



Capacity of traditional fireplaces (*ocaks*) to meet the current heating loads within the reuse of historical houses: Examples from Southwest Anatolia

Barış Ali Timur¹ , Tahsin Başaran² , Başak İpekoğlu^{1*}

¹Department of Conservation and Restoration of Cultural Heritage, Faculty of Architecture, İzmir Institute of Technology, 35430, İzmir, Türkiye

²Department of Architecture, Faculty of Architecture, İzmir Institute of Technology, 35430, İzmir, Türkiye

Highlights:

- Specification of the heating capacities of traditional fireplaces
- Comparative transient thermal analyses within numerical medium
- Assessment of the heating loads of a traditional building type common in Anatolia

Keywords:

- Traditional fireplace
- Thermal performance
- Thermal simulation
- Historical house
- Architectural conservation

Article Info:

Research Article

Received: 26.03.2021

Accepted: 27.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.903723

Acknowledgement:

The authors thank Izmir Institute of Technology (Project No: 2016IYTE66) for their support.

Correspondence:

Author: Başak İpekoğlu
e-mail: basakipekoglu@iyte.edu.tr
phone: +90 232 750 7075

Graphical/Tabular Abstract

This study examines the potential of traditional fireplaces (*ocaks*) to meet thermal needs depending on contemporary usage scenarios through simulations on *DesignBuilder* software. Calculated heating demands of the rooms were compared to the maximum heating power of their fireplaces and heating sufficiency rates of the fireplaces were determined. The results suggest traditional fireplaces have obvious potentials as to be utilized within the contemporary heating arrangements. Figure A shows the cases and simulation results.

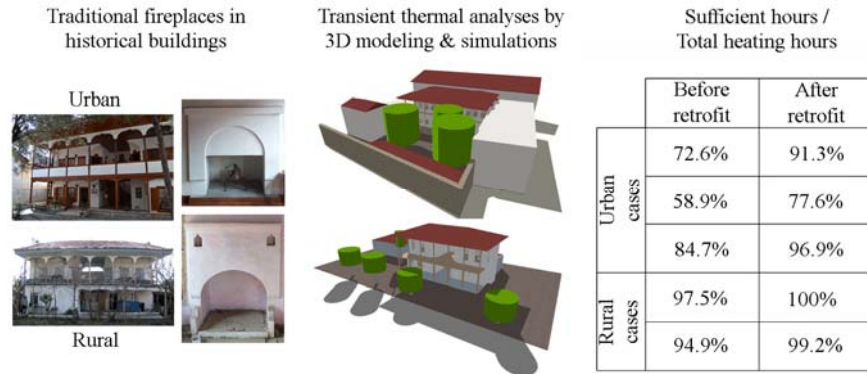


Figure A. Cases, method and the results of the study

Purpose:

The aim of this study is to determine the potentials of traditional fireplaces (*ocaks*) to meet the thermal demands for the contemporary reuse of Anatolian historical houses as well as to call attention to sustaining the functional continuity of traditional fireplaces.

Theory and Methods:

The method of the study consists of collecting on-site thermal readings on case buildings, selected from urban and rural sub-settlements, specifying thermophysical properties of traditional construction materials with laboratory analyses and conducting transient thermal analyses of case buildings by modeling and simulating them on *DesignBuilder* software. Simulations were held for two sets of models that represent the buildings with and without the application of thermal retrofitting works such as weather-stripping, window enhancements, thermal insulations and addition of closed circulation corridors in semi-open spaces.

Results:

As a result of this study, it was determined that two of the three fireplaces in the urban case are highly satisfactory for their corresponding spaces with more than 90% heating sufficiency rates, however one lacks this high level of sufficiency with less than 80% rate, and all analyzed fireplaces in the rural case have adequate heating levels with nearly 100% sufficiency rates.

Conclusion:

As the outcome of examining the thermal properties of construction materials and the traditional fireplaces of the selected historical houses, it was concluded that the fireplaces - in significant rates - have the adequate capacity to fulfill the heating demands that stem from the contemporary reuse of historical houses.



Tarihi konutların yeniden kullanımında geleneksel ocakların güncel ısıtma yüklerini karşılama etkinliği: Güneybatı Anadolu'dan örnekler

Barış Ali Timur¹ , Tahsin Başaran² , Başak İpekoğlu^{1*} 

¹İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, 35430, İzmir, Türkiye

²İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 35430, İzmir, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Geleneksel ocakların ısıtma etkinliklerinin belirlenmesi
- Sayısal ortamda karşılaştırmalı zamana bağlı ısı analizler
- Anadolu'da yaygın bir geleneksel konut tipinin ısıtma yüklerinin değerlendirilmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 26.03.2021
Kabul: 27.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.903723

Anahtar Kelimeler:

Geleneksel ocak,
ısı performans,
ısı simülasyonu,
tarihi konut,
mimari koruma

ÖZ

Anadolu tarihi konutlarında ısıtma elemanı olarak yaygın kullanılan geleneksel ocaklar, estetik önemleri yanında fonksiyonel değerler taşır. Bu elemanların ısı özelliklerinin belirlenmesi, tarihi konutların yeniden kullanımında ısı konforun sağlanması için uygulanacak olası müdahalelerin kapsamının saptanması bakımından belirleyici bir değerlendirme alanıdır. Bu çalışmanın amacı, geleneksel ocakların, güncel kullanım senaryolarına bağlı olarak ısı ihtiyaçları karşılama potansiyelinin belirlenmesidir. İncelenen yapı türü, açık sofalı tarihi konutlardır. Çalışmanın yöntemi, kırsal ve kentsel yerleşmelerden seçilmiş örnek iki konutta yıllık ısı ölçümlerinin alınması, yapılarda kullanılan yapı malzemelerinin termofiziksel özelliklerinin laboratuvar ölçümleriyle belirlenmesi ve yapıların *DesignBuilder v5.4.0.21* yazılımında modellenerek zamana bağlı ısı analizlerinin, modelin doğrulanması yapıldıktan sonra, gerçekleştirilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Analizlerle belirlenen mekânsal birim zamandaki ısıtma enerjisi ihtiyacının zamana bağlı değişim değerleri, örnek konutlarda bulunan ocakların maksimum ısıtma güçleriyle karşılaştırılmış ve ocakların ısı ihtiyaçları karşılama oranları bulunmuştur. Sunulan analiz süreçlerinin, tarihi konutlar için kurgulanacak ısıtma sistemi değerlendirmelerine yöntem açısından katkı sağlaması hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, kentsel konutta bulunan üç ocağın ikisinin bulunduğu mekânlar için yüksek düzeyde yeterli olduğu, bir ocağın ise daha yetersiz kaldığı; kırsal konutta ise analizi yapılan her iki ocağın da yeterli ısıtma düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Böylece, incelenen yapılarda tasarlanacak olası ısıtma düzenlemelerinin kapsamının belirlenmesine yönelik veriler oluşturulmuştur.

Capacity of traditional fireplaces (*ocaks*) to meet the current heating loads within the reuse of historical houses: Examples from Southwest Anatolia

HIGHLIGHTS

- Specification of the heating capacities of traditional fireplaces
- Comparative transient thermal analyses within numerical medium
- Assessment of the heating loads of a traditional building type common in Anatolia

Article Info

Research Article
Received: 26.03.2021
Accepted: 27.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.903723

Keywords:

Traditional fireplace, thermal performance, thermal simulation, historical house, architectural conservation

ABSTRACT

Traditional fireplaces (*ocaks*), which have been commonly utilized in Anatolian historical buildings, possess functional values in addition to their aesthetic significance. Specifying the thermal properties of these elements is an evaluation field, which assists in determining the extent of the interventions that are undertaken to sustain the thermal comfort for contemporary reuse of historical houses. The aim of this study is to determine the potential of traditional *ocaks* to meet the thermal needs depending on contemporary utilization scenarios. The studied building type is open-hall (*sofa*) historical houses. The method of the study consists of collecting annual on-site thermal readings on two cases from rural and urban settlements, determining the thermophysical properties of construction materials used in these buildings and modeling the buildings on *DesignBuilder v5.4.0.21* software for conducting their transient thermal analyses after calibrating the models. The changing values of spatial heating energy rate demands were calculated by analyses, were compared to the maximum heating powers of the *ocaks* in the chosen case buildings and the demand fulfillment rate of the *ocaks* were calculated. The presented analysis stages aim to contribute to the methodology of heating system evaluations for historical houses. As a result of this study, it was determined that two of the three *ocaks* in urban case are highly satisfactory for their corresponding spaces however one lacks this high-level of sufficiency, and all analyzed *ocaks* in rural case have adequate heating levels. Thus, data were generated to determine the scope of possible heating arrangements to be designed in the examined buildings.

1. Giriş (Introduction)

Tarihi yapıların kullanım devamlığını sağlayacak biçimde kurgulanmış restorasyon uygulamaları, çağdaş koruma kuramı kapsamında kabul edilmiş yaygın bir mimari koruma prensibidir [1-3]. Bu prensibin başarılı olması, güncel kullanıcıların mekânsal memnuniyetine bağlıdır. Mekânsal memnuniyetin önemli bir parametresini, kullanıcı ısı konfor düzeyi belirler. Bu düzeyin kabul edilebilir bir seviyede sürdürülebilmesi için restorasyon proje süreçlerinde yapı ısıtma/soğutma ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu ihtiyaçlara uygun ısı önlemlerin alınması gerekir. Tarihi konutların özgün tasarımında bulunan geleneksel ısıtma elemanları, nostaljik ve estetik değerleri ile kullanıcılarda uyandırdıkları mekânsal huzur ve konuta aidiyet [4] gibi duyguların yanı sıra bu yapılarda önerilecek mekânsal ısıtma çözümleri kapsamında da kullanılma potansiyeli taşırlar. Bu türden elemanların, güncel ısı ihtiyaçlara verebilecekleri katkılar bakımından araştırılması ve bu araştırma ile elde edilecek veriler ışığında ısıtma aracı olarak kullanım devamlılığının sağlanması/sağlanmamasına karar verilmesi, tarihi yapılarda uygulanacak olası ısı müdahalelerin kapsam ve biçiminin belirlenmesi bakımından önemli bir değerlendirmeye alanıdır. Bu bağlamda, tarihi yapıların ısıtma elemanı ve sistemlerinin çözümlenmesi, hâlihazırda birçok çalışmaya da konu olmuş önemli bir araştırma alanıdır. Bu çalışmalar, genellikle tarihi hamam yapılarında gözlenen zemin altı/duvar içi ısıtma sistemleri ile bu sistemlerin geleneksel konutlardaki çeşitliliklerine odaklanmaktadır. Örneğin, Kretzschmer [5] ve Rook [6]'un çalışmaları, hamam yapılarının ısıtma sistemlerini deneysel ve sayısal yöntemlerle çözümlenmiş öncül nitelikte araştırmalarıdır. Başaran ve İlken [7], Phaselis/Antalya'da bulunan antik bir hamam yapısı için, sonlu fark yönteminin kullanıldığı bir bilgisayar yazılımı yardımıyla, hamamın farklı yüzeylerindeki sıcaklık dağılımlarını, ısıtma sisteminden hamam mekânlarına olan ısı transferini ve ısıtma sistemindeki baca gazının sıcaklık değişimi değerlerini hesaplamışlardır. Turkovic vd. [8], oluşturdukları modelle Split/Hırvatistan'da bulunan bir Roma dönemi saray içi hamamı ısıtma sistemini, oda sıcaklığı, baca gazı sıcaklığı, zemin sıcaklığı ve ısıtma verimi parametrelerine göre çözümlenmişlerdir. Çelikyürek [9], İzmir'de ısıtma düzeni çağdaş sistemlerle değiştirilmiş bulunan Osmanlı dönemi bir hamam yapısını çözümlendiği çalışmasında, ANSYS Fluent yazılımını kullanarak yapının özgün ve yeni ısıtma sistemlerini sıcaklık dağılımı ve ısıtma verimi parametreleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Gagliano vd. [10] Sicilya/İtalya'daki bir Roma dönemi hamamı ısıtma sistemi için bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonu kullanarak mekân içi sıcaklık ve bağıl nem dağılımı değerleri ile sistemde oluşturulan gazın sıcaklık dalgalanma aralığını hesaplamışlardır. Zhuang vd. [11], Çin tarihi konutlarında özellikle de kırsal yerleşmelerde çokça kullanılan *kang* (*yatak/sedir soba*) ısıtma sisteminin temel ısı transferi ve hava akışı prensiplerini tanıtmışlar; ayrıca bu elemanın farklı tiplerini ve performans değerlerini literatür taraması ve saha incelemeleriyle değerlendirmişlerdir. Zhang vd. [12], örnek bir yapıda yerinde ısı ölçümlerle gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Çin geleneksel konutlarında kullanılan zemin altı (*burning cave*) ısıtma sistemi ve *kang* sistemi ile ısıtılan mekânları karşılaştırmalı çözümlenmiş ve bu sistemleri, mekânsal sıcaklık dağılımı, ısı konfor ve enerji verimliliği değişkenlerine göre değerlendirmişlerdir. Zhu ve Tong [13], yine Çin'de yaygın kullanılan *yaokang* geleneksel ısıtma sisteminin ısıtma gücü ve ısıtma verimi parametrelerini örnek bir yapıda, yerinde ısı ölçümlerle belirlemişlerdir. Wu vd. [14], örnek bir Çin geleneksel konutunu hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı ile analiz ettikleri çalışmalarında açık bir şömine elemanının, yapının farklı yerlerinde konumlandırıldığında, iç mekân ısı durumunda ne türden değişikliklere neden olacağını göstermişlerdir. Bu araştırmalara ek olarak, tarihi ısıtma sistemlerini model almış [15-18] ve bu sistemlerin ısı

veriminin artırılarak çağdaş tasarımlar için değerlendirilmesi konusuna odaklanmış çalışmalar da bu alanda katkı sağlayan araştırmalardır [19-21]. Bu çalışmaların yanı sıra, özellikle geleneksel ocak elemanını konu alan incelemeler oldukça sınırlıdır. Bu incelemelere örnek olarak, Zeren [22]'in, ocakların tarihçesini, mimari ve teknik yönleriyle tasarım parametrelerini ve Türk mimari geleneğindeki yerini ortaya koyduğu çalışması, Pickles [23]'ün hazırladığı, İngiltere'deki tarihi yapılarda bulunan geleneksel ısıtma elemanlarının enerji verimliliğinin değerlendirildiği rehberi, Hansson [24]'ün Baltık Denizi çevresindeki yerleşmelerde İkinci Dünya Savaşı öncesi kullanılan şöminelerin tarihsel gelişimini belirlediği çalışması, Calvo vd. [25]'nin deneysel incelemelerle Portekiz konutlarında çokça kullanılan şömine ve soba türlerinin yakıt tüketim hızı, baca gazı sıcaklığı ve baca gazı kompozisyonu parametrelerine göre tanımlanmış çalışma koşullarını saptadığı araştırmaları ve Elnakat ve Gomez [26]'in San Antonio/Teksas (ABD)'ta şömine bulduran ve buldurmeyen yeni ve tarihi konutların ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını karşılaştırdıkları çalışmaları verilebilir. Bu araştırmalar, yöntem, kapsam ve sonuç verileri açısından çeşitlilikler göstermektedir. Ancak, bu çalışmalar arasında Anadolu tarihi konutlarında yer alan geleneksel ocakların sayısal analiz yöntemleriyle, teknik bakımdan değerlendirilmesi konusunda, belirgin bir eksiklik görülmektedir. Bu kapsamda, Anadolu'daki tarihi konutlarda yaygın olarak görülen ocakların ısı özelliklerini belirlemeye yönelik analizler sonucu elde edilecek verilerin, yeniden kullanım kararlarında değerlendirilebileceği ileri sürülebilir. Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı, Anadolu'daki tarihi konutlarda bulunan ocakların ısı etkilerinin, kullanıldıkları mekân özelinde incelenmesiyle, güncel ısı ihtiyaçları karşılama potansiyellerinin belirlenmesi ve bu elemanların tarihi konutların yeniden kullanımında değerlendirilmesidir. Elde edilen verilerle, geleneksel ocakların fonksiyonel devamlılıklarının sağlanması konusuna dikkat çekilmesi ve tarihi konutlar için geliştirilecek ısıtma sistemi tasarımlarına yöntem yönünden katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. Örnek Yapılar (Case Buildings)

Bu çalışma için örnek yapı türü, açık sofalı tarihi konutlar olarak seçilmiştir. Bu seçimin en önemli nedeni, bu yapıların Anadolu'daki tarihi yerleşmelerde yaygın bir konut tipi olmasıdır [27, 28]. Bu tür konutların yoğun ve oldukça korunmuş olarak yer aldığı Muğla şehri, örnek yapıların seçildiği tarihi yerleşme olarak belirlenmiştir. Bu şehrin farklılaşan iklim ve yapılaşma özellikleri gösteren alt tarihi bölgelere (Şekil 1) sahip olması [29] ise örnek yapıların kentsel ve kırsal alanlardan seçilerek karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Muğla şehri, Köppen-Geiger İklim Sınıflandırma Sistemi'ne göre *Csa* (*tipik Akdeniz*) iklim tipi özellikleri göstermektedir [30]. Bu iklim tipi, yaz aylarını kuru ve sıcak, kış aylarını ise ılıman ve yağışlı geçiren bölgeleri tarifler. Kentte yıllık hava sıcaklığı ortalaması 15,6°C'dir. Sıcaklık değerleri yıl içinde 0°C ile 35°C arasında değişmektedir. Hâkim rüzgâr yönü kuzebatıdır. Ayrıca Muğla ve yakın çevresi, Anadolu coğrafyasında Artvin - Rize bölgesinden sonra en çok yağış alan bölgelerdendir [31]. Çalışma kapsamında değerlendirilen geleneksel ocaklar (Şekil 2), Muğla şehri tarihi kent merkezinde bulunan Gürsel Evi ile yine Muğla şehri tarihi kırsal alt yerleşmesi olan Karabağlar'da bulunan Sönmezer Evi'ne aittir. Her iki ev de benzer plan düzeni, yapı tekniği, büyüklük ve güneşe yönelme özellikleri göstermektedir. Yapılar arasındaki temel fark, Sönmezer Evi'nin etrafında az sayıda komşu yapı olması ve düz bir topoğrafya üzerinde konumlanmasına karşılık Gürsel Evi'nin yoğun bir kentsel doku içinde eğimli bir arazide ve yaklaşık 49 m daha yüksek bir rakımda yer almasıdır.

Gürsel Evi (Şekil 3), 670 m rakımda konumlanmış ve 19. yüzyılın ikinci yarısında inşa edilmiştir. Zamanla konut işlevini kaybeden yapı,



Şekil 1. Muğla şehri a: tarihi kent merkezi ve b: geleneksel kırsal yerleşim bölgesi/Karabağlar
(City of Muğla a: historical city center and b: traditional rural sub-settlement/Karabağlar)



Şekil 2. Geleneksel ocaklar a: Gürsel Evi 1K2 odasındaki ocak, b: Sönmezer Evi 1K3 odasındaki ocak
(Traditional fireplaces/ocaks a: *ocak* in 1K2 room – Gürsel House, b: *ocak* in 1K3 room – Sönmezer House)

2008 yılında Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi'ne bağışlanmıştır. Yapı iki katlıdır (Şekil 4) ve bu katlardaki mekânlara açık sofalardan ulaşılmaktadır. Yapının zemin katı, kalınlığı 41 cm ile 60 cm arasında değişen taş yığma duvarlarla oluşturulmuştur. Bu duvarlar, yapının batı ve doğu cephelerinde üst katta da devam eder. Üst kattaki diğer duvarlar ise ortalama 16 cm kalınlığında ahşap iskelet arası kerpiç dolgu sistemde inşa edilmiştir. Yapıda katları, yükseklikleri 8 ile 12 cm arasında değişen ahşap kirişler üzeri 2 cm kalınlığında kaplama tahtalarından oluşan döşeme sistemi ayırmaktadır. Bu sistem, alttan kaplamasız yani kirişler açıkta bırakılmış şekilde inşa edilmiştir. Günümüzde alt katta üç, üst katta ise iki kapalı mekân bulunmaktadır (zemin katta Z2, Z3, Z4 ve üst katta 1K2, 1K3) (Şekil 4). Bu mekânlardan Z4 alt kat sofasının batı kanadının kapatılmasıyla sonradan oluşturulmuştur. Yapının sofaları, kuzey yönünden yaklaşık 6° doğuya yönelmiştir. Çalışma kapsamında, bu yapıda zemin katta doğuda bulunan mekân (Z2) ile birinci katta konumlanan mekânlarda (1K2 ve 1K3) bulunan ocaklar incelenmiştir. Zemin katta batıda yer alan özgün mekânda (Z3) ocak bulunmamaktadır. Sönmezer Evi (Şekil 5), 621 m rakımda konumlanmıştır ve 20. yüzyılın ilk yarısında inşa edildiği bilinmektedir. Yapı, Gürsel Evi gibi iki katlıdır (Şekil 6) ve katlardaki mekânlara açık sofalardan ulaşılmaktadır. Yapının zemin katı, kalınlığı 45 cm olan taş yığma duvarlarla oluşturulmuştur.

Üst kattaki duvarlar ise ortalama 15 cm kalınlığında, ahşap iskelet arası kerpiç dolgu sistemde inşa edilmiştir. Yapıda katları, yükseklikleri 8 ile 12 cm arasında değişen ahşap kirişler üzeri 2 cm kalınlığında kaplama tahtalarından oluşan döşeme sistemi ayırmaktadır. Bu sistem, alttan kaplamasız yani kirişler açıkta bırakılmış şekilde inşa edilmiştir. Günümüzde alt katta beş, üst katta ise iki kapalı mekân bulunmaktadır (zemin katta Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 ve üst katta 1K2, 1K3). Bu mekânlardan Z1, Z4 ve Z5 alt kat sofasının kapatılmasıyla sonradan oluşturulmuştur. Yapının sofaları, kuzeyden yaklaşık 32° doğuya yönelmiştir. Çalışma kapsamında, zemin katta doğuda bulunan mekân (Z2) ile birinci katta batıda konumlanmış mekânda (1K3) bulunan ocaklar incelenmiştir. Zemin katta doğudaki mekânda (Z2) bulunan ocak günümüzde kapatılmış durumdadır, ancak duvar üzerindeki izlerden bu ocağın üst kattaki ocakla aynı ölçülerde olduğu tespit edilmiştir. Yapının zemin katta batıda (Z3) ve birinci katta doğuda (1K2) konumlanmış özgün mekânlarda ocak bulunmamaktadır.

3. Yöntem (Method)

Çalışmanın yöntemi, örnek yapıların yerinde yapılan incelemelerle rölöve çizimlerinin hazırlanarak mimari özelliklerinin belirlenmesi,

yapılarda yıllık ısı (hava sıcaklığı ve bağıl nem) ölçümlerinin alınması, bu dönem yapılarında kullanılan yapı malzemelerinden alınan örneklerin termofiziksel özelliklerinin laboratuvar ölçümleriyle belirlenmesi ve yapıların *DesignBuilder v5.4.0.21* yazılımında modellenerek, doğrulama yapıldıktan sonra, zamana bağlı simülasyonlarının gerçekleştirilip ocak bulunan mekânların birim zamandaki ısınma ihtiyaçları bakımından analiz edilmesi aşamalarını kapsamaktadır [32].



Şekil 3. Gürsel Evi kuzey cephesi (North facade of Gürsel House)

3.1. Örnek Yapılarda Gerçekleştirilen Isıl Ölçümler (Thermal Readings on Case Buildings)

Örnek yapılarda tüm yıllık ısı gözlem incelemesi olarak düşünülen saatlik hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümleri, Nisan 2017 ve Mart 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir [32]. Ölçümler, *Onset HOBO U12-012* veri kaydedicileri ile yapılmıştır. Bu ölçümlerle elde edilen veriler, yapı ısı modeli doğrulaması ve ısı simülasyonlar için iklim verisi oluşturulması aşamalarında kullanılmıştır. Sönmezer Evi'nde hem dış ortam, hem de iç mekân (Z3 ve 1K3 mekânları) ölçümleri alınmış olup düzenli olarak iç mekânlarına girilemeyen Gürsel Evi'nde ise sadece dış ortam verileri toplanabilmiştir. Veri kaydediciler, dış ortamdaki ölçüm değerlerinin yağmur suyu veya doğrudan güneş ışığı gibi hava şartları etkilerinden korunması için üst kattaki sofa dikmelerinin tavanla birleştiği noktalar yakın ve iç mekâna bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Ölçümler tamamlandıktan sonra ölçüm araçları kalibrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem,

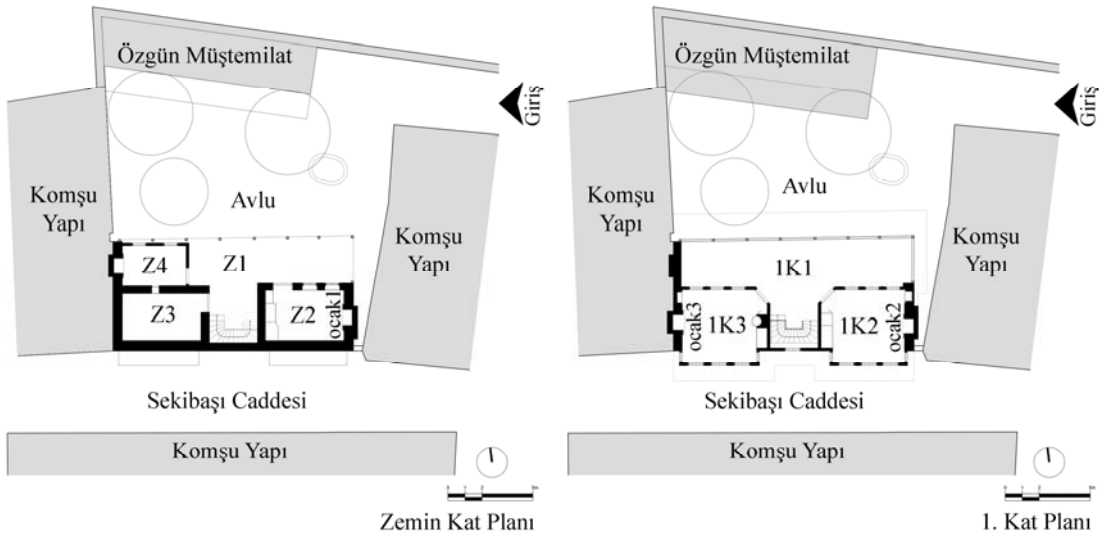
İzmir Makine Mühendisleri Odası Kalibrasyon Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm verileri, her araç için ayrı ayrı hesaplanan kalibrasyon formülleriyle düzeltildikten sonra kullanılmıştır.



Şekil 5. Sönmezer Evi kuzey cephesi - alt kat sofa mekânının tamamıyla kapatılmadan önceki hali/tarih: 2008 (North facade of Sönmezer House - before total closing of ground floor hall/date: 2008)

3.2. Geleneksel Yapı Malzemelerinin Isıl Özelliklerinin Tespiti (Specification of the Thermal Properties of Traditional Construction Materials)

Isıl simülasyonlar ile gerçekleştirilen zamana bağlı ısı analizlerde yapı sistemlerinin ve mimari elemanların yapı ısı davranışına etkilerinin hesaplanabilmesi için ilgili elemanları oluşturan yapı malzemelerinin termofiziksel özelliklerinin bilinmesi ve simülasyon yazılımına tanıtılması gerekmektedir. Yapı geleneği ve mevcut yerel ham maddelerin bir yerleşim yerinden diğerine büyük farklılıklar gösterebilmesi ve çağdaş yapı malzemeleri için hazırlanan standartların geleneksel yapı malzemelerini tanımlamak için yetersiz kalması nedenleriyle örnek yapılarla aynı tip, mimari özellik, büyüklük ve dönem benzerliği gösteren yıkılmış tarihi yapılardan örnek yapı malzemeleri toplanmış ve bu malzemelerin ısı iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk özellikleri, laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir [32]. Toplanan yapı malzemeleri, iç sıva, dış sıva, zemin ve tavan döşemelerinden kaplama ahşapları, yığma duvarlarda kullanılan taş örnekleri ve çatı kiremitleridir (Şekil 7). Örnek yapıların genellikle üst kat duvarlarında kullanılan oldukça kırılğan yapıdaki kerpiç dolgu bölümünden laboratuvar analizleri için elverişli

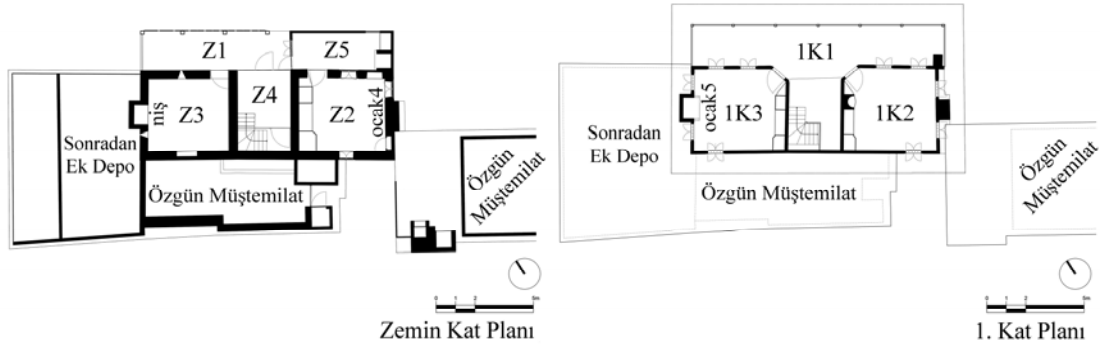


Şekil 4. Gürsel Evi rölöve kat planları (Gürsel House measured drawing floor plans)

örnek alınmadığından bu bölümün ısı özellikleri literatürdeki [36] bilgilere dayalı olarak tanımlanmıştır. Isıl iletkenlik analizleri için *KEM QTM 500*, özgül ısı analizleri için *TA Instruments Q-10* araçları kullanılmıştır. Bu analizler, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (JEOMER) gerçekleştirilmiştir. Ahşap örneklerin yoğunluk değerleri tespitinde *TS 2472 - Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini* [37] standardı kullanılmıştır. Diğer örneklerin yoğunluk tespiti ise standart test metotları ile gerçekleştirilmiştir [38]. Malzeme yoğunluk tespitleri, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimari Restorasyon Bölümü Malzeme Koruma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Laboratuvar analizleri ile belirlenmiş malzeme ısı özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

3.3. Isıl Modelleme ve Simülasyon (Thermal Modeling and Simulation)

Yapı ısı simülasyonları, meteorolojik değişkenlerin yapılarda oluşturduğu ısı etkileri hesaplayabilmek için tüm yıl için oluşturulmuş sayısal iklim verilerine ihtiyaç duyar. Çalışma kapsamında, farklı mikroklima özellikleri gösteren alt yerleşmelerde bulunan örnek yapılar için iklim verileri ayrı ayrı oluşturulmuştur. Bu verilerin oluşturulması için öncelikle *Meteonorm v.6.1.* yazılımıyla örnek yapı konumlarına özel iklim verisi şablonları üretilmiştir. Bu şablonların üzerine Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Muğla şehri için temin edilen ortalama yıllık iklim istatistikleri (güneş radyasyonu, atmosferik basınç, bulutluluk miktarı, rüzgâr hızı ve yönü [39]) eklenmiş ve ikincil şablonlar hazırlanmıştır.



Şekil 6. Sönmezer Evi rölöve kat planları (Sönmezer House measured drawing floor plans)



Şekil 7. Malzeme türü ve alındıkları yapıya göre kodlanmış örnek geleneksel yapı malzemeleri: a) iç sıva, b) dış sıva, c) zemin döşeme ahşabı, d) taş - yığma duvar, e) kiremit, f) tavan kaplama ahşabı
(Sample traditional construction materials that were coded according to material type and source building: a) inner plaster, b) outer plaster, c) flooring wood, d) stone - masonry wall, e) roof tile, f) ceiling wood)

Tablo 1. Geleneksel yapı malzemelerinin ısı özellikleri (Thermal properties of traditional construction materials)

Örnek malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl iletkenlik (W/mK)	Özgül ısı (J/kgK)
İç sıva	1738	0,72	1430
Dış sıva	1779	0,81	1100
Taş (yığma duvar)	2596	3,09	1550
Kiremit	1532	0,48	770
Ahşap zemin döşeme	673	0,19	2190
Ahşap tavan kaplaması	615	0,14	1500
Kerpiç dolgu	1650	0,70	900

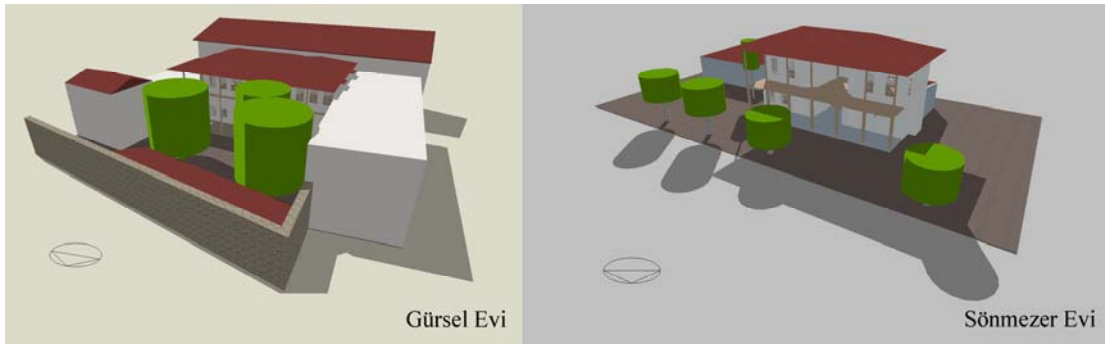
Son olarak yapılarda yerinde ölçülen dış ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri, bu ikincil şablonlara eklenerek simülasyon iklim verisi oluşturulmuştur.

Örnek yapılar, simülasyon yazılımına, yazılımın kendi mimari modelleme ara yüzüyle üç boyutlu olarak, komşu yapı ve peyzaj elemanlarıyla birlikte tanıtılmıştır (Şekil 8). Yapılara özel enlem, boylam, rakım ve güneş yönlenme değerleri kullanılmıştır. Yapılar, yerinde ölçümlerle oluşturulmuş mimari rölye çizimlerine uygun olarak modellenmiştir [32]. Ancak bu modellerde, yapılarda sonradan gerçekleştirildiği belirlenen değişiklikler (sofanın kapatılması, yeni oda eklentisi vb.), özgün durumuna dönüştürülmüştür. Böylece simülasyonlarla yapıların özgün mimari kurgularının değerlendirilmesi sağlanmıştır. Analiz yazılımına, yapılardaki her oda ayrı bir ısı hacmi olarak tanıtılmıştır.

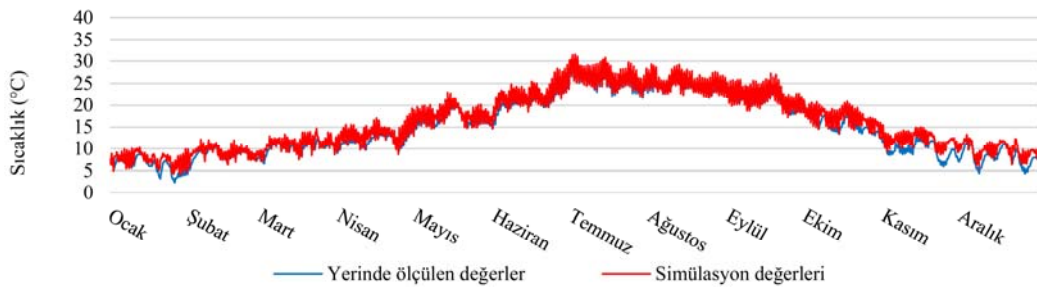
Yapıların ocak bulduran odalarının %20 ısı verimle odun kullanan ocaklarla, ocak buldurmeyen odalarının ise elektrikli ısıtıcılarla ısıtıldığı düşünülmüştür. Tarihi konutların geleneksel ısıtma uygulamalarında ocaklara ek olarak mangal ve tandır gibi taşınabilir ısıtma elemanlarının da kullanıldığı bilinmektedir [28]. Ancak bu elemanlar, sadece ocakların güncel ısıtma performansına odaklanan bu çalışmanın kapsamı gereği ısı modellerine eklenmemiştir. Isıtma sezonu, ekim ayı başlangıcından mayıs ayı sonuna kadar geçen süre olarak belirlenmiştir. Simülasyonlarla oda ısınma ihtiyaçları hesaplanırken odaların 20°C'ye ısıtıldığı kabul edilmiştir. Yapı modellerine yaz ayları için herhangi bir soğutma sistemi tanıtılmamıştır.

Yapıların ısı davranışlarına kullanıcı etkilerini de hesaplayabilmek için yapı mekânlarına kullanım senaryoları tanıtılmıştır. Bu senaryolar hazırlanırken Oktik ve Öztürk [40]'ün Muğla tarihi kentsel sit alanı için oluşturdukları ve güncel demografik eğilimleri belirledikleri rapor kullanılmıştır. Bu rapora göre, yapıları dört kişiden (iki çocuk ve iki ebeveyn) oluşan ailelerin kullandığı kabul edilmiştir. Yapıların üst kat mekânlarının yatak odası, alt kat mekânlarından doğu

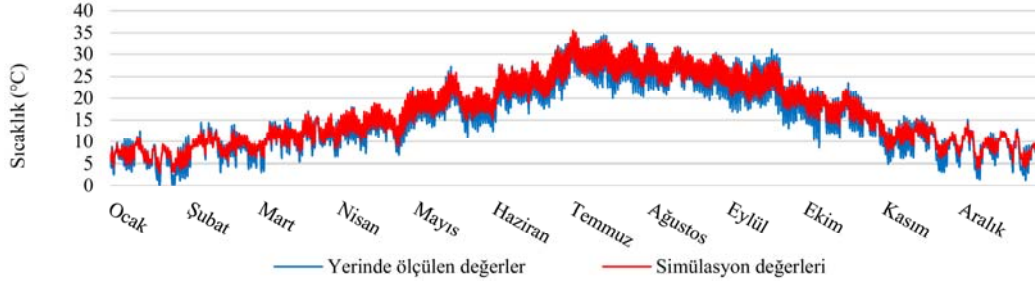
kısımlarında bulunan ocaklı odaların ise oturma/yemek odası olarak kullanıldığı, batıda bulunan ve özgün durumda tarımsal depo olarak kullanılan mekânların ise yapı içi ıslak hacimleri (mutfak, banyo ve tuvalet) bulduran şekilde yeniden düzenlenmiş olduğu varsayılmıştır. Çalışma sonuçlarının belirlendiği analiz modellerinin hazırlanmasından önce, model/simülasyon varsayımlarının güvenilirliği ile yapı modellerinin gerçek durumu ne oranda karşılayabildiğini belirlemek için doğrulama modeli hazırlanmıştır [32]. Bu model, doğrulama işleminin gerektirdiği hem iç mekân, hem de dış ortam yıllık ısı ölçümlerinin yapılabildiği Sönmezer Evi için oluşturulmuştur. Bu yapının modeli için gerçekleştirilen doğrulama işleminin benzer modelleme kabulleri ve simülasyon yazılımını kullanan Gürsel Evi modeli için de geçerli olduğu kabul edilmiştir. Doğrulama işlemi için önce Sönmezer Evi'nde yıllık olarak ölçülen saatlik dış ortam hava sıcaklığı değerleri, bu yapının model iklim verisi içine tanıtılmıştır. Model, bu veriyle simüle edilmiş ve simülasyon sonucu elde edilen iç mekân yıllık hava sıcaklığı değerleri, yapıda yerinde ölçülmüş gerçek iç mekân sıcaklık değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) Rehber 14-2002 [41]'de önerilen ortalama sapma hatası (*Mean Bias Error-MBE*) ve kök ortalama kare hatası değişim katsayısı (*Coefficient of Variation of Root Mean Square Error-CV (RMSE)*) istatistiksel araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ASHRAE Rehber 14-2002 [41]'de, karşılaştırmada saatlik veri kullanıldığında, MBE ve CV (RMSE) değerleri sırasıyla $\pm\%10$ ve $\%30$ değer aralıkları içindeyse ısı modelin doğrulandığı, yani modelin gerçek durumu temsil becerisinin kabul edilebilir ölçüde olduğu belirtilmiştir. Sönmezer Evi'ndeki veri karşılaştırmaları, farklı katlarda bulunan ve farklı yapı tekniği özellikleri gösteren Z3 ve 1K3 odaları için gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonucunda, MBE ve CV (RMSE) değerlerinin sırasıyla, Z3 odası (Şekil 9) için -9,1 ve 12,1, 1K3 odası (Şekil 10) için ise -7,4 ve 10,4 olduğu hesaplanmıştır. Bu değerler, ASHRAE Rehber 14-2002 [41]'nin tanımladığı sınır değerleri içindedir. Böylece örnek yapılar için oluşturulan modellerin gerçek durumu yansıtırma becerisi doğrulanmıştır.



Şekil 8. Örnek yapıların ısı modelleri (Thermal models of the case buildings)



Şekil 9. Z3 odası için simülasyon hava sıcaklığı değerlerinin yerinde ölçüm değerleri ile karşılaştırılması (Comparison of simulation air temperature values to the on-site readings for room - Z3)



Şekil 10. 1K3 odası için simülasyon hava sıcaklığı değerlerinin yerinde ölçüm değerleri ile karşılaştırılması (Comparison of simulation air temperature values to the on-site readings for room – 1K3)

Tablo 2. Ocakların yanma bölümü hacimleri ve maksimum ısıtma gücü değerleri (Combustion chamber volumes and maximum heating power values of the fireplaces)

Ocağın bulunduğu oda	Ocağın yanma bölümü hacmi (m ³)	Ocağın ısıtma gücü (kW)
Sönmezer Evi Z2 odası	0,50	4,87
Sönmezer Evi 1K3 odası	0,50	4,87
Gürsel Evi Z2 odası	0,29	2,82
Gürsel Evi 1K2 odası	0,32	3,12
Gürsel Evi 1K3 odası	0,41	3,99

Bu çalışmanın sonuç verilerini, ısı simülasyonlar sonucu belirlenen birim zamandaki oda ısınma ihtiyaçlarının, ilgili odalardaki ocakların mevcut ısıtma güçleriyle karşılaştırılması oluşturmaktadır. Bu karşılaştırma ile geleneksel ocakların buldukları mekânların ısıtmaya ihtiyaç duyduğu tüm zamanlarda hangi oranda yeterli olduğu belirlenmiştir. Geleneksel ocaklarda %20 nem bulunduran hava kurusu odun yakılarak ısınma sağlandığı kabul edilmiştir. Ocakların maksimum ısıtma gücü değerleri (Tablo 2), Eş. 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q} = HV * \dot{m} * V * \eta \quad (1)$$

Eş. 1’de;

\dot{Q} , Ocağın maksimum ısıtma gücünü (kW)
 HV , Birim kütle odunun yanma ısısını (kJ/kg)
 \dot{m} , Birim hacimde birim zamanda yanan odunun kütlelerini (kg/s.m³)
 V , Ocağın yanma bölümü hacmini (m³)
 η , Ocağın ısı verimini (-) temsil etmektedir.

Ocakların yanma bölümlerinin hacimleri, yerinde yapılan ölçümlerle bulunmuştur. Eş. 1 ile yapılan hesaplamalarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- %20 nem bulunduran odun yandığında ortalama olarak, yaklaşık 14210 kJ/kg net enerji açığa çıkar [33].
- Yanma bölümü 1 m³ hacminde olan geleneksel bir ocakta 1 saate 12,33 kg odun yanar (Bu değer, Calvo vd. [25]’nin 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada yanma bölümü 0,15 m³ hacminde olan geleneksel bir ocakta 1 saate 1,85 kg odun yandığını gösterdiği deneylere referansla belirlenmiştir. Bu deneyler, iklim koşulları güneybatı Anadolu’ya benzerlik gösteren Portekiz’de yapılmıştır).
- Geleneksel ocakların ısı verimi %20 alınmıştır [34, 35].

Çalışma kapsamındaki ısı karşılaştırma ve analizler, yapıların olası ısı iyileştirme müdahaleleri görmüş ve görmemiş hallerini değerlendirmek üzere iki durum için hazırlanmıştır. Böylece yapılarda uygulanacak bu tür müdahalelerin, yapı ısınma ihtiyaçlarını azaltarak

özgün ısıtma elemanlarının yeterliliklerine dolaylı yoldan yapacakları olası katkıları da belirlenmiştir. Yapılara uygulanabilecek ısı müdahaleler, konuyla ilgili örnek çalışmalar [42], standartlar [43, 44] ve rehberlerde [45, 46] önerilen ısı çözümler arasından seçilmiştir. Ayrıca ilgili müdahalelerin *geri alınabilirliği*, tarihi yapıların estetik ve yapısal *bütünlüğüne* tehdit oluşturmaması, yapıların *özgün* elemanlarında kayba neden olmaması, yapılarla fiziksel ve görsel *uyum* içinde olması ve *minimum müdahale* kapsamı içinde uygulanabilir olması gibi koruma prensiplerine uygunlukları da dikkate alınmıştır. Önerilecek ısı yalıtımı uygulamalarında kullanılacak malzemelerin özgün tarihi yapı malzemelerinde nem yoğuşmasına neden olmayacak, su buharı geçirebilen, gözenekli malzemelerden tercih edilmesi de bir parametre olmuştur. Bu kriterleri sağlayacak biçimde yapı simülasyonlarında test edilmek üzere aşağıdaki ısı uygulamalar seçilmiş ve toplam bir müdahale paketi olarak örnek yapı modellerine tanıtılmıştır:

- Yapıda iç ve dış ortam arasında hava transferini azaltıcı hava sızdırmazlık önlemlerinin alınması (Bu uygulama ile yapıların özgün durum modellerinde *zayıf* olarak kabul edilen model *genel çatlak şablonu* değerlerinin ısı iyileştirme sonrasında *orta* düzeye çıkarılabileceği kabul edilmiştir. *DesignBuilder* yazılımı, yapılarda iç ve dış ortam arasındaki birim zamandaki hava değişimi değerlerini belirleyerek bu değerlerin yapı modeli ısı davranışına etkilerini hesaplayabilmek için *genel çatlak şablonu/general crack template* kategorilerini kullanır. Yazılımda bu kategoriler, *çok iyi, iyi, orta, kötü* ve *çok kötü* olarak tanımlanmıştır),
- Hâlihazır durumda tek camlı pencerelere çift cam uygulanması,
- Çatılarda ısı yalıtım uygulaması (24 cm kalınlıkta geri dönüştürülmüş lif selüloz),
- Katlar arası döşemelerde ısı yalıtım uygulaması (5 cm kalınlıkta geri dönüştürülmüş lif selüloz),
- Giriş katı ıslak hacimleri zemini altında ısı yalıtım uygulaması (50 cm derinlikle genişletilmiş kil agrega dolgusu),
- Özgün durumda sofalar üzerinden doğrudan dış hava koşullarına açılan odaları birbirine bağlayacak kapalı ve saydam ısı geçiş koridorlarının eklenmesi (bu koridorların yazın kaldırılabilir şekilde tasarlanabileceği kabul edilmiştir).

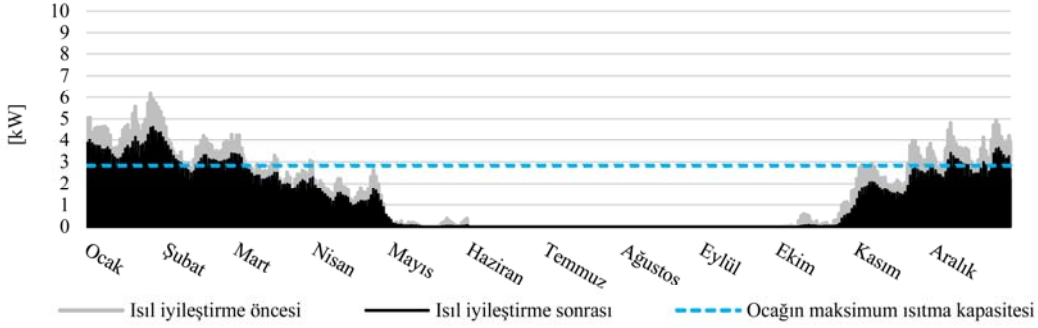
4. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'de sırasıyla Gürsel Evi Z2, 1K2 ve 1K3 odaları için tüm yılı kapsayan birim zamandaki ısınma ihtiyaçları ile ocaklarının ısıtma güçleri karşılaştırması verilmiştir. Tablo 3'de Gürsel Evi'ndeki geleneksel ocakların toplam yıllık ısınma gerektiren saatlerde hangi oranda yeterli olduğu belirtilmiştir. Z2 odası için ısınma gerektiren saatler toplamı, ısıtma iyileştirmeler öncesi 2074 h, iyileştirmeler sonrası 1951 h olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, 1K2 odası için sırasıyla 2239 h ve 2084 h, 1K3 odası için 2797 h ve 2542 h olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara (Tablo 3) göre, ısıtma iyileştirme uygulamalarının geleneksel ocakların yeterlilik yüzdelerinde %12,2 - % 18,7 aralığında bir artışa neden olduğu görülmüştür. Bu uygulamalar sonunda, Z2 ve 1K3 odalarındaki ocakların %90'ın üzerinde bir yeterlilikle yüksek oranda ısınma ihtiyaçlarını karşılayabildiği belirlenmiştir. 1K2 odası ise ısınma sezonunda kullanıcı konforunun sağlanabilmesi için ek önlemlere ihtiyaç duymaktadır.

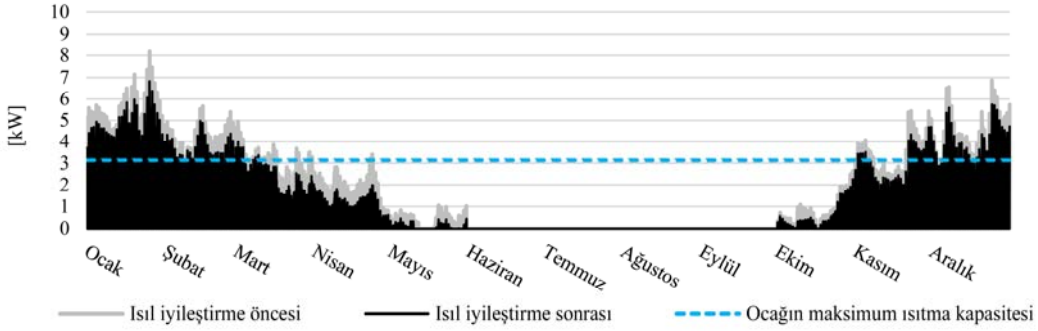
Tablo 3. Gürsel Evi ocaklarının tüm yıllık ısınma saatlerinde yeterlilik yüzdeleri (Sufficiency percentages of fireplaces within annual heating hours/Gürsel House)

Mekân	Isıtma iyileştirme öncesi (%)	Isıtma iyileştirme sonrası (%)
Z2 Odası	72,6	91,3
1K2 Odası	58,9	77,6
1K3 Odası	84,7	96,9

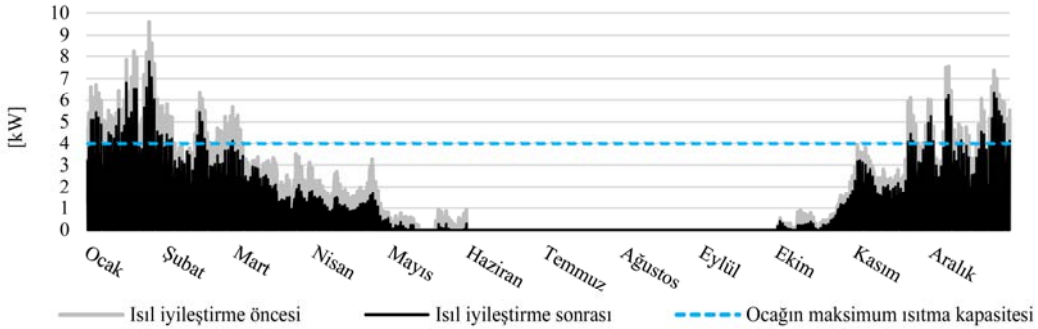
Benzer bir durum özgün tasarımında herhangi bir ısıtma elemanına sahip olmayan Z3 odası için de geçerlidir. Yapı geleneksel ocaklarından en az ısıtma gücüne sahip Z2 odasında (ocak gücü: 2,82 kW) belirlenen yüksek yeterlilik yüzdesi, bu odanın kalın taş duvarlar, zemin dolgusu ve üst kat hacimleri gibi ısıtma sınır elemanlarıyla sağlanan görece daha yüksek ısıtma korunumuyla açıklanabilir. Bu odanın birim zamandaki ısınma ihtiyaçları diğer odalara göre belirgin biçimde daha azdır (Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13). Üst katta ise 1K3



Şekil 11. Gürsel Evi Z2 odası için birim zamandaki ısınma ihtiyaçları ile ocağın ısıtma gücü karşılaştırması (Comparison of heating rate demands to the heating power of fireplace for room - Z2 in Gürsel House)



Şekil 12. Gürsel Evi 1K2 odası için birim zamandaki ısınma ihtiyaçları ile ocağın ısıtma gücü karşılaştırması (Comparison of heating rate demands to the heating power of fireplace for room - 1K2 in Gürsel House)



Şekil 13. Gürsel Evi 1K3 odası için birim zamandaki ısınma ihtiyaçları ile ocağın ısıtma gücü karşılaştırması (Comparison of heating rate demands to the heating power of fireplace for room - 1K3 in Gürsel House)

ve havalandırma kanallarının oluşturulması ya da radyatör ve klima iç üniteleri benzeri elemanların mekânlara yerleştirilmesi gibi kapsamlı yapısal müdahalelere neden olabilmektedir. Bu müdahaleler, doğru tasarlanmadığı, uygulama öncesi analiz araçlarıyla yeterlilikleri ve olası risk faktörleri bakımından test edilmediği, tarihi yapıların korunması gerekli elemanlarına özen gösterilerek dikkatle uygulanmadığı ve yapıya olası etkileri konusunda uygulama sonrası planlanmış düzenli gözlemlerle denetlenmediğinde ciddi mimari değer kayıplarına neden olma potansiyeli bulundurmaktadır. Bu nedenle, tarihi mekânların ısı konforu sağlanırken, mimari değerlerde kayıplara neden olmamak için kullanıcı memnuniyeti ile ısıtma sistem ve elemanlarının enerji verimi gibi önemli değişkenlerin yapıya uygulanacak müdahale kapsam ve biçimleriyle denge içinde tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada uygulanan yöntem, bu dengeyi sağlanmasına yardımcı bir araç olarak sunulmuştur. Yöntemin ısı müdahalelerin tarihi yapı içindeki kapsamının ve buna bağlı olarak risk düzeylerinin azaltılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, geleneksel ocakların aktif kullanımına dikkat çeken bu yöntemin ocakların fonksiyonel devamlılığının sağlanarak bu elemanlarda gerçekleştirilecek kapatma veya kaldırma gibi fiziksel değişikliklerin de önüne geçilebilmesini sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Diğer yandan baca kesitlerinde gerçekleştirilecek ısı geri kazanım önlemleri, yüksek verimli yakıt ve yakma tekniklerinin kullanımı veya ocakların ışınımla ısıtma veriminin artırılmasına yönelik önlemler gibi uygulamaların geliştirilebileceği geleneksel ısıtma elemanlarının enerji verimi yönünden iyileştirilmesi konusu da tarihi yapılara uygulanacak daha kapsamlı ısı müdahaleleri azaltıcı yönde katkılar sağlayabilecek önemli bir araştırma alanı olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmayla sunulan analiz ve değerlendirme süreçlerinin tarihi yapı restorasyon projesi aşamalarının (belgeleme, restitüsyon ve restorasyon) etkin bir parçası olarak uygulanması, mimari miras örneklerinin ısı davranış ve ihtiyaçlarının yapıya özel ve gerçekçi nitelikte belirlenebilmesi açısından yararlı olacaktır. Bu süreçlerin uygulanabilirliği, tarihi yapıların yapım tekniğini oluşturan malzemelerin ve ocaklar gibi mimari elemanların ısı özellikleri ve güncel yeniden kullanım senaryoları özelinde performansları yönünden tanınmasına bağlıdır. Bu parametrelerin değerlendirildiği bu çalışmayla geleneksel ocakların buldukları mekânlar için yüksek ısıtma performansı sağlayabildikleri gösterilmiş; böylece bu elemanların sadece mimari ve estetik değerleriyle değil, teknik ve fonksiyonel önemleri açısından da kullanım devamlılığı potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü B Tipi Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: 2016IYTE66) fonuyla desteklenmiştir.

Kaynaklar (References)

1. Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi / International Council on Monuments and Sites (ICOMOS)., Tarihi Anıtların ve Yerleşmelerin Korunması ve Onarımı için Uluslararası Tüzük (Venedik Tüzüğü), 1964.
2. Avrupa Konseyi., Amsterdam Bildirgesi, Avrupa Mimari Miras Kongresi, Amsterdam-Hollanda, 21-25 Ekim, 1975.
3. Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi / International Council on Monuments and Sites (ICOMOS)., Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü, 1999.
4. Fouseki K., Newton D., Murillo Camacho K. S., Nandi S., Koukou T., Energy Efficiency, Thermal Comfort, and Heritage Conservation in Residential Historic Buildings as Dynamic and Systemic Socio-Cultural Practices, *Atmosphere*, 11 (6), 604, 2020.
5. Kretschmer F., *Hypokausten*, Saalburg Jahrbuch, 12, 8-41, 1953.
6. Rook T., The Development and Operation of Roman Hypocausted Baths. *Journal of Archaeological Science*, 5, 269-282, 1978.
7. Başaran T. ve İlken Z., Thermal Analysis of the Heating System of the Small Bath in Ancient Phaselis, *Energy and Buildings*, 27 (1), 1-11, 1998.
8. Turkovic T., Bogdan Z., Jurkovic M., Heating System in the Ancient World: the Example of the Southwestern Balneum in Diocletian's Palace in Split, 8th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Pointe Aux Piments-Mauritius, 423-431, 11-13 Temmuz, 2011.
9. Çelikyürek C., The Heating System of Turkish Bath, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2017.
10. Gagliano A., Liuzzo M., Margani G., Pettinato W., Thermo-hygro-metric Behaviour of Roman Thermal Buildings: The "Indirizzo" Baths of Catania (Sicily), *Energy and Buildings*, 138, 704-715, 2017.
11. Zhuang Z., Li Y., Chen B., Guo J., Chinese Kang as a Domestic Heating System in Rural Northern China - A Review, *Energy and Buildings*, 41 (1), 111-119, 2009.
12. Zhang X. ve Chen B., Analysis on the Heat Transfer Process of the Burning Cave - A Traditional Heating System in Rural Houses of Northern China, *Procedia Engineering*, 146, 459-465, 2016.
13. Zhu J. ve Tong L., Experimental Study on the Thermal Performance of Underground Cave Dwellings with Coupled Yaokang, *Renewable Energy*, 108, 156-168, 2017.
14. Wu X., Liu J., Zhao J., Wang Q., Impact of Fireplace Thermal Effect upon Indoor Environment of Traditional Building of Wa Ethnic Group, *Ekoloji*, 107, 1387-1393, 2019.
15. Wang P., Yang M., Yang X., Shan M., Thermal performance of a traditional Chinese Heated Wall with the In-series Flow Pass: Experiment and Modeling, *Energy and Buildings*, 84, 46-54, 2014.
16. Zhang X., Chen B., Zhao J., Li X., Liu S., Wu L., Optimization of Thermal Performance in a Chinese Traditional Heating System - Burning Cave, *Energy and Buildings*, 68, 423-431, 2014.
17. Li A., Gao X., Yang L., Field Measurements, Assessments and Improvement of Kang: Case Study in Rural Northwest China, *Energy and Buildings*, 111, 497-506, 2016.
18. Hao S., Xu Y., Yu C., Song Y., Lin Z., Experimental Investigation of the Surface Temperature Distribution and Thermal Performance of an Intermittent Combustion Chinese Heated Wall, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018, 1-13, 2018.
19. Li T., Liu Y., Chen Y., Wang D., Wang Y., Experimental Study of the Thermal Performance of Combined Floor and Kang Heating Terminal Based on Differentiated Thermal Demands, *Energy and Buildings*, 171, 196-208, 2018.
20. Yu K., Tan Y., Zhang T., Jin X., Zhang J., Wang X., Experimental and Simulation Study on the Thermal Performance of a Novel Flue Composite Wall, *Building and Environment*, 151, 126-139, 2019.
21. Luo X., Lei S., Yu C. W., Gu Z., Thermal Performance of a Novel Heating Bed System Integrated with a Stack Effect Tunnel, *Indoor And Built Environment*, 29 (9), 1316-1328, 2020.
22. Zeren L., Ocaklar (Şömineler), İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 1955.
23. Pickles D., Energy Efficiency and Historic Buildings: Open Fires, Chimneys and Flues (v1.1), Editör: D. Pickles, Historic England, B.K, 2016.
24. Hansson J., Installations for Heating with Firewood before the Second World War in the Northern Baltic Sea Region, Postprints from the Conference Energy Efficiency in Historic Buildings, Editör: Tor Boström ve Lisa Nilsen, Gotland University Press, Visby, İsveç, 260-265, 2012.
25. Calvo A. I., Tarelh, L. A. C., Alves C. A., Duarte M., Nunes T., Characterization of Operating Conditions of Two Residential Wood Combustion Appliances, *Fuel Processing Technology*, 126, 222-232, 2014.
26. Elnakat A. ve Gomez J. D., The flame dilemma: A Data Analytics Study of Fireplace Influence on Winter Energy Consumption at the Residential Household Level, *Energy Reports*, 2, 14-20, 2016.
27. Eldem S. H., Türk Evi - Osmanlı Dönemi / Turkish Houses - Ottoman Period, Cilt II, TAÇ Vakfı, İstanbul, Türkiye, 1986.
28. Kuban D., Türk Hayat'lı Evi, Eren Yayıncılık, İstanbul, Türkiye, 1995.
29. Çınar İ., Biyoklimatik Konfor Ölçütlerinin Peyzaj Planlama Sürecinde Etkinliği Üzerinde Muğla-Karabağlar Yaylası Örneğinde Araştırmalar, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2004.

30. Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F., World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated, Meteorologische Zeitschrift, 15 (3), 259-263, 2006.
31. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. E-kütüphane - Hidrometeoroloji. <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=5>. Erişim tarihi Mart 3, 2021.
32. Timur B. A., Thermal Retrofitting on Traditional Buildings with Exterior Hall (*Sofa*): Urban and Rural Houses of Muğla, Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2019.
33. Speight J. G., Properties of Fuels from Wood Sources, The Biofuels Handbook. Editör: Speight J. G., Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge, B. K., 304-330, 2011.
34. Anderson W. ve Robinson J., Warmer Bath - A Guide to Improving the Energy Efficiency of Traditional Homes in the City of Bath, Center for Sustainable Energy, Bath Preservation Trust, Bath, B.K., 2011.
35. Arnold P., Smith P., Blennerhassett E., Byrne K., Raftery C., Energy Efficiency in Historic Houses. Editör: E. Henderson, Irish Georgian Society, Dublin, İrlanda, 2013.
36. Ulukavak Harputlugil G., Çetintürk N., Evaluation of Thermal Comfort Conditions of Traditional Turkish Houses: Hacı Hüseyinler House in Safranbolu, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 20 (1), 77-84, 2005.
37. Türk Standartları Enstitüsü, TS 2472 / Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, 1976.
38. RILEM, Tests Defining the Structure, Materials & Construction, 13 (73), 177-181, 1980.
39. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi. <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html>. Erişim tarihi Mart 3, 2021.
40. Oktik N. ve Öztürk Ş., Sosyolojik Yapı Araştırmaları - Kültürel ve Doğal Kaynak Yönetimi Ön Araştırması II, Muğla Üniversitesi Basımevi, Muğla, Türkiye, 2007.
41. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), A.B.D., 2002.
42. Heath N., Baker P., Menzies G., Historic Scotland Technical Paper 9: Slim-Profile Double Glazing / Thermal Performance and Embodied Energy, Historic Scotland Conservation Group, Edinburgh, B.K., 2010.
43. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Guideline 34P-Energy Guideline for Historic Buildings / Public Review Draft, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), A.B.D., 2017.
44. Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization - CEN), EN 16883 Conservation of Cultural Heritage - Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings, Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization - CEN), 2017.
45. Changeworks, Energy Heritage: A Guide to Improving Energy Efficiency in Traditional and Historic Homes, Changeworks, Edinburgh, B.K., 2008.
46. Paul Arnold Architects, Advice Series / Energy Efficiency in Traditional Buildings, Ireland Government / Stationery Office, Dublin, İrlanda, 2010.
47. Blank C., Block J., Elken A., Elvisto T. A., Kobylinski K., Oertzen R., Olander S., Olsson S., Prahm J., Randmer A., Rantama M., Raide I., Rasmussen T. V., Scherz D., Siggelsten S., Uspenski A., Zinkernagel R., Co2olBricks - Improving the Energy Efficiency of Historic Buildings a Handbook of Best Practice Examples, Technical Solutions and Research Projects, Co2olBricks - Climate Change, Cultural Heritage and Energy Efficient Monuments, 2013.