

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

MEVCUT BİR KAPALI SPOR SALONUNUN
HAVALANDIRILMASINDA ENERJİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER YILDIRIM

DENİZLİ, OCAK - 2025

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI



MEVCUT BİR KAPALI SPOR SALONUNUN
HAVALANDIRILMASINDA ENERJİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER YILDIRIM

DENİZLİ, OCAK - 2025

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

ÖMER YILDIRIM

ÖZET

MEVCUT BİR KAPALI SPOR SALONUNUN HAVALANDIRILMASINDA ENERJİ ANALİZİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER YILDIRIM

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖNER ATALAY)

DENİZLİ, OCAK - 2025

Sağlıklı ve konforlu bir yaşam için mahallerin iç hava kalitesinin insan sağlığı bakımından ne kadar önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Spor ve sporcu sağlığı için de kapalı spor salonlarında taze havaya ihtiyaç vardır. Isıl konfor açısından ortam havasının şartlandırılması gerekmektedir. Bu araştırmada; kapalı spor salonlarında mahalin havasını şartlandırmak için ortamın sıcaklık ve nem verileri toplanmış; elde edilen veriler doğrultusunda havalandırma açısından enerji analizi yapılmıştır. Enerji analizi yapılırken yıl içinde farklı mevsimlerden olmak üzere aralık, mart ve haziran aylarına ait veriler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak İZODER'in TS-825 standardına göre hazırlamış olduğu hesaplama programıyla standart kabulleri ve toplanan verilerle özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, bununla birlikte TMMOB'nin hazırlamış olduğu ısı kazancı hesaplanarak sonuçlar kıyaslanmıştır. Ortama taze hava temini için ihtiyaç duyulan şartların oluşmasına yönelik hesaplamalar yapıp çıkan sonuçlara göre spor salonunun ısıl konfor açısından eksiklikleri tespit edilmiş ve istenen şartlara ulaşmak için çözüm aranmıştır. Sistemin parçaları olan fanlar, menfezler, difüzörler, damperler ve hava filtreleri belirli bir düzen içinde çalışmaktadır. Havalandırmanın amacı; ortamın havasını temizlemek ve ortamda biriken kirli gazları dış ortama tahliye etmektir. Sistem bu konfor şartlarını sağlarken kaçınılmaz olarak enerji tüketmektedir. Bu araştırmada söz konusu mahalin yıllık ısıtma ihtiyacı ve ısı kazancı tasarrufunda bina yalıtımının doğru şekilde yapılması durumunda, özgül ısı kaybında % 53, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında % 20, ısı kazancında % 6 azalma ve önemli oranda tasarruf edileceği; maliyet analizlerinin de yapılmasıyla birlikte uygun iklimlendirme yapılarak ısıl konfor bakımından sağlıklı ortam şartlarına ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Havalandırma, kapalı spor salonu, enerji, analiz

ABSTRACT

ENERGY ANALYSIS FOR VENTILATION OF AN EXISTING INDOOR SPORTS HALL

MSc THESIS

ÖMER YILDIRIM

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:DR. ÖNER ATALAY)

DENİZLİ, JANUARY 2025

It is a fact that the indoor air quality of spaces is very important for human health in order to have a healthy and comfortable life. Fresh air is also needed in indoor sports halls for sports and athlete health. The ambient air needs to be conditioned in terms of thermal comfort. In this research; temperature and humidity data of the environment were collected in indoor sports halls to condition the air of the space; energy analysis was performed in terms of ventilation in line with the obtained data. While performing the energy analysis, data from different seasons of the year, namely December, March and June, were obtained. Using this data, the calculation program prepared by İZODER according to the TS-825 standard, the specific heat loss and annual heating energy requirement were calculated with the standard assumptions and the collected data, as well as the heat gain prepared by TMMOB, and the results were compared. Calculations were made to create the conditions needed to provide fresh air to the environment, and according to the results, the deficiencies of the gym in terms of thermal comfort were determined and solutions were sought to achieve the desired conditions. The fans, vents, diffusers, dampers and air filters, which are parts of the system, work in a certain order. The purpose of ventilation is to clean the air of the environment and to discharge the polluted gases accumulated in the environment to the outside environment. The system inevitably consumes energy while providing these comfort conditions. In this research, it was concluded that if the building insulation is done correctly in the annual heating need and heat gain savings of the place in question, there will be a 53% decrease in specific heat loss, a 20% decrease in annual heating energy need, a 6% decrease in heat gain and significant savings; together with the cost analysis, healthy environmental conditions will be achieved in terms of thermal comfort by making appropriate air conditioning.

KEYWORDS: Ventilation, indoor sports halls, energy, analysis

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı.....	2
1.2 Araştırmanın Yöntemi	2
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. GENEL BİLGİLER.....	8
3.1 Havalandırmanın Tanımı	8
3.2 Havalandırmanın Önemi.....	9
3.3 Havalandırma Yöntemleri.....	10
3.3.1 Doğal Havalandırma	10
3.3.2 Mekanik Havalandırma	11
3.3.3 Karma Havalandırma	13
3.4 Havalandırma Ekipmanları	14
3.4.1 Fanlar	15
3.4.2 Menfezler	15
3.4.3 Difüzörler	16
3.4.4 Damperler.....	17
3.4.5 Hava Filtreleri	18
3.4.6 Isı Geri Kazanım Ünitesi.....	19
3.5 Yapılarda Havalandırma	21
3.6 Kapalı Spor Salonlarında Havalandırma	22
4. YÖNTEM	24
4.1 Yapının Fiziki Özellikleri	24
4.2 Yapının Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçüm Değerleri	29
5. BULGULAR.....	47
5.1 Mahalin Taze Hava İhtiyacı.....	47
5.2 Havalandırma Analizi.....	48
5.3 Mahalin Özgül Isı Kaybı Analizi.....	49
5.4 Mahalin Yıllık Isıtma Enerjisi Analizi	54
5.4.1 TS-825 Standardına Göre Isıtma Enerjisi	55
5.4.2 Ölçüm Verilerine Göre Isıtma Enerjisi	56
5.5 Mahalin Isı Kazancı Analizi	57
5.5.1 Standart Verilere Göre Isı Kazancı	57
5.5.2 Ölçüm Verilerine Göre Isı Kazancı.....	61
5.6 Isıtma Enerjisinde İyileştirme.....	63
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
7. KAYNAKLAR	74
8. EKLER.....	80
EK A Spor Salonunun Tip Mimari Projesi.....	80

EK B Psikrometrik Diyagram.....	81
EK C TMMOB Isı Kazancı Hesaplama Tabloları.....	82
EK D İZODER TS 825 Standardı Hesaplama Tabloları	94
EK E ASHRAE 62.1 CO ₂ Üretim Miktarları.....	98
EK F ASHRAE 62.1 CO ₂ Ppm Seviyeleri.....	99
EK G İllerin Dış Hava Tasarım Sıcaklıkları (Url3)	100
9. ÖZGEÇMİŞ	101

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Hava akım türleri	11
Şekil 3.2: Doğal hava giriqli, mekanik hava çıkışlı sistem.....	12
Şekil 3.3: Mekanik hava giriqli, doğal hava çıkışlı sistem	13
Şekil 3.4: Isıtma, soğutma ve nemlendirmeli dengeli havalandırma.....	13
Şekil 3.5: Karma havalandırma	14
Şekil 3.6: Fan çeşitleri	15
Şekil 3.7: Menfez çeşitleri.....	16
Şekil 3.8: Difüzör çeşitleri.....	17
Şekil 3.9: Hava damperi	17
Şekil 3.10: Hava filtresi çeşitleri	19
Şekil 3.11: Isı geri kazanım ünitesi	20
Şekil 3.12: Isı geri kazanım ünitesi çalışma prensibi	20
Şekil 4.1: Spor salonunun şematik gösterimi	25
Şekil 4.2: Kapalı spor salonu giriş kapısı ve dış duvara asılı higrometre.....	26
Şekil 4.3: Kapalı spor salonunun iç ortam duvarında asılı higrometre	26
Şekil 4.4: Kapalı spor salonunun iç ortamı	27
Şekil 4.5: Kapalı spor salonunun iç ortamı	27
Şekil 4.6: Kapalı spor salonunun iç ortamı	28
Şekil 4.7: Kapalı spor salonunun iç ortamı	28
Şekil 4.8: Higrometre cihazı.....	29
Şekil 4.9: 2023 Aralık ayı iç ortam sıcaklık değişim grafiğı.....	31
Şekil 4.10: 2023 Aralık ayı iç ortam bağıl nem değişim grafiğı	31
Şekil 4.11: 2024 Mart ayı iç ortam sıcaklık değişim grafiğı	33
Şekil 4.12: 2024 Mart ayı iç ortam bağıl nem değişim grafiğı.....	33
Şekil 4.13: 2024 Haziran ayı iç ortam sıcaklık değişim grafiğı	35
Şekil 4.14: 2024 Haziran ayı iç ortam bağıl nem değişim grafiğı.....	35
Şekil 4.15: 2023 Aralık ayı dış ortam sıcaklık değişim grafiğı	37
Şekil 4.16: 2023 Aralık ayı dış ortambağıl nem değişim grafiğı.....	37
Şekil 4.17: 2024 Mart ayı dış ortam sıcaklık değişim grafiğı	39
Şekil 4.18: 2024 Mart ayı dış ortam bağıl nem değişim grafiğı	39
Şekil 4.19: 2024 Haziran ayı dış ortam sıcaklık değişim grafiğı	41
Şekil 4.20: 2024 Haziran ayı dış ortam bağıl nem değişim grafiğı	41
Şekil 4.21: Mevsimsel sıcaklık değişimi	42
Şekil 4.22: Mevsimsel bağıl nem değişimi.....	42
Şekil 4.23: Sağlık yönünden mahallerde uygun olan optimal nem sahası	45
Şekil 4.24: Sıcaklık ve bağıl neme bağılı konfor bölgeleri	45
Şekil 5.1: Havalandırma için hava kanalı ve menferz hesabı.....	48
Şekil 5.2: İZODER TS-825 program veri giriğı	49
Şekil 5.3: İZODER TS-825 duvarlar için program veri giriğı.....	50
Şekil 5.4: İZODER TS-825 tavan için ısı kaybı program veri giriğı.....	50
Şekil 5.5: İZODER TS-825 taban için ısı kaybı program veri giriğı.....	51
Şekil 5.6: İZODER TS-825 pencereler için ısı kaybı program veri giriğı.....	51
Şekil 5.7: İZODER TS-825 dış kapılar için ısı kaybı program veri giriğı.....	52
Şekil 5.8: İZODER TS-825 güneş enerjisi ısı kazancı program veri giriğı	52
Şekil 5.9: İZODER TS-825 özgöl ısı kaybı program hesaplama çıktısı	53

Şekil 5.10: İZODER TS-825 ortalama değerlere göre yıllık ısıtma enerjisi...	55
Şekil 5.11: Elde edilen ölçümlere göre yıllık ısıtma enerjisi.....	56
Şekil 5.12: TMMOB verilerine göre yaz kuru termometre sıcaklıkları	58
Şekil 5.13: Standart değerlere göre ısı kazancı veri girişi	58
Şekil 5.14: Psikrometrik diyagram 1.....	59
Şekil 5.15: Standart değerlere göre ısı kazancı hesabı	60
Şekil 5.16: Tablo 4.16' daki ölçümlere göre ısı kazancı verileri.....	61
Şekil 5.17: Psikrometrik diyagram 2.....	61
Şekil 5.18: Şekil 5.16' daki verilere göre ısı kazancı hesabı.....	62
Şekil 5.19: İZODER TS-825 yalıtımlı duvarlar için program veri girişi	63
Şekil 5.20: İZODER TS-825 yalıtımlı tavan için program veri girişi	64
Şekil 5.21: İZODER TS-825 yalıtımlı taban için program veri girişi	64
Şekil 5.22: İZODER TS-825 yalıtımlı durumda özgül ısı kaybı hesabı.....	65
Şekil 5.23: İZODER TS-825 yalıtımlı durumda yıllık ısıtma enerjisi	66
Şekil 6.1: Özgül ısı kaybı değişimi.....	68
Şekil 6.2: Yıllık ısıtma enerjisi değişimi	69
Şekil 6.3: Yalıtım uygulandığında yıllık ısıtma enerjisi değişimi	70
Şekil 6.4: Isı kazancı değişimi.....	71

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: 2023 Aralık ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri	30
Tablo 4.2: 2024 Mart ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.....	32
Tablo 4.3: 2024 Haziran ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.....	34
Tablo 4.4: 2023 Aralık ayı dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri	36
Tablo 4.5: 2024 Mart ayı dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.....	38
Tablo 4.6: 2024 Haziran ayı dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri	40
Tablo 4.7: Denizli ili için 1957-2023 yılları aylık sıcaklık verileri.....	43
Tablo 4.8: Türkiye için yıllara göre ortalama bağıl nem değerleri.....	43
Tablo 4.9: Türkiye için yıllara göre aylık ortalama bağıl nem değerleri.....	44
Tablo 5.1: Enerji performansı sonuçlarının karşılaştırılması	67

SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

ANSI	: The American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği)
HVAC	: Heating, ventilation and air conditioning (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme)
İZODER	: Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği
TS 825	: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı
TTMD	: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
H	: Özgül Isı Kaybı (W/K)
H_r	: İletim ve ışıınım yoluyla ısı kaybı (W/K)
H_v	: Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)
λ	: Isıl iletkenlik değeri (W/mK)
R	: Isıl iletkenlik direnci (m ² K/W)
U	: Isıl iletkenlik katsayısı (m ² K/W)
A	: Yüzey alanı (m ²)
d	: Kalınlık (dm)
Θ	: Sıcaklık farkı (K, °C)
Σ	: Toplam
η	: Kazanç kullanım faktörü (%)
Q	: Isıtma enerjisi ihtiyacı (kWh)
V	: Hacim (m ³)
Φ_i	: İç ısı kazancı (W)
Φ_s	: Güneş enerjisi kazancı (W)
q	: Isı akış yoğunluğu (W/mK)
t	: Süre (ay)
V_D	: Hava debisi (m ³ /h)
CO₂	: Kardondioksit
ppm	: Parts per million (milyonda bir birim)

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında desteğini esirgemedi bilgi ve becerisiyle bana yol gösteren, danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Öner ATALAY'a teşekkür ederim. Yüksek lisans öğrenimim için beni teşvik eden Doç. Dr. Arzum IŞITAN'a teşekkür ederim. Tez yazım sürecinde bana moral veren değerli eşim Hale YILDIRIM'a, sevgili çocuklarıma ve tüm aileme teşekkür ederim. Bu süreçte bana destek olan sevgili yakınım Osman KAPAN'a teşekkür ederim. Araştırma ve tez yazım sürecinde bana destek olan değerli meslektaşlarım Süreyya TUĞRUL'a, Ahmet AYCAN'a ve Veysel GENÇAY'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Sporun insan sağlığı için önemi yadsınamaz bir gerçektir. Bununla birlikte, sporun yapıldığı ortam ve şartlar da büyük önem taşımaktadır. Spor faaliyetleri dış mekânlarda olduğu gibi iç mekânlarda da sıklıkla gerçekleştirilmektedir. En çok spor faaliyetlerinin gerçekleştirildiğı iç mekânın spor salonları olduğu söylenebilir. Dolayısıyla spor salonlarının, sağlıklı spor yapabilmek için taşınması gereken bazı özellikler vardır. Spor salonlarının, sporun doğasına ve insan sağlığına elverişli halde olması gerekmektedir (Genceli 1995). Özellikle öğrencilerin okullarda kullandığı kapalı spor salonlarında ortamın havalandırılması ve iç kava kalitesinin artırılması için havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Havalandırma sistemlerinin temel amacı, kirliliğı gidermek, iyi bir iç hava kalitesi yaratmak, binaya taze hava salmak ve taze havayı dolaştırarak sağlık sorunları riskini en aza indirmektir (Akpınar 2019).

Bir ortamın hava kalitesi açısından sağlıklı kabul edilebilmesi için, ortamı kullanan kişilerin %80 ve daha üzerindeki oranının hava kalitesinden memnun olması gerekmektedir (Genceli 1995).

Kapalı bir mekândaki kullanılmış olan kirli havanın ortamdan tahliye edilip bunun yerini temiz havanın alması, içinde kirleticiler bulunan havanın yüksek kalitede, kirletici içermeyen hava ile değiştirilmesi işlemine havalandırma denir. Yapının havalandırılmasında; temiz havanın yapı içine alınması, bu havanın iç mekânda dağılması ve kullanılan kirli havanın yapı dışına atılması temel amaçtır. Bu adımların sırasıyla gerçekleştirilmesi mekân içinden geçirilecek bir hava akışının vasıtasıyla olur. Hava akışının oluşturulmasında havanın mevcut basıncı, mekân içindeki hava akışının önüne çıkan engeller, hava akışının hızı, ortamın nem oranı, sıcaklığı ve mekân içinde izlediğı yol havalandırmanın kalitesini belirleyen faktörlerdir (Darçın 2008).

Okullarda yürütölen eğitim öğretim faaliyetlerinin istenilen hedeflere ulaşmasında akademik ve eğitsel kalitenin yanında, fiziki şartların da uygun olması

gerekmektedir. Fiziki şartlar, ortamın sıcaklığı, aydınlatması ve ortam havasının temiz olması gibi gerekliliklerdir (Darçın 2008).

1.1 Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, örnek bir kapalı spor salonunun ihtiyacı olan iç hava kalitesi için havalandırılmasının enerji analizini yapmak ve elde edilen veriler ışığında enerji verimliliğini artıracak yöntemlerin neler olabileceğinin ortaya koymaktır. Bu çalışma kapalı ortam olarak Denizli’de bulunan Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi’nin kapalı spor salonu örnek alınarak yapılmış olup, veriler bu mahalde toplanmıştır.

1.2 Araştırmanın Yöntemi

Araştırma yapılırken, aralık, mart ve haziran olmak üzere farklı mevsimsel şartlarda spor salonunun sıcaklık ve nem değerleri düzenli olarak ölçülmüştür. Ölçümler, öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere belirli saat aralıklarında günde ikişer kez olmak üzere yapılmıştır. Veriler toplanırken salonun iç ve dış ortamının ısı konfor şartları dikkate alınmıştır. Toplanan veriler tablo ve grafik haline getirilerek, enerji analizi bölümünde kullanılmıştır.

İZODER’in TS-825 standardına göre hazırlamış olduğu program kullanılarak, Denizli ili için standart kabullere ve ölçüm değerlerine göre kapalı spor salonunun sıcaklığın en düşük olduğu kış mevsimindeki aralık ayına ait elde edilen ölçümler dikkate alınarak özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte, TMMOB’nin hazırlamış olduğu ısı kazancı hesaplama programı kullanılarak, Denizli ili için standart kabullere ve ölçüm değerlerine göre sıcaklığın en yüksek olduğu yaz mevsimindeki haziran ayına ait elde edilen ölçümler dikkate alınarak spor salonunun ısı kazancı hesaplanmıştır.

ASHRAE 62.1 standardına göre kapalı spor salonunun taze hava ihtiyacı belirlenmiş ve konforlu hava dolaşımı için salonun ihtiyaç duyacağı hava kanalı, menfez ve fan gibi havalandırma ekipmanları seçimi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Dünyada enerji kullanımı; teknoloji, sanayileşme, nüfus artışı vb. gibi sebeplerden dolayı hızla artmaktadır. Bununla birlikte enerji talebi ve kullanımı artışının; çevresel sorunlara, enerji kaynaklarının tükenme riskine ve tedarik güçlüğüne sebep olma ihtimali günden güne artmaktadır. Enerji analizi ve iyileştirme kavramları da bu noktada karşımıza çıkmaktadır. Yapıların havalandırmasında ve iklimlendirilmesinde bu kavramlar önemli yer tutmaktadır. Bireyler zamanın büyük bölümünü kapalı mekanlarda geçirmektedir. Bu mekanların iç hava kalitesinin iyileştirilmesi insan sağlığı açısından çok önemlidir. Bireylerin bir araya gelerek spor etkinliklerini gerçekleştirdiği kapalı spor salonlarının havalandırılması ve iç konforunun sağlanması da kullanıcı sağlığı bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde literatür taraması yoluyla, kapalı spor salonlarının havalandırılması, enerji analizi ve enerji optimizasyonu ile ilgili yurt içi ve yurt dışı çalışmalarından bahsedilecektir.

Sel (1990) çalışmasında, kapalı spor salonlarının planlanması ve yapım aşamasında dikkat edilmesi gereken kriterleri ortaya koyarken havalandırma ve iç hava kalitesine de değinmiştir.

Öztürk ve diğ. (2005^a) çalışmalarında, yapılarda kullanılan HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemlerinde kontrol ve enerji verimliliği üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında bu sistemlerin doğru kullanılmasının enerji tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir. İyi bir HVAC sisteminin; yapının iç hava kalitesi, enerji tüketimi ve performansı üzerinde olumlu etki yaratacağı sonucuna varmışlardır.

Doğan (2007) “Spor Salonlarının Havalandırma Açısından Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında, sporcu ve izleyicilerin spor salonlarını daha sağlıklı bir şekilde kullanabilmeleri için havalandırma sistemlerinin ne şekilde düzenlenmesi gerektiği üzerinde durmuştur. Bunun yanında spor salonlarının havalandırma yöntemlerinin seçim kriterlerinin neler olması gerektiğini ve yetersiz havalandırma olduğu durumda sporcuların ve izleyici kitlesinin nasıl etkilendiğini incelemiştir.

Korukçu (2015) çalışmasında, spor salonlarının tasarım ve inşasında iç mekân koşullarının neler olması gerektiğini ortaya koymayı amaçlayarak iç hava kalitesi ve ısı konfor gibi değişkenler üzerine yapılmış çalışmalar üzerinde durmuştur. Bunun yanında, spor salonu iç hava kalitesinin yalnızca sporcular için değil izleyiciler için de çok önemli olduğunu vurgulamıştır.

Öztürk (2024) çalışmasında, yapılarındaki havalandırma sistemlerinin iç hava kalitesine etkisini meta analiz yöntemiyle ortaya koymaya çalışmıştır. Yurt içi ve yurt dışı ilgili makaleleri çalışmasına dahil ederek gerçekleştirdiği meta analiz sonucunda, havalandırma yöntemlerinin iç hava kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Doğal havalandırmanın mekanik havalandırmaya göre iç hava kalitesini daha iyi düzeyle iyileştirdiğini belirtmiştir. Ayrıca havalandırma sistemlerinin tasarımı ve uygulanmasında dikkate alınması gereken bazı kriterler olduğu üzerinde durmuştur.

Bulut (2012) çalışmasında; okul, sınıf, ofis gibi farklı ortamların iç hava kalitesini ölçerek havalandırma açısından analizler gerçekleştirmiştir. İç hava konforunu farklı parametreleri göz önünde bulundurarak incelemiştir. Sonuç olarak, sağlıklı bir iç ortam havası yaratmak için havalandırma sistemlerinden faydalanılması gerektiğinin altını çizmiştir. Ayrıca uygun havalandırma yöntemlerinin enerji tasarrufu ve verimliliği açısından çok önemli olduğunu belirtmiştir.

Trianti-Stourna ve diğ. (1998) çalışmalarında, spor salonlarının iç mekân hava koşullarını iyileştirmek ve enerji optimizasyonu sağlamak amacıyla birçok ölçüm ve analiz sonucu ortaya koymuşlardır. İç mekân havalandırmasını, ısı konforunu ve enerji verimliliğini sağlamak için gerekli verileri ve analizleri ortaya koymuşlardır. Bunun sonucunda gerekli tasarım ve yönetim ilkelerini ortaya koyarak bazı çözüm önerileri sunmuşlardır.

El-Kadi ve diğ. (2003) çalışmalarında, ısı konfor ve havalandırma kriterleri üzerinde durmuşlardır. Çalışma yaptıkları spor salonunun ısı kazanımı ve termal yükünün değerlendirmesini sporcu ve kullanıcıları dikkate alarak yapmışlardır. Ölçüm ve analizleri neticesinde bazı havalandırma tekniklerini ve havalandırma

teçhizatlarını önermişlerdir. Sonuç olarak okulun ve öğrencilerin ihtiyaçlarına daha iyi hizmet edecek ve enerji tasarrufu sağlayacak önerilerde bulunmuşlardır.

Alves ve diğ. (2013) çalışmalarını, iki üniversite spor salonunun sıcaklık, nem ve hava kalitesi gibi konfor parametrelerini ve uçucu organik bileşenleri ölçerek yürütmüşlerdir. Kabul edilebilir hava kalitesini göz önünde bulundurarak gerekli havalandırma yöntemleri üzerinde durmuşlardır. Sonuç olarak, spor salonlarındaki hava kirlleticilerinin hangi sebeplerden ortaya çıktığına değinerek gerekli bazı temizlik ve havalandırma önerilerinde bulunmuşlardır.

Filipe ve diğ. (2013) çalışmalarında, spor salonlarının iç mekân hava kalitesi sebebiyle ortaya çıkan riskleri konu edinmişlerdir. Spor yapan gençlerin ve öğrencilerin gelişme evrelerini devam ettirdiklerinden yetişkinlere göre çevre kirliliğine daha hassas ve savunmasız olduklarından bahsetmişlerdir. Dolayısıyla iç mekân hava kalitesinin, öğrencilerin üretkenliğini, performansını ve konsantrasyonunu doğrudan etkileyebileceği sonucuna varmışlardır.

Hurnik ve diğ. (2023) örnek olay çalışması yöntemiyle yürüttükleri çalışmalarında, bir spor salonunun havalandırma ve soğutma sistemlerini incelemişlerdir. Yapılardaki havalandırma sistemlerinin önemli ölçüde enerji harcadığının altını çizen Hurnik ve arkadaşları, yine de kullanıcılar açısından yeterli verim alınamadığını söylemişlerdir. Dolayısıyla bu problemin, farklı bölgelerin farklı fiziki şartları olması sebebiyle, bölgelere ve koşullara göre farklı spor salonlarının planlanarak çözülebileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak çalışmalarının asıl amacı, spor salonunun havalandırma ve soğutma sistemlerini analiz ederek gerekli önlemleri ortaya koymaktır.

Işık ve Çibuk (2015) yaptıkları çalışmada bir üniversitenin yemekhane ve kantininin iç hava kalitesiyle ilgili ölçüm ve analiz yapmışlardır. Belirli aralıklarla, ortamların sıcaklık, nem ve karbondioksit değerlerini ölçmüşlerdir. Ölçümleri belirli standartlarla karşılaştırıp, uygun değer aralığının dışına çıktığında alınması gereken tedbirleri ortaya koymuşlardır.

Köse (2019) binaların değişik iklim koşulları altında ısıtma ve soğutma gereksinimlerini araştırmış, İstanbul ve Diyarbakır illerindeki örnek yapılar için

binanın mevcut durumu (TS 825 standardına uygun) için yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji harcamaları belirlenen modelleme ve simülasyon yöntemleri aracılığıyla hesaplanmıştır. Bina tasarım aşamasındayken bu gereksinimler dikkate alındığında enerji tasarrufu yapılabileceğini belirtmiştir.

Şeremet (2012) yaptığı çalışmada binalarda enerji tüketimi ve enerji verimliliği hakkında mevsimler veriler ışığında hesaplamalar yapmış; Ankara ilinde bir için ocak ayı verileriyle Makine Mühendisleri Odası'na ait "Kalorifer Tesisatı" kitabında yer alan örnek bina bu hesaplama yöntemlerinin sonuçların ortaya konduğu bina olarak seçmiştir. Bir diğer hesaplamayı TS 825 standardına göre yapmış ve çıkan sonuçlar arasında kıyaslama verilerini ortaya koyarak enerji tasarrufu için çözüm önerisi aramıştır.

Özutku ve Karakuş (2011) enerji verimliliği ve ısı yalıtımı konusunda bir üniversite binasına ait hesaplama ve analizleri ortaya koymuş, binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumu arasında karşılaştırma yapmışlardır. Binaya yalıtım uygulandıktan sonra enerji giderinde yarıya yakın bir azalma olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Halitoğlu (2019) çalışmasında bir mahalin farklı illere göre ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacını veri ve analizlerle belirlemiş, enerji verimliliği için geliştirdiği modellemenin sonuçlarını ortaya koymuştur. Uygulamış olduğu kış bahçesi modelinde Antalya, İstanbul, Ankara ve Erzurum illeri için yapılan ısıtma ve soğutma performansları hesaplamaları arasında kıyaslama yapmış bahçeye cam uygulamasının olumlu etkilerini ifade etmiştir.

Yazıcı (2011) araştırmasında bir binanın yıllık ısıtma ihtiyacının yakıt türü bakımından maliyet analizi yapmış ve enerji maliyetini düşürmek için çözüm aramıştır. Denizli ilindeki örnek bir binanın özgül ısı kaybını ve yıllık ısıtma enerjisini TS 825 standardına göre hesaplamış, yapı için seçtiği doğalgazlı ısınma maliyetini ve CO₂ emisyonu irdelemiştir. Sağlıklı sonuçlara ulaşmak için elde edilen ölçüm verilerinin tüm bir yıla yayılması gerektiğini belirtmiştir.

Sözen ve Işık (2016) yaptıkları çalışmada iç hava kalitesini etkileyen sıcaklık, nem ve ortamdaki CO₂ miktarı üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada, Tunceli ilindeki yüksek öğretim kurumunda bulunan derslikler ve öğretim üyesi ofislerinde hava kalitesinin ölçümlerini yapmışlardır. İç hava kalitesini etkileyen faktörler olarak CO₂,

nem ve sıcaklık değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Ölçümler Tunceli Üniversitesi Aktuluk yerleşkesinde iç ortamlar için yapılmıştır.

Yurt içi ve yurt dışı literatür tarandığında, çalışmaların odak noktasının yapıların iç hava kalitesinin analizi olduğu, bunun yanında enerji analizi ve optimizasyonun yapıldığı çalışmaların sınırlı sayıda bulunduğu söylenebilir. Diğer taraftan, yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda kapalı spor salonlarının havalandırılmasında enerji analizi ve optimizasyonu ile ilgili kapsamlı bir çalışma olmadığı; ayrıca spor salonlarının planlanma ve inşa sürecinde havalandırma ve iklimlendirme kriterleri üzerine oldukça az çalışma olduğu sonucuna varılabilir.

3. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde; havalandırma, havalandırmanın önemi, havalandırma yöntemleri, havalandırmada kullanılan ekipmanlar, yapılarda havalandırma ve kapalı spor salonlarında havalandırma ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir.

3.1 Havalandırmanın Tanımı

İnsanın sıhhatli ve konforlu bir şekilde yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli oksijenin temin edilmesi, bulunduğu ortamdaki kirlenmiş havanın ortamdan uzaklaştırılması, bunun yerine ortama temiz ve taze hava girmesi işlemine havalandırma denir (Yavaş 2019). Kısaca havalandırma, yapı içine temiz hava sağlanması olarak tanımlanabilir. Havalandırma yolu ile yapı içerisindeki kirli hava uzaklaştırılır ve temiz hava sağlanır (Öztürk ve diğ. 2005^b).

Havalandırmanın temeli, kapalı bir mekandaki düşük kaliteli kirli havanın, atmosferdeki yüksek kaliteli, kirleticilerden arındırılmış temiz hava ile değiştirilmesi ve iç mekânda temiz hava sirkülasyonunun sağlanmasıdır (Darçın 2008). Dolayısıyla bir yapının havalandırılması için öncelikle hava akımı oluşması gerekir. Bu doğrultuda, yapıda gerekli havalandırmanın ve yapı içi hava konforunun sağlanabileceği söylenebilir.

Yapı içindeki hava; içerideki insanlar ve makineler sebebiyle kirlendiği için geçici ya da sürekli olarak yenilenmelidir. Bunun için de gerekli havalandırma yöntem ya da sistemlerine ihtiyaç vardır. Araştırmalar da göstermektedir ki halka açık binaların %30'unda iç hava kirliliği tespit edilmiştir ve yapı içi hava kirliliğinin %52'si havalandırma yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Bu yüzden yapı içi hava kalitesi ve yapı havalandırması çok önemlidir (Bilgili ve diğ. 2005).

3.2 Havalandırmanın Önemi

Havalandırma, kapalı ortamlarda hava kalitesinin iyileştirilmesi ve sağlıklı yaşam koşullarının sağlanması için hayati bir uygulamadır. Özellikle kapalı mekanlarda hava kirliliği sağlığı olumsuz yönde etkileyen önemli bir faktördür. Havadaki kirleticiler; Toz, kimyasallar, nem, bakteri ve virüs gibi biyolojik faktörler olabilir. Bu kirleticiler uzun süre solunması halinde solunum yolu hastalıklarından alerjik reaksiyonlara kadar birçok hastalıklara yol açabilir (Olesen 2002).

Kapalı ortamlarda yetersiz havalandırma; halsizlik, baş ağrısı, alerjik tepkimeler ve solunum yolu hastalıkları gibi sorunlara sebep olabilir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, iç mekân hava kirliliği, küresel çapta birçok sağlık sorununa zemin hazırlayan önemli bir etken olarak kabul edilmektedir. Özellikle çocuklar, yaşlılar ve kronik hastalığı olan bireyler, kirli hava koşullarına karşı daha hassastırlar (WHO 2010). Bu nedenle, iç mekanlarda kaliteli hava sağlamak için etkin havalandırma sistemlerinin kullanılmasının çok önemli olduğu söylenebilir.

Yapı içi havanın kalitesi sadece sağlığı etkilemekle kalmaz, bireyin yaşam kalitesinin ve verimliliğinin de önemli bir parçasıdır. Özellikle kapalı ortamlarda çalışan bireylerin fiziksel ve zihinsel performansına etki eden biri etkili havalandırmadır. Hapı içi hava kalitesinin iyi düzeyde olduğu mekanlarda bireylerden daha yüksek verim alınabileceği söylenebilir. Bu bağlamda, doğru ve etkili havalandırmanın çalışan bireler ve kapalı ortamda öğrenim gören öğrenciler için çok önemli olduğu söylenebilir.

Ayrıca havalandırma, enerji verimliliği açısından da çok önemlidir. Doğru yöntemlerle yapılan havalandırma, binaların ısıtma ve soğutma sistemleriyle bütünleştirilirse enerji tasarrufu sağlar. Bu sistemlerin doğru şekilde tasarlanması enerji kaybını en aza indirir ve sürdürülebilir bir çevre yaratılmasına katkıda bulunur (ASHRAE 2013).

Sonuç olarak havalandırmanın hem sağlık hem de konfor açısından temel bir ihtiyaç olduğu söylenebilir. Özellikle günümüzde enerji verimliliği ve sürdürülebilirliğin önemi göz önünde bulundurulduğunda etkin havalandırma yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle iç mekân hava kalitesinin iyileştirilmesi ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulması için

havalandırma sistemlerinin bilimsel temeller doğrultusunda uygulanması gerekmektedir.

3.3 Havalandırma Yöntemleri

Havalandırma yöntemlerinin amacı, iç ortam havasının kalitesini istenen düzeye çıkarmak ve yapı içinde insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek bir atmosferin oluşmasının önüne geçmektir. İstenilen konfor koşulları, doğal havalandırma yöntemleriyle sağlanmaktadır. Doğal havalandırma yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda mekanik havalandırma sistemleri desteğiyle karma havalandırma yöntemleri kullanılmaktadır (Küçüker 2020). Yapılarda havalandırma yöntemleri; doğal havalandırma, mekanik havalandırma ve karma havalandırma olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

3.3.1 Doğal Havalandırma

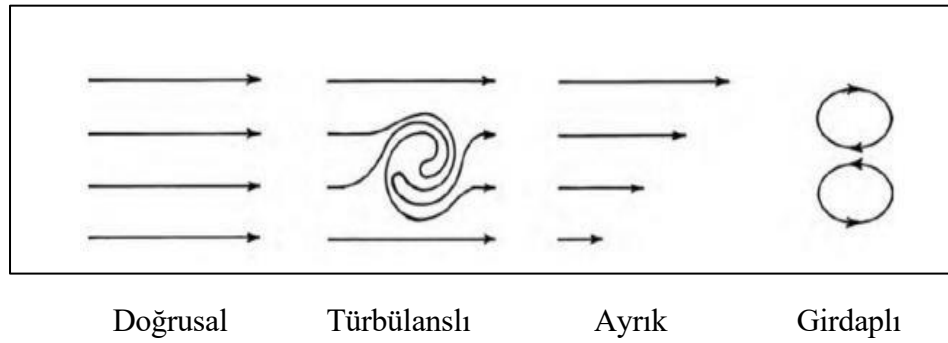
Doğal havalandırma, yapıların iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesinde oldukça etkili bir yöntemdir. Rüzgâr ve ısı kuvvetler yoluyla gerçekleşen doğal havalandırma, kapalı yapıların iç ortam havasının bireylerin konfor düzeylerine uygun olmasının ve iç ortama temiz hava akışının sağlanmasının mekanik bir sisteme gerek kalmadan yapılabilmesini ifade etmektedir. Doğal havalandırmanın gerçekleşmesinde rol oynayan asıl unsurlar rüzgâr ve ısı kuvvetlerdir (Yavaş 2019). Doğal havalandırma, istendik şekilde açılmış bölümlerden rüzgâr ve iç-dış sıcaklık farkı dolayısıyla gerçekleşen basınç ile oluşur. Pencere, kapı ya da hava boşluğu gibi kanallar aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma, yapı içindeki istenmeyen havanın dışarı atılmasını ve yapı içine temiz havanın alınmasını sağlar. Dolayısıyla iç ortam havası iyileşir ve kullanıcılar için konforlu bir ortam sağlar (Öztürk ve diğ. 2005^b).

Yapı tasarım sürecinden itibaren planlanması gereken doğal havalandırma yöntemleri; bölge iklimi, konum ve yönelim gibi özellikler göz önünde bulundurularak kullanılmalıdır. Doğal havalandırmanın etkili kullanıldığı yapılarda kullanıcıların konforu yüksek olacaktır ve enerjiden ve maliyetten tasarruf edilmiş

olacaktır (Darçın 2008). Kullanılan yapının boyutuna ve iklim koşullarına bağlı olarak kullanılan doğal havalandırmanın sürdürülebilirlik bakımından çok önemli olduğu söylenebilir. Kullanılabilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaması bunun en önemli göstergesidir (Demir 2013).

Doğal havalandırma yöntemiyle ilgili dikkat edilmesi gereken bazı durumlar mevcuttur. Doğal havalandırmanın kullanıldığı yapılarda ısıtma için harcanan enerji yüksek olabilir, sıcak havalarda iç ortam sıcaklığı artabilir, iç mekandaki hava hareketleri risk oluşturabilir ve durgun hava koşullarında havalandırma yetersizliği ortaya çıkabilir (Kılınç 2015).

Rüzgâr ve ısıl kuvvetlere bağlı olarak ortaya çıkan doğal havalandırma için dört farklı hava akımı çeşidinden bahsedilmektedir. Bunlar; keskin veya sert engellere maruz kalmayan doğrusal hava akımı, engellerle karşılaştığında ortaya çıkan türbülanslı hava akımı, ayırık hava akımı ve doğrusal hava akımlarının ve türbülanslı akımların dairesel hareketleri neticesinde ortaya çıkan girdaplı hava akımıdır. Hava akımı türleri Şekil 3.1’ deki gibi görselleştirilebilir (Öztürk 2024).



Şekil 3.1: Hava akım türleri (Öztürk 2024).

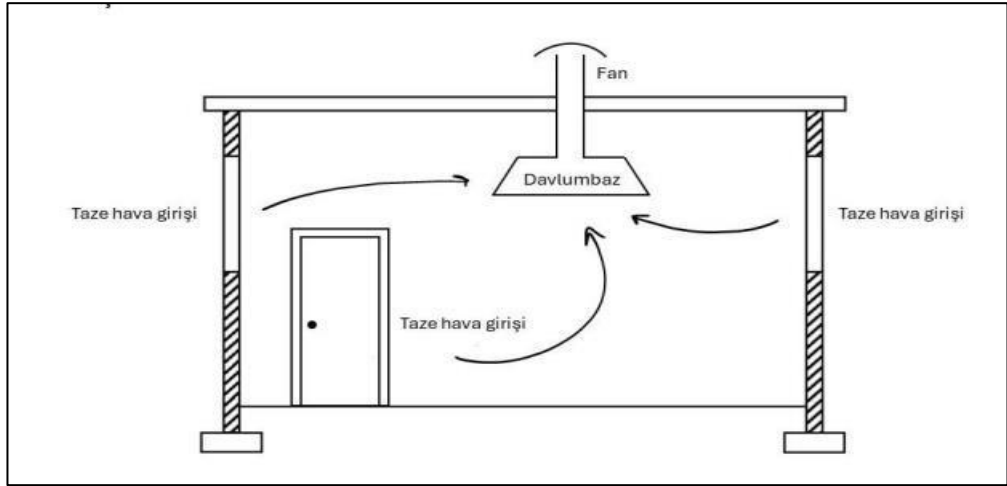
3.3.2 Mekanik Havalandırma

Mekanik havalandırma; ortam ısısının ayarlanması, nem oranının dengelenmesi, yapının havalandırılması ve havanın filtrelenmesi gibi işlemler için kullanılan yöntemleri ifade etmektedir. Mekanik havalandırma, fiziki şartlara ve iklim koşullarına bağlı olmaksızın gerçekleştirilebilen bir yöntemdir (Ertürk 2005). Kısacası mekanik havalandırma, yapı içi hava hareketlerinin fanlar yardımı ile gerçekleştirildiği sistemlerdir (Yavaş 2019).

Mekanik havalandırma sistemleri ile yapılara temiz hava sağlanabilmektedir. Bu sistemler, iç hava kalitesini fanlar yardımıyla iyileştirebilmektedir. Ayrıca yapıların iç hava kalitesini iyileştirirken, ısı geri kazanım sistemleri ile daha verimli olabilmektedir (Demirbolat 2022).

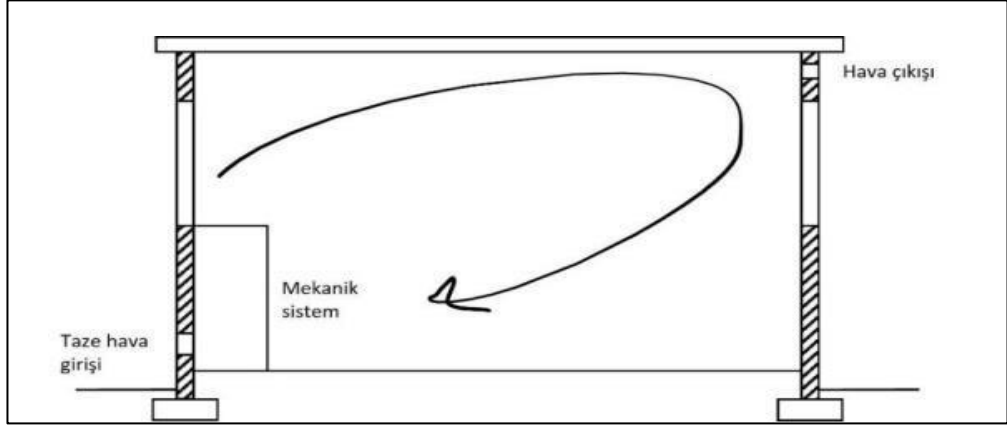
Mekanik havalandırma sistemleri; doğal hava girişli-mekanik hava çıkışlı, mekanik hava girişli-doğal hava çıkışlı ve mekanik hava girişli-mekanik hava çıkışlı (dengeli havalandırma) olmak üzere üç kategoride incelenebilmektedir (Özcan 2008).

Doğal hava girişli-mekanik hava çıkışlı sistemler, yapı içine doğal açıklıklardan temiz hava girerken içerideki kirli havanın mekanik sistemlerle yapı dışına çıkarılmasını sağlamaktadır (Ertürk 2005). Bu sistem Şekil 3.2’ deki gibi görselleştirilebilir (Öztürk 2024).



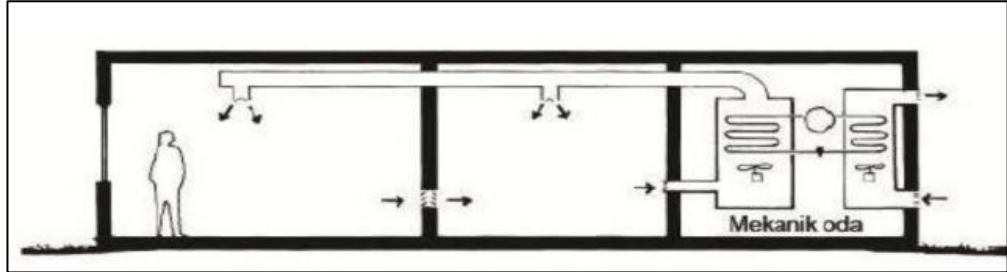
Şekil 3.2: Doğal hava girişli, mekanik hava çıkışlı sistem (Öztürk 2024).

Mekanik hava girişli-doğal hava çıkışlı sistemler Şekil 3.3’ de de görüldüğü gibi mekanik sistemler aracılığıyla iç mekâna temiz hava sağlanırken kirli havanın doğal açıklıklar aracılığıyla dışarı atıldığı sistemlerdir (Ertürk 2005; Öztürk 2024).



Şekil 3.3: Mekanik hava girişli, doğal hava çıkışlı sistem (Ertürk 2005; Öztürk 2024).

Dengeli havalandırma olarak da adlandırılan mekanik hava girişli-mekanik hava çıkışlı havalandırma sistemleri, yapı içinin sıkça havalandırılması gereken durumlarda mekanik sistemler aracılığıyla kirli havanın dışarı atıldığı ve fan gibi teçhizatlarla da temiz havanın içeri alındığı sistemlerdir. Bu sistemlerin aynı zamanda; soğutma, ısıtma ve nemlendirme gibi işlevleri de bulunmaktadır (Ertürk 2005; Özcan 2008; Öztürk 2024). Bu sistemler şekil 3.4’de gösterildiği gibi çalışmaktadır.

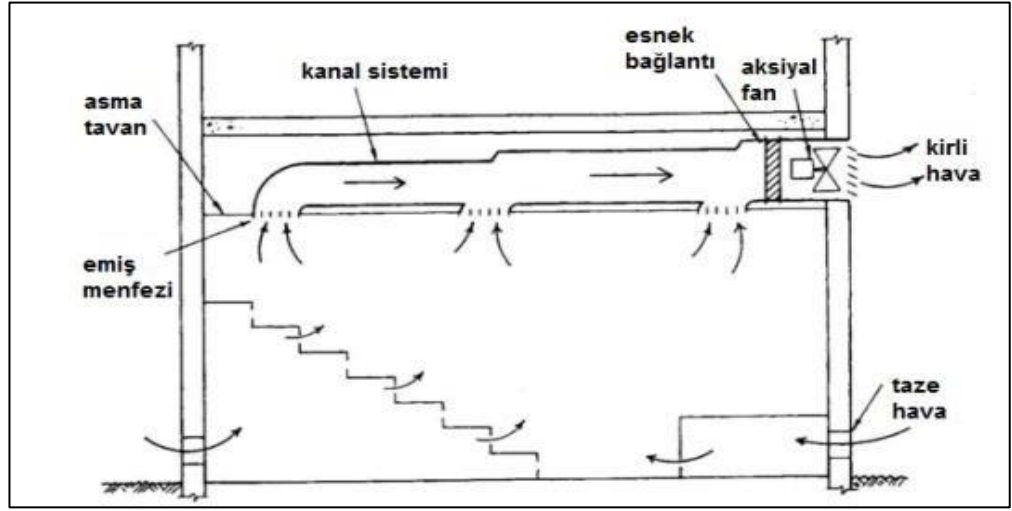


Şekil 3.4: Isıtma, soğutma ve nemlendirmeli dengeli havalandırma (Ertürk 2005; Özcan 2008; Öztürk 2024).

3.3.3 Karma Havalandırma

Bir yapının her alanında tek tip havalandırma sisteminin kullanılabilirliği oldukça kısıtlıdır. Dolayısıyla bazı yapılar için gerekli havalandırmanın hem doğal havalandırma yöntemleri hem mekanik havalandırma yöntemleri ile sağlandığı söylenebilir. Yapı iç hava kalitesini sağlamada kullanılan bu yöntem karma havalandırmayı ifade etmektedir.

Yapı için gerekli iç havalandırma; gün içinde, dönemsel olarak ya da mevsimlere göre değişiklik gösterebilir. Ses veya hava kirliliğinin söz konusu olduğu dönemlerde, çok soğuk ya da çok sıcak havalarda doğal havalandırma yöntemleri yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda karma havalandırma yöntemleri kullanılabilir. Karma havalandırma hem doğal hem mekanik havalandırma sistemleri aracılığıyla yapı içindeki kirli havanın mekanik düzenekler ile dışarı atılmasının ve temiz havanın doğal boşluklarla yapı içine girmesinin sağlandığı havalandırma yöntemidir. Bu sistemde, doğal havalandırmadan da faydalanıldığı için mekanik havalandırma yöntemine göre daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla bu önemli bir avantaj olarak ifade edilebilir (Heiselberg 2002; Yavaş 2019). Karma havalandırma şekil 3.5'teki gibi görselleştirilebilir.



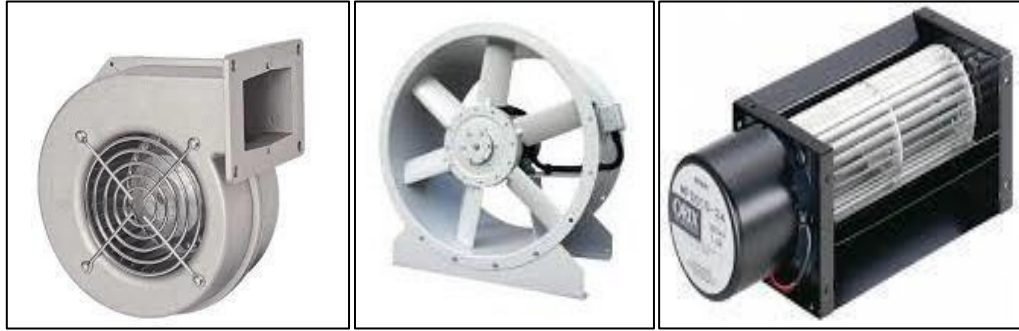
Şekil 3.5: Karma havalandırma (Heiselberg 2002; Yavaş 2019).

3.4 Havalandırma Ekipmanları

Havalandırma yöntemleri aracılığıyla iç ortam hava kalitesi iyileştirilmektedir. Bu süreçte fan, menfez, difüzör, damper, hava filtresi, ısı geri kazanım  nitesi vb. gibi ekipmanlar belli bir düzen içinde çalışmaktadır. Aşağıda, sıklıkla kullanılan bu ekipmanlar hakkında bilgi verilmiştir.

3.4.1 Fanlar

Yapı içerisindeki istendik hava kalitesini sağlamak için kullanılan fanlar, basınç farkı oluşturarak hava akışını gerçekleştirmektedir. Fan hücresi, gövde ve motor ana bölümlerinden oluşan fanlar istenen hız ya da devirde hareket edip yapı içine temiz hava göndermektedir. Fanlar, havalandırılan yapıdan havanın uygun miktarda dönmesini sağlamakla birlikte fazla basınç oluşmasını engelleyebilmektedir. Genellikle kullanım amaçlarına göre yapı havalandırma sistemlerinde kullanılan fan tipleri; radyal fan, eksenel fan ve dik akımlı fanlardır (Bilge ve Uralcan 2023; Bilici 2022). Radyan tip fanlar şekil 3.6’ da verilmiştir.



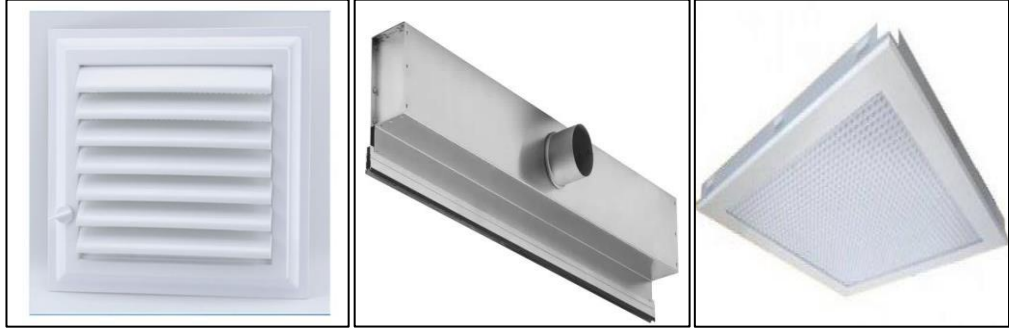
Şekil 3.6: Fan çeşitleri (Bilge ve Uralcan 2023; Bilici 2022).

3.4.2 Menfezler

Yapı havalandırma sistemlerinde kullanılan menfezler, hava akışını kontrol ederek ve düzenleyerek iç hava kalitesini artırmakta ve yapı içerisinde konforlu ve sağlıklı bir ortam oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Menfezler havanın yapı içerisinde etkin bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır. Yapının fiziki şartlarına ve kullanım alanlarına göre genellikle; kanatlı, yarık yayıcı ve tavan yayıcı menfezler tercih edilmektedir.

Kanatlı menfezler; sabit ya da ayarlanabilir yönlendirici kanatları olan ve havayı yapı içine bu kanatlar sayesinde dağıtmak için kullanılan menfez türüdür. Yarık yayıcı menfezler; bir ya da daha fazla uzun ince yarık şeklide olan menfezlerdir. Genellikle asma tavanlarda kullanıldığı söylenebilir. Tavan yayıcı menfezler; yüksek mesafelerden hava girişi olduğunda kullanışlı bir sistem olabilir

ve üfleme ya da emiş özelliğiyle tercih edilebilir. Farklı yüzeylerde türleri mevcuttur. Menfez çeşitleri Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Kanatlı menfez

Yarık yayıcı menfez

Tavan yayıcı menfez

Şekil 3.7: Menfez çeşitleri.

3.4.3 Difüzörler

Difüzörler, hava akışını farklı düzlem ve yönlere dağıtan ve türbülanslı hava akışını homojen hale getiren çıkış elemanlarıdır. Kullanım amaçlarına göre girdap, türbülanslı, dört yönlü, konfor ve slot difüzörler tercih edilmektedir (Bilici 2022).

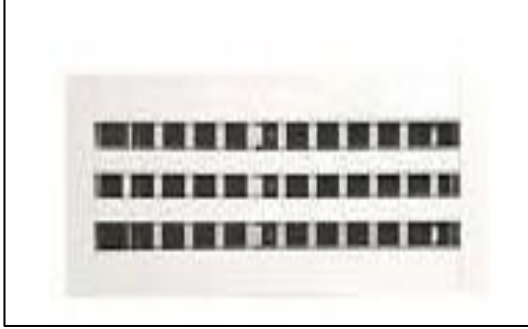
Girdap (swirl) difüzörler, ortam havası ile taze havanın hızlıca karışmasını sağlayan difüzörlerdir. Aynı zamanda girdap difüzörler, hava akışını ve hava basıncını dengelemektedir. Türbülanslı difüzörler, 3,8 metreden yüksek tavanlarda kullanılmaya uygun olmakla birlikte yapı içine giren temiz hava bu difüzörler sayesinde yapı içerisinde iyi dağılım gösterir. Dört yönlü difüzörlerin havalandırma sistemlerinde yapı içine giren havayı yönlendirebilen ve düzenleyebilen bir işlevi vardır. Genellikle tavan yüksekliği 4 metrenin üzerinde olan yapılarda tercih edilir. Slot (lineer) difüzörler, yapı tavan yüksekliğinin 3-3,5 metre arası olduğu durumlarda homojen hava akışı sağlamak için kullanılmaktadır. Ayarlanabilir kanatçıkları olan slot difüzörler ucun ve dar tasarımı sayesinde daha dar alanlara yerleştirilebilir. Konfor difüzör, ayarlanabilir hava kapaklarına sahiptir. Isıtmada yan delikleri kapanır ve hava dikey olarak üflenir, soğutmada ise alt delikler kapanır ve hava yatay olarak üflenir. Difüzör çeşitleri Şekil 3.8’ de gösterilmiştir.



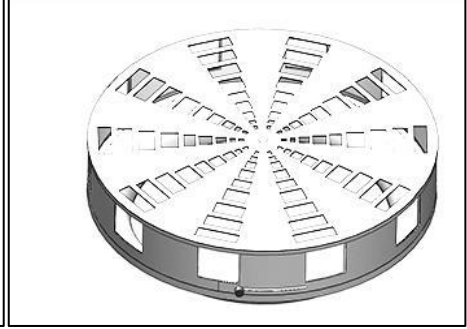
Girdap difüzör



Türbülanslı difüzör



Slot difüzör



Konfor difüzör

Şekil 3.8: Difüzör çeşitleri.

3.4.4 Damperler

Hava damperleri, iç hava kalitesi ve konforun sağlanmasında kullanılan havalandırma ve iklimlendirme sistemleri için önemli bir üründür. Yapı içi konforu ve doğru sıcaklığın kontrolü açısından verimli bir yöntem olduğu söylenebilir. Damperler sayesinde hava akışının kolaylıkla yönlendirilmesi de sağlanabilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Hava damperi.

3.4.5 Hava Filtreleri

Havadaki istenmeyen gazları, buharı ya da partikülleri ayrıştırmayı sağlayan cihaz veya malzemelere filtre denir. Hava filtreleri; havalandırma sistemlerinde yapı içine alınan havadaki toz, partikül vb. gibi istenmeyen cisimleri ayrıştırarak iç ortama girmesini engellemek ve yapıya alınan havadaki bakteri ve virüsleri azaltmak için kullanılmaktadır. İstendik iç hava kalitesini sağlamada filtrelerin rolü önemlidir (Bilgili ve diğ. 2005).

Havalandırma sistemlerinde kullanım alanına ya da kullanım amacına göre farklı tip filtreler kullanılmaktadır. Yapı içi hava kalitesinin sağlanmasında filtrelerin önemi büyüktür. Hava filtreleri yapı olarak basit gibi görünse de belli standartlara ve ölçümlere göre imal edilmektedir. Kullanım alanına göre sıkça kullanılan filtre tipleri şunlardır (Bulgurcu 2015):

Metal filtreler: Genellikle kademeli havalandırma sistemlerinde kaba tozların tutulması için ve mutfak davlumbazlarında yağ tutucu olarak kullanılır.

Kaset filtreler: Havalandırma ve boyama sistemlerinde sıkça kullanılan kaset filtreler, selülozik ve fiberglas esaslı olarak üretilmektedir.

Torba filtreler: Havalandırma sistemlerinde kullanılan torba filtreler, toz tutma kapasitesi yüksek ekipmanlardır ve ön filtre işlevine sahiptirler.

Kompakt filtre: Birçok kullanım alanında tercih edilen kompakt filtreler; hava kirliliğini, tozları ve pis gazları engellemeye yönelik kullanılır. Ayrıca yüksek hava kalitesinin gerekli olduğu yapılarda sıkça kullanıldığı söylenebilir.

Hepa ve ulpa filtre: Hepanın açılımı, yüksek verimli partikül yakalayıcı anlamına gelmektedir. İç hava kalitesini sağlamak için kullanılan hepa filtreler, havadaki küçük toz parçacıklarını ve partikülleri yakalamak için kullanılır. Ulpa filtreler ise hepa filtrelerden çok daha hassastır. Hastane ve ameliyathane gibi hijyenik olması gereken yapılarda bu iki filtre kullanılmaktadır.

Aktif karbon filtre: Havalandırma sistemlerinde kullanılan aktif karbon filtreler, havadaki gaz moleküllerini ve kötü kokuları hapsedebilen ön filtrelerdir. Aktif karbon filtrenin yüzeyinde milyonlarca küçük gözenek bulunmaktadır. Aktif

karbon filtreleri, kullanım amacına ve ortam havasına bağı olarak belirli aralıklarla değıştirmek gerekmektedir. Hava filtresi çeşitleri Şekil 3.10’da görölmektedir.



Metal filtre

Kaset filtre

Torba filtre



Kompakt filtre

Ulpa filtre

Hepa filtre



Aktif karbon filtre

Şekil 3.10: Hava filtresi çeşitleri (Bulgurcu 2015).

3.4.6 Isı Geri Kazanım Ünitesi

Şekil 3.11’ de ısı geri kazanım ünitesi görölmektedir. İç ve dış ortamın sıcaklık ve nem farkına göre, giren hava ile çıkan hava arasındaki ısı transferini gerçekleştiren ısı değıştiricileri, fanlar ve filtrelerden oluşan sistemlerdir. Isı geri kazanım cihazları; dışarıdan alınan havanın iç ortam koşullarına yaklaşmasını

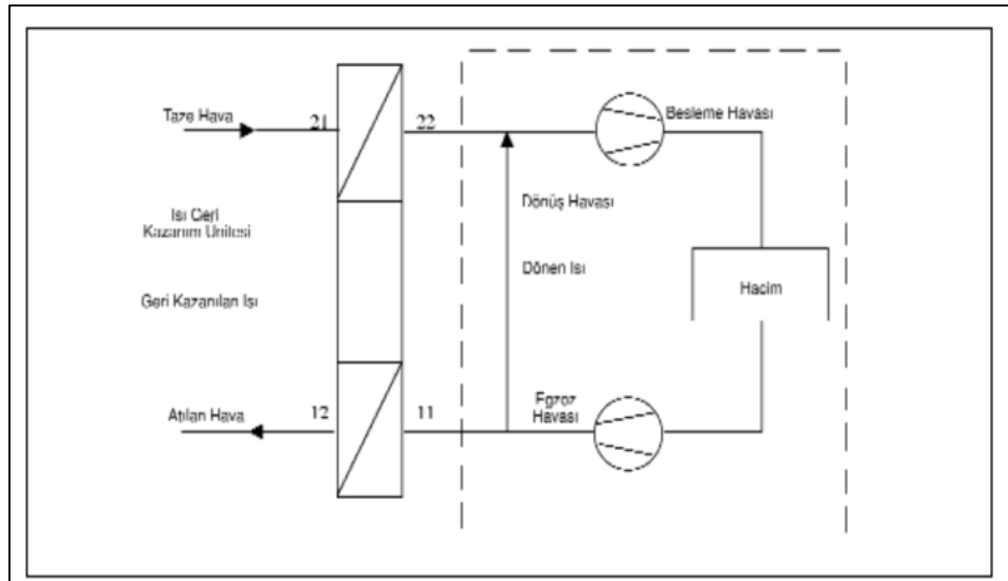
sağlamak amacıyla kullanılır. Bunun yanında; dışarıdan alınan temiz hava egzoz havası ile soğuk havalarda ön ısıtma yapmakta, sıcak havalarda ise ön soğutma yapmaktadır. Bu yolla enerji tasarrufu sağlamaktadır (Altın 2016).



Şekil 3.11: Isı geri kazanım ünitesi (Altın 2016).

Isı geri kazanım üniteleri genellikle dış hava sıcaklığı çok yüksek ya da çok düşük bölgelerde kafe, lokanta, hastane, derslik, okul, kapalı spor salonu, atölye vb. gibi temiz havanın ihtiyaç olduğu kapalı mekanlarda istenen hava kalitesini sağlamak için kullanılmaktadır (Şahan 2003).

Isı geri kazanım ünitelerinin genel çalışma prensibi şekil 3.12’de gösterildiği şekildedir.



Şekil 3.12: Isı geri kazanım ünitesi çalışma prensibi (Şahan 2003).

3.5 Yapılarda Havalandırma

Günümüzde insanlar zamanının büyük bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu ortamlar insan, makine, iklim, hava durumu vb. gibi etkenler dolayısıyla kirleticilere ya da kirli havaya maruz kalabilmektedir. Bu yüzden yapılarda kirleticileri dışarı atan ve temiz hava sağlayan havalandırma sistemleri büyük önem taşımaktadır. Havalandırma sistemlerinin amacı yapılardaki karbondioksit, toz, nem gibi istenmeyen unsurları dışarı atmak ve yapı içine temiz hava sağlamaktır. Dolayısıyla, yapılarda havalandırmanın, iç mekân havasını iyileştirme, yaşam kalitesini artırma, konfor sağlama ve sağlık sorunlarını önleme açısından çok önemli bir uygulama olduğu söylenebilir.

Yapı içi hava kalitesinin yetersiz olduğu yapılarda halsizlik, baş ağrısı, alerjik reaksiyonlar ve solunum yolu hastalıkları gibi sağlık problemleri ortaya çıkabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre yetersiz havalandırma, “Hastalıklı Bina Sendromuna” (Sick Building Syndrome) -bireylerin çalıştığı ortamın hava kalitesizliğiyle bağlantılı olarak sıklıkla solunum yolu hastalıkları şikayetleri- sebep olabilmektedir (WHO 2009). Bu ve bunun gibi sağlık sorunlarının önüne geçmek için etkili havalandırma sistemleri büyük bir gerekliliktir.

Tüm bunların yanında havalandırma, yapılardaki nem seviyesinin kontrol altında tutulmasına yardımcı olarak mantar, küf vb. zararlı organizmaların oluşmasını engellemektedir. Dolayısıyla yapı malzemelerinin bozulması ve bina yapısal bütünlüğünün bozulmasının önüne geçilebilmektedir. Bu nedenle yapılarda etkili havalandırma, yapı ömrünün uzatılması ve sağlıklı bir iç ortam havası yaratma bakımından çok önemlidir (ASHRAE 2019).

Yapılarda doğru ve etkili bir havalandırma, iç mekân hava kalitesini iyileştirir ve kullanıcı konforu sağlar. Yapıların tasarımında ve yapımında bilimsel verilere dayanarak uygun havalandırma yönteminin tercih edilmesi gerektiği söylenebilir.

3.6 Kapalı Spor Salonlarında Havalandırma

Çevre ve hava kirliliği sorunları günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Bu sorunların insanlar üzerindeki olumsuz etkileri yadsınamayacak kadar yüksek düzeydedir. İnsan doğal olarak temiz havaya ihtiyaç duymaktadır ancak spor yapan bir insanın temiz havaya olan ihtiyacı daha fazladır. Dolayısıyla hava kalitesi ve spor doğrudan ilişkili kavramlardır (Sel 1990). Bunun sonucunda spor salonlarının hava kalitesinin sporcuyu ve seyirci kitlesini doğrudan etkilediği söylenebilir.

Kapalı spor salonları birçok bireyin bir arada spor faaliyetlerinde bulunduğu ve etkinlikler için bir araya geldiği ortamlardır. Bu ortamlarda fiziksel efor oldukça yoğunudur. Dolayısıyla spor salonlarında havalandırma hem kullanıcı hem de izleyici kitlesinin sağlığı açısından çok önemlidir. Spor salonlarındaki aktiviteler esnasında oluşan nem ve bireylerin solunumları ile iç havadaki kirleticiler daha da belirginleşir. Dolayısıyla etkili bir havalandırma sisteminin gerekliliği ortaya çıkar (Wargocki ve diğ. 2002).

Spor salonlarındaki kullanıcı ve izleyiciler yoğun olarak oksijen tüketir ve fiziksel etkinlikler esnasında karbondioksit üretirler. Artan solunum hızı ve nem ile iç ortam havası daha hızlı bir şekilde kirlenir ve bu da kullanıcıların performansını ve sağlığını olumsuz etkiler. Havalandırma spor salonlarındaki nem seviyelerinin kontrol edilmesinde de önemli bir rol oynar. Fiziksel aktiviteler ile terleme yoluyla ortamdaki nem artar. Yüksek nem de terin buharlaşmasını zorlaştırarak vücut ısısının dengelenmesini zorlaştırır ve bu da sporcu performansını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca yüksek nem, sağlık sorunlarına neden olabilecek mikroorganizmaların oluşması için uygun bir ortam oluşturur (ASHRAE 2019). Bu nedenle kapalı spor salonlarında etkili bir havalandırma sisteminin kurulması, sağlıklı ve konforlu bir iç ortam yaratılması için ve nem seviyesinin kontrolü için gereklidir.

Kapalı spor salonlarının havalandırılmasında enerji tasarrufu ve yapı ve ekipmanların korunması da dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Enerji optimizasyonu sağlayan havalandırma sistemleri yoluyla hem çevre korunabilir hem de işletme maliyetleri düşürülebilir. Bunun yanında yetersiz havalandırma, nemin birikmesine yol açarak yapı malzemelerinde küf ve çürüme gibi sorunlara neden olabilir. Ayrıca, spor ekipmanları ve tesislerin ömrü kısalabilir. Bu tür hasarlar, uzun

vadede yüksek bakım maliyetlerine yol açabilir. Bu nedenle, havalandırma sistemlerinin tasarımında enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve ekonomik faydalar göz önünde bulundurulmalıdır (ASHRAE 2019).

Kapalı spor salonlarında havalandırma yöntemleri; kullanıcı sayısına, mekân büyüklüğüne ve düzenlenecek etkinliğin türüne göre farklılık gösterebilir. Kapı, pencere ve diğer açıklıkların kullanılmasıyla doğal havalandırma sağlanabileceği gibi mekanik havalandırma yöntemlerine de ihtiyaç duyulabilir. Mekanik havalandırma sistemlerinde hava akış yönünün ve hızının doğru ayarlanması önemlidir. Özellikle yoğun aktivitelerin yapıldığı kapalı spor salonlarında yeterli temiz hava dolaşımının sağlanması kullanıcı sağlığı ve performansı açısından kritik öneme sahiptir (Clements 2015).

Kapalı spor salonlarında etkili bir havalandırma sistemi kurulmasının, kullanıcı ve izleyici kitlesinin sağlığını korumak, sporcu performansını artırmak ve yapının korunmasını sağlamak için çok önemli olduğu söylenebilir. Ayrıca doğru ve etkili havalandırma sistemi enerji tüketimini de optimize edecektir. Spor salonlarının tasarım ve işletme süreçlerinde etkili havalandırma sistemlerinin planlanması ve kullanılmasının da yerinde bir uygulama olacağı sonucuna varılabilir.

4. YÖNTEM

Bu bölümde, kapalı spor salonunun fiziki özellikleri ve yapının sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerlerine ilişkin verilere yer verilmiştir. Veriler, sıcaklık ve bağıl nem ölçebilen higrometre cihazıyla yapılmıştır.

Spor salonunun ısı konfor şartlarının analizinin daha sağlıklı yapılabilmesi ve ortam havasının insan sağlığı açısından mevsimsel değişimlere göre şartlandırılabilmesi için veri toplamada hedef olarak aralık, mart ve haziran ayları seçilmiştir.

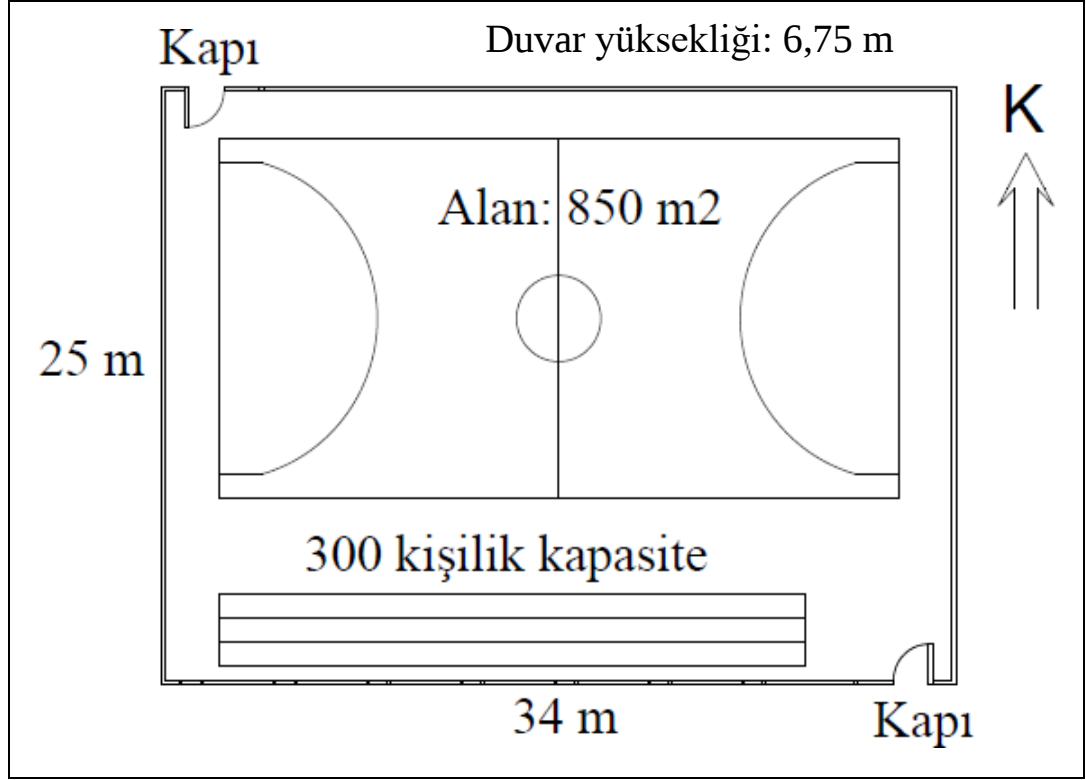
Araştırmaya konu olan kapalı spor salonu Denizli il merkezinde bulunan Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'nin bahçesinde bulunan 300 kişi kapasiteli kapalı spor salonudur.

4.1 Yapının Fiziki Özellikleri

Kapalı spor salonu EK A' daki tip mimari projesindeki bilgilere göre spor yapılan alan ve seyirci bölümü 848 m² alana sahiptir. Salona komşu alan olarak 54 m² müzik odası ve 9 m² malzeme odası bulunmaktadır. Salon bu iki bölümle birlikte 911 m² alana ulaşmaktadır. Yapılan ölçüme göre salonun duvar yüksekliği 6,75 metredir. Tavan ve duvarlar kireç badana olup zemin döşeme dökme mozaiktir. Salonun toplam kapasitesi 300 kişiliktir. Salonun pencerelerinin ve giriş kapısının olduğu cephe güneydir. Diğer cephe sadece duvardan oluşup cephesi batıdır. Salonun hacmi ise proje bilgilerine göre yaklaşık olarak 6150 m³ olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar, sadece spor salonu için kullanılan alana göre yapılmıştır. Salon tip projede görüldüğü üzere alan 850 m², yükseklik 6,75 m ve hacim 5738 m³'tür.

Salonun ayırıt uzunlukları 34 m ve 25 m'dir. Güney yönüne bakan 34 m ve 6,75 ebatlarında, toplam 88 m² çift camlı pencere alanına sahip duvar vardır. Batı cephesine bakan duvarın ölçüleri 25 m ve 6,75 m olup bu duvarda pencere yoktur. Diğer iki duvar iç alan komşusudur. Güney ve kuzey cephede 2,1 m ve 3 m

ölçülerinde iki kapı mevcuttur. Bilgileri verilen spor salonunun şematik gösterimi Şekil 4.1'deki gibidir.



Şekil 4.1: Kapalı spor salonunun şematik gösterimi.

Söz konusu spor salonunda doğal havalandırma bulunmakta ve salon yalıtımsız bir yapıya sahiptir.

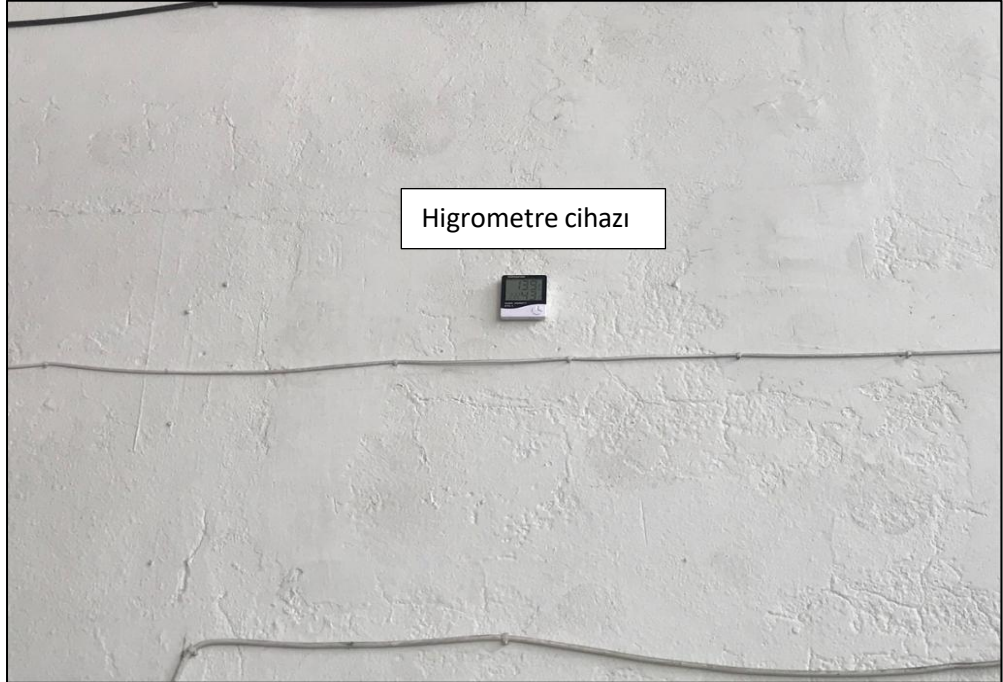
Bu araştırma, bilgileri verilen kapalı spor salonu ve tip projeye uygun salonlar için yapılmıştır. Yapının fiziki özelliklerini içeren bazı görseller aşağıdaki gibidir:

Şekil 4.2’de salonun güney cephesindeki, pencerelerin ve giriş kapısının da olduğu duvara dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri için higrometre asılmıştır.



Şekil 4.2: Kapalı spor salonunun giriş kapısı ve dış duvara asılı higrometre.

Şekil 4.3’de salonun dış ortama açılan kapıya yakın duvarına asılı higrometre cihazıyla iç ortam sıcaklık ve bağıl nem verileri okunmuştur.



Şekil 4.3: Kapalı spor salonunun iç ortam duvarında asılı higrometre.

Şekil 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’ de spor salonunun iç ortamına ait görseller verilmiştir.



Şekil 4.4: Kapalı spor salonunun iç ortamı.



Şekil 4.5: Kapalı spor salonunun iç ortamı.



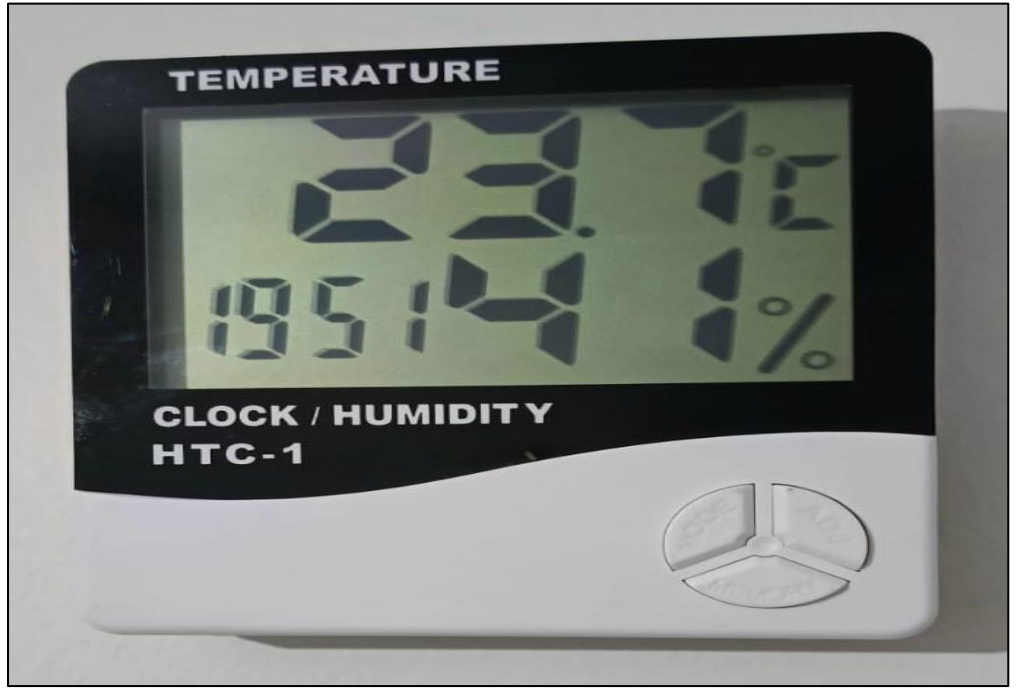
Şekil 4.6: Kapalı spor salonunun iç ortamı.



Şekil 4.7: Kapalı spor salonunun iç ortamı.

4.2 Yapının Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçüm Değerleri

Enerji analizinde kullanılmak üzere salonun hem iç ortam hem de dış ortam sıcaklık ve bağıl nem verileri toplanmıştır. Veriler toplanırken kış, bahar ve yaz mevsimlerinin verileri hedeflenmiştir. Kış mevsimi için 2023 aralık ayının tamamı, bahar mevsimi için 2024 mart ayının tamamı ve yaz mevsimi verileri için 2024 haziran ayının tamamı belirlenmiştir. Ölçümler aynı zamanda sıcaklık da ölçebilen nem ölçer higrometre yardımıyla yapılmıştır. Higrometre cihazı Şekil 4.8’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.8: Higrometre cihazı.

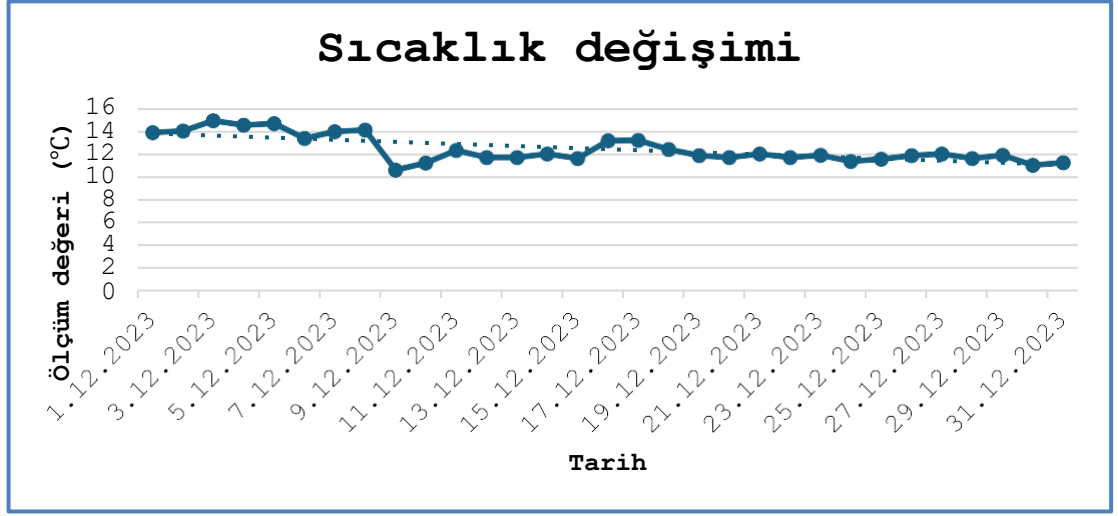
Salonun iç ve dış ortamına birer adet duvar tipi higrometre asılmıştır. Öğleden önce saat 10:00 ile 12:00 arası ve öğleden sonra saat 15:00-17:00 arası olmak üzere günde iki ölçüm değeri okunmuştur. Yapılan ölçümler tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

2023 Aralık ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Verilere bakıldığında aralık ayı sıcaklık değerlerinin ortalamasının 12,76 °C ve bağıl nem değerleri ortalamasının % 68,35 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1: 2023 Aralık ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.

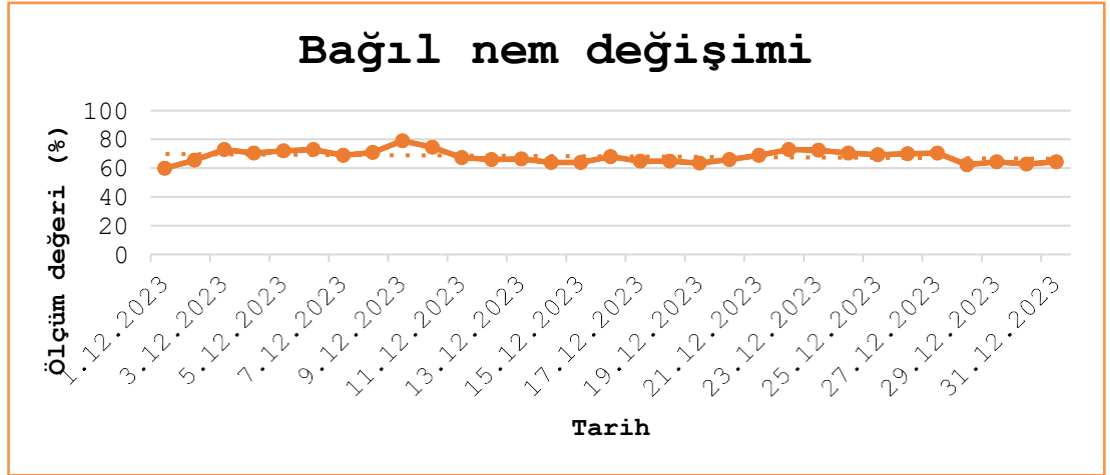
Tarih / Saat	Sıcaklık Değerleri			Bağıl Nem Değerleri		
	10:00-12:00 (°C)	15:00-17:00 (°C)	Günlük ortalama (°C)	10:00-12:00 (%)	15:00-17:00 (%)	Günlük ortalama (%)
01.12.2023	14,1	14,7	14,4	63	57	60
02.12.2023	14,3	14,8	14,55	65	66	65,5
03.12.2023	15,7	15,2	15,45	73	73	73
04.12.2023	15,3	14,8	15,05	70	71	70,5
05.12.2023	15,5	14,9	15,2	72	72	72
06.12.2023	13,5	14,3	13,95	74	72	73
07.12.2023	15	14	14,5	67	71	69
08.12.2023	15,2	14,1	14,55	72	70	71
09.12.2023	9,1	13,2	11,15	86	72	79
10.12.2023	10,5	13	11,75	78	71	74,5
11.12.2023	12,9	12,8	12,85	67	68	67,5
12.12.2023	12,5	12	12,25	65	67	66
13.12.2023	12	12,5	12,25	66	67	66,5
14.12.2023	12,4	12,7	12,55	63	65	64
15.12.2023	12,1	12,2	12,15	63	65	64
16.12.2023	13,5	13,9	13,7	63	73	68
17.12.2023	13	13,5	13,25	62	68	65
18.12.2023	12,2	12,7	12,45	64	66	65
19.12.2023	11,7	12,1	11,9	63	64	63,5
20.12.2023	11,5	12	11,75	65	67	66
21.12.2023	12	12,1	12,05	64	74	69
22.12.2023	11,5	12	11,75	74	72	73
23.12.2023	11,7	12,2	11,95	72	73	72,5
24.12.2023	11,1	11,7	11,4	70	71	70,5
25.12.2023	11,5	11,7	11,6	69	70	69,5
26.12.2023	11,7	12,1	11,9	70	70	70
27.12.2023	12,1	12	12,05	71	70	70,5
28.12.2023	13	11,3	12,15	70	55	62,5
29.12.2023	12,4	11,5	11,95	69	60	64,5
30.12.2023	13	10,1	11,55	69	57	63
31.12.2023	13,4	10,2	11,8	70	59	64,5
Ortalama	12,75	12,78	12,76	68,67	67,61	68,15

Şekil 4.9’ deki sıcaklık grafiği, aralık ayı boyunca elde edilen verilerin birbirine yakın olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.9: 2023 Aralık ayı iç ortam sıcaklık değişimi.

Şekil 4.10’ daki bağıl nem grafiği yorumlandığında, aralık ayı boyunca ortalama değerlerin birbirine yakın olduğu sonucuna ulaşılabılır.



Şekil 4.10: 2023 Aralık ayı iç ortam bağıl nem değişimi.

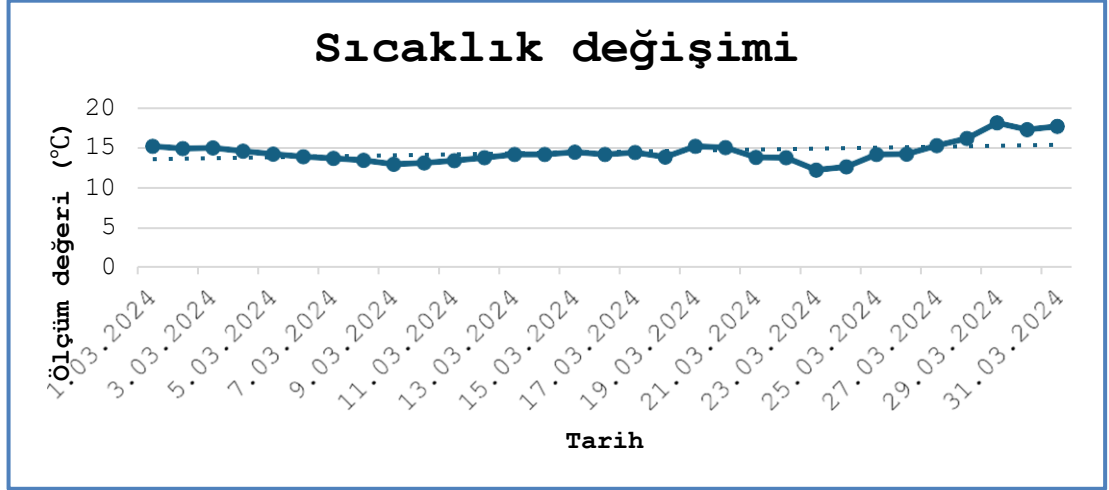
Tablo 4.2’deki verilere bakıldığında mart ayı sıcaklık değerlerinin ortalaması 14,48 °C ve bağıl nem değerleri ortalaması % 49,74 olarak okunmuştur. Sıcaklık ortalaması Tablo 4.1’deki sonuçlara göre aralık ayının biraz üzerine çıkmış, bağıl nem değerleri ise azalmıştır.

Tablo 4.2: 2024 Mart ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.

Tarih / Saat	Sıcaklık Değerleri			Bağıl Nem Değerleri		
	10:00-12:00 (°C)	15:00-17:00 (°C)	Günlük ortalama (°C)	10:00-12:00 (%)	15:00-17:00 (%)	Günlük ortalama (%)
01.03.2024	15,2	15,2	15,2	50	47	48,5
02.03.2024	14,8	15,1	14,95	46	43	44,5
03.03.2024	14,7	15,3	15	51	44	47,5
04.03.2024	14,4	14,8	14,6	53	53	53
05.03.2024	14	14,5	14,25	55	52	53,5
06.03.2024	13,8	14,1	13,95	54	53	53,5
07.03.2024	13,5	14	13,75	57	53	55
08.03.2024	13,2	13,8	13,5	55	60	57,5
09.03.2024	12,9	13,1	13	53	52	52,5
10.03.2024	13	13,3	13,15	50	48	49
11.03.2024	13,1	13,8	13,45	43	43	43
12.03.2024	13,9	13,7	13,8	44	44	44
13.03.2024	14,2	14,2	14,2	52	44	48
14.03.2024	14,4	14	14,2	58	46	52
15.03.2024	14,4	14,5	14,5	60	45	52,5
16.03.2024	14	14,4	14,2	56	52	54
17.03.2024	14,2	14,7	14,45	54	54	54
18.03.2024	13,9	14,5	13,9	50	49	49,5
19.03.2024	14,6	15,8	15,2	43	35	39
20.03.2024	15,1	15	15,05	46	38	42
21.03.2024	13,6	14,1	13,85	50	48	49
22.03.2024	13,3	13,8	13,8	48	46	47
23.03.2024	11,9	12,7	12,3	46	44	45
24.03.2024	12,2	13,2	12,7	48	51	49,5
25.03.2024	13,9	14,2	14,2	43	48	45,5
26.03.2024	14	14,5	14,25	59	60	59,5
27.03.2024	15,1	15,5	15,3	51	58	54,5
28.03.2024	16	16,4	16,2	44	50	47
29.03.2024	16,8	18,1	18,1	52	50	51
30.03.2024	16	18,5	17,25	50	50	50
31.03.2024	16,5	18,8	17,65	51	52	51,5
Ortalama	14,21	14,76	14,48	50,7	48,77	49,74

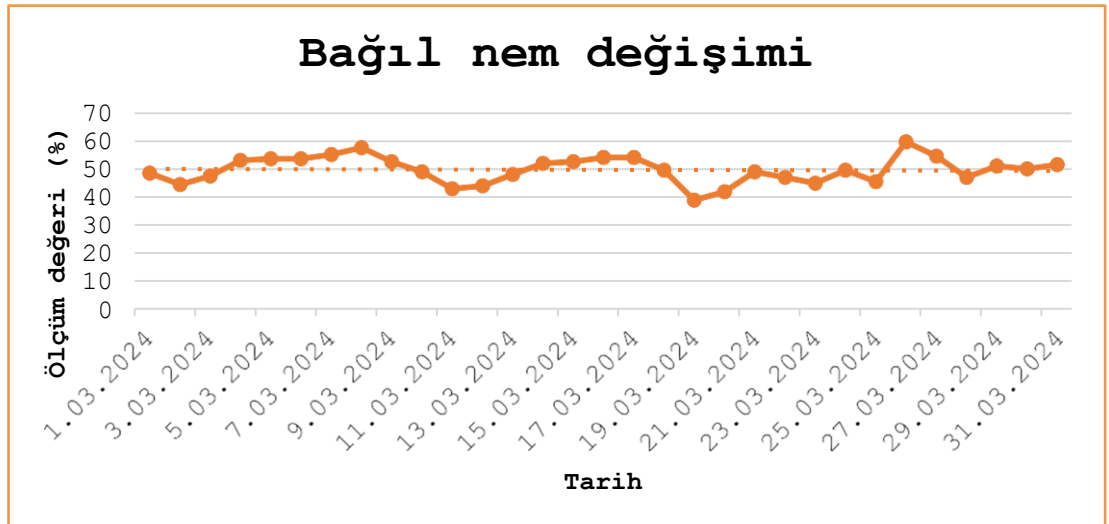
Şekil 4.11’ deki sıcaklık grafiği incelendiğinde, mart ayı boyunca elde edilen verilerin birbirine yakın seyrettiği görülmektedir.

2024 Mart ayında sıcaklık değeri aralık ayına göre yaklaşık 3 °C artmış, bağıl nem değerine bakıldığında ise % 50 dolayına gerilemiştir.



Şekil 4.11: 2024 Mart ayı iç ortam sıcaklık değişimi

Şekil 4.12’ deki bağıl nem değişim grafiği, mart ayı boyunca elde edilen verilerin birbirine yakın olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.12: 2024 Mart ayı iç ortam bağıl nem değişimi

Tablo 4.3’ de haziran ayı sıcaklık ve bağıl nem değerleri görülmektedir. Tablodaki verilere bakıldığında haziran ayı sıcaklık değerlerinin ortalaması 32,99 °C ve bağıl nem değerleri ortalaması % 37,51 olarak okunmuştur.

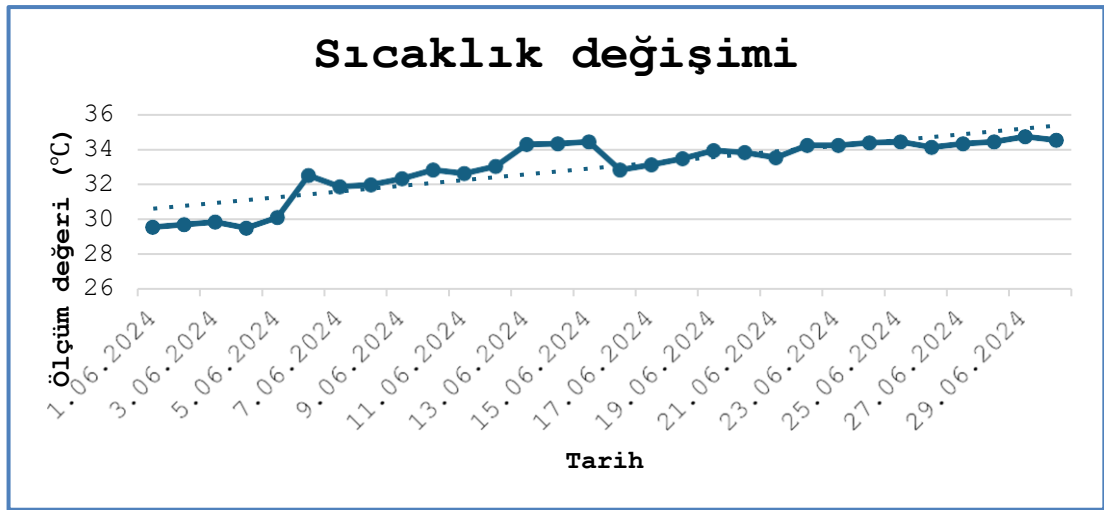
Tablo 4.3: 2024 Haziran ayı iç ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.

Tarih / Saat	Sıcaklık Değerleri			Bağıl Nem Değerleri		
	10:00-12:00 (°C)	15:00-17:00 (°C)	Günlük ortalama (°C)	10:00-12:00 (%)	15:00-17:00 (%)	Günlük ortalama (%)
01.06.2024	28,1	31,1	29,6	45	36	40,5
02.06.2024	28,5	31	29,75	43	36	39,5
03.06.2024	28,8	31	29,9	49	37	43
04.06.2024	29,1	30	29,55	42	37	39,5
05.06.2024	29,5	30,8	30,15	45	35	40
06.06.2024	30,5	34,6	32,55	38	34	36
07.06.2024	30,6	33,2	31,9	42	36	39
08.06.2024	30,5	33,5	32	37	35	36
09.06.2024	30,8	33,9	32,35	34	36	35
10.06.2024	31	34,7	32,85	30	33	31,5
11.06.2024	31,3	34	32,65	39	36	37,5
12.06.2024	31,9	34,2	33,05	36	36	36
13.06.2024	33,1	35,5	34,3	36	35	35,5
14.06.2024	33,6	35,1	34,35	37	36	36,5
15.06.2024	33,5	35,4	34,45	36	35	35,5
16.06.2024	32,6	33,1	32,85	35	33	34
17.06.2024	33	33,3	33,15	34	34	34
18.06.2024	33,5	33,5	33,5	35	32	33,5
19.06.2024	33,3	34,6	33,95	36	34	35
20.06.2024	33	34,7	33,85	38	35	36,5
21.06.2024	33,1	34	33,55	37	35	36
22.06.2024	33,7	34,8	34,25	38	36	37
23.06.2024	33,5	35	34,25	41	39	40
24.06.2024	33,6	35,2	34,4	40	38	39
25.06.2024	33,9	35	34,45	43	38	40,5
26.06.2024	33,1	35,2	34,15	37	37	37
27.06.2024	33,4	35,3	34,35	36	36	36
28.06.2024	33,8	35,1	34,45	42	40	41

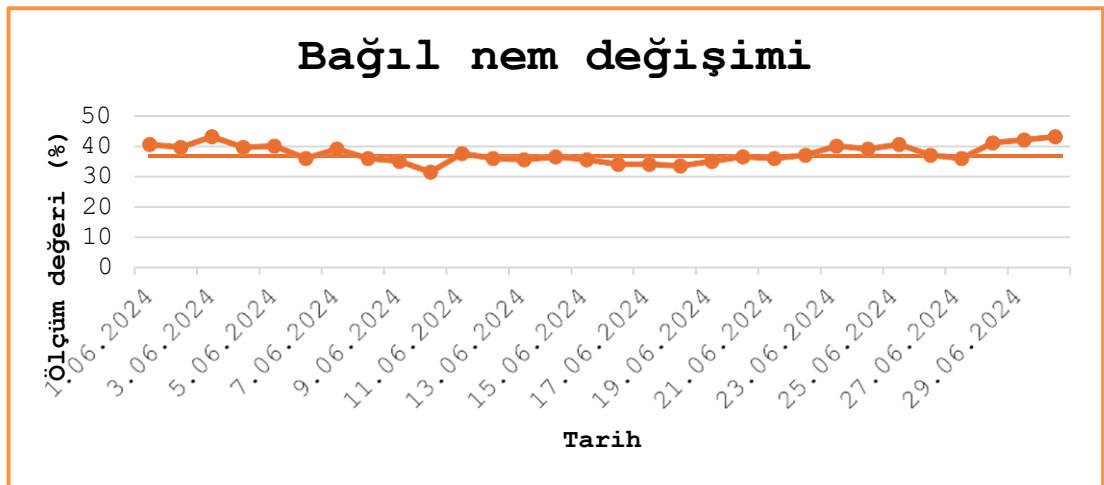
29.06.2024	34	35,5	34,75	43	41	42
30.06.2024	34	35,1	34,55	45	41	43
Ortalama	32,07	33,91	32,99	38,96	36,06	37,51

Tablo 4.3 (devam).

Şekil 4.13’deki sıcaklık grafiği, haziran ayı boyunca elde edilen verilerinin ay içinde yükselişte ve birbirine yakın olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra aralık ve mart aylarına göre sıcaklık değerinde belirgin bir yükseliş olmuştur. Bir sonraki grafik olan Şekil 4.14’deki bağıl nem değişim grafiği, haziran ayı boyunca elde edilen verilerinin mart ayına göre daha düşük olduğunu, ay içinde birbirine yakın seyrettiğini göstermektedir.



Şekil 4.13: 2024 Haziran ayı iç ortam sıcaklık değişimi.



Şekil 4.14: 2024 Haziran ayı iç ortam bağıl nem değişimi.

Tablo 4.4'teki verilere bakıldığında aralık ayı sıcaklık değerlerinin ortalamasının 12,46 °C ve bağıl nem değerleri ortalamasının % 63,72 olduğu görülmektedir.

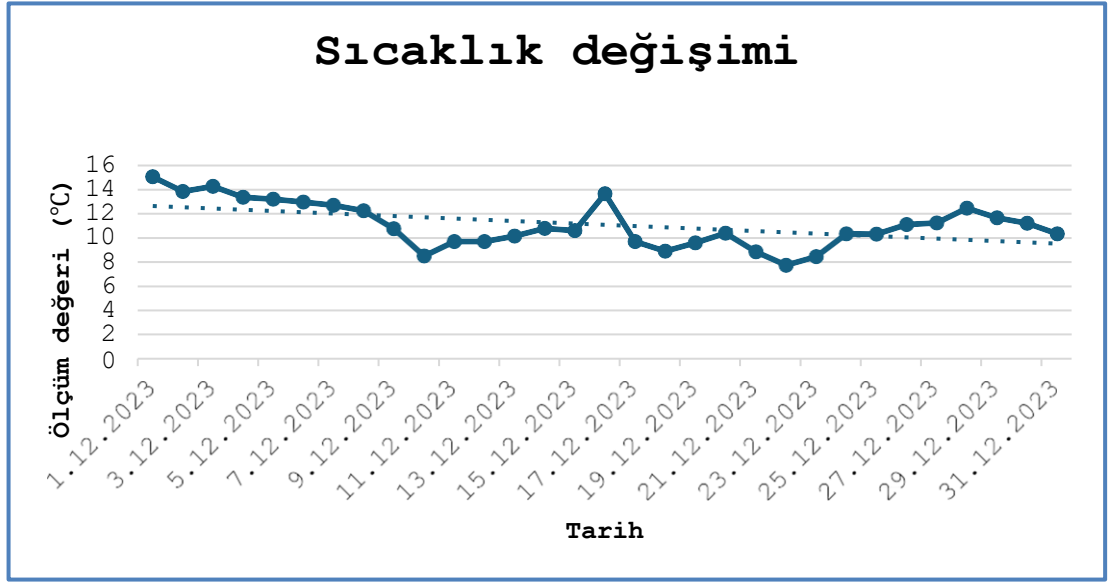
Tablo 4.4: 2023 Aralık ayı dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.

Tarih / Saat	Sıcaklık Değerleri			Bağıl Nem Değerleri		
	10:00-12:00 (°C)	15:00-17:00 (°C)	Günlük ortalama (°C)	10:00-12:00 (%)	15:00-17:00 (%)	Günlük ortalama (%)
01.12.2023	13,1	14,7	13,9	63	57	60
02.12.2023	13,3	14,8	14,05	69	58	63,5
03.12.2023	14,7	15,2	14,95	69	55	62
04.12.2023	14,3	14,8	14,55	69	77	73
05.12.2023	14,5	14,9	14,7	68	61	64,5
06.12.2023	12,5	14,3	13,4	70	63	66,5
07.12.2023	14	14	14	60	61	60,5
08.12.2023	14,2	14,1	14,15	62	63	62,5
09.12.2023	8,1	13,2	10,65	68	63	65,5
10.12.2023	9,5	13	11,25	68	65	66,5
11.12.2023	11,9	12,8	12,35	75	75	75
12.12.2023	11,5	12	11,75	71	70	70,5
13.12.2023	11	12,5	11,75	65	68	66,5
14.12.2023	11,4	12,7	12,05	63	61	62
15.12.2023	11,1	12,2	11,65	64	62	63
16.12.2023	12,5	13,9	13,2	78	69	73,5
17.12.2023	13	13,5	13,25	73	61	67
18.12.2023	12,2	12,7	12,45	54	50	52
19.12.2023	11,7	12,1	11,9	45	43	44
20.12.2023	11,5	12	11,75	54	50	52
21.12.2023	12	12,1	12,05	71	80	75,5
22.12.2023	11,5	12	11,75	90	78	84
23.12.2023	11,7	12,2	11,95	88	74	81
24.12.2023	11,1	11,7	11,4	58	53	55,5
25.12.2023	11,5	11,7	11,6	61	58	59,5
26.12.2023	11,7	12,1	11,9	58	55	56,5
27.12.2023	12,1	12	12,05	65	52	58,5
28.12.2023	12	11,3	11,65	68	50	59
29.12.2023	12,4	11,5	11,95	59	54	56,5

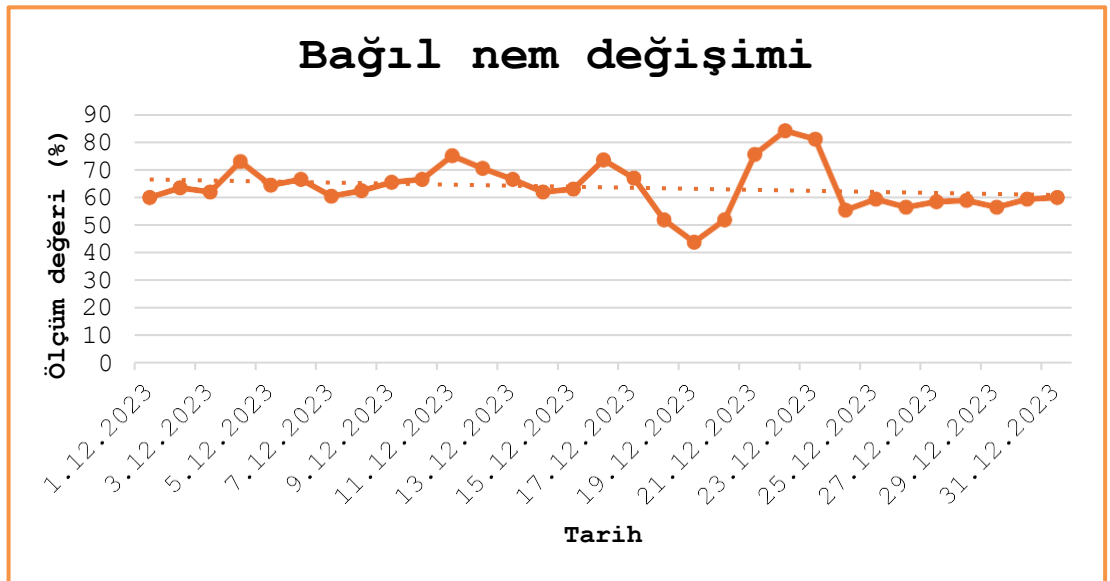
30.12.2023	12	10,1	11,05	63	56	59,5
31.12.2023	12,4	10,2	11,3	66	54	60
Ortalama	12,14	12,78	12,46	66,29	61,16	63,72

Tablo 4.4 (devam).

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 grafiklerinde sıcaklığın mevsim sonunda doğru düştüğü, bağıl nem değerlerinin ise yaklaşık olarak % 64 civarında seyrettiği söylenebilir.



Şekil 4.15: 2023 Aralık ayı dış ortam sıcaklık değişimi.



Şekil 4.16: 2023 Aralık ayı dış ortam bağıl nem değişimi.

Tablo 4.5'teki verilere bakıldığında mart ayı sıcaklık değerlerinin ortalamasının 14,67 °C ve bağıl nem değerleri ortalamasının % 41,98 olduğu görülmektedir.

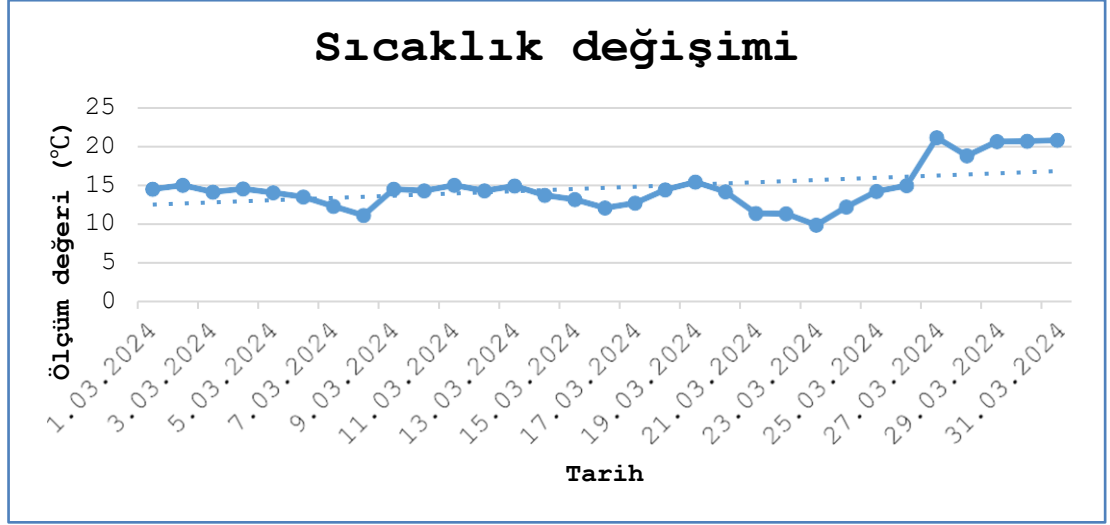
Tablo 4.5: 2024 Mart ayı dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.

Tarih / Saat	Sıcaklık Değerleri			Bağıl Nem Değerleri		
	10:00-12:00 (°C)	15:00-17:00 (°C)	Günlük ortalama (°C)	10:00-12:00 (%)	15:00-17:00 (%)	Günlük ortalama (%)
01.03.2024	13,2	15,9	14,55	39	39	39
02.03.2024	15,3	14,8	15,05	37	38	37,5
03.03.2024	13	15,3	14,15	38	38	38
04.03.2024	13,3	15,9	14,6	47	39	43
05.03.2024	13,2	15	14,1	50	38	44
06.03.2024	12,1	15	13,55	48	39	43,5
07.03.2024	10,8	13,9	12,35	53	39	46
08.03.2024	11	11,4	11,2	47	47	47
09.03.2024	11,3	17,8	14,55	43	44	43,5
10.03.2024	12,2	16,5	14,35	40	42	41
11.03.2024	14,5	15,6	15,05	37	35	36
12.03.2024	13,5	15,2	14,35	44	37	40,5
13.03.2024	15	14,9	14,95	46	36	41
14.03.2024	13	14,5	13,75	49	38	43,5
15.03.2024	12,4	14	13,2	54	38	46
16.03.2024	11,3	13	12,15	55	48	51,5
17.03.2024	11	14,5	12,75	48	50	49
18.03.2024	12,8	16,1	14,45	46	36	41
19.03.2024	15,3	15,6	15,45	37	43	40
20.03.2024	13,4	15	14,2	42	42	42
21.03.2024	10,7	12,2	11,45	43	39	41
22.03.2024	10,4	12,4	11,4	40	41	40,5
23.03.2024	8,7	11,2	9,95	38	37	37,5
24.03.2024	12	12,5	12,25	36	40	38
25.03.2024	14,6	13,9	14,25	49	43	46
26.03.2024	13,9	16,1	15	54	44	49
27.03.2024	20,2	22	21,1	36	41	38,5
28.03.2024	19	18,6	18,8	36	42	39
29.03.2024	18,3	22,9	20,6	38	34	36

30.03.2024	17,6	23,7	20,65	46	35	40,5
31.03.2024	18,2	23,4	20,8	44	41	42,5
Ortalama	13,58	15,76	14,67	43,87	40,09	41,98

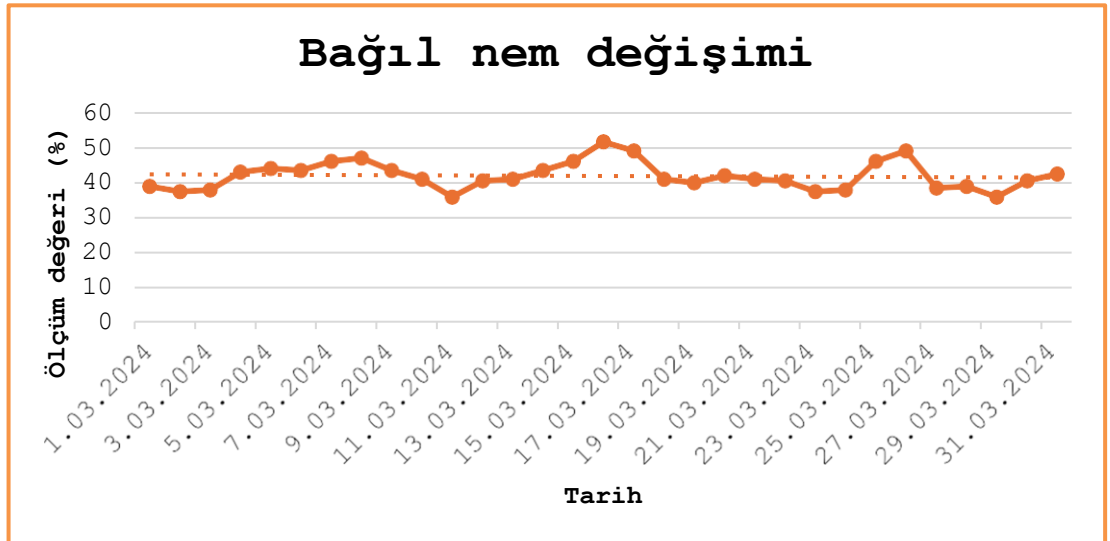
Tablo 4.5 (devam).

Mart ayı için oluşturan grafiklerde, ay sonuna doğru sıcaklık artışının olduğu Şekil 4.17’ de görülmektedir.



Şekil 4.17: 2024 Mart ayı dış ortam sıcaklık değişimi.

Şekil 4.18’de ise mart ayı bağıl nem değerlerinde, aralık ayına göre düşüş gözlenmiştir.



Şekil 4.18: 2024 Mart ayı dış ortam bağıl nem değişimi.

Tablo 4.6'daki verilere bakıldığında haziran ayı sıcaklık değerlerinin ortalamasının 35,2 °C ve nem değerleri ortalamasının % 30,78 olduğu görülmektedir.

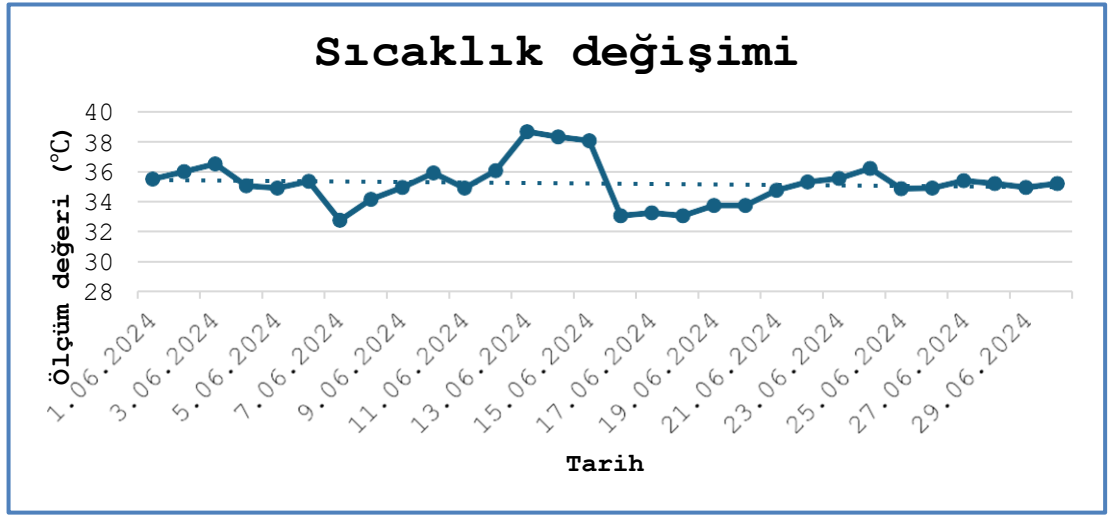
Tablo 4.6: 2024 Haziran ayı dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri.

Tarih / Saat	Sıcaklık Değerleri			Bağıl Nem Değerleri		
	10:00-12:00 (°C)	15:00-17:00 (°C)	Günlük ortalama (°C)	10:00-12:00 (%)	15:00-17:00 (%)	Günlük ortalama (%)
01.06.2024	35	36	35,5	32	31	31,5
02.06.2024	35,5	36,5	36	30	29	29,5
03.06.2024	36	37	36,5	30	27	28,5
04.06.2024	33,5	36,6	35,05	30	28	29
05.06.2024	33,1	36,7	34,9	30	28	29
06.06.2024	34,2	36,5	35,35	29	28	28,5
07.06.2024	30,1	35,4	32,75	31	29	30
08.06.2024	32,3	36	34,15	30	30	30
09.06.2024	34	35,9	34,95	29	28	28,5
10.06.2024	35,7	36,1	35,9	29	28	28,5
11.06.2024	34,1	35,7	34,9	29	27	28
12.06.2024	35,3	36,8	36,05	29	28	28,5
13.06.2024	38,6	38,7	38,65	27	29	28
14.06.2024	37,6	38,4	38	27	29	28
15.06.2024	38,1	38	38,05	28	30	29
16.06.2024	32,7	33,4	33,05	31	33	32
17.06.2024	33	33,5	33,25	31	32	31,5
18.06.2024	33,1	33	33,05	34	34	34
19.06.2024	33	34,5	33,75	35	35	35
20.06.2024	32,5	35	33,75	32	35	33,5
21.06.2024	34,5	35	34,75	33	36	34,5
22.06.2024	34,9	35,7	35,3	32	35	33,5
23.06.2024	35,1	36	35,55	31	34	32,5
24.06.2024	35,2	37,2	36,2	30	30	30
25.06.2024	33,2	36,5	34,85	34	32	33
26.06.2024	33,5	36,3	34,9	31	33	32
27.06.2024	33,8	37	35,4	30	33	31,5
28.06.2024	33,9	36,5	35,2	31	32	31,5
29.06.2024	34	35,9	34,95	30	34	32

30.06.2024	34,4	36	35,2	31	34	32,5
Ortalama	34,33	36,08	35,2	30,53	31,03	30,78

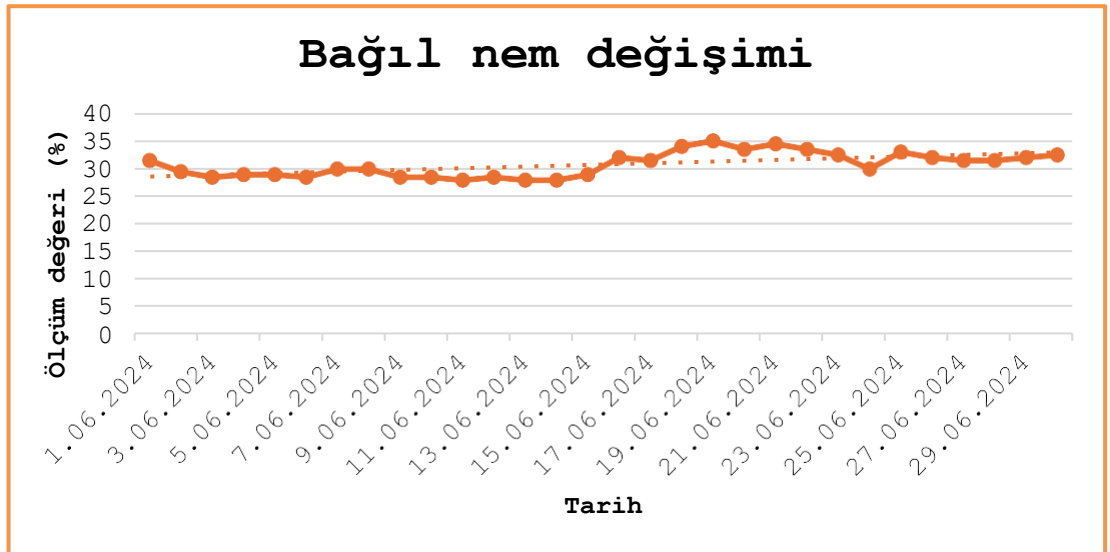
Tablo 4.6 (devam).

Şekil 4.19 grafiğinde haziran ayında dış ortam sıcaklığı ortalama 35 °C , Şekil 4.20’ de görülen bağıl nem değişim grafiğinde ise değerlerin % 30’a kadar düştüğü söylenebilir.



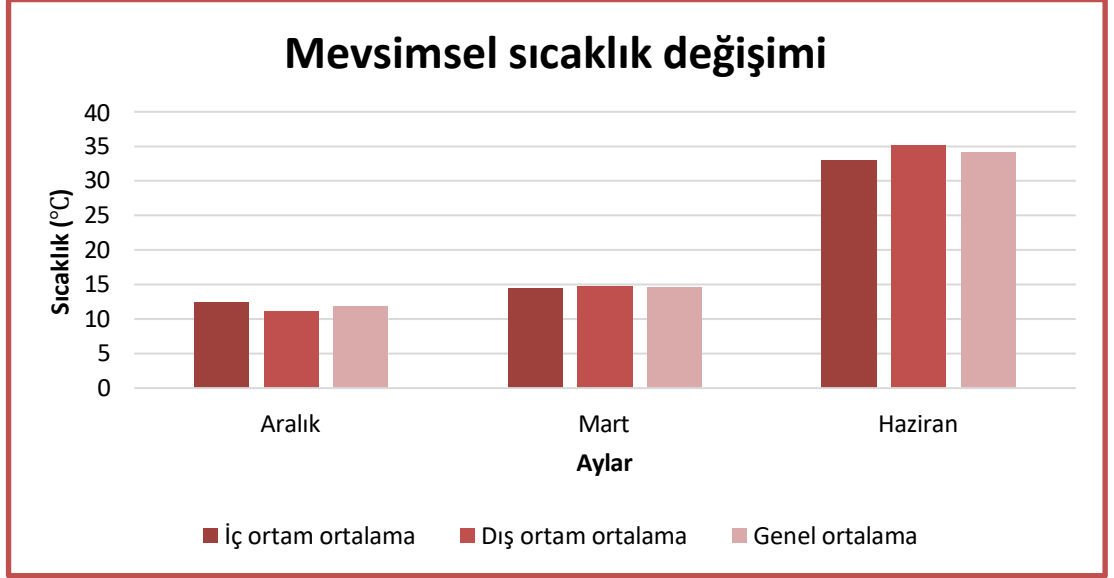
Şekil 4.19: 2024 Haziran ayı dış ortam sıcaklık değişimi.

Haziran ayına gelindiğinde bağıl nem değerleri ortalama % 30 değerlerinde okunmuştur.

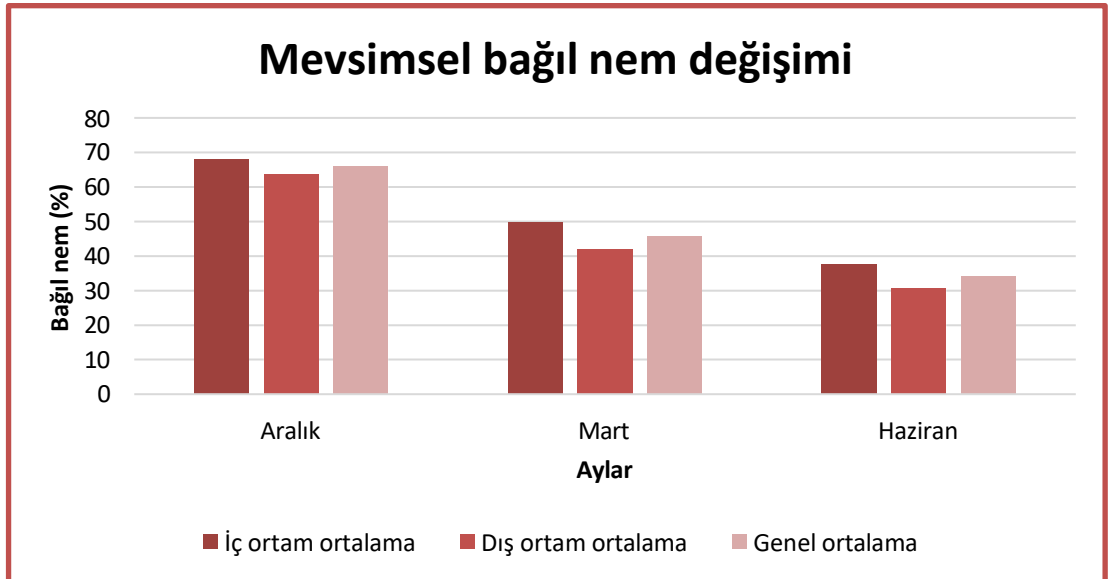


Şekil 4.20: 2024 Haziran ayı dış ortam bağıl nem değişimi.

Şekil 4.21 ve 4.22’ de oluşturulan grafiklerde bütün ölçüm tabloları göz önünde bulundurulduğunda, ortam için sıcaklık verilerinin aralık ayından haziran ayına doğru yükseldiği; bağıl nem verilerinin ise azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.21: Mevsimsel sıcaklık değişimi.



Şekil 4.22: Mevsimsel bağıl nem değişimi.

Tablo 4.7’ de Denizli ili için 1957 ve 2003 yılları arasındaki aylık sıcaklık verileri görülmektedir.

Tablo 4.7: Denizli ili için 1957-2003 yılları aylık sıcaklık verileri (Url1).

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)
Ocak	5,9	10,6	2,4	22,6	-10,5
Şubat	7,2	12,4	3,1	25,9	-11,4
Mart	10,2	16	5,4	30,8	-7
Nisan	14,7	21	9,2	35,8	-2
Mayıs	19,6	26,5	13,4	39,5	2,7
Haziran	24,3	31,3	17,5	44,1	7,9
Temmuz	27,4	34,7	20,3	43,9	12,6
Ağustos	27	34,6	20	44,4	11,6
Eylül	22,7	30,2	16	41,6	6,6
Ekim	17,1	24	11,5	36,9	-0,8
Kasım	11,7	17,5	7,2	31,6	-4,5
Aralık	7,7	12,3	4,2	26,6	-10,4
Yıllık	16,3	22, 6	10, 8	44,4	-11,4

Tablo 4.8’ de 1970 ve 2023 yılları arasında Türkiye’de ölçülen ortalama nisbi (bağıl) nem değerleri verilmiştir. Tablodaki ortalama değerler, Şekil 4.17’deki konforlu nem bölgesi içinde kalmaktadır. Salon için elde edilen veriler de bu tablodaki değerlere yakın sayılabilecek sonuçlardır.

Tablo 4.8: Türkiye için yıllara göre ortalama nem değerleri (Url2).

Türkiye Ortalama Bağıl Nem Değerleri	
Üzerinde Çalışılan İstasyon Sayısı	236
1970-2023 Yılları Arasında En Fazla Ortalama Nisbi Nem Yılı (1991)	66,70 %
1970-2023 Yılları Arasında En Az Ortalama Nisbi Nem Yılı (2013)	59,60 %
1970-2023 Yılları Arasında Türkiye Ortalama Nisbi Nem	63,50 %

Tablo 4.9’ da 1970 ve 2023 yılları arasında aylara göre ortalama bağıl nem değerleri inceleyebilir.

Tablo 4.9: Türkiye için yıllara göre aylık ortalama bağıl nem değerleri.

1970-2023 Yılları Aylık Ortalama Bağıl Nem Değerleri						
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
%	73,2	70,6	67,1	63,9	61,9	57,1
Aylar	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
%	53,1	53,7	55,9	63,5	69,2	73,7

Tablo ve grafikler incelendiğinde ortalama sıcaklık ölçüm sonuçları aralık ayı içinde iç ortam sıcaklık ortalamasının 12,46 °C ve dış ortam sıcaklık ortalama değerinin 11,08 °C olduğu görülmüştür. Aralık ayı ortalama bağıl nem değerleri ise, iç ortam ortalaması % 68,15 ve dış ortam ortalaması % 63,72 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.1 ve 4.4).

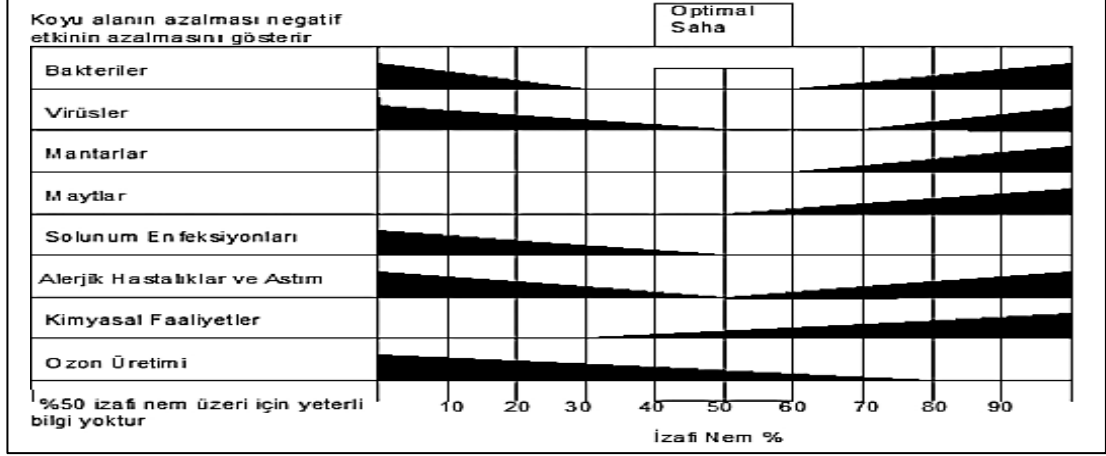
Mart ayı ölçüm sonuçlarına bakıldığında, iç ortam sıcaklık ortalaması 14,48 °C, dış ortam sıcaklık ortalaması 14,67 °C’ dir. Mart ayı bağıl nem değerlerinin ölçüm sonuçlarına bakıldığında, iç ortam ortalama değeri % 49,74 ve dış ortam ortalama değerinin % 44,98 olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 4.2 ve Tablo 4.5).

Haziran ayına ait olan tablo incelendiğinde, iç ortam sıcaklık ortalamasının 32,99 °C ve dış ortam sıcaklık ortalamasının 35,2 °C olduğu görülür. Yine Tablo 4.3 ve Tablo 4.6’da görüldüğü gibi, haziran ayı ortalama bağıl nem ölçüm değerleri iç ortam için % 37,51, dış ortam ortalama bağıl nem değeri ise % 30,78 olarak okunmaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde, sıcaklık ortama değerlerin Tablo 4.7’de görülen Denizli ili için 1957-2023 yılları aylık sıcaklık verileriyle uyumlu olduğu görülmüştür (Url 1). Bağıl nem değerlerine bakıldığında da, sonuçların Tablo 4.8’deki Türkiye için yıllara göre ortalama nem değeri verilerine (Url 2), Tablo 4.9’daki Türkiye yıllara göre aylık ortalama bağıl nem değeri verilerine yakın olduğu söylenebilir (Url 2).

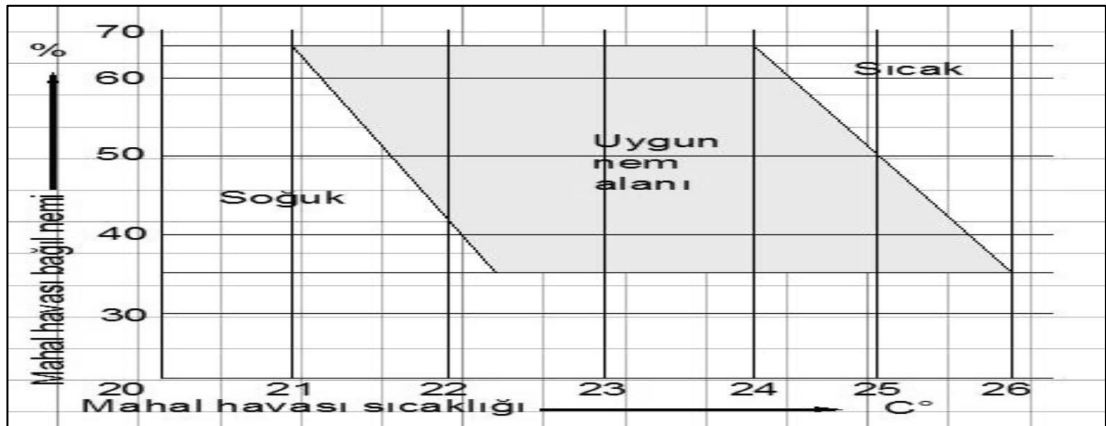
Sağlıklı ve konforlu bir iç hava kalitesi oldukça önemlidir. Şekil 4.24’de de görüldüğü gibi iki uç nokta arasında (%30 ile %70) insan konforunun, üretkenliğinin

ve sağlığının müsait olduğu alanlardır. Yüksek izafi nem oranı patojenik ve alerjik organizmaların üremesine neden olurlar. Bu nedenlerden dolayı izafi nemi %30 ile %70 arasında tutmak gerekir (ilingiroğlu 2010).



Şekil 4.23: Sağlık yönünden mahallerde uygun olan optimal izafi nem sahası (ilingiroğlu 2010).

Sıcaklık ve nem birbirinden ayrı düşünülmediği için sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumu için belirlenir (Doğan 2007). Yaz şartlarında iç hava sıcaklığı daha çok dış sıcaklığa göre seçilmesine rağmen, kış aylarında iç ortam tasarım sıcaklığı ortamın kullanım amacı ve tipine göre de belirlenmektedir. İç ortam sıcaklığı değişik ortamlar için 15-26 °C ve iç ortam bağıl nemi ise %30 ile %70 arasında önerilmektedir (ASHRAE 2013).



Şekil 4.24: Sıcaklık ve bağıl neme bağlı konfor bölgeleri (ASHRAE 2013).

Tüm bu elde edilen veriler neticesinde spor salonunun ısı konforu ve ideal hava şartlandırması için; yıllık ısıtma ihtiyacı, özgül ısı kaybı, ortamın ısı kazancı, mahalin CO₂ konsantrasyonu ve ortamda taze hava dolaşımı için tasarım şartları hesaplanmaya çalışılacaktır. Salonun mevcut durumu için yapılan hesaplamalar neticesinde, sonuçları iyileştirme yoluna gidilecek ve çözüm önerisi getirilmeye çalışılacaktır.

Yazıcı (2011) yaptığı çalışmada Denizli ilinde bulunan bir binanın TS 825 hesap yöntemine göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını, tüketilen yakıtın maliyetini ve mahalin emisyon miktarını incelemiştir. Yaptığı hesaplamalarda yıllık ısıtma enerjisi miktarını, özgül ısı kaybını, yakıt maliyetini ve emisyon miktarı sonuçlarını derece gün ve derece saat yöntemini kullanmıştır. Yakıt olarak doğalgaz kullanılan mahalin enerji maliyetini hesaplamış ve karşılaştırma yapmıştır. Enerji giderinin beklenenden fazla çıkmasını Denizli ili için kabul edilen en düşük sıcaklık değeri olan -6 °C' ye göre hesaplama yapılmış olmasına bağlamıştır. Elde edilen hesaplama verilerinin daha sağlıklı olması için hesaplamada kullanılan sıcaklık verilerinin tüm yıla yayılarak elde edilmesi gerektiği sonucuna varmıştır.

5. BULGULAR

Bu bölümde; yapının mevcut ve istendik taze hava ihtiyacı, özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi, ısı kazancı ve havalandırma analizi bulgularına yer verilmiştir.

5.1 Mahalin Taze Hava İhtiyacı

1894 yılında kurulan Amerikan Isıtma ve Klima Mühendisleri Derneği (ASHRAE) uluslararası kabul gören bir kuruluştur. 2010 yılında yayımlanan ANSI/ASHRAE STANDART 62.1-2010 standardı havalandırma için kabul edilebilir iç hava kalitesini ifade etmektedir (Atalay 2018).

Taze hava spor ve sporcu sağlığı açısından oldukça önemlidir. Öncelikle mahalin taze hava ihtiyacı belirlenmelidir. Bu hesaplama ASHRAE 62.1 standardı tablo 6.1'deki ortamdaki kişi sayısı ve mahaldeki alan başına taze hava ihtiyacı baz alınarak yapılmıştır.

300 kişilik ve 850 m² alana sahip olan kapalı spor salonunun hava debisi hesaplanırken, kullanım amacına en yakın olan aerobik odaları seçilmiştir.

Hava debisi hesabı:

$$V_D = L/s \times (\text{kişi başına}) + L/s \times m^2 (\text{alan başına})$$

$$V_D = 3,8 \times 300 + 0,3 \times 850$$

$$V_D = 1140 + 255 = 1.395 \text{ L/s olarak hesaplanmıştır.}$$

Burada havanın debisini m³/h olarak hesapladığımızda sonuç $1.395 \text{ L/s} \times 3600/1000 = 5.022 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak bulunur.

5.2 Havalandırma Analizi

300 kişilik 850 m² spor salonu için taze hava ihtiyacı ASHRAE 62.1 standartlarına göre 5.022 m³/h olarak hesaplanmıştır. Salon için mekanik havalandırma düşünüldüğünde 6.000 m³/h hava debisi için aşağıdaki hesap yapılmıştır.

[illegible]

Şekil 5.1: Havalandırma için hava kanalı ve menfez hesabı.

Şekil 5.1’deki hesaplamada ortamdaki havayı tazelemek için giriş ve çıkış hattı olarak 6.000 m³/h kapasiteli gidiş ve dönüş hattı olmak üzere iki adet hava kanalı, bu her kanalda 3 adet olmak üzere toplam 6 adet menfez seçiminin uygun olduğu görülmektedir.

5.3 Mahalin Özgöl Isı Kaybı Analizi

Spor salonunun sağlıklı iç hava kalitesinin sağlanması için bazı hesaplamalara ve sonuçların analizine ihtiyaç vardır. Salonun farklı mevsim şartlarında konforlu hizmet verebilmesi, havalandırma sisteminin sağlıklı çalışabilmesi ve sporcu sağlığı anlamında kabul görmüş standartlara göre dizayn edilmesi gerekmektedir.

Elde edilen veriler ışığında, salonun mevcut halinin İZODER TS-825 standartlarına göre EK D' dedi tablolara göre özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Her iki hesaplamada da dışa bakan duvarlar, kapılar, pencereler, taban, tavan ve güneş enerjisi bileşenleri hesaba dahil edilmiştir. Özgöl ısı kaybı, bir maddenin birim kütlesinin sıcaklığını bir birim olarak yükseltmek için denilebilir.

Hesaplama yapılırken spor salonu için konforlu iç ortam sıcaklığı 19 °C kabul edilmiştir. Hesaplamaya giren faktörler, veri giriş ekranlarında görülmektedir.

Şekil 5.2: İZODER TS-825 program veri girişi.

İZODER TS-825 - C:\Users\Egemen\Desktop\TEZ SON 1 HAFTA\HESAPLAR\hesaplamalar\yalıtmsız izoder.izo - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

- Proje
- Duvar
 - Dış Hava'ya Açık
 - Isıtılmayan İç Ortama Bitişlik
 - Toprağa Temas Eden
- Tavan
 - Teras Çatı
 - Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)
 - Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı Arası)
- Taban
- Pencere
- Kapı
- Güneş Enerjisi Kazancı

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : Duvar1.1 Ekle Sil Asmolen

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	μ
1	0,03	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,19	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	0,33	5
3	0,2	4.2 Çimento harcı	1,6	15

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütle (1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikçe)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar, Şaplar ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanları (Bu bölümde yer al...			
+ 6 Yalıtım Katmanları ve Levhaları			
+ 7 Kargir Duvarlar (Harç fugaları - derzler...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Pencere	U Kapı
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

A Alan : 796,5 U Değeri : 1,11

☐ Dış cepheye havalandırılan hava boşluğu ve dış cephe kaplaması var. Hesapla

Duvar (Dış Hava'ya Açık)

Kesit Görüntüsü

Şekil 5.3: İZODER TS-825 duvarlar için program veri girişi.

İZODER TS-825 - C:\Users\Egemen\Desktop\TEZ SON 1 HAFTA\HESAPLAR\hesaplamalar\yalıtmsız izoder.izo - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

- Proje
- Duvar
 - Dış Hava'ya Açık
 - Isıtılmayan İç Ortama Bitişlik
 - Toprağa Temas Eden
- Tavan
 - Teras Çatı
 - Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)
 - Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı Arası)
- Taban
- Pencere
- Kapı
- Güneş Enerjisi Kazancı

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : Tavan1.1 Ekle Sil Asmolen

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	μ
1	0,02	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,12	5.1.1 Donatılı	2,5	80

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütle (1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikçe)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar, Şaplar ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanları (Bu bölümde yer al...			
+ 6 Yalıtım Katmanları ve Levhaları			
+ 7 Kargir Duvarlar (Harç fugaları - derzler...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

A Alan : 850 U Değeri : 3,597

☐ Çatıda havalandırılan hava boşluğu ve çatı kaplaması var. Hesapla

Tavan (Kırma Çatı-Kullanılmayan)

Kesit Görüntüsü

Şekil 5.4: İZODER TS-825 tavan için ısı kaybı program veri girişi.

İZODER TS 825 - C:\Users\Egemen\Desktop\TEZ SON 1 HAFTA\HESAPLAR\hesaplamalar\yalıtsmsız izoder.izo - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

- Proje
 - Duvar
 - Diş Havaaya Açık
 - Isıtılmayan İç Ortama Bitişik
 - Toprağa Temas Eden
 - Tavan
 - Teras Çatı
 - Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)
 - Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı A)
 - Taban
 - Toprağa Temas Eden
 - Isıtılmayan İç Ortama Bitişik
 - Açık Geçit Üzeri
 - Pencere
 - Kapı
 - Güneş Enerjisi Kazancı

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : Taban1.1 Ekle Sil Asmolen

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	μ
1	0,15	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (mıcır)	0,7	3
2	0,15	5.1.1 Donatılı	2,5	80
3	0,06	4.6 Çimento harçlı şap	1,4	15
4	0,02	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	0,23	50000

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütle (1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buhanı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer al...)			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugalı - derzleri...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 850 U Değeri : 1,742

Hesapla

Taban (Toprağa Temas Eden)

Kesit Görüntüsü

Şekil 5.5: İZODER TS-825 taban için ısı kaybı program veri girişi.

İZODER TS 825 - C:\Users\Egemen\Desktop\TEZ SON 1 HAFTA\HESAPLAR\hesaplamalar\yalıtsmsız izoder.izo - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

- Proje
 - Duvar
 - Diş Havaaya Açık
 - Isıtılmayan İç Ortama Bitişik
 - Toprağa Temas Eden
 - Tavan
 - Teras Çatı
 - Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)
 - Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı A)
 - Taban
 - Toprağa Temas Eden
 - Isıtılmayan İç Ortama Bitişik
 - Açık Geçit Üzeri
 - Pencere
 - Kapı
 - Güneş Enerjisi Kazancı

Adı : Diş Pencere1 Ekle Sil TS 2164'den Bul

Çeşitli Pencere Sistemlerinin U Değerleri

Alan : 37,75 U Değeri : 2,9 Pencere Tipi : Cam Tipi :

Cam Tipi	Yük Cam	Çift Camlı Pencere (Kaplama Cam)				Çift Camlı Low-e Kaplamalı Pencere			
		ANA BOŞLUK (mm)				ANA BOŞLUK (mm)			
Cam Tipi	g	g	g	g	g	g	g	g	
Doğramasız Camlar	5,7	3	3	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	
Ahşap Doğrama (Meşe,Dişbudak-Sert Ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3	2,8	2,8	2,3	2,2	
Ahşap Doğrama (İğne Yapraklı Yumuşak Ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2	
Plastik Doğrama (İki Odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3	2,9	2,9	2,4	2,3	
Plastik Doğrama (Üç Odacıklı)	5	3,2	3	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	
Alüminyum Doğrama	5,9	4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3	
Alüminyum Doğrama (Yalıtım Köprülü)	5,2	3,4	3,2	3	2,9	2,9	2,4	2,3	

Pencere (Tip1)

NOT

Yukarıdaki tablodaki değerler TS 2164 11.05.2000 tarihli revizyonunda yer alan çizelge 6.A ve 6.B'de verilen değerler ve sektörde yer alan cam ve doğrama üreticilerinin bir kısmının Ug ve Uf değerlerini bildiren belgeleri esas alınarak TS 2164'e göre belirlenmiştir.Bu değerlerin hesaplamalarda kullanılması durumunda, hangi üreticilerin ürünü kullanılıyor ise bu üreticilerin Ug (glass) ve Uf (frame) belgeleri istenmeli ve TS 2164'e göre yeniden kontrol edilmelidir.

Şekil 5.6: İZODER TS-825 pencereler için ısı kaybı program veri girişi.

İZODER TS 825 - C:\Users\Egemen\Desktop\TEZ SON 1 HAFTA\HESAPLAR\hesaplamalar\yalıtsız izoder.izo - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

Proje

Duvar

Diş Havaaya Açık

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Toprağa Temas Eden

Tavan

Teras Çatı

Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)

Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı A)

Taban

Toprağa Temas Eden

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Açık Geçit Üzeri

Pencere

Diş Ortama Bakan

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Kapı

Diş Ortama Bakan

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Güneş Enerjisi Kazancı

Veri Girişleri

Yoğuşma Hesabı

Parametre Girişleri

Geri Ödeme Süresi

Çizelgeler

Adı : Diş Kapı1 Ekle Sil

Çeşitli Kapı Sistemlerinin U Değerleri

Alan : 12,6 U Değeri : 5,5

Kapı Tipi	U Değeri
Diş Kapı-Ağaç/Plastik	3,5
Diş Kapı-Metal (Isı Yalıtımlı)	4
Diş Kapı-Metal (Isı Yalıtımsız)	5,5
İç Kapılar	2

NOT

Yukarıdaki tabloda değerler TS 2164 kalorifer tesisatı projelendirme kuralları standardının 11.05.2000 tarihli revizyonunda yer alan çizelge 6.C'den alınmıştır.

Şekil 5.7: İZODER TS-825 dış kapılar için ısı kaybı program veri girişi.

İZODER TS 825 - C:\Users\Egemen\Desktop\TEZ SON 1 HAFTA\HESAPLAR\hesaplamalar\yalıtsız izoder.izo - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

Proje

Duvar

Diş Havaaya Açık

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Toprağa Temas Eden

Tavan

Teras Çatı

Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)

Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı A)

Taban

Toprağa Temas Eden

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Açık Geçit Üzeri

Pencere

Diş Ortama Bakan

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Kapı

Diş Ortama Bakan

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Güneş Enerjisi Kazancı

Veri Girişleri

Yoğuşma Hesabı

Parametre Girişleri

Geri Ödeme Süresi

Çizelgeler

Güneş Enerjisi Kazancı

Pencere Adı : Diş Pencere1 Seçili Pencereye Değerleri Ata Yardım

Doğu	Batı	Güney	Kuzey
A_p (m ²) 0	A_p (m ²) 0	A_p (m ²) 87,75	A_p (m ²) 0
Kuzey-Doğu A_p (m ²) 0	Kuzey-Batı A_p (m ²) 0	Güney-Doğu A_p (m ²) 0	Güney-Batı A_p (m ²) 0
Yatay A_p (m ²) 0	Toplam : 87,75	Toplam Pencere Alanı 87,75	Girilmiş Pencere Alanı 87,75

Doğu	Batı	Güney	Kuzey
$U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8	$U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8	$U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8	$U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8
Kuzey-Batı $U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8	Kuzey-Doğu $U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8	Güney-Batı $U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8	Güney-Doğu $U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8
Yatay $U_{i,ay}$ 0,80 0,60 0,50 ☒ Sec 0,8			

Doğu	Batı	Güney	Kuzey
$U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85	$U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85	$U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,75	$U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85
Kuzey-Batı $U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85	Kuzey-Doğu $U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85	Güney-Batı $U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85	Güney-Doğu $U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85
Yatay $U_{g,jl}$ 0,85 0,75 0,50 ☒ Sec 0,85			

Şekil 5.8: İZODER TS-825 güneş enerjisi için ısı kaybı program veri girişi.

Bir mahalın toplam özgül ısı kaybı hesaplanırken; $H = H_T + H_V$ eşitliği kullanılır. Burada H_T ifadesi iletim ve ışıınım yoluyla ısı kaybını ifade eder. H_V ifadesi de havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı ifade eder.

Bu hesaplamada mevcut durumun özgül ısı kaybı 5.605,96 W/K olarak bulunmuştur. Şekil 5.9 detaylı incelendiğinde mahalde ısı yalıtımı olmadığı görülmektedir.

Binanın Özgöl Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi								
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,03	1	0,0300				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,33	0,5758				
	4.2 Çimento harcı	0,2	1,6	0,1250				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,0400				
TOPLAM				0,901	1,110	796,50	884,12	
TAVAN:Çatılı Kullanılmayan Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200				
	5.1.1 Donatılı	0,12	2,5	0,0480				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,0800				
TOPLAM				0,8 x A x U	0,278	3,597	850,00	2445,96
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1700				
	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (micir)	0,15	0,7	0,2143				
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,0600				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,06	1,4	0,0429				
	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar	0,02	0,23	0,0870				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,0000				
TOPLAM				0,5 x A x U	0,574	1,742	850,00	740,35
Dış Pencere1					2,9	87,75	254,475	
Dış Kapı1					5,5	12,6	69,3	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						4.394,2		
$\Sigma AU = U_{DAD} + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8 U_T.A_T + 0.5 U_t.A_t + U_d.A_d + \dots$ $\Sigma AU = 4.394,2$ Özgöl ısı kaybı ; H = HT + Hv				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; HT = $\Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı = W/K = 0,33 . nh . Vh 1.211,76				
H = Hi + Hh =5.605,96..... W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil 5.9: İZODER TS-825 özgül ısı kaybı program hesaplama çıktısı.

5.4 Mahalin Yıllık Isıtma Enerjisi Analizi

Özgül ısı kaybı hesabından sonra mahal için toplam yıllık ısıtma enerjisi hesabı yapılmalıdır. Isıtma enerjisi hesabında, ısı kayıplarıyla beraber ısı kazançları da etkili olmaktadır. Isıtma enerjisi hesabı;

$$Q_{ay} = [H (\Theta_i - \Theta_e) - \rho (\Phi_{i,ay} + \Phi_{s,ay})] \times t(J)] \text{ eşitliğiyle bulunur.}$$

Bu eşitlik aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Eşitlikte her aya ait ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplandıktan sonra toplam yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenebilir.

Isı kaybı; iletimle ısı kaybı, taşınım ile ısı kaybı ve radyasyonla ısı kaybı olmak üzere farklı şekillerde gerçekleşir. Hesaplamalarda mahalın bulunduğu Denizli ili için kabul edilen dış ortam sıcaklıkları ile araştırma sürecinde elde ölçülen mahal dış ortam sıcaklıkları kullanılmıştır.

Hesaplamalarda ve bulunan sonuçlarda en önemli değişken iç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı olacaktır. Çünkü yıllık ısıtma ihtiyacının büyük bir bölümünü iletim yoluyla ısı kaybı oluşturacaktır. Güneşten gelen ısı kazançları kış mevsiminde azalacağı için ısı kaybı artacak; yaz mevsiminde artacağı için ısı kaybı kış mevsimine nispeten azalacaktır.

5.4.1 TS-825 Standardına Göre Isıtma Enerjisi

Özgül ısı kaybı hesabı yapıldıktan sonra İZODER TS-825 standardına göre EK D' deki tablolara yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının yukarıdaki Şekil 5.10 incelendiğinde 259.636 kWh olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Ozgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	5.605,96	16,1	90.256	9.180	3.033	12.213	0,14	1,00	202.287.342
ŞUBAT		14,6	81.847		3.538	12.718	0,16	1,00	179.182.409
MART		11,7	65.590		3.664	12.844	0,20	0,99	137.049.750
NİSAN		6,2	34.757		3.791	12.971	0,37	0,93	58.822.724
MAYIS		1,0	5.606		3.875	13.055	2,33	0,35	2.687.023
HAZİRAN		0,0	0		4.001	13.181	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		3.917	13.097	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		3.917	13.097	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		3.749	12.929	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	27.469		3.454	12.634	0,46	0,89	42.054.951
KASIM		10,5	58.863		2.822	12.002	0,20	0,99	121.773.663
ARALIK		15,2	85.211		2.696	11.876	0,14	1,00	190.083.262
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^3 \text{ KWh}$		
$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 933.941.517$									
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^3 \times 933.941.517 \text{ (kJ)} = 259.636 \text{ kwh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \phi_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} \quad 2.596,85 \quad m^2$									
$V_{brüt} \quad 5737,5 \quad m^3$									
Hesaplanan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \quad 45,25 \quad kWh/m^3 \quad A_n = 0,32 \times V_{brüt} \quad 1.836 \quad m^2$									
$A_{top} / V_{it} \quad 0,45 \quad 2. \quad \text{oran}$									
EK A.2' den bölge için $22,4 \times A/V + 7,8$									
formülünde $Q' = 17,94$									
yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 17,94 \text{ kWh/m}^3$									
$Q > Q' (45,25 > 17,94)$ olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Şekil 5.10: İZODER TS-825 değerlerine göre yıllık ısıtma enerjisi.

5.4.2 Ölçüm Verilerine Göre Isıtma Enerjisi

Özgül ısı kaybı hesabı yapıldıktan sonra aralık, mart ve haziran aylarındaki elde edilmiş olan ortalama sıcaklık verilerine göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının Şekil 5.11 incelendiğinde 108.449 kWh olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Ozgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
							γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK	5.605,96	7,9	44,287	9.180	3.033	12.213	0,28	0,97	83.978.916
ŞUBAT		7,9	44,287		3.538	12.718	0,29	0,97	82.840.731
MART		4,3	24,106		3.664	12.844	0,53	0,85	34.287.386
NİSAN		4,3	24106		3.791	12.971	0,54	0,84	34.104.060
MAYIS		0,0	0		3.875	13.055	0,00	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		4.001	13.181	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		3.917	13.097	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		3.917	13.097	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		3.749	12.929	0,00	0,00	0
EKİM		4,3	24,106		3.454	12.634	0,52	0,85	34.594.383
KASIM		4,3	24,106		2.822	12.002	0,50	0,87	35.548.144
ARALIK		7,9	44,287		2.696	11.876	0,27	0,98	84.749.024
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$							$1 \text{ kJ}=0,278 \cdot 10^3 \text{ KWh}$		
$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 390.102.645$									
$Q_{ay} = 0,278 \times 10^3 \times 390.102.645 \text{ (kJ)} = 108.449 \text{ kWh}$									
$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{\text{toplam}} = 2.596,85 \text{ m}^2$									
$V_{\text{brüt}} = 5737,5 \text{ m}^3$									
$Q = Q_{yıl} / V_{\text{brüt}} = 19 \text{ kWh/m}^3$									
$A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 1.836 \text{ m}^2$									
$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,45$									
$Q' = 22,4 \times A/V + 7,8$									
$Q' = 17,94 \text{ kWh/m}^3$									
$Q > Q' \text{ (19>18)}$ olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Hesaplama verileri elde edilen verilerle yapıldığından uygunluk yorumu yapılamaz.									

Şekil 5.11: Elde edilen ölçümlere göre yıllık ısıtma enerjisi.

5.5 Mahalin Isı Kazancı Analizi

Isıl konfor için bir mahalin ısı kaybı hesabının yanı sıra o mahal için ısı kazancı hesabının yapılması gerekmektedir. Isı kazancı mevsimsel değişimlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Isı kaybı daha çok soğuk mevsimlerde gerçekleşirken, ısı kazancı daha çok sıcak mevsimlerde oluşmaktadır. Burada mahal için iki farklı hesaplama yapılmış olup; ilk durumda Denizli ilinin haziran ayı için kabul edilen ortalama değerler, ikinci durumda ise Tablo 4.6'daki elde edilen ölçüm değerleridir. Mevsim olarak haziran ayı seçilmesinin sebebi sıcaklık değerlerinin aralık ve mart ayına göre yüksek olması ve güneşli gün sayısının fazla olmasıdır.

Isı kazancı hesabı yapılırken bazı hesaplamalara ihtiyaç vardır. Bunlar; radyasyon ve transmisyon, insanlardan, aydınlatmadan, taze havadan, diğer aletlerden ve havalandırmadan gelen ısı kazançlarıdır.

Mahalin ısı kazancı hesabı yapılırken yapı bileşenlerinden ısı kazancı, radyasyondan gelen ısı kazancı, transmisyon ile ısı kazancı ile birlikte duyulur ısı kazancı hesaplanır. Bunun yanında duyulur ısı kazancı olarak; insanlar, aydınlatma ve taze hava hesaba katılır. Son olarak gizil ısı kazancı ve havalandırmadan gelen ısı kazancı da hesaplandıktan sonra tüm değerler toplanarak toplam ısı kazancı bulunmuş olur. Burada sonucu etkileyen en önemli faktör kuru termometre sıcaklığı ve istenen mahal sıcaklığı arasındaki farkı ifade eden sıcaklık farkı olarak ifade edilen ΔT değeridir.

5.5.1 Standart Verilere Göre Isı Kazancı

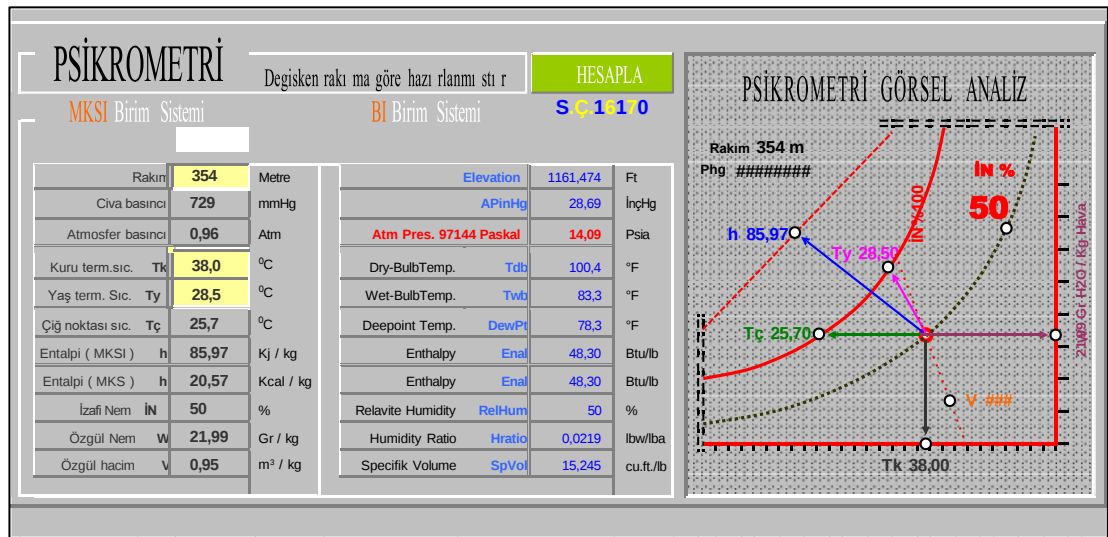
Denizli ili için Şekil 5.12'ye bakıldığında yaz kuru termometre sıcaklığı 38 °C olarak kabul edilmektedir. Isı kazancı hesabı bu değere göre yapılmıştır. Bu veriye göre psikrometrik diyagram sonuçları EK B'den okunduktan sonra okunduğunda hesaplama yapılmıştır.

DIŞ HAVA DİZAYN SICAKLIKLARI - YAZ KLİMASI için								
ŞEHİR	Kuru Term. Sıcaklığı Yaz °C	Yaş Term. Sıcaklığı Yaz °C	ŞEHİR	Kuru Term. Sıcaklığı Yaz °C	Yaş Term. Sıcaklığı Yaz °C	ŞEHİR	Kuru Term. Sıcaklığı Yaz °C	Yaş Term. Sıcaklığı Yaz °C
Adana	38	26	Elazığ	38	21	Mansur	40	25
Adapazarı	35	25	Erzincan	36	22	Mardin	38	23
Afyon	34	21	Erzurum	30	19	Mersin	35	29
Ankara	34	20	Eskişehir	34	22	Muğla	37	22
Antakya	37	28	Gaziantep	39	23	Niğde	34	20
Antalya	39	28	Giresun	29	25	Rize	30	26
Aydın	40	26	Iğdır	36	25	Samsun	32	25
Balıkesir	37	25	İsparta	34	21	Sart	40	29
Bandırma	34	25	İskenderun	37	29	Sinop	30	25
Bilecik	34	23	İstanbul	33	24	Sivas	33	20
Bolu	33	23	İzmir	37	24	Tekirdağ	33	25
Burdur	36	21	Kars	30	20	Trabzon	31	25
Bursa	37	25	Kastamonu	34	22	Şanlıurfa	43	24
Çanakkale	34	25	Kayseri	36	22	Uşak	35	22
Çankırı	37	23	Kırşehir	35	21	Van	33	20
Çorum	35	22	Kocaeli	36	25	Yozgat	32	20
Denizli	38	24	Konya	34	21	Zonguldak	32	25
Dişarbakır	43	23	Kütahya	33	21			
Edirne	37	25	Malatya	38	21			

Şekil 5.12: TMMOB verilerine göre illerin yaz kuru termometre sıcaklıkları.

Yapının bulunduğu yer	: Denizli
Kat	: Zemin Kat
Oda No	: Kapalı Spor Salonu
Projeleme günü	: Haziran
Projeleme saati	:
DENİZLİ İÇİN STANDART VERİLER	
İç hava şartları	: 30 °C KT , Nisbi nem RH = % 50 olması isteniyor. Bu noktanın PSİKROMETRİK diyagramdaki verileri şöyledir; Yaş Termometre YT = 22 °C Özgöl nem X = 14,1 gr/kg.kuru hava 'dır.
Dış hava şartları	: Denizli için ;..... 38 °C KT , 28,5 °C YT 'dir. RH %50 Bu noktanın PSİKROMETRİK diyagramdaki verileri şöyledir; Özgöl nem X = 21,99 gr/kg

Şekil 5.13: Standart değerlere göre ısı kazancı veri girişi.



Şekil 5.14: Psikrometrik diyagram değerleri 1.

Şekil 5.12’ deki Denizli ili yaz şartları için kuru termometre sıcaklığı 38 °C görülmektedir. Şekil 5.14’ de görülen değerler bu şartlar altındaki havanın nem oranı, bağıl nem oranı, havanın doygunluk eğrisi, çiğ noktası gibi verilerini ifade etmektedir.

Psikrometrik diyagram, bir ortamın ısı kazancı hesabını yaparken; nemin kontrol edilmesi, ortam havalandırmasının tasarımı, enerji verimliliği anlamında ısı konfor şartlarının belirlenmesinde katkı sağlar. Diyagram, farklı mahallerin farklı iklim koşullarına göre ortam havasının şartlandırılmasında kullanılabilir.

Şekil 5.13’ de okunan veriler neticesinde ısı kazancı hesabı; Denizli ili, haziran ayı ve spor salonları değişkenleri girilerek şekil 5.15’de görülmektedir.

Şekil 5.15'te görülen hesaplama göre haziran ayı için anlık ısı kazancı EK C'deki tablolar kullanılarak 188.595 kW olarak tespit edilmiştir.

ISI KAZANÇ HESAP TABLOSU																			
Firma Adı :		ATATÜRK M.T.A.L.			Proje Şartları	Hava Şartları		Dış	İç	Sıcaklık Farkı	kcal/kg (i)	Sayfa No							
Hesabın Yapıldığı Ay :		Haziran				Kış	11,08	19	7,92		Tarih								
İşin Adı :						Yaz (Kuru)	38	30	8		Firma								
Yapının Bulunduğu Yer :		Denizli				Yaz (Yaş)	28,5	22	6,5		Departman								
Kat :	zemin	Oda No :				Nisbi Nem %	50%	50%	ΔX (Gr/kg)		Hesap / Etüd								
Mahal Adı :		Spor Salonu				Gr/kg (X)	21,99	14,10	7,89		Kontrol								
ODA TRANSİMYON ve GÜNEŞ İSİ KAZANÇLARI																			
Cinsi	Yön	Alan m ²	Adet	Toplam Alan m ²	Çıkan Alan m ²	Net Alan m ²	Radyasyonu ile Isı Kazancı						Transisyon ile Isı Kazancı						
							08:00 Güneş Yüğü Kcal/m ² h	12:00 Güneş Yüğü Kcal/m ² h	16:00 Güneş Yüğü Kcal/m ² h	Düzeltilme Faktörü	09:00 Toplam Isı Kcal/h	12:00 Toplam Isı Kcal/h	16:00 Toplam Isı Kcal/h	K Kcal/m ² °C	ΔT °C	Isı Kcal/m ²	Kcal/h		
Dp	G	87,75	1	87,8		87,8	32	146	32	0,8	2.239	10.227	2.239	2,9	8	23,20	2.036,8		
Dp	D			-		-	439	38	32	0,8	-	-	-	2,9	8	23,20	-		
Dd1	G	229,5	1	229,5	87,8	141,8				1,0	-	-	-	1,1	17	18,70	2.650,7		
Dd1	D	168,75	1	168,8	-	168,8				1,0	-	-	-	1,1	22	24,20	4.083,8		
Tv1	K	850	1	850,0		850,0				1,0	-	-	-	3,6	28	100,80	85.680,0		
Td1		850	1	850,0		850,0				1,0	-	-	-	1,7	-	-	-		
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-		
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-		
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-		
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-		
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-		
Toplam Güneş Yüğü											2.239	10.227	2.239	Toplam Transisyon				94450,275	
ODA DİĞER DUYULUR İSİ KAZANÇLARI																			
İnsanlardan Duyulur Isı Kazancı				Spor Seyir Salonları			İnsan Sayısı :		300	Kişi	İns. olan Duy. Isı Değeri :		95	kcal/duyulur/kşi	28500				
Aydınlatma Duyulur Isı Kazancı				wh x n x Em. x 0,860			Ayd. Duyulur Isı Değeri :		9600	wh	Miktar/Adet :		1	adet	Emn. Katsayısı :	0,25	2064		
Taze Hava By-Pass Duy. Isı Kaz.				m ³ /h x 0,3 x By-Pass x ΔT			Taze Hava Miktar :		1000	m ³ /h	By-Pass Faktörü :		0,1	Sıcaklık Farkı	8	240			
Diğer Aletlerden Duy. Isı Kazancı				wh x n x 0,860			Ek. Alet Duy. Isı Değeri :		500	wh	Miktar/Adet :		1	adet	Emn. Katsayısı :	1,00	430		
											Toplam Diğer Duyulur Isı Kazancı							31234	
ODA GİZLİ İSİ KAZANÇLARI																			
İnsanlardan Gizli Isı Kazancı				İnsan Sayısı x Emisal			İnsan Sayısı :		300	Kişi	İns. olan Duy. Isı Değeri :		150	kcal/gizli/kşi	45000				
Taze Hava By-Pass Gizli Isı Kaz.				m ³ /h x 0,7 x By-Pass x ΔX			Taze Hava Miktar :		1000	m ³ /h	By-Pass Faktörü :		0,1	7,89 ΔX	552,3				
Diğer Aletlerden Gizli. Isı Kazancı				wh x n x 0,860			Alet Gizli Isı Değeri :			wh	Miktar/Adet :		2	adet	Emn. Katsayısı :	1,00			
											Toplam Gizli Isı Kazancı							45552,3	
HAVALANDIRMA İSİ KAZANCI (TAZE HAVA İSİ KAZANCI)																			
Taze Hava By-Pass Duy. Isı Kaz.				m ³ /h x 0,3 x (1-By-Pass) x ΔT			Taze Hava Miktar :		1000	m ³ /h	(1 - By - Pass)		0,9	8 ΔT	2160				
Taze Hava By-Pass Gizli Isı Kaz.				m ³ /h x 0,7 x (1-By-Pass) x ΔX			Taze Hava Miktar :		1000	m ³ /h	(1 - By - Pass)		0,9	7,89 ΔX	4970,7				
											Toplam Havalandırma Isı Kazancı							7130,7	
Duyulur Isı Oranı	=	Toplam Duyulu Isı					Duyulur Isı Oranı	=	138071,6888					=	%	0,724			
											190754,6888								
TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ				08:00	12:00	16:00	TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ				08:00	12:00	16:00						
kcal/h				180.606	188.595	180.606	Btu/h				722.426	754.379	722.426						

Şekil 5.15: Standart değerlere göre ısı kazancı hesabı.

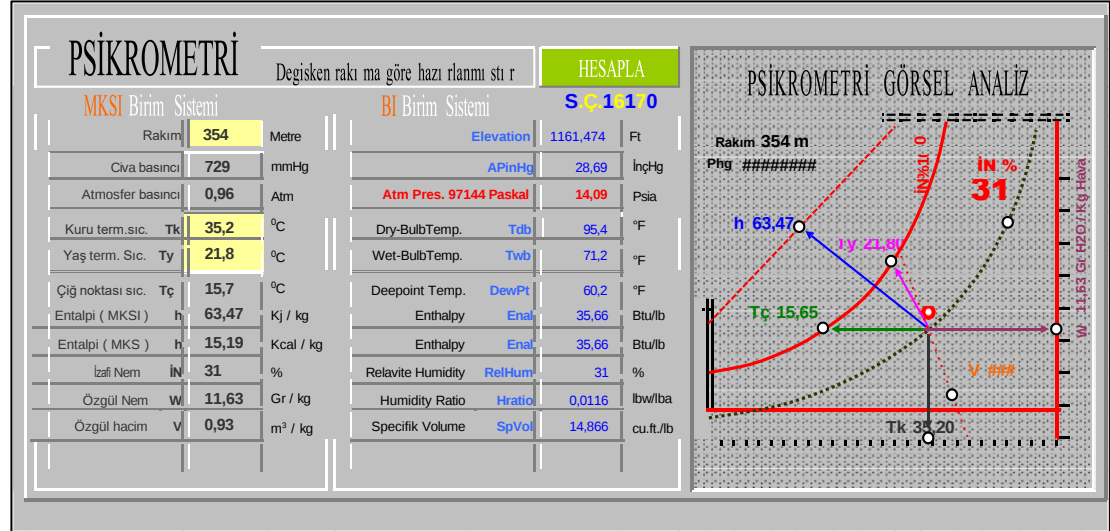
5.5.2 Ölçüm Verilerine Göre Isı Kazancı

Isı kazancı hesabı Tablo 4.16'daki verilere göre tekrar yapıldığında haziran ayı için yaz kuru termometre sıcaklığı 35,2 °C ve buna bağlı olarak psikrometrik diyagram tekrar okunmuştur.

Yapının bulunduğu yer	: Denizli
Kat	: Zemin Kat
Oda No	: Kapalı Spor Salonu
Projeleme günü	: Haziran
Projeleme saati	:
TABLO 4.6'DAKİ DENİZLİ İÇİN ÖLÇÜLEN VERİLER	
İç hava şartları	: 30 °C KT , Nisbi nem RH = % 31 olması isteniyor. Bu noktanın PSİKROMETRİK diyagramdaki verileri şöyledir; Yaş Termometre YT = 18 °C Özgül nem X = 8,56 gr/kg.kuru hava 'dır.
Dış hava şartları	: Denizli için ;..... 35,2 °C KT , 21,8 °C YT 'dir. RH %31 Bu noktanın PSİKROMETRİK diyagramdaki verileri şöyledir; Özgül nem X = 11,63 gr/kg

Şekil 5.16: Tablo 4.16'daki ölçümlere göre ısı kazancı verileri.

Mahal için yaz kuru termometre sıcaklığı 35,2 °C olarak kabul edildiğinde psikrometrik diyagram Şekil 5.17' deki gibidir.



Şekil 5.17: Psikrometrik diyagram 2.

Şekil 5.16' da okunan veriler neticesinde ısı kazancı hesabı; Denizli ili, haziran ayı ve spor salonları değişkenleri girilerek şekil 5.18'de görülmektedir.

Şekil 5.18’de görülen hesaplama göre haziran ayı için anlık ısı kazancı 177.236 kW olarak tespit edilmiştir.

ISI KAZANÇ HESAP TABLOSU																					
Firma Adı :		ATATÜRK M.T.A.L.				Proje Şartları	Hava Şartları		Dış	İç	Sıcaklık Farkı	kcal/kg (i)	Sayfa No								
Hesabın Yapıldığı Ay :		Haziran					Kişi	11,08	19	7,92	Tarih										
İşin Adı :		İsi kazancı hesabı					Yaz (Kuru)	35,2	30	5,2	Firma										
Yapının Bulunduğu Yer :		Denizli					Yaz (Yaş)	21,8	18	3,8	Departman										
Kat :		zemin		Oda No :			Nisbi Nem %	31%	31%	ΔX (Gr/kg)	Hesap / Etüd										
Mahal Adı :		Spor Salonu				Gr/kg (X)	11,63	8,56	3,07	Kontrol											
ODA TRANSİMYON ve GÜNEŞ İSI KAZANÇLARI																					
Cinsi	Yön	Alan m ²	Adet	Toplam Alan m ²	Çıkan Alan m ²	Net Alan m ²	Radyasyonu ile Isı Kazancı						Transisyon ile Isı Kazancı								
							08:00 Güneş Yüklü Kcal/m ² h	12:00 Güneş Yüklü Kcal/m ² h	16:00 Güneş Yüklü Kcal/m ² h	Düzeltilme Faktörü	09:00 Toplam Isı Kcal/h	12:00 Toplam Isı Kcal/h	16:00 Toplam Isı Kcal/h	K Kcal/m ² °C	ΔT °C	Isı Kcal/m ²	Kcal/h				
Dp	G	87,75	1	87,8		87,8	32	146	32	0,8	2.239	10.227	2.239	2,9	8	23,20	2.036,8				
Dp	D			-		-	439	38	32	0,8	-	-	-	2,9	8	23,20	-				
Dd1	G	229,5	1	229,5	87,8	141,8				1,0	-	-	-	1,1	14	15,40	2.183,0				
Dd1	D	168,75	1	168,8	-	168,8				1,0	-	-	-	1,1	19	20,90	3.526,9				
Tv1	K	850	1	850,0		850,0				1,0	-	-	-	3,6	26	93,60	79.560,0				
Td1		850	1	850,0		850,0				1,0	-	-	-	1,7	-	-	-				
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-				
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-				
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-				
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-				
				-		-				-	-	-	-	-	-	-	-				
Toplam Güneş Yüklü											2.239	10.227	2.239	Toplam Transisyon				87305,625			
ODA DİĞER DUYULUR İSI KAZANÇLARI																					
İnsanlardan Duyulur Isı Kazancı				Spor Seyir Salonları				İnsan Sayısı :		300	Kişi	İns. olan Duy. Isı Değeri :		95	kcal/duyulur/kşi	28500					
Aydınlatma Duyulur Isı Kazancı				wh x n x Em. x 0,860				Ayd. Duyulur Isı Değeri :		9600	wh	Miktar/Adet :		1	adet	Emn. Katsayısı :	0,25	2064			
Taze Hava By-Pass Duy. Isı Kaz.				m ² h x 0,3 x By-Pass x ΔT				Taze Hava Miktan :		1000	m ² h	By-Pass Faktörü :		0,1	Sıcaklık Farkı	5	166				
Diğer Aletlerden Duy. Isı Kazancı				wh x n x 0,860				Ek. Alet Duy. Isı Değeri :		500	wh	Miktar/Adet :		1	adet	Emn. Katsayısı :	1,00	430			
											Toplam Diğer Duyulur Isı Kazancı							31150			
ODA GİZLİ İSI KAZANÇLARI																					
İnsanlardan Gizli Isı Kazancı				İnsan Sayısı x Emisal				İnsan Sayısı :		300	Kişi	İns. olan Duy. Isı Değeri :		150	kcal/gizli/kşi	45000					
Taze Hava By-Pass Gizli Isı Kaz.				m ² h x 0,7 x By-Pass x ΔX				Taze Hava Miktan :		1000	m ² h	By-Pass Faktörü :		0,1	Sıcaklık Farkı	3,07	ΔX	214,9			
Diğer Aletlerden Gizli. Isı Kazancı				wh x n x 0,860				Alet Gizli Isı Değeri :			wh	Miktar/Adet :		2	adet	Emn. Katsayısı :	1,00				
											Toplam Gizli Isı Kazancı							45214,9			
HAVALANDIRMA İSI KAZANCI (TAZE HAVA İSI KAZANCI)																					
Taze Hava By-Pass Duy. Isı Kaz.				m ² h x 0,3 x (1-By-Pass) x ΔT				Taze Hava Miktan :		1000	m ² h	(1 - By - Pass)		0,9	5,2	ΔT	1404				
Taze Hava By-Pass Gizli Isı Kaz.				m ² h x 0,7 x (1-By-Pass) x ΔX				Taze Hava Miktan :		1000	m ² h	(1 - By - Pass)		0,9	3,07	ΔX	1934,1				
											Toplam Havalandırma Isı Kazancı							3338,1			
Duyulur		=		Toplam Duyulu Isı				Duyulur		=		130087,0388						=		%	0,728
Isı Oranı				T. Duyulur Isı + T. Gizli Isı				Isı Oranı				178640,0388									
TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ																					
		08:00		12:00		16:00				TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ		08:00		12:00		16:00					
		kcal/ h		169.248		177.236		169.248				Btu/h		676.991		708.944		676.991			

Şekil 5.18: Şekil 5.16’daki verilere göre ısı kazancı hesabı.

5.6 Isıtma Enerjisinde İyileştirme

Spor salonu için özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi hesaplamalarına bakıldığında enerji tüketimi bakımından binaya yalıtım yapılmasının uygun olacağı söylenebilir. Tablo 4.6'daki elde edilen ölçüm değerlerine göre tekrar hesaplama yapılmıştır.

Şekil 5.19'da görüldüğü gibi dış duvarlara 3 mm kalınlığında TS 11989 EN 13164 uyumlu ekstrüde polistren köpüğü uygulanmıştır.

Veri Girişleri

Proje: Duvar

Dış Havaya Açık

Isıtılmayan İç Ortama Bitişik

Toprağa Temas Eden

Tavan

Taban

Pencere

Kapı

Güneş Enerjisi Kazancı

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : Duvar1.1

Ekle Sil Asmolen

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	μ
1	0,03	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,19	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	0,33	5
3	0,2	4.2 Çimento harcı	1,6	15
4	0,03	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11989 EN 13164e uygu	0,03	80

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütlesi 1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer al...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzleri...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 796,5 U Değeri : 0,526

☐ Dış cephede havalandırılan hava boşluğu ve dış cephe kaplaması var. Hesapla

Duvar (Dış Havaya Açık)

Kesit Görüntüsü

Şekil 5.19: İZODER TS-825 yalıtımlı duvarlar için program veri girişi.

Şekil 5.20’de görüldüğü gibi dış tavana 1 cm kalınlığında TS EN 13167 uyumlu cam köpüğü uygulanmıştır.

Veri Girişleri

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : Tavan1.1

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	µ
1	0,02	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,12	5.1.1 Donatılı	2,5	80
3	0,10	10.6.1.1 Cam Köpüğü TS EN 13167'ye uygun ısı iletkenlik grupları	0,045	10000

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütlesi 1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer al...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzleri...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7
2. Bölge	0,6	0,4	0,6
3. Bölge	0,5	0,3	0,45
4. Bölge	0,4	0,25	0,4

Alan : 850 U Değeri : 0,4

☐ Çatıda havalandırılan hava boşluğu ve çatı kaplaması var.

Hesapla

Tavan (Kırma Çatı-Kullanılmayan)

Kesit Görüntüsü

Şekil 5.20: İZODER TS-825 yalıtımlı tavan için program veri girişi.

Şekil 5.21’de görüldüğü gibi dış tabana 4 mm kalınlığında mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi uygulanmıştır.

Veri Girişleri

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : Taban1.1

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	µ
1	0,15	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (mıcır)	0,7	3
2	0,15	5.1.1 Donatılı	2,5	80
3	0,06	4.6 Çimento harcı şap	1,4	15
4	0,02	9.1.3 Sentetik malzemenen kaplamalar (örneğin PVC)	0,23	50000
5	0,04	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (Cam yünü, T)	0,035	1

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütlesi 1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer al...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzleri...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 850 U Değeri : 0,582

Hesapla

Taban (Toprağa Temas Eden)

Kesit Görüntüsü

Şekil 5.21: İZODER TS-825 yalıtımlı taban için program veri girişi.

Yalıtım uygulamalarının ardından hesaplamalar tekrar yapılmıştır ve sonuçlar Şekil 5.22’de görülmektedir. Yalıtımlar uygulandıktan sonra özgül ısı kaybı 2641,44 W/K olarak hesaplanmıştır.

Binanın Özgöl Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi								
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,03	1	0,0300				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,19	0,33	0,5758				
	4.2 Çimento harcı	0,2	1,6	0,1250				
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS EN 10430	0,4	0,035	11,4286				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,0400				
TOPLAM				12,329	0,081	796,50	64,60	
TAVAN:Çatılı Kullanılmayan Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200				
	5.1.1 Donatılı	0,12	2,5	0,0480				
	10.1.1 Ahşap yünü levhalar TS EN 13171	0,8	0,15	5,3333				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,0800				
TOPLAM				0,8 x A x U	5,611	0,178	850,00	121,18
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1700				
	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (mıcır)	0,15	0,7	0,2143				
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,0600				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,06	1,4	0,0429				
	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar	0,02	0,23	0,0870				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,0000				
TOPLAM				0,5 x A x U	0,574	1,742	850,00	740,35
Dış Pencere1					2,9	87,75	254,475	
Dış Kapı1					5,5	12,6	69,3	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						1.249,68		
$\Sigma AU = U_{DAD} + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8 U_t.AT + 0.5 U_tAt + U_dAd +$ $\Sigma AU = 1.249,68$ Özgöl ısı kaybı ; H = HT + Hv			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; HT = $\Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı = $W/K = 0,33 \cdot nh \cdot Vh$ 1.211,76					
H = Hi + Hh =2.461,44..... W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil 5.22: İZODER TS-825 yalıtımlı durumda özgül ısı kaybı hesabı.

Yalıtımlar uygulandıktan yıllık ısıtma enerji ihtiyacının 87.259 kWh olduğu şekil 5.23’de görülmektedir.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Ozgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.461,44	16,1	39.629	9.180	3.033	12.213	0,31	0,96	72.328.941
ŞUBAT		14,6	35.937		3.538	12.718	0,35	0,94	62.161.665
MART		11,7	28.799		3.664	12.844	0,45	0,89	45.016.944
NİSAN		6,2	15.261		3.791	12.971	0,85	0,69	16.357.925
MAYIS		1,0	2.461		3.875	13.055	5,30	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		4.001	13.181	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		3.917	13.097	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		3.917	13.097	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		3.749	12.929	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	12.061		3.454	12.634	1,05	0,61	11.286.491
KASIM		10,5	25.845		2.822	12.002	0,46	0,89	39.303.325
ARALIK		15,2	37.414		2.696	11.876	0,32	0,96	67.425.406
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$ 1 kJ=0,278.10 ³ kWh							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 313.881.187$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^3 \times 313.881.187$ (kJ) = 87.259 kWh									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.596,85 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 5737,5 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 15,21 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.836 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,45$ 2. oran E.K.A.2' den bölge için 22,4x A/V + 7,8 alınan Q' = 17,94 kWh/m ³									
formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı									
Q < Q' (15,21<17,94) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Şekil 5.23: İZODER TS-825 yalıtımlı durumda yıllık ısıtma enerjisi.

Sonuç olarak mahalin özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma ihtiyacı ve ısı kazancı açısından enerji performansı hesaplamaları; Denizli ili için kabul edilen standart değerler, gerçek ölçüm değerleri ve bununla birlikte salonun mevcut durumu ile yalıtım uygulandığı durum arasındaki farklar ve değişim oranları aşağıdaki Tablo 5.1’ de görülebilir.

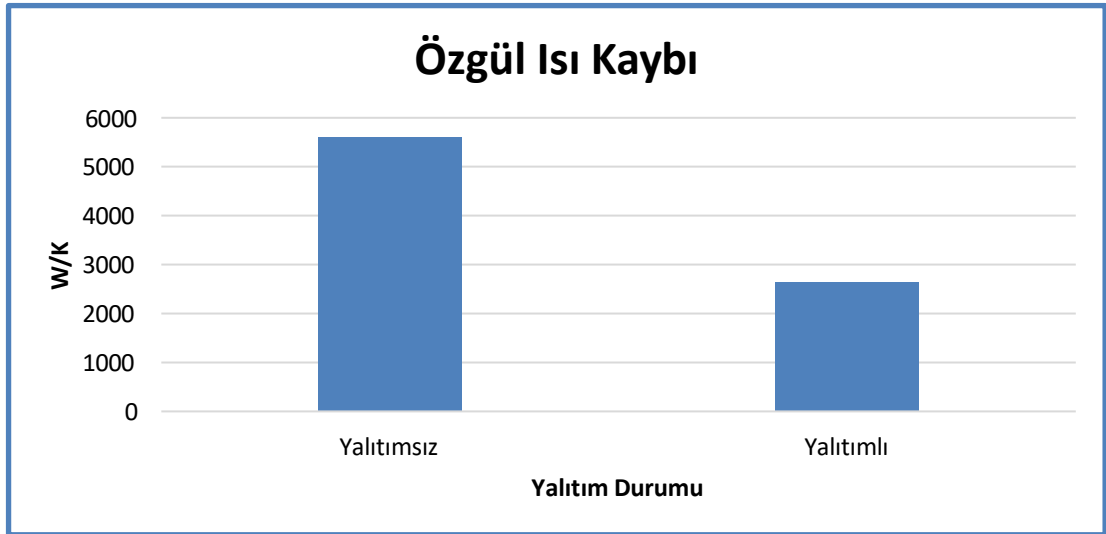
Tablo:5.1 Enerji performansı sonuçlarının karşılaştırılması.

DETAYLAR	Denizli İli Verilerine Göre	Gerçek Ölçümlere Göre	Değişim Oranı	Mevcut Durum	Yalıtımlı Durum	Değişim Oranı
Özgül Isı Kaybı	-	-	-	5605,96 W/K	2641,44 W/K	% 53
Yıllık Isıtma Enerjisi	259.636 kWh	108.449 kWh	% 58	108.449 kWh	87.259 kWh	% 20
Isı Kazancı	188.595 kcal/h	177.236 kcal/h	% 6	-	-	-

Tablodan da anlaşılacağı üzere, salonun zemin, tavan ve duvarlarına uygun yalıtım malzemesi uygulandığında enerji tasarrufu açısından önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

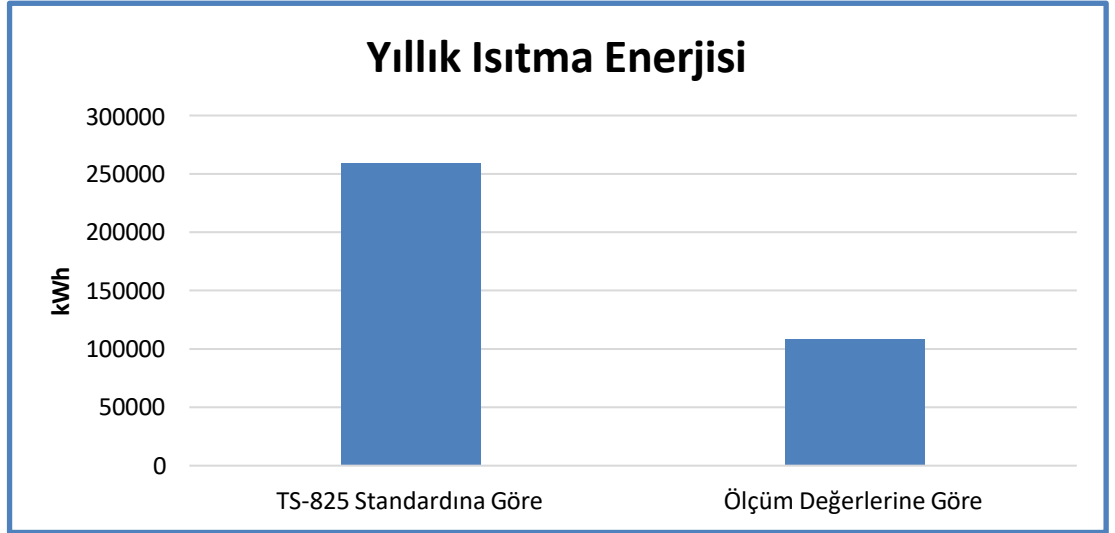
Özgül ısı kaybı, ortamın sıcaklığını 1 birim derece değiştirmek için ihtiyaç duyulan enerjidir. Spor salonu için yapılan hesaplamada EK D ve EK G’den Denizli ili için geçerli olan değerlere bakıldığında, ikinci bölge il için en düşük değer $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve mahal için konfor sıcaklığı $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ seçilmiştir. Bu veriler kullanılarak yapılan hesaplamada özgül ısı kaybı $5.605,96\text{ W/K}$ olarak bulunmuştur. Spor salonu için yapılan diğer hesaplamada ise; duvarlara 3 cm kalınlığında TS 81989 EN 13164 standartlarına uygun ekstrüde polistren köpüğü, tavana TS EN 13267 standardına uygun 1 cm kalınlığında cam köpüğü, tabana ise cam yünü tipi 4 mm kalınlığında yalıtım malzemesi uygulanması durumunda sonucun $2.641,44\text{ W/K}$ olduğu görülmüştür. Bu iki sonucu birbiriyle kıyasladığımızda yalıtımlı binada özgün ısı kaybı yaklaşık olarak % 53 daha az olmaktadır. Sonuçlara ilişkin grafik Şekil 6.1’ de görülmektedir.



Şekil 6.1: Özgül ısı kaybı değişimi.

Özgül ısı kaybına bağlı olarak salonun yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanmasında salonun iç ortam konforlu sıcaklığı $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ kabul edilmiş ve Denizli ili için en düşük sıcaklık değeri ikinci iklim bölgesi olması sebebiyle $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Bu verilere göre yapılan hesaplamada yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 259.636 kWh olarak elde edilmiştir. Bu hesaplamada sıcaklık farkı değeri $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ dir.

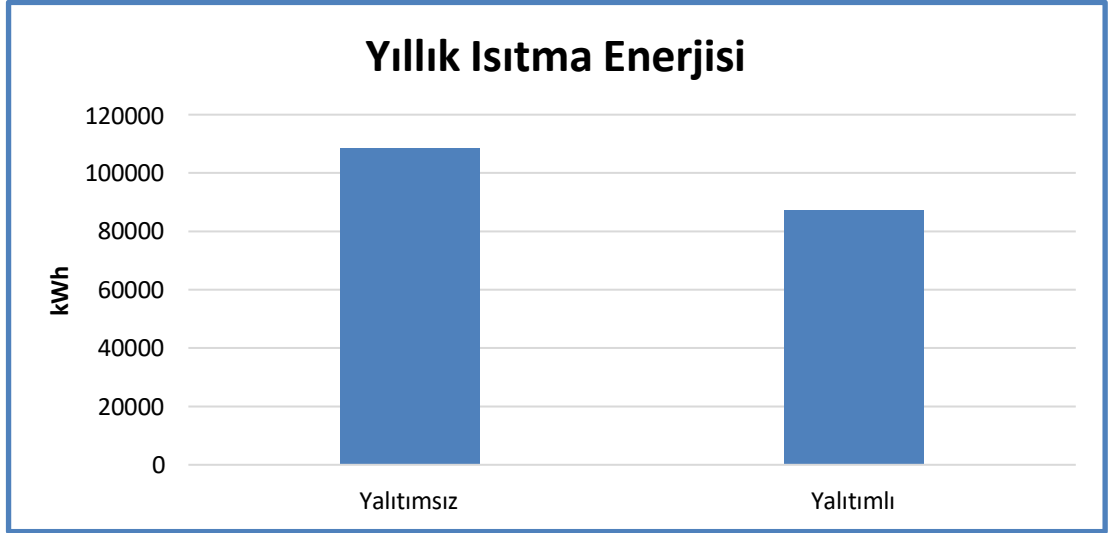
Salon için Tablo 4.1’ deki aralık ayı için elde edilen sıcaklık verilerine göre yapılan hesaplamada ise en düşük sıcaklık olarak ortalama sıcaklık verisi olan 12,46 °C ve konforlu sıcaklık 19 °C kabul edilmiştir. Burada sıcaklık farkı 6,54 °C’ dir ve ulaşılan değer 108.449 kWh’ dir. Sonuçlar kıyaslandığında yaklaşık % 58 fark vardır. Hesaplama tablosuna bakıldığında ısıtma enerjisi ihtiyacı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında ısıtma ihtiyacı yoktur. Ocak, şubat, nisan, mayıs, ekim ve kasım aylarındaki ısıtma ihtiyacı ölçüm yapılan aralık ve mart aylarına yakın değerler olarak hesaplanmıştır. Mahal için yapılan diğer hesaplamada, yapı bileşenlerine uygun yalıtım malzemeleri seçildiğinde ise yıllık ısıtma enerjisi için 87.259 kWh sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçlara ilişkin verilerin grafikleri Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’ deki grafiklerde görülmektedir.



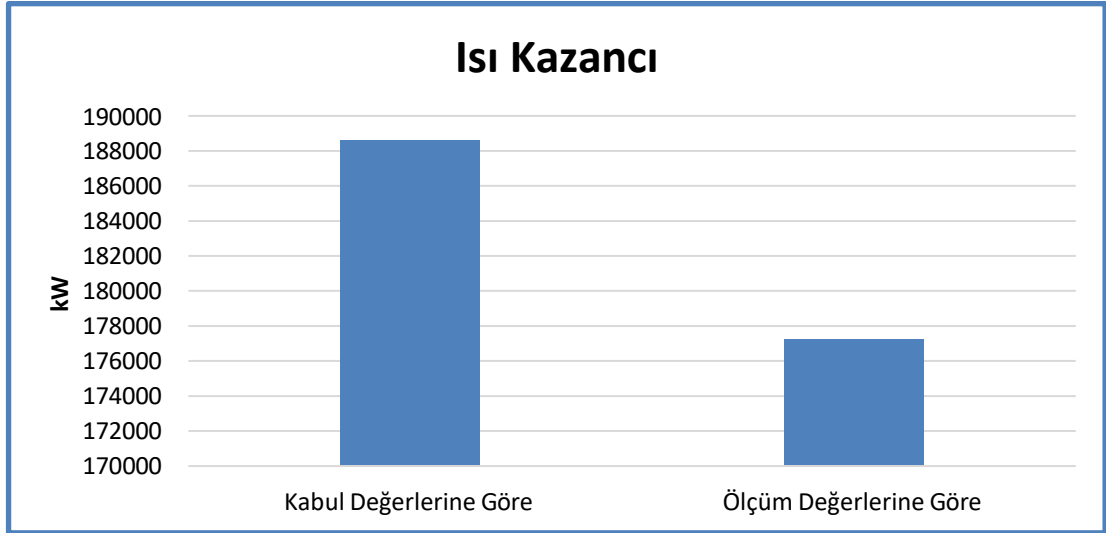
Şekil 6.2: Yıllık ısıtma enerjisi değişimi.

Şekil 6.3’ deki grafik incelendiğinde mahale yalıtım uygulandığında mevcut ölçülerle bulunan değer arasında yaklaşık % 20 enerji tasarrufu elde edildiği görülmektedir.

Isı kayıplarının yanı sıra ısı kazançları da ortamın sağlıklı hava şartları için önemli bir değişkendir. Spor salonunun anlık ısı kazancında; Denizli ili için kabul edilen EK G’ deki yaz ayları için yaş termometre sıcaklığı 24 °C, kuru termometre sıcaklığı 38 °C olarak seçilmiştir. Bu hesaplama göre ortam için ısı kazancı 188.595 kW bulunmuştur. Tablo 4.6’ daki haziran ayı ortalama sıcaklık verisi olan 35,2 °C için yapılan hesaplamada ise salonun ısı kazancı değerinde 177.236 kW sonucuna ulaşılmış olup birbirine yakın sonuçlar olup aradaki fark yaklaşık %6 dolayındadır. Her iki sonuç da Şekil 6.4’ deki grafikten incelebilir.



Şekil 6.3: Yalıtım uygulandığında yıllık ısıtma enerjisi değişimi.



Şekil 6.4: Isı kazancı değişimi.

Araştırmanın bulgular bölümünde yapılan mahal için yapılan hesaplamalarda ortamda 5.022 m³/h taze havaya ihtiyaç vardır. İnfiltrasyondan kaynaklı hava sızıntıları da düşünüldüğünde söz konusu hava debisini karşılayabilecek 6.000 m³/h kapasiteli gidiş ve dönüş olmak üzere 2 adet hava kanalı, her bir hava kanalında da 3 adet menfez koyulabilir.

Salonun iç hava kalitesi açısından ihtiyaç duyulan temiz hava kadar ortamda üretilen CO₂ miktarının da bilinmesi de oldukça önemlidir. Salonun 300 kişi kapasiteye sahip olduğu ve 5.022 m³ taze havaya ihtiyaç duyduğunu hesaplanmıştı. Aşağıdaki hesaplamada kapalı spor salonları için kişi başına üretilen CO₂ miktarı tablodan saatte EK E' deki ASHRAE 62.1 verilerine göre 0,005 L/s = 0,03564 kg olarak kabul edilmiştir. Salon için Toplam CO₂ Üretimi : 0,03564 kg×300 kişi = 10,692 kg CO₂ olarak hesaplanır. Hava kütlesi hesaplanacak olursa; Hava kütlesi = Hava hacmi × Hava yoğunluğu (3) eşitliğiyle bulunur. 5022 m³ (hacim) × 1,225 kg/m³ (hava yoğunluğu) = 6.151,95 kg olarak bulunur. Bu sonuçlar ışığında CO₂ konsantrasyonu (ppm) hesaplanacak olursa;

$$\text{ppm} = \frac{\text{CO}_2 \text{ kütlesi}}{\text{Hava kütlesi}} \times 10^6 = \frac{10,2 \text{ kg}}{6151,95 \text{ kg}} \times 10^6 = 1.737,98 \text{ ppm}$$

olarak bulunur.

Bu hesaplama sonuçları neticesinde; sporcu sağlığı ve ortamın havasının konforlu şartlandırılması için salonda bazı tasarım ve iyileştirmelerine gidilebilir.

Havalandırma kanalı kurulduğunda kanal çıkışına konulacak bir ısı geri kazanım ünitesi enerji tasarrufuna katkı sağlayacaktır. Enerji maliyetini iyileştirme anlamında bu konfor şartını sağlayabilmek için 6.000 m³/h kapasiteli emiş ve egzoz olmak üzere 2 adet radyal fan kullanılması bir başka seçenek olacaktır.

Elde edilen sonuç EK E'ye göre incelendiğinde havalandırmanın yetersiz olacağı anlamına gelmektedir. Seyirci sayısının toplam kapasitenin yarısı olduğu zamanlarda bu değer de yarı yarıya azalacak ve ideal kabul edilebilecek CO₂ miktarından bahsedilebilecektir . Tam kapasiteli kullanımda ortama taze hava girişi gerekmektedir. Taze havanın dolaşımını sağlayacak olan fanlar bu ihtiyaın karşılanmasına katkı sağlayacaktır.

Yıllık enerji ihtiyaının belirlenmesinde salonun kullanımda olduğu mevsim, gün ve saatler dikkate alınmalı, daha hassas verilere ulaşmak için veri toplama süreci bütün bir yıla yayılmalıdır.

Isı kazancı ihtiyaının belirlenmesinde de; yıllık ısıtma ihtiyaında olduğu gibi ölçüm verileri ısı kazancı oluşacak mevsim ve ayları kapsamalıdır.

Enerji iyileştirmesine katkıda bulunmak için, salona konulacak hava kanalı ve fanlara uygun ısı geri kazanım ünitesi, salonun şartlarına ve insan sayısına göre kapalı spor salonlarının ısıtılmasında son yıllarda yaygınlaşan tavan tipi radyant ısıtıcı gibi konfor cihazlarından faydalanılabilir.

şekil 4.16' daki sağlıklı yaşam için nem sahası verileri incelendiğinde, salon için elde edilen tüm bağlı nem ölçümlerinin ortalamalarının % 30,78 ile % 68,5 arasında değiştiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre ortam için nem alma ya da ortamı nemlendirmeye ihtiyaç duyulmayacağı söylenbilir.

Sonuç olarak enerji tüketiminde tasarruf ve iyileştirme sağlanabilmesi için binalar dizayn edilirken binanın şartlarına uygun olarak ısı yalıtımının yapılması en önemli husus olacaktır. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda verilerin tüm ayları

kapsayacak şekilde, standart kabullerden ziyade gerçek ölçüm değerleriyle hesaplama yapılması daha sağlıklı ve isabetli sonuçlar verecektir.

Enerji tasarrufuna katkı sağlamak için yalıtım uygulamasının yanı sıra, kapalı spor salonlarının ortam şartları dikkate alınarak maliyet analizi de yapıldıktan sonra; spor salonlarında kullanımı yaygınlaşan tavan tipi radyant ısıtıcı, ısıtma, soğutma, nem alma ve nemlendirmeyi aynı anda yapabilen klima santrali, ısı pompası, akıllı ısı geri kazanımlı havalandırma sistemleri, yenilenebilir enerji kullanımı, bina otomasyon sistemleri ve kontrol edilebilir karma havalandırma sistemleri de sağlıklı tercih edilebilir.

7. KAYNAKLAR

Akpınar, A., “Eğitim Binalarında Kullanılan Klima Santrallerinin Enerji Kazancı Uygulama Modeli”, Yüksek Lisans Tezi, *Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli, (2019).

Altın, M., (2016)., “Isı Geri Kazanımlı Havalandırma Ünitesine Ait Isı ve Akış Analizlerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, (2016).

Alves, C. A., Calvo, A. I., Castro, A., Fraile, R., Evtyugina, M., and Bate-Epey, E. F., “Indoor air quality in two university sports facilities”, *Aerosol and air quality Research*, 13(6), 1723-1730, (2013).

ASHRAE, *ASHRAE Handbook – Fundamentals*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2013).

ASHRAE, *ASHRAE Handbook – Fundamentals*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2016).

ASHRAE, *ASHRAE Handbook – HVAC Applications*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2019).

Atalay, D., “Avrupa ve Amerikan Standartlarına Göre Bina Konfor Havalandırması Sistemlerinde Kullanıcılara Sağlanması Gereken Taze Hava Miktarlarının Karşılaştırılması”, *Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi*, 15, (2018).

Bilge, M. ve Uralcan İ.Y., “Havalandırma Tesisatı”, TMMOB, İstanbul, (2023).

Bilgili, M., Şimşek, E., Polat, Y. ve Yaşar, A., *Havalandırma Sistemleri*, Adana: Adana Meslek Yüksekokulu Yayınları, (2005).

Bilici, E., “Merkezi Klima Santrallerindeki Boş Hücreler İçin Tasarlanan Kesik Piramit Tip Difüzörlerin Akış Dağılımına Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, (2022).

Bulgurcu, H. (Ed.), *Havalandırma Tesisatı*, İstanbul: MMO, 94-41, (2015).

Bulut, H., “Havalandırma ve iç hava kalitesi açısından CO2 miktarının analizi”, *Tesisat Mühendisliği*, 128, 61-70, (2012).

Clements, C. D., *Creating the Productive Workplace*. London: Taylor & Francis Routledge, (2015).

Çilingiroğlu, S., “İç hava kalitesi”, *Tesisat Mühendisliği*, Ocak-Şubat, (2010).

Darçın, P., “Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2008).

Demir, H., “Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Sayısal Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2013).

Demirbolat, O., “Havalandırma ünitelerinin ısı performansının sayısal ve deneysel olarak incelenmesi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, (2022).

Doğan, A., “Spor Salonlarının Havalandırma Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Malatya, (2007).

El-Kadi, El-Wahab M. A., and Fanny, M. A., “Architectural designs and thermal performances of school sports-halls”, *Applied Energy*, 76(1-3), 289-303, (2003).

Ertürk, M., “Farklı amaçlar için kullanılan iç içe geçmiş kapalı hacimlerde negatif basınç yöntemiyle havalandırma sistemi uygulaması”, *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, TMMOB, İzmir, s119, (2005).

Filipe, T. S., Vasconcelos Pinto, M., Almeida, J., Alcobia Gomes, C., Figueiredo, J. P., and Ferreira, A., “Indoor air quality in sports halls”, *In Occupational Safety and Hygiene—Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene SHO*, 2013, 175-179, (2013).

Genceli, O. F., *Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme yardımcı tablolar*, İstanbul: İTÜ, (1995).

Halitoğlu, H.E., “Binalarda Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Kış Bahçesi Uygulaması ile Azaltılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2019).

- Heiselberg, P., “Principles of hybrid ventilation”. Denmark: N., (2002).
- Hurnik, M., Ferdyn-Grygierek, J., Kaczmarczyk, J. and Koper, P., “Thermal Diagnosis of Ventilation and Cooling Systems in a Sports Hall—A Case Study”, *Buildings*, 13(5), 1185, (2023).
- Işık, E. ve Çibuk, S., “Yemekhaneler ve kantinlerde iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçları ve analizi”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 6(1), 39-50, (2015).
- Kılınç, G., “Doğal Havalandırma Tasarım Stratejilerinin Yüksek Yapı Örnekleri Üzerinden İncelenmesi ve Türkiye için Tasarım Önerileri” Yüksek Lisans Tezi, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2015).
- Korukçu, Ö., “Spor salonlarında ısı konfor iç hava kalitesi ve aydınlatma”, *Ulusal Tesisat mühendisleri Kongresi*, 261-266, (2015).
- Köse, E., “Binalarda Enerji Korunumu Açısından Yapı Bileşenlerinde Kullanılan Faz Değiştiren Malzemelerin Performansının Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2019).
- Küçük S., “Mimari Tasarım Sürecinde Doğal Havalandırma İlkeleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2020).
- Olesen, B. W. “Indoor environment-health-comfort and productivity”, *IAQ&Energy*, 2, 1-10, (2002).
- Özcan, U., “Günümüz mimarisinde kullanılan HVAC sistemleri, mimariyle olan ilişkileri ve high tech yapılarda uygulama örnekleri”, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2008).
- Öztürk, A. E., “Yapılarda Havalandırma Sistemleri ve İç Hava Kalitesi: Bir Meta Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Kocaeli, (2024).
- Öztürk, H. K., Atalay, Ö., ve Yılancı, A., “Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 90, 69-76, (2005^a).
- Öztürk, H. K., Yılancı, A. ve Atalay Ö., “Konutlarda Doğal ve Zorlanmış Havalandırma Sistemleri”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 21-26, (2005^b).

Özutku, O., ve Karakuş, C., “Binalarda ısı yalıtımı yoluyla enerji tasarrufu ve örnek bir uygulama: MKÜ Mühendislik fakültesi binasının enerji performans değerleri ve maliyetleri”, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, (2011).

Perez-Lombard, L., Ortiz, J., and Pout, C., “A review on buildings energy consumption information”, *Energy and Buildings*, 40(3): 394-398, (2008).

Sel, S., “Üniversitelerde kapalı spor salonları planlama kriterleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1990).

Sözen, A., Işık, E., “Ofis ve Dersliklerde İç Hava Kalitesi Ölçümleri ve Analizleri: Tunceli Üniversitesi Örneği,” *Mühendis ve Makina*, cilt 57, sayı 677, s. 53-67, (2016).

Şahan, M., “Isı Geri Kazanım Eşanjörlerinin Kullanım Opsiyonları”, *Tesisat Mühendisleri Dergisi*, 34-47, (2003).

Şeremet, M.F., “Binalarda Isıtma Enerjisi İhtiyacının Dinamik Analiz Yöntemi ile Hesaplanması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2012).

Trianti-Stourna, E., Spyropoulou, K., Theofylaktos, C., Droutsas, K., Balas, C. A., Santamouris, M., ... and Papanikolaou, N., “Energy conservation strategies for sports centers: Part A. Sports halls”, *Energy and Buildings*, 27(2), 109-122, (1998).

Türkçe Sözlük, Ankara: TDK Yayınları, (2005).

Url1<<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=DENIZLI>>

Url2<<https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-ortalama-nem.pdf>>

Url3<<https://www.alarko-carrier.com.tr/Data/Files/Dokumanlar/SSS/DisHavaTasarimSicakliklari.pdf>>

Wang, S., Yan, C., and Xiao, F., “Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95: 218-230, (2018).

Wargocki, P., Wyon, D. P., and Fanger, P. O., “Performance and health effects of exposure to moderately raised classroom temperatures and ventilation rates”, *Indoor Air*, 12(1), 30-36, (2002).

World Health Organization (WHO), Guidelines for indoor air quality: dampness and mould, (2009).

World Health Organization (WHO), Guidelines for indoor air quality: selected pollutants, (2010).

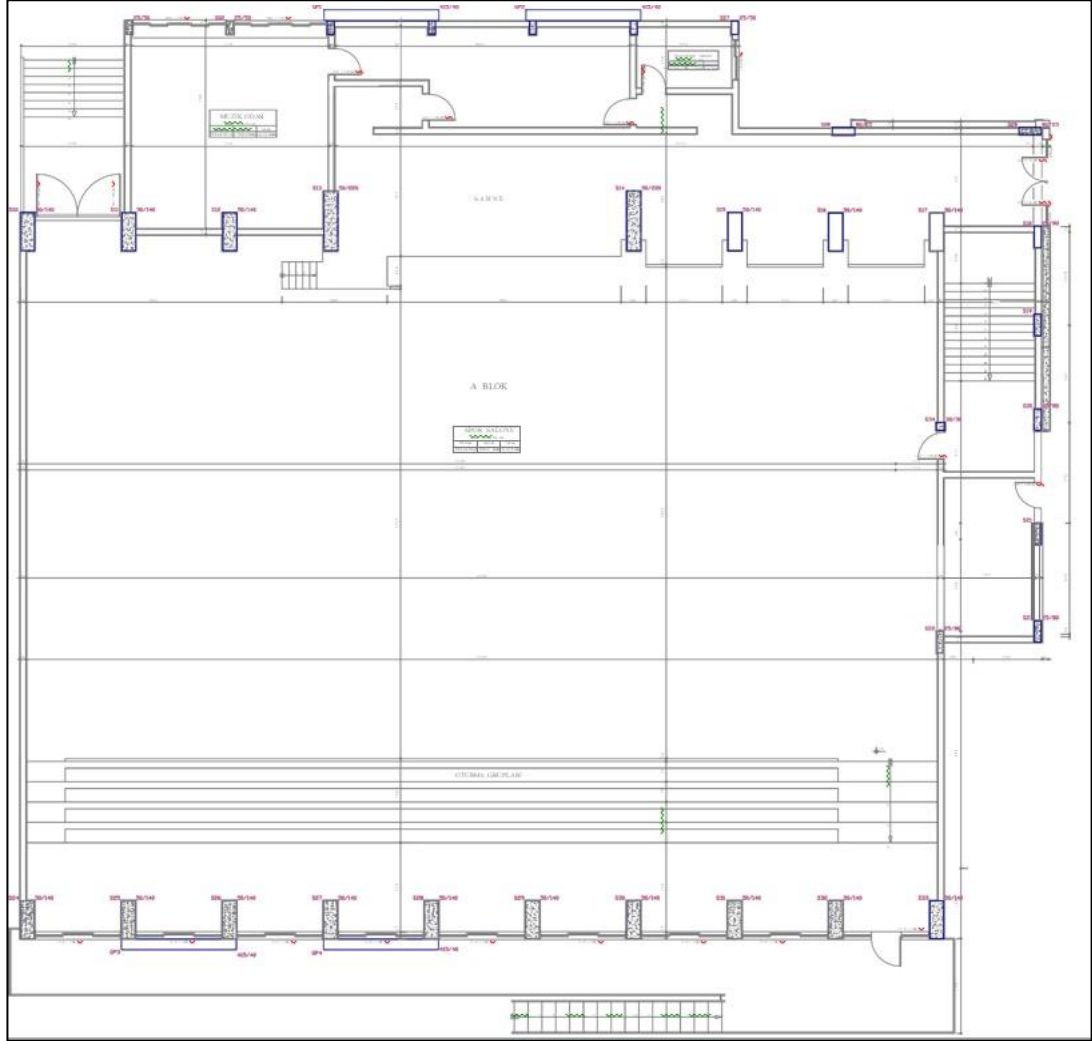
Yavaş, F. S., “Binalarda Doğal Havalandırma Performansının Bina Bilgi Modelleme Yöntemi ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ, (2019).

Yazıcı, H., “Denizli ilinde bulunan bir binanın TS 825 hesap yöntemine göre yıllık ısıtma ihtiyacının, yakıt maliyetinin ve emisyon miktarının belirlenmesi”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 2, 29-38, (2011).

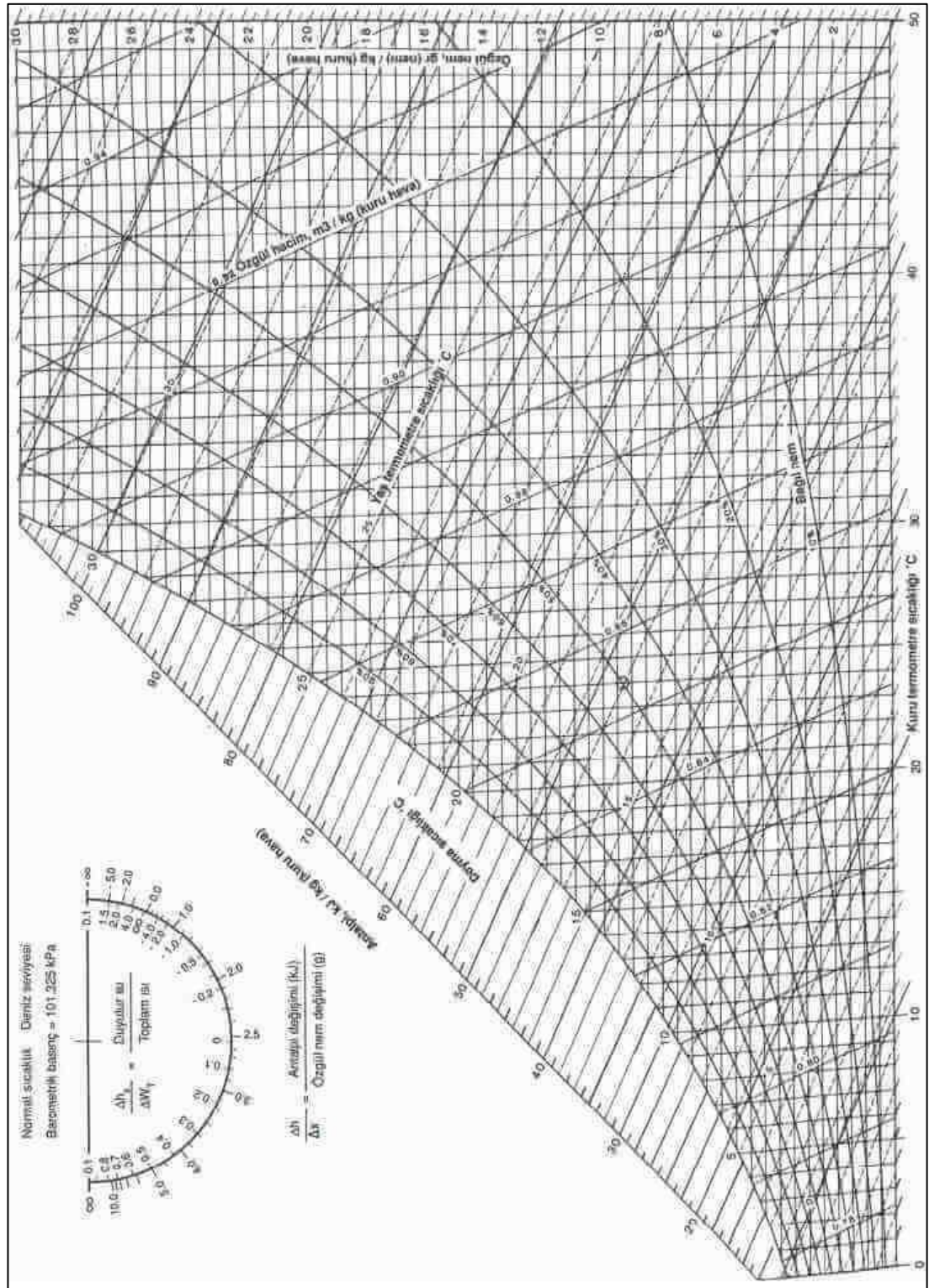
EKLER

8. EKLER

EK A Spor Salonunun Tip Mimari Projesi



EK B Psikrometrik Diyagram



EK C TMMOB Isı Kazancı Hesaplama Tabloları

Tablo C. 1 Konfor Şartları.

DIŞ HAVA SICAKLIĞI	ODA SICAKLIĞI	ODA RUTUBETİ
20 °c	20,0 °c	RH =% 80
21 °c	20,5 °c	RH =% 78
22 °c	21,0 °c	RH =% 75
23 °c	21,5 °c	RH =% 74
24 °c	22,0 °c	RH =% 72
25 °c	22,5 °c	RH =% 70
26 °c	23,0 °c	RH =% 68
27 °c	23,5 °c	RH =% 66
28 °c	24,0 °c	RH =% 64
29 °c	24,5 °c	RH =% 62
30 °c	25,0 °c	RH =% 60
31 °c	25,5 °c	RH =% 55
32 °c	26,0 °c	RH =% 50
33 °c	26,5 °c	RH =% 48
34 °c	27,0 °c	RH =% 45
35 °c	27,5 °c	RH =% 43
36 °c	28,0 °c	RH =% 40
37 °c	28,5 °c	RH =% 39
38 °c	29,0 °c	RH =% 38
39 °c	29,5 °c	RH =% 37
40 °c	30,0 °c	RH =% 35
41 °c	30,5 °c	RH =% 33
42 °c	31,0 °c	RH =% 30
43 °c	31,5 °c	RH =% 29

Tablo C. 2 İç Hava Dizayn Sıcaklıkları.

Isıtılacak hacmin adı	Sıcaklık
Ameliyat odası	23 - 26 °C
Banka ofisi	25 - 27 °C
Büro	25 - 27 °C
Cami	26 - 27 °C
Daire	24 - 26 °C
Ev	24 - 26 °C
Hastahane	24 - 25 °C
Lokanta	26 - 27 °C
Mağaza	25 - 27 °C
Okul	24 - 25 °C
Otel	24 - 26 °C
Sinema	26 - 28 °C
Tiyatro	26 - 28 °C
Toplantı salonu	26 - 27 °C

Tablo C. 3 Dış Hava Dizayn Sıcaklıkları.

ŞEHİR	Kuru Term. Sıcaklığı Yaz °C	Yaş Term. Sıcaklığı Yaz °C
Adana	38	26
Adapazarı	35	25
Afyon	34	21
Ankara	34	20
Antakya	37	28
Antalya	39	28
Aydın	40	26
Balıkesir	37	25
Bandırma	34	25
Bilecik	34	23
Bolu	33	23
Burdur	36	21
Bursa	37	25
Çanakkale	34	25
Çankırı	37	23
Çorum	35	22
Denizli	38	24
Diyarbakır	43	23
Edirne	37	25
Elazığ	38	21
Erzincan	36	22
Erzurum	30	19
Eskişehir	34	22
Gaziantep	39	23
Giresun	29	25
Iğdır	36	25
Isparta	34	21
İskenderun	37	29
İstanbul	33	24
İzmir	37	24
Kars	30	20
Kastamonu	34	22

Kayseri	36	22
Kırşehir	35	21
Kocaeli	36	25
Konya	34	21
Kütahya	33	21
Malatya	38	21
Manisa	40	25
Mardin	38	23
Mersin	35	29
Muğla	37	22
Niğde	34	20
Rize	30	26
Samsun	32	25
Siirt	40	23
Sinop	30	25
Sivas	33	20
Tekirdağ	33	25
Trabzon	31	25
şanlıurfa	43	24
Uşak	35	22
Van	33	20
Yozgat	32	20
Zonguldak	32	25

(Tablo C.3 devam).

Tablo C. 4 Pencereleere Ait Güneş Radyasyonu Isı Kazançları.

YÖNLER		GÜNÜN SAATLERİ												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
KUZEY	K	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	32	54	87
K.DOĞU	KD	319	360	302	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16
DOĞU	D	341	435	438	385	256	119	38	38	38	35	32	27	16
G.DOĞU	GD	138	237	294	300	268	192	92	38	38	35	32	27	16
GÜNEY	G	16	27	32	51	94	119	145	119	94	51	32	27	16
G.BATI	GB	16	27	32	35	38	38	92	192	268	300	294	237	138
BATI	B	16	27	32	35	38	38	38	119	256	384	438	435	341
K.BATI	KB	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	302	360	319
YATAY	Y	83	222	362	484	568	628	641	628	568	484	362	222	83

Tablo C. 5 Eşdeğer Sıcaklık Farkları 1.

KONUM	Dış hava sıcaklıkları , °C					
	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C	41 °C	43 °C
Son katlardaki çatılar ve tavanlar Tavan arası veya Çatı katı	21	23	26	28	28	31
Ara katlardaki döşeme ve tavanlar İklimlendirilmiş bölgenin altında veya üstünde iklimlendirilmemiş odalar.	2	5	7	8	8	11
Bitişik durumdaki bölgeler. İklimlendirilmiş bölgeyi çevreleyen iklimlendirilmemiş odalar.	2	5	7	8	8	11

Tablo C. 6 Eşdeğer Sıcaklık Farkları 2.

DUVAR YÖNLERİ	Dış hava sıcaklıkları , ° C					
	29 °C	32 °C	35 °C	38 °C	41 °C	43 °C
Kuzey	6	8	11	14	14	17
Kuzey Doğu	8	11	14	16	16	19
Doğu	13	16	19	22	22	24
Güney	12	15	18	21	21	24
Güney Doğu	10	12	14	17	18	21
Güney Batı	16	19	22	25	26	29
Batı	18	21	23	27	27	31
Kuzey Batı	14	16	18	22	22	25

Tablo C. 7 İnsanlardan Gelen Duyulur Isı Kazançları.

FAALİYET DURUMU	Duyulur ısı Kcal/h	Gizli ısı Kcal/h
Bankalar	75	70
Barlar	95	150
Diskotekler	95	150
Dükkanlar	70	60
Konutlar	70	60
Mağazalar	70	60
Ofisler	70	60
Okullar	70	40
Oteller	70	60
Restaurantlar	80	80
Sinemalar	70	40
Spor oyun salonları	150	275
Spor seyir salonları	95	150
Tiyatrolar	70	40
Toplantı Salonları	70	60
Hafif tezgah çalışması - Fabrika ve Atölyeler	55	130
Orta tezgah çalışması - Fabrika ve Atölyeler	75	175
Ağır tezgah çalışması - Fabrika ve Atölyeler	115	245

Tablo C. 8 Muhtelif Hacimler İçin Aydınlatma Yüğü.

Konutlar , Oteller	10 Watt / m2
Konferans ve Toplantı Salonları ile Ofisler	25 Watt / m2
Mağazalar ve Showroomlar	50 Watt / m2

Tablo C. 9 Kişi Başına Düşen Taze Hava Miktarları.

MAHALLER	İnsan sayısı Kişi /100 m2	Taze hava m3/h
Bankalar	10/15	35
Barlar	100	50
Berberler	25	50
Güzellik salonları	25	50
Kafeteryalar	80/100	35
Kokteyl salonları	100	50
Konferans salonları	60	35
Kuaförler	25	50
Kumarhaneler	120	50
Kütüphaneler.	20	25
Lokantalar	80/100	35
Mağazalar	20	20
Ofisler	10/15	35
Restaurantlar	80/100	35
Showroomlar	20	20
Sınıflar (Okullar)	50	25
Sinemalar	150	25
Spor salonları (Fitness)	40	50
Süpermarketler	10	25
Tiyatrolar	150	25
Toplantı salonları	60	35

Tablo C. 10 Pencere ve Kapılar İçin (K) Toplam Isı Geçiş Katsayıları.

AHŞAP PENCERE ve KAPILAR :	K
Basit - Tek camlı pencere (TP) veya (DK)	4,5
Özel - Birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası = 6 mm)	2,8
Özel - Birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası =12 mm)	2,5
Camsız dış kapı (DK)	3,0
Bitişik (mutabık) çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	2,2
Kasalı çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	2,2
METAL PENCERE ve KAPILAR : Hazır profillerden en az iki binili.	K
Basit - Tek camlı pencere (TP) veya (DK)	5,0
Özel - Birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası = 6 mm)	3,4
Özel - Birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası =12 mm)	3,1
Bitişik (mutabık) çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	3,0
Kasalı çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	2,8
Tepe penceresi (tek camlı) (TP)	5,0
Tepe penceresi (çift camlı) (ÇCP)	3,0
METAL PENCERE ve KAPILAR : Hazır profillerden en az iki binili.	K
Basit - Tek camlı pencere (TP) veya (DK)	4,3
Özel - Birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP)	2,2

Tablo C. 11 Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Isı İletkenliği Değerleri (λ).

DUVAR SIVALARI:	
Siva -dış duvar üzerinde *** (Çimento harcı)	0,750
Siva -iç duvar üzerinde *** (Kireç-Çimento harcı)	0,600
Siva - tavan	0,800
YTONG DUVAR:	
$\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$	0,160
$\gamma = 600 \text{ kg/m}^3$	0,200
$\gamma = 800 \text{ kg/m}^3$	0,250
TUĞLALAR (Birleştirme harçları dahil .)	
Dolu tuğla (hafif) ... 1.200 kg/m^3	0,450
Dolu tuğla (hafif) ... 1.400 kg/m^3	0,520
Dolu tuğla (normal) 1.800 kg/m^3	0,680
Dolu tuğla (ağır) ... 1.900 kg/m^3	0,900
Yatay Delikli tuğla ... *** ... 1.000 kg/m^3	0,388
Delikli tuğla..... 1.200 kg/m^3	0,450
Delikli tuğla..... 1.400 kg/m^3	0,520
Ekstrüde Polistrien Köpük ***	0,027
Briket -Dolu - Kum kireç harçlı	0,900
Briket -Delikli - Kum kireç harçlı ... 1.200 kg/m^3	0,480
Briket -Delikli - Kum kireç harçlı ... 1.400 kg/m^3	0,600
Kerpiç - (Saman karıştırılmış kil)	0,400
ÇATI MALZEMELERİ :	
Asmolen	0,450
Kiremit	0,680
Eternit	0,300
Sandviç panel	0,035
PVC çatı kaplaması	0,300
BETON VE HAFİF BETON	
Beton kalitesi B 120	1,300
Beton kalitesi B=> 160	1,750
Gaz Beton ***	0,387
Blokaj	1,500
Grobeton	1,100
Tesviye betonu	1,200
DÖŞEME VE BENZERİ YERLERDEKİ GEVŞEK DOLGU MALZEMESİ :	
Bims çakılı	0,160
Cüruf dolgu beton	0,190
Çakıl-Kırma taş	0,700
Kazan cürufu	0,280
Kum- havada kurumuş	0,500
Tuğla kırıkları	0,350
Yüksek fırın cürufu	0,190
TABİİ TAŞ VE ZEMİN :	
Ağır tabii taş duvarlar 3.000 kg/m^3	3,000
Gözenekli taş duvarlar 2.000 kg/m^3	2,000
BİTÜMLÜ MALZEME :	
Asfalt	0,600
Bitüm	0,150
Bitümlü çakıl	0,800

Buhar kesici	0,240
Bitümlü kanaviçe	0,150
Ruberoit	0,120
Su izolasyonu	0,160
ODUN ELYAFLI PLAKALAR :	
Y = 600 kg/m ³	0,100
Y = 800 kg/m ³	0,120
Y = 1000 kg/m ³	0,140
Her iki tarafı kağıt kaplanmış alçı plakalar	0,180
Kayın-gürgeç-dişbudak	0,150
Ladin-çam-kökner-kontrplak	0,120
Meşe	0,180
DÖŞEME ELEMANLARI VE KAPLAMALAR:	
Ahşap lambri	0,120
Ahşap parke	0,150
Be-te-be mozayik	0,900
Betonit sıva	0,600
Blokaj	1,500
Cam yünü	0,035
Dökme mozayik	1,500
Düz cam - Pencere camı	0,700
Famerit	2,500
Fayans ve çini	0,900
Grobeton	1,100
Harç	1,200
Heraklit	0,070
Kaplama tahtası	0,180
Karo mozayik	1,100
Mantar	0,050
Marley ve benzeri	0,180
Muşamba veya PVC yer döşemesi	0,160
Pamuk	0,050
Plaka halinde köpüklü plastik	0,035
Saman	0,050
Styrofor	0,035
Suni mermer	2,500
Suni taş	2,500
Şap	1,200
Testere ve planya talaşı	0,060
Tesviye betonu-Meyil betonu	1,200
Yün	0,040

(Tablo C. 11 devam).

Tablo C. 12 Hava Aralığı Kondüktansı.

HAVA ARALIKLARININ ISI GEÇİRME DİRENCİ Kondüktans (Kcal/m2.h.°C) $\frac{K}{\lambda}$						
Hava tabakasının kalınlık durumu	YÖN	K = 1 cm	K = 2 cm	K = 5 cm	K = 10 cm	K = 15 cm
Düşey tabaka (Isı yatay geçiyor.)		0,14	0,17	0,19	0,21	0,22
Yatay tabaka (Isı yukarı geçiyor.)		0,14	0,17	0,19	0,21	0,22
Yatay tabaka (Isı aşağı geçiyor.)		0,17	0,20	0,21	0,22	0,23

EK D İZODER TS 825 Standardı Hesaplama Tabloları

Tablo D. 1 İllere Göre Derece Gün Bölgeleri.

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANİYE	ANTALYA
HATAY	İZMİR			
İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARIS(Muğla)	DATÇA (Muğla)
KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	GÖKOVA (Muğla)	BODRUM (Muğla)	
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
SAKARYA	ÇANAKKALE	KAHRAMAN MARAŞ	RİZE	TRABZON
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DIYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİ ANTEP	MARDİN	ŞANLI URFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)			
İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
ABANA (Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)	İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)
DOĞANYURT (Kastamonu)				
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BOLU	İĞDIR	KIRŞEHİR	TOKAT
AKSARAY	BURDUR	ISPARTA	KONYA	TUNCELI
ANKARA	ÇANKIRI	KARABÜK	KÜTAHYA	UŞAK
ARTVİN	ÇORUM	KARAMAN	MALATYA	
BİLECİK	ELAZIG	KIRIKKALE	NEVŞEHİR	
BİNGÖL	ESKİŞEHİR	KIRKLARELİ	NİĞDE	
İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)		KORKUTELİ (Antalya)		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)		DURSUNBEY (Balıkesir)		ULUS (Bartın)
İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
TOSYA (Kastamonu)				

Tablo D. 2 Farklı Amaçlarla Kullanılan Binalar İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Aylık Ortalama İç Sıcaklık Değerleri [t_i (°C)].

	Isıtılacak binanın adı	Sıcaklığı (°C)
1	Konutlar	19
2	Yönetim binaları	
3	İş ve hizmet binaları	
4	Otel, motel ve lokantalar	20
5	Öğretim binaları	
6	Tiyatro ve konser salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve tutuk evleri	
9	Müze ve galeriler	
10	Hava limanları	
11	Hastaneler	22
12	Yüzme havuzları	26
13	İmalât ve atölye mahalleri	16

Tablo D. 3 Cam ve Çerçevenin Tipine ve Isıl Geçirgenlik Kat Sayılarına Göre Pencere Sistemlerinin Isı Geçirgenlik Kat Sayıları.

Cam tipi	W/ (m ² .K)	Uf ²⁾								
		W / (m ² .K)								
		1	1,4	1,8	2,2	2,6	3	3,4	3,8	7
Tek cam	5,7	4,8	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9
Çift cam	3,3	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4
	3,1	2,8	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3	3	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3	3,6
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3
	2,1	2	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,8	3,1
	1,9	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3
	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
Oçlu cam	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
	2,1	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2	2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,2	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2
	0,7	0,9	1	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2
	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,8
1) Ug: Camın ısı geçirgenlik kat sayısı (W/m ² .K)										
2) Uf: Çerçevenin ısı geçirgenlik kat sayısı (W/m ² .K)										

Tablo D. 4 Ara Boşluk Dolgusuna Göre Çok Katlı Camların Isıl Geçirgenlik Kat Sayıları.

Cam				Ara boşluk dolgusu cinsi (Gaz konsantrasyonu > 90)			
Tip	Cam	Normal yayınım derecesi (Emissivite,e)	Ölçüler mm	Hava	Argon	Kripton	SF6
Çift cam	Kapasız cam (Normal cam)	0,89	4, 6, 4	3,3	3	2,8	3
			4, 9, 4	3	2,8	2,6	3,1
			4, 12, 4	2,9	2,7	2,6	3,1
			4, 15, 4	2,7	2,6	2,6	3,1
			4, 20, 4	2,7	2,6	2,6	3,1
	Tek kaplamalı cam	< 0,4	4, 6, 4	2,9	2,6	2,2	2,6
			4, 9, 4	2,6	2,3	2	2,7
			4, 12, 4	2,4	2,1	2	2,7
			4, 15, 4	2,2	2	2	2,7
			4, 20, 4	2,2	2	2	2,7
	Tek kaplamalı cam	< 0,2	4, 6, 4	2,7	2,3	1,9	2,3
			4, 9, 4	2,3	2	1,6	2,4
			4, 12, 4	1,9	1,7	1,5	2,4
			4, 15, 4	1,8	1,6	1,6	2,5
			4, 20, 4	1,8	1,7	1,6	2,5
	Tek kaplamalı cam	< 0,1	4, 6, 4	2,6	2,2	1,7	2,1
			4, 9, 4	2,1	1,7	1,3	2,2
			4, 12, 4	1,8	1,5	1,3	2,3
			4, 15, 4	1,6	1,4	1,3	2,3
			4, 20, 4	1,6	1,4	1,3	2,3
	Tek kaplamalı cam	<0,05	4, 6, 4	2,5	2,1	1,5	2
			4, 9, 4	2	1,6	1,3	2,1
			4, 12, 4	1,7	1,3	1,1	2,2
			4, 15, 4	1,5	1,2	1,1	2,2
			4, 20, 4	1,5	1,2	1,2	2,2
Üçlü cam	Kapasız cam (Normal cam)	0,89	4, 6, 4, 6, 4	2,3	2,1	1,8	2
			4, 9, 4, 9, 4	2	1,9	1,7	2
			4, 12, 4, 12, 4	1,9	1,8	1,6	2
	İki kaplamalı cam	< 0,4	4, 6, 4, 6, 4	2	1,7	1,4	1,6
			4, 9, 4, 9, 4	1,7	1,5	1,2	1,6
			4, 12, 4, 12, 4	1,5	1,3	1,1	1,6
	İki kaplamalı cam	< 0,2	4, 6, 4, 6, 4	1,8	1,5	1,1	1,3
			4, 9, 4, 9, 4	1,4	1,2	0,9	1,3
			4, 12, 4, 12, 4	1,2	1	0,8	1,4
	İki kaplamalı cam	< 0,1	4, 6, 4, 6, 4	1,7	1,3	1	1,2
			4, 9, 4, 9, 4	1,3	1	0,8	1,2
			4, 12, 4, 12, 4	1,1	0,9	0,6	1,2
	İki kaplamalı cam	< 0,05	4, 6, 4, 6, 4	1,6	1,3	0,9	1,1
			4, 9, 4, 9, 4	1,2	0,9	0,7	1,1
			4, 12, 4, 12, 4	1	0,8	0,5	1,1

Tablo D. 5 Bazı pencere sistemlerinin U_p değerleri.

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısıl geçirgenlik (U_p) katsayıları W/m^2K		TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE			
			ARA BOŞLUK (mm)				ARA BOŞLUK (mm)			
			6	9	12	16	6	9	12	16
	DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
D O Ğ R A M A T İ P İ	AHŞAP DOĞRAMA (meşe, dişbudak/sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHŞAP DOĞRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLASTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLASTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

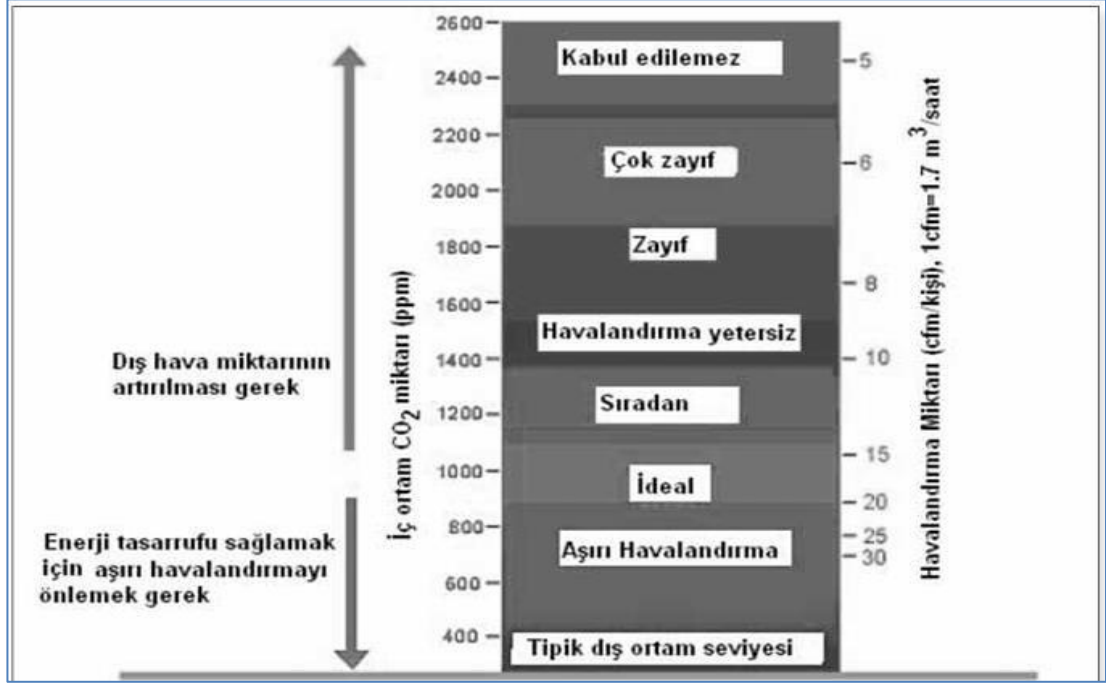
Tablo D. 6 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri.

	U_D (W/m^2K)	U_T (W/m^2K)	U_t (W/m^2K)	U_p^* (W/m^2K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

EK E ASHRAE 62.1 CO₂ Üretim Miktarları

Aktivite Türü	CO ₂ Üretim Oranı (L/s/kişi)	CO ₂ Üretim Oranı (L/sa/kişi)	Açıklama
Dinlenme (oturma)	0,005	18	Sessiz, sakin,
Hafif Aktivite	0,008–0,010	28,8–36	Hafif tempolu yürüyüş, yoga veya yavaş germe.
Orta Düzey Aktivite	0,010–0,015	36–54	Tempolu yürüyüş, hafif aerobik, hızlı hareketler.
Yüksek Aktivite	0,020–0,030	72–108	Koşu, eğirme, h
Yoğun Aktivite	0,040–0,05	144–180	Ağırlık kaldırma, HIIT, crossfit gibi yüksek şiddet

EK F ASHRAE 62.1 CO₂ Ppm Seviyeleri



EK G İllerin Dış Hava Tasarım Sıcaklıkları (Url3)

Şehir Adı	Yaz Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Yaz Yağ Termometre Sıcaklığı (°C)	Kış Sıcaklığı (°C)	Şehir Adı	Yaz Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Yaz Yağ Termometre Sıcaklığı (°C)	Kış Sıcaklığı (°C)
ADANA	38	26	0	İÇEL (TARSUS)	36	28	0
ADIYAMAN	38	22	-9	İSTANBUL	33	24	-3
AFYON	34	21	-12	İZMİR	37	25	0
AĞRI	34	25	-24	KARABÜK	32	25	-12
AKSARAY	34	20	-15	KARAMAN	34	21	-12
AMASYA	31	21	-12	KARS	30	20	-27
ANKARA	35	21	-12	KASTAMONU	34	22	-12
ANTALYA	39	28	3	KAYSERİ	36	23	-15
ARDAHAN	27	18	-21	KİLİS	39	23	-6
ARTVİN	30	26	-9	KIRIKKALE	35	21	-12
AYDIN	39	26	-3	KIRKLARELİ	35	25	-9
BALIKESİR	38	27	-3	KIRŞEHİR	35	21	-12
BANDIRMA	34	25	-6	KOCAELİ (İZMİT)	36	25	-3
BARTIN	31	21	-3	KONYA	34	22	-12
BATMAN	40	23	-9	KÜTAHYA	33	21	-12
BAYBURT	33	23	-15	MALATYA	38	21	-12
BİLECİK	34	23	-9	MANİSA	40	26	-3
BİNGÖL	33	21	-18	KAHRAMANMARAŞ	36	22	-9
BİTLİS	34	22	-15	MARDİN	38	23	-6
BOLU	34	24	-15	MUĞLA	37	22	-3
BURDUR	36	21	-9	MUŞ	32	20	-18
BURSA	37	25	-6	NEVŞEHİR	28	17	-15
ÇANAKKALE	34	25	-3	NİĞDE	34	20	-15
ÇANKIRI	34	26	-15	ORDU	30	22	-3
ÇORUM	29	19	-15	OSMANİYE	38	26	-3
DENİZLİ	38	24	-6	RİZE	30	26	-3
DIYARBAKIR	42	23	-9	SAKARYA (ADAPAZARI)	35	25	-3
EDİRNE	36	25	-9	SAMSUN	32	25	-3
ELAZIĞ	38	21	-12	ŞİRT	40	23	-9
ERZİNCAN	36	22	-18	SİNOP	30	25	-3
ERZURUM	31	23	-21	SİVAS	33	20	-18
ESKİŞEHİR	34	24	-12	ŞANLIURFA	43	24	-6
GAZİANTEP	39	23	-9	ŞİRNAK	34	20	-6
GİRESUN	29	25	-3	TEKİRDAĞ	33	25	-6
GÜMÜŞHANE	33	23	-12	TOKAT	29	20	-15
HAKKARİ	34	20	-24	TRABZON	31	25	-3
HATAY (ANTAKYA)	37	28	0	TUNCELİ	37	22	-18
HATAY (İSKENDERUN)	37	29	3	UŞAK	35	22	-9
İĞDIR	36	25	-18	VAN	33	21	-15
İSPARTA	34	21	-9	YALOVA	33	24	-3
İÇEL (MERSİN)	35	29	3	YOZGAT	32	20	-15
				ZONGULDAK	32	25	-3