aktivite	met	W/m ²	W(av)
Uyku	0.7	40	70
Uzanmış, yatakta yatan	0.8	46	80
Oturan, istirahat	1.0	58	100
Ayakta, hafif iş	1.2	70	120
Çok hafif iş	1.6	93	160
Orta hafif iş	2.0	116	200
Sürekli orta iş	3.0	175	300
Ağır iş	6.0	350	600
Çok ağır iş	7.0	410	700

1.3.1.2.2. Giysi Direnci

Kıyafetler termal konfor parametreleri içinde büyük bir önem taşımaktadır. İnsan vücudunda farklı yollarla meydana gelen ısı transferi giyinmekte olduğumuz giysilerin türünden ve buna bağlı olarak ısı dirençlerinden etkilenmektedir (Lakot Alemdağ, 2013). Giysiler genellikle dönem koşullarındaki değişikliklere göre değiştirilir ve uyarlanır. Yalıtım etkisi olan giysiler ısı kaybını önler ve bir insanı sıcak tutmaya yarayabilir ama aynı zamanda aşırı ısınmaya da neden olabilir. Genel olarak, giysi ne kadar kalınsa, o kadar fazla yalıtım yeteneği vardır. Giysinin yapıldığı malzemenin türüne bağlı olarak, hava hareketi ve bağıl nem, malzemenin yalıtım yeteneğini azaltabilir (Havenith, 1999). Giysi direncini ölçen birim "clo" olarak adlandırılır. 21 °C'lik oda sıcaklığında, 0.1 m/s'yi aşmayan hava hareketi ve %50'yi geçmeyen nem oranında termal konforu ve 33 °C'lik cilt sıcaklığını korumak için 1 met (dinlenme) değerindeki aktivite içindeyken gereken yalıtım katmanı miktarı 1 clo olarak ölçülür ve bu değer 0.155 m²K/W'a eşittir (Gagge vd., 1971). Kullanılan en temel giysilerin clo değerlerini gösteren şema aşağıdaki gibidir (Şekil 4).



Şekil 4. Termal giysi clo değerleri (URL-3).

Daha kapsamlı giysi türlerinin clo değerlerini belirlemek için farklı yöntemler olsa da, genellikle standartlarda verilmiş tablolar kullanılır. ISO ve ASHRAE çeşitli giysi türlerinin giysi yalıtım değerleriyle ilgili tablolar yayınlamıştır (ISO 7730, 2005, ASHRAE Standart 55, 2017) (Tablo 4). Bir grubun clo değerini tahmin etmek için standart tabloların doğru kullanılması yeterli doğrulukta sonuç vermektedir (ASHRAE Standart 55, 2017).

Tablo 4. Çeşitli giysi türleri için ASHRAE Standart 55’de verilen değerler

Giysi Türleri			
Giysi tanımı	I_{clo} (clo)	Giysi tanımı	I_{clo}(clo)
İç çamaşırı		Elbise ve etekler	
Sütyen	0.01	İnce etek	0.14
Külot	0.03	Kalın etek	0.23
Erkek külot	0.04	Kolsuz ince elbise	0.23
Tişört	0.08	Kolsuz kalın elbise	0.27
Yarım slip	0.14	Kısa kollu elbise	0.29
Uzun alt çamaşır	0.15	Uzun kollu ince elbise	0.33
Tam slip	0.16	Uzun kollu kalın elbise	0.47
Uzun üst iç çamaşır	0.20	Kazak	
Ayakkabı		Kolsuz ince kazak	0.13
Diz boyunda olan çorap	0.02	Kolsuz kalın kazak	0.22
Külotlu çorap\çorap	0.02	Uzun kollu ince kazak	0.25
Sandalet	0.02	Uzun kollu kalın kazak	0.36
Ayakkabı	0.02	Takım elbise ve yelekler	
Terlik	0.03	Kolsuz ince yelek	0.10
Baldır boyunda olan çorap	0.03	Kolsuz kalın yelek	0.17
Diz üstü kalın çorap	0.06	Tek sıra düğmeli ince	0.36
Bot	0.10	Tek sıra düğmeli kalın	0.42
Gömlek ve bluz		Çift sıra düğmeli ince	0.44
Kolsuz bluz	0.13	Çift sıra düğmeli kalın	0.48
Kısa kollu\örgü bluz	0.17	Gecelik ve elbiseler	
Kısa kollu uzun bluz	0.19	Kolsuz kısa ince sabahlık	0.18
Uzun kollu uzun bluz	0.25	Kolsuz uzun ince sabahlık	0.20
Uzun kollu fanila	0.34	Kısa kollu hastane önlüğü	0.31
Uzun kollu kazak	0.34	Kısa kollu kısa ince elbise	0.34
Pantolon ve tulumlar		Kısa kollu ince pijama	0.42
Kısa şort	0.06	Uzun kollu uzun kalın sabahlık	0.46
Yürüyüş şortu	0.08	Uzun kollu kısa ince elbise	0.48
Düz ince pantolon	0.15	Uzun kollu kalın pijama	0.57
Düz kalın pantolon	0.24	Uzun kollu uzun kalın elbise	0.69
Eşofman	0.28		
İş elbisesi	0.30		
Tulum	0.49		

Tablo 5. Çeşitli giysi türleri için ISO 7730 standardında verilen değerler.

Kıyafet Tipleri	Clo	I_{clu} m ² .K/W	Optimum aktif sıcaklık değişimleri (°C)
İç giyim			
Uzun paçalı alt giyim	0,10	0,016	0,6
Fanila	0,04	0,006	0,3
T-shirt	0,09	0,014	0,6
Kısa kollu fanila	0,12	0,019	0,8
Külot ve sutyen	0,03	0,005	0,2
Gömlek ve Bluzlar			
Kısa kollular	0,015	0,023	0,9
İnce-kalın uzun kollular	0,20	0,031	1,3
Kazaklar			
Kolsuz yelek	0,12	0,019	0,8
İnce kazak	0,20	0,031	1,3
Kazak	0,28	0,043	1,7
Kalın kazak	0,35	0,054	2,2
Ceketler			
İnce yazlık ceket	0,25	0,039	1,6
Ceket	0,35	0,054	2,2
İş önlüğü	0,30	0,047	1,9
Yalıtımı yüksek, fiber kürkler			
İş forması	0,90	0,140	5,6
Pantolon	0,35	0,054	2,2
Ceket	0,40	0,062	2,5
Yelek	0,20	0,031	1,3
Dış mekân kıyafeti			
Mont	0,60	0,093	3,7
Ceket	0,55	0,085	3,4
Parka	0,70	0,109	4,3
Kürklü tulum	0,55	0,085	3,4
Diğer			
Çorap	0,02	0,003	0,1
Kalın kısa çorap	0,05	0,008	0,3
Kalın uzun çorap	0,10	0,016	0,6
Naylon çorap	0,03	0,005	0,2
Ayakkabı (Kalın taban)	0,02	0,003	0,1
Ayakkabı (İnce taban)	0,04	0,006	0,3
Bot	0,10	0,016	0,6
Eldiven	0,05	0,008	0,3

1.3.1.2.3. Yaş

Yaşın konfor algısı üzerine etkisi uzun yıllardır tartışma konusudur. Olesen (1982) çalışmasında, Rohles ve Johnson (1972), Nevins (1966), Langkilde (1977), Collins (1980) ve Fanger ve Langkilde (1975)'nin çalışma sonuçlarını göstererek aşağıdaki tabloyu (Tablo 6) oluşturmuştur.

Tablo 6. Farklı yaş grupları için konfor koşullarının karşılaştırılması (Olesen, 1982).

Çalışma	Ortalama Yaş (Yıl)	Tercih edilen ortam sıcaklığı (°C)	Konfor durumundaki ortalama deri sıcaklığı (°C)	Konfor sırasında buharlaşmayla kilo kaybı (g/m ² /hr)	Kişi sayısı
Nevins vd.	21	25,6			720
Fanger	23	25,6		19,2	128
Fanger	68	25,7		15,3	128
Rohles and Johnson	74	24,5			228
Fanger & Langkilde	23	25,0	33,5	18,0	64
Langkilde	84	25,4	33,2	12,4	16
Comfort equation, Fanger		25,6			

Çalışmalar koşullandırılmış ortamlarda yürütülmüştür; hareketsiz aktivite, yaz giysisi 0.5 clo, hava hızı 0.1 m/sn. nem %50, ortalama radyan sıcaklık = sıcaklık.

Olesen (1982) Tablo 6'da gösterilen çalışmalara göre, genç ve yaşlıların aynı termal çevreyi tercih etmelerinin, mutlaka soğuğa (veya sıcağa) maruz kaldıklarında eşit derecede hassas oldukları anlamına gelmediğini söylemiştir. Wang vd. (2018)'de yapmış oldukları inceleme makalesinde ele aldıkları çalışmalar üzerinden yaş faktörü baz alındığında anlamlı fark olan çalışmalar bulunduğunu ancak bunun ana değişken olmayacağını belirtmiştir. Daha önce ele alınan çalışmalarda da bu durum yaşlı insanların günün çoğunluğunu oturarak geçirmesinden kaynaklı aktivite seviyesi düşüklüğüyle açıklanmıştır (Olesen vd., 1972; Fanger 1970).

1.3.1.2.4. Cinsiyet

Fanger (1970) yaşla birlikte cinsiyeti de farklı çalışmaları ele alarak (Houghten vd., 1937; Tasker, 1938; Partridge vd. 1935; Angus ve Brown, 1957; Hickish, 1955; Ellis, 1953) termal konfor tercihi üzerinde çok düşük hatta neredeyse yok kabul edilecek bir faktör olarak değerlendirmiştir. McNall vd. (1968) kadın ve erkekler arasında görülen farklılıkların hareket durumundaki metabolik hızlarından kaynaklandığını bulmuşlardır. Bu nedenle çalışmalardaki genel kabul, metabolik hız ve giysi direnci dikkatli kontrol edildiğinde, cinsiyet faktörün önemsiz olduğu yönündedir (Wang vd., 2018).

Bununla birlikte, bütün parametrelerin birleşik nicel etkisi Fanger tarafından bulunmuştur. Bu parametrelerin herhangi bir kombinasyonu Fanger'ın denklemini sağladığında çoğunluğun termal konforunun nötr olduğu söylenebilir (Olgay, 1963).

1.3.2. Termal Konfor ile İlgili Standartlar

Termal konfor ölçümleri yapılırken faydalanılan farklı standartlar bulunmaktadır. Termal konforu değerlendirmek için Avrupa ülkelerinde ISO 7730 standardı kullanılırken, Amerika'da ASHRAE Standart 55 kullanılmaktadır (ISO 7730, 2005, ASHRAE Standart 55, 2017). Bu standartlar, belirli kişisel parametrelere sahip kişilerin büyük bir yüzdesinin çevreyi kabul edilebilir olarak göreceği konfor bölgesini belirler.

Avrupa ülkelerinde ISO 7730 standardı termal konforu değerlendirmek için kullanılan ana standarttır (ISO 7730, 2005). Bununla birlikte EN 15251 standardı termal konfor yanında iç mekân çevresel parametrelerini de kapsamaktadır (CEN, 2007). CR 1752'de iç mekân hava kalitesi ile ilgilenen bir teknik rapordur (CEN, 1998). Amerika'da ASHRAE Standart 55, termal konfor ile ilgilenen standarttır (ASHRAE Standart 55, 2017). CIBSE ise (The Chartered Institution of Building Services Engineers) çevre konfor kriterlerini belirlemek amacıyla kullanılan İngiltere standardıdır.

Çalışmada bina termal konforunu ve iç hava kalitesini tespit etmek amacıyla ISO 7730 ve ASHRAE Standart 55 standartları dikkate alınmıştır.

1.3.2.1. ISO 7730 Standardı

Avrupa'nın termal konfor standardı organizasyonu ISO (International Standard Organization), 1947 yılında kurulmuştur. ISO 7730, insan fizyolojisi ve ısı transferi ile ilgili olan ana standarttır. Öngörülen ortalama oy (predicted mean vote- PMV) ve öngörülen kişi memnuniyetsizliği (predicted person dissatisfied - PPD) göstergelerine dayanmaktadır. ISO 7730, genel termal konfor ve yerel termal rahatsızlık parametreleri için CR 1752'ye uygun olarak üç farklı kabul edilebilirlik seviyesini belirtir ve ASHRAE Standart 55 ile benzer bir şema önermiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Tipik mekanlar için PMV, PPD ve sıcaklık kriterleri (ISO 7730, 2005).

Kategori	Genel konfor		Sıcaklık aralığı	
	PPD [%]	Predicted Mean Vote [-]	Kış [1.0 clo ve 1.2 met]	Yaz [0.5 clo ve 1.2 met]
A	<6	-0.2<PMV<+0.2	21.0-23.0	23.5-25.5
B	<10	-0.5<PMV<+0.5	20.0-14.0	23.0-26.0
C	<15	-0.7<PMV<+0.7	19.0-25.0	22.0-27.0

Bu kategoriler farklı memnuniyet derecelerinin (A kategorisinde %90, B kategorisinde %80, C kategorisinde %70) belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Kişilerin aynı termal ortama maruz kaldığı yerler için kullanılır (ISO 7730, 2005). Bu standart, PMV ve PPD endekslerini tanımlar ve termal konfor için kabul edilebilir koşulları belirtir. PMV / PPD endeksindeki sapmaların yaş, etnik, ulusal-coğrafi farklılıklardan ve hasta ya da engelli kişilerden kaynaklanabileceğini not eder. Buna ek olarak, sabit durumdaki termal konforun veya konfordan orta derecede sapmaların meydana geldiği iç mekân ortamları için de geçerlidir. Bu endeksler Fanger'ın tanımlamalarıyla örtüşmektedir (Olesen ve Parsons, 2002).

1.3.2.2. ASHRAE Standart 55

ASHRAE (The American Society of Heating and Air Conditioning Engineers), 1894 yılında kurulan ısıtma ve klima mühendisleri Amerikan Derneği (ASHAE) ve 1904 yılında kurulan Soğutma Mühendisleri Amerikan Derneği (ASRE) 1959 yılında birleşmesi ile

ısıtma, soğutma ve klima mühendisleri Amerikan Derneği olarak kurulmuştur. Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme endüstrisinde iç ortam kontrol teknolojisinin ilerlemesini hedeflemektedir. Teknik standartlar ve kılavuz kaynağı olarak hizmet vermek üzere kurulmuştur. Zamanla, eğitimsel bilgi ve yayınlar sunan uluslararası bir topluluğa dönüşmüştür.

ASHRAE uluslararası bir dernektir. ASHRAE standart 55, insan kullanımına yönelik termal çevre koşullarında bir birlik sağlanması amacıyla geliştirilmiştir. Bu standardın temel amacı iç mekân çevresel parametrelerin (sıcaklık, nem, hava hızı, sıcaklık) ve kişisel parametrelerin (metabolik aktivite düzeyi, giysi direnci) kabul edilebilir termal ortamı üretecek kombinasyonlarını belirlemektir.

ASHRAE 55 standardı insanların termal hissini belirleyebilmek için 7'li duyum ölçeği geliştirmiştir. Buna göre termal olarak kendini konforlu hisseden bir kişi “nötr” hissetmektedir. Bununla birlikte bundan daha sıcak veya soğuk hissedilmesi durumunun da simetrik olarak değiştiği varsayımına dayanır.

Bu standart kullanıcıların çoğunluğu için kabul edilebilir iç mekân termal çevre koşullarını tanımlamakta, ancak hem konfor sağlamak hem de sürdürülebilir binalar için gerekli olan mevcut şartlara uyum sağlamak amacıyla sürekli artan ve gelişen çeşitli tasarım çözümleri sunmaktadır (ASHRAE Standart 55, 2010). Bu standartlar ele alındığında termal konfor için önerilen koşullar Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Farklı standartlara göre konforun sağlanabilmesi için önerilen koşullar

Standart	Termal konforun sağlanması için önerilen koşul
ASHRAE	23°C < Operatif Sıcaklık < 26°C ve %30 < Nem < %60
ISO 7730	-0,5 < PMV < +0,5, PPD < %10 ve %30 < Nem < %60
CIBSE	22°C < Sıcaklık < 28°C ve %30 < Nem < %60

Termal konfor koşulları ile ilgili çalışmalarda sıcaklık değeri olarak operatif sıcaklık dikkate alınmalıdır. ANSI/ASHRAE Standart 138’e göre operatif sıcaklık ile ortam sıcaklıklarının ilişkisi basit bir şekilde denklem 1’deki gibi ifade edilmektedir (ANSI/ASHRAE Standart 138, 2013). Operatif sıcaklık ortamdaki yüzey sıcaklığı ve kuru termometre sıcaklığının ortalaması alınarak hesaplanır.

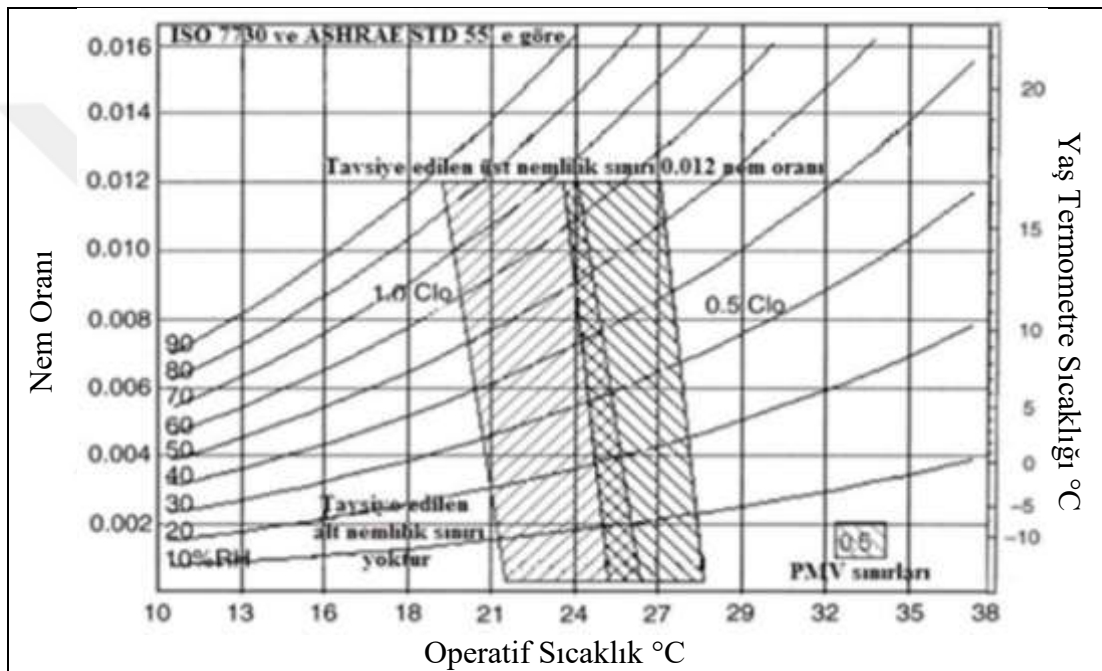
$$t_o = \frac{t_{mr} + t_a}{2} \quad (1)$$

t_o : Operatif sıcaklık

t_{mr} : Ortalama ışıınım sıcaklığı, [°C]

t_a : İç hava kuru termometre sıcaklığı, [°C]

Şekil 5’de operatif sıcaklık ve bağıl nem oranına bağlı olarak ISO 7730 ve ASHRAE Standart 55’e göre tanımlanan konfor bölgesi grafiği yer almaktadır.



Şekil 5. ISO 7730 ve ASHRAE 55’e göre konfor bölgesi (Olesen ve Brager, 2004).

Termal konfor standartları, tasarımcıların belirli kişisel ve çevresel koşullar altında termal konforu tahmin etmelerine yardımcı olacak modellere dayanmaktadır (Mora ve Bean, 2018).

1.3.3. Termal Konfor Modelleri

Termal konfor, deneysel çalışmalar ile oluşturulan termal konfor modelleri kullanılarak tahmin edilir ve mevcut binalarda objektif çevresel ölçümler ve kullanıcılara öznel anketler uygulanarak değerlendirilir (Mora ve Bean, 2018). Termal konfor modelleri,

tasarımcıların bir mekânda yaşayanların kabul edebileceği kişisel ve çevresel koşulların kombinasyonlarını incelemelerine yardımcı olur.

Termal konfor çalışmalarında kullanılan iki temel konfor modeli Fanger'in tahmini ortalama oy (predicted mean vote- PMV) (Fanger, 1970) ve uyarlanabilir termal konfor (Adaptive Thermal Comfort) modelidir (De Dear vd., 1997, Nicol vd., 2002). Bu modeller "öngörülen kişi memnuniyetsizliği (predicted people dissatisfied (PPD))"ni tahmin etmektedir. Her iki modelde de PPD, insanların belirli bir yüzdesine, genellikle %80 veya 90'ına memnuniyet sağlamak için ideal (nötr) bir koşul etrafındaki alanı tanımlar (Karmann vd., 2018). Her iki modelin analizlerinde operatif sıcaklık ana bağımsız değişken olarak kabul edilir. Bunun sebebi konveksiyon (konveksiyon) ve radyasyon(ışınım) gibi iki farklı ısı dağılım modunu birleştirmesidir.

Termal konforu hesaplamak için ASHRAE Standart 55, iki temel termal konfor modeli kullanılmaktadır. Bunlar, mekanik olarak havalandırılmış binalar için PMV modeli doğal olarak havalandırılmış binalar için uyarlanabilir termal konfor modelidir (De Dear vd., 1997).

1.3.3.1. PMV Modeli

Termal konfor tahmininde kullanılan modeller arasında, tüm dünyada kullanılan PMV modelinin her bina tipinde ve iklim bölgesinde uluslararası olan, en yaygın olarak kullanılan model olduğu bilinmektedir (Parsons, 1994). Fanger'ın PMV modeli, genel veya tüm vücut termal konforu için öngörülebilir bir modeldir. Model, 1960'lı yılların ikinci yarısında, laboratuvar çalışmalarından ve iklim araştırmalarından elde edilmiştir. PMV modeli, içerideki bir grup insan için optimum sıcaklığı tahmin etme de bir araç sunmaktadır (McIntyre, 1973). Bu model oda ortamlarında yerleşik faaliyetlerde bulunan kullanıcılara dayanarak geliştirilen termofizyolojik bir konfor modelidir. Fanger çalışmasıyla, herhangi bir aktivite ve giysi türü için, ortamdaki belirli bir grubun mümkün olan en büyük yüzdesinin hangi ısı faktörlerinin kombinasyonlarını konforlu bulduğunu belirlemek için ısıtma ve iklimlendirme mühendisleri tarafından kullanılacak bir yöntem sunmaktadır (Fanger, 1967; Hoof vd. 2010).

PMV modeli genellikle yapısı nedeniyle statik veya sabit bir model olarak adlandırılır (ASHRAE Standart 55, 2017). İnsan vücudu ısı üretir, çevre ile ısı alışverişinde bulunur ve vücut sıvılarının difüzyonu ve buharlaşması ile ısıyı kaybeder. Vücutun

sıcaklık kontrol sistemi, termal bozulmalar meydana geldiğinde bile ortalama vücut sıcaklığını yaklaşık 37 °C tutmaya çalışır. Fanger'a göre, vücudun ısı dengesinde olması, ısı dengesini etkileyen ortalama cilt sıcaklığı ve ter oranının belirli sınırlar içinde olması, kişinin belirli bir hastalığı olmaması insan vücudunun termal konforu normal algılaması için gerekli şartlardır (Fanger, 1970).

Fanger PMV'yi, termal çevre değişkeni, aktivite ve giyim seviyelerinin herhangi bir kombinasyonunu geniş bir grup insan için standart bir ölçekte tahmin veya temsil eden endeks olarak tanımlamıştır.

PMV modeli, termal duyumu etkileyen tüm ana parametreleri içerir ve bu parametrelerin mutlak ve göreceli etkisini ölçer. Hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, hava hızı ve bağıl nem ölçülerek belirlenirken, metabolik aktivite düzeyi ve giysi direnci tablolar kullanılarak tahmin edilmektedir (Hoof vd. 2010). PMV modeli, belirli bir giysi yalıtımına sahip bir grup insanın belirli bir ortamda, belirli bir etkinlik gerçekleştirirken ki termal hissini (PMV- Predicted Mean Vote) ve yüzde memnuniyetini (PPD, predicted percent dissatisfaction) tahmin etmeyi amaçlar (Mora ve Bean, 2018). PMV modeli, Fanger'ın konfor denkleminde dayanmaktadır. Bu denkleminde tatmin, geniş bir grup insanın ortalama konfor durumudur.

PMV modeli, HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) endüstrisinin kontrollü alanlarda yapay iklimlerin oluşturulmasında kullanılması için tasarlanmış olsa da, dünyadaki tüm bina tiplerinde neredeyse 40 yıl boyunca kullanılmıştır (De Dear ve Brager, 2001). PMV modeli literatürde yaygın olarak kullanılmasına rağmen farklı iklim bölgelerinde ve bina tiplerinde uygulandığında evrensel davranışları sorgulamaktadır (Humphreys ve Nicol, 2004).

PMV, geniş bir grup insan için ortalama termal duyu oylamasını öngörmekte ve varsayılan termal konfordan veya ısıl tarafsızlıktan sapmayı göstermektedir. ASHRAE Standart 55, denklem (2)'de gösterildiği gibi termal konfor ölçeğini belirlemek için PMV'nin hesaplanmasında Fanger'ın ısı dengesi denklemini kullanmaktadır. Denkleminde hesaba katılan klimanın temel amacı, mekânın ısını ekleyerek ve çıkararak kullanıcının tarafsız hissini (rahatlığını) sağlamaktır.

PMV model değerleri aşağıdaki denklemde (2) gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$PMV = [0,303 e^{-0,036.M} + 0,028] \times \{ (M-W) - 3,05 \times 10^{-3} [5733 - 6,99 (M-W) - P_a] - 0,42 [(M-W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - P_a) - 0,0014M \times (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a) \} \quad (2)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \} \quad (3)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a| & 0,25 \text{ için } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a| \\ 0,25 > 12,1 \cdot \sqrt{V_{ar}} & \\ 12,1 \cdot \sqrt{V_{ar}} & \text{için } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a| \\ 0,25 < 12,1 \cdot \sqrt{V_{ar}} & \end{cases} \quad (4)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{için } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{için } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases} \quad (5)$$

Beşinci denklem PPD hesabı için kullanılır.

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (6)$$

PMV=tahmini ortalama oy	PPD=memnuniyetsizlerin tahmini yüzdesi
M=metabolik oran (W/m ²)	W=etkin mekanik güç (W/m ²)
P _a =kısmi su buhar basıncı (P _a)	t _a =hava sıcaklığı (°C)
t _{cl} =kıyafet yüzey sıcaklığı (°C)	f _{cl} =kıyafet yüzey alan faktörü
h _c =konveksiyon ısı transferi katsayısı [W/(m ² .K)]	V _{ar} =bağlı hava hızı(m/sn)
I _{cl} =kıyafet yalıtımı (m ² .K/W)	t _r =ortalama ışıınım sıcaklığı (°C)
1 met= 58,2 W/m ²	1 _{clo} = 0,155 m ² .°C /W

PMV modelin sonuçları 7'li ASHRAE termal duyum ölçeğinde ifade edilir. Çalışmalarda bu ölçeğin merkezi üç kategorisi, “hafif soğuk”, “nötr” ve “hafif sıcak” olarak kabul edilir. PMV’ ye dayanarak Tahmini Memnuniyetsizlik Oranı (PPD – Predicted) belirlenmektedir (Hoof vd., 2010) (Tablo 9).

Tablo 9. ASHRAE 7’li termal duyum ölçeği (ASHRAE, 2017).

-3	-2	-1	0	1	2	3
Soğuk	Serin	Hafif Serin	Nötr	Hafif Ilık	Ilık	Çok sıcak

1.3.3.1.1. Termal Kabul Edilebilirlik

Tercih edilen sıcaklık, McIntyre ölçeğine göre “daha sıcak, daha soğuk veya memnun” seçenekleriyle direk soru sorularak tespit edilebilir. ASHRAE 7’li termal duyum ölçeğine göre “sıcak, hafif sıcak, ılık, nötr, serin, hafif serin, soğuk” seçenekleriyle termal kabul edilebilirlik belirtilir. ASHRAE Standard 55 katılımcıların %80’in sıcaklıktan memnun olması durumunu kabul edilebilir termal ortam olarak nitelendirmiştir.

McIntyre (1973), çalışmasında bir grubun tercih ettiği sıcaklığın, sıcaklık ölçeğinde orta kategorinin altında veya üstünde bir hissi karşılayabileceğini bulmuştur. Fox (1973), çalışmasında deneklerin bir termal nötrlük hissi bildirmelerine rağmen, genellikle daha sıcak bir sıcaklığı tercih ettiğini belirtmiştir. Humphreys ve Hancock (2007) ise çalışmalarında “insanlar daha sıcak değerleri soğuk dış ortam, sıcak iç mekân koşullarında, daha soğuk değerleri ise sıcak dış ortam, sıcak iç mekân koşullarında tercih etmektedir.” diyerek açıklamıştır.

1.3.3.2. Uyarlanabilir Termal Konfor Modeli (ATC)

Uyarlanabilir termal konfor modelinin (ATC) temel varsayımı uyarlama ilkesi ile ifade edilir. Uyarlama ilkesi bir ortamda rahatsızlık yaratacak bir koşul oluşursa insanların konforlarını geri kazanma eğiliminde olmalarıyla açıklanabilir (Nicol ve Humphreys, 2009). Uyarlanabilir tepkinin türü ve konforun geri kazanılmasındaki etkinliği, iklimin kapsayıcı etkisi de dahil olmak üzere bağlamsal faktörlere ve mevcut uyarlanabilir fırsatlara bağlıdır. Kendilerini çevreye ya da çevreyi kendi gereksinimlerine adapte etmek için daha fazla fırsata sahip bireyler rahatsızlık çekerler ve hatta termal çevreyi kendi tercihlerine göre optimize etmeleri bile söz konusu olabilir (Nicol vd., 2002).

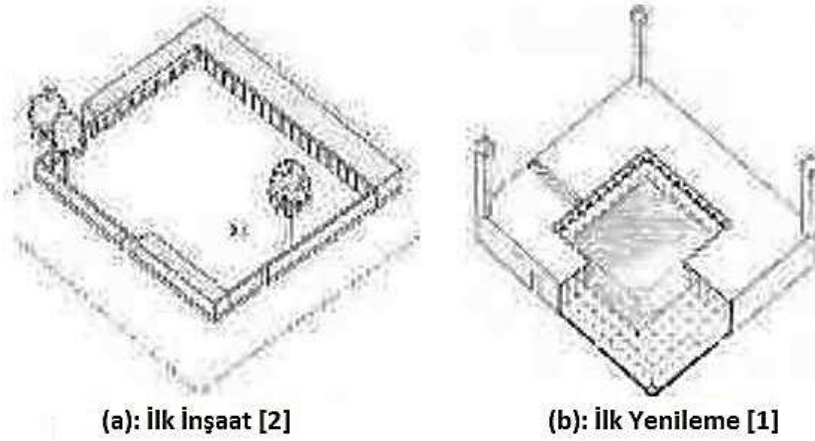
ASHRAE Standardı, ATC modelini, PMV modelinin kalıcılığını belirleyen doğal olarak havalandırılan yapılarda termal konforu hesaplamak için başka bir yöntem olarak sunmuştur. De Dear ise çalışmasında klimalı binalardaki PMV model tahmininin kabul edilebilir olduğu sonucuna varmıştır (De Dear ve Brager, 2001).

1.4. Camiler

Camiler Müslümanlar için kutsal mekanlardır. Bu kutsallık binanın mimari veya yapısal özelliğinden ziyade fonksiyonu ile ilgilidir. Bu nedenle, caminin gerçek işlevi ile ilgili tüm yönleri tanımlamak ve açıklığa kavuşturmak önemlidir (Maarof, 2014). Arapça kökenli cami kelimesi, Türk Dil Kurumu tanımında “Müslümanların ibadet etmek için toplandıkları yer” olarak geçmektedir.

İslam’ın 5 temel şartından birisi olan namaz ibadeti İslam mimarisinin temsili olan camilerin ortaya çıkmasında önemli bir role sahiptir. İslam’ın ilk yıllarında Hz. Muhammed’in (s.a.v.) temiz olmayan yerler hariç bütün dünyayı mescit olarak tanımlaması sebebiyle ibadet etmek için özel bir mekâna ihtiyaç duyulmamıştır (Tirmizi; Nefes, 1996). Mekke’de bulunan Kabe’yi kible olarak dik açıyla yönelen bir duvar bile cami işlevinde görülebilir (Uzun, 2010). Zaman içinde Cuma namazları ve bayram namazları gibi cemaatle kılınan namazların toplanarak ibadet etmeyi gerektirmesi mekân oluşturma gerekliliğini doğurmuştur (Çubuk, 2006). İslam’ın ilk yıllarında ibadethanelere secde edilen yer anlamına gelen “mescit” denilmiştir. Zaman içinde Cuma ve bayram namazı kılınan ve minberi olan büyük mescitlere cami denmeye başlanmıştır (Akin, 2016).

Tarihte bilinen ilk mescit “Takva Mescidi”, Hz. Muhammed (s.a.v.) tarafından Mekke’den Medine’ye hicret ederken Medine’ye gelmeden kaldığı Kuba köyüne daha sonradan yaptırılmıştır (URL-4). Bununla birlikte, kaynaklarda kabul edilen ilk cami Hz. Muhammed’in (s.a.v.) Medine’deki planları kendisi tarafından çizilen ve aynı zamanda konut olarak kullandığı Mescid-i Nebevi’dir (Baltacı, 1985). Mescid-i Nebevi ilk “prototip cami” kabul edilmektedir ve sonraki dönem camilerin planlamasındaki kuramsal temelleri oluşturmuştur (Çubuk, 2006). Yıllar içinde geçirdiği tadilatlardan dolayı ilk yapının izleri kaybolmuştur. Basit şeması yazılı kaynaklar yardımıyla bulunabilmektedir. Bu şema ilk cami planlarında ve İslam mimarisinde yapılan ibadethanelere esin kaynağı olmuştur (URL-4). Buhari (721)’den rivayet olan, Hz. Muhammed’in (s.a.v.) “Ön saftaki olan, (hayrı) bilseydiniz veya bilselerdi, kur’a atmak zaruri olurdu.” sözü nedeniyle ön safta namaz kılmak önemlidir (Uzun, 2010). Bundan dolayı ilk safı geniş tutmak amacıyla yapılan dikdörtgen planlama, gelişim sürecinde camilerin özel bir durum olmadığı sürece dikdörtgen planlı oluşuna yön vermiştir (Baltacı, 1985).



Şekil 6. Mescid-i Nebevi'nin anlatımlara göre görselleştirilmesi (Asfour, 2016)

1.4.1. Camilerde Kullanılan Malzemeler

İslam dininin farklı iklim ve bölgedeki ülkelere yayılması, camilerde kullanılan malzemelerde kaynak sayısını arttırmıştır. Bu durum herhangi bir malzemenin cami mimarisinde daha önemli olduğunu söylemeyi engellemektir (Arpacıoğlu, 2013). Cami inşaatında malzeme kullanımını genellikle yerel kaynaklar belirlemiştir. İlk dönem camileri genellikle kerpiçten yapılmakta olup, Hz. Ömer (r.a.) döneminde Hz. Amr b. As (r.a.) Mısır'da hurma ağacından bir cami yaptırmıştır (Baltacı, 1985). Bu dönemde teknolojik imkanların yetersizliği nedeniyle camilerde genel üslup ahşap taşıyıcı üstünü örten toprak teras çatı şeklinde olmuştur (Antel, 2013). Emeviler döneminde büyük camilerin yapımına başlanmışsa da, tuğlanın inşa malzemesi olarak kullanılması Abbasiler döneminde olmuştur. Mısır'da kurulan Tolunoğulları döneminde tuğla ve alçı kullanımına devam etmiştir. Camilerde pencere ilk defa bu dönemde kullanılmıştır. Böylelikle camiler estetik bir görünüm almaya başlamıştır (Baltacı, 1985). Karahanlılar kerpiç ve tuğla malzeme ile inşa ettikleri camilerde planlama da yenilik göstermişlerdir (Akın, 2016). Fatimiler döneminde 1003 yılında el-Hakim'in yaptırdığı cami ile taş işçiliğinin camilerde kullanımı ilk defa görülmüştür. Gazneliler döneminden bu döneme aktarılan bir cami bulunmasa da, kazılar ilk ahşap kullanımının bu dönemde gerçekleştiğini göstermiştir (Baltacı, 1985). Selçuklu camilerinde ağaç ve taş sütunlar görülmektedir. Süslemeler ve çini kullanımı yaygınlaşmıştır (Akın, 2016). Bundan sonra ortaya çıkan Atabeyler'de mermer kaplamalar ve mozaikler ön plana çıkmıştır. Anadolu Selçukluları döneminde kubbeler ve tonozlar ön planda olup, ağaç ve taş sütunlar kullanılmıştır. Cami inşaatında

Anadolu beylikleri dönemi cami cephelerinin mermer levhalarla kaplanması ile bilinmektedir (Baltacı, 1985). Osmanlı döneminde farklı malzemeler kullanılmasa da camilerde yeni formlar denenmiştir. Osmanlı'da cami mimari Mimar Sinan ile zirveye ulaşmıştır. Ancak Lale Devri ile batıdan alınan barok ve ampir üslup camilerde yaygınlaşmaya başlamıştır (Akın, 2016). Malzeme kullanımında bir sonraki gelişim ancak Endüstri Devrimi ile birlikte oluşmuştur. İnşaatlarda demir çelik ve devamında betonarme sistemlerin kullanımı başlamıştır (Antel, 2013).

1.4.2. Camilerin Kısımları

Cami, Müslümanların ibadet yeridir ve cemaatle namaz kılınır. Camilerde, günlük olarak beş vakit namaz kılınır, ortalama namaz süresi Cuma namazı dışında 15 ile 20 dakika sürer (Abdou vd., 2005). Cemaat namaz kılarken, Müslümanlar camiyi ön sıradan başlayarak doldururlar ve namaz "imam" tarafından yönlendirilir. Aslında tüm katılımcıların aktiviteleri imam vasıtasıyla senkronize edilir. Temel bir camideki ibadet salonu, sert zemin malzemesi ya da halı ile kaplı olup mobilyasız basit bir dikdörtgen şeklindedir (Numan vd., 1999). Genel bir kural olarak, özellikle kible duvarında, ibadet eden kişinin dikkatini dağıtabilecek şeyler kullanılmaz (Asfour, 2016).

1.4.2.1. Harim

Camilerin ilk ve en önemli kısmı ana namaz salonudur. Caminin içinde yaratılmış diğer alanlar arasında en büyük ve hiyerarşik, en baskın boşluktur (Maarof, 2014). Türkiye'de harim olarak geçen bu alana, yabancı dillerde sahn da denilir (URL-4). Cemaatin kible yönüne dönüp, yan yana saf tutarak namaz kıldığı alandır. Caminin en büyük kısmını oluşturur (Uzun, 2010). Alanın kapasitesi maksimum düzeye çıkarmak amacıyla mobilya kullanılmaz (Kuban, 1974). Caminin ortasında kubbe altı olarak geçen daha geniş olan ana sahn yer alır. Yan taraftaki genellikle sütunlarla ayrılmış kısımlara yan sahn denilir (URL-4).



Şekil 7. Trabzon Çarşı Cami harim bölümü görseli

1.4.2.2. Mihrap

Arapçadaki oda, hücre, köşk, başköşe anlamına gelen “harabe” kökünden gelir (Baltacı, 1985). Camilerin kible duvarındaki niş oluşturan imamın namaza durduğu ve amacı kible yönünü belirtmek olan kısımdır (URL-4). Mihrap hem statünün hem de dini ritüeller için mimarinin bir unsurudur. Genellikle camilerde tek ana mihrap vardır. Fakat, çok sık olmasa da kible duvarında ya da o yöndeki başka duvarlarda daha fazla mihrap olan örneklerde görülmektedir (Kuban, 1974). Niteliğinden dolayı caminin en süslü kısmıdır (URL-4). İlk dönem camilerde mihrap bulunmazken, ilk örnekleri 8. y.y.’da ortaya çıkmıştır (Baltacı, 1985).



Şekil 8. Trabzon Çarşı Cami mihrap görseli

1.4.2.3. Minber

Minber kelimesi kökeni itibariyle Arapça’ da “nebera” dan gelmektedir. Yüksek yer, iskemle, semer, sedye manalarına gelir. Cuma ve bayram namazı gibi hutbe okunan namazlarda hatiplerin üzerine çıktıkları basamaklı kısma minber denir (Baltacı, 1985). Yüksek olarak yapılmasının sebebi vaaz veren kişinin cemaat tarafından görülebilmesidir (Uzun, 2010). Mihrabın sağ tarafında yer alır (URL-4). Bir kişinin sığabileceği genişlikte alanlardır (Uzun, 2010). Mihrabın aksine Hz. Muhammed (s.a.v.) tarafından eklenmiştir (Baltacı, 1985). Genellikle ahşap veya mermerden yapılan, kapı kemerinden geçilerek basamakla çıkılan ve en üst seviyesinde dört ince sütun veya direğe oturan külah ile örtülü kısımdır (URL-4), (Şekil 9-a).



(a)



(b)



(c)

Şekil 9. Trabzon Çarşı Cami minber (a), vaaz kürsüsü (b), müezzîn mahfili (c) görseli

1.4.2.4. Vaaz Kürsüsü

Camilerde vaaz verilmesi amacıyla vaizlerin üzerine çıktığı yüksekçe yere vaaz kürsüsü denmektedir. Vaizin önüne konulan rahle aynı görevi görebileceği gibi, minberinde aynı amaçla kullanıldığı camiler bulunmaktadır (Baltacı, 1985). Toplu kılınan namazlar öncesinde veya dini günlerde vaiz, toplanan cemaate bu kürsü üzerinden verilmektedir. Vaaz kürsüsü camilerde genellikle mihrabın sol tarafındaki duvarda yer alır (Uzun, 2010) (Şekil 9-b).

1.4.2.5. Müezzin Mahfili

Büyük camilerde görülen ve iç kısımda yerden biraz yüksek olan müezzinlere ayrılan kısma müezzin mahfili denmektedir (URL-4) (Şekil 9-c). Etrafı parmaklıklarla çevrili bu alan, müezzinlerin, imamın namaz esnasındaki tekbirlerini arkadaki cemaate duyurmak amacıyla tekrar ettikleri yerdir (Hasol, 2014). Bazı mahfiller altında cemaatin namaz kılabileceği yükseklikte iken, alçak olanlar yerden biraz yüksekte sofa gibidir. (Uzun, 2010).

1.4.2.6. Hünkâr Mahfili

Hükümdarların namaz kıldıkları ve dışarı ile doğrudan bağlantılı olan kısma Arap kültüründe maksüre denilirken, Osmanlıda yükseltilerek loca haline getirilen kısma hünkâr mahfili denir (URL-4). Zeminden yüksek ve kafesle bölünmüştür (Baltacı, 1985). İlk örneğinin Mescid-i Nebevi'de Halife Osman tarafından yaptırıldığı söylenirken, Hz. Ali'nin (r.a.) camide suikaste kurban gitmesi ile Muaviye güvenlik önlemi olarak ilk maksüreyi yaptırmıştır (URL-4).

1.4.2.7. Son Cemaat Yeri

Namaza gecikenlerin ya da caminin iç alanında yer bulamayanların namaz kıldıkları cami girişindeki bölüme son cemaat yeri denir (Uzun, 2010). Genellikle etrafı açık, üstü kapalı alanlardır (Baltacı, 1985).



Şekil 10. Trabzon Çarşı Cami son cemaat yeri görseli

1.4.2.8. Kadınlar Mahfili

Camilerde kadınların kullanımı için ayrılan kısım kadınlar mahfili olarak adlandırılır (Haldun, 2014). Kadınlar mahfilleri asma katı olan camilerde üst katta yer alır (Uysal, 2015). Mahremiyet amacıyla genellikle parmaklıklı kısım perde ile kapatılmaktadır.



Şekil 11. Trabzon Çarşı Cami kadınlar mahfili görseli

1.4.2.9. Minare

Hz. Muhammed (s.a.v.) döneminde namazın birlik içinde kılınabilmesi amacıyla namaz saatlerini bildirme gereği hissedilmiştir ve bu nedenle ezan okunması amacıyla yapılan yüksek yerlere minare denmektedir. Tartışmaların ardından insan sesiyle ezan okunması kararı alınmıştır (Nefes, 1996). Minareler ezanı çevreye duyurmak amacıyla kule şeklinde inşa edilen, camilerin içinden çıkılan bir merdiveni bulunan ve bitişik olarak yer alan, bir ya da birkaç şerefesi bulunan yapılardır (Uzun, 2010). Osmanlılarda binaların sağ tarafında kullanımı yaygındır. Birden çok minareli cami örnekleri de Osmanlılarda görülmüştür (URL-4).

1.4.3. Namaz İbadeti

Arapça'da "dua etmek, bağışlanmayı dilemek, ibadet etmek ya da yalvarmak" anlamına gelen "salat" kelimesi Kur'an'da ve hadislerde namazın karşılığı olarak kullanılmıştır. Namaz kelimesi ise Türkçe'ye Farsça'dan geçmiştir (Kimter, 2016).

Tarihsel süreci incelendiğinde aslında namazın son peygamber Hz. Muhammed'den (s.a.v.) önce de var olduğu Kur'an'da geçmektedir (Yüksek, 2018). Meryem Suresi'nde geçen 58. ve 59. ayetlerde namazın tarihçesine dair bilgi edinilmektedir: "İşte bunlar, Âdem'in ve Nûh ile beraber (gemiye) bindirdiklerimizin soyundan, İbrahim'in, Yakub'un ve doğru yola iletip seçtiklerimizin soyundan kendilerine nimet verdiğimiz nebîlerdir. Kendilerine Rahmân'ın âyetleri okunduğu zaman ağlayarak secdeye kapanırlardı. Onlardan sonra yerlerine; namazı zayi eden ve şehvetlerine uyan bir nesil geldi" (Kur'an-ı Kerim ve Muhtasar Meali, 2001). Yahudilik ve Hristiyanlık'ta da birebir aynı olmamakla birlikte namaz ibadeti bulunmaktadır (Ateş, 1996).

Müslümanlıkta namaz ibadeti "rükûn" adı verilen namazın temel unsurlarına göre yapılmaktadır. Bu temel unsurlar; iftitah (açılış tekbiri), kıyam (ayakta durmak), kıraat (Kur'an'dan surelerin okunması), rükû (eğilmek), secde (teslim olmak) ve ka'de-i 'ahiredir (son oturuş) (Karagöz ve Altuntaş, 2011). Namaz ibadetinin yapılışı kılınan namazın çeşidine göre bazen farklılık gösterse de temelde aynıdır.

Namaz ibadeti dinen emrediliş tarzına göre 3 çeşittir:

- Farz Namazlar: Beş vakit namaz (sabah, öğle, ikindi, akşam ve yatsı), cuma namazı ve cenaze namazı
- Vacip Namazlar: Bayram namazları ve vitir namazı
- Nafîle Namazlar: Revatip sünnetler ve regaip sünnetler (teravîh, teheccüd, evvâbin, kuşluk, hacet, tövbe, istihare, yolculuk ve tahıyyetü'l-mescid) (Karagöz ve Altuntaş, 2011).

1.4.3.1. Namaz Vakitlerinin Belirlenmesi

Kur'an'da namaz zamanları doğaya göre tarif edilmektedir. Ayetlere göre namaz vakitlerinin tanımlanması aşağıda yer almaktadır (Kur'an-ı Kerim ve Muhtasar Meali, 2001).

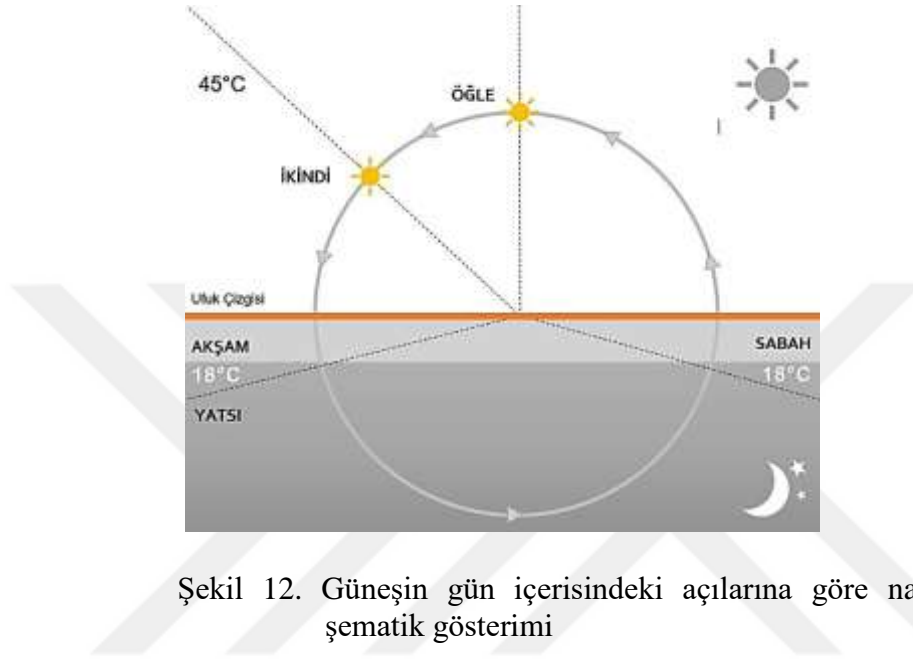
- Hud/11:114: “Gündüzün iki tarafında (öğle ve ikinci vakitlerinde) ve gecenin (gündüze) yakın saatlerinde (akşam, yatsı ve sabah vakitlerinde) ise namazı hakkıyla eda et!”
- İsrâ/17:78: “(Öğle üzeri) güneşin zevalinden (sonra öğle, daha sonra ikinci namazını), gecenin kararmasına kadar (gün batımından akşam, iyice karardığında yatsı) namazı(nı) kıl; bir de sabah namazını (kıl)!”
- Ta-ha/20:130: “(Habibim, ya Muhammed!) Artık (onların) söylediklerine sabret; güneşin doğmasından önce (sabah namazını) ve batmasından önce (ikinci namazını kılarak) Rabbini hamd ile tesbih et! Gecenin kısım saatlerinde ise (akşam ve yatsı namazını kılarak) tesbih et ki (sana verilecek sevab ile) hoşnud olasın!”
- Rum/30:17: “Öyle ise, akşama girdiğinizde ve sabaha girdiğinizde Allah’ı tesbih edin (akşam, yatsı ve sabah namazlarını kılın).”
- Tur/52:49: “Gecenin bir kısmında (akşam, yatsı ve teheccüd namazlarında) ve yıldızların batışından sonra da (sabah namazında) O’nu tesbih et!”

Namaz, vakitli bir ibadet olduğu için doğru zamanın belirlenmesi çok büyük önem taşımaktadır. M.Ö. 1500’lü yıllarda icat edilen güneş saati yıllar içerisinde geliştirilerek Müslümanlar tarafından namaz vakitlerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Gürbüz ve Aydın, 2012). Yıllar içerisinde modern saatin icat edilmesi ve astro-fizik alanında yaşanan gelişmeler ile namaz vakitlerinin belirlenmesi daha kolaylaşmıştır. Bu gelişmeler ışığında namaz zaman ve aralıklarını gösteren tablo ve grafik aşağıda yer almaktadır.

Tablo 10. Namaz ibadetinin başlangıç ve bitiş zamanları.

Namaz Adı	İbadet Başlangıcı	İbadet Sonu
Sabah	Şafağın ilk ışığı (Güneş ufuk çizgisinin altında 18 derece kaldığı zaman)	Gündoğumu başlangıcı
Öğle	Gerçek öğlen (en kısa gölge) vakti biraz geçerken	Güneş gün batımından 45 derece önce olduğunda
İkinci	Gün batımından önce güneş 45 derece açı yaptığında	Gün batımında
Akşam	Gün batımında	Güneş ufuk çizgisinin altında 18 derece kaldığı zaman
Yatsı	Güneş ufuk çizgisinin altında 18 derece kaldığı zaman	Gece yarısı

Her namaz vakti geldiğinde okunan ezan, genellikle Tablo 10'da belirtilen ibadet başlangıç zamanında okunmaktadır. Ancak camilerde namazın kılınması ezan okunduktan 10-20 dakika sonrasına denk gelebilmektedir. Bunun en önemli sebebi camilerde cemaatle namaz kılınacağı için cemaatin ve saf oluşmasının beklenmesidir (İbn Hanbal, 820).



Şekil 12. Güneşin gün içerisindeki açılarına göre namaz vakitlerinin şematik gösterimi

Termal konfor çalışmalarında binada geçirilen zaman büyük bir önem taşımaktadır. Camilerde en uzun süreyi geçiren kişiler görevli kişilerdir. Onay (2006), yaptığı araştırma sonucunda camilerde görevli olan personelin her vakit namaz için camide geçirdikleri ortalama süreleri ortaya koymuşlardır. Buna göre görevliler ortalama olarak sabah namazında 51 dakika, öğle namazında 46 dakika, ikindi namazında 39 dakika, akşam namazında 31 dakika ve yatsı namazında 46 dakika geçirmektedir. Bu verilere göre bir görevli camide namaz ibadetleri için toplam 213 dakika bulunmaktadır. İstisnai bir durum oluşturan Cuma namazları için 93 dakika ve haftada namaz vakitlerine bağlı olarak görev aldıkları süre 1431 dakikadır.

1.5. Camilerde Termal Konfor

Camiler dünya genelinde bütün Müslümanlar için çok büyük öneme sahip yapılarıdır. Benzersiz fiziksel ve aralıklı kullanım özellikleriyle karakterize edilmektedir. Yıl boyunca

günde beş kez kullanılan ibadethanelerdir. Normalde basit bir dikdörtgen üzerine ağır bir kabuk ile inşa edilir (Budaiwi vd., 2013). Müslümanların günlük ve haftalık ibadetlerini gerçekleştirdikleri herhangi bir islam toplumunun kalbi olarak nitelendirilir. Özgün işlev ve kullanım özelliğiyle karakterize yapılardır. Genellikle tüm yıl boyunca günde beş kez kullanılır. İnsanlar camilere farklı zamanlarda gelirler ve bu nedenle, her biri yaklaşık 20 ile 30 dakika süren namaz vakitleri sırasında kullanıcı yoğunluğunun azami sayıya ulaştığı kabul edilmektedir. İnsanlar namaz bittikten sonra camiye terk etme eğilimindedir. Bu durumun istisnası, her hafta Cuma namazı ve Ramazan ayı boyunca geceleri kılınan Teravih namazı ile bayram namazlarıdır (Al-Shaalan vd, 2017). Cami içindeki termal konfor, ibadet edenlerin namazlarını huzur içinde yerine getirmeleri ve rahatlığın sağlanması için temel şartlardan biridir (Bakklah ve Hassan, 2012). Ancak bu alanda literatürde yapılmış sınırlı sayıda çalışma vardır.

1.5.1. Camilerde Termal Konfor ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Camilerde termal konfor üzerine sınırlı literatür bulunmaktadır. Bununla birlikte, incelenen çalışmaların temel amacı genellikle soğutma yükünün azaltılması üzerinedir. Cami içerisindeki termal konfor koşullarını inceleyen çalışmalar aşağıda özet olarak verilmektedir.

Soegijanto ve Yohana (2004) tarafından yapılan bir araştırmada, Cuma namazı sırasında üç farklı termal konfor modeli kullanılarak Endonezya'nın Jakarta kentinde bulunan doğal havalandırılmalı İstiqlal Cami'nin termal konfor değerleri incelenmiştir. Çalışmada İstiqlal Cami'nin fiziksel özellikleri tanımlandıktan sonra çalışmada, hava sıcaklığı, bağıl nem ve hava hızı iki kez namazdan önce, saat 11.00'da ve öğleden sonra saat 12.30'da ölçülmüştür. Veriler 1.5 m. yüksekliğinde 25 ölçüm noktasından toplanmıştır. Ana salonda 13, birinci katta balkonda 8, caminin dışında 4 nokta belirlenmiştir. Etkili Sıcaklık (ET) daha sonra her nokta için hesaplanmıştır. Ayrıca, ortalama radyan sıcaklığı hesaplamak için Energy Plus yazılımı kullanılarak bir simülasyon yapılmıştır. Sonuç verileri, Fanger'in PMV modelindeki kriterler kullanılarak analiz edilmiştir.

Al-Homoud vd. (2009), Suudi Arabistan bölgesinde üç camide enerji kullanımı ve termal konfor koşullarının değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada her camide yıl içinde dört gün boyunca her beş dakikada bir zeminden 1.1 m yükseklikte

hava sıcaklığı ve nem ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, kış dönemi için 15 Ocak, ilkbahar için 15 Nisan, yaz dönemi için 15 Temmuz ve sonbahar için 15 Ekim tarihinde yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, daha yüksek enerji tüketiminin daha iyi termal konfor sağlamadığı ve daha önceki çalışmalarda da tespit edilen Suudi Arabistan gibi sıcak bölgelerde termal konforunun genel olarak sağlanamadığı belirtilmiştir.

Al-ajmi (2010) iç ortam hava koşullarını ve Kuveyt'deki camilerde ibadet sıcaklık konforunu araştırmak için 2007 yaz ayları boyunca altı klimalı camide bir saha çalışması yapmıştır. 140 kişiden anket ve fiziksel ölçüm verileri toplanmıştır. Yerden 0.6 m yüksekliğinde ölçüm gerçekleştirmiştir. Her camide bir namaz vakti boyunca ölçüm gerçekleştirmiştir.

Budaiwi, (2011) çalışmasının amacını sıcak nemli iklim bölgelerinde camilerin enerji performansını incelemek, kabuk tasarım parametrelerini ve buna bağlı olarak potansiyel enerji tasarrufunu araştırmak olarak belirlemiştir. Yöntem olarak Energy Plus programından daha kısa sürede simülasyon çalışmaları gerçekleştirebilmesi nedeniyle Visual DOE programını tercih etmiştir. Simülasyon çalışmalarında duvar ve çatı yalıtım senaryoları, dış kabuk hava sızıntıları, camların termal özellikleri ve alanları, dış yüzeylerin gün ışığı emilim değerleri, farklı kabuk kombinasyonları incelenmiştir. Çalışma sonucunda duvar, çatı gibi kabuk elemanlarının termal dayanıklılığı ve hava sızıntılarının caminin termal performansı ve enerji tasarrufu üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir.

Bakhlah ve Hassan (2012) tarafından yapılan bir araştırmada, Malezya'nın Penang şehrindeki Al-Malik Halid camisinin ana namaz salonunda hava sıcaklığı üzerine bir saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ana amacı, 16 Temmuz 2010 tarihinde kibleye doğru güneş yolunun oluşması sırasındaki iç hava sıcaklığını araştırmak ve gözlemlemektir. Sıcaklık temmuz ayının 15 ile 17 si arasında üç gün boyunca günışığında sabah saat 7'den akşam saat 7'ye kadar saatlik olarak ölçülmüştür. Ölçümler 5 caminin içinde ve 1 caminin dışında olmak üzere toplam 6 noktada yerden 90 cm yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ASHRAE 7'li ölçek ile değerlendirilmiştir. Sonuç, caminin kible yönünde ve doğru yönelime sahip olduğunu göstermiştir. Ölçümler sırasında iç mekân ile dış mekân arasındaki ortalama fark yaklaşık 0.46 °C ile 1.71 °C arasındadır.

Budaiwi vd. (2013) çalışmalarında camilerin inşaat ve kullanım açısından benzersiz bir yapı olmasının, uygun şekilde tasarlanmamışsa özellikle sıcak iklimlerde soğutma enerjisinin başlıca tüketicileri olduğunu söylemektedir. Buna bağlı olarak kabul edilebilir

termal konfor koşulları korunurken kabuk iyileştirme önlemleri ve klima (A/C) operasyonel stratejileri ile potansiyel enerji tasarrufunu belirlemek için enerji modellemesi ve simülasyonu kullanılmıştır. Visual DOE simülasyon programı kullanılarak elde edilen sonuçlarda her tür camide mutlaka duvar ve çatı yalıtımı olması gerektiği ve minimum termal yalıtım değerlerinin 1.2 ve 1.5 m olduğu sonucuna varmışlardır. Sonuçlar uygun termal güçlendirme ve operasyonel stratejiler kullanıldığında, özellikle sıcak iklimlerde enerji tasarrufu anlamında iyileştirme ortaya koyulmuştur.

İbrahim vd. (2014) Sarawak Kota Samarahan'da bulunan Mescid-i Mütatiin'deki termal konfor koşullarını araştırmıştır. Beş çatı, dört duvar, bir dış, bir iç sıcaklık olmak üzere toplam 11 noktadan toplanan veriler caminin termal konfor değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Ölçüm cihazı yerden 1.1 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Veriler düzeltilmiş etkili sıcaklık (CET) indeksi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, camideki hava hızının kabul edilebilir olmasına rağmen yüksek hava sıcaklığı nedeniyle termal konforun sağlanamadığını göstermiştir. Energy Plus programı yardımıyla yeni malzemeler eklenerek ve mevcut çatılarda yalıtım yapılarak bir yenileme tasarımı önerilmiştir ve sonuçlar camide termal konforda belirgin bir iyileşme olduğunu ortaya koymuştur.

Al-Shaalan vd. (2017) çalışmalarında camilerde alanlara ayırma ve bölmenin enerji korunumuna etkileri incelenmiştir. Etkinliği göstermek için, Riyad şehri büyük camilerinden biri, enerji korunumu en uygun yollarını keşfetmek için model olarak tanımlanmıştır. Bina enerji kullanımının analizi için eQuest simülasyon programı kullanılarak üç farklı senaryo simüle edilmiştir. Birincisi, verimsiz malzemelere sahip cami, ikincisi verimli malzemeli ancak alanlara ayrılmamış, üçüncüsü hem verimli malzeme hem alanlara bölünme şeklindedir. Sonuçlar, verimli malzeme tekniklerinin inşaat aşamasında uygulanması gerektiğini bununla birlikte daha az kullanıcı senaryolarında daha küçük alanlar kullanılmasının ve klimanın doğru zamanlama ile kullanımının enerji tüketimini oldukça düşürdüğünü göstermektedir.

Al Touma ve Ouahrani (2017) çalışmalarında, yalıtılmış çatılara sahip camilerin tavanına enerji tasarrufu sağlaması amacıyla gölgeleme yapılmasını önermektedir. Katar'da altı farklı mekânın birleşimi olan gerçek bir caminin OpenStudio 1.13.0 programı kullanılarak simülasyonu yapılmış ve toplam 629.55 kWh/m²'lik enerji talebi sağlanmıştır. Çatısına bir izolasyon katmanı eklendiğinde %9.1, bu çatıya gölgelendirme eklendiğinde %6.2 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Tavan örtüsünün yeniden yapılandırılmasının mevcut

camilerde pratik ve gerçekçi olmadığı buna bağlı olarak gölgelemenin çatıya eklenmesinin belirgin bir enerji tasarrufu sağladığını tespit etmişlerdir. İnce çatı yalıtımı ve gölgeleme özelliklerine sahip yeni camilerin, kalın çatı izolasyonlu malzemelere göre enerji açısından daha verimli olduğunu bulmuşlardır.

Khaled vd. (2017) çalışmalarında İzmir’de bulunan tarihi Salepçioğlu Cami’nin bir yıllık uyarlanabilir termal konfor analizi çalışması gerçekleştirmiştir. Ölçümlerle birlikte DesignBuilder ve Energyplus programları yardımıyla uyarlanabilir konfor çizelgelerini hazırlamış ve rahatsızlık sürelerini hesaplamışlardır. Ölçümler Ekim, Kasım ve Aralık 2014 ve Ocak, Şubat, Mart 2015 tarihlerinde aşırı soğutma olduğunu göstermiştir. Simülasyon sonuçları, düşük sıcaklığa sahip elektrikli sistemlerin yerden ısıtma olarak uygulanmasının, ana namaz salonu için termal konfor koşullarını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir.

Atmaca ve Zorer Gedik (2017) İstanbul’da bulunan 2012 yılından sonra inşa edilmiş farklı ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerine sahip Marmara İlahiyat Cami ve Hz. Ali Cami’nde termal konfor koşullarını incelemişlerdir. 2016 yılının Aralık ayında gerçekleştirmiş oldukları ölçümlerde Testo cihazları kullanmışlardır. Ölçümlerden alınan sonuçlara göre geleneksel ısıtma sistemleri ile inşa edilen Hz. Ali Cami’nin ortam koşulları termal açıdan konforsuz bulunurken, modern mekanik sistemlerle inşa edilen Marmara İlahiyat Cami’nde ortalamaya bakıldığında konforlu olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak iç ortamda zonlama yapılması ve ısıtıcıların yapıdaki açıklıkların önüne konumlandırılarak ısı kaçışlarının engellenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarından elde ettikleri bir diğer sonuç ise cam yüzeylerin ısı kaçışına sebep olarak kullanıcıları etkilediği yönündedir.

1.6. Enerji Simülasyon Programları

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişim fiziksel ve fizyolojik durumların farklı senaryolarını modelleme ve değerlendirme imkânı sunmaktadır. Bu sadece PMV hesaplamalarını kolay yapmak anlamında değil aynı zamanda tasarım aşamasında binaların gelecekteki kullanıcılarının konfor koşullarının hesaplanmasına imkân sağlamıştır (Hoof vd., 2010). Bilgisayarla modelleme, bir binanın performansını gerçek binayı inşa etmek zorunda kalmadan araştırmaya yardımcı olmaktadır. Günümüzde bina simülasyonları, iç ve dış ortam koşulları için çeşitli senaryolarının yerini tutacak tahmin araçları olarak

kullanılmaktadır (Hemsath, 2013). Araştırmacılar farklı parametreler üzerinde çalışmalar dahi, elde edilen sonuçlar binaların termal karakterinin profilinin geliştirilmesine ve veri toplamada en iyi seviyelere gelinmesine yardımcı olmaktadır (Bahar vd., 2013). Enerji Simülasyon programları arasında literatürde en çok kullanılan programlar Energy Plus, PSVyst, TRNSTS, IES-VE, ESP-r, Designbuilder ve Ecotect'dir.

1.6.1. IES-VE Programı

Bu araştırmada, simülasyon çalışmaları Integrated Environmental Solution – Virtual Environment (IES-VE) programının öğrenci sürümünde bulunan yazılım paketleri kullanılarak yapılmıştır. IES-VE programı dünyada en yaygın kullanılan enerji simülasyon programlarından biridir. Kullanıcı arayüzü ve raporları açısından birçok enerji programına göre daha kullanıcı dostudur. Tasarım parametrelerini tanımlamak oldukça kolaydır (Cho vd., 2012). IES-VE simülasyonu, bir binanın içinde ve çevresinde meydana gelen ısı transfer işlemlerinin matematiksel modellenmesi ilkelerine dayanan dinamik bir termal simülasyon programıdır. Simülasyon sonuçları, bina ve sistem tasarımlarının detaylı değerlendirilmesi için ortam sağlayarak, konfor kriterleri ve enerji kullanımı konusunda tasarımların optimize edilmelerini sağlamaktadır (Budiyanto, 2019). Literatürde IES-VE programı kullanılarak yapılan birçok çalışma mevcuttur.

Hartungi ve Jiang (2012) İngiltere'de bir ofis binasının yönetmeliklere uygun hale getirebilmek amacıyla en uygun enerji koruma iyileştirmesi çözümünü bulmak için bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Al Awadhi vd. (2013) IES-VE programını kullanarak kamu konut villalarını iyileştirerek enerji tasarrufu potansiyellerini incelemişlerdir. Alkhateeb ve Hijleh (2017) farklı iyileştirme teknikleri kullanarak enerji talebini azaltmak amacıyla hükümet binasının enerji modellemesini gerçekleştirmişlerdir. Taleb (2016), bina kabağı performansını arttırmak için bir hastane binası için güneşlik, dış duvar, cam ve yeşil çatı gibi çeşitli pasif geriye dönük tekniklerin etkisini incelemiştir. Enerji tüketiminde doluluğun etkisini incelemek amacıyla Pan (2017) bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada yıl boyunca farklı doluluk sistemleriyle analizler yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı enerji israfına yol açan kullanıcı davranışını tespit etmektir. Odada geçirilen süre, pencere kullanımı, iç ve dış hava sıcaklığını kontrol edilen parametrelerden bazılarıdır. Bulgular kullanıcıların binayı kullanma şeklinin enerji performansı üzerinde büyük etkisi olduğunu göstermişlerdir. Khatami ve Hashemi (2017) dinamik modelleme yapılarak enerji tüketimi,

termal konfor ve iç ortam kalitesini iyileştirmek için en uygun iyileştirme stratejisini bulmak amacıyla bir çalışma yürütmektedir. Bu çalışmada otomatik termostat ve otomatik pencere kontrolleri ve enerji tasarruflu aydınlatma sistemi ele alınan başlıca yöntemlerdir. Sonuçlar enerji tüketimini %2,1 oranında azaltarak daha iyi ortam koşulları oluşturulabileceğini ortaya koymuştur. Shaikh ve Chaudhry (2018) çalışmalarında Birleşik Arap Emirlikleri'nde bulunan bir ofis binası örneği üzerinde soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji tasarrufunu en üst düzeye çıkarmayı amaçlamışlardır. IES-VE programı yardımıyla enerji modellemesi, termal konfor ve iç hava kalitesi analizleri yapmışlardır.



2. YAPILAN ÇALIŞMA

2.1. Çalışma Alanı

Tarihi camilerde termal konfor üzerine yapılan çalışma, Trabzon ili Çarşı camisinde gerçekleştirilmiştir. Trabzon, Doğu Karadeniz Bölgesinde 40-33 ve 41-07 kuzey enlemleri ile 39-07 ve 40-30 doğu boylamları arasında yer almaktadır. 4685 km²'lik yüzölçüme sahiptir. Trabzon iklimi Köppen iklim sınıflandırmasına göre "Cfa" iklim tipindedir. Bu iklim tipi "kışı ılık, yazı sıcak ve her dönem yağışlı" olarak açıklanmıştır (URL-5). Trabzon ili nemli bir iklime sahip olup yıl genelinde ortalama nem oranı %99'a kadar çıkabilmektedir. İç bölgelere doğru artan yağış miktarı yıllık olarak 800-850 kg/m²'dir. (URL-6). Trabzon ilindeki farklı meteoroloji istasyonlarından alınan verilere göre iki farklı iklim tipi görülmektedir. Maçka (yükseklik 250m) ilçesinde alınan ölçümler karasal iklim özelliği gösterirken, Trabzon il merkezindeki (yükseklik 30m) kıyı kesimi verileri ılık ve yağışlı iklim tipindedir (URL-7). Karadeniz rejiminin etkisinden dolayı bütün yılda yağış görülebilmektedir. Bu bilgiler ışığında Trabzon iklimi ılık yumuşak olarak kabul edilir.

Tablo 11. Trabzon ili için 1927-2018 yılları arasında gerçekleşen ortalama iklimsel değerler (URL-5)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıc. (°C)	7.3	7.0	8.5	11.8	15.8	20.5	23.4	23.7	20.4	16.6	12.2	9.3
Ort. En yüksek Sıc. (°C)	10.8	10.6	12.2	15.6	19.1	23.7	26.6	27.2	24.2	20.3	16.1	12.9
Ort. En düşük sıc. (°C)	4.6	4.1	5.5	8.7	12.7	17.0	20.2	20.6	17.4	13.7	9.2	6.4
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.1	3.3	4.2	5.6	6.7	5.6	5.4	5.0	4.2	3.5	2.5
Ort yağışlı gün sayısı	13.6	12.9	14.1	14.8	13.3	11.4	8.4	9.8	11.8	14.1	12.7	12.8
Aylık Toplam Yağış Mik. Ort. (mm)	77.4	63.8	61.9	59.7	53.1	50.0	39.2	48.8	76.6	126.2	103.3	81.6
En yüksek Sıc.	25.9	30.1	35.2	37.6	38.2	36.7	37.0	38.2	37.9	33.8	32.8	27.0
En Düşük Sıc.	-7.0	-7.4	-5.8	-2.0	4.2	9.2	11.0	13.5	7.3	3.4	-1.6	-3.3

2.1.1. Çarşı Cami

Trabzon kenti uzun yıllar Trabzon Rum Devleti'nin bir parçası olmuş ve 1461 yılında Osmanlı Devleti tarafından fethedilmiştir. Osmanlı devletinde İslam kültürü önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle camiler külliyeinin, külliyelerde şehrin merkezi olarak oluşturulmuştur. Mahalle ölçeğinde merkez, mescit olmuştur. Her mahallenin bir mescidi bulunmaktadır (Binler, 2013) Trabzon'un fethi sonrası Kaleiçi bölgesi Hristiyan unsurlardan arındırılarak farklı illerden getirilen halk yerleştirilmiş, Müslüman mahalleleri oluşturulmuştur ve Trabzon Türk – İslam kültürü ile tanışmıştır. İslamlaşma hızını arttırmak amacıyla cami, mescit ve medrese gibi kurumlar yapılmaya başlanmıştır (Fatsa, 2015). 1486 yılında Trabzon'daki Müslüman nüfusun hepsi sur içinde yaşamıştır (Şen, 1998). Kaleiçi bölgesinde başlayan bu mahalleleşme 16. yüzyılın ilk yarısında kiliseden dönüştürülen “Cami-i Cedid” in ibadete açılması ile sur dışına taşınmıştır. Bu süreç kentin iskân olmayan doğu bölgesinde inşa edilen Hoca Kasım Mescidi (günümüzde Çarşı Cami eski kaynaklarda Hacı Kasım olarak da geçmektedir) ile ilerlemiştir. Bedestene yakın konumda olan bu caminin çarşı esnafı ve bölgede geçici bulunan tüccarlara hizmet ettiği düşünülmektedir (Düzenli ve Tuluk, 2010, Fatsa, 2015).



Şekil 13. Çarşı Cami'nin Trabzon ilindeki konumu harita görseli (Çalışma alanı)

Şehrin en büyük camilerinden olan Çarşı camii, Trabzon Ortahisar Kemeraltı Mevkiinde yer almaktadır. Kayıtlarda ilk kez 1523 Tahrir Defteri'nde "Cemaat-i Mescid-i Hacı Kasım der nezd-i Bezzazistan" adıyla geçmektedir (Dağlı ve Kahraman, 2005). Hacı Kasım Mescidi, "Elhac Kasım" tarafından inşa ettirilen ahşap bir yapıdır. Harap olan bu mescit Hazinedarzade Osman Paşa tarafından yıktırılmıştır. 1839 senesinde günümüzde de kullanılmakta olan kagir cami inşa edilmiştir (Düzenli ve Tuluk, 2010). Cami 1964 yılında tadilat görmüştür (Özen vd., 2010).

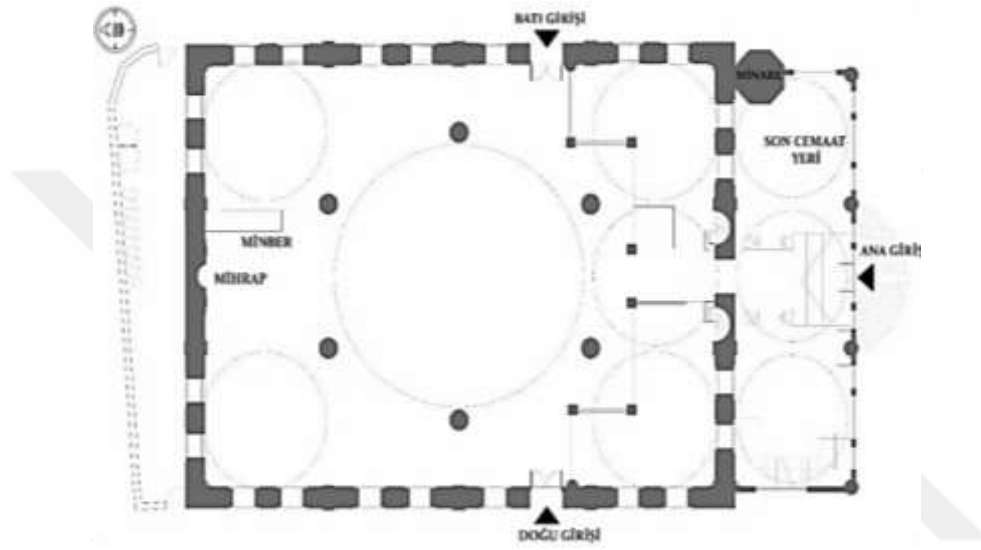


Şekil 14. Trabzon Çarşı camii görseli

2.1.2. Çarşı Cami Mimari Özellikleri

Osmanlı dönemi camilerine örnek olan Çarşı camii dikdörtgen planlıdır. (URL-8) Caminin inşa edildiği arazinin eğimli olması sebebiyle caminin son cemaat yerinin alt kısımları dükkân olarak kullanılmaktadır (URL-9). Barok-ampir tarzda taştan yapılan bu yapıda muntazam bir taş işçiliği göze çarpmaktadır. Caminin çatı örtüsü kurşundur. Kapı ve pencere silmelerinde barok süslemeli bordürler bulunmaktadır (URL-10). Cami dikdörtgen plan üzerine bir ana, altı küçük kubbe ile inşa edilmiştir (Kavraz, 2014).

Altı istinatlı olarak planlanan caminin ibadet bölümleri harim, son cemaat yeri ve balkon namaz salonudur. Son cemaat yerinin ana kapının doğusunda kalan bölümü ile yine buradan merdivenle çıkılan balkon bölümü cuma namazları dışında kadınlar mahfili olarak kullanılmaktadır. Balkon bölümü U şeklindedir. Balkon bölümünün altındaki alanlar ahşap zeminle yükseltilmiş olup harim bölümünde ahşap korkuluklarla ayrılmıştır. Son cemaat yeri kare kaideli, kare başlıklı sütunlar ve kemerlerle üç bölüme ayrılmıştır (URL-11).



Şekil 15. Çarşı Cami giriş kat planı (Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü)

Taban alanı 778 m² olan caminin harim bölümü, 20,20 m x 27 m ölçüsüyle 545,4 m²'dir. Kadınlar mahfili 155 m²'dir (Tablo 12).

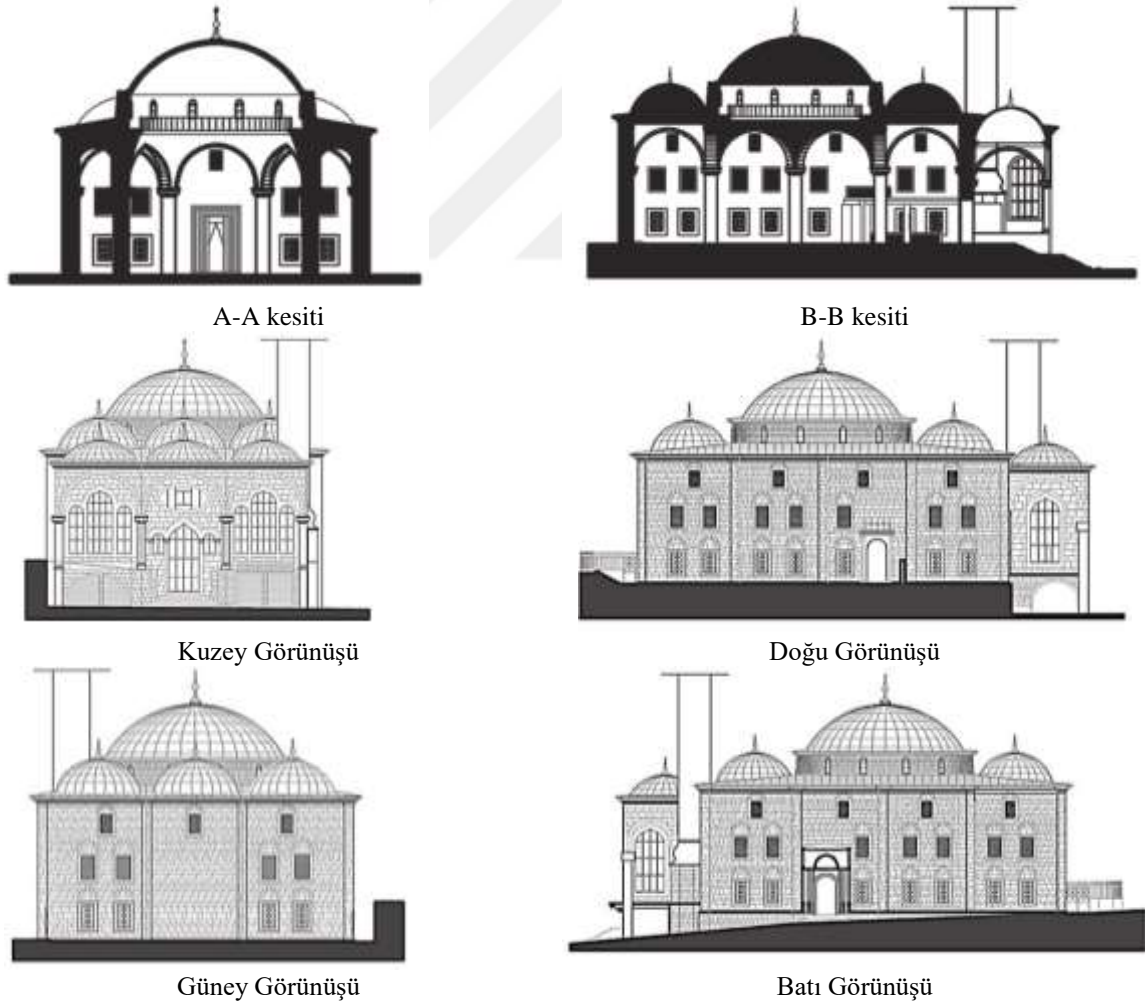
Tablo 12. Çarşı cami mahaller ve alanları

Mahaller	Alanları
Ana namaz salonu	545,4 m ²
Son Cemaat Yeri	122 m ²
Kadınlar Mahfili	155 m ²

Caminin biri kuzey cephesinde yer alan ana kapı olmak üzere, doğu ve batı cephelerindeki kapılar ile toplamda üç kapısı vardır. Yoğun olarak kullanılanlar batı ve kuzeydeki ana kapıdır. Caminin doğusunda bulunan medrese ile bugünkü şadırvanın olduğu yerde, 1847 yılında yaptırılmış olan muvakkithane yıkılmış ve günümüze

gelememiştir. Bu muvakkithanenin kitabesi Trabzon Müzesi'ndedir (URL-11). Caminin kuzey cephesinde bulunan çeşme de yıkılmıştır (URL-8).

Caminin merkezinde bulunan ana kubbe birbirine dairesel kemerlerle bağlı altı dairesel kesitli sütun üzerine oturtulmuştur (Kavraz, 2014). Ana kubbenin kuzey ve güneyindeki üçer küçük kubbeye ek olarak, kuzeyde yer alan son cemaat yerinde de üç küçük kubbe bulunmaktadır. Ana kubbenin çapı 13,30 m, harim bölümündeki küçük kubbelerin çapları 6,60 m, son cemaat yerinin üzerindeki çapı ise 5,90 m'dir. Ana kubbenin yüksekliği 16,65 m'dir. Mermerden yapılmış olan minber ve mihrap barok tarzında inşa edilmiştir. Taştan inşa edilen çokgen gövdeli tek şerefeli minare caminin batısında harim ile son cemaat yerinin birleştiği noktada bulunmaktadır. Çarşı Camisinin teknik çizimleri aşağıda verilmiştir (Şekil 16).

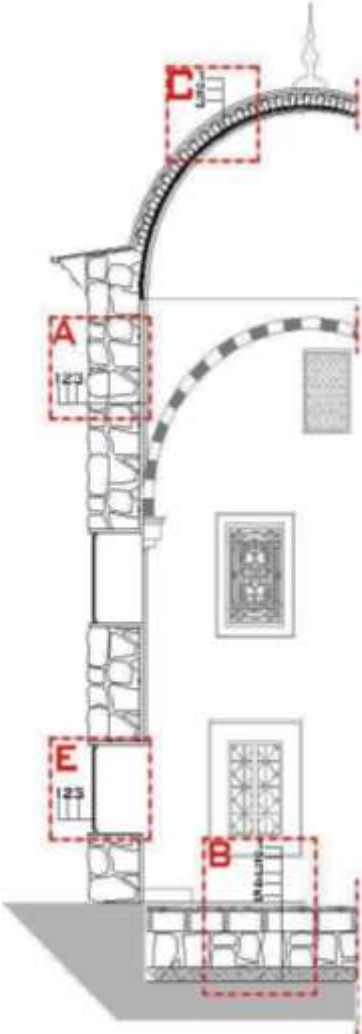


Şekil 16. Trabzon Çarşı Cami teknik çizimleri (Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü)

2.1.3. Çarşı Cami Malzeme Özellikleri

Cami dış duvarında andezit taş kullanılmıştır. Çatı kaplamaları dıştan içe kurşun, çamur sıva ve andezit taştan oluşmaktadır. Malzeme özellikleri Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Trabzon Çarşı Cami malzeme özellikleri (Gündüz vd., 2013; Incropera ve DeWitt, 2006).

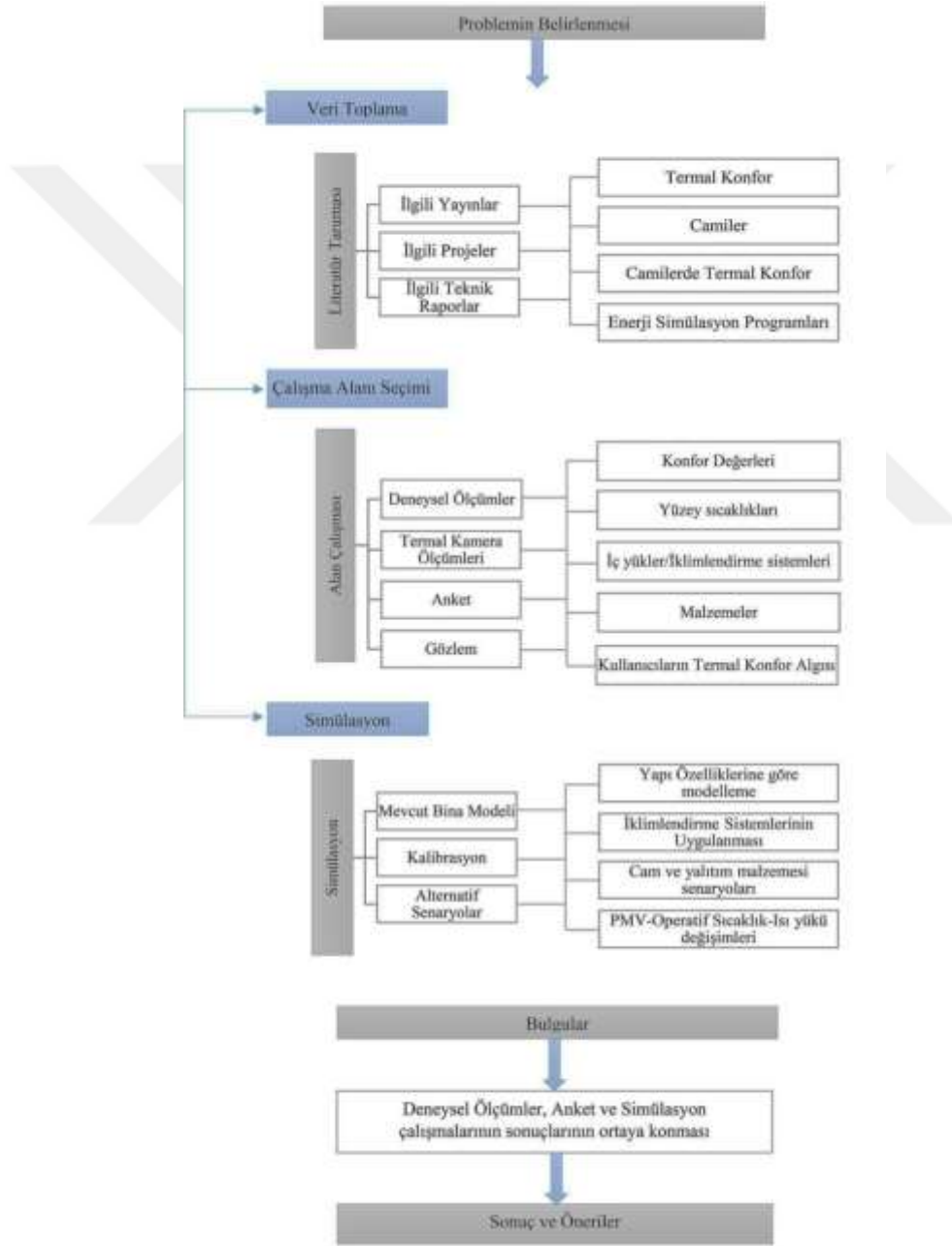
Cami Kesiti	Detaylar	Katmanlar	Malzeme	Kalınlık (mm)	İletkenlik W/(m.K)	Yogunluk Kg/m ³	Isı Kapasitesi J/(kg.K)	Direnç m ² K/W
	A Detayı	1	Andezit Taş	1000	1.94	2236.0	973.0	0.5155
		2	Sıva	3	0.5	1300.0	1000.0	50.0
		3	İç boya	-	-	-	-	-
	B Detayı	1	Halı	3	0.06	160.0	2500.0	1.6367
		2	Ahşap Kaplama	50	0.13	900.0	2000.0	0.3846
		3	Boşluk	500				
	C Detayı	4	Andezit Taş	1000	1.94	2236.0	973.0	0.5155
		5	Toprak	-	-	-	-	-
		1	Kurşun Kaplama	15	35.50	11340.0	129.0	0.0004
	D Detayı*	2	Çamur Sıva	50	1.500	1500.0	1000.0	0.0333 3
		3	Andezit Taş	1000	1.94	2236.0	973.0	0.5155
		1	İç boya	-	-	-	-	-
	E Detayı	2	Sıva	3	0.5	1300.0	1000.0	50.0
		3	Taş	1000	1.94	2236.0	973.0	0.5155
		4	Sıva	3	0.5	1300.0	1000.0	50.0
	E Detayı	5	İç boya	-	-	-	-	-
		1	Cam	3	1.06	-	-	0.0028
		2	Hava Boşluğu	50	-	-	-	-
		3	Cam	3	1.06	-	-	0.0028

*E Detayı iç duvarlara ait olup kesitte gösterilmemiştir.

**Katmanlar dıştan içeriye gösterilmiştir.

2.2. Yöntem

Tarihi camilerde termal konfor değerlendirmesinin yapıldığı bu çalışmada, ilk olarak çalışmanın amacı belirlenmiş ve önceki yıllarda bu konu üzerine yapılmış çalışmalar ve parametrelerle ilgili veriler tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda çalışma ölçüm, anket ve simülasyon olmak üzere 3 aşamalı kurgulanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Çalışmada izlenen yöntem

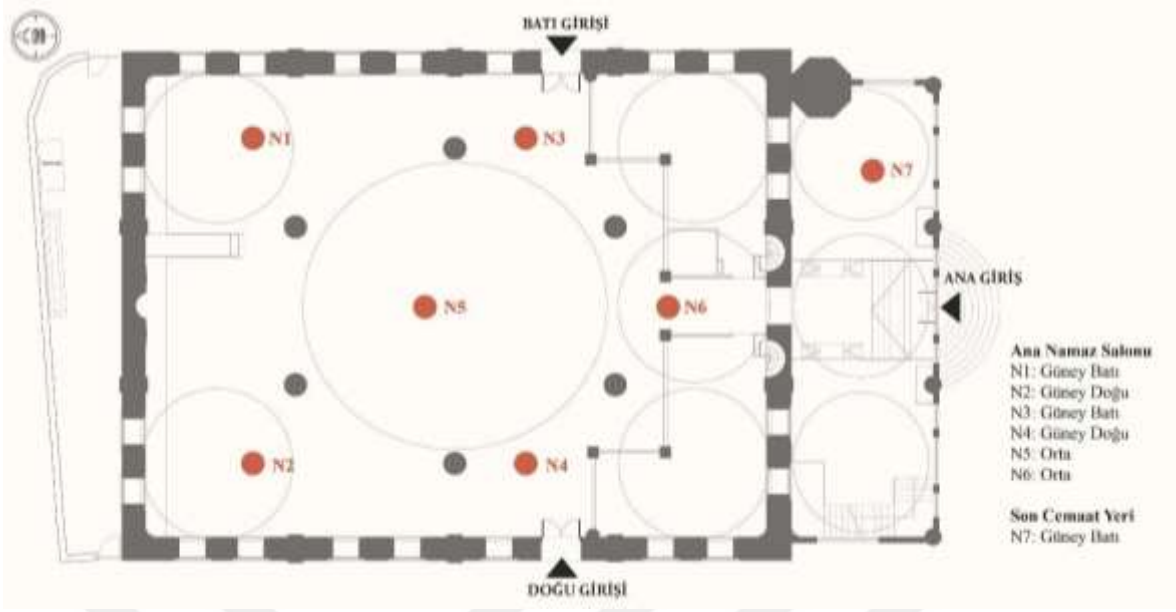
İlk iki aşama olan ölçüm ve anket eş zamanlı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada çalışma amacı doğrultusunda belirlenen ölçüm cihazları, ortam koşulları ve ölçüm tarihleri açıklanmıştır. İkinci aşamada, anket yöntemi, uygulama şekilleri ve temel istatistiksel analizler ortaya konmuştur. Üçüncü ve son aşamada simülasyon programı, program kullanımına altlık oluşturacak veriler ve farklı kullanım senaryolarına ait sonuçlar değerlendirilmiştir.

Son olarak çalışmaya konu olan yapı üzerindeki mevcut koşulların ve kullanıcıların algıları değerlendirilerek, alternatif senaryolar üzerinden iç mekân konfor koşullarının iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri ortaya konmuştur.

2.2.1. Deneysel Ölçümler

Çalışmaya başlarken Trabzon ili içinde çalışmanın yürütüleceği cami belirlenmiş ve gerekli kurumlarla görüşülerek yürütülecek çalışma, amacı ve kapsamı kendilerine aktarıldıktan sonra ölçümlerin gerçekleştirilmesi için onay alınmıştır. Eş zamanlı olarak Trabzon Meteoroloji İstasyonundan Trabzon iline ait sıcaklık ortalamaları verileri temin edilmiştir. Sıcaklık ortalamaları değerlendirilerek yaz ve kış dönemlerinde birer hafta olacak şekilde ölçüm tarihlerine karar verilmiştir. Bununla birlikte Trabzon Vakıflar Bölge Müdürlüğü ile görüşülerek camiye ait son tarihli teknik çizimler temin edilmiştir. Literatür taramaları, gözlem ve teknik çizimler yardımıyla ölçüm alınacak noktalar belirlenmiştir.

Binanın termal konforunu etkileyen ana faktördeki değişimleri gözlemlemek amacıyla caminin harim ve son cemaat yeri bölümlerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Toplamda 7 nokta ölçüm için seçilmiştir. Şekil 18'de gösterildiği gibi N1, N3 ve N7 noktaları caminin güney batısında, N5 - N6 ortada ve N2 - N4 güney doğusunda yer almaktadır. N3, N4 ve N6 noktalarının camiye giriş kapılarının bulunduğu noktalar olması, N7 noktası ise farklı cephe özelliklerine sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir. Kadınlar mahfilinde namaz vakitlerinde doluluk oranı oldukça düşük olduğu için ölçüm yapılmamıştır.



Şekil 18. Ölçüm noktalarının kat planı üzerinde gösterilişi





Cami içinde belirlenen her noktadan 5 dakika boyunca 10 saniye aralıklarla veriler alınarak ölçüm yapılmıştır. Noktalar arasında cihazın kalibre olması için yeterince süre beklenmiştir. Cihazda oluşabilecek hasarlar nedeniyle ölçümler boyunca cihaz manuel olarak çalıştırılmıştır. Namaz kılanları rahatsız etmemek amacıyla bazı noktalarda bu veri sayısı 30 saniye (3 veri) kadar artabilmektedir. Bu verinin ortalamayı çok fazla etkilemeyeceği düşünülerek ölçüm yenilenmesine gerek duyulmamıştır.



Şekil 19. Cami içerisindeki farklı noktalardan alınan ölçüm görselleri

Çalışmada uygun problemler yardımıyla yüksek hassasiyet ve çözünürlükte ölçüm gerçekleştirmesi ve bu verileri işleyerek PMV hesabı ve grafiklerini oluşturabilmesi nedeniyle Testo cihazları kullanılmıştır (Tablo 14). Ölçümlere başlamadan önce cihaz teknik servis tarafından kalibre edilmiştir. Sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri için, termal akış probu, ortalama ışıyım sıcaklığı için radyan sıcaklık probu, hava hızı ölçümleri için türbülans seviyesi probu kullanılmıştır.

Tablo 14. Deneysel ölçümlerde kullanılan aletler ve özellikleri (URL-12)

Cihaz	Model ve Adı	Teknik özellikleri
	Testo 480 – Çok fonksiyonlu ölçüm cihazı	Ölçüm aralığı : -100...+400°C Doğruluk : $\pm(0,3 \text{ °C} + 0,1 \text{ \% ölç.değ.})$ Hafıza : 60.000.000 ölçüm
	Testo – Termal akış probu	Sıcaklık : -20 ... +70 °C Doğruluk : $\pm 0,5 \text{ °C}$ Nem : 0 ... 100 %rF Doğruluk : $\pm(1,8 \text{ \%rF} + 0,7 \text{ \% ölç.değ.})$ Hava hızı : 0 ... +20 m/sn Doğruluk : $\pm(0,03 \text{ m/sn} + 4 \text{ \% ölç.değ.})$
	Testo – Radyan Sıcaklık Probu Ø 150mm	Ölçüm aralığı : 0 ... +120 °C Doğruluk : Sınıf 1 ¹⁾ 1) According to standard EN 60584-2, the accuracy of Class 1 refers to -40 to +1000 °C (Type K), Class 2 to -40 to +1200 °C (Type K), Class 3 to -200 to +40 °C (Type K).
	Testo - Türbülans Seviyesi Probu	Ölçüm aralığı : 0 ... +5 m/sn Doğruluk : $\pm(0,03 \text{ m/sn} + 4 \text{ \% ölç.değ.})$

Cihaz tripot yardımıyla sabitlenmiş ve problemler tripot üzerinde ana cihaza bağlanmıştır. Radyan sıcaklık probu ışıyım ölçümünün daha verimli olması amacıyla tripottan aparat yardımıyla 10-15 cm kadar uzak yerleştirilmiştir. Cihazların sabitleme yüksekliği incelenen çalışmalardan referans alınarak namaz aktivitesi için uygun ölçü olarak kabul edilen 1.1 metre yüksekliğe ayarlanmıştır (Al-Homoud vd. 2009, İbrahim vd., 2014).

Çalışmada yaz ve kış olmak üzere iki dönem beş gün veri alınması planlanmıştır. Ölçüm alınacak tarihler belirlenmeden önce Trabzon Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile yapılan resmi yazışmalar sonucunda son 10 yılın sıcaklık ve nem verileri temin edilmiştir. Bu veriler Tablo 11’de gösterildiği gibi Trabzon ili için en düşük sıcaklıkların Şubat ayında, en yüksek sıcaklık ortalamalarının Ağustos ayında gerçekleştiğini göstermiştir. Çalışmada kış ve yaz dönemi için birer hafta ölçüm alınması planlanmıştır. Bu veriler ışığında hava durumu kontrolleri yapılarak bu aylar içerisinde en düşük ve en yüksek değerler belirlenmiştir. Kış ölçümleri Şubat ayının son haftasında, yaz ölçümleri Ağustos ayının ikinci haftasında gerçekleştirilmiştir.

Cami içindeki konfor değişimini analiz edebilmek ve ibadet edenlerle anket çalışmalarını yürütebilmek için sabah, öğle ve akşam namaz vakitlerinde ölçüm alınması planlanmıştır. Cuma namazlarında caminin tam doluluk oranına ulaşması, ibadet edenlerin rahatsız edilmemesi bununla birlikte cihazın rahat kontrol edilemeyecek olması nedeniyle ölçüm için namaz sonrası beklenmiştir. Ölçüm tarihlerine ait namaz vakitleri Tablo 15’ de verilmiştir.

Tablo 15. Ölçüm günlerine ait Trabzon ili ait namaz vakitleri.

Tarih	İmsak	Güneş	Öğle	İkindi	Akşam	Yatsı
25 Şubat 2019	05:31	06:55	12:41	15:43	18:14	19:33
26 Şubat 2019	05:29	06:54	12:41	15:44	18:15	19:34
Kış 27 Şubat 2019	05:28	06:52	12:41	15:45	18:16	19:35
28 Şubat 2019	05:26	06:51	12:41	15:45	18:17	19:36
1 Mart 2019	05:25	06:49	12:41	15:46	18:19	19:38
6 Ağustos 2019	03:33	05:15	12:34	16:25	19:39	21:13
7 Ağustos 2019	03:34	05:16	12:34	16:25	19:38	21:11
Yaz 8 Ağustos 2019	03:36	05:17	12:34	16:24	19:36	21:10
9 Ağustos 2019	03:37	05:18	12:34	16:24	19:35	21:08
10 Ağustos 2019	03:39	05:19	12:34	16:23	19:34	21:06

Ölçümlerin alındığı noktalar, tarihleri ve saatleri yaz dönemi için Tablo 16’da, kış dönemi için Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 16. Noktalara göre kış ölçümleri günleri, vakitleri ve saatleri.

Tarih	Vakit	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
25.02.2019	Sabah	08.14	08.09	08.20	08.03	07.55	07.48	08.27
	Öğle	13.45	13.33	13.57	13.26	13.39	13.51	13.19
	Akşam	18.40	18.52	19.04	18.58	18.46	19.10	19.16
26.02.2019	Sabah	08.18	08.12	08.28	08.00	08.06	07.53	08.35
	Öğle	14.47	14.26	14.54	14.17	14.39	15.01	15.12
	Akşam	18.53	18.47	19.00	19.12	19.06	19.21	19.29
27.02.2019	Sabah	08.37	08.11	08.31	08.17	08.24	08.44	08.51
	Öğle	11.32	11.13	11.38	11.20	11.26	11.45	11.51
	Akşam	19.09	18.53	19.21	19.02	19.15	19.29	19.35
28.02.2019	Sabah	08.37	08.29	08.44	08.51	08.59	09.06	09.13
	Öğle	13.59	13.52	14.11	14.18	14.05	13.42	14.25
	Akşam	19.06	18.57	19.17	19.23	19.30	19.36	19.44
01.03.2019	Sabah	08.31	08.50	08.21	08.14	08.43	08.06	07.59
	Öğle	14.07	13.47	14.01	13.53	13.41	13.35	14.17
	Akşam	19.19	19.13	19.27	19.07	19.33	19.00	18.51


Tablo 17. Noktalara göre yaz ölçümleri günleri, vakitleri ve saatleri

Tarih	Vakit	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
06.08.2018	Sabah	05.09	04.54	04.38	05.02	05.17	04.47	05.24
	Öğle	13.32	13.23	13.54	13.16	14.15	13.44	14.33
	Akşam	-	19.56	20.08	19.51	20.03	20.13	19.44
07.08.2018	Sabah	04.49	05.05	04.55	05.12	04.43	-	-
	Öğle	14.32	14.18	14.39	14.25	14.11	14.46	14.53
	Akşam	20.48	20.41	20.54	21.01	20.34	21.09	21.20
08.08.2018	Sabah	05.07	04.50	05.01	05.14	04.55	05.23	05.30
	Öğle	14.10	13.50	14.02	14.18	13.56	14.24	14.31
	Akşam	20.12	19.54	20.00	19.33	19.48	20.06	19.42
09.08.2018	Sabah	05.01	04.49	05.07	05.16	04.55	05.28	05.36
	Öğle	14.40	14.27	14.34	14.21	14.14	14.47	14.07
	Akşam	19.21	19.15	19.27	19.33	19.08	19.39	19.02
10.08.2018	Sabah	04.38	04.44	04.51	04.57	05.04	05.09	05.15
	Öğle	13.26	13.33	13.19	13.39	13.11	13.45	13.52
	Akşam	19.42	19.35	19.55	19.49	19.29	19.22	19.15

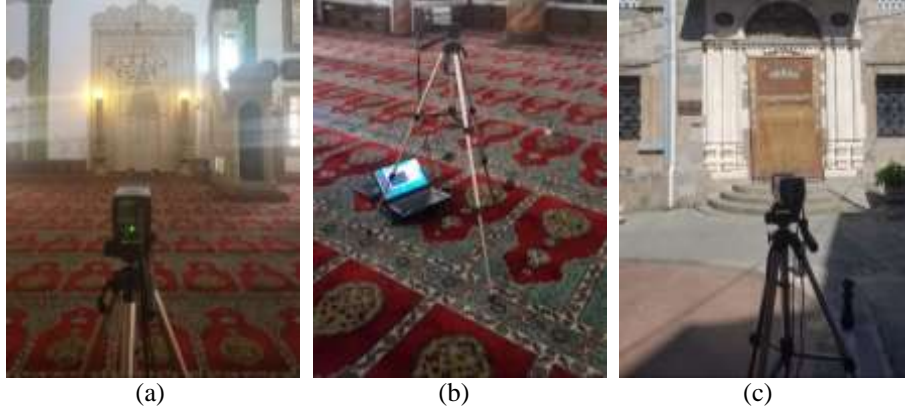
2.2.2. Termal Kamera Ölçümleri

İnsan gözü yalnızca elektromanyetik spektrumda görünür olan ışıkları görmektedir. Bunun dışındaki ışıkları görebilmek için kullanılan yöntemlerden biri de termal kameralardır. Termal kameralar prensip olarak belli sıcaklığa ulaşan maddelerin yaymış olduğu termal enerjiyi resim haline çevirir. Bu resimde her sıcaklık farklı bir renk ile temsil edilir. Termal kameralar günümüzde mimari alanda özellikle ısı kayıplarını tespit etmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mevcut binaya zarar vermemesi ve hızlı gözlem şansı sunması bu yöntemin tercih edilmesinde büyük etkenlerdendir. Çalışmada Çarşı Cami'nin dış duvar, pencere ve kubbe kısımlarındaki sıcaklık ve ısı kayıplarını değerlendirilebilmek amacıyla Flir ThermoVision A20 model termal kamera kullanılmıştır. Teknik özellikler Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18. Termal kamera cihaz özellikleri (URL-13).

Cihaz	Model ve Adı	Teknik özellikleri
	Flir ThermoVision A20	Görüş alanı / dak odak mesafesi Tipik 19 °x14 ° / 0.3m Sıcaklık aralıkları -20 °C ile + 250 °C (-4 °F ile + 482 °F) ile + 900 °C (+ 1652 °F) (isteğe bağlı) Termal hassasiyet, 30°C'de 0,10 °C Doğruluk ± 2 °C, okuma ±% 2 Çalışma sıcaklığı aralığı -15° C ile +55 °C (+ 5 °F ile + 122 °F) Depolama sıcaklığı aralığı -40 °C ile +70 °C (-40 °F ila + 158 °F)

Camideki ısı kayıplarını tespit edebilmek amacıyla sabah, öğle ve akşam olmak üzere günün üç vaktinde kış döneminde 01.03.2019 tarihinde ve yaz döneminde 09.08.2018 tarihinde termal kamera ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Termal kamera ana namaz salonunda caminin orta noktasına (Şekil 20 (a), (b)) yerleştirilmiş ve iç duvar, pencere yüzeyleri ile kubbe kısımlarından görüntüler alınmıştır. Sonrasında termal kamera caminin dışında, batı girişinin karşısına yerleştirilerek (Şekil 20 (c)) dış kabuk yüzeylerinden görüntüler alınmıştır. Çalışmada iç ortam ve dış ortam yüzey sıcaklığı farklarının termal kamera ile ölçülmesi ve dış kabuk malzemesinin iç ortam termal konfor koşullarına etkisi incelenmiştir.



Şekil 20. Termal kamera ölçüm görselleri

2.2.3. Anket Çalışması

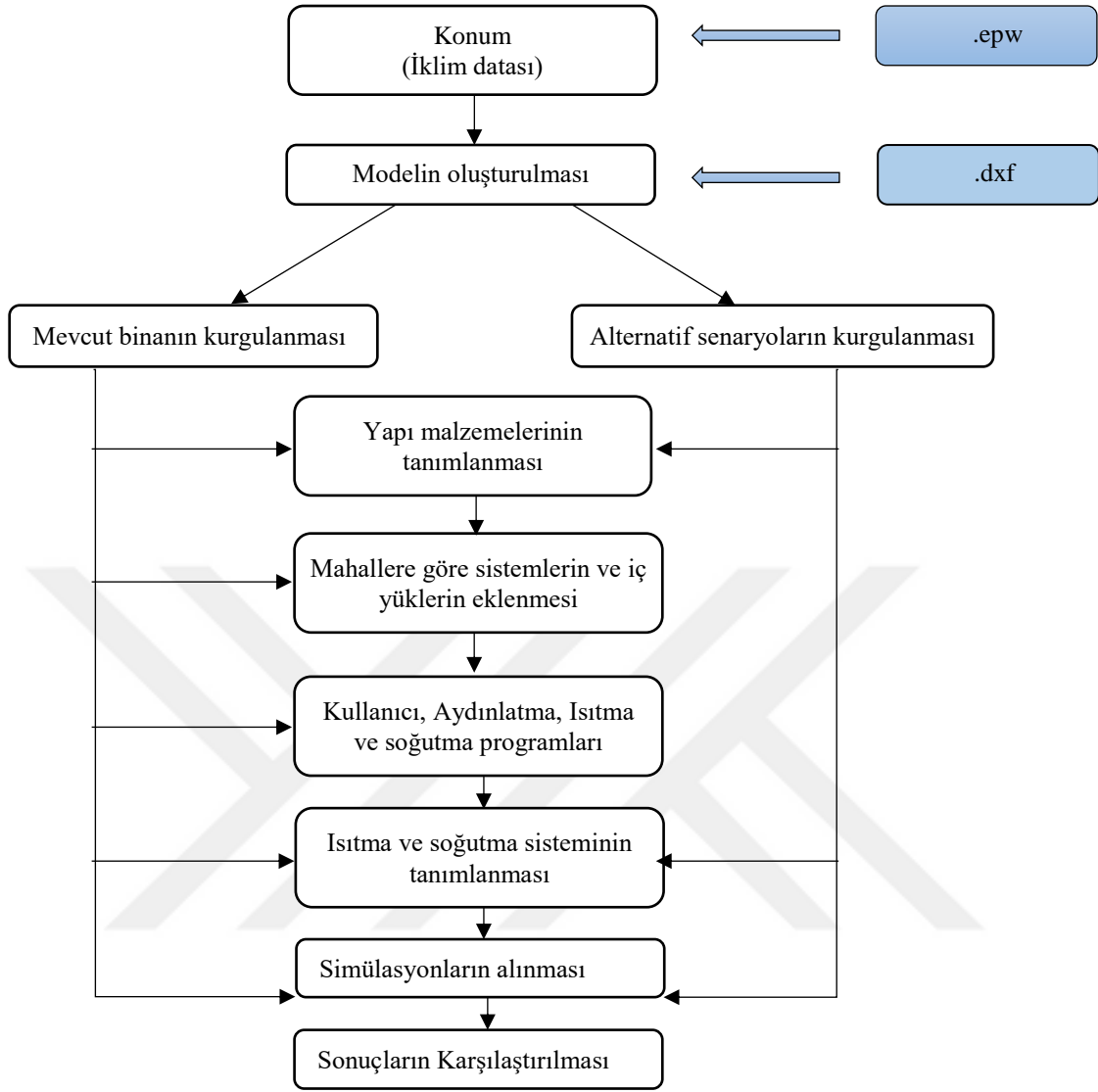
Termal konfor çalışmaları kullanıcıların mevcut ortam koşullarından memnuniyetini arttırmak amacıyla yürütülmektedir. Bu nedenle namaz kılmak için camiye gelen insanlara iç mekân termal konfor durumlarını sorgulamak amacıyla anket çalışması yürütülmüştür. Anket soruları hazırlanırken caminin bir ibadet alanı oluşu ve kullanıcıların namaz ardından camiyi terk etme eğiliminde olduğu göz önüne alınarak hızlı şekilde cevaplanması amacıyla 11 soruluk tek sayfalık bir anket hazırlanmıştır. Anket soruları Ek 1’de yer almaktadır.

Ankette kişisel veri olarak kullanıcılara yaş ve cinsiyet bilgisi sorulmuştur ve hangi namaz vaktinde, ne kadar süreyle camide bulduklarını belirtmeleri istenmiştir. 11 soruluk anketin ilk sorusunda ASHRAE 7’li termal duyum anketine uygun olarak kullanıcıların cami içinde nasıl hissettiği sorulmuştur. Ardından konfor koşulları ile ilgili tercihlerini belirtmeleri ve kullanıcıların anket değerlendirmelerini ölçüm sonuçlarıyla doğru karşılaştırabilmek amacıyla mevcut giysi durumlarını işaretlemeleri istenmiştir.

Anketin bundan sonraki kısmında kullanıcıların termal konfor parametrelerinden nem ve hava hareketi hakkındaki hisleri, bunun kabul edilebilir olup olmadığı ve olmasını istedikleri tercihleri sorulmuştur. Anket sonuçları SPSS programında analiz edilerek, frekans ve crosstabs ile dönemsel karşılaştırmalar yapılmıştır.

2.2.4. Enerji Simülasyon Çalışması

Bu bölümde, Trabzon'da bulunan Çarşı Cami yapısının termal performansını incelemek için IES-VE programı kullanılarak modelleme yapılmış ve analiz edilmiştir. Enerji tüketimi, konfor değerleri ve bina performansını temel durum ile karşılaştırmak için IES-VE programında bazı simülasyonlar yapılmıştır. İlk olarak, mevcut bina modellemesi hazırlanmış ve programın gerçek değerlerle kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bina için mevcut iklim koşulları göz önüne alınarak farklı senaryolarda modeller geliştirilmiştir. Farklı malzeme ve ısıtma-soğutma sistemleri değerlendirilmiştir. Bu simülasyonların sonuçları, ölçüm verileri ve anket sonuçları ile karşılaştırılarak kabul edilebilirliği irdelenmiştir. Şekil 21'de IES-VE programında kullanılan akış şeması gösterilmektedir.

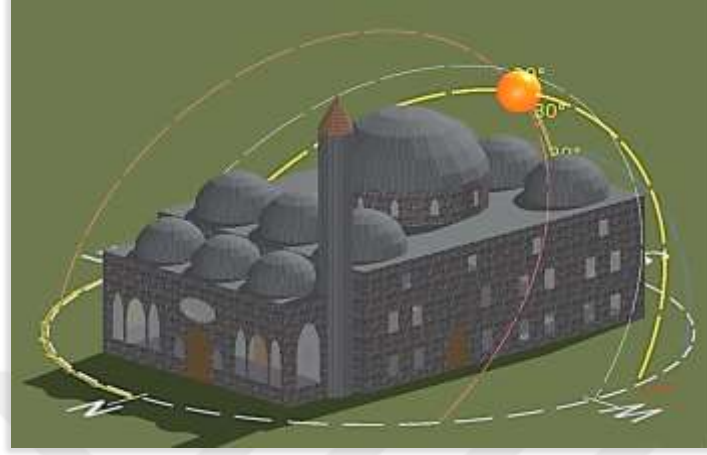


Şekil 21. Simülasyon programı çalışma akış şeması

2.2.4.1. Binanın Modellenmesi

Çalışmaya başlarken, öncelikle AutoCAD programında hazır bulunan cami mimari projesi altlık alınarak program içerisinde binanın modellenmesi yapılmıştır. Modelleme yapılırken caminin üç ana mahal üzerinden değerlendirilmesi planlanmıştır. Bunlar mevcutta da kullanılmakta olan ana namaz salonu, son cemaat yeri ve kadınlar mahfidir. Bina modellenmesi IES-VE programı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Diğer enerji simülasyon programlarına göre oldukça kullanıcı dostu olan IES-VE programı orijinal binaya birebire yakın modelleme yapılmasına olanak vermiştir. Bina modellenmesi yapılırken süslemeler gibi bina enerjisi performansına etkisi olmayan kısımlar, bina altında

bulunan dükkân bölümleri küçük alan kaplamaları ve herhangi bir ısıtma soğutma yükü taşımamaları sebebiyle modellenmemiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Çarşı Cami modeli

Çevre binaların gölge etkisinin hesaplanacak olması sebebiyle yakın çevredeki binalar basitçe modellenmiştir. Bununla birlikte minare kısmı herhangi bir hesaplama yapılmayacak olması sebebiyle bitişik yapı olarak kabul edilmiştir (Şekil 23).



Şekil 23. Çarşı Cami çevre bina modeli

2.2.4.2. Malzemelerin Belirlenmesi

Bina modellemesi tamamlandıktan sonra mevcut binanın malzeme özellikleri modele tanımlanmıştır. IES-VE programı geniş bir malzeme kütüphanesine sahiptir. Malzemelerin büyük bir çoğunluğu programın kendi kütüphanesinden kullanılmıştır. Program

kütüphanesinde yer almayan andezit taş ve kurşun malzemeleri için literatürden faydalanılarak malzeme özellikleri programa tanımlanmıştır. Mevcut binanın malzeme özellikleri daha önceki bölümlerde Tablo 13 içerisinde belirtilmiştir.

2.2.4.3. Simülasyonda Kullanılan Çalışma Programları (Schedule)

IES-VE enerji simülasyon programı simülasyon çalışmaları yürütürken analiz edilecek parametreye göre farklı çalışma programlarının kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bunlar çalışmanın yöntemine göre ısıtma, soğutma, günışığı, ekipman, kullanıcı, aydınlatma, elektrik, su vb. sistemlerin gerçek zamanlı kullanım sonuçlarının görülmesini sağlamaktadır.

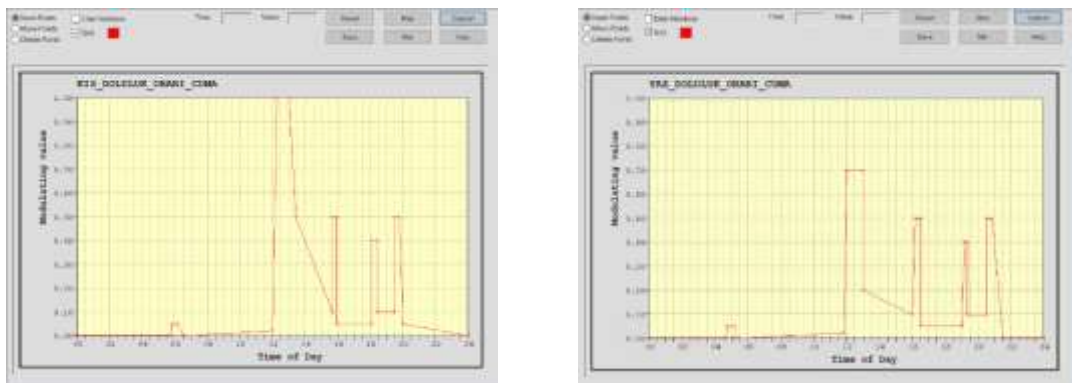
Daha önce belirtildiği gibi camiler günümüzde ağırlıklı olarak namaz vakitlerinde kullanılmaktadır. Namaz vakitlerinin güneşin hareketine göre belirlenmesi caminin kullanım programını her gün değiştirmektedir. Dini günler, ramazan ve bayramlar haricinde namaz vakitleri günü 5 farklı dilime ayırmaktadır. Bu vakitlerde insanlar camiye gelmekte ve bunun dışında cami kullanımı azalmaktadır. Namaz vakitlerindeki farklılıklar günlük karşılaştırmada 0-2 dakika arasında olurken, aylık olarak bakıldığında 30-40 dakika arasında farklılık görülmektedir. Bu noktada programın sağlamış olduğu günlük, aylık ve yıllık çalışma programlarının esnekliği çalışma açısından büyük önem taşımaktadır.

Çalışma programları elde edilmek istenen sonuçlara bağlı olarak kullanıcı yoğunluğu, ısıtma-soğutma ve aydınlatma programları başlıkları altında ele alınmıştır. Ortalama değerler çalışma sistemi ve birbirleriyle ilişkilerinin daha iyi anlatılabilmesi için yaz ve kış dönemi başlıkları altında iki ayrı tabloda toplanmıştır (Tablo 19-20).

2.2.4.3.1. Kullanıcı Yoğunluğunun Planlanması

Namaz vakitlerinin güneşin hareketine göre belirlenmesi sebebiyle camiler aralıklı kullanım şekilleriyle eşsiz bir yapıya sahiptir. Bu bağlamda gün, 5 vakte ayrılmaktadır. Her namaz vaktinde farklı yoğunluk görülmektedir. Yüklerdeki değişimleri ve farklı termal olayların programlanma zamanını simüle etmek için yıl, ısıtma ve soğutma sezonu olarak kabaca iki döneme ayrılır.

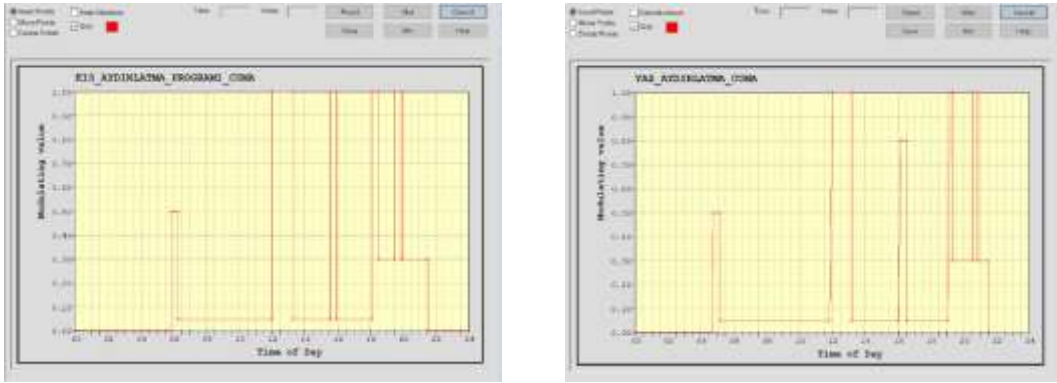
Isıtma sezonu Ekim ayı ile başlayıp Haziran ayına kadar, soğutma sezonu Haziran ayından Ekim ayına kadar olan süreci kapsamaktadır. Bu süreçler için haftalık ortalamalarla belirlenen programlar aylık kullanıma çevrilmiştir. Bu doluluk grafikleri binanın enerji simülasyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak camilerin benzersiz kullanım şekilleri kesin doluluk programları yapmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle programlar oluşturulurken gözlem yoluyla elde edilen verilerin ortalama değerleri üzerinden yıllık kabuller yapılmıştır. Caminin konumlandığı bölgenin ağırlıklı olarak ticari kullanıma sahip olması öğle (%70), ikindi (%50) ve akşam (%40) namazlarında daha yüksek doluluk oluşmasına sebebiyet vermektedir. Cuma günleri Cuma namazının önemi nedeniyle caminin bütün alanları tam doluluk oranına ulaşmaktadır (%100). Cuma namazı esnasında camiye kadın cemaat kabul edilmemekte olup tüm bölümler erkeklerin kullanımına açılmaktadır. Diğer namaz vakitlerinde kadınlar genel olarak son cemaat bölümünde kendilerine ayrılan kısımda namaz kılmayı tercih etmektedir. Bu nedenle mahallerin alan/kullanıcı oranına bakıldığında ana namaz ve son cemaat bölümlerinde yaklaşık aynı doluluk değerlerine ulaşılmaktadır. Kadınlar mahfili Cuma namazı dışında büyük oranda boştur (%0-5). Simülasyon çalışması yürütülürken gerçek kullanıma yakın sonuçlara ulaşabilmek adına her bir namaz vakti için doluluk verileri ayrı girilmiştir. Günlük programlar haftalık ortalamaya göre alınmış olup, cuma günü öğle namazı için farklı program hazırlanmıştır. Uygulanan kullanıcı yoğunluk programlarına ait grafik örnekleri Şekil 24’de verilmiştir. Yoğunlukların saatlik karşılıkları kış dönemi için Tablo 19’da, yaz dönemi içinde Tablo 20’de gösterilmiştir.



Şekil 24. IES-VE programında kullanılan kullanıcı yoğunluk programı grafik örnekleri

2.2.4.3.2. Aydınlatma Programlarının Planlanması

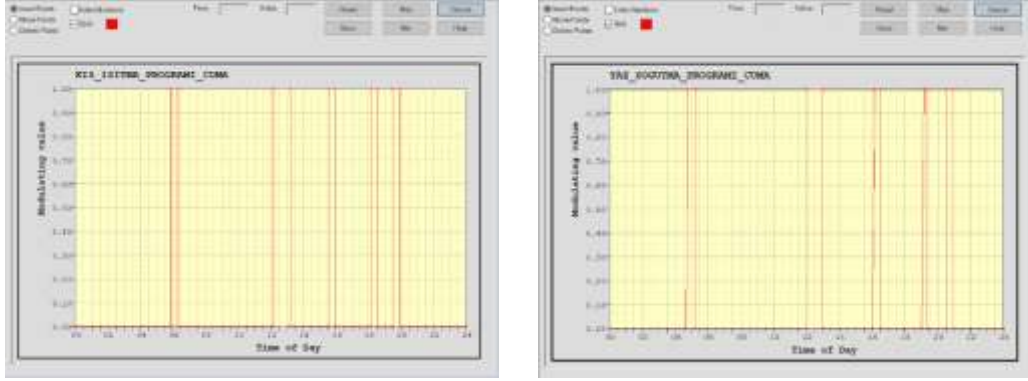
Cami içindeki aydınlatma ekipmanları manuel olarak kontrol edilmektedir. Mahallerde farklı büyüklüklerde 5 avize tipi kullanılmaktadır. Bunlardan en büyük olanı ana namaz salonunda ortada bulunan avize olup, üzerinde 237 adet ampül bulunmaktadır. Bunun dışında tek ampüllü sistemler mihrabın iki yanında bulunup sürekli açık bırakılmaktadır. Diğer aydınlatma ekipmanları kış döneminde sabah namazı dışındaki vakitlerde tam kapasite ile çalıştırılmaktadır. Yaz döneminde genellikle gün içi namazlarda kadınlar mahfili ve ana namaz salonun 4 avizesi çalıştırılmamaktadır. Namaz vakitleri dışında ana namaz salonundaki iki avize hava karardıktan sonra açılmaktadır. Kadınlar mahfilinde namaz vakitleri dışında aydınlatma elemanları kapalıdır. Son cemaat bölümündeki aydınlatmalar mahalin cam alanının oldukça fazla olması nedeniyle yalnızca hava karardıktan sonra çalıştırılmaktadır. Cami aydınlatmaları 21.30 itibariyle kapanmaktadır. Programda kullanılan aydınlatma programları grafik örnekleri Şekil 25’de verilmiştir. Simülasyonda oluşturulan aydınlatma senaryoları kış için Tablo 19 ve yaz için Tablo 20’de verilmiştir.



Şekil 25. IES-VE programında kullanılan aydınlatma programı grafik örnekleri

2.2.4.3.3. Isıtma ve Soğutma Programları

Çarşı camisinde, ısıtma ve soğutma sistemleri namazlardan 10 dakika önce çalıştırılmaya başlanıp namaz bitiminde kapatılmaktadır. Simülasyon çalışmasında gerçek durumla benzer çalışma programı tekrarlanmıştır. Programlara ait grafik örnekleri Şekil 26’da verilmiştir.



Şekil 26. IES-VE programında kullanılan ısıtma ve soğutma programları grafikleri

Tablo 19-20’de simülasyon program içinde kullanılan günlük ve Cuma günü için planlanan programların ortalama tarih saat ve değerleri toplu olarak verilmiştir.

Tablo 19. Kış dönemi kullanıcı yoğunluğu, aydınlatma ve ısıtma programları tablosu

Kış Kullanıcı Yoğunluğu				Kış Aydınlatma				Kış Isıtma			
Günlük		Cuma		Günlük		Cuma		Günlük		Cuma	
Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde
05:45	0.0	05:45	0.0	05:50	0	05:50	0	05:50	0	05:50	0
05:50	0.05	05:50	0.05	05:50	0.5	05:50	0.5	05:50	1	05:50	1
06:10	0.05	06:10	0.05	06:15	0.5	06:15	0.5	06:15	1	06:15	1
06:30	0.0	06:30	0.0	06:15	0.05	06:15	0.05	06:15	0	06:15	0
12:25	0.02	12:00	0.02	12:35	0.05	12:00	0.05	12:35	0	12:10	0
12:35	0.70	12:15	1.00	12:35	1	12:00	1	12:35	1	12:10	1
12:55	0.70	13:00	1.00	12:55	1	13:15	1	12:55	1	13:10	1
13:00	0.1	13:25	0.5	12:55	0.05	13:15	0.05	12:55	0	13:10	0
15:40	0.1	15:40	0.1	15:35	0.05	15:35	0.05	15:35	0	15:35	0
15:40	0.5	15:40	0.5	15:35	1	15:35	1	15:35	1	15:35	1
15:55	0.5	15:55	0.5	15:55	1	15:55	1	15:55	1	15:55	1
15:55	0.05	15:55	0.05	15:55	0.05	15:55	0.05	15:55	0	15:55	0
18:05	0.05	18:05	0.05	18:10	0.05	18:10	0.05	18:10	0	18:10	0
18:05	0.4	18:05	0.4	18:10	100	18:10	100	18:10	1	18:10	1
18:25	0.4	18:25	0.4	18:30	100	18:30	100	18:30	1	18:30	1
18:25	0.1	18:25	0.1	18:30	0.3	18:30	0.3	18:30	0	18:30	0
19:30	0.1	19:30	0.1	19:30	0.3	19:30	0.3	19:30	0	19:30	0
19:30	0.5	19:30	0.5	19:30	1	19:30	1	19:30	1	19:30	1
19:45	0.5	19:45	0.5	19:55	1	19:55	1	19:55	1	19:55	1
20:00	0.05	20:00	0.05	19:55	0.3	19:55	0.3	19:55	0	19:55	0
24:00	0.0	24:00	0.0	21:30	0	21:30	0				

Tablo 20. Yaz dönemi kullanıcı yoğunluğu, aydınlatma ve ısıtma programları tablosu

Yaz Kullanıcı Yoğunluğu				Yaz Aydınlatma				Yaz Isıtma			
Günlük		Cuma		Günlük		Cuma		Günlük		Cuma	
Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde	Saat	Yüzde
04:40	0	04:40	0	04:40	0	04:40	0	04:40	0	04:40	0
04:45	0.05	04:45	0.05	04:45	0.5	04:45	0.5	04:45	1	04:45	1
05:10	0.05	05:10	0.05	05:10	0.5	05:10	0.5	05:10	1	05:10	1
05:10	0.0	05:10	0.0	05:10	0.05	05:10	0.05	05:10	0	05:10	0
12:10	0.02	11:50	0.02	12:10	0.05	11:50	0.05	12:10	0	12:00	0
12:20	0.7	12:00	0.7	12:20	0.8	12:00	1	12:20	1	12:00	1
12:50	0.7	13:00	0.7	12:50	0.8	13:10	1	12:50	1	13:00	1
12:50	0.1	13:00	0.2	12:50	0.05	13:10	0.05	12:50	0	13:00	0
16:00	0.1	16:00	0.1	16:00	0.05	16:00	0.05	16:00	0	16:00	0
16:10	0.5	16:10	0.5	16:10	0.8	16:10	0.8	16:10	1	16:10	1
16:30	0.5	16:30	0.5	16:30	0.8	16:30	0.8	16:30	1	16:30	1
16:30	0.05	16:30	0.05	16:30	0.05	16:30	0.05	16:30	0	16:30	0
19:00	0.05	19:00	0.05	19:00	0.05	19:00	0.05	19:00	0	19:00	0
19:10	0.4	19:10	0.4	19:10	1	19:10	1	19:10	1	19:10	1
19:20	0.4	19:20	0.4	19:20	1	19:20	1	19:20	1	19:20	1
19:20	0.1	19:20	0.1	19:20	0.3	19:20	0.3	19:20	0	19:20	0
20:30	0.1	20:30	0.1	20:30	0.3	20:30	0.3	20:30	0	20:30	0
20:30	0.5	20:30	0.5	20:30	1	20:30	1	20:30	1	20:30	1
20:50	0.5	20:50	0.5	20:50	1	20:50	1	20:50	1	20:50	1
21:30	0.0	21:30	0.0	20:50	0.3	20:50	0.3	20:50	0	20:50	0
				21:30	0.3	21:30	0.3	21:30	0	21:30	0
				21:30	0	21:30	0	21:30	0	21:30	0

2.2.4.4. Mahallere Göre İç Yüklerin Tanımlanması

Enerji simülasyon modellemelerinde önemli adımlardan bir tanesi bina içi yüklerdir. Bunlar bina tipine göre kullanıcı, aydınlatma, bilgisayar vb. ekipmanlardan oluşmaktadır. Cami içerisinde iç yük olarak insanlar ve aydınlatma ekipmanları alınmaktadır.

2.2.4.4.1. Kullanıcı Yüğü

Kullanıcı faktörü iç yük hesabında m²'ye düşen kişi sayısı üzerinden hesaplanmaktadır. Normal koşullarda camilerde m² başına ortalama 0.5 kişi düşmektedir. Ancak gözlem yoluyla yapılan hesaplamalar göstermiştir ki Çarşı Cami'sinde bulunan kolonlar, ayakkabılıklar ve ara bölücüler gibi ekipmanlar bu oranı düşürmektedir. Bu nedenle ana namaz salonu için bu oran 0.7 olarak kabul edilmiştir. Son cemaat yeri

bölümünde yapılan alan kişi sayısı hesabına göre ise bu alanın orta kısmının ağırlıklı olarak sirkülasyon amaçlı kullanılması nedeniyle m²'ye düşen insan faktörü 1 alınmış, kadınlar mahfilinde alanın tam verimlilikle kullanılması sebebiyle 0.5 oranı kullanılmıştır. Tablo 21'de mahal alanları, m²'ye düşen kişi sayısı ve toplam kişi sayıları verilmiştir.

Tablo 21. Mahallere göre kişi sayısı

Mahaller	Alanları	m ² 'ye Düşen Kişi Sayısı	Kişi Sayısı
Ana namaz salonu	545,4 m ²	0.70	928
Son Cemaat Yeri	122 m ²	1	122
Kadınlar Mahfili	155 m ²	0.5	310

2.2.4.4.2. Aydınlatma yükü

Aydınlatma ekipmanları cami içerisindeki önemli bir yük faktörüdür. Çarşı Cami'sinde kullanılan aydınlatma elemanı örneği Şekil 29'da gösterilmiştir. Camide kullanılan ampuller 230 volt- 40 W'lık ampullerdir.



Şekil 29. Çarşı Cami aydınlatma elemanı örneği

Ana namaz salonunda toplamda 499 adet ampul bulunmaktadır. Son cemaat bölümünde 127, kadınlar mahfilinde ise 87 adet ampul vardır. Mahallere göre ampul sayıları ve üretmiş oldukları enerji Tablo 22'de belirtilmiştir.

Tablo 22. Çarşı Cami mahallere göre aydınlatma ekipmanları dağılımları

Mahaller	Avizeler		Aydınlatma Enerjisi (W)	
	Ampul Sayısı	Adet		
Ana namaz	237	1	9480 W	19960 W
	49	2	3920 W	
	29	5	5800 W	
	4	4	640 W	
	1	3	120 W	
Son cemaat	49	2	3920 W	5080 W
	29	1	1160 W	
Kadınlar mahfili	29	3	3480 W	3480 W

2.2.4.5. Isıtma-Soğutma Sistemleri

Camiler kullanım şekilleriyle diğer bina tiplerine göre oldukça az kullanılıyor olsalar da ibadet eyleminin önemi gereği termal konfor büyük bir önem taşımaktadır. Simülasyon çalışmalarında öncelikli olarak mevcut ısıtma ve soğutma sistemleri mahallere uygulanmıştır.

Çarşı Cami'sinde ısıtma amacıyla halı altı ısıtma sistemi, soğutma için klima kullanılmaktadır. Son cemaat yeri ve kadınlar mahfilinde ısıtma ve soğutma sistemi bulunmamaktadır. Cami içinde kullanılan ekipmanların fotoğrafları Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 28. Çarşı Cami ısıtma ve soğutma ekipmanı görselleri

Cami içinde soğutma amacıyla 6 adet Alarko Carrier salon tipi split klima kullanılmaktadır. Klimaya ait teknik bilgiler Tablo 23'de gösterilmiştir.

Tablo 23. Çarşı Cami içinde kullanılan klimaların teknik özellikleri

Model	42QD6C (53QD6C)
Seri No	31G6Y80001 380V 3N-50Hz
Soğutma Kapasitesi	14060 W
Isıtma Kapasitesi	14650 W
Güç (soğutma)	4650 W
(ısıtma)	4400 W
Akım (Soğutma)	8.7 A
(ısıtma)	8.3 A

Camide halı altı ısıtma sistemleri yalnızca ana namaz salonunun ilk 7 sırasına döşenmiştir. Bir adet halı altı ısıtıcı 80 cm uzunluğundadır. 1 m x 0,8 m halı altı ısıtıcının gücü 144 W'dır. Cami toplamındaki halı altı ısıtıcıların gücü toplamda 22,176 W'dır.

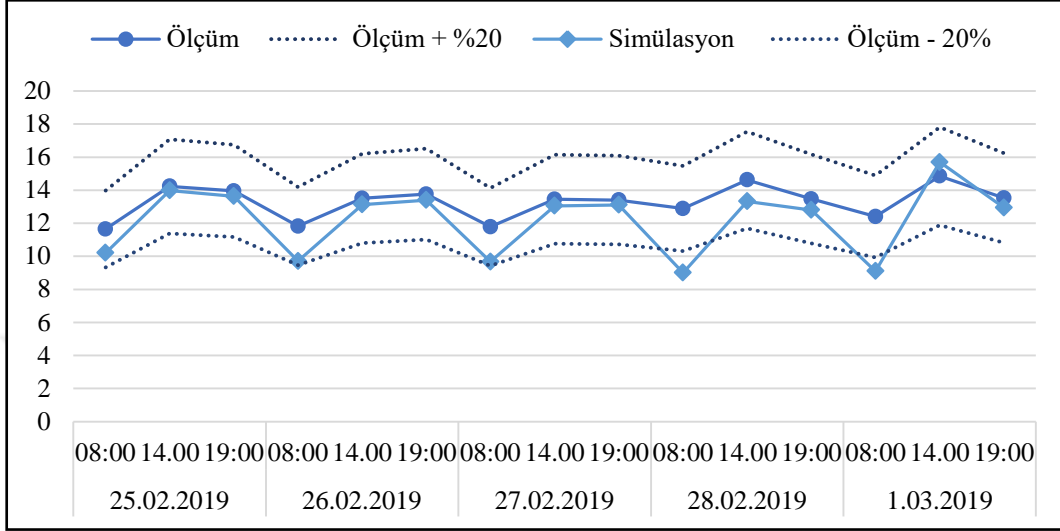
2.2.4.6. Deneysel Ölçümler ve Simülasyon Programı Kalibrasyonu

IES-VE tarafından üretilen simülasyon sonuçları cami ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir. Ölçüm sonuçları arasındaki farkın yüzdesi karşılaştırılarak, yazılım doğruluğu tespit edilmiştir. IES-VE yazılımını kullanarak çalışma yapan Almhafdy vd. (2013) ve Leng vd. (2012) çalışmalarında Vangimalla vd. (2011)'nin Ecotect programı üzerinde yaptıkları çalışmayı referans alarak simülasyon programıyla (SM) saha çalışması (FM) sonuçlarının karşılaştırılmasının denklemini (7) oluşturmuşlardır.

$$PD = [(SM - FM) / FM] \times 100 \quad (7)$$

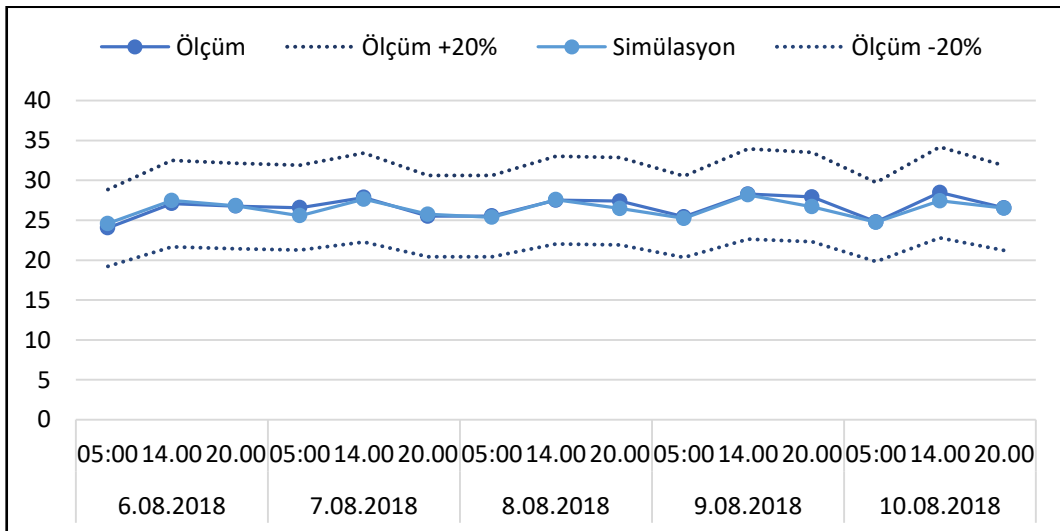
Bu çalışmada kalibrasyon yöntemi olarak bu denklem (7) kullanılmıştır. Bu çalışmalar önceki çalışmalardan referansla belli bir parametre üzerinden hareketle bilgisayar simülasyon sonuçlarının saha çalışmalarından kabul edilebilir yüzde farkının %10-20 arasında olduğunu öne sürmüşlerdir. Çalışmada bu verilerden hareketle iç ortam sıcaklık verisi için %20 farka eşit ve daha az olması durumu uygun kabul edilerek uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 29’da kış dönemi operatif sıcaklık karşılaştırmaları verilmiştir. Simülasyon sonuçları Perşembe ve Cuma günleri sabah namazlarında gerekli aralığın dışında kalmıştır. Bu vakitler dışında değerler gerekli aralığın içerisindeydi.



Şekil 29. Kış dönemi operatif sıcaklık verileri kalibrasyon grafiği

Şekil 30’da yaz dönemi ölçüm ve simülasyon operatif sıcaklık verilerinin karşılaştırılması verilmiştir. Sonuçlar simülasyon verilerinin gerekli aralık içerisinde kaldığını göstermektedir.







Şekil 30. Yaz dönemi operatif sıcaklık verileri kalibrasyon grafiği

2.2.4.7. Alternatif Senaryolar

Çalışmada Trabzon Çarşı Cami'nin termal performansını iyileştirmek amacıyla IES-VE simülasyon programı yardımıyla farklı malzemeler kullanılarak mevcut duruma alternatif senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryolar, ısıtma dönemi için yalıtımın iyileştirilmesi, soğutma dönemi için doğal havalandırma etkisi olarak ele alınmıştır. Ancak yapının tescilli bina sınıfında olması yapı kabuğunun dışında farklı malzeme ve yalıtım seçenekleri kullanılmasını engellemektedir. Çalışma kapsamında ısıtma dönemi için ilk senaryoda mevcut standart camlara alternatif olarak 4 mm'lik çift cam arası 16 mm argon ile doldurulmuş Low-e cam önerilmiştir. İkinci senaryoda 6 mm Şişecam Temperlenebilir Solar Low-E Cam Nötral + 16 mm AB + 4 mm Şişecam Renksiz Düzcam + 16 mm AB + 6mm Şişecam Low-E üçlü sistem cam önerilmiştir. Üçüncü senaryo ise kurşun çatı kaplaması altına poliüretan köpük uygulanarak yalıtımda iyileştirme yapılmasıdır. Dördüncü senaryo duvarların iç kısımlarına 5 cm genişliğinde XPS uygulanması ile oluşturulmuştur. Beşinci senaryoda performansı değerlendirilmiş olan cam tiplerinden en uygun olan seçilerek, çatı ve duvar yalıtımıyla birlikte uygulanması durumundaki performans değerleri incelenmiştir. Alternatif senaryolarda kullanılan malzemelerin özellikleri Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. Alternatif senaryolarda kullanılan malzeme değerleri (URL-14).

	Görsel	Malzeme	Kalınlık (mm)	U değeri (Wm ² K)
Cam-1		Cam	4	1.1
		Argon	16	
		Cam	4	
Cam-2		Cam	6	0.7
		Argon	16	
		Cam	4	
		Argon	16	
		Cam	6	
Çatı Yalıtım		Poliüretan Köpük	50	0.5772
Duvar Yalıtım		XPS	50	0.4763*

*Duvarın toplam değeri

Soğutma döneminde ise bu senaryolar dışında binanın giriş katında ve kubbede bulunan camlar gün boyu açık bırakılarak doğal havalandırmanın soğutmaya etkisini incelemek hedeflenmiştir. Altıncı senaryo mevcut binanın malzeme özellikleriyle doğal havalandırma kullanımıyla birleştirirken, yedinci senaryo, beşinci senaryo ile birlikte doğal havalandırma kullanımının etkisini ortaya koymayı hedeflemektedir.

Bu senaryolardan elde edilen veriler karşılaştırma yöntemiyle incelenerek mevcut binanın performansı üzerindeki etkisi bulgular kısmında sunulmuştur. Senaryoların isim, uygulanma tarihleri ve içerikleri Tablo 25’de verilmiştir.

Tablo 25. Senaryolar ve alternatif kullanımlar

Tarih	İsim	Oluşturulan Yeni Kullanımlar
	CarsiCami	Mevcut
	Senaryo-1	Çift cam
25.02.2019 – 01.03.2019	Senaryo-2	Üçlü cam
06.08.2019 – 10.08.2019	Senaryo-3	Çatı yalıtımı
	Senaryo-4	Duvar yalıtımı
	Senaryo-5	Üçlü cam+Çatı yalıtımı+Duvar yalıtımı
	Senaryo-6	Mevcut bina+Doğal havalandırma
06.08.2019 – 10.08.2019	Senaryo-7	Üçlü cam+Çatı yalıtımı+Duvar yalıtımı+Doğal havalandırma

3. BULGULAR

3.1. Deneysel Ölçüm Bulguları

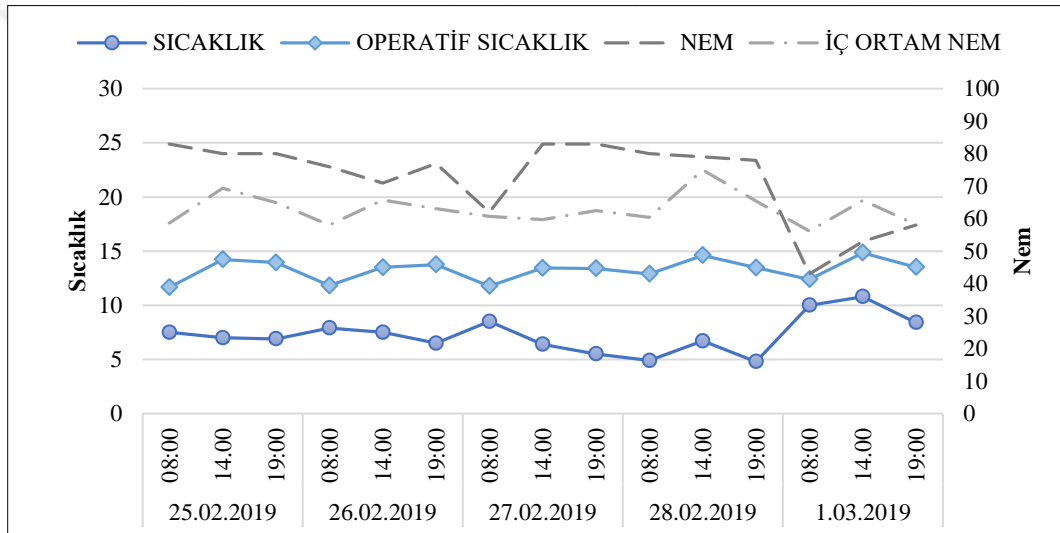
3.1.1. Kış Dönemi Ölçüm Bulguları

Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda operatif sıcaklık değeri için kış aylarındaki en düşük ortalama 11,65°C olarak, 25.02.2019 tarihinde sabah namazında, en yüksek ortalama 14,85°C olarak, 01.03.2019 tarihinde öğle namazında hesaplanmıştır. En yüksek nem oranı %74,95 ile 28.02.2019 tarihinde öğle namazında görülürken, en düşük nem oranı %56,13 ile 01.03.2019 tarihinde sabah namazı sırasında ölçülmüştür. PMV-PPD değerleri en yüksek -1,24, %41,13 olarak 28.02.2019 öğle namazında, en düşük -1,96, %74,75 olarak 25.02.2019 sabah namazı sırasında görülmüştür. Tablo 26'da kış dönemi ölçüm yapılan günler için saatlik dış ortam sıcaklık, nem verileri ve iç ortam operatif sıcaklık, nem ve hava hızı verileri ile PMV-PPD verileri görülmektedir. Farklı noktalara ait dakikalık ölçüm verileri ise Ek 2'de yer almaktadır.

Tablo 26. Kış dönemi ölçüm gün ve saatlerine göre saatlik dış ortam ve ortalama iç ortam verileri

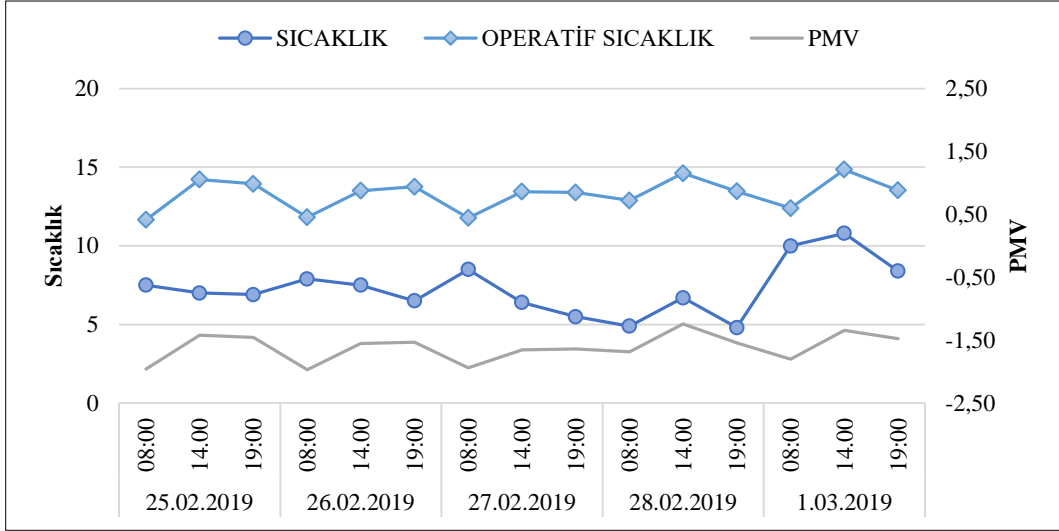
Tarih	Saat	Dış Ortam Sıc. [°C]	Operatif Sıc. [°C]	Dış Ortam Nem [%rH]	İç ortam nem [%rH]	Hava hızı [m/s]	PMV	PPD [%]
25.02.2019	08:00	7,5	11,65	84	58,60	0,12	-1,96	74,75
	14:00	7	14,23	80	69,37	0,15	-1,42	46,65
	19:00	6,9	13,95	80	64,92	0,12	-1,46	48,60
26.02.2019	08:00	7,9	11,82	76	58,02	0,14	-1,97	75,23
	14:00	7,5	13,51	71	65,72	0,13	-1,55	53,43
	19:00	6,5	13,76	77	63,05	0,14	-1,53	52,60
27.02.2019	08:00	8,5	11,78	62	60,68	0,13	-1,94	70,73
	14:00	6,4	13,45	83	59,68	0,16	-1,65	59,02
	19:00	5,5	13,40	83	62,48	0,15	-1,64	58,28
28.02.2019	08:00	4,9	12,89	80	60,45	0,13	-1,69	60,98
	14:00	6,7	14,62	79	74,95	0,18	-1,24	41,13
	19:00	4,8	13,47	78	65,48	0,13	-1,54	53,25
1.03.2019	08:00	10	12,40	43	56,13	0,12	-1,80	66,72
	14:00	10,8	14,85	53	65,63	0,17	-1,35	42,70
	19:00	8,4	13,53	58	58,20	0,01	-1,48	49,55

Şekil 31’de bulunan verilere bakıldığında kış dönemi ölçüm tarihlerine göre en yüksek sıcaklık değeri 10,8 °C olarak, 01.03.2019 tarihinde saat 14.00’da, en düşük değer 4,8°C olarak 28.02.2019 tarihinde saat 19.00’da elde edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek operatif sıcaklık ortalaması 14,85°C olarak 01.03.2019 tarihinde öğle vaktinde, en düşük ortalama 11,65°C olarak 25.02.2019 tarihinde saat 08.00’da bulunmuştur. Dış ve iç ortam nem verilerine bakıldığında, dış ortam nemi en yüksek %84 olarak 25 Şubat 2019 tarihinde saat 08.00’da, en düşük %43 olarak 01.03.2019 tarihinde saat 08.00’da tespit edilmiştir. İç ortam nem verilerinde en yüksek değer %74,95 olarak 28.02.2019 tarihinde 14.00’da, en düşük değer %56,13 olarak 01.03.2019 tarihinde saat 08.00’da hesaplanmıştır.



Şekil 31. Kış dönemi dış ve iç ortam sıcaklık ve nem ortalamalarının karşılaştırılması

Kış ölçümlerine ait sıcaklık ve PMV değerleri grafiği Şekil 32’de verilmiştir. Kış ölçümlerinde belirlenen saat ve ortalamaların PMV, dış ortam ve operatif sıcaklık verilerinin tablosuna bakıldığında, en düşük PMV değeri -1,97 değeri ile 26.02.2019 tarihinin ortalamasıdır. Dış ortamda en düşük değer 28.02.2019 tarihinde saat 19:00’da 4,8°C’yi gösterdiğinde, ortalama PMV değeri -1,54 iken operatif sıcaklık 13,47°C’dir.



Şekil 32. Kış ölçümleri sıcaklık verilerine göre PMV değeri grafiği

Kış dönemi noktalara göre alınan ölçümlerin 5 günlük ortalamaları Tablo 27'de verilmiştir. Bu veriler caminin alanlarına göre değerlendirilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi N1, N2, N3, N4, N5, N6 noktaları caminin ana namaz salonunda bulunurken, N7 noktası son cemaat kısmında yer almaktadır. Kış dönemi için en düşük operatif sıcaklık ve PMV ortalaması ısıtma ve soğutma sistemi bulunmayan son cemaat yerinde bulunan N7 noktasında sabah namazında gerçekleşmiştir. Genel ölçümlere bakıldığında gün boyu ana namaz salonu ile son cemaat yeri arasında 1 ile 2°C arasında sıcaklık farkı oluşmaktadır. Nem oranında tanımlı bir fark görülmemiştir.

Tablo 27. Kış dönemi ölçüm alınan vakitlere göre ölçüm noktalarının ortalaması.

	Noktalar	Operatif Sıcaklık [°C]	Nem [%rH]	Hava hızı [m/sn]	PMV	PPD [%]
Kış Dönemi Sabah	N1	12,41	58,50	0,11	-1,76	64,46
	N2	11,99	59,36	0,13	-1,93	69,88
	N3	12,17	58,54	0,13	-1,85	69,22
	N4	12,09	58,64	0,12	-1,83	68,64
	N5	12,08	58,70	0,14	-1,90	72,00
	N6	11,90	58,92	0,14	-1,95	73,90
	N7	10,14	59,68	0,14	-2,24	85,10
Kış Dönemi Öğle	N1	14,19	66,26	0,13	-1,43	47,02
	N2	14,32	65,90	0,16	-1,45	48,28
	N3	14,06	67,62	0,16	-1,37	48,48
	N4	13,42	64,32	0,16	-1,59	55,44
	N5	14,19	67,66	0,20	-1,53	52,52
	N6	14,03	69,46	0,13	-1,41	45,92
	N7	13,10	63,34	0,11	-1,59	56,02
Kış Dönemi Akşam	N1	13,70	63,12	0,10	-1,50	51,22
	N2	13,34	64,40	0,10	-1,54	53,02
	N3	13,74	62,52	0,12	-1,52	51,88
	N4	13,71	62,20	0,11	-1,51	51,48
	N5	13,73	62,42	0,14	-1,56	54,24
	N6	13,50	62,30	0,10	-1,54	52,90
	N7	12,19	63,68	0,09	-1,75	64,34

Operatif sıcaklık ortalaması N7 noktasında en düşük 10,14°C, en yüksek 13,10°C'dir. N7 noktasında en düşük PMV değeri -2,24, en yüksek PMV değeri ise -1,59 olarak ölçülürken, nem değerleri ise akşam namazı ortalamalarında en yüksek %63,68, sabah namazında en düşük %59,68 olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte ana namaz salonu için en yüksek operatif sıcaklık ortalaması N2 noktasında 14,32°C iken, en yüksek PMV değeri olan -1,37, N3 noktasında öğle namazı ortalamasıdır. Aynı mahal için en düşük sıcaklık ortalaması 11,90°C ve PMV ortalaması -1,95 ile N6 noktasında sabah namazında hesaplanmıştır. Nem değerlerine bakıldığında ise en yüksek nem oranı %69,46 ile N6 noktasında öğle namazında ölçülürken, en düşük nem oranı ortalaması %58,50 ile N1 noktasında sabah namazında ölçülmüştür.

3.1.2. Yaz Dönemi Ölçüm Bulguları

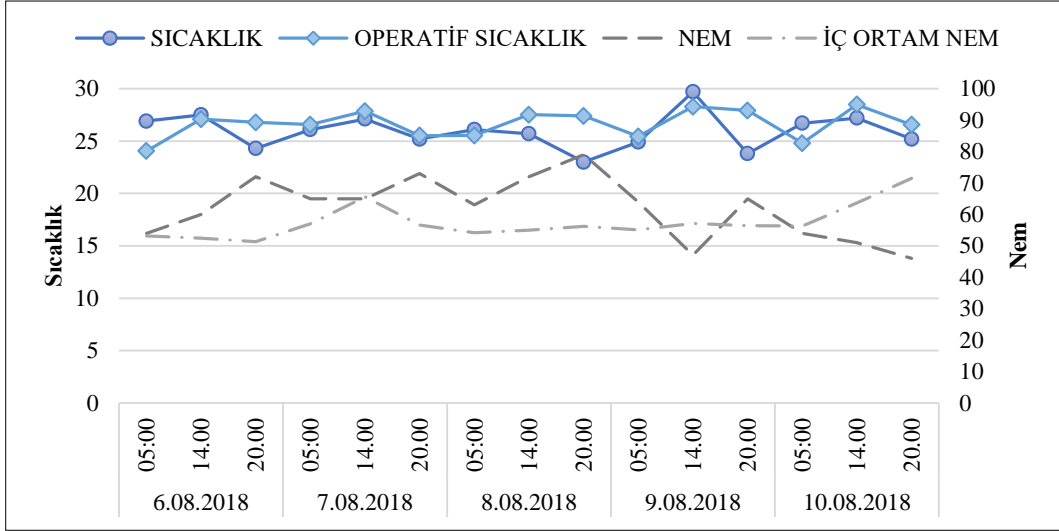
Yaz ölçümlerinde en düşük operatif sıcaklık ortalaması 24,05°C olarak 06.08.2018 tarihinde sabah namazında, en yüksek sıcaklık ortalaması 28,48°C olarak 10.08.2018

tarihinde öğle namazında ölçülmüştür. En yüksek nem oranı %71,53 ile 10.08.2018 tarihi akşam namazında görülürken, en düşük nem oranı %51,35 ile 06.08.2018 tarihinde akşam namazı sırasında ölçülmüştür. PMV değeri en yüksek 1,20 olarak 10.08.2018 tarihinde öğle namazında, en düşük ise -0,92 olarak 06.08.2018 tarihinde sabah namazı sırasında görülmüştür. Yaz döneminde ölçüm yapılan günler için saatlik dış ortam sıcaklık, nem ve operatif sıcaklık, nem ve hava hızı verileri ile PMV-PPD verileri Tablo 28'de görülmektedir. Tüm ölçüm verileri Ek 2 ve Ek 3'de yer almaktadır.

Tablo 28. Yaz dönemi ölçüm gün ve saatlerine göre saatlik dış ortam ve ortalama iç ortam verileri

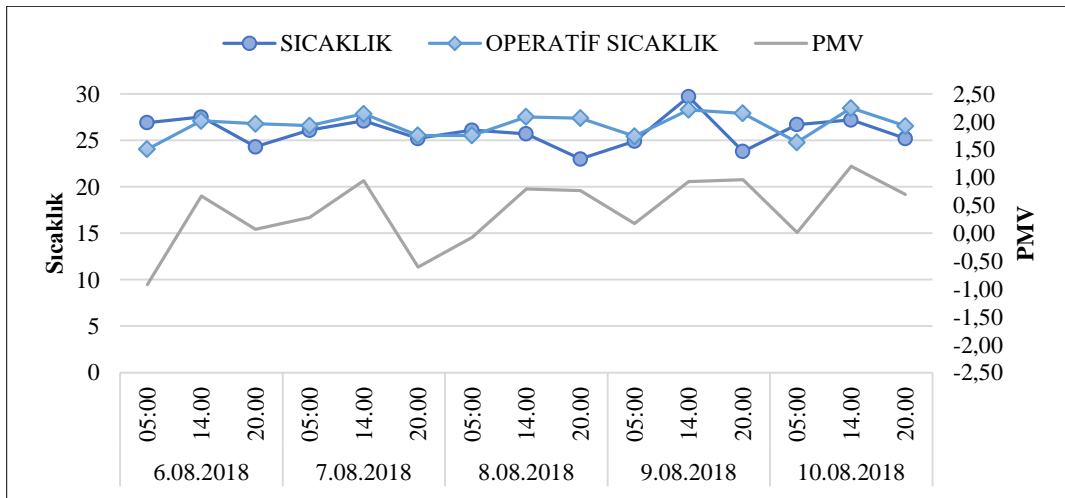
Tarih	Saat	Sıcaklık [°C]	Operatif Sıc. [°C]	Nem [%rH]	İç ortam nem [%rH]	Hava hızı [m/s]	PMV	PPD [%]
06.08.2018	05:00	26,9	24,05	54	53,16	0,77	-0,92	27,35
	14.00	27,5	27,09	60	52,40	0,12	0,67	14,08
	20.00	24,3	26,78	72	51,35	0,61	0,07	6,58
07.08.2018	05:00	26,1	26,57	65	57,01	0,24	0,28	13,64
	14.00	27,1	27,86	65	65,53	0,15	0,95	23,89
	20.00	25,2	25,52	73	56,67	0,93	-0,61	14,57
08.08.2018	05:00	26,1	25,53	63	54,17	0,20	-0,08	6,45
	14.00	25,7	27,52	72	54,96	0,12	0,80	18,44
	20.00	23	27,39	79	56,26	0,12	0,77	18,31
09.08.2018	05:00	24,9	25,44	64	55,13	0,18	0,18	9,15
	14.00	29,7	28,28	47	57,12	0,13	0,93	26,01
	20.00	23,8	27,91	65	56,43	0,12	0,96	24,53
10.08.2018	05:00	26,7	24,79	54	56,27	0,18	0,02	7,15
	14.00	27,2	28,48	51	63,62	0,12	1,20	35,43
	20.00	25,2	26,55	46	71,53	0,09	0,70	15,30

Yaz dönemi ölçüm tarihlerine göre en yüksek dış ortam sıcaklık değeri 29,7 °C ile 09.08.2018 tarihinde 14.00'da, en düşük değer 23°C ile 08.08.2018 tarihinde saat 20.00'da elde edilmiştir. Bununla birlikte en yüksek operatif sıcaklık 28,48°C olarak 10.08.2018 tarihinde saat 14.00'da, en düşük değer ise 24,05°C ile 06.08.2018 tarihinde saat 05.00'da hesaplanmıştır. Dış ve iç ortam nem verilerine bakıldığında, dış ortam nemi en yüksek %79 ile 08.08.2018 tarihinde saat 20.00'da, en düşük %47 ile 10.08.2018 tarihinde saat 20.00'da tespit edilmiştir. İç ortam nem verilerinde en yüksek değer %71,53 ile 10.08.2018 tarihinde 20.00'da, en düşük değer %51,35 ile 06.08.2018 tarihinde 20.00'da hesaplanmıştır (Şekil 33).



Şekil 33. Yaz dönemi dış ve iç ortam sıcaklık ve nem değerleri grafiği

Cami içinden yaz döneminde alınan ölçümlere göre PMV, operatif sıcaklık ve dış ortam sıcaklığı karşılaştırması yapıldığında, PMV değerinin en yüksek 1,20 değerine 10.08.2018 tarihinde öğle vaktinde ulaştığı görülürken, en düşük değer olan -0,92 değeri ise 06.08.2018 tarihi sabah namazı sırasında ölçülmüştür. PMV değeri, operatif sıcaklık ve dış ortam sıcaklığının aynı gün en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte en düşük değerlere bakıldığında PMV değeri, iç ortam sıcaklığı tarihiyle örtüşürken, dış ortam sıcaklığındaki en düşük değer 09.08.2018 saat 20.00 gözlenmektedir (Şekil 34).



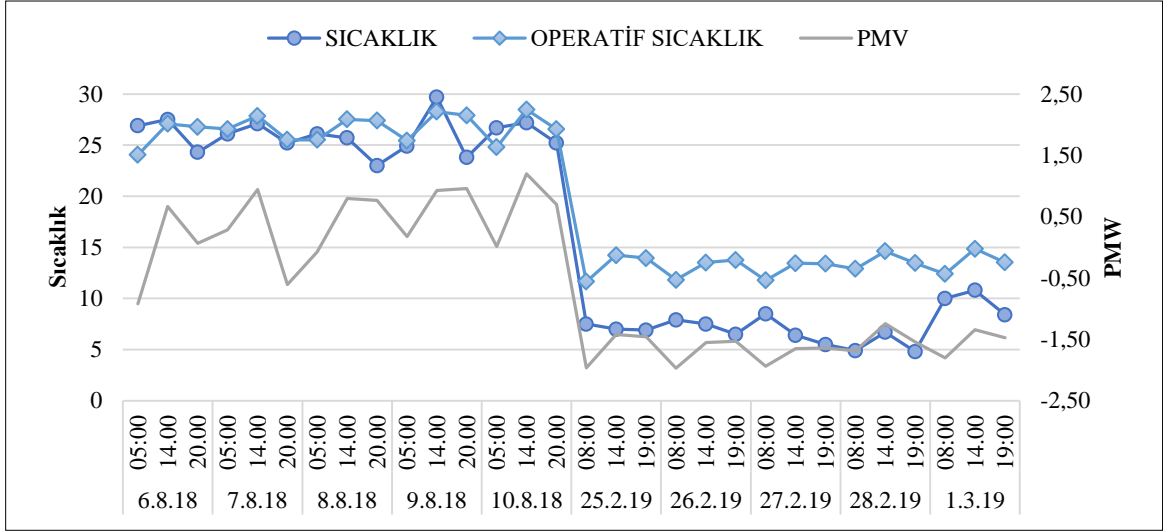
Şekil 34. Yaz ölçümleri operatif sıcaklık verilerine göre PMV değeri grafiği

Yaz döneminde ölçüm alınan noktaların ortalama değerlere göre en yüksek operatif sıcaklık ortalaması, son cemaat yerinde bulunan N7 noktasında öğle namazları ortalaması olan 28,93°C'dir. En yüksek PMV ortalaması, N7 noktasının öğle namazı verilerinde 1,17 olarak görülmektedir. En düşük operatif sıcaklık, 24,68°C ile sabah namazı N6 noktası ortalamalarında görülürken, en düşük PMV ortalaması, N4 noktasında 0,00 olarak hesaplanmıştır. Yaz döneminde ölçüm alınan noktaların ortalama değerleri Tablo 29'da gösterilmiştir.

Tablo 29. Yaz dönemi ölçüm alınan vakitlere göre ölçüm noktalarının ortalaması

	Noktalar	Operatif Sıcaklık [°C]	Nem [%rH]	Hava hızı [m/sn]	PMV	PPD [%]
Yaz Dönemi Sabah	N1	25,83	55,86	0,16	0,25	9,08
	N2	26,38	55,74	0,15	0,42	9,34
	N3	25,73	55,58	0,19	0,11	8,86
	N4	25,43	54,73	0,17	0,00	8,22
	N5	26,39	55,68	0,13	0,40	13,38
	N6	24,68	52,77	0,22	0,02	5,93
	N7	26,05	54,53	0,16	0,26	11,38
Yaz Dönemi Öğle	N1	27,90	60,20	0,13	0,96	24,80
	N2	27,75	57,78	0,24	0,77	22,04
	N3	27,77	58,28	0,25	0,77	21,36
	N4	27,77	58,72	0,24	0,80	22,70
	N5	27,89	57,68	0,24	0,84	24,58
	N6	27,76	60,76	0,24	0,79	22,16
	N7	28,93	64,10	0,28	1,17	37,62
Yaz Dönemi Akşam	N1	26,31	59,14	0,39	0,18	21,02
	N2	26,49	58,58	0,41	0,22	19,24
	N3	26,88	59,95	0,29	0,47	18,96
	N4	26,17	58,96	0,47	0,08	23,78
	N5	26,42	58,70	0,37	0,21	17,22
	N6	26,00	59,18	0,44	0,02	22,32
	N7	26,93	66,46	0,42	0,37	19,18

Ölçüm tarihlerine ve saatlerine göre kış ve yaz dönemi karşılaştırmaları Şekil 35'de gösterilmiştir. Her iki dönem içinde farkların ortalaması üzerinden değerlendirme yapıldığında, iç ortam operatif sıcaklık değerlerinin dış ortamdaki daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Veriler incelendiğinde yaz döneminde operatif sıcaklık ortalamalarıyla, dış ortam sıcaklıkları arasındaki farkların ortalaması 1°C iken, kış döneminde bu ortalama 6°C'dir.



Şekil 35. Kış ve yaz dönemi sıcaklık, operatif sıcaklık ve PMV ortalamalarının karşılaştırılması



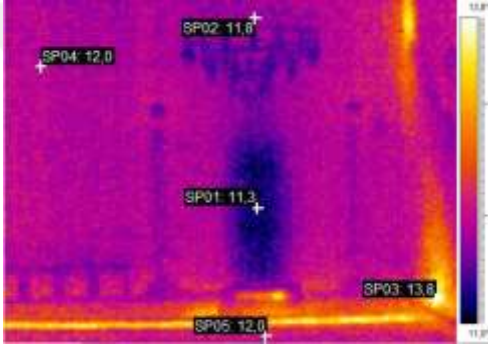
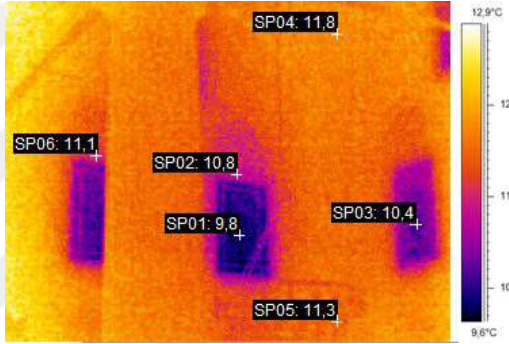
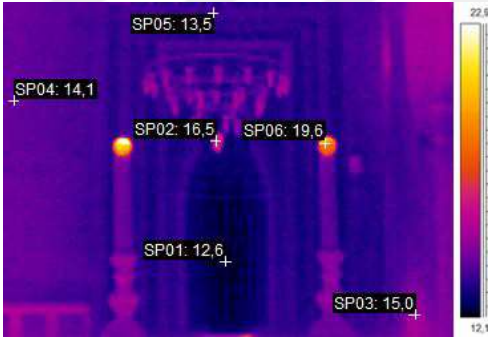
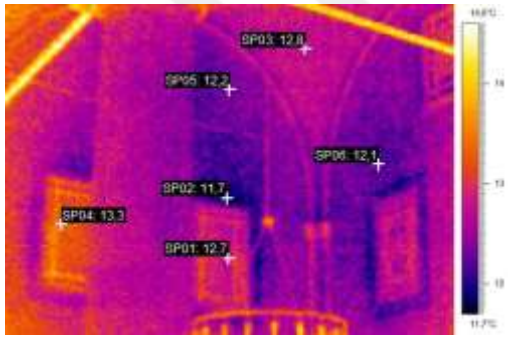

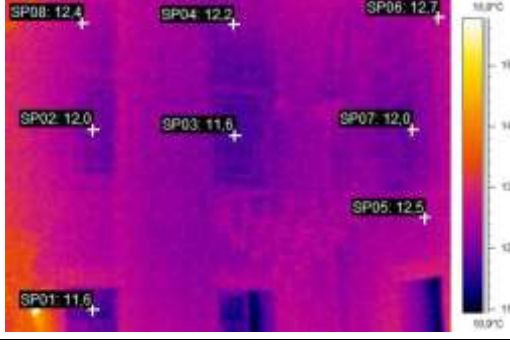
3.2. Termal Kamera Bulguları

Termal kamera bulguları, kış ve yaz dönemi cami iç ve dış kabuk yüzeyleri olarak iki başlık altında incelenmiş olup, bölüm sonucunda genel değerlendirilme yapılmıştır.

3.2.1. Kış Dönemi Termal Kamera Görüntüleri

Termal kamera ile kış dönemi içerisinde alınan görüntüler bina termal kapasitesini ortaya koyma özelliği açısından incelenmiştir. Bunun sonucunda analiz için bina yöneliminin etkisini ve ısı kaybını ortaya koyan görseller tercih edilmiş ve vakitlere göre karşılaştırılmaları tablolar yardımıyla ortaya konmuştur. Görüntülerin yanında maksimum minimum değerler için skala verilmiş olup, maksimum değerler görüntüye bağlı olarak aydınlatma elemanları, halı altı ısıtma sistemleri, split klimalar, elektrik paneli ve güçlendirici olarak kullanılan demir bağlantılarda tespit edilmiştir.

Tablo 30. Kış dönemi güney cephesi (Mihrap), güney ve batı cephesi iç mekân fotoğrafları ile termal kamera görüntüleri

	Güney Cephesi (Mihrap)	Güney ve Batı Cephesi
Görsel		
Kış Sabah		
Kış Öğle		
Kış Akşam		

Kış döneminde cami içinden alınan görüntüleme sonuçlarına göre, Tablo 30'da sunulan güney cephesinden alınan görüntüler değerlendirildiğinde iç duvar yüzey

sıcaklıklarında gün içinde en düşük değer olan 12°C, sabah vaktinde görülmektedir. Öğle vaktinde yüzey sıcaklıkları en yüksek değer olan 14°C'ye ulaşırken, akşam 13°C'ye gerilemektedir. Kış döneminde alınan görüntülemelerde halı altı ısıtma sisteminin aktif durumda olduğu anlar seçilmiştir. Isıtma sisteminin yakınında bulunan malzemeler içinde en hızlı etkileşim mermer yüzeylerde görülmektedir. Binanın güney ve batı cephesini birlikte alan görüntülere bakıldığında iki cephe arasında önemli bir sıcaklık farkı oluşmadığı ancak camların ısı kaçışına sebep olduğu görülmektedir.



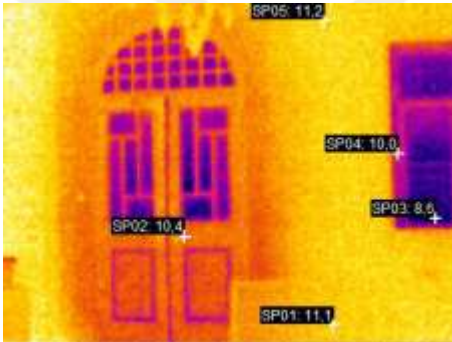

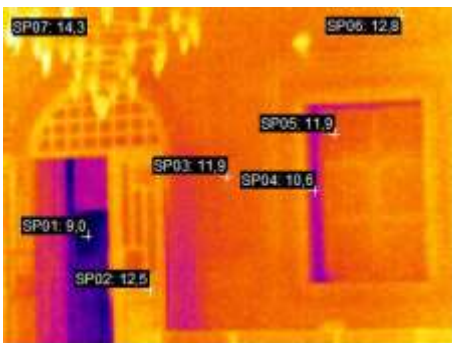
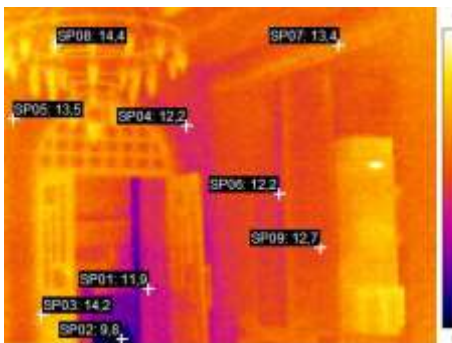
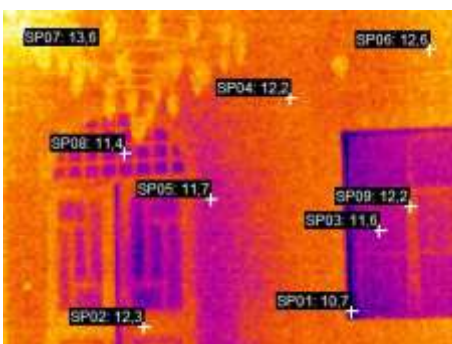
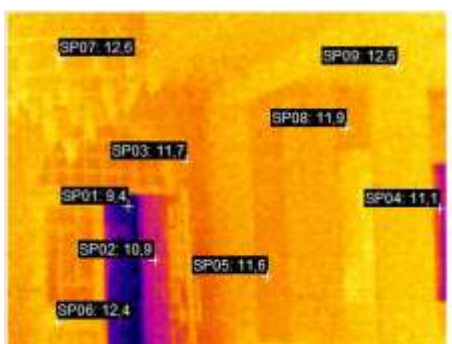
Güney ve batı cephesinde caminin üst kotlarında bulunan camların görüntülerine bakıldığında, cam yüzeylerin büyük ölçüde ısı kaçışına sebep olduğu tespit edilmiştir. İki cephe arasında büyük sıcaklık farklılıkları ölçülmemiştir. Güney cephesinde yüzey sıcaklıkları sabah namazı için 11-12°C aralığında görülürken, öğle namazında bu değerler 12-13°C'ye yükselmiş ve akşam namazında 11,5-12,5°C aralığına düşmüştür.

Tablo 31'de kapılarda ve camlarda oluşan değerleri gösteren görüntülerde doğu ve batı yönleri arasında oluşan fark ortaya konulmuştur. Taş duvar yüzey sıcaklıkları her iki cephe ve bakıldığında 11-12°C aralığındadır. Namaz vakitlerine göre bakıldığında ise yüzey sıcaklıklarında önemli bir fark gözlemlenmiştir. Kapılardan uzaklaştıkça duvar yüzey sıcaklıklarının 1°C civarında arttığı görülmektedir. Taş duvarlardaki en düşük değerler, 10°C civarında pencere kenarlarındaki yüzeylerde ölçülmüştür.



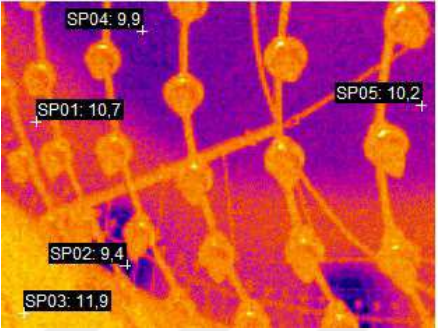
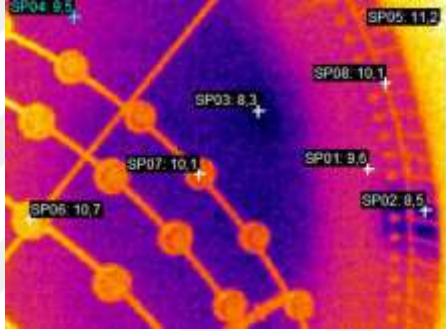
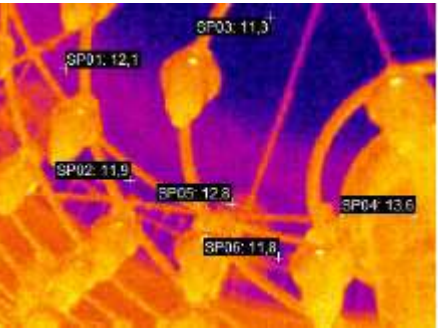
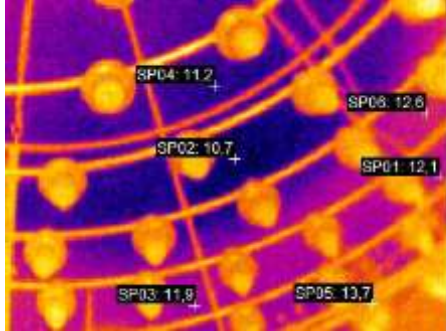
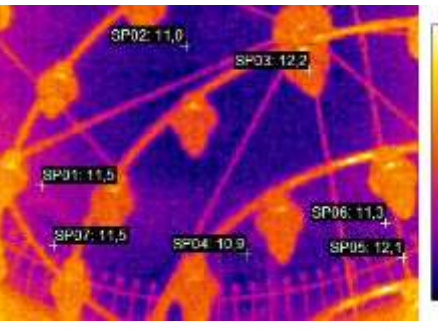
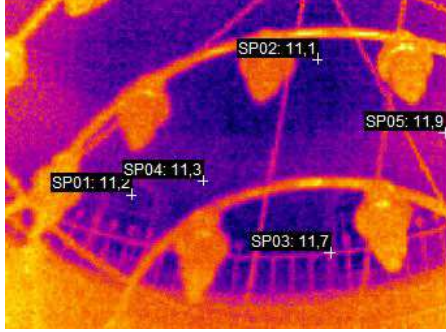
Görüntüleme sonuçlarına göre yapı malzemelerinin yüzey sıcaklıkları incelendiğinde ısı kaçışları ağırlıklı olarak cam yüzeylerde oluşmaktadır. Ahşap kapı doğramalarına bakıldığında, en yüksek sıcaklık değerleri, öğle namazı sırasında batı kapısında 12°C civarında, doğu cephesinde 14°C civarında ölçülürken, en düşük sıcaklık değerleri olan sabah namazında ise batı ve doğu kapısında yüzey sıcaklıkları 10°C civarındadır.

Termal kamera görüntülerindeki en yüksek değerler aydınlatma ekipmanları, split klimalar ve elektrik paneli üzerindedir.

Tablo 31. Kış dönemi doğu - batı cephelerinde bulunan kapı ve yakın çevre fotoğrafları ile termal kamera görüntüleri.

	Doğu Cephesi Kapı	Batı Cephesi Kapı
Görsel		
Kış Sabah		
Kış Öğle		
Kış Akşam		

Tablo 32. Kış dönemi ana kubbenin kuzey - güney yönleri fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri

	Kubbe Güney	Kubbe Kuzey
Görsel		
Kış Sabah		
Kış Öğle		
Kış Akşam		

Caminin ana kubbesinden alınan görüntüler kuzey ve güney yönü olarak Tablo 32'de verilmiştir. Kubbe altında bulunan ana avizenin büyüklüğü nedeniyle, görüntüleme ampuller arasında bulunan boşluklardan değerlendirilebilmiştir. Görsellerin yanında sunulan skalalardaki maksimum değerler her bir görsel için aydınlatma ekipmanları üzerindedir.

Kubbe altında iki farklı yönde bulunan cam yüzeylerde ölçülen değerler sabah namazlarında 8-9°C aralığında iken, öğle ve akşam vaktinde 11°C civarındadır. Görüntülerdeki değerlere bakıldığında kubbe altında bulunan camların büyük oranda ısı kaçışına sebep olduğu görülmektedir.



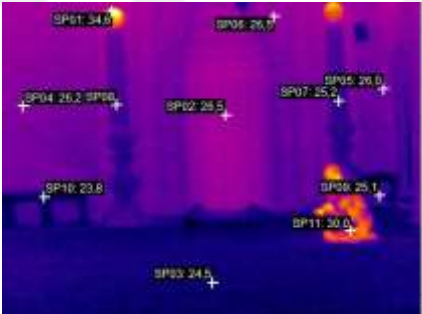
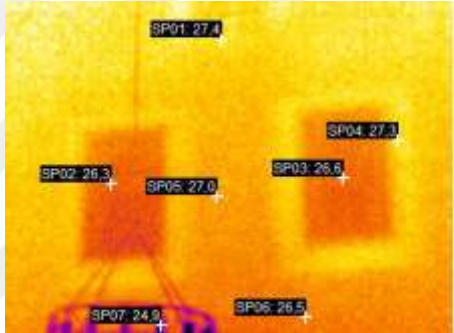

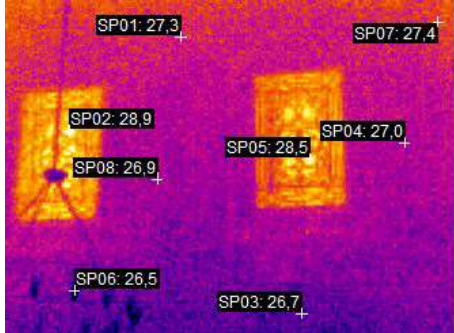
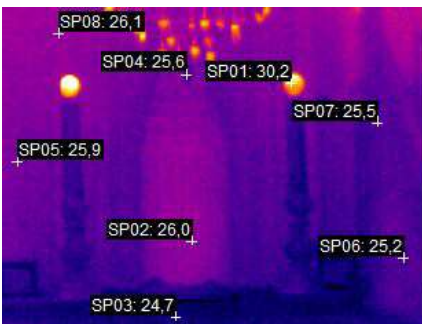
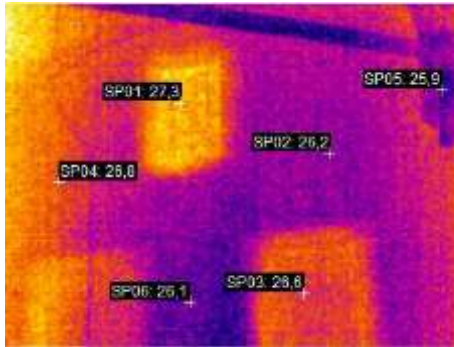
Kubbe üzerinden alınan yüzey sıcaklığı değerlerine bakıldığında ise en düşük değer sabah namazında 8°C ile kubbenin kuzey yönüne bakan kısmında görülürken, aynı zaman için güney yönünde bu değer 10°C civarındadır. Öğle vaktinde ise kubbedeki sıcaklıklar kuzey yönünde 10-11°C, güney yönünde 11-12°C aralığındadır. Akşam vaktinde ise kubbe kuzey ve güney yönleri yaklaşık aynı değerlerde olup, 11°C civarındadır.

3.2.2. Yaz Dönemi Termal Kamera Görüntüleri

Tablo 33'de görüntüleri verilmiş olan yaz dönemi termal kamera görüntülerinden güney yönündeki taş duvarın iç yüzey sıcaklıklarına bakıldığında, ortalama yüzey sıcaklıklarının üç vakit içinde 26°C civarında olduğu görülmektedir.

Batı yönündeki camlara bakıldığında, sabah vaktinde iç yüzey sıcaklıklarının camlardan daha fazla olduğu (0,5-1°C arasında), gün içerisinde cam yüzeylerden daha yüksek ısı geçişleri olduğu görülmektedir. Cam yüzeylerdeki sıcaklıklar sabah vaktinde 26-27°C aralığında iken, akşam namazında 26°C civarındadır. Bina içinde yükseldikçe yüzey sıcaklığı değerleri artmaktadır. En yüksek yüzey sıcaklığı öğle namazında yaklaşık olarak 29°C'dir.

Tablo 33. Yaz dönemi güney cephesi (Mihrap), batı cephesi fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri

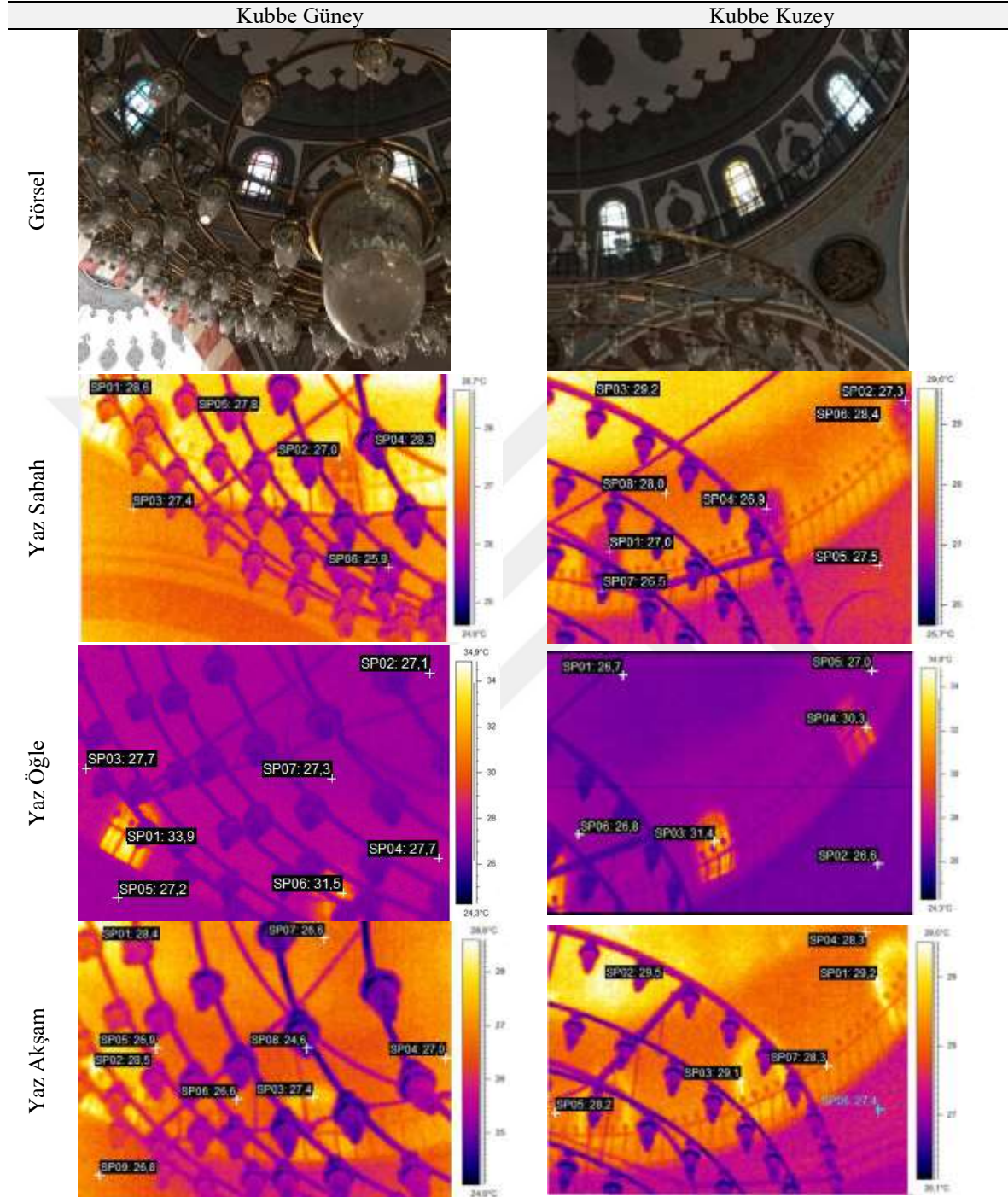
	Kuzey	Batı Üst Camlar
Görsel		
Yaz Sabah		
Yaz Öğle		
Yaz Akşam		

Tablo 34’de yer alan yaz dönemine ait kubbelerden alınan görüntülerde sabah vakitlerinde güney ve kuzey yönlerinde önemli bir fark görülmemiştir. Kubbe üzerindeki Cam yüzey sıcaklıkları 27°C civarında, duvar yüzey sıcakları 29°C civarında, kubbe tepe noktası ise 28°C civarındadır.

Öğle vaktinde ise kubbe cam yüzey sıcaklıkları güney yönünde 34°C iken, kuzey yönünde 31°C civarındadır. Yüzey sıcakları güney yönünde 27°C-28°C aralığında iken, kuzey yönünde 26-27°C aralığındadır. Akşam vaktinde bu durum güney yönünde camlar 28,5°C, taş duvar yüzeyleri sabah vakitlerinde 27°C civarı, kuzey yönünde cam yüzeyler 29°C civarı, taş duvar yüzeyleri ise 29-30°C aralığındadır.



Tablo 34. Yaz dönemi ana kubbenin kuzey ve güney yönleri fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri



3.2.3. Kış ve Yaz Dönemi Dış Kabuk Termal Kamera Görüntüleri

Cami iç kabuk yüzey sıcaklıkları malzeme özelliklerine ve ısı kaçış değerlendirmelerine göre bir önceki üst bölümlerde incelenmiştir. Bu bölümde cami dış

kabuğunun termal görüntüleri üzerinden ısı kaybı olan noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Tablo 35’de yaz ve kış dönemine ait termal kamera ölçümleri ile dış-ıç ortam sıcaklık değerleri toplu olarak verilmektedir.




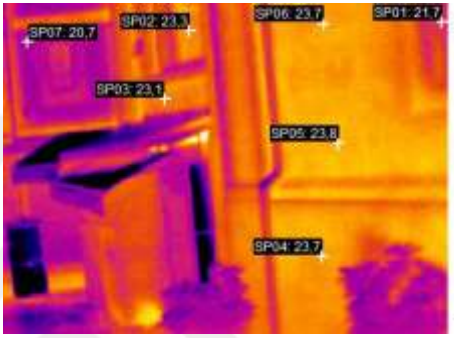


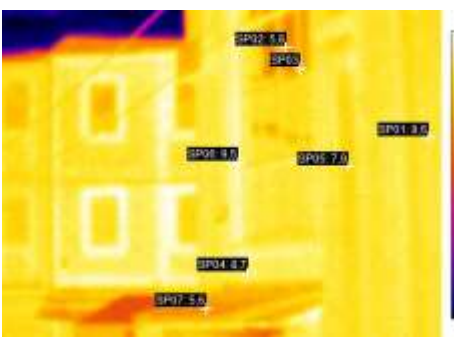

Tablo 35. Kış ve yaz dönemi dış ortam, iç ortam sıcaklık ve yüzey sıcaklığı verileri

Tarih	Dış ortam sıcaklık [°C]	Operatif sıcaklık [°C]	Dış Yüzey [°C]	Batı iç yüzey [°C]	Batı iç cam [°C]	Güney iç yüzey [°C]	Kubbe Kuzey [°C]	Kubbe Güney [°C]	
01.03.2019	08.00	10	12,40	8	11	10	12	8	10
	14.00	10,8	14,85	10	12	13	14	10-11	11-12
	19.00	8,4	13,53	9	12	12	13	11	11
09.08.2019	05.00	24,9	25,44	24	27	27	26	29	29
	14.00	29,7	28,28	43	27	29	26	26-27	27-28
	20.00	23,8	27,91	28	27	27	26	29-30	27

Kış döneminde cami batı yönü dış yüzeyinde ölçülen en yüksek yüzey sıcaklığı, öğle vaktinde yaklaşık 10°C’dir. Sabah ve akşam vakitlerinde ise bu sıcaklık 8°C kadar düşebilmektedir. Kış döneminde en düşük dış yüzey sıcaklıkları son cemaat yerinde bulunan camlarda 4-6°C aralığındadır. En yüksek sıcaklıklar ise öğle namazında 14°C ile dükkân önünde bulunan sac malzemedan yapılmış gölge elemanıdır. Bununla birlikte akşam ve sabah namazlarında sac malzemenin sıcaklığı 5°C’lere kadar düşebilmektedir. Sac malzemenin güneş etkisiyle öğle vaktinde yüksek ısılarla ulaştığı, ortam soğudukça da hızlı şekilde ısı kaybettiği görülmektedir.

Yaz dönemine bakıldığında ise en yüksek sıcaklık öğle vaktinde 61°C ile sac gölge elemanıdır. Sac malzemedeki kış döneminde olduğu gibi yaz döneminde de sabah ve akşam namazlarında hızlı ısı kaybı görülmektedir. Caminin taş duvar yüzey sıcaklıklarına bakıldığında ise, son cemaat yeri ile ana namaz salonun dış duvar yüzeylerinde 1-4°C arası farklar görülebilmektedir. İki yüzey arasındaki en yüksek sıcaklık farkı yazın öğle namazında ana namaz salonun batı yönü dış duvarında yaklaşık 43°C’lerde iken, son cemaat yeri 40°C civarındadır. Öğle vaktinde cam yüzey ise 29°C olarak tespit edilmiştir. Sabah vaktinde cam yüzey yaklaşık 23°C, akşam vaktinde yaklaşık 25°C’dir. Tablo 36’de caminin dış kabuğundan kış ve yaz döneminde alınan termal görüntüler yer almaktadır.

Tablo 36. Kış ve yaz dönemi batı yönü dış duvar fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri

	KIŞ	YAZ
Fotoğraf		
Sabah		
Öğle		
Akşam		

3.3. Anket Bulguları

Trabzon Çarşı Cami'sinde kullanıcı termal koşullarını değerlendirmek amacıyla yapılan anket çalışmasına yaz döneminde 52, kış döneminde 49 kişi olmak üzere toplamda

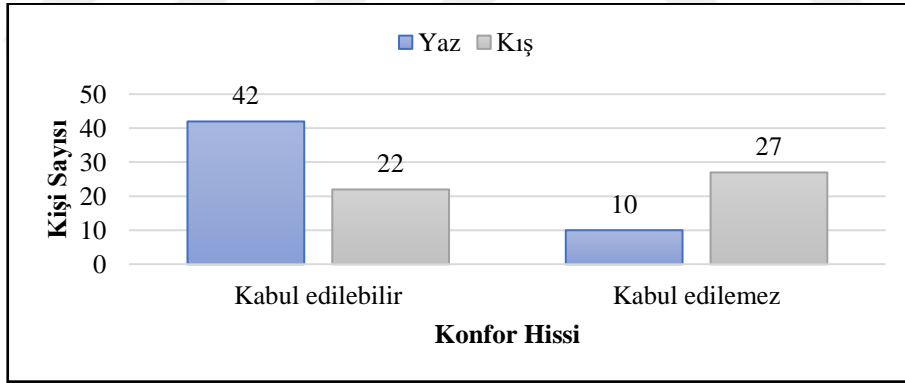
101 kişi katılmış olup bunların tamamı erkeklerden oluşmaktadır. Dönem ve vakitlere göre anket çalışmasına katılan kişi sayısı dağılımı Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. Anket çalışmasına katılan kullanıcıların dönem ve vakte göre dağılımı

Dönem	Sabah	Öğle	Akşam	Yatsı	Toplam
Kış	6	27	13	3	49
Yaz	7	32	8	5	52
Toplam	13	59	21	8	101

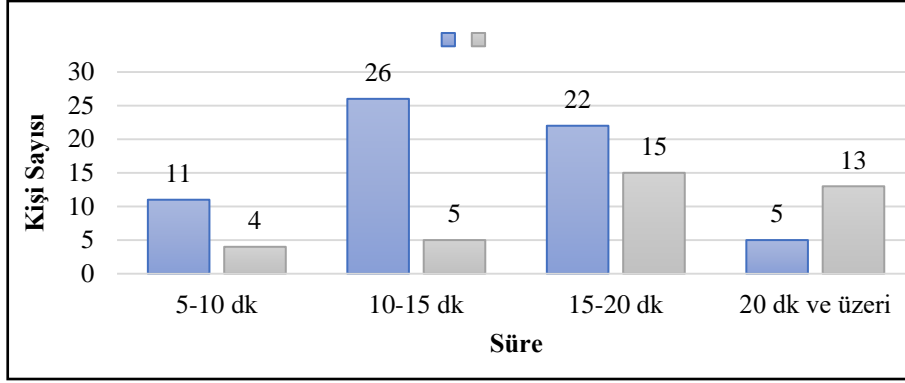
3.3.1. Konfor Hissi Bulguları

Çarşı Camisinde yürütülen anket çalışmasında ibadet edenlerden cami içindeki termal koşulları değerlendirmeleri istenmiştir. Yaz döneminde ibadet edenlerin %19,23’ü (10 kişi) cami içerisindeki termal ortamı kabul edilemez olarak değerlendirirken, kış aylarında bu oran %55,10 (27 kişi) olarak değerlendirilmiştir (Şekil 36).



Şekil 36. Kış ve yaz dönemine göre termal konfor hissi

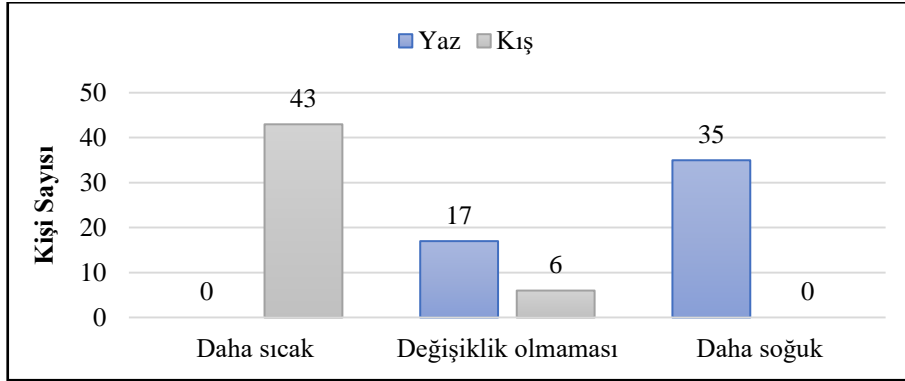
Cami içinde geçirilen süre dikkate alınarak termal konfor değerlendirilmesi yapıldığında kış ve yaz dönemi ortalamaları için toplamda %37 (37 kişi) kabul edilemez termal konfor, %64 (64 kişi) de kabul edilebilir termal konfor durumu olduğunu belirtmişlerdir. Ankette sonucunda, cami içerisinde 10-15 dakika geçirenlerde en yüksek termal konfor kabul edilebilirlik oranı %26 (26 kişi) tespit edilenlerden, en düşük termal konfor kabul edilebilirlik oranı camide 20 dakika ve üzeri zaman geçirenlerde %5 (5 kişi) olarak çıkmıştır (Şekil 37).



Şekil 37. Camide geçirilen süreye göre konfor hissi

3.3.2. Sıcaklık Beklentisi Bulguları

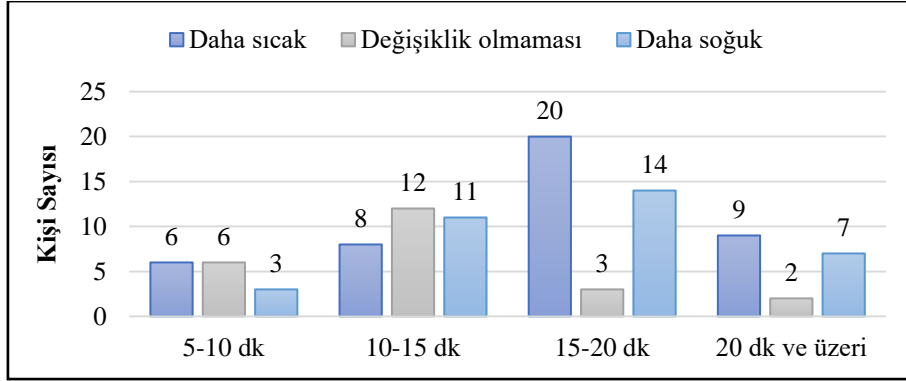
Anket sorularında cami içerisinde ibadet edenlerden iç ortam sıcaklık beklentilerini belirtmeleri istenmiştir. Bunun sonucunda katılımcılar yaz döneminde %67 oranla iç ortamın daha soğuk, kış aylarında %88 oranla daha sıcak olmasını istediklerini belirtmişlerdir. Kış döneminde 6 kişi, yaz döneminde ise 17 kişi iç ortam sıcaklıklarından memnun olup değişmemesini istemişlerdir (Şekil 38).



Şekil 38. Dönemlere göre kullanıcıların sıcaklık beklentisi

Cami içerisinde geçirilen süre dikkate alındığında, kışın iç ortamın daha sıcak olmasını isteyenlerin en yüksek oranı %20 (20 kişi) ile cami içinde 15-20 dakika arasında vakit geçirenlerde görülürken, en düşük oran %6 (6 kişi) camide 5-10 dakika arasında vakit geçirenlerde görülmektedir. İç ortam sıcaklığının daha soğuk olmasını isteyenlerin en

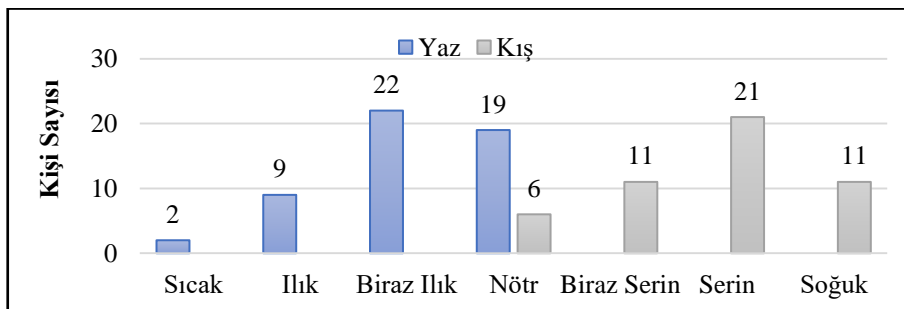
yüksek oranı %14 (14 kişi) ile camide 15-20 dakika arası vakit geçirenlerde, en düşük oran ise %3(3 kişi) ile camide 5-10 dakika vakit geçirenlerde görülmektedir (Şekil 39).



Şekil 39. Camide geçirilen süreye göre sıcaklık beklentisi grafiği

3.3.3. Termal His Bulguları

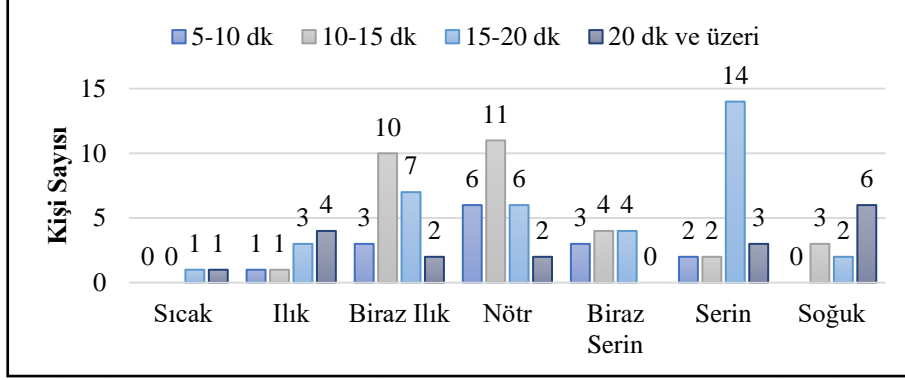
Anket çalışmasında kış ve yaz dönemlerinde camide ibadet edenlerden namaz sırasındaki ısı hislerini ASHRAE 7’li ölçek sınıflandırmasına göre cevaplamaları istenmiştir. Verilen cevaplar dönemlere göre değerlendirildiğinde en yüksek oran %42 yaz ayında “biraz ılık” seviyesinde, en düşük oran %4 “sıcak” seviyesinde görülmüştür. Kış ayındaki değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek oran %43 oranında “serin” olarak, en düşük oran %12 “nötr” olarak değerlendirilmiştir (Şekil 40).



Şekil 40. Döneme göre termal his grafiği

Camide geçirilen zamana göre bakıldığında, en yüksek oran %14 ile 15-20 dakika arasında vakit geçiren kişiler arasında “serin” hissinde görülmektedir. Bunu sırasıyla %11

oranında “nötr” diyerek 10-15 dakika geçirenler ile %10 arasında “biraz ılık” diyerek 10-15 dakika arasında vakit geçirenler izlemektedir (Şekil 41).

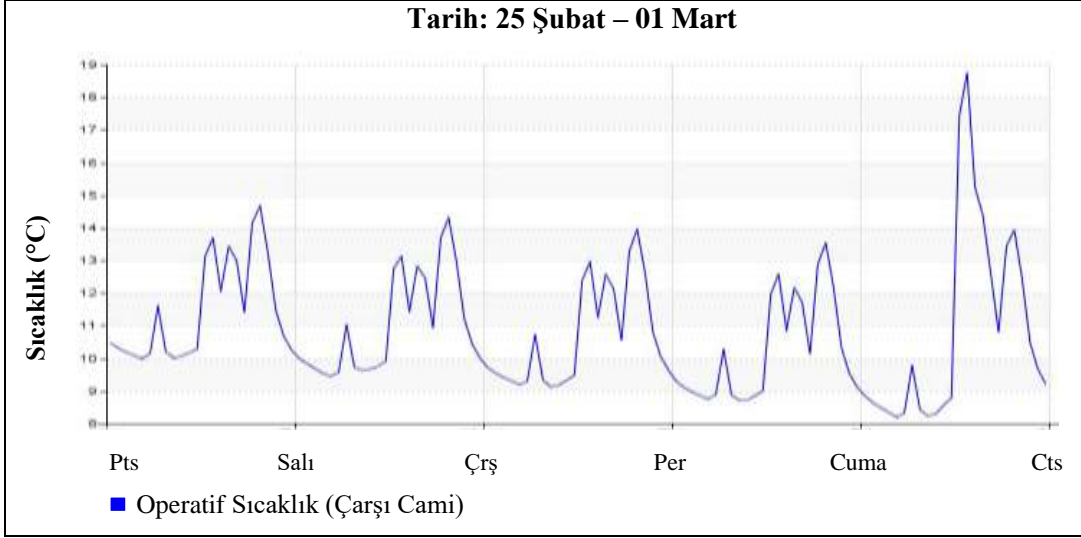


Şekil 41. Geçirilen zamana göre termal his grafiği

3.4. Simülasyon Bulguları

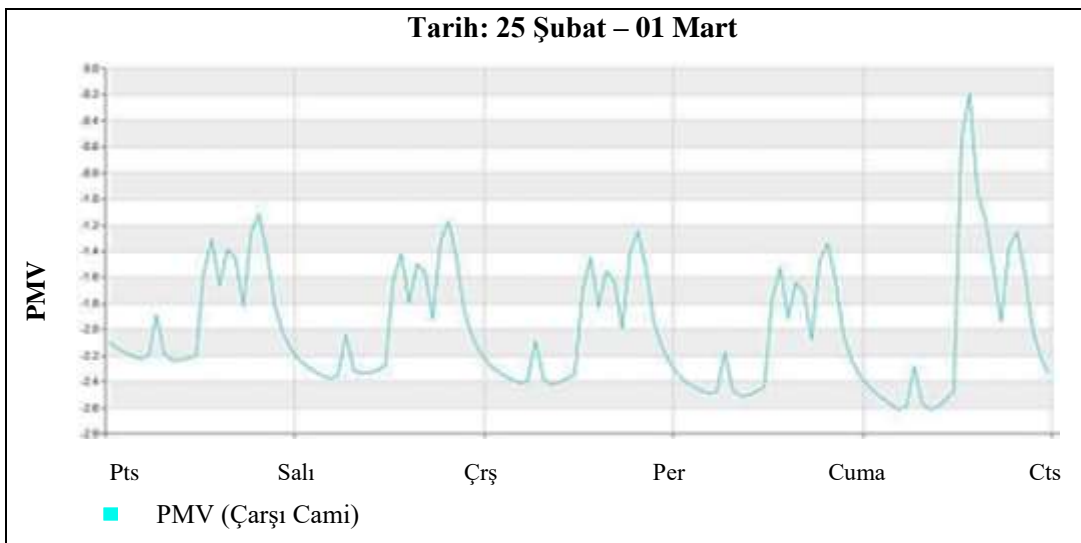
Bu bölümde ana bina modeli ve alternatif yedi senaryonun ölçüm yapılan tarihler için operatif sıcaklık ve PMV sonuçları analiz edilmiştir. Karşılaştırmalar ısıtma dönemi için 25 Şubat, soğutma dönemi için 6 Ağustos itibariyle 5 günlük performans değerleri üzerinden yapılmıştır. Senaryoların içerikleri Alternatif Senaryolar bölümünde Tablo 25’de verilmiştir.

Senaryo-1’de cami mevcut modeli kış döneminde ısıtma sistemlerinin çalışmadığı saatlerde operatif sıcaklık genel olarak sabah namazında en düşük (8-10°C aralığında), öğle namazlarında en yüksek (11-13°C) olduğu görülmektedir. Isıtma sistemleri aktif olduğunda ise en yüksek sıcaklık değerlerinin Cuma namazında 18-19°C aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 42). Bunun sebebi kullanıcı ve aydınlatma gibi iç yüklerin bu vakitte maksimum değerde olmasıdır. Cuma namazı dışında en iyi operatif sıcaklık değerlerinin akşam ile ikindi namazı sırasında olduğu görülmektedir. Bu durum iki namaz arasındaki zaman farkının en az olduğu aralık olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 42. Kış dönemi mevcut bina simülasyonu için operatif sıcaklık değerleri

Şekil 43’de Çarşı cami mevcut model simülasyonun kış dönemi için PMV değerleri verilmiştir. Değerler arasındaki değişiklik operatif sıcaklıkla paraleldir. Haftalık termal performansa bakıldığında Cuma namazı sırasında caminin konfor aralığına geldiği ancak bunun dışında konfor değerinin sabah vaktinde en düşük değerlere (-2.6) ulaştığı görülmektedir. Haftalık ortalamada öğle namazı vakti konfor değerleri bakımından en iyi vakit olarak gözlenmektedir. PMV öğle vakitlerinde -1,6 ile -1,8 aralığındadır. Akşam vakitlerine doğru, değerler -2 ile -2,4 aralığına gerilemektedir.

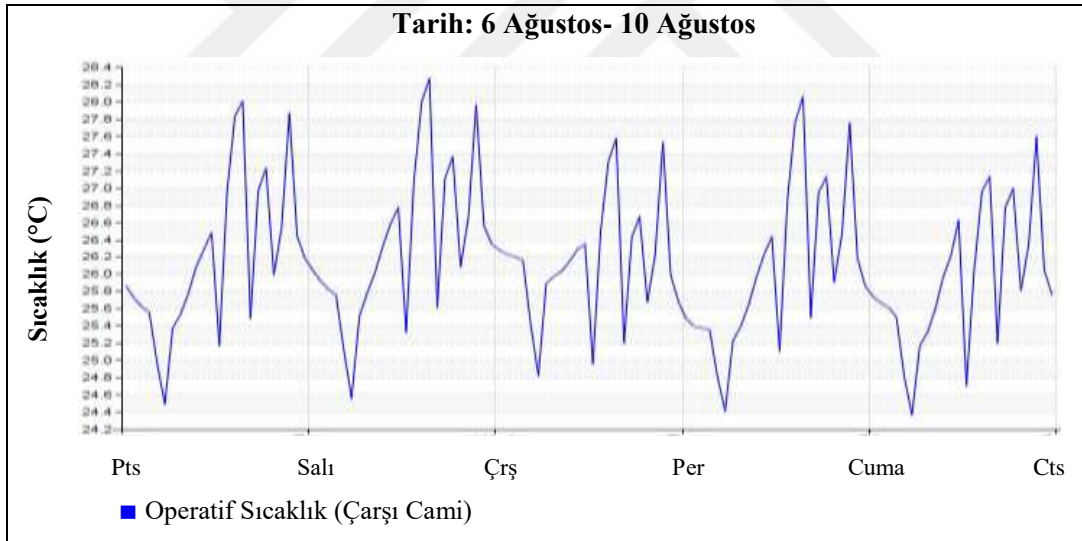


Şekil 43. Kış dönemi mevcut bina simülasyonu için PMV değerleri

Mevcut ısıtma sistemleri aktif olduğunda PMV değeri en yüksek değere -1.1 ile öğle namazında ulaşmaktadır.

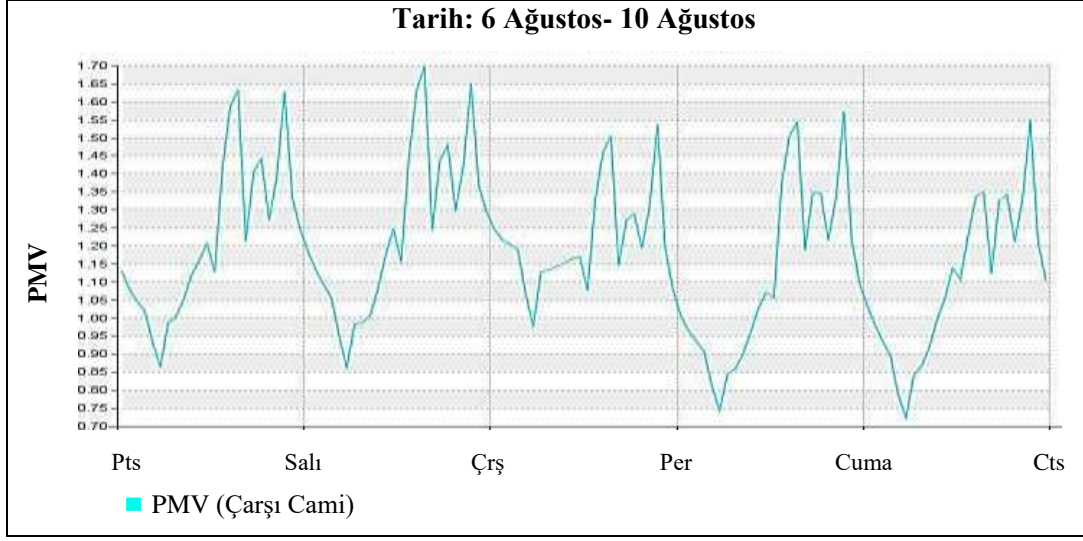
Kış dönemi verileri detaylı incelendiğinde cuma namazları dışında ısıtma sistemleri çalışır durumda olsa dahi cami içerisinde konforun sağlanamadığı gözlenmektedir. Bununla birlikte namaz vakti sırasında aktif olarak çalıştırılan ısıtma sistemleri kapatıldığında gerekli konfor değeri sağlanamadığından hızlı bir şekilde gerilediği görülmektedir.

Yaz dönemi verilerine bakıldığında ise Şekil 44’de gösterildiği gibi operatif sıcaklıkların soğutma sistemlerine bağlı olarak namaz vakitlerinde optimum değerlere yaklaştığı görülmektedir. Kış döneminin aksine soğutma sistemleri çalıştığı anda en iyi operatif sıcaklıklara 24.3°C ile 24.8°C aralığında sabah namazları esnasında ulaşılmaktadır. Soğutma sistemleri çalışmadığı durumda cami içerisindeki en yüksek operatif sıcaklıklar öğle vakitlerinde 28°C değerlerinde görülmektedir.



Şekil 44. Yaz dönemi mevcut bina simülasyonu için operatif sıcaklık değerleri

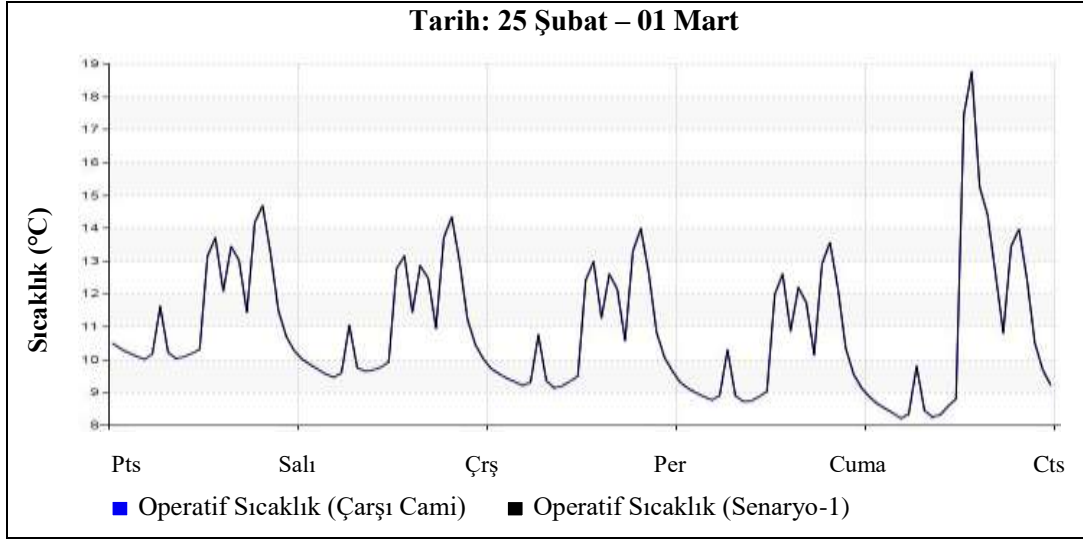
Yaz dönemi PMV değerlerini gösteren Şekil 45’de sunulan grafik soğutma sistemleri çalıştığı durumda dahil termal konforun sağlanamadığını göstermektedir. PMV’nin konfor aralığına en yakın olduğu değer olan 0.70 Cuma günü sabah namazı vaktidir. Günlük değerler bunların dışından 1 ile 1.70 arasındadır.



Şekil 45. Yaz dönemi mevcut bina simülasyonu için PMV değerleri

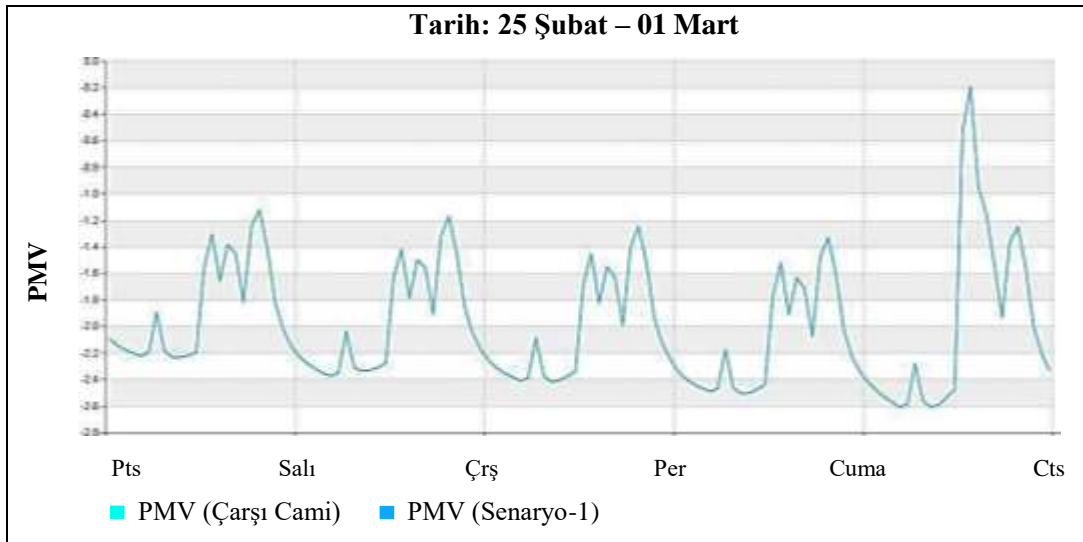
3.4.1. Senaryo-1

Termal kamera görüntülemeleri sonucunda elde edilen verilere göre yapı kabuğunda bulunan ahşap doğramalı standart camlar büyük ölçüde ısı kaçışlarına sebep olmaktadır. Bu nedenle senaryolarda öncelikli olarak yalıtım değerleri yüksek Low-e camların etkisi incelenmek istenmiştir. Ana namaz salonunda bulunan cam yüzeylerin alanı yapı kabuğunun %10'unu oluşturmaktadır. Bu oran ortalama bir yapı için oldukça düşüktür. Bu nedenle camların etkisinin konfor değerlerinde büyük değişimler yaratmayacağı ancak bölüm sonunda açıklanacak olan ısıtma ve soğutma yüklerinde etki oluşturacağı öngörülmektedir. Senaryo-1 içerisinde mevcut camlar 4 mm'lik çift cam arası 16 mm argon ile doldurulmuş Low-e cam ile değiştirilmiştir. Bu kullanım sonucunda oluşan operatif sıcaklık değerleri ile mevcut yapının karşılaştırılması Şekil 46'da verilmiştir. Operatif sıcaklıklar kış dönemi için ortalama 0,05°C artmıştır.



Şekil 46. Kış dönemi Senaryo-1 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

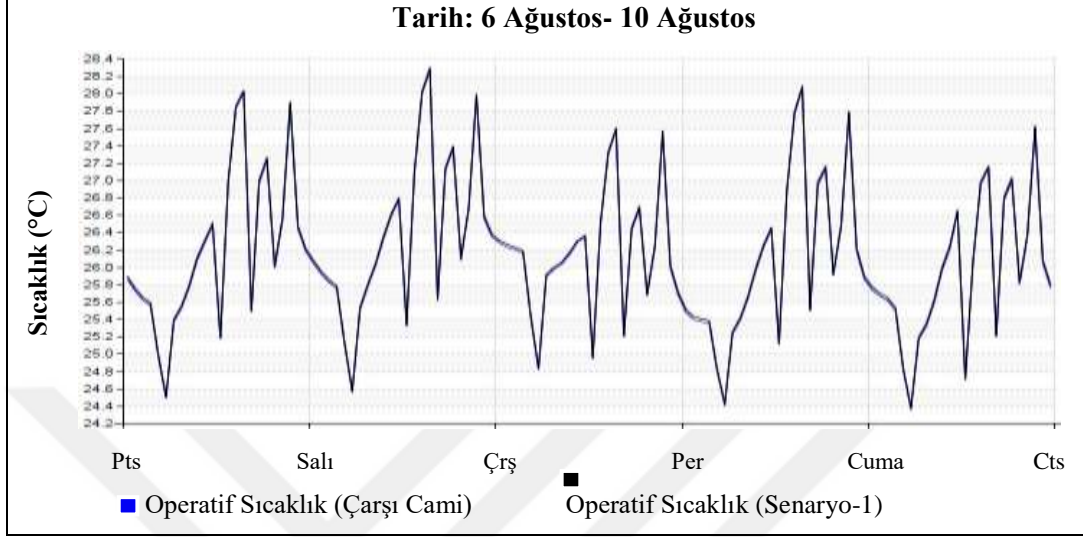
Senaryo-1 için kış dönemi 1 haftalık PMV değerleri Şekil 47’de sunulmuştur. Detaylı verilere bakıldığında öğle ile akşam vakitleri aralığında PMV değerlerinde 0,01 ile 0,02 aralığında iyileşme olduğu görülmektedir. Bu veriler cami içerisinde camların termal konfor değerleri için önemli bir değişiklik yaratmadığını ortaya koymuştur.



Şekil 47. Kış dönemi Senaryo-1 için PMV değeri karşılaştırmaları

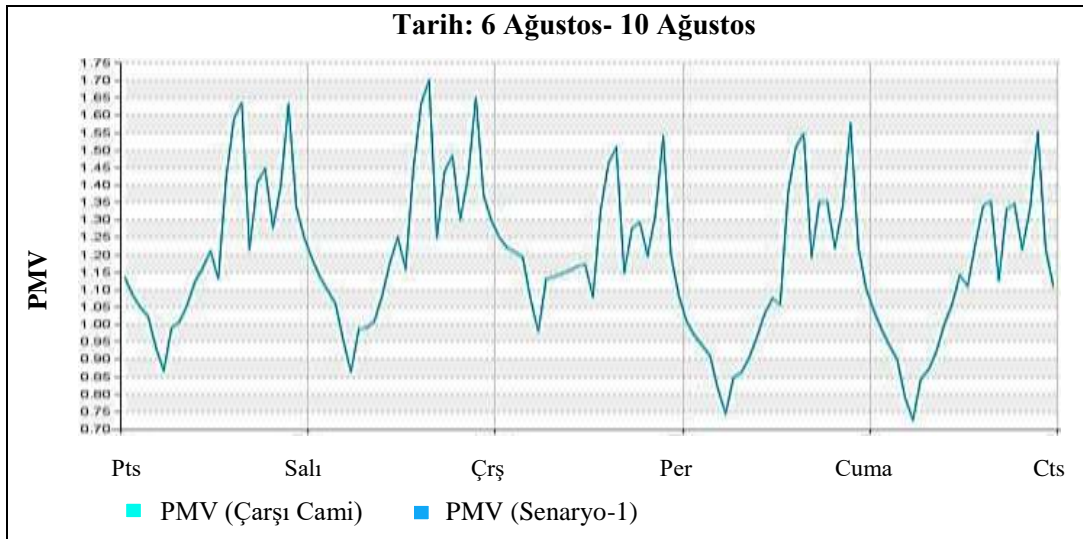
Yaz döneminde ana namaz salonundan alınan sonuçlar iç ortam operatif sıcaklıklarında kış dönemi ile benzer şekilde oluşmaktadır. Şekil 48’de verilen grafiğe bakıldığında sabah saatlerinde operatif sıcaklıkların 0,05°C kadar arttığı görülmektedir.

Ancak soğutma sistemlerinin devreye girmesi ile sabah namazı sonrasında $0,08^{\circ}\text{C}$ civarında daha düşük operatif sıcaklık değerleri olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 48. Yaz dönemi Senaryo-1 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

PMV ise operatif sıcaklık değerlerinin düşük orandaki değişimleri nedeniyle fark oluşturmamıştır. PMV sonuçlarına ait grafik Şekil 49’da verilmiştir.



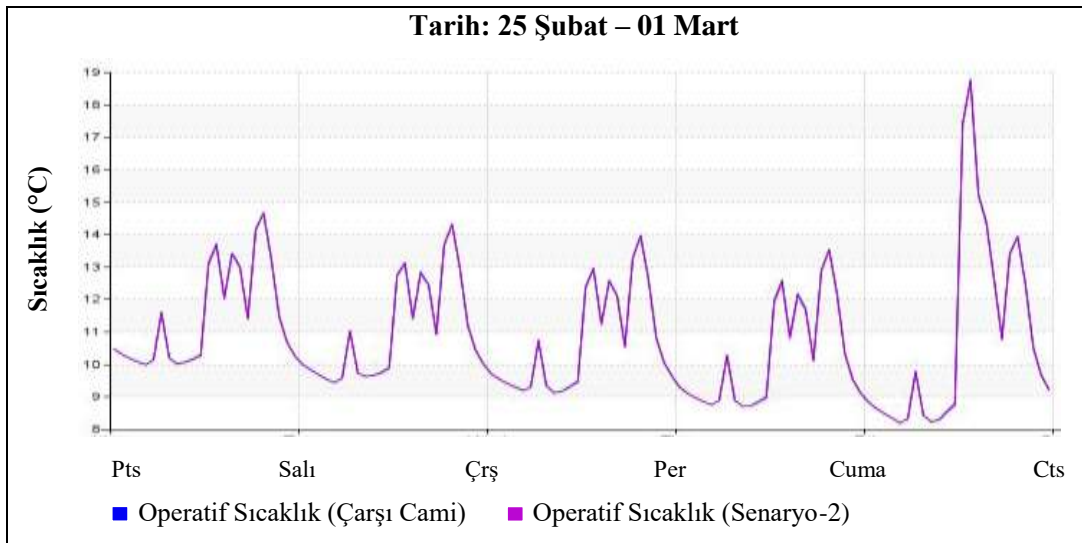
Şekil 49. Yaz dönemi Senaryo-1 için PMV değeri karşılaştırmaları

Kış dönemi sonuçları ısı iletkenlik özelliği iyileştirmiş cam kullanımının termal ortam üzerinde pozitif etki oluşturduğunu ancak operatif sıcaklık ve PMV olarak değerlendirildiğinde çok düşük farklılıklar oluşturduğunu ortaya koymuştur. Yaz döneminde elde edilen veriler de bununla benzerlik göstermektedir. Cam kullanımıyla ilgili öneriler ısıtma-soğutma yükü değişimlerinden sonra sonuç ve öneriler kısmında belirtilmiştir.

3.4.2. Senaryo-2

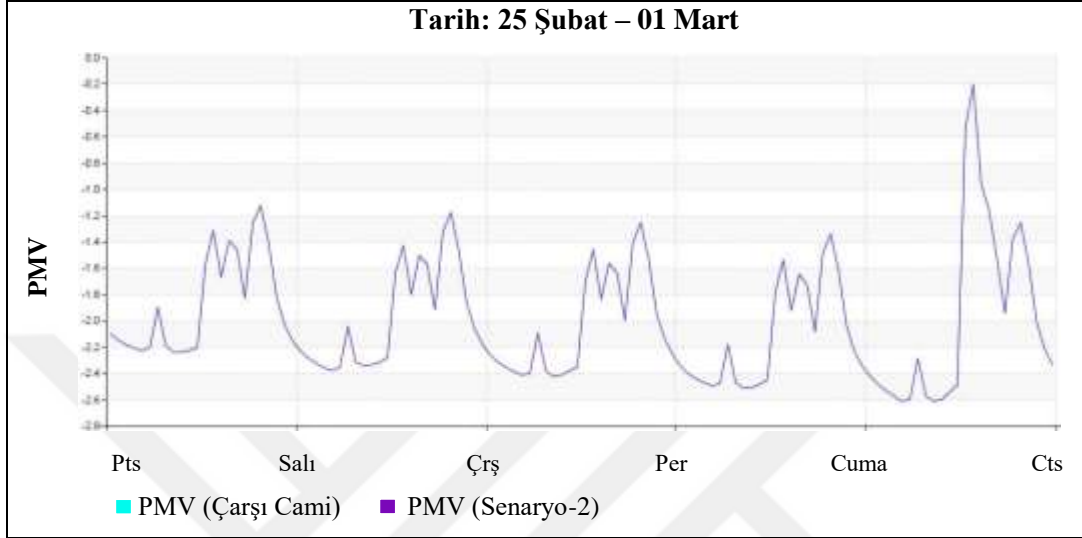
2 numaralı senaryoda 6 mm Şişecam Temperlenebilir Solar Low-E Cam Nötral + 16 mm AB + 4 mm Şişecam Renksiz Düzcama + 16 mm AB + 6mm Şişecam Low-E özellikli ara boşlukları argon gazı ile doldurulmuş cam kullanımını önerilmiştir. Bu öneri sonucunda alınan değerler kış ve yaz dönemi için aşağıda verilmiştir.

Üçlü cam sistemi kullanımının oluşturmuş olduğu kış dönemi operatif sıcaklık değerleri Şekil 50’de verilmiştir. En yüksek sıcaklıkların diğer senaryolarda olduğu gibi Cuma namazı vaktinde meydana gelmektedir. 8°C’ye varan düşük sıcaklıklar ise sabah namazı vakitlerindedir. Üçlü cam kullanımı özellikle ısıtma sistemleri açıldıktan sonra içerideki ortamın daha sıcak kalmasını sağlamıştır bununla birlikte büyük bir fark ortaya koymamıştır.



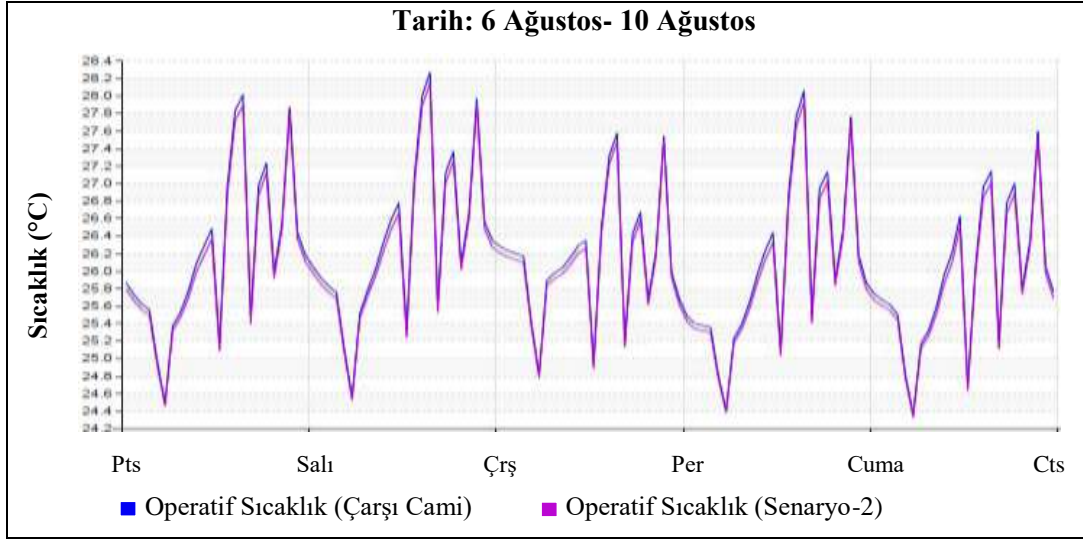
Şekil 50. Kış dönemi Senaryo-2 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Operatif sıcaklıkta düşük oranda değişim olurken, PMV değerlerinde değişiklik oluşturmamıştır. Şekil 51’de verildiği gibi kış ayları için PMV değerlerinde ul cam kullanımı ile standart çift cam kullanılması arasında anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.



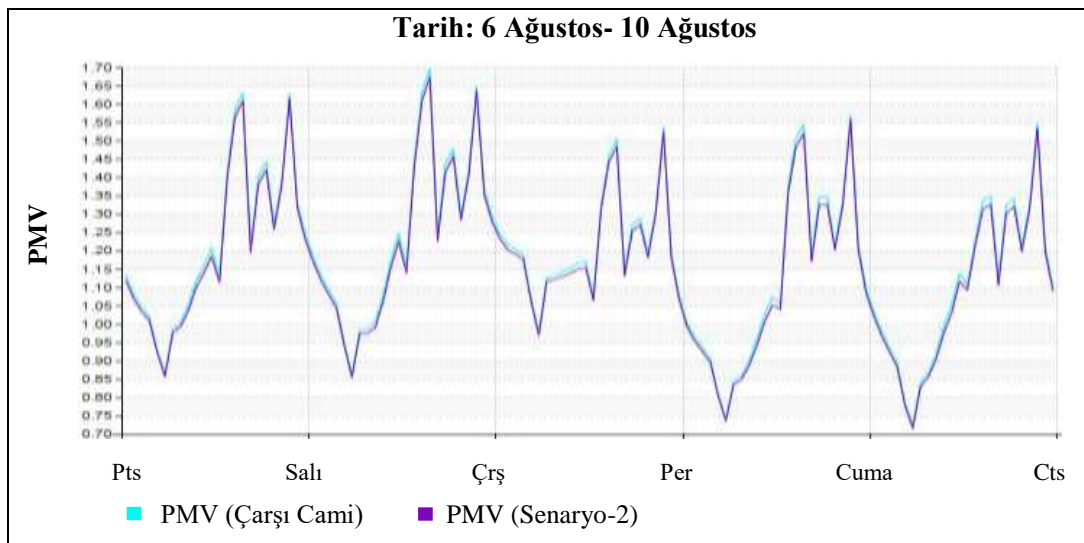
Şekil 51. Kış dönemi Senaryo-2 için PMV değeri karşılaştırmaları

Kış döneminde alınan sonuçların yaz dönemi içinde aynı olacağı ngrlmş ancak yaz döneminde operatif sıcaklıklarda daha etkili bir sonuç oluştuğu grlmştir. Bunun en önemli nedeni yaz mevsiminin daha güneşli geçmesidir. Low-e camların en önemli etkilerinden biri mevcut gün ışığından maksimum verim elde etmektir. Şekil 52’de verilen operatif sıcaklık sonuçlarının mevcut yapı ile karşılaştırma grafiği verilmiştir. Sonuçlara göre soğutma sistemlerinin çalıştığı zamanlar dışında iç ortam operatif sıcaklıkları 0,2°C’ye kadar dşmştir.



Şekil 52. Yaz dönemi Senaryo-2 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Şekil 53’de verilen PMV sonuçları da PMV değerlerinin bütün vakitler için düştüğünü bununla birlikte en önemli farklılıkların öğleden sonra meydana geldiğini göstermektedir. Cami için önerilen cam, ısı iletkenlik değeri bakımından en iyi özellikteki camlardan biridir ancak her iki dönemde de alınan sonuçlar iç ortam koşullarında iyileşme olmasına rağmen cam değişiminin gerekliliğinin yüksek olmadığı görüşünü doğrulamıştır. Daha önce de belirtildiği gibi bunun en önemli sebebi cam yüzey alanlarının duvar alanlardan daha düşük olmasıdır.

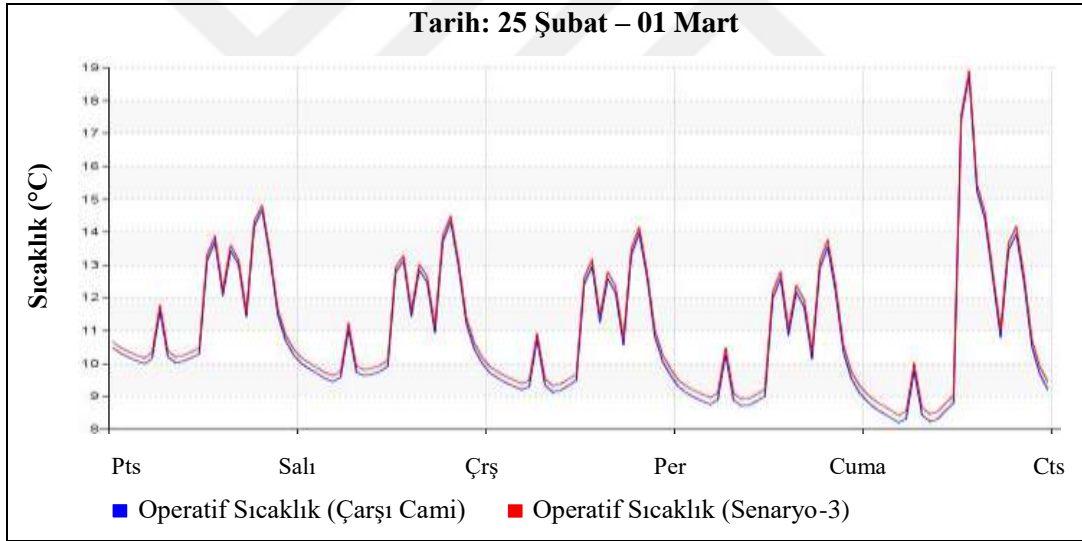


Şekil 53. Yaz dönemi Senaryo-2 için PMV değeri karşılaştırmaları

3.4.3. Senaryo-3

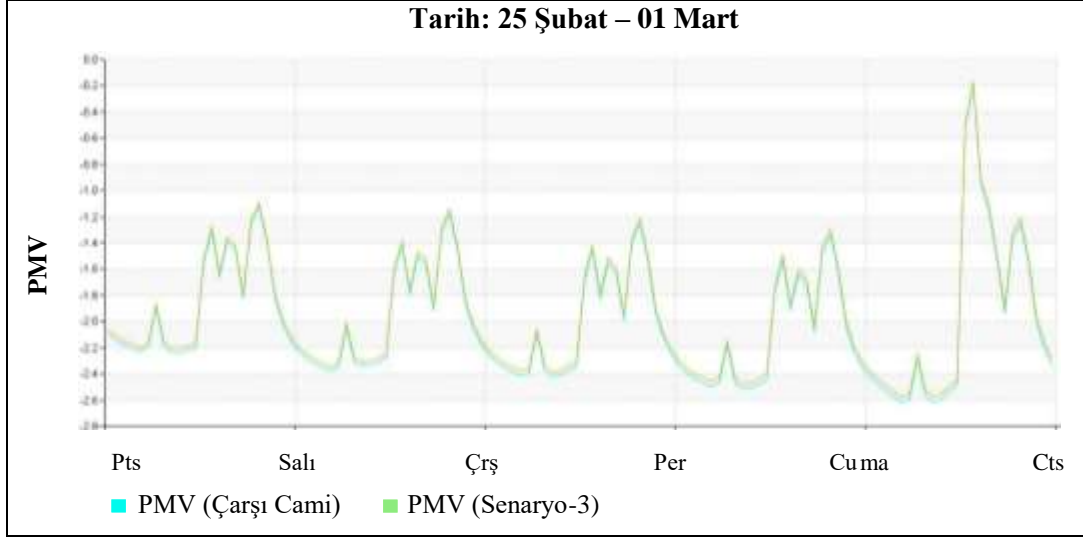
Üçüncü senaryo kubbeli yapıya sahip olan caminin ısı kaçışlarının kubbeden olduğu ve burada yapılabilecek olan bir yalıtımın konfor değerlerine olumlu etkisi olacağı düşüncesi ile oluşturulmuştur. Mevcut bina içerisinde yalıtım amacıyla çamur sıva kullanılmıştır. Bunun yerine kubbe formundaki kurşun levhalar altında poliüretan köpük kullanılmasının sonuçları aşağıda sunulmuştur.

Şekil 54’de kış dönemi için verilen sonuçlara göre geceden başlayarak öğleye kadar olan süreçteki iyileşme $0,3^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ısı artışı meydana gelmiştir. Cam kullanımlarında oluşan değerlerin ağırlıklı olarak iklimlendirme sistemleri çalıştıktan sonra etkisini göstermesi durumuyla karşılaştırıldığında, çatı izolasyonundaki iyileştirmenin günün bütün saatlerine yayıldığı görülmüştür.



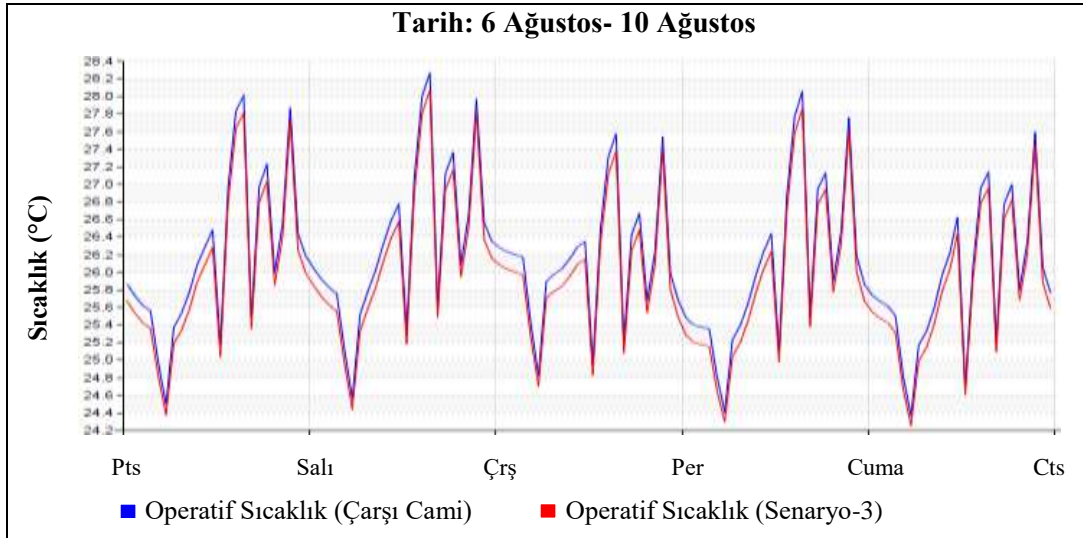
Şekil 54. Kış dönemi Senaryo-3 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Çatı yalıtımının uygulanması sonrası kış dönemi PMV değerlerini gösteren Şekil 55’de görüldüğü gibi değerler $-0,1$ kadar yükselmiştir. Yalıtımın en büyük etkisi gün batımından gün doğumuna kadar geçen sürede görülse de, termal konfor yalnızca Cuma namazı esnasında kabul edilebilir aralığa gelmiştir. Ancak bu durum mevcut yapının sağladığı konfor değerlerinden farklı bir sonuç oluşturmamıştır.



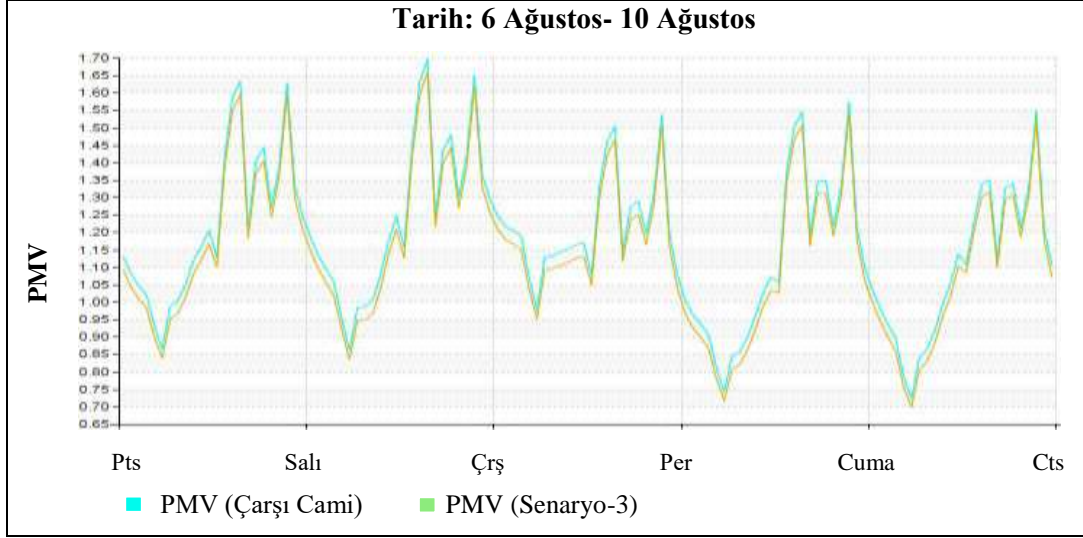
Şekil 55. Kış dönemi Senaryo-3 için PMV değeri karşılaştırmaları

Yaz döneminde oluşan son değerlerle mevcut bina karşılaştırmasını gösteren grafik Şekil 56'da sunulmuştur. Buna göre, operatif sıcaklık değerleri saat dilimine göre gün boyunca $0,4^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düştüğü görülmüştür. En belirgin farklılıklar yatsı namazından sonra soğutma sistemlerinin kapanmasıyla sabah namazı arasındadır.



Şekil 56. Yaz dönemi Senaryo-3 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Operatif sıcaklıklarda değişimler oldukça düşük olduğu gibi PMV sonuçlarında da benzer bir durum oluşmuştur. Şekil 57'de verilen grafiğe göre 0,06 gibi düşük oranda da olsa termal konfor değerlerinde iyileşme olmuştur.



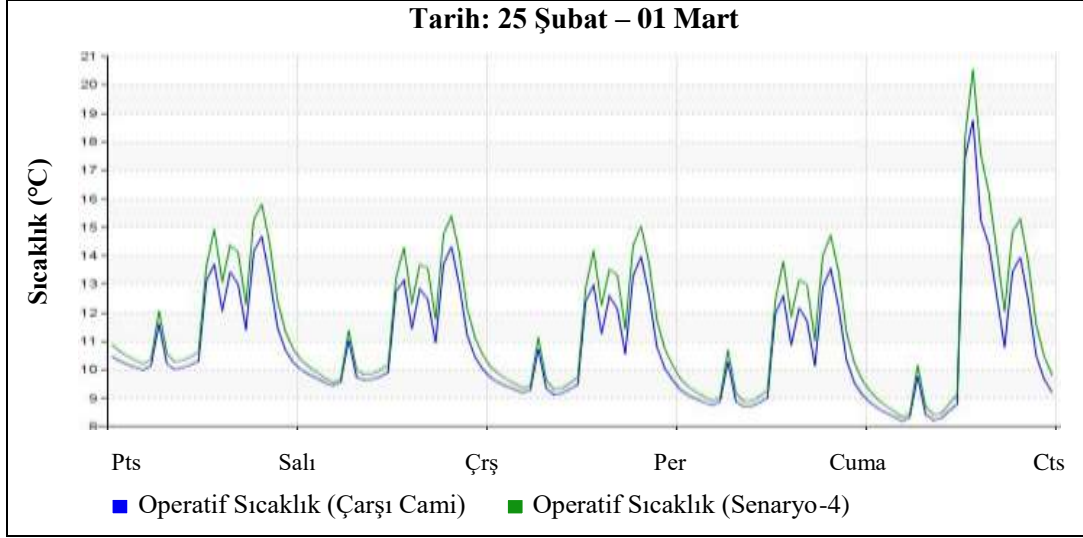
Şekil 57. Yaz dönemi Senaryo-3 için PMV değeri karşılaştırmaları

Senaryo-3’de yapılmış olan simülasyon çalışması göstermiştir ki çatı yalıtımının iç ortam sıcaklıklarına etkisi vardır. Ancak çıkan sonuçlar kubbe formunda olan yapılar için kurşun kaplama altında çamur sıvanın yalıtım malzemesiyle benzer ısıl performans koşullarını sağladığını göstermiştir.

3.4.4. Senaryo-4

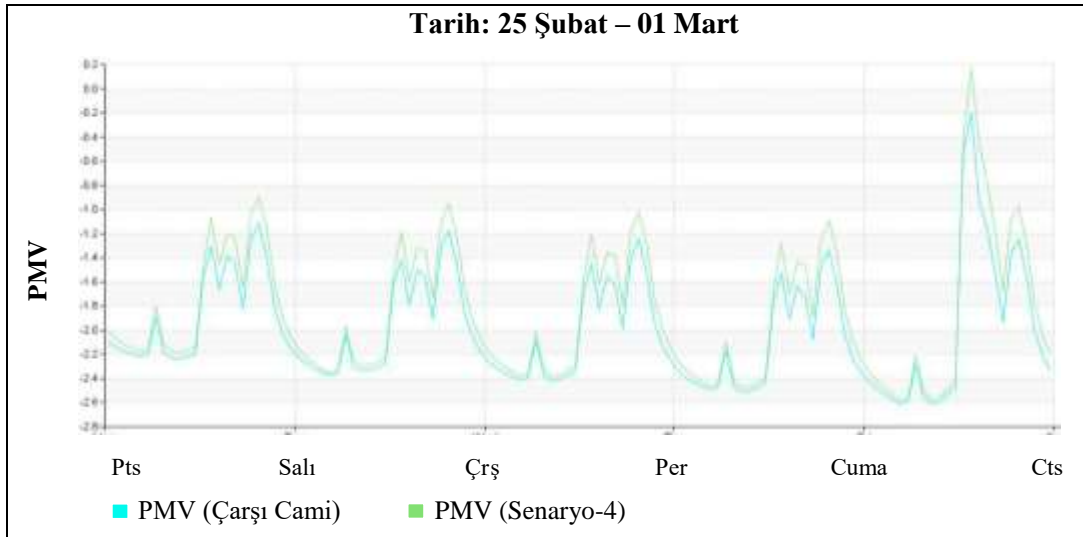
Dördüncü senaryo duvar yalıtım önerisidir. Tescilli yapılarda binanın koruma kapsamında olması nedeniyle duvar yalıtımı önerilememektedir. Ancak Çarşı Cami örneğinde duvarların iç mahalden boyanmış olması ve duvarlardaki süslemelerin sonradan yapılmış olması nedeniyle içeriden yalıtım önerilebilmektedir. Bu nedenle Senaryo 4’de dış duvarların iç kısımlarına 5 cm kalınlığında XPS uygulaması denenmiştir.

Duvar yalıtımı sonucunda operatif sıcaklıkta en iyi performans Cuma namazı vaktinde elde edilmiştir. Şekil 58’de görüldüğü gibi Senaryo 4 ile operatif sıcaklıklar 2°C yükselmiştir. Hafta geneline bakıldığında ise operatif sıcaklıkların öğleden akşama kadar gün boyunca 1°C kadar yükseldiği ve haftanın ortalamasının bu seviyede olduğu görülmektedir. En düşük fark ise gecedan öğle namazına kadar geçen zamanda 0,2-0,3°C aralığındadır.



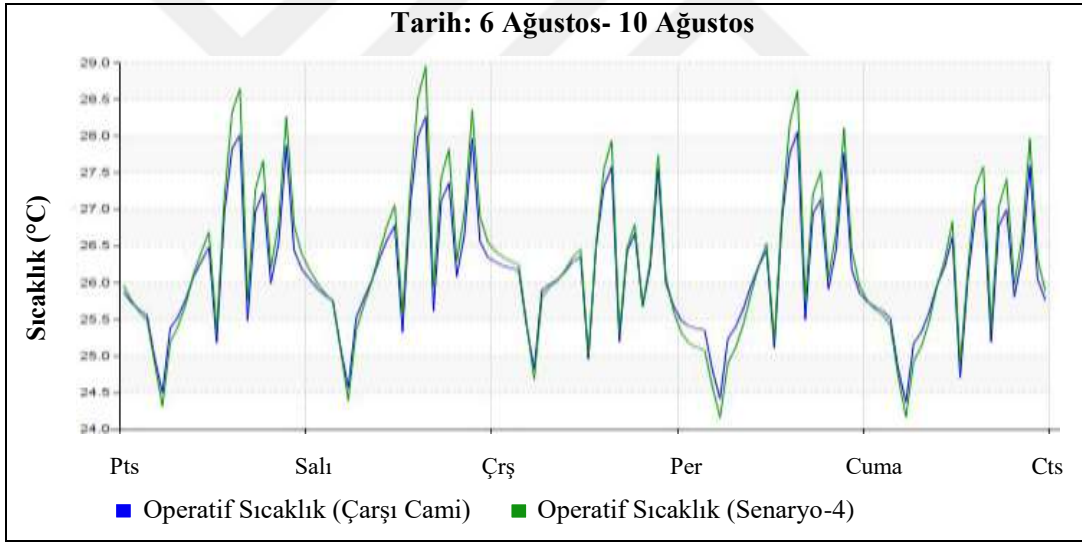
Şekil 58. Kış dönemi Senaryo-4 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Dış kabuğun içten yalıtımı sonrası cami içerisindeki konfor koşullarında iyileşme meydana gelmiştir. Bununla birlikte yapının mevcut durumundaki konfor değerlerinin çok düşük olması nedeniyle meydana gelen iyileşme konforun sağlanmasına yeterli olmamıştır. Bu sonuçları gösteren grafik Şekil 59’da verilmiştir. Ortalama yükseliş hafta genelinde 0,3 değerindedir. Yatsı namazından öğle namazına kadar olan süreçte ise 0,1 değerinde iyileşme meydana gelmiştir.



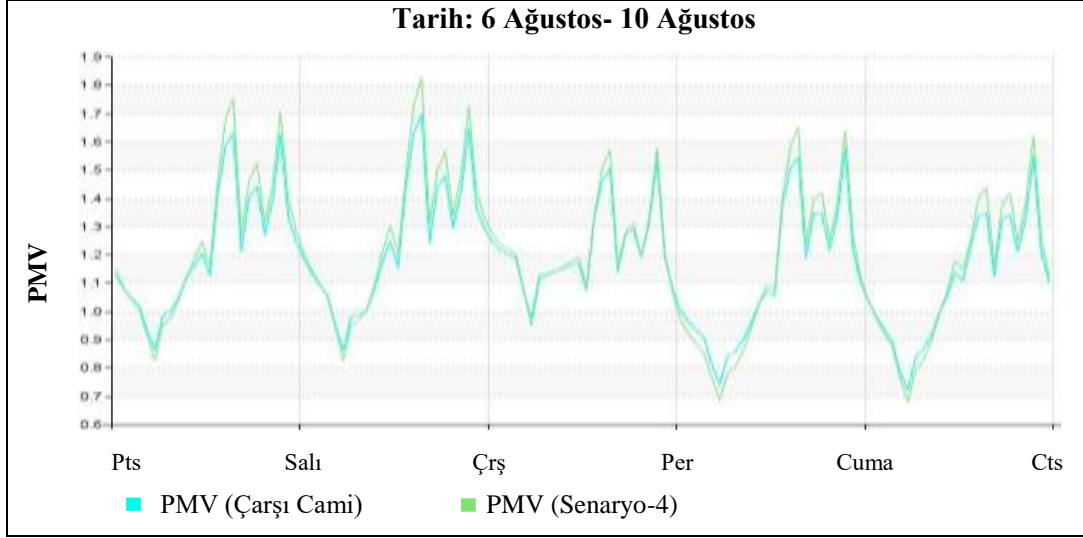
Şekil 59. Kış dönemi Senaryo-4 için PMV değeri karşılaştırmaları

Kış dönemi için olumlu yönde sonuç veren duvar yalıtımı yaz mevsiminde iç ortam operatif sıcaklıklarının artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte güneşin batmasıyla öğle namazına kadar olan süreçte iç ortam operatif sıcaklıkları genellikle $0,3^{\circ}\text{C}$ kadar düşmüştür. Havanın daha soğuk olduğu günlerde iç ortam sıcaklıkları gece boyunca daha soğuk iç ortam oluşmuştur. Dış ortam sıcaklıkları arttığı günlerde iç ortam operatif sıcaklıkları mevcut yapıyla benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Şekil 60'da görülebileceği gibi ortalama sıcaklıklar öğle, ikindi ve akşam namazları arasında soğutma sistemlerinin kapalı olduğu sürelerde $0,5^{\circ}\text{C}$ civarında daha yüksektir. Gün içerisinde saat 11.00'a kadar olan zamanda mevcut yapının operatif sıcaklıklarında daha düşük ve yakın sonuçlar elde edilirken, 11.00'dan sonra daha yüksek operatif sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Uygulan yalıtım sonrasında soğutma sistemlerinin kapanmasıyla iç ortam daha hızlı bir şekilde yüksek sıcaklıklara çıkmaktadır.



Şekil 60. Yaz dönemi Senaryo-4 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

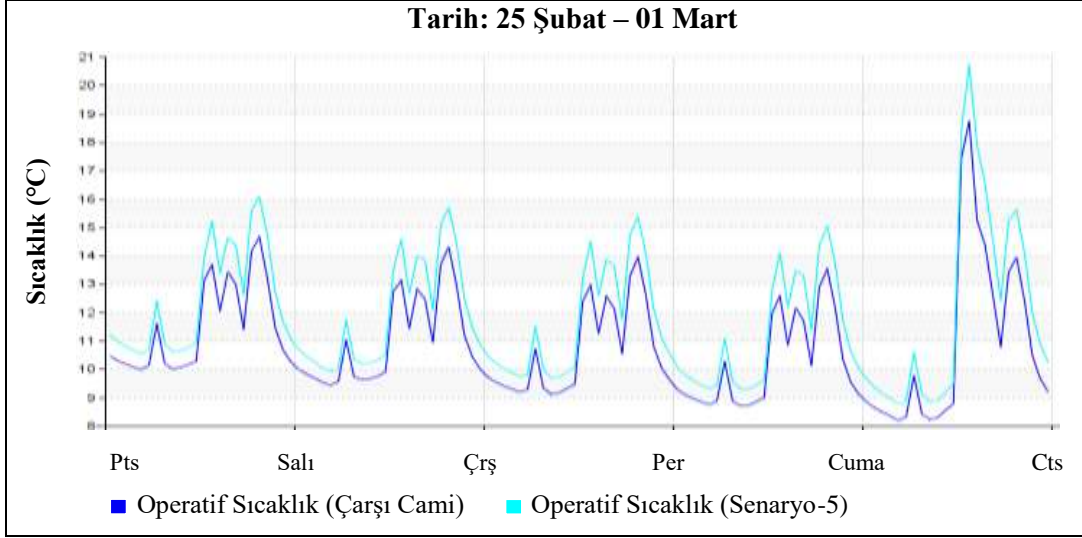
Yaz dönemi için PMV değerleri Şekil 61'deki grafikte gösterildiği gibi gün içerisinde 0,05 ile 0,1 değerinde değişiklik göstermektedir. Dış ortam sıcaklıklarının düşük olduğu günlerde gece boyunca daha iyi konfor değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte hafta boyunca PMV değeri kabul edilebilir aralığa düşmemiştir.



Şekil 61. Yaz dönemi Senaryo-4 için PMV değeri karşılaştırmaları

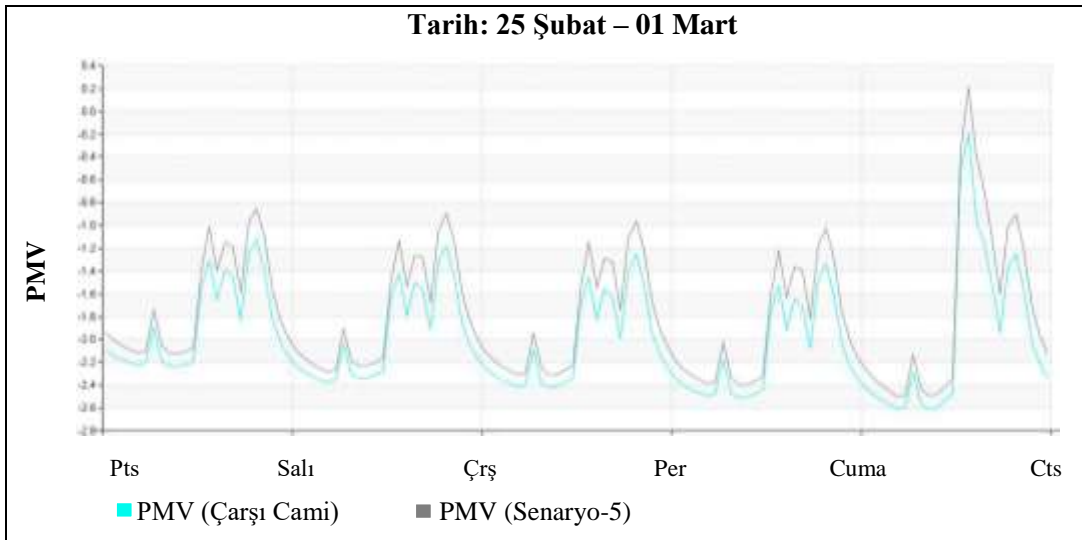
3.4.5. Senaryo-5

Beşinci Senaryoda Senaryo 2, 3 ve 4'ün birleşimiyle bir simülasyon çalışması yürütülmüştür. Şekil 62'de operatif sıcaklık değerlerindeki değişimler gösterilmiştir. En yüksek sıcaklıklar $20,5^{\circ}\text{C}$ ile Cuma namazı sırasında gerçekleşmiştir. Hafta genelinde öğle, ikindi, akşam ve yatsı namazları sırasında iç ortam operatif sıcaklıkları $1-1,5^{\circ}\text{C}$ aralığında yükselmiştir. Senaryolar tek uygulandığında akşamdan öğle vaktine kadar olan sürede, operatif sıcaklıklardaki değişimler $0,1$ ile $0,4^{\circ}\text{C}$ aralığında iken, beşinci senaryoda bu farklılık 1°C 'ye kadar yükselmiştir.



Şekil 62. Kış dönemi Senaryo-5 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

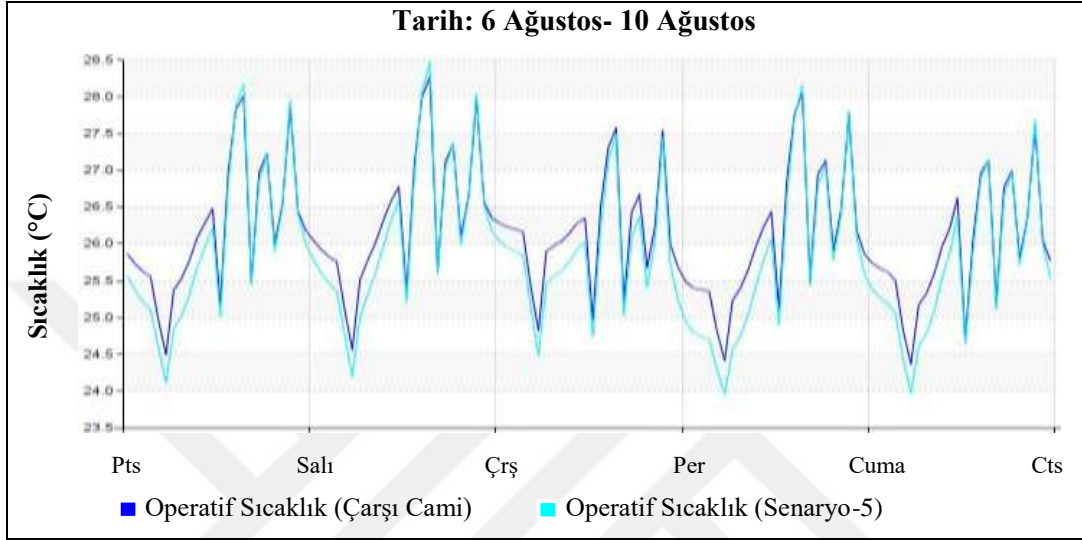
Kış dönemi PMV değerleri Şekil 63’deki grafikte gösterilmektedir. Mevcut yapı ile beşinci senaryo arasında 0,4’e yakın artışlar olmuştur. Hafta geneline bakıldığında binanın termal konfor değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Bu yükseliş en düşük sabah namazı sırasında 0,2 değerindedir. Öğle, ikindi ve akşam vakitlerinde ortalama yükseliş 0,3 oranında olurken, Cuma öğle namazında ve sonrasında 0,4 yükseliş meydana gelmiştir.



Şekil 63. Kış dönemi Senaryo-5 için PMV değeri karşılaştırmaları

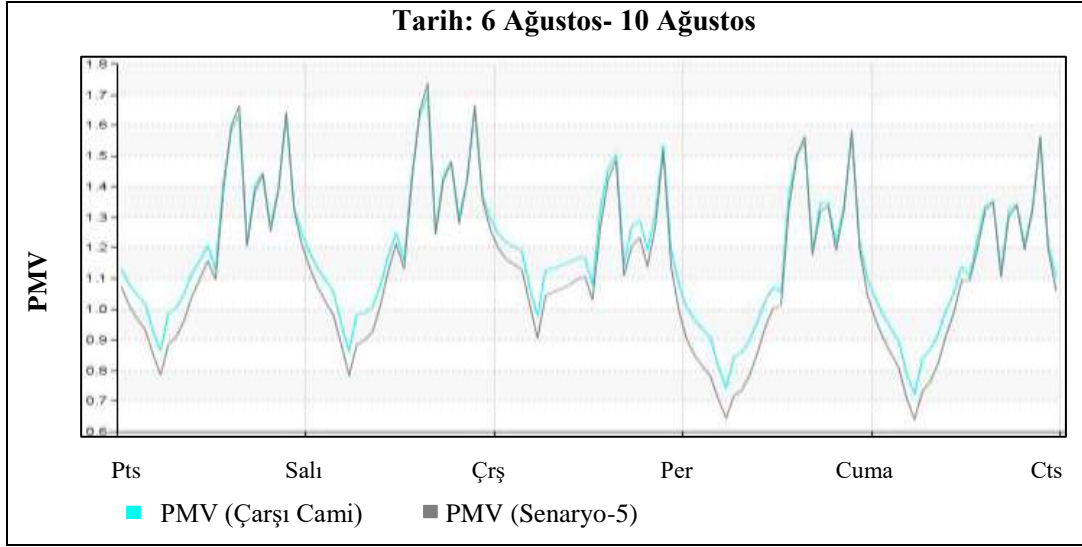
Yaz dönemindeki operatif sıcaklıklar incelendiğinde gün içinde operatif sıcaklık değerlerinin çok fazla değişmediği (maks. 0,2°C), gecedен öğleye kadar olan zaman

diliminde özellikle sabah namazından önce 1°C 'ye varan değişiklikler meydana geldiği görülmektedir. Dış ortam sıcaklıklarına bağlı olarak sabahtan öğleye kadar geçen zamanda hızlı sıcaklık yükselişleri meydana gelirken, bu saat dilimlerinde genel olarak fark $0,5^{\circ}\text{C}$ civarındadır (Şekil 64).



Şekil 64. Yaz dönemi Senaryo-5 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

PMV haftalık değişimleri gösteren grafik Şekil 65'de yer almaktadır. Dış ortam sıcaklıklarına ve nemine bağlı olarak gün içi hareketler değişse de yaz dönemindeki değişiklikler yatsıdan öğle namazına kadar olan zaman diliminde $0,1$ artış olduğunu göstermektedir. PMV değerleri sabah namazlarında $0,65$ 'e kadar yükselmiş olsa da konforlu bir ortam için gerekli olan değerlerin dışında kalmaktadır.



Şekil 65. Yaz dönemi Senaryo-5 için PMV değeri karşılaştırmaları

Kış dönemi için uygulanan 5 senaryo içinde en iyi sonucu beşinci senaryo vermiştir. Senaryolar tek başlarına uygulandıklarında çatı ve cam yalıtımları önemli bir fark oluşturmazken, duvarla birlikte uygulandıklarında özellikle gece boyunca operatif sıcaklık ve konfor değerlerinin yükselmesini sağlamışlardır. Ancak camiler kullanım şekli itibariyle ağırlıklı olarak gün içinde beş vakit ve bu vakitlerin aralarında kullanılmakta, yatsı namazından sonra sabah namazına kadar boş kalmakta ve genellikle kapatılmaktadır.

Çarşı Cami'sinde kullanılan camların çift cam olması dışında hiçbir yalıtım özelliğinin olmaması nedeniyle Low-e camların bu camların yerine kullanılmasına karar verilmiştir. Ancak %50'ye kadar performans artırıcı özelliği olan ısıcamlar çalışma konusu cami üzerinde beklenen derecede iyileşme sağlamamıştır. Bu durum camların özelliklerinden ziyade, camideki cam yüzey alanlarının oldukça düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Sonuçlar detaylı incelendiğinde ısıcamların içerideki koşullarının korunması yönünde katkı sağladığı görülmektedir. Daha iyi ısıtılan yapılarda bu camların kullanımı ile daha yüksek oranda performans iyileştirmeleri elde edileceği düşünülmektedir.

Yapının çatısından yüksek oranda ısı kaybı olduğu düşünülerek çatı yalıtımına öneri getirilmiştir. Ancak alınan sonuçlar mevcut yalıtımdan daha iyi sonuçlar verse de operatif sıcaklık ve PMV değerleri açısından verimli bir sonuç oluşturmamıştır.

Senaryolar içinde ısıtma döneminde en iyi sonucu dış duvarın içten yalıtılması verirken, soğutma döneminde bu senaryo caminin kullanıldığı saatlerde daha kötü sonuçlar

meydana getirmiştir. Isıtma performansı yetersiz olan taş kubbeli yapılar için içeriden yalıtım önerildiğinde, bu durumun soğutma döneminde iç ortam sıcaklıklarını arttıracak dikkate almak gerekmektedir.

Verilerden elde edilen bir başka değerlendirme ise kullanıcı ve aydınlatma gibi iç yüklerin iç ortam konfor koşulları üzerinde etkisidir. Cuma namazlarında caminin tam doluluk ve aydınlatma ekipmanlarının tam kapasite çalıştırılıyor olması bu namazı belirleyici faktör yapmıştır. Kış döneminde bu durum mevcut yapı için 6°C, alternatif senaryolarda ise 8°C varan artışlar oluşturmaktadır. Bu durum PMV değerlerine bakıldığında iç ortamın konfor aralığına gelmesine yetecek performansı sağlamıştır.

Senaryo 1,2,3,4,5 kış dönemi için verimli sonuçlar olsa da yaz döneminde çoğunlukla olumsuz ya da nötr veriler sağlamıştır. Bu durum kış dönemi için bu senaryolar kullanılırken yaz dönemi için alternatif bir senaryonun denenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu nedenle soğutma dönemi için doğal havalandırma içeren Senaryo 6 ve 7 oluşturulmuştur.

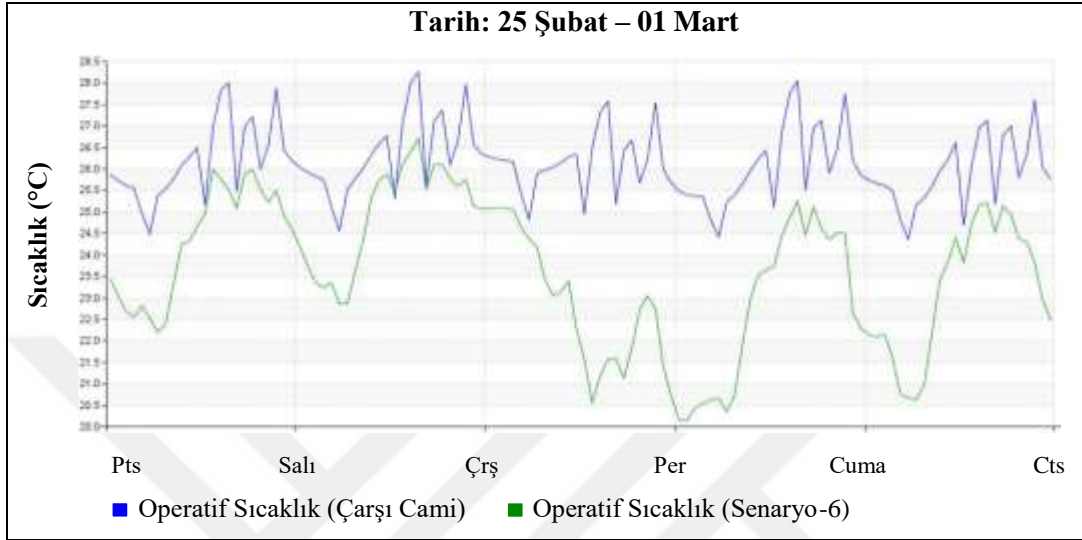
3.4.6. Senaryo-6

Bu senaryoda daha önceki yalıtım senaryolardan elde edilen verilere alternatif olarak doğal havalandırmanın sonuçları irdelenmiştir. Altıncı senaryo soğutma dönemi boyunca ana namaz salonunda giriş katında bulunan camlar ile kubbede bulunan camların tümünün açılması üzerine oluşturulmuştur. Kubbede bulunan camların baca etkisi ile hava hareketlerini arttırarak, iç ortam termal koşullarını iyileştireceği öngörülmüştür.

Soğutma döneminde cami içerisinde namaz vakitlerinde çalışan 6 adet klima bulunmaktadır. Ancak yapı içerisinde konfor koşulları sağlanamamaktadır.

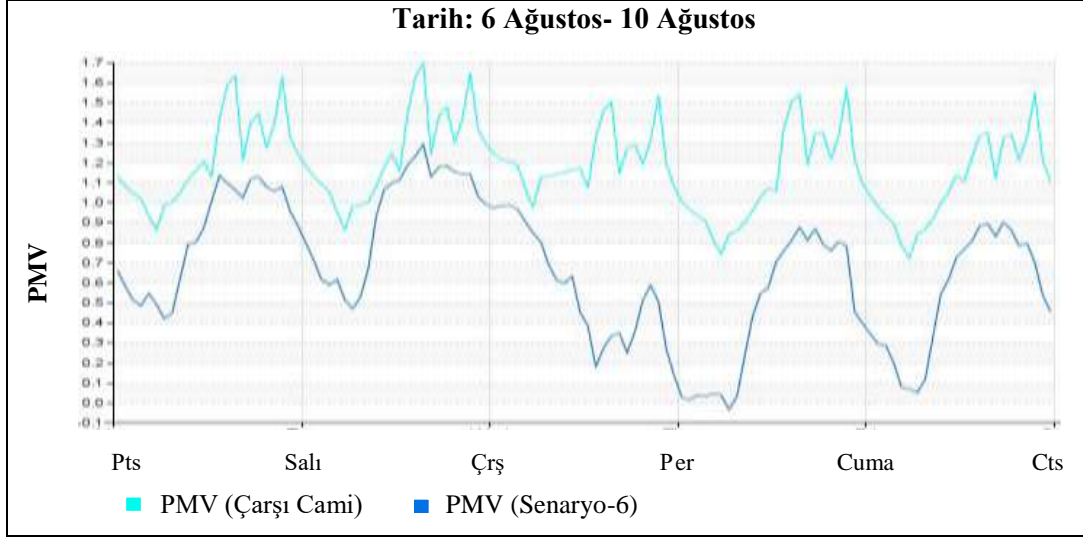
Şekil 66'da verilen grafiğe bakıldığında mevcut yapı ile doğal havalandırma senaryosu için operatif sıcaklık değerlerinin sonuçları görülmektedir. Gün içerisindeki en yüksek sıcaklıklar öğle vakitlerinde, en düşük sıcaklıklar ise gecedan sabaha kadar olan süreçtedir. İç ortam operatif sıcaklıklarındaki hızlı değişimler dış ortam sıcaklıklarına bağlı olarak değişmiştir. Dış ortamda meydana gelen 5°C kadar sıcaklık düşüşleri iç ortamda 7°C'ye kadar ulaşan sonuçlar meydana getirmiştir. Camların kapalı olduğu durumlarda iç ortam sıcaklıkları soğutma sistemlerinin çalıştığı anlar da dahil olmak üzere 24°C ile 28°C arasında değişmektedir. Camlar açıldığında ise bu durum 20°C ile 26,5°C aralığına düşmüştür. Camların kapalı olduğu durumda iç ortam operatif sıcaklıkları standartlar

tarafından belirtilen ortalamaların üzerindeyken, camlar açıldığında sıcaklıklar kabul edilebilir aralığa gelmiştir. Dış ortam sıcaklıklarının düşük olduğu günlerde, sıcaklıklar konfor aralığı için gerekli ortalamanın altına düşmüştür.



Şekil 66. Yaz dönemi Senaryo-6 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Altıncı senaryonun iç ortam termal konforuna olan etkisi Şekil 67'deki grafikte verilmiştir. Bu grafiğe göre soğutma döneminde, klima sistemlerinin tam kapasiteyle çalışır durumda olmasına ve iç ortamda 0.5'e yakın düşüşler oluşturmasına rağmen konforlu bir iç ortam sağlanamamıştır. Camların açılması ile, iç ortam PMV değerleri 0.9-1.7 aralığından, 0-1.3 aralığına doğru bir iyileşme göstermiştir. Doğal havalandırma ile sabah namazı vakitlerinde hafta genelinde konfor koşulları sağlanmıştır. Hafta genelinde öğle vakti itibariyle gün batımına kadar geçen zamanda PMV değerleri, 0.6 ve üzeridir. Yapı içerisinde doğal havalandırma ile konforlu zaman yüzdesi arttırılmış ve konforsuz geçen süreçteki PMV değerleri düşürülmüş olsa da, ağırlıklı kullanım zamanlarında konfor sağlanamamıştır.

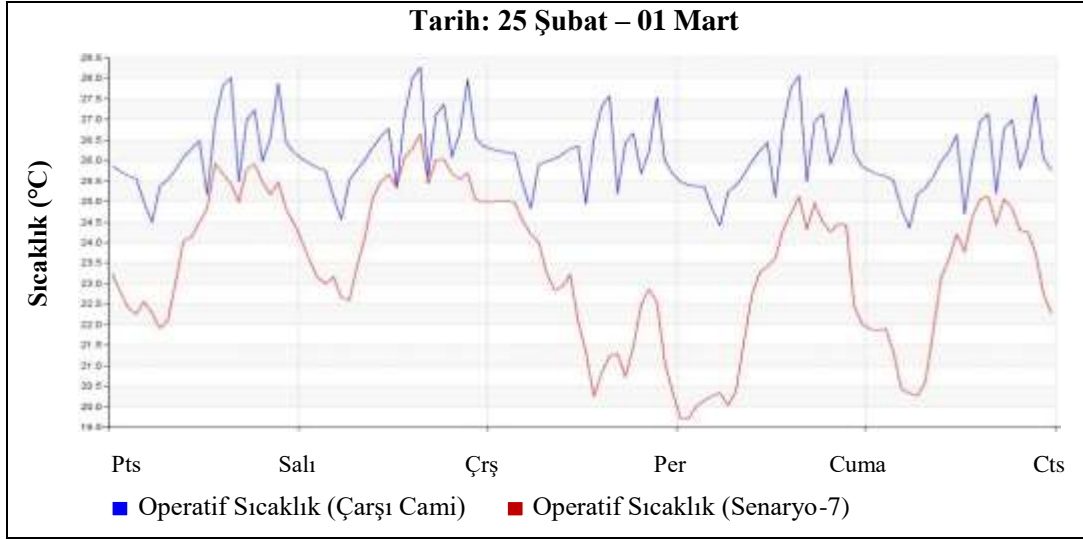


Şekil 67. Yaz dönemi Senaryo-6 için PMV değeri karşılaştırmaları

3.4.7. Senaryo-7

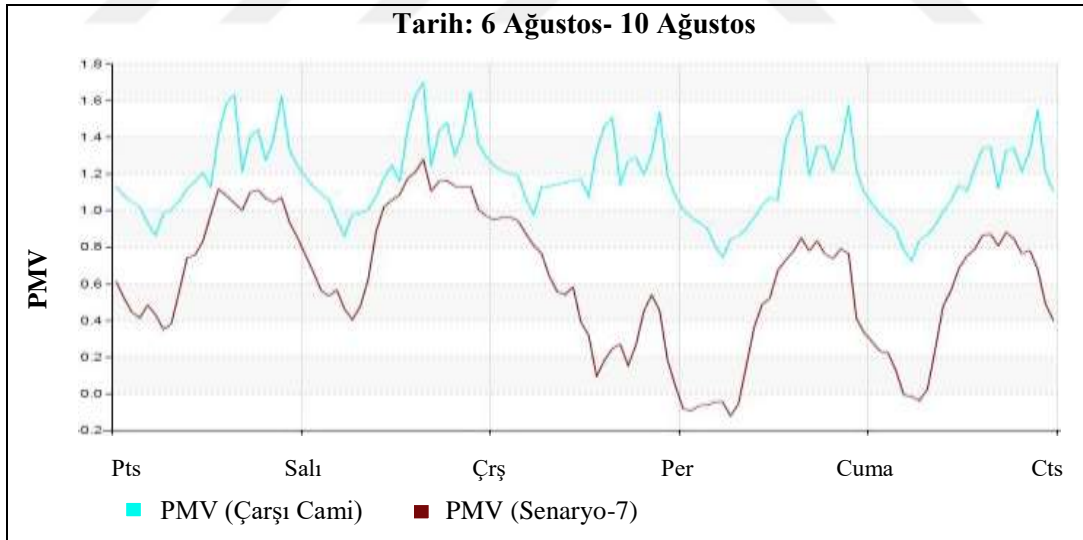
Beşinci senaryo ısıtma döneminde olumlu sonuçlar vermiş ancak soğutma döneminde gün içerisinde daha olumsuz koşullar oluşturmuştu. Bu nedenle soğutma dönemi için önerilen doğal havalandırma senaryosuyla birleştirildiğinde yıl boyunca devam eden daha kaliteli iç ortam termal koşulları sağlanacağı düşünülmüştür. Yedinci senaryo, beşinci senaryo ile altıncı senaryonun beraber uygulanmasından oluşmaktadır. Senaryolarda hiçbir değişiklik yapılmamış olup, doğal havalandırmanın yalıtımla birleştirilmesinin soğutma dönemindeki etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Senaryo-7 sonucunda operatif sıcaklık değerlerinin mevcut yapı ile karşılaştırması Şekil 68’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre öğle vaktinden gün batımına kadar olan vakitte altıncı senaryodan farklı bir sonuç elde edilememiştir. Bununla birlikte gün batımından öğleye kadar olan süreçte 1°C civarında düşüş olmuştur.



Şekil 68. Yaz dönemi Senaryo-7 için operatif sıcaklık değeri karşılaştırmaları

Yedinci senaryonun uygulanması sonrasındaki PMV değerlerini gösteren grafik Şekil 69’da verilmiştir. PMV değerleri Senaryo-6 ile benzer sonuçlar vermiştir. Belirgin bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 69. Yaz dönemi Senaryo-7 için PMV değeri karşılaştırmaları

Doğal havalandırma soğutma dönemindeki iç ortam konfor koşullarını iyileştirmek amacıyla önerilmiştir. Senaryo 6 ve 7’den çıkan sonuçlar, caminin termal performansındaki en iyi sonuçları vermiştir. Yapılan değerlendirmelere göre 6. ve 7. Senaryolar arasında operatif sıcaklık ve PMV değerlerinde belirgin bir fark oluşmamıştır.

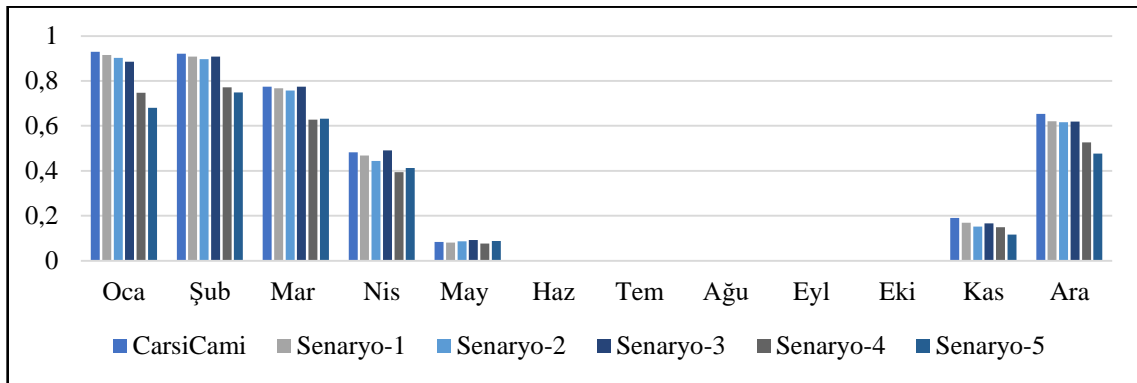
Bununla birlikte 7. senaryo yalıtım uygulamalarının soğutma dönemindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmakla birlikte, daha kaliteli iç ortam termal koşulu sağlamıştır. Hem ısıtma hem soğutma dönemi için en verimli sonuçları veren öneri Senaryo 7'dir.

Doğal havalandırma uygulanan senaryodaki sonuçlar taş caminin dışarıdan doğrudan hava almadığı sürece dış sıcaklıklardaki ani düşüşleri iç ortama aynı hızla yansıtmadığını göstermiştir.

Bütün senaryolar göz önüne alındığında, ısıtma dönemi için uygulanan senaryolarda operatif sıcaklıklardaki maksimum iyileşme 1°C olurken, PMV değeride maksimum 0,5 artmıştır. Bu durum iç ortam konfor koşullarının sağlanmasına yeterli imkân sağlamadığından, sonuç değerlendirme ısıtma-soğutma yüklerinden sonra yapılmıştır.

3.4.8. Isıtma Yükleri

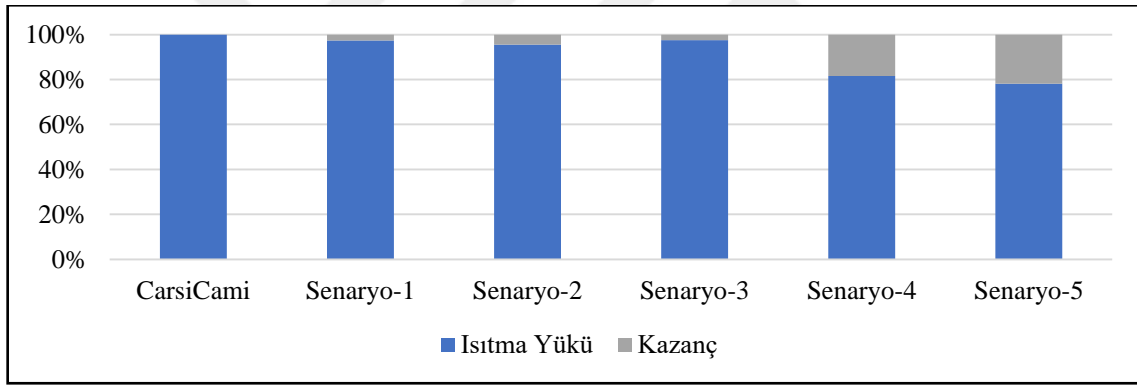
IES-VE programı yardımıyla oluşturulan simülasyon senaryolarının yıllık ısıtma yükleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Şekil 70'de bulunan grafikte sunulmuştur. Mevcut bina için yıllık ısıtma yükü 4,0349 MWh, Senaryo 1 için 3,9308 MWh, senaryo 2 için 3,8569 MWh, Senaryo 3 için 3,9363 MWh, Senaryo 4 için 3,2918 MWh ve Senaryo 5 için 3,1538 MWh olarak hesaplanmıştır. Yıl genelinde en yüksek kazanç Ocak ayında, 0,2495 MWh olarak Senaryo 5'den elde edilmiştir. En düşük kazanç ise 0,033 MWh olarak Aralık ayında hesaplanmıştır. Bununla birlikte en yüksek kayıp Nisan ayında 0,0085 MWh ile daha fazla ısı ihtiyacı meydana getiren Senaryo 3'de meydana gelmiştir.



Şekil 70. Yıllık ısıtma yükleri grafiği

Yıl geneli değerlendirmelerine bakıldığında Nisan ayında çatı yalıtımın oluşturmuş olduğu ekstra ihtiyaç dışında oluşturulan tüm senaryoların olumlu sonuç verdiği görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde yıl genelinde en yüksek kazançları Senaryo 5 sağlamaktadır. Senaryo 5'in ardından Senaryo 4 en iyi sonuçları vermiştir. Yılın en soğuk ayları olarak nitelendirilen Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında diğer senaryolara göre daha yüksek farklar ortaya koymuşlardır.

Şekil 71'de verilen yıllık kazançların yüzdesine bakıldığında Senaryo 5 ile %21 fark bulunmuştur. Yıl genelinde en yüksek kazanç cam, çatı ve duvarların ısı iletim katsayılarının düşürülerek sunulduğu Senaryo 5'den elde edilmiştir. Malzemelerin kendi içindeki değerlendirmelerine bakıldığında tek başına uygulandığından %18 kazanç hesaplanan duvar yalıtımı en yüksek kazancı meydana getirmiştir. Bunu %4 ile üçlü sistem Low-e cam izlerken, çift cam ve çatı yalıtımı %3 ile aynı sonucu vermiştir.

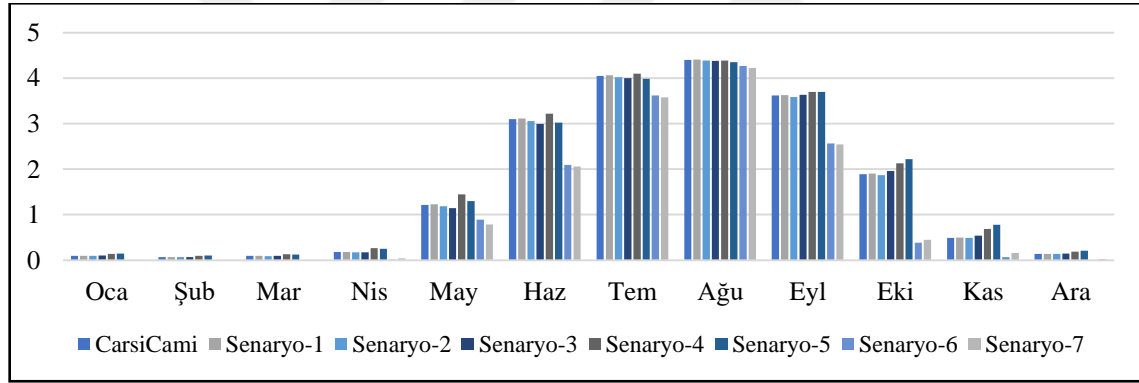


Şekil 71. Yıllık ısıtma yükleri kazanç yüzdesi grafiği

Cami mimarisindeki cam yüzey alanlarının oldukça düşük olması ve mevcut yapıda bulunan camların çift cam olması nedeniyle ısı iletim katsayısını iyileştirilmesinin yıl genelinde çok yüksek bir fark oluşturmaması beklenen bir sonuçtur. Çatı izolasyonu senaryosundaki sonuçların yapının mevcut halinde bulunan çamur sıvanın yalıtım görevi görmesinden kaynaklandığı düşünölmüştür. Bununla birlikte yapının yüksekliğinin bölgesel olarak maksimum 17 m, minimum 13 m olmasının da çatıda yapılan malzeme farklılığının ısı yüküne etkisini azalttığı düşünölmektedir.

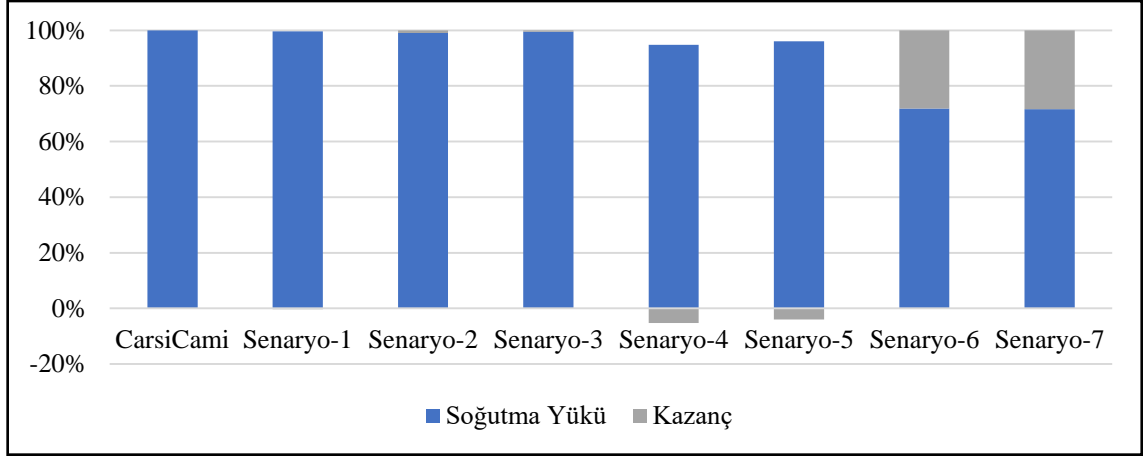
3.4.9. Soğutma Yükleri

Namaz vakitlerinde camiyi soğutmak amacıyla 6 adet split klima kullanılmaktadır. Soğutma sistemlerinin çalışma programları daha önceki bölümlerde verilmiştir. Bu kullanım sonucunda meydana gelen soğutma yükü ve alternatif senaryoların oluşturduğu yükler Şekil 72’de verilmiştir. Yıllık soğutma yükleri mevcut bina için 19,333 MWh, Senaryo 1 için 19,4022 MWh, Senaryo 2 için 19,1493 MWh, Senaryo 3 için 19,2324 MWh, Senaryo 4 için 20,4732 MWh, Senaryo 5 için 20,1739 MWh, Senaryo 6 için 13,8921 MWh ve Senaryo 7 için 13,8592 MWh’dir. Isıtma döneminde en yüksek kazançları veren Senaryo 4 ve 5, soğutma yüklerini arttırmıştır. Doğal havalandırma senaryoları olan 6 ve 7 en iyi sonuçları vermiştir. Senaryo 6 yıllık soğutma yükünü 5,4412 MWh azaltırken, Senaryo 7, 5,4412 MWh azaltmıştır.



Şekil 72. Yıllık soğutma yükleri grafiği

Yıllık soğutma yüklerinin yüzdeleri Şekil 73’de verilmiştir. Grafikte sunulan verilere göre Senaryo 6 ve 7 yıllık soğutma yükleri %28 oranında azaltmıştır. Farklı cam tipleriyle oluşturulan senaryolardan çift cam önerisi olan Senaryo 1, yıllık soğutma yükünü %0,1 oranında arttırırken, Senaryo 2’de verilen üçlü cam sistemi % 0,1 azaltmıştır. Bunların dışında sunulan çatı yalıtımı öneren Senaryo 3’deki yıllık soğutma yükündeki artış oranı %0,1’dir. Senaryo 4’de ise dış duvarlarda uygulanmış olan yalıtım ise soğutma yükünü %0,6 oranında arttırmıştır. Bu yüzde değeri tüm senaryolar içindeki en yüksek artış oranıdır. Bütün öneri malzemelerin bir arada sunulduğu Senaryo 5’de ise soğutma yükünde %0,4 oranında artış hesaplanmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki doğal havalandırma dışındaki senaryolardan gelen artış ve azalmalar ihmal edilebilir değerlerdedir.



Şekil 73. Yıllık soğutma yükü yüzdeleri grafiğı

Önceki bölümde ısıtma yükü için en uygun senaryonun Senaryo 5 olduğu belirtilmişti. Bu bölümde sunulan verilere göre doğal havalandırma dışındaki tüm senaryoların tek başına soğutma yükünü azaltmada etkisiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Soğutma yükünü azaltmada gün boyu uygulanan doğal havalandırma mevcut bina üzerinde ve Senaryo 5 ile birlikte uygulandığında yaklaşık olarak aynı sonuçları vermiştir. Ancak yıllık tüketim bazında ısıtma ve soğutma yükü bir arada bakıldığında en uygun kullanımın Senaryo 5 ile birlikte doğal havalandırma uygulaması olduğu sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın literatür kısmında belirtildiği gibi, dünya kaynaklarının hızla tükenmesi ve binaların bu tüketim içerisinde önemli bir yer teşkil etmesi bina enerji yasalarının oluşmasına neden olmuştur. Bu yasalar hazırlanırken tarihi yapılar koruma ve geleceğe aktarılma kaygılarıyla kapsam dışında bırakılmıştır. Ancak bu yapılarda kullanıcı konforunu karşılayacak şekilde alternatif enerji etkin iyileştirilmelerin yapılması bir gerekliliktir. Bu bağlamda Trabzon Çarşı Cami içerisindeki termal konfor koşulları analiz edilmiş, bununla ilgili kullanıcı yorumları anket yöntemiyle test edilmiş, termal görüntüleme ile doğrulamalar yapılarak, simülasyon çalışmasıyla alternatif çözüm önerileri tartışılmıştır.

Yapılan alan çalışmaları sırasında binanın ısıtma döneminde termal konfor koşullarını kesinlikle sağlamadığı ancak soğutma döneminde klima sistemlerinin doğru çalışması ile PMV değerlerinin kullanıcı memnuniyet aralığına gelebileceği gözlenmiştir.

Kış döneminde elde edilen verilere göre dış sıcaklık en düşük seviyelerdeyken ($4,8^{\circ}\text{C}$), en düşük operatif sıcaklık görülmezken, en sıcak dış ortam sıcaklığında ($10,8^{\circ}\text{C}$) en yüksek operatif sıcaklığın ($14,85^{\circ}\text{C}$) görülmüştür. Bu durum bina kabuğunun kısa süreli soğumalara karşı dirençli olduğunu ve yükselen hava sıcaklığının etkisinin iç ortamda hızlı gösterdiğini ortaya koymuştur. Nem verilerine bakıldığında binanın gün içinde en yüksek nem değerlerine öğle vakitlerinde ulaştığı görülmektedir. Dış ortam nemi ile iç ortam nem değerleri arasında belirgin bir ilişki görülemez. Bina içindeki hava hızı değerlerinin çoğunlukla öğle namazında en yüksek değerlere ulaşmasının nedeni olarak kullanıcı yoğunluğunun bu vakitte en yüksek yoğunluğa erişmesi, kapı - iç ortamdaki hareketin fazlaşmasından olduğu düşünülmektedir.

Kış dönemi için PMV hesabında ise en belirgin faktörün operatif sıcaklık olduğu ancak yüksek nem ve hava hızının artışının konfor değerini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Noktalar üzerinden karşılaştırma yapıldığında ise en düşük sıcaklıklar son cemaat yerinde bulunun N7 noktasında ölçülmüştür. Bu alanda iklimlendirme sistemlerinin kullanılmamasının ve cam yüzeylerin fazlalığının bu durumu etkileyen en büyük faktörlerden olduğu düşünülmektedir. Ana namaz salonu verilerindeki noktalar arası değerler büyük bir oranda yakınlık göstermektedir. Bu durum bina kabuğunun dış

ortamdan sağladığı kazanımları içeriye dengeli bir şekilde dağıttığı görüşünü oluşturmuştur.

Yaz dönemi verilerine bakıldığında ise dış ortam sıcaklığı ve operatif sıcaklık arasında önemli bir yakınlık göze çarpmamaktadır. Bununla birlikte dış ortam sıcaklıklarında oluşan gün içindeki 4-5°C'lik düşümlere nazaran operatif sıcaklıkta paralel bir değişim olmadığı görülmektedir.

Yaz aylarında ağırlıklı olarak klima açık kullanımlarda yapılan ölçümler sırasında yaz aylarında konforlu bir ortamın sağlanabilmesi için 25°C operatif sıcaklık ve %56 nem olan durumlar için 0,20m/sn'yi geçen hava hızı gerektiği gözlenmektedir. Klima sistemleri iç ortam sıcaklıklarını düşürerek hava sıcaklığını ortalama değerlere getirirse de, yüksek hava hızları konforsuz ortam oluşmasına neden olmuştur. Yaz ölçümlerinde elde edilen PMV verileri hava hızının konfor koşulları üzerindeki etkisini ortaya koymuştur.

Noktalara göre irdeleme yapıldığında ise operatif sıcaklık, nem ve hava hızı değerleri açısından belirgin bir farklılık oluşmamıştır. Ölçüm alınan noktalar arasında sistemli ve büyük farklılıklar görülmemesi kapılarda rüzgarlık görevi gören alanların olması ve dışarıdan deri örtü yardımıyla kapatılıyor olmalarına bağlanmıştır. Ancak veriler detaylı olarak incelendiğinde binanın 3 kapısının önlerinden alınan N3-N4-N6 noktalarının akşam namazı dışında daha iyi konfor koşulları oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu noktalara ait PMV değerlerindeki belirgin faktör hava hızı olmuştur.

Ortalama verilerde N7 noktasına bakıldığında ise sıcaklık değerleri öğle namazında 2°C kadar artış göstermektedir. Sabah namazında da bazı noktalar ile belirgin fark oluşmuştur. Akşam namazında ise bu durumdan söz edilememektedir. Bu durumun öğle namazında güneş ışığı etkisiyle cam yüzeylerin son cemaat bölümünde daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte son cemaat yerinin nem değerlerinin öğle namazında ve akşam namazında %8 oranına kadar arttığı görülmüştür.

Kış ve yaz dönemleri için bir yorumlama yapmak gerektiğinde dış ortam sıcaklıkları ile iç ortam sıcaklıkları arasında farklılık olduğu görülmektedir. Her iki dönem içinde iç ortam sıcaklıklarının dış ortamdan daha yüksek olduğu ancak bu farklılığın yaz mevsimlerinde 1°C civarında iken, kış mevsiminde 6°C civarında olduğu gözlenmektedir.

Yapı içinden alınan ölçümlere göre mermer yüzeyler ısıl etkileşime en hızlı geçen yüzeylerdir ve cami içerisindeki bütün camlarda yüksek ısı kayıpları oluşmaktadır. İç yüzeylerin en yüksek sıcaklıklara öğle namazlarında ulaştıkları ve en düşük sıcaklıkların pencere kenarlarında olduğu görülmektedir. Öğle vakti ölçümlerinde batı ve doğu

arasında fark olduğu ve doğu iç yüzeylerinin 2°C kadar daha sıcak olduğu gözlemlenmiştir. Kubbe ve civarından alınan termal kamera görüntülerine göre sabah namazında kuzey yönüne bakan yüzeylerin 2°C kadar daha soğuk olduğu tespit edilmiştir.

Binanın üst katlarından alınan ölçümlere bakıldığında bu yüzeylerin 2°C kadar daha sıcak olması, sıcak havanın yükselerek kubbeye biriktiğini göstermektedir. Bu durum kubbe üzerinde camların açılması ile baca etkisi yükselterek yapının daha hızlı soğuması ve konfor koşullarının sağlanması düşüncesini oluşturmaktadır. Dış yüzey sıcaklıkları bazında inceleme yapıldığında yaz öğle ve akşam vakitleri dışında dış ortam ve iç ortam oldukça yakın değerler ortaya koymaktadır. Yazın öğle vakitlerinde cami dış kabuk yüzeyinin en yüksek değer olan 43°C'ye ulaşması ancak iç yüzeyin 27°C seviyesinde kalması taş duvarın kısa süreli ısınma ve soğumaya karşı dirençli olduğunu ve kısa süreli ısınmaları iç ortama aktarmadığını göstermektedir. Yönlere göre değerlendirme yapıldığında ise güneşe bakan dış duvar iç yüzeylerinin batı yönünden 1°C kadar kışın daha sıcak, yazın ise daha serin olduğu görülmektedir.

Cami kullanıcıları ile yapılan anketler geçirilen sürenin konfor algısı üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Ölçülen PMV değerleri ile kullanıcı anketleri karşılaştırıldığında cami içerisinde 15dk. ve üzeri vakit geçiren kullanıcılar, termal konfor koşulları için PMV sonuçları ile örtüşen değerlendirmeler yapmıştır. Ancak kullanıcıların memnun olduklarını söyledikleri durumlar için ısıtma döneminde daha sıcak, soğutma döneminde daha serin ortam tercih ettikleri görülmüştür. Bu durumun cami kullanıcılarının ağırlıklı olarak çevre esnaftan oluşması ve camiye hızlı bir şekilde gelerek namazlarını kılıp, aynı hızda terk etmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kullanıcıların önemli bir çoğunluğu daha önce buldukları termal çevrenin etkisi geçene kadar camiye terk etmektedir. Esnaf dışında bulunan kullanıcılar ise caminin konumu gereği genellikle hızlı bir yürüyüş eyleminden sonra camiye ulaşmaktadır.

Bütün bu bilgiler ışığında oluşturulan alternatif senaryolar değerlendirildiğinde, mevcut yapının cam yüzey alanının %10 oranında olması camlarda yapılan iyileştirmelerin etkisinin oldukça düşük olmasına neden olmuştur. Konfor değerlerinde ve ısıtma yüklerinde farklılık oluşturmalarının yanında mevcut çift camların değiştirilmesinin birincil öncelik olmadığını göstermektedir. Bu durum değerlendirilirken caminin gün içerisinde kısa ve aralıklı olarak ısıtılması önemli bir noktadır. Gün boyu ısıtılan yapılarda alternatif Low-e cam çeşitlerinin ısıyı koruma konusundaki etkilerinin daha verimli sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Cami kubbesi için çatı yalıtım önerisi hem sıcaklık verisi hem de ısıtma-soğutma yüklerinde alternatif yalıtımın önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Yapının yüksek tavanlı oluşu termal kamera görsellerine göre üst seviyelerde daha yüksek sıcaklıklar oluşmasına neden olmaktadır. Caminin kullanıcı ile ilişkili bölümü olan ana namaz salonundaki sıcaklık değerlerinin yükseltilebilmesi için bu ısıyı alt kotlara yönlendirecek sistemler önerilebilir.

Simülasyon verilerine göre, cami dış kabuğunun içeriden yalıtılması önerisi, yıl içerisinde %18 ısı kazancı sağlaması nedeniyle ısıtma dönemi için en iyi sonuç veren senaryo olmuştur. Ancak çalışmalarda içeriden yalıtım önerisinin tarihi camiler ve diğer tarihi yapılar için uygulanabilir olmasına dikkat edilmelidir. Bütün yalıtım malzemelerinin ve üçlü sistem Low-e camın etkisinin incelendiği Senaryo-5 ise ısıtma döneminde %21 oranında kazanç oluşturmuştur.

Duvar yalıtımı uygulanırken düşünülmesi gereken durum soğutma döneminde iç ortam sıcaklıklarının ve buna bağlı olarak PMV ile soğutma yüklerinin artacak olmasıdır.

Senaryolar incelenirken yapılan önemli bir değerlendirme de iç yüklerin etkisidir. Cuma namazında tam doluluk oranına ulaşan ve aydınlatma ekipmanları tam kapasite çalıştırıldığında iç ortam değerleri 6°C ile 8°C arasında artışa neden olmuştur. Cuma namazları hafta boyunca konforun sağlandığı tek vakitlerdir.

Isıtma döneminde iyi sonuç veren yalıtım senaryoları soğutma ihtiyacını arttırmıştır. Bu nedenle yaz dönemi için doğal havalandırma önerilmiştir. Doğal havalandırma senaryolarında, mevcut yapıda ve cam, çatı ve duvar yalıtımlarının uygulandığı senaryo da soğutma yükleri yaklaşık aynı sonucu vermiştir. Bu durum enerji tüketimini azaltmak ve maliyeti fazla arttırmamak hedefiyle bakıldığında ısıtma dönemi için duvar iç cephesine yalıtım uygulanması ve soğutma döneminde gün boyu doğal havalandırma uygulanması en doğru sonuçtur. Bu durumda ısıtma döneminde %18, oranında soğutma döneminde %28 oranında kazanç sağlanmaktadır.

Çalışma yürütülürken Trabzon ili sıcaklık verileri mevsim normallerinin üzerinde seyir etmiştir. İleri ki çalışmalarda bir yıl ve tüm gün boyunca ölçüm alınmasının daha kesinleşmiş sonuçlar sunacağı düşünülmektedir.

Çalışma sırasında yürütülen anket çalışmaları farklı yaş ve giysi durumlarındaki kullanıcılarla yürütülmüştür. Daha kesin sonuçlar için yaş ve giysi durumu benzer kullanıcılarla anket çalışması yürütülebilir.

Simülasyon çalışmaları sonuçları operatif sıcaklık, PMV ve ısıtma-soğutma yükü üzerinden değerlendirilmiştir. Nem ve hava hızı faktörlerini daha detaylı incelemek daha kesinleşmiş sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir.

Cami içerisindeki iklimlendirilmiş ve iklimlendirilmemiş bölgeler arasındaki termal konfor koşul farklılıkları iklimlendirme sistemlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte iç ortamda sıcak havanın hızla yükselişe geçmesi nedeniyle ısıyı alt kottara dengeli şekilde dağıtacak sistemler önerilebilir.



5. KAYNAKLAR

- Abdou, A., Al-Homoud, M. ve Budaiwi, I, 2005. Mosque Energy Performance, Part1: Energy Audit and Use Trend Based On Analysis Of Utility Billing Data, King Abdul-Aziz University Journal of Engineering and Sciences, 16 (1), 165-184.
- Akın, A., 2016. Tarihi Süreç İçinde Cami ve Fonksiyonları Üzerine Bir Deneme, Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 2016/1, c.15, sayı:29, 177-209.
- Al-ajmi, F., 2010. Thermal Comfort in Air-Conditioned Mosques In The Dry Desert Climate Building and Environment, 45, 2407-2413.
- Alawadhi, W. vd., 2013. Energy Saving Potential Due to Refurbishment of Federal Public Housing in the UAE, Engineering, Vol. 5, 132-136.
- Al-homoud, M. S., Abdou, A. A. ve Budaiwi, I. M., 2009. Assessment Of Monitored Energy Use and Thermal Comfort Conditions In Mosques In Hot-Humid Climates, Energy and Building, 41, 607-614.
- Alkhateeb, E. ve Abu Hijleh, B., 2017. Potential of Upgrading Federal Buildings in the United Arab Emirates to Reduce Energy Demand, Procedia Engineering, vol. 180, 61-70.
- Almhafdy, A., Ibrahim, N., Ahmad, S. ve Yahya, J., 2013. Courtyard Design Variants and Microclimate Performance, Procedia Social Behavioral Science, 101, 170-180.
- Al-Rashidi, K. E., 2011. Thermal Comfort Prediction, Conditions and Air Quality For Younger and Older Children in Kuwait Schools, Doktora tezi, Loughborough Üniversitesi, İngiltere.
- Al-shaalan, A. vd., 2017. Design Strategies For A Big Mosque To Reduce Electricity Consumption In Kingdom Of Saudi Arabia, Proceedings of The 21st World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2017).
- Al Touma, A. ve Ouahrani, D., 2017. Enhanced Thermal Performance of Mosques in Qatar, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 104, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Amer, O. vd., 2015. A Review of Evaporative Cooling Technologies, Interantional Journal of Environmental Science and Development, 6(2), 111-117.
- Angus, T. C. ve Brown, J. R. (1957). Thermal Comfort in the Lecture Room. An Experimental Study of Winter Requirements. Journal of the Institution of Heating and Ventilating Engineers, 25, 175-82.

- Antel, A., 2013. 1. Ulusal Cami Mimarisi Sempozyumu, Gelenekten Geleceğe Cami Mimarisinde Çağdaş Tasarım ve Teknolojiler, Geçmişten Günümüze Cami Mimarisinin Gelişimi, 2-5 Ekim 2012, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayın No: 765, İstanbul 2013, 257.
- ANSI/ASHRAE Standart138, 2013. Method of Testing for Rating Ceiling Panels for Sensible Heating and Cooling, Atlanta.
- Arpacıoğlu, Ü., 2013. 1. Ulusal Cami Mimarisi sempozyumu, Gelenekten Geleceğe Cami Mimarisinde Çağdaş Tasarım Ve Teknolojiler, İslam Ve Cami Mimarisinde Malzeme, Teknoloji ve Sanat Kullanımının Değerlendirilmesi, 2-5 Ekim 2012, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayın No: 765, İstanbul 2013, 401.
- Asfour, O. S., 2016. Bridging The Gap Between The Past And The Present: A Reconsideration Of Mosque Architectural Elements, Journal of Islamic Architecture, 2016, Vol:4, No:2, 77-85.
- ASHRAE Standard 160, 2016. Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings.
- ASHRAE Standard 55, 2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Ashrae Handbook of Fundamentals. Atlanta: American Society Of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE Standard 55, 2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Ashrae Handbook of Fundamentals. Atlanta: American Society Of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Auliciems, A. ve Szokolay, S.V., 1997. Thermal Comfort, University of Queensland, Brisbane, Australia, revised:2007.
- Ateş, A. O., 1996. İslam'a Göre Cahiliye ve Ehli Kitap Örf ve Adetleri, Beyan Yayınları, İstanbul, 45-46.
- Atmaca, A. ve Zorer Gedik, G., 2017. Dini Yapıların Isıl Konforunun İncelenmesi: Marmara İlahiyat Cami ve Hz. Ali Cami Örneklemeleri. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 19-22 Nisan 2017, İzmir.
- Atmaca, İ. ve Yiğit, A., 2009. Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 543-555.
- Bahar, Y. N., Pere, C., Landrieu, J. ve Nicolle, C., 2013. A Thermal Simulation Tool For Building and Its Interoperability Through The Building Information Modeling (Bim) Platform, Buildings, vol:3(2), 380-398.
- Bakhlah, M.S. ve Hassan, A.S., 2012. The Study Of Air Temperature When The Sun Path Direction To Ka'abah: With A Case Study Of Al-Malik Khalid Mosque, Malaysia, International Transaction Journal Of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, 185-202.

- Balaras, C. vd., 2007. Hvac And Indoor Thermal Conditions In Hospital Operating Rooms, Energy and Buildings, 39 (4), 454.
- Baltacı, C., 1985, İslam Medeniyetinde Cami, Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, Sayı:3, 225-241.
- Binler, H., 2013. 1. Ulusal Cami Mimarisi Sempozyumu, Gelenekten Geleceğe Cami Mimarisinde Çağdaş Tasarım ve Teknolojiler, Osmanlı Ve Cumhuriyet Dönemlerinde Camilerin Şehir İçindeki Yeri ve Ehemmiyeti, 2-5 Ekim 2012, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayın No: 765, İstanbul 2013, 379.
- Budaiwi, İ., M., 2011. Envelope Thermal Design For Energy Savings In Mosques In Hot-Humid Climate, Journal of Building Performance Simulation, Vol:4, No:1, March 2011, 49-61.
- Budaiwi, İ. M. vd., 2013. Envelope Retrofit and Air-Conditioning Operational Strategies For Reduced Energy Consumption In Mosques İn Hot Climates, Build Simulation, 6: 33-50.
- Budiyanto, M. A. vd., 2019. Simulation Study Using Building-Design Energy Analysis To Estimate Energy Consumption Of Refrigerated Container, 2018 5th International Conference on Power and Energy Systems Engineering, CPESE 2018, 19–21 September 2018, Nagoya, Japan.
- Butera, F.M., 1998. Principles of Thermal Comfort, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 2, 39-66.
- CEN, Technical report CR 1752, 1998. Ventilation For Buildings: Design Criteria For The Indoor Environment, Brussels: European Committee for Standardization.
- CEN, EN 15251, 2007. Indoor Environmental Input Parameters For Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics. Brussels: European Committee for Standardization.
- Cho, C., Chen, D. ve Woo, S., 2012. Building Information Modeling (BIM)-Based Design of Energy Efficient Buildings, Journal of KIBIM, Vol:2, Issue:1, 1-6.
- Collins, K.J., 1980. "Temperature Requirements In Old Age." Building Services Engineering Research and Technology, Vol.1, No.4, 165-172.
- Çubuk, M., 2006. Cami Mekanının Tarihsel Gelişimine Kısa Bir Bakış ve Büyük İstanbul Otogarı Cumhuriyet Camii, Büyük İstanbul Otobüs İşletmeleri A.Ş. Yayını.
- Dağlı, Y. ve Kahraman, S. A., 2005. Evliya Çelebi Seyahatnamesi I.Cilt 2. Kitap, Yapı Kredi Yayınları.
- De Dear, R.J. ve Brager, G.S., 2001. Thermal Comfort In Naturally Ventilated Buildings, Revisions to Ashrae Standart 55, Energy Buildings 34(6), 549-561.

- De Dear, R.J., Brager, G. ve Cooper, D., 1997. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference., ASHRAE Research Project ASHRAE RP-884. Final Raporu.
- De Dear R.J., 2001. The Adaptive Model Of Thermal Comfort And Energy Conversation In The Built Environment, International Journal of Biomaterial, 45, 100-108.
- Dikmen, Ç. B. ve Gültekin, A. B., 2009. Intelligent Building Concept in Architectural Design Process within Scope of Sustainable Building Design, 19. International Congress of Building and Life: Future of Architecture, Nature, City, Environment, Chamber of Architects, Branch Office of Bursa.
- Dikmen, Ç., B., 2011. Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örnekleme. Politeknik Dergisi, Cilt:14, Sayı:2, s. 121-134.
- Düzenli, H. İ. ve Tuluk, Ö. İ., 2010. Trabzon Mimarlık Tarihi Yazını Üzerine Bazı Gözlemler ve Trabzon Kent Mirası: Yer-Yapı-Hafıza. İstanbul: Klasik Yayınları.
- Evans, J.M., 2007, The Comfort Triangles: A New Tool For Bioclimatic Design, Doktora Tezi, Technische Universiteit Delft, Hollanda.
- Fabbri, K., 2015. Indoor Thermal Comfort Perception. A Questionnaire Approach Focusing on Children; Springer: New York, NY, ABD.
- Fanger, P.O., 1967. Calculation Of Thermal Comfort: Introduction Of A Basic Comfort Equation, ASHRAE Trans 73(2), III.4.1-III.4.20.
- Fanger, P.O., 1970. Thermal Comfort- Analysis and Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill.
- Fanger, P.O., 1972. Conditions for Thermal Comfort, Thermal Comfort and Moderate Heat Stress, Proceedings of the CIB Commission W45 (human requirements) Symposium, England.
- Fanger, P.O. ve Langkilde, G., 1975. Interindividual Differences in Ambient Temperatures Preferred By Seated Persons, ASHRAE Trans., 81, 140-147.
- Fatsa, M., 2015. Trabzon Yöresinin İslamlaşma Süreci ve Zaviyeler, Karadeniz İncelemeleri Dergisi, 2015; (18): 61-74.
- Fox, R. H., Woodward, P. M., Exton-Smith, A. N., Green, M. F., Donnison, D. V. ve Wicks, M. H., 1973. Body Temperatures in The Elderly: A National Study Of Physiological, Social, and Environmental Conditions. Br Med J, 1(5847), 200-206.
- Gabril, N., 2014. Thermal Comfort and Building Design Strategies for Low Energy Houses in Libya, Doktora Tezi, University of Westminster, İngiltere.

- Gagge, A.P., Burton A.C. ve Bazett, H.C. 1941. A Practical System Of Units For The Description Of The Heat Exchange Of Man With His Environment. Science, 94(2445), 428.
- Gagge, A., Stolwijk, J. ve Nishi, Y., 1971. An Effective Temperature Scale Based on A Simple Model of Human Physiological Regulatory Response, ASHRAE Transactions, 77(1), 247–262.
- Givoni, B., 1976. Man, Climate and Architecture, London: Applied Science Publishers (2nd edition), pp.319-320.
- Gündüz, L., Şapcı, N. ve Karcı, M., 2013. Mermerlerin Isıl Performansı ve Binalarda Enerji Verimliliğine Etkilerinin İncelenmesi, Bilimsel Madencilik Dergisi, Cilt.52, Sayı.4, 27-36.
- Gürbüz, M. ve Aydın, A. H., 2012. Zaman Kavramı ve Yönetimi, KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi / KSU Journal of Social Sciences, 9 (2).
- Halliday, D., R. Resnick ve K.S. Krane., 2003. Physics. 5th.Edition. Volume 2. New York: John Wiley & Sons (Ch. 49).
- Hartungi, R. ve Jiang, L., 2012. Energy Efficiency and conservation in an Office building: a case study, International Journal of Energy Sector Management. Vol. 6 No. 2, 175-188.
- Hasol, D., 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. İstanbul: Yem Yayınevi.
- Havenith, G., 1999. Heat Balance When Wearing Protective Clothing, The Annals of Occupational Hygiene, 43 (5): 289–96.
- Hemsath, T., 2013. Conceptual Energy Modeling for Architecture Planning and Design: Impact of using building performance simulation in early design stages. Proceedings of BS2013: 13. Conference of International Building Performance Simulation Association, 376-384.
- Hensen, J. L. M., 1991. On The Thermal Interaction of Building Structure and Heating and Ventilating System, Technische Universiteit Eindhoven.
- Hickish, D. E., 1955. Thermal Sensations of Workers in Light Industry in Summer. A field Study in Southern England. Epidemiology & Infection, 53(1), 112-123.
- Hoof, van J., Mazej, M. ve Hensen, J. L. M., 2010. Thermal Comfort: Research and Practice, Frontiers in Bioscience, 15(2), 765-788.
- Hou, G., 2016. An Investigation of Thermal Comfort and The Use of Indoor Transitional Space, Doktora Tezi, Cardiff University, Birleşik Krallık.

- Houghten, F. C., Ferderber, M. B. ve Gutberlet, C., 1937. Fever Therapy Induced by Conditioned Air. *Heating, Piping and Air Conditioning*, 9, 115-20.
- Hsieh, K., 1985. The Effect of Air Velocity on Thermal Comfort with Moderate Activity, Ms Thesis, Kansas State University.
- Humphreys, M. A. ve Nicol, J. F., 2004. Do People Like to Feel "Neutral"? Response to the ASHRAE Scale of Subjective Warmth in Relation to Thermal Preference, Indoor and Outdoor Temperature, *ASHRAE Transactions*, 110(2).
- Humphreys, M. A. ve Hancock, M., 2007. Do People Like To Feel 'neutral'? Exploring The Variation Of The Desired Thermal Sensation On The ASHRAE Scale. *Energy and buildings*, 39(7), 867-874.
- Ibn Hanbal, A., 820. Ahmad ibn Hanbal's Treatise on Prayer (Salah), Transl., S. 2007. International Islamic Publishing House, IIPH, Riyadh, Saudi Arabia.
- Incropera, F. P. ve DeWitt, D. P., 2006. Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, Literatür Yayıncılık.
- ISO 7730, 2005. Ergonomics of the Thermal Environment- Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria, Geneva: International Organization for Standardization.
- İbrahim, S. H. vd., 2014. Assessment of Thermal Comfort in the Mosque in Sarawak, Malaysia. *International Journal of Energy and Environment*, Vol.5, I:3, 327-334.
- Karagöz, İ. ve Altuntaş, H., 2011. Namaz İlmihali, 4. Baskı, Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- Karmann, C., Schiavon, S. ve Arens, E., 2018. Percentage Of Commercial Buildings Showing At Least 80% Occupant Satisfied With Their Thermal Comfort, Proceedings of 10th Windsor Conference: Rethinking Comfort, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 12-15 April 2018.
- Kavraz, M., 2014. The Acoustic Characteristics of The Carsı, Mosque in Trabzon, Turkey, *Indoor and Built Environment*, vol. 25(1), 128-136.
- Kettani, H., 2010. Worl Muslim Population: 1950-2020, *International Journal of Environmental Science and Development (IJESD)*, Vol. 1, No. 2, June 2010.
- Khaled, S. M., Durmuş Arslan, Z. D. ve Akkurd, G., G., 2017. Applying Underfloor Heating System For Improvement Of Thermal Comfort In Historic Mosques: The Case Study Of Salepçioğlu Mosque, Izmir, Turkey. *Energy Procedia*, Vol. 133, 290-299.

- Khatami, N. ve Hashemi, A., 2017. Improving Thermal Comfort and Indoor Air Quality Through Minimal Interventions in Office Buildings. *Energy Procedia*, vol:111, 171–180.
- Kimter N., 2016. Namaz ve Ahlaki Olgunluk İlişkisi, *Dini Araştırmalar*, 19(50), 103-33.
- Koch-Nielsen, H., 2007. Stay Cool. A Design Guide For The Built Environment In Hot Climates, James&James Ltd. Londra, İngiltere.
- Kordjumshidi, M., 2011. House Rating Schemes. *Green Energy and Technology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Kotbi, M. G. A., 2013. Investigating Thermal Comfort Models, Doktora tezi, New South Wales Üniversitesi.
- Kuban, D., 1974. Muslim Religious Architecture Part I The Mosque and Its early development, Brill Academic Publishers, Netherlands, 4.
- Kur'ân-ı Kerîm ve Muhtasar Meâli, 2001. Hayrât Neşriyat, İstanbul.
- Lakot, E., 2007. Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lakot Alemdağ, E., 2013. Saydam Yalıtımlı Yapı Dış Kabuğu Isıl Performansının Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Langkilde, G., 1977. Thermal Comfort For People Of High Age, *INSERIM*, 77, 187-194.
- Leng, P., bin Ahmad, M. H., Ossen, D. R. ve Hamid, M., 2012. Investigation of Integrated Environmental Solutions-Virtual Environment Software Accuracy for Air Temperature and Relative Humidity of the Test Room Simulations. Paper presented at the UMT 11th The International Annual Symposium on Sustainability Science and Management, Terengganu, Malaysia.
- Maarof, S., 2014. Roof Designs And Affecting Thermal Comfort Factors In A Typical Naturally Ventilated Malaysian Mosque, Doktora Tezi, Cardiff University School of Architecture, Birleşik Krallık.
- Markus, B., 2018. Application of Integrated Environmental Solutions Software for Thermal Simulation in a Courtyard Residential Building, *ATBU Journal of Environmental Technology*. Vol:11-1, 91-105.
- Martínez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S. ve Vivancos, J. L., 2016. Energy Efficiency And Thermal Comfort In Historic Buildings: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 70-85.

- McNall, P.E., Ryan, P. ve Jaax, J., 1968. Seasonal Variation In Comfort Conditions For College-Age Persons In The Middle West. *ASHRAE transactions*, 74 (I).
- McIntyre, D.A., 1973. A Guide To Thermal Comfort, *Applied Ergonomics*, 4 (2), 66- 72.
- Mora, R. ve Bean, R., 2018. Thermal Comfort: Designing for People, *ASHRAE Journal*, February 2018, www.ashrae.org.
- Nefes, E., 1996. Minarenin Cami Mimarisine Katılımı ve İlk Minare Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Nevins, R.G. vd., 1966. Temperature-Humidity Chart For Thermal Comfort Of Seated Persons, *ASHRAE SPRINGER, W. & Transactions*, 72, Part I, 283-291. FEYERHERM, A.M.
- Nicol, F., Humphreys, M. ve Roaf, S., 2002. *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice*. Routledge.
- Nicol, F. ve Humphreys, M., 2009. New Standards For Comfort And Energy Use In Buildings. *Build Res Inf* 37(1), 68-73.
- Numan, M., Al-Shaibani, K. ve Al-Maziad, F., 1999. The Impacts Of Architectural Design Parameters On The Energy Performance Of Mosques In The Arabian Gulf Region: A Case Study Of Dammam City, *Proceeding of Symposium on Mosque Architecture*, 6 (B), ss: 31-42, College of Architecture and Planning, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, 30 Jan-3 Feb 1999.
- Olesen, S., Bassing, J.J. ve Fanger, P.O., 1972. Physiological Comfort Conditions At Sixteen Combinations Of Activity, Clothing, Air Velocity and Ambient Temperature. *ASHRAE Trans.*, 78, (II): 199–206.
- Olesen, W. B., 1982. Thermal Comfort, Technical Review, No: 2.
- Olesen, W. B. ve Parsons, K., 2002. Introduction to Thermal Comfort Standards and to the Proposed New Version of EN ISO 7730, *Energy and Buildings*, Special Issue on Thermal Comfort Standards, 34 (6): 537–48.
- Olesen, W. B. ve Brager, G., S., 2004. A Better Way to Predict Comfort: The New ASHRAE Standard 55-2004, *ASHRAE Journal*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 46, 8, 20-28.
- Olgyay, V., 1963. Bioclimatic Approach To Architectural Regionalism. BRAB Conference report, no. 5, National Building Research Council, Washington.
- Olgyay V., 1963. *Design With Climate: Bioclimatic Approach To Architectural Regionalism*. Princeton University Press, Princeton.
- Onay, A., 2006, Cami Eksenli Din Hizmetleri. Diyanet İşleri Başkanlığı Atıf- Cami eksenli din hizmetleri. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 4 (12), 149-175.

- Özen, H., Tuluk, Ö.İ., Engin, H.E., Sümerkan, M.R., Tutkun, M., Üstün Demirkaya, F., ve Keleş, S., 2010. Trabzon Kent İçi Kültür Varlıkları Envanteri. Trabzon: T.C. Trabzon Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları, Sakarya Matbaacılık ve Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti.
- Özmehmet, E., 2007. Avrupa ve Türkiye’de Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış, E-Journal of Yaşar University, No.7, Vol. 2, İzmir.
- Pan, S., 2017. Energy Waste in Buildings Due To Occupant Behaviour, *Energy Procedia* vol:105, 2233–2238.
- Parsons, K. C., 1994. Thermal Comfort Standards: Past, Present And Future And Open Discussion That Follows In: Oseland, N.A. and Humphreys, M.A. (eds.), *Thermal Comfort: Past, Present and Future*, BRE, Geneva, 184–197.
- Parsons, K. 2010. 5 - Thermal Comfort in Buildings. In *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings*, Woodhead Publishing Series in Energy.
- Partridge, R. C. ve MacLean, D. L., 1935. Determination of the Comfort Zone for School Children, Journal of Industrial Hygiene, 17, 66-71.
- Rohles, F. ve Johson, M.A., 1972. Thermal Comfort In The Elderly, ASHJOHNSON, M.A. RAE Transactions, 78, Part I, 131-137.
- Schiavon, S., Hoyt, T. ve Piccioli, A., 2013. Web Application For Thermal Comfort Visualization and Calculation According To ASHRAE Standard 55. Building Simulation. 7 (4): 321–334.
- Sessler, D., 2016. Perioperative Thermoregulation and Heat Balance. *The Lancet* 387(10038), 2655-2664.
- Shaikh, Z. ve Chaudhry, H. N., 2018. Energy Modelling and Indoor Air Quality Analysis of Cooling Systems for Buildings in Hot Climates, Fluids, vol:3(4)/77.
- Soegijanto, F. X. N. S. ve Yohana, T., 2004. Study on Thermal Comfort in Istiqlal Mosque The 5th International Seminar On Sustainable Environmental Architecture Bandung, Department of Engineering Physics ITB, Jl.
- Szokolay, S. V., 1990. Design And Research Issues: Passive Control In The Tropics. *Proc. First World Renewable Energy Congress*. Ss. 2337-2344, Reading U.K.
- Szokolay, S. V., 2004. *Introduction to Architectural Science*, Elsevier, Great Britain.
- Şen, Ö., 1998. *Trabzon Tarihi, Derya Kitabevi, Trabzon*, 40.
- Taleb, H.M., 2016. Enhancing The Skin Performance of The Hopital Building in The UAE. Journal of Building Engineering, vol:7, 300–311.

Taleghani, M. vd., 2013. A Review Into Thermal Comfort In Buildings, Renewable and Sustainable Energy Reviews 26, 201–215.

Tasker, C., 1938. Cooling requirements for summer comfort air conditioning in Toronto. *ASHVE Transactions*, 44, 549.

Toftum, J., 2005. “Thermal Comfort Indices”. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Boca Raton, FL, USA:63.CRCPres.

Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE, Standard 55-2013, Atlanta, GA, USA, 2013.

URL-1, <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings/>.

URL-2, <https://stratejigelistirme.diyanet.gov.tr/sayfa/57/istatistikler>

URL-3, www.nzdl.org/cgi-bin/library.cgi The New Zealand Digital Library, Climate Responsive Building - Appropriate Building Construction in Tropical and Subtropical Regions (SKAT, 1993, 324 p.)

URL-4, <http://www.islamansiklopedisi.info/index.php>. Cami – Eyice, Semavi, cilt:07, 57 s. Son erişim: 16.09.2018.

URL-5, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TRABZON>

URL-6, www.tmo.gov.tr/upload/images/subharita/kultur/trabzon.pdf.

URL-7, <http://ttso.org.tr/dosyalar/Trabzon-il-raporu.pdf>. Son erişim: 31.08.2018.

URL-8, http://www.zafersen.com/trbde_osmanli_eserleri.pdf. Son erişim: 01.09.2018.

URL-9, <http://www.trabzonkulturturizm.gov.tr/TR,57661/camiler.html>. Son erişim: 01.09.2018.

URL-10, <http://www.trabzon.gov.tr/kultur-varliklari-ve-tarihi-yerler>. Son erişim: 01.09.2018

URL-11, <http://hsnymn.blogcu.com/trabzon-cami-ve-mescitleri-trabzon-cami-ve-mescitleri/9263982>. Son erişim: 01.09.2018.

URL-12, <https://www.testo.com/tr-TR/>

URL-13, https://www.grimas.hu/wp-content/uploads/2014/02/SiteCollectionImages/700_FLIR/ThermoVision_A20M_hokamera/ThermoVision_A20M_Researcher_infra_hokamera_EN.pdf

URL-14, <http://www.isicam.com.tr/tr/>.

- Utkutuğ, G., 1995. Fiziksel Çevre Denetimi 1 Ders Notları, (MİMEO), G.Ü., Mimarlık Bölümü, Ankara.
- Utkutuğ, G., 2002. Bilim ve Teknik Mimarlık Eki, ed. G. Utkutuğ, Tübitak Yayınları, İstanbul.
- Uzun, Ç., 2010. Günümüz Cami Mimarisinin İşlev-Biçim ve Teknoloji Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 9 Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Vangimalla, P., vd., 2011. Validation of Autodesk Ecotect Accuracy For Thermal and Daylighting Simulations. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference. U.S.A: IEEE.
- Wolkoff, R., 2007. The Dichotomy Of Relative Humidity On Indoor Air Quality, Environment International, 33 (6), 850.
- Yıldırım, N., Kuzgunkaya, E. ve Akkurt, G. G., 2018. Isıl Konfor Sıcaklıklarına Bağlı Olarak Bir Konutun Enerji Performansının Değerlendirilmesi: İzmir Örneği. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2), 784-798.
- Yüksek, A., 2018. Namaz İbadetinin Tarihi Süreci, MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 7(2), 111-125.
- Wang, Z., De Dear, R., Luo, M., Lin, B., He, Y., Ghahramani, A. ve Zhu, Y., 2018. Individual Difference In Thermal Comfort: A Literature Review, Building and Environment, 138, 181-193.

6.EKLER

Ek 1. Anket

AVRASYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TERMAL(ISIL) KONFOR DUYARLILIK ANKETİ							
YAŞINIZ:	CİNSİYET: KADIN <input type="checkbox"/> ERKEK <input type="checkbox"/>			TARİH:			
NAMAZ VAKTİ: SABAH <input type="checkbox"/>	ÖĞLE <input type="checkbox"/>	İKİNDİ <input type="checkbox"/>	AKŞAM <input type="checkbox"/>	YATSI <input type="checkbox"/>			
1. Camide ne kadar zaman geçirdiniz?							
5-10 dakika arası <input type="checkbox"/>		10 – 15 dakika arası <input type="checkbox"/>		15-20 dakika arası <input type="checkbox"/>		20 dakika ve üzeri <input type="checkbox"/>	
2. Aşağıdaki seçenekler üzerinde namaz süresi boyunca kendinizi nasıl hissettiğinizi işaretleyiniz.							
Sıcak	Ilık	Biraz ılık	Nötr	Biraz serin	Serin	Soğuk	
3. Şu anda bulunduğunuz caminin ısı koşulları hakkındaki düşünceniz nedir?							
Kabul edilebilir (makul) <input type="checkbox"/>				Kabul edilemez <input type="checkbox"/>			
4. Namaz sırasında caminin içerisinde hissetmeyi isterdim.							
Daha sıcak <input type="checkbox"/>		Değişiklik olmamasını <input type="checkbox"/>		Daha soğuk <input type="checkbox"/>			
5. Lütfen şu anda giymiş olduğunuz kıyafetleri işaretleyiniz.							
Dış giyim	İç giyim		Orta giyim		Ayak giyimi		
Mont	Faniila		Uzun kollu gömlek		Ayakkabı		
Ceket	Külotlu çorap/taıyt		Kısa kollu gömlek		Bot		
Yelek	Diğer		Jean		Çorap		
Süveter/Hırka			Pantolon		Diğer		
Sweatshirt			Etek/Elbise				
Şapka			T-shirt				
Diğer			Diğer				
6. Cami hava nemini belirten en uygun durumu işaretleyiniz.							
Çok nemli	Nemli	Biraz Nemli	Nötr	Biraz kuru	Kuru	Çok kuru	
7. Namaz sırasında camide hissettiğiniz nem hakkındaki düşünceniz nedir?							
Kabul edilebilir (Makul) <input type="checkbox"/>				Kabul edilemez <input type="checkbox"/>			
8. Namaz sırasında caminin içerisindeki havanın isterdim.							
Daha nemli olmasını <input type="checkbox"/>		Değişiklik olmamasını <input type="checkbox"/>		Daha kuru olmasını <input type="checkbox"/>			
9. Namaz sırasında camideki hava hareketini (Cereyan) en iyi anlatan durum hangisidir, işaretleyiniz.							
Çok az	Az	Biraz az	Nötr	Biraz çok	Çok	Çok fazla	
10. Namaz sırasında hissettiğiniz hava hareketi hakkındaki düşünceniz nedir?							
Kabul edilebilir <input type="checkbox"/>				Kabul edilemez <input type="checkbox"/>			
11. Namaz sırasında caminin içerisindeki hava hareketinin isterdim.							
Daha fazla olmasını <input type="checkbox"/>		Değişiklik olmamasını <input type="checkbox"/>		Daha kuru olmasını <input type="checkbox"/>			
KATKILARINIZDAN DOLAYI TEŞEKKÜR EDERİM.							

Ek 2. Kış dönemi ölçüm verileri

Tarih Vakit	Nokta	Saat	KURE [°C]	HOT WIRE [°C]	HOT WIRE [%rH]	TURBULANS [m/s]	PMV Calc	PPD Calc [%]	
25.02.2019	Sabah	N6	07:48	11,0	11,7	59,3	0,09	-1,96	74,8
		N5	07:55	11,1	11,7	59,5	0,10	-1,95	74,6
		N4	08:03	11,5	12,2	58,2	0,14	-1,98	75,8
		N2	08:09	11,1	11,8	59,5	0,18	-2,16	83,4
		N1	08:14	11,7	12,4	56,9	0,08	-1,83	68,4
		N3	08:20	11,4	12,2	58,2	0,11	-1,89	71,5
		N7	08:27	9,8	9,4	59,2	0,12	-2,28	87,7
	Öğle	N7	13:19	13,8	12,0	69,4	0,08	-1,58	55,5
		N4	13:26	13,7	13,9	72,6	0,18	-1,59	55,6
		N2	13:33	14,3	14,5	69,0	0,24	-1,59	55,6
		N5	13:39	14,4	14,5	68,8	0,13	-1,33	42,1
		N1	13:45	14,3	14,4	69,0	0,13	-1,36	43,5
		N6	13:51	14,2	14,3	67,9	0,09	-1,32	41,1
	Akşam	N3	13:57	14,0	14,2	68,9	0,10	-1,33	42,0
		N1	18:40	13,5	13,4	68,0	0,06	-1,47	49,5
		N5	18:46	14,1	14,1	64,4	0,13	-1,41	45,9
		N2	18:52	14,1	14,2	63,7	0,12	-1,38	44,6
		N4	18:58	14,1	14,1	64,8	0,13	-1,43	47,0
		N3	19:04	13,9	14,1	64,7	0,17	-1,56	54,3
		N6	19:10	13,7	14,1	63,9	0,13	-1,49	50,3
	N7	19:16	12,7	12,1	64,4	0,12	-1,71	62,4	
26.02.2019	Sabah	N6	07:53	11,1	11,8	59,5	0,18	-2,16	83,4
		N4	08:00	11,4	12,1	58,2	0,11	-1,92	73,0
		N5	08:06	11,6	12,4	57,8	0,14	-1,96	74,8
		N2	08:12	11,3	12,1	58,0	0,12	-1,94	74,1
		N1	08:18	11,7	12,5	56,4	0,10	-1,82	68,1
		N3	08:28	11,5	12,3	58,2	0,16	-2,03	78,0
		N7	08:35	9,9	9,3	59,1	0,14	-2,35	89,7
	Öğle	N4	14:17	13,2	12,4	71,8	0,27	-1,76	63,4
		N2	14:26	13,8	13,8	64,7	0,04	-1,40	45,8
		N5	14:39	13,6	13,9	65,1	0,22	-1,71	62,1
		N1	14:47	13,8	13,7	64,4	0,06	-1,47	49,1
		N3	14:54	13,5	13,6	63,7	0,09	-1,46	48,9
		N6	15:01	13,3	13,5	64,6	0,10	-1,51	51,3
		N7	15:12	12,5	12,1	66,4	0,11	-1,71	62,6
	Akşam	N2	18:47	13,5	13,5	65,3	0,12	-1,52	52,0
		N1	18:53	13,9	14,2	63,1	0,14	-1,47	49,3
		N3	19:00	14,0	14,1	62,3	0,15	-1,49	50,4
		N5	19:06	13,6	13,9	62,8	0,18	-1,63	58,0
N4		19:12	13,3	14,0	62,5	0,13	-1,56	54,0	
N6		19:21	13,3	13,8	62,3	0,11	-1,52	51,9	
N7		19:29	12,4	12,3	64,7	0,11	-1,73	63,4	
27.02.2019	Sabah	N2	08:11	11,7	12,1	61,6	0,09	-2,03	60,8
		N4	08:17	11,3	11,8	60,7	0,11	-1,82	68,0
		N5	08:24	11,4	11,8	59,6	0,19	-2,03	78,20
		N3	08:31	11,2	11,9	60,5	0,16	-1,95	74,50
		N1	08:37	11,9	12,3	63,8	0,10	-1,79	66,3
		N6	08:44	11,6	12,3	57,9	0,15	-2,0	76,6
		N7	08:51	9,7	9,5	58,4	0,16	-2,45	92,3

Ek 2'nin devamı

27.02.2019	Öğle	N2	11:13	13,8	13,5	59,2	0,19	-1,69	61,5
		N4	11:20	13,5	13,4	59,7	0,14	-1,58	55,0
		N5	11:26	13,3	13,5	59,9	0,18	-1,73	63,1
		N1	11:32	13,3	13,6	60,0	0,17	-1,70	61,6
		N3	11:38	13,3	13,5	59,9	0,15	-1,64	58,2
		N6	11:45	13,1	13,6	59,4	0,12	-1,57	54,7
		N7	11:51	12,6	12,3	58,7	0,13	-1,78	65,8
	Akşam	N2	18:53	12,1	13,0	65,3	0,13	-1,79	66,0
		N4	19:02	13,4	13,7	62,3	0,17	-1,66	59,3
		N1	19:09	13,6	13,6	62,2	0,14	-1,55	53,7
		N5	19:15	13,6	13,7	61,8	0,18	-1,65	58,9
		N3	19:21	13,5	13,7	62,3	0,16	-1,61	56,7
		N6	19:29	13,3	13,6	61,0	0,13	-1,58	55,1
		N7	19:35	11,9	11,5	63,9	0,12	-1,86	69,8
28.02.2019	Sabah	N2	08:29	12,1	12,5	62,7	0,13	-1,80	67,1
		N1	08:37	13,3	13,2	60,2	0,10	-1,54	53,1
		N3	08:44	12,8	13,2	59,9	0,12	-1,66	59,7
		N4	08:51	12,6	13,2	59,8	0,12	-1,68	60,8
		N5	08:59	12,7	13,1	60,3	0,15	-1,75	64,3
		N6	09:06	12,8	13,2	59,8	0,15	-1,69	60,9
		N7	09:13	12,2	12,0	60,6	0,12	-1,80	67,1
	Öğle	N1	13:42	15,5	14,0	77,7	0,12	-1,14	32,4
		N2	13:52	15,4	14,0	77,4	0,16	-1,25	37,9
		N6	13:59	15,0	14,0	77,8	0,17	-1,35	42,8
		N5	14:05	15,3	14,0	77,6	0,23	-1,40	45,6
		N3	14:11	14,8	14,1	78,0	0,28	-1,06	50,5
		N4	14:18	14,6	14,7	61,2	0,10	-1,25	37,6
		N7	14:25	13,6	13,6	62,7	0,12	-1,50	50,9
Akşam	N2	18:57	13,2	12,4	70,4	0,10	-1,57	54,8	
	N1	19:06	13,6	13,7	64,6	0,16	-1,60	56,6	
	N3	19:17	13,4	13,4	65,0	0,09	-1,48	49,7	
	N4	19:23	13,7	13,9	63,4	0,11	-1,42	46,8	
	N5	19:30	13,5	13,5	64,9	0,18	-1,67	60,2	
	N6	19:36	13,6	13,7	64,6	0,13	-1,51	51,4	
	N7	19:44	12,7	12,1	61,8	0,10	-1,68	60,9	
01.03.2019	Sabah	N7	07:59	9,9	9,7	61,1	0,14	-2,34	88,7
		N6	08:06	11,4	12,1	58,1	0,12	-1,94	73,8
		N4	08:14	12,1	12,7	56,3	0,11	-1,77	65,6
		N3	08:21	12,3	12,9	55,9	0,10	-1,71	62,4
		N1	08:31	12,3	12,8	55,2	0,16	-1,81	66,4
		N5	08:43	12,3	12,7	56,3	0,14	-1,83	68,1
		N2	08:50	12,4	12,8	55,0	0,11	-1,74	64,0
	Öğle	N6	13:35	15,3	14,0	77,6	0,17	-1,29	39,7
		N5	13:41	14,5	14,9	66,9	0,23	-1,48	49,7
		N2	13:47	14,9	15,2	59,2	0,16	-1,30	40,6
		N4	13:53	15,3	15,2	62,3	0,13	-1,19	34,9
		N3	14:01	14,7	14,9	67,6	0,16	-1,35	42,8
		N1	14:07	14,6	14,7	60,2	0,19	-1,46	48,5
		N7	14:17	14,2	14,3	59,5	0,12	-1,39	45,3
Akşam	N7	18:51	12,1	12,1	63,6	0,01	-1,76	65,2	
	N6	19:00	12,5	13,4	59,7	0,02	-1,59	55,8	
	N4	19:07	13,1	13,8	58,0	0,01	-1,49	50,3	
	N2	19:13	13,5	13,9	57,3	0,01	-1,44	47,7	
	N1	19:19	13,6	13,9	57,7	0,00	-1,43	47,0	
	N3	19:27	13,5	13,8	58,3	0,01	-1,45	48,3	
	N5	19:33	13,5	13,8	58,2	0,02	-1,45	48,2	

Ek 3'ün devamı

	Akşam	N7	19.33	28,1	28,2	70,9	0,17	1,10	30,6
		N4	19.42	27,9	27,9	56,6	0,14	0,96	24,6
		N5	19.48	27,7	28,0	55,9	0,11	0,95	24,2
		N2	19.54	27,7	28,1	56,6	0,11	0,97	24,7
		N3	20.00	27,6	28,1	56,1	0,11	0,94	23,9
		N6	20.06	27,6	28,2	56,5	0,11	0,95	24,2
		N1	20.12	27,8	28,3	56,9	0,12	0,99	25,6
09.08.2018	Sabah	N2	04.49	25,8	26,0	58,5	0,11	0,39	8,5
		N5	04.55	25,7	24,8	58,3	0,16	0,16	6,7
		N1	05.01	25,2	24,3	57,3	0,18	-0,08	5,5
		N3	05.07	24,8	23,8	55,8	0,24	-0,33	7,9
		N4	05.16	24,5	23,7	54,9	0,19	-0,32	7,7
		N6	05.28	24,7	24,2	52,8	0,19	-0,27	6,6
		N7	05.36	25,7	25,8	56,4	0,12	0,30	7,2
	Öğle	N7	14.07	29,3	29,5	70,5	0,21	1,46	48,4
		N5	14.14	29,0	28,8	63,7	0,12	1,36	43,6
		N4	14.21	28,4	28,6	63,5	0,11	1,23	36,8
		N2	14.27	28,2	28,6	62,6	0,11	1,16	33,4
		N3	14.34	28,2	28,6	63,2	0,12	1,16	33,3
		N1	14.40	28,2	28,6	61,3	0,13	1,13	32,1
		N6	14.47	28,1	28,4	67,4	0,12	1,16	33,4
Akşam	N7	19.02	25,9	26,5	72,7	0,18	0,38	8,2	
	N5	19.08	26,2	26,7	72,2	0,04	0,73	16,4	
	N2	19.15	26,4	26,8	71,7	0,10	0,71	15,8	
	N1	19.21	26,4	26,7	71,9	0,08	0,74	16,4	
	N3	19.27	26,4	26,8	71,1	0,09	0,71	15,5	
	N4	19.33	26,4	26,8	71,1	0,11	0,68	14,7	
	N6	19.39	26,3	26,7	71,2	0,12	0,61	13,0	
10.08.2018	Sabah	N1	04.38	26,1	26,3	57,1	0,16	0,41	8,2
		N2	04.44	26,1	26,2	55,9	0,26	0,20	6,5
		N3	04.51	25,9	25,5	54,8	0,15	-0,14	5,0
		N4	04.57	25,6	25,0	52,2	0,15	-0,41	5,0
		N5	05.04	25,2	24,6	52,1	0,16	-0,39	8,2
		N6	05.09	25,2	24,6	52,9	0,30	-0,12	5,8
		N7	05.15	25,1	24,3	54,7	0,29	-0,50	10,3
	Öğle	N5	13.11	27,4	27,5	53,7	0,15	0,78	18,2
		N3	13.19	27,1	27,6	54,3	0,11	0,76	17,3
		N1	13.26	27,2	27,7	54,2	0,12	0,77	17,6
		N2	13.33	27,2	27,9	54,2	0,13	0,77	17,6
		N4	13.39	27,3	28,0	55,1	0,11	0,86	20,5
		N6	13.45	27,3	28,0	57,0	0,13	0,82	19,2
		N7	13.53	28,9	29,6	62,5	0,21	1,32	41,8
Akşam	N7	19.15	28,5	28,7	65,6	0,14	1,24	37,3	
	N6	19.22	27,3	27,0	55,0	0,16	0,69	15,2	
	N5	19.29	26,9	27,1	56,7	0,13	0,65	14,0	
	N2	19.35	27,1	27,5	55,6	0,11	0,78	17,8	
	N1	19.42	27,3	27,6	57,0	0,11	0,83	19,6	
	N4	19.49	27,4	27,8	57,0	0,11	0,88	21,2	
	N3	19.55	27,4	28,3	55,9	0,11	0,91	22,6	

Ek 4. Meteorolojiden alınan verilere göre ölçüm tarihlerinin saatlik ortalama sıcaklık değerleri

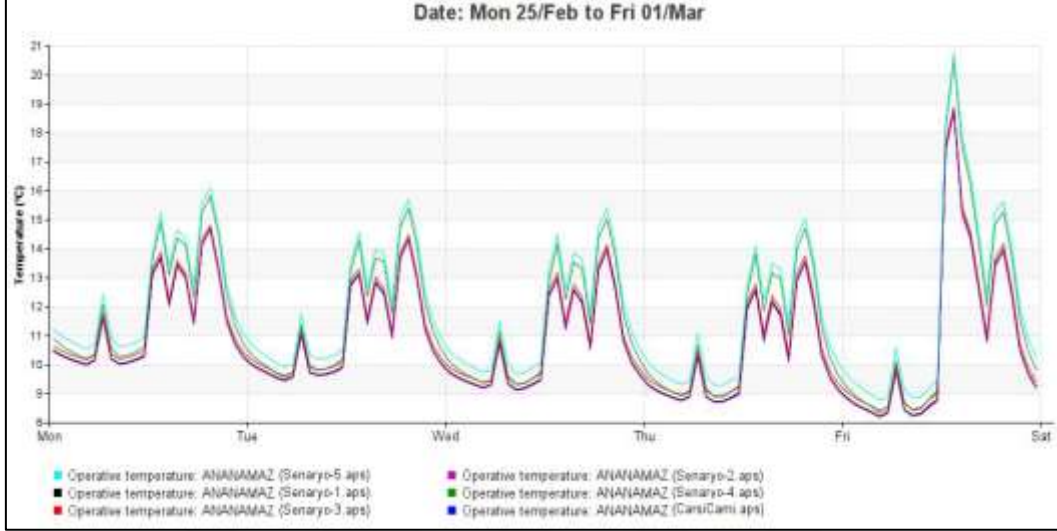
10.08.2018	09.08.2018	08.08.2018	07.08.2018	06.08.2018	25.02.2019	26.02.2019	27.02.2019	28.02.2019	01.03.2019	Saat
22.6	23.0	24.9	24.1	23.0	3.3	5.1	5.7	6.6	7.0	0
23.2	22.3	25.0	24.2	23.1	3.6	5.0	5.4	6.6	7.0	1
22.6	22.7	25.0	24.2	23.1	4.2	4.9	5.5	6.4	7.1	2
22.7	23.7	24.7	24.3	23.4	4.2	4.4	5.5	6.2	7.0	3
24.2	23.9	25.3	25.2	24.7	4.5	4.3	5.6	6.2	7.4	4
26.7	24.9	26.1	26.1	26.9	5.2	4.6	5.5	6.2	6.8	5
27.7	27.2	26.8	26.5	27.0	5.9	5.2	6.3	6.5	7.3	6
29.2	26.9	28.2	27.3	27.0	7.5	5.7	7.8	7.0	7.3	7
29.1	28.3	25.1	27.3	28.3	10.0	4.9	8.5	7.9	7.5	8
28.2	24.0	22.6	27.3	27.6	10.1	6.8	7.8	7.5	7.8	9
28.3	26.4	23.4	27.6	27.9	11.3	6.4	7.7	7.1	7.4	10
27.3	26.3	25.7	28.1	27.9	11.7	5.2	7.4	7.5	7.1	11
27.4	27.1	25.4	27.7	27.6	12.1	6.2	7.0	7.7	7.1	12
27.6	28.8	26.6	27.8	28.0	11.7	6.7	6.4	7.5	7.0	13
27.2	29.7	25.7	27.1	27.5	10.8	5.5	6.2	7.5	6.9	14
27.0	28.1	25.2	26.6	28.1	11.6	5.6	6.5	7.3	6.9	15
26.7	27.3	25.7	26.4	26.6	10.5	5.3	6.1	7.3	6.9	16
26.4	26.6	24.8	26.0	26.5	9.3	5.1	6.1	7.3	6.9	17
26.0	24.3	23.7	25.8	25.0	8.9	5.0	5.7	6.6	6.8	18
25.5	24.4	23.5	25.5	24.6	8.4	4.8	5.5	6.5	6.9	19
25.2	23.8	23.0	25.2	24.3	8.0	4.2	5.7	6.0	6.8	20
23.0	23.7	22.8	25.2	24.2	7.3	4.3	5.5	5.5	6.8	21
22.7	23.2	22.5	25.1	24.0	7.0	3.3	5.2	5.5	6.6	22
22.0	23.2	22.5	25.2	24.0	6.7	3.4	5.2	5.6	6.7	23

Ek 5. Meteorolojiden alınan verilere göre ölçüm yapılan saatlerin ortalama sıcaklık değerleri

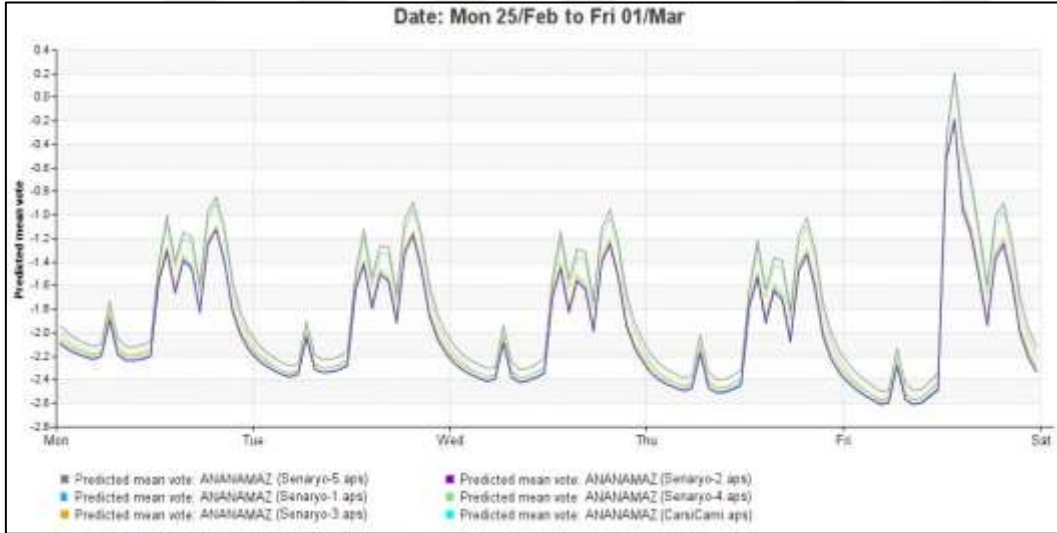
	05.00	14.00	20.00
06.08.2018	26.9	27.5	24.3
07.08.2018	26.1	27.1	25.2
08.08.2018	26.1	25.7	23.0
09.08.2018	24.9	29.7	23.8
10.08.2018	26.7	27.2	25.2
	08.00	14.00	19.00
25.02.2019	7.5	7.0	6.9
26.02.2019	7.9	7.5	6.5
27.02.2019	8.5	6.4	5.5
28.02.2019	4.9	6.7	4.8
01.03.2019	10.0	10.8	8.4

Ek 6. Simülasyon Grafikleri

Senaryoların Isıtma Dönemi Operatif Sıcaklık Grafiği

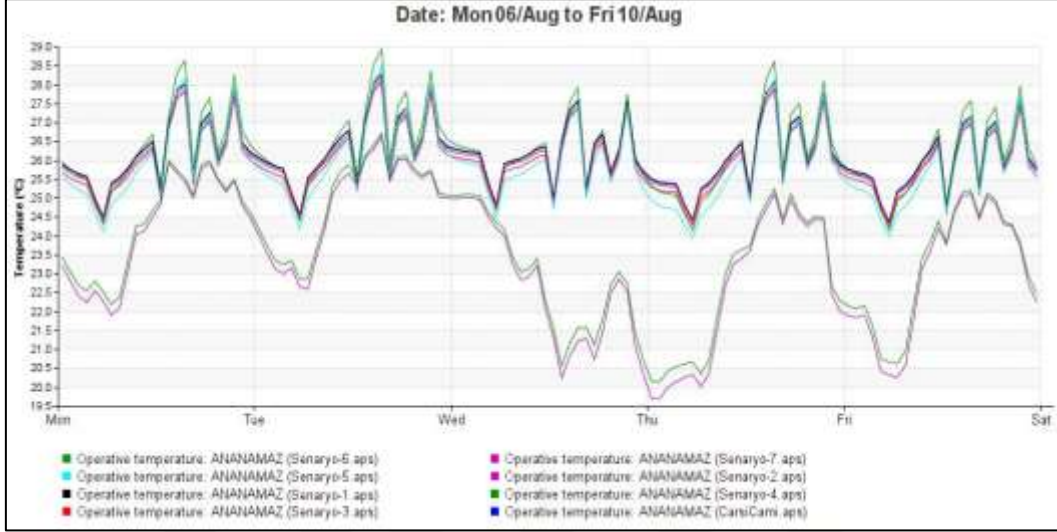


Senaryoların Isıtma Dönemi PMV Grafiği

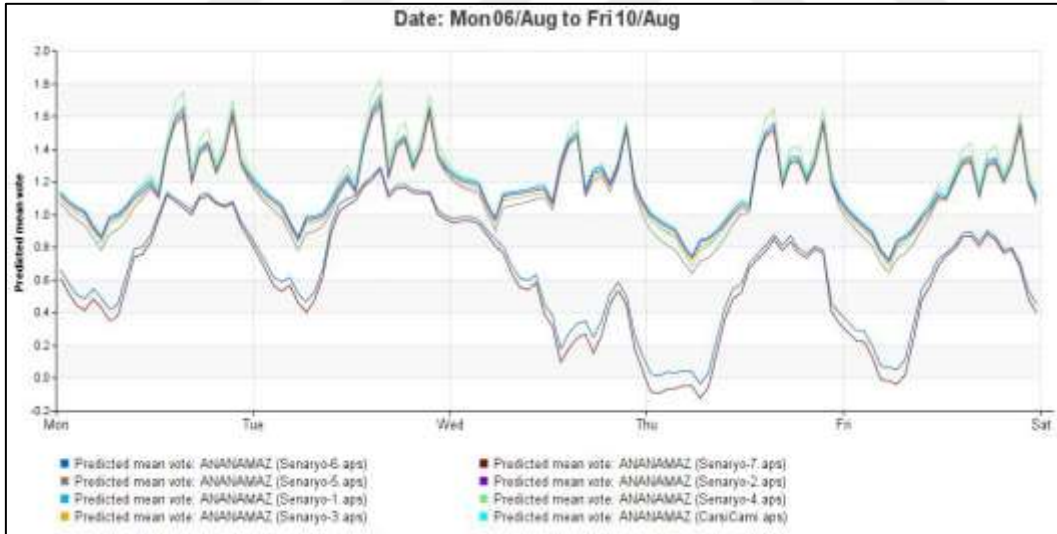


Ek 6'nın devamı

Senaryoların Soğutma Dönemi Operatif Sıcaklık Grafiği



senaryoların soğutma dönemi PMV grafiği



ÖZGEÇMİŞ

1988 yılı Trabzon doğumludur. 2006 yılında Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Yeditepe Üniversitesi Mimarlık Bölümünü İngilizce dilinde okuyarak 2012 yılında bitirdi. 2016 yılında Avrasya Üniversitesi Mimarlık ve Yapılı Çevre Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2018-2019 yıllarında Avrasya Üniversitesi Mimarlık Bölümünde misafir öğretim üyesi olarak görev yaptı.

