



JOURNAL OF PROTECTED AREAS RESEARCH





Journal of Protected Areas Research (JoPAR)

Year: 2025, Volume: 4, Issue: 1
e-ISSN: 2822-2733

CONTACT INFORMATION

WEB:

<https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/journalofprotectedareasresearch>

E-mail:

journalofprotectedareas@gmail.com

instagram:

@protectedareas

Publisher: Blacksea Natura and Environment Association
(Karadeniz Doğa ve Çevre Derneği)
<https://www.kadoced.com/>

Cover Design: Gizem DİNÇ

Publish Date: July 31, 2025
Isparta- Türkiye

Important Not: Authors are responsible for the copyright of figures, pictures, and images in the articles, the content of the articles, the accuracy of the references and citations, and the suggested ideas and others.

(Önemli Not: Makalelerdeki şekil, resim ve görsellerin telif hakları, yazıların içeriği, kaynakça ve alıntılarının doğruluğu ve önerilen fikirler vb makalenin tümünden sadece makale yazarları sorumludur.)



JoPAR is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

(JoPAR, Creative Commons Atıf-Aynı Paylaşım 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır)



Journal of Protected Areas Research

JoPAR, 2025, 4 (1)

e-ISSN: 2822-2733

Journal homepage:

<https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/journalofprotectedareasresearch>

DERGİ HAKKINDA	ABOUT THE JOURNAL
• 2022 yılında yayın hayatına başlayan “Korunan Alanlar Araştırma Dergisi (KAAD)” online ve açık erişimli olarak yayımlanan uluslararası, bilimsel, hakemli ve E-dergidir. • Yazım dili İngilizce ve Türkçe’dir. • Yılda iki sayı olarak yayımlanmaktadır. • Dergiye gönderilen makalelerden herhangi bir değerlendirme ve başvuru ücreti alınmamaktadır • Dergide çift taraflı kör hakemlik sürecini (en az 2 hakem) kullanılmaktadır. • Dergide yayınlanan bütün eserlerin “YÖK Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” hükümlerine ve ilgili mevzuata ve Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından yayınlanan etik ilkelere uyulmaktadır. Dergide yayımlanacak makalelerde 2020 yılında başlayan yayınlar için ETİK KURUL İZİNİ zorunludur. • Orijinal araştırma makalelerine (özellikle İngilizce dilinde tam metin makalelere) öncelik verilmektedir. • “Her bir makaleye DOI numarası atanmaktadır. • TURNITIN programı (https://www.turnitin.com/tr) kullanılarak maksimum %15 "Benzerlik Oranı" gerekmektedir.	• <i>The Journal of Protected Areas Research</i> (JoPAR), which started its publication life in 2022, is an international, scientific, and peer-reviewed e-journal published online and with open access. • Literary language is English and Turkish • It is published twice a year. • No evaluation and application fee is charged from the articles sent to the journal. • A double-blind peer-review process (at least 2 referees) is used in the journal. • All works published in the journal comply with the provisions of the “YÖK Scientific Research and Publication Ethics Directive” and the relevant legislation and ethical principles published by the Publication Ethics Committee (COPE). ETHICS COMMITTEE PERMISSION is required for articles to be published in the journal starting in 2020. • Original research English papers (especially full-text articles in English) are given priority. • Each article is assigned a DOI number. • A maximum of 15% "Similarity Rate" is required using the TURNITIN program (https://www.turnitin.com/tr).
 JoPAR, Creative Commons Atıf-Aynı Paylaşım 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.	 JoPAR is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Indexed in:





EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief	Address
Prof. Dr. Atila GÜL	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye.
Assistant Editors	Address
Dr. Sibel AKTEN	Isparta University of Applied Sciences, Department of Park and Horticulture, Isparta-Türkiye
İskender Emre GÜL	Akdeniz University, Science Institute, Department of Civil Engineering, Antalya-Türkiye
Section Editors	Address
Prof. Dr. Ayfer Aybike KARADAĞ	Düzce University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Düzce-Türkiye
Prof. Dr. Ertan DÜZGÜNEŞ-	Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon -Türkiye.
Prof. Dr. Gül GÜNEŞ	Selçuk University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Konya- Türkiye.
Prof. Dr. Kağan GÜNÇE	Eastern Mediterranean University, The Department of Interior Architecture, Famagusta, North Cyprus.
Prof. Dr. Murat AKTEN	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, The Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye.
Prof. Dr. Şebnem ERTAŞ BEŞİR	Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture, Antalya -Türkiye.
Prof. Dr. Ömer ATABEYOĞLU	Ordu University Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Ordu, Türkiye.
Prof. Dr. Öner DEMİREL	Kırıkkale University, Faculty of Fine Arts, Department of Landscape Architecture, Kırıkkale-Türkiye.
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Erkan METİN	Uşak University, Banaz Vocational School, Forestry and Forest Products Program, Uşak-Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Berk TÜRKER	Uşak University, Faculty of Architecture and Design, Department of City and Regional Planning, Uşak-Türkiye.
Assoc. Prof. Dr. Elif SÖNMEZ	Altınbaş University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Interior Architecture and Environmental Design, İstanbul-Türkiye.
Assoc. Prof. Dr. Hayriye Hale KOZLU	Erciyes University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Kayseri-Türkiye.
Assoc. Prof. Dr. Meryem Bihter BİNGÜL BULUT	Kırıkkale Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kırıkkale-Türkiye
Assoc. Prof. Dr. E. Seda ARSLAN	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye.



**Assoc. Prof. Dr. Sultan Sevinç
KURT KONAKOĞLU**

Amasya University, Faculty of Architecture, Department of Urban Design and Landscape Architecture, Amasya-Türkiye.

**Assoc. Prof. Dr. Şirin Gülcen
EREN**

Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, Isparta-Türkiye.

Assist. Prof. Ahmet FİDAN

Ordu University /Fatsa Faculty of Marine Sciences / Marine Transportation Management Engineering, Ordu, Türkiye.

Assist. Prof. Dr. Floriana ZUCARO

The University of Naples Federico II, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Naples, Italy.

Assist. Prof. Pelin KARAÇAR

Istanbul Medipol University, Faculty of Fine Arts Design and Architecture, Department of Architecture, İstanbul-Türkiye.

Assist. Prof. Dr. Mert ÇAKIR

Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye.

Dr. Gerardo CARPENTERİ

University of Naples Federico II, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Naples, Italy

Dr. Pelin FIRAT ÖRS

Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Çanakkale- Türkiye

Publishing Editors

Address

Dr. Sibel AKTEN

Isparta University of Applied Sciences, Department of Park and Horticulture, Isparta-Türkiye

**Assoc. Prof. Dr. Ahmet Erkan
METİN**

Isparta University of Applied Sciences, Department of Park and Horticulture, Isparta-Türkiye

İskender Emre GÜL

Akdeniz University, Science Institute, Department of Civil Engineering, Antalya-Türkiye

Spelling, Language and Layout Editors

Address

Assist. Prof. Dr. Mert ÇAKIR

Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye

Assist. Prof. Dr. Gizem DİNÇ

Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye

Dr. Pelin FIRAT ÖRS

Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Çanakkale- Türkiye

Halime GÖZLÜKAYA

Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, Isparta-Türkiye

Dr. Çağla AYDEMİR

Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye

Hatice Eda GÜL

İzmir Institute of Technology, Design Studies Master's Program, İzmir-Türkiye.

Neriman Gül ÇELEBİ

Mimar Sinan Fine Arts University, Graduate School, Department of Architecture, İstanbul, Türkiye

Index Editors

Address

Orhan ALAV

Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta-Türkiye



Journal of Protected Areas Research

JoPAR, 2025, 4 (1)

e-ISSN: 2822-2733

Journal homepage:

<https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/journalofprotectedareasresearch>

Secretary	Address
Seniye Ela GÜL	Democracy University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, İzmir- Türkiye
Hüseyin Batuhan DÜNDAR	Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Isparta-Türkiye



SCIENCE & ADVISORY BOARD

The Scientific & Advisory board was listed in alphabetical order.

1	Prof. Dr. Abdullah KELKİT	Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Landscape Architecture, Çanakkale- Türkiye
2	Prof. Dr. Andjela JAKŠIĆ STOJANOVIĆ	Univerzitet Mediteran Podgorica, Montenegro.
3	Prof. Dr. Barbara ŽARSKA	Warsaw University, Poland.
4	Prof. Dr. Brain KANE	University of Massachusetts, Department of Environmental Conservation, Amherst, MA 01003, USA.
5	Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ	Mehmet Akif University, Faculty of Engineer and Architecture, Department of Landscape Architecture, Burdur- Türkiye.
6	Prof. Dr. Claudia JUROWSKY	Northern Arizona University, USA.
7	Prof. Dr. Gülçöhre MEMMEDOVA	Azerbaijan Architecture and Construction University, Baku-Azerbaijan.
8	Prof. Dr. Hasan ÖZÇELİK	Süleyman Demirel University, Faculty of Science and Literature, Department of Biology, Isparta-Türkiye.
9	Prof. Dr. Hasan YILMAZ	Atatürk University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Erzurum-Turkey
10	Prof. Dr. Mehmet TUNCER	Çankaya University, Department of City and Regional Planning, Çankaya- Türkiye.
11	Prof. Dr. Mehmet Akif IRMAK	Atatürk University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Erzurum-Türkiye
12	Prof. Dr. Murat ZENGİN	Pamukkale University, Faculty of Architecture ve Design, Department of Architecture, Denizli-Türkiye.
13	Prof. Dr., Piyush SHARMA	Amity University, Hindistan/ Prof. Dr., Amity University, India.
14	Prof. Dr. Seema Mehra PARIHAR	Department of Geography, Kirori Mal College, University of Delhi, India.
15	Prof. Dr. Swetha MADHUSUDANAN	MGR University, School of Architecture, Chennai, India.
16	Prof. Dr. Şükran ŞAHİN	Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Ankara-Türkiye.
17	Prof. Dr. Ufuk COŞGUN	Karabuk University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Karabuk-Türkiye.
18	Prof. Dr. Yılmaz ARI	Bandırma Onyedi Eylül University Faculty of Humanities and Social Sciences, Head of Geography Department, Bandırma/Balıkesir- Türkiye.
19	Assoc. Prof. Dr. Ahmet BENLİYAY	Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Antalya-Türkiye



20	Assoc. Prof. Dr. Isidora KARAN	University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bosnia and Herzegovina.
21	Assoc. Prof. Dr. Leyla SURI	Istanbul Commerce University, Faculty of Architecture and Design, Department of Architecture, Istanbul-Türkiye.
23	Assoc. Professor Mohammad Jafar CHAMANKAR	The Department of History of Urmia University, İran
24	Assoc. Prof. Dr. Oğuz KURDOĞLU	Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon - Türkiye.
25	Assoc. Prof. Dr. Osman ATTMANN	University of Colorado Denver, College of Architecture and Planning, Department of Architecture, USA.
26	Assoc. Prof. Dr. Taner ÖZDİL	The University of Texas, College of Architecture, Planning and Landscape Architecture, USA.
27	Assoc. Prof. Dr. Yasin ÜNAL	Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management, Isparta-Türkiye.
28	Assist. Prof. Dr. Nermeen Adnan DALGAMONİ	Jordan University of Science and Technology, Department of City Planning and Design, Irbid, Jordan.
29	Assist. Prof. Dr. Sadia FAROOQ	University of Home Economics, Lahore, Pakistan.
30	Assist. Prof. Dr.Ömer Faruk UZUN	Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture Sakarya-Türkiye
31	Dr. Erdinç ÇAKMAK	Breda University of Applied Sciences, Netherlands.
32	Dr. Mine Hashas-DEĞERTEKİN	North Carolina State University, Community and Environmental Design Program. USA.
33	Dr. Oleksandr ZINENKO	V. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 61022, Ukraine.



CONTENTS

Research Articles	Page
1. Evaluation of Wall Construction in Balıkesir Traditional Houses in Terms of Heating Load (Balıkesir Geleneksel Evlerinde Duvar Kuruluşunun Isıtma Yüğü Açısından Değerlendirilmesi)	
Berrin ŞAHİN DİRİ & Ahmet Cüneyd DİRİ	01-14
2 Investigation of Industrial Scale Thermal Insulation Material Production From Vegetable Wastes in Türkiye (Türkiye'deki Bitkisel Atıklardan Endüstriyel Ölçekte Isı Yalıtım Malzemesi Üretiminin İrdelenmesi)	
Ilgaz Azra ATILGAN & Ahmet Cüneyd DİRİ	15-42
3 Community Knowledge and Perceptions of Estero el Salado, an Urban Protected Area in Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, and its Management (Topluluk Bilgisi ve Meksika'nın Jalisco Eyaletindeki Puerto Vallarta'da Bulunan Kentsel Koruma Alanı Estero el Salado ve Yönetimine İlişkin Algıları)	
Christopher D. MALCOLM & Rosa M. CHÁVEZ DAGOSTINO	43-56
4 Investigation of the Relationship Between Architectural Design Properties of Monumental Masjids and Energy Efficiency: The Case of Konya (Anıtsal Mescitlerin Mimari Tasarım Özellikleri ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Konya Örneği)	
Neriman Gül ÇELEBİ & Ümit ARPACIOĞLU	57-63
5 A Theoretical Review on Cultural Ecosystem Services and Visitor Management in Protected Areas (Korunan Alanlarda Kültürel Ekosistem Hizmetleri ve Ziyaretçi Yönetimi Üzerine Literatür İncelemesi)	
Ümmühan AKYİĞİT & Tendü Hilal GÖKTUĞ	64-72





Balıkesir Geleneksel Evlerinde Duvar Kuruluşunun Isıtma Yüğü Açısından Değerlendirilmesi

Berrin ŞAHİN DİRİ ^{1*}, Ahmet Cüneyd DİRİ ²

ORCID 1: 0009-0009-6436-2549

ORCID 2: 0000-0001-8122-9568

¹ Mimar Sinan University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 34427, İstanbul, Türkiye.

² Mimar Sinan University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 34427, İstanbul, Türkiye.

* e-mail: berrinsahindiri@outlook.com

Öz

Bu çalışmada Balıkesir ili kırsal bölgelerinde bulunan geleneksel Türk Evlerinin duvar kuruluşları, ısısal özellikleri açısından incelenmiştir. Duvarların farklı malzeme ve kalınlıklara göre değişen ısı geçirgenlikleri ve buna bağlı olarak soğuk mevsimdeki ısı akış miktarları hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Konutların plan ve kesit şemaları Bayındırlık ve İskan Bakanlığı için hazırlanmış olan 'Balıkesir-Rehber Kitap'tan alınmış, Meteorolojiden elde edilen veriler kullanılarak dış hava sıcaklıkları belirlenmiş ve buna bağlı ısıtma yükleri elde edilmiştir. Duvarların ısı geçirgenlik değeri ve ısıtma yükleri "Insul Prediction Software"den yararlanılarak bulunmuştur. Çalışmada ilin batısında bulunan kıyı iklimi etkisindeki Harran ilçesi ile ilin doğusunda bulunan karasal iklim etkisindeki Dursunbey ilçesi'nden seçilen geleneksel konut örnekleri ele alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ılıman iklim bölgelerindeki binalarda yalıtım hesaplamalarının soğutma yüklerine göre yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Türk evi, duvar kuruluşu, ısı geçirgenlik, ısıtma yükü.

Evaluation of Wall Construction in Balıkesir Traditional Houses in Terms of Heating Load

Abstract

In this study, the wall structures of traditional Turkish houses located in rural areas of Balıkesir province were examined in terms of their thermal properties. Thermal permeability of the walls, which varies according to different materials and thicknesses, and the heat flow amounts in the cold season were calculated and compared. The plan and section diagrams of the houses were taken from the 'Balıkesir-Guide Book' prepared for the Ministry of Public Works and Settlement, and external air temperatures were determined using data obtained from Meteorology, and heating loads were obtained accordingly. The heat permeability values and heating loads of the walls were found using "Insul Prediction Software". In the study, traditional house examples selected from Harran district, which is in the west of the province and under the influence of coastal climate, and Dursunbey, which is in the east of the province and under the influence of continental climate, were taken into consideration and comparisons were made. According to the obtained results, it is understood that insulation calculations in buildings in temperate climate regions should be made according to cooling loads.

Keywords: Traditional Turkish house, wall construction, thermal transmittance, heating load.

Citation: Şahin Diri, B. & Diri, A. C. (2025). Evaluation of wall construction in Balıkesir Traditional Houses in terms of heating load. *Journal of Protected Areas Research*, 4 (1), 01-14.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16731430>

Received: March 03, 2025 – **Accepted:** June 30, 2025

1. Giriş

Binaların ısı enerjisi ihtiyacını belirleyen unsurlar arasında, binanın bulunduğu yerin iklimsel özellikleri başta olma üzere, yerleşim, yönelme, biçim ve bina kompaktlığı sayılabilir. Bunlarla beraber diğer önemli bir unsur da iç ve dış birbirinden ayıran bina kabuğunun ısı özellikleridir. Günümüzde şehirlerde yer alan konutlarda enerji korunumu amacıyla duvar, çatı ve döşemelerde çeşitli detaylar, kaplamalar ve yalıtım malzemeleri uygulanmaktadır. Kentsel bölgelerde bulunan binalarda enerji performansı yönetmeliği ve ısı yalıtımı yönetmeliği ile bu tür önlemlerin alınması zorunlu hale getirilmiştir ve buna göre binaların enerji kimlikleri düzenlenmektedir. Ancak kırsal alanların büyük bir kısmında henüz bu tür koşullar geçerlilik kazanmamıştır. Bulunduğu bölgenin coğrafyası ve iklimine göre yerel malzemelerle inşa edilmiş geleneksel kırsal alan konutlarında enerji korunumu, yüzyılların deneyimi ile geçmişten gelen geleneksel yöntem ve malzemelerle sağlanmaktadır. Geleneksel konutların bu açıdan değerlendirilmesi, yeni yapılacak binaların tasarım sürecinde önemli faydalar sağlayacaktır.

Bu çalışmada araştırma alanı olarak Marmara ve Ege Bölgesi'nde toprakları bulunan, ve bir ucu karasal iklimin hakim olduğu Kütahya'ya kadar uzanan Balıkesir ili seçilmiştir. Bu konumu ile Balıkesir, iklim açısından, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçit bölgesi oluşturur. Yeni Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre, Ege denizi kıyısında bulunan Edremit ilçesi 2. derece gün bölgesi olan sıcak iklim bölgesinde, en doğuda bulunan ve Kütahya'ya komşu olan Dursunbey ilçesi 4. derece gün bölgesi olan soğuk iklim bölgesinde, Balıkesir il merkezi de dahil olmak üzere geri kalan kısımlar 3. derece gün bölgesi olan ılıman iklim bölgesinde yer almaktadır.

Ergün ve Çavdar (2010) yaptıkları çalışmada Dursunbey Evleri'nde kullanılan malzemeleri ve bunların bölgede bulunan doğal malzeme kaynakları ile ilişkisini, bu malzemelere bağlı olarak taşıyıcı sistemlerin oluşma şeklini, mimari planların biçimlenişini yerinde gözlemleyerek incelemişler ve kat sayısı, temel ve taşıyıcı duvar kalınlıkları gibi özelliklerin Yığma binaların yapı kuralları ile ilişkili DBYBHY 2007 deprem yönetmeliği esaslarına uyum sağladığı sonucuna varmışlardır.

Levi ve Taşçı (2017) İzmir ili Bayındır ilçesi Zeytinova beldesine bağlı üç köyün, Karahayit, Gaziler, Kabağağaç'ın mimari dokusunu inceleyerek değerlendirmeler yapmışlar ve köylerin geleceğine yönelik öneriler sunmuşlardır.

Sarıkaya ve Arpacıoğlu (2019) çalışmalarında Orta Anadolu Evleri'nin dış duvar elemanlarının genel değerlendirmesini yapmışlar, Bilecik Tongurlar Köy Evleri'nin dış duvar elemanlarında oluşan hasarların giderilmesi için birçok güçlendirme yolu kullanılarak bu yapıların yaşamaya elverişli şekile getirilmesi için çözüm önerileri geliştirilmişlerdir.

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, geleneksel kırsal alan konutlarının ısı enerjisi yüklerini duvar kuruluşları kontekstinde değerlendirmek ve iyileştirme önerilerinde bulunmaktır. Çalışma bölgesi Balıkesir ili kırsal yerleşimlerini kapsamaktadır. Bölgenin iklimsel ve coğrafi özelliklerinin ve malzeme olanaklarının konutlar üzerindeki etkisi, mimari üslup ve yapı yöntemlerinden konut odalarının düzenlenmesine kadar görülmektedir. Çalışma kapsamında, seçilen bölgelerde yer alan örnek konutların duvar kurgularının kullanılan malzeme ve yapı tekniğine göre farklılaşan ısı geçirimsizlik değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada belirtilmiş alanlarda yer alan yerel mimari üslup ile inşa edilmiş örnek konutların duvar kurguları ele alınmış, kullanılan malzeme ve yapı tekniğine göre doğal taş, kerpiç, ve ahşap karkas olarak 3 farklı sınıfa ayrılmıştır. Ahşap karkas, dolgu malzemesine göre kendi içinde tuğla dolgu, doğal taş dolgu ve kerpiç dolgu olmak üzere 3 farklı sınıfa ayrılmıştır. Böylece 5 farklı tip duvar kuruluşu ortaya çıkmıştır.

Çalışma alanı olarak ilin batısında bulunan kıyı iklimi etkisindeki Harran ilçesi ile ilin doğusunda bulunan karasal iklim etkisindeki Dursunbey ilçesi seçilmiştir. Bu ilçelerden seçilen geleneksel konut örneklerinin yapı kabuğu boyutsal özellikleri, şeffaflık oranları, malzeme ve yapı teknikleri

belirlenmiştir. Daha sonra ısı geçirimsizlik değerleri (U) ve Meteorolojiden elde edilen dış hava sıcaklıklarına bağlı olarak soğuk mevsimdeki ısı kayıpları hesaplanmıştır. Duvarların ısı geçirimsizlik değerleri ve ısıtma yüklerinin hesaplanmasında “Insul Prediction Software” kullanılmıştır. Bulunan değerler birbirleriyle ve TS825 (2024)’de Balıkesir ili için verilen ısı geçirimsizlik sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Daha sonra, geleneksel konutlardaki dış duvar ısı geçirimsizlik değerlerinin TS825’e uygun hale gelebilmesi için eklenmesi gereken yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Balıkesir ilinde yerleşim modelini etkileyen önemli unsurlardan biri topografyadır. Güneydoğu, güney ve batıdan dağlarla kuşatılmış olan Balıkesir’in kuzey ve güneybatısı ovalıktır ve şehir ortasından akan akarsu vadileriyle yarılmış bir yayla görünümündedir. Edremit körfezinin kuzeyinde batı-doğu doğrultusunda uzanan Kaz dağı duvar gibi yükselmekte ve bu kısımda Marmara ve Ege bölgelerini birbirinden ayırmaktadır. Jeolojik çağlar boyunca yer çökmeleri sonucunda oluşan ovalar ilin başlıca tarım alanlarını oluşturmaktadır.

Balıkesir ili kırsal alanlarda bulunan geleneksel konutların büyük bir kısmı Güney Marmara’da yer almaktadır. Konut duvarlarında kullanılan yöresel malzemeler; doğal taş, kerpiç ve ahşaptır. Duvar kurgularına bakıldığında doğal taş duvarlar, kerpiç duvarlar, tuğla duvarlar, almalı duvarlar ve ahşap karkas duvarlar olarak sıralanabilir. Bu duvar kurguları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır;

3.1. Taş Duvarlar

Balıkesir kırsal bölge yapılarında kullanılan farklı jeolojik formasyonlardaki taşlar, genellikle iç kesimlerdeki vadi boylarından veya volkanik yükseltilerde kurulan ocaklardan elde edilmektedir. Balıkesir’in batısında bulunan köylerde konut duvarlarında daha çok olarak kaba yonu taş duvar kullanılmış, diğer bölgelerde ise moloz taş duvar kullanılmıştır. Şekil 1’de Dursunbey Kireç köyünden kaba yonu taş duvarlı bir ev örneği görülmektedir.



Şekil 1. Kaba yonu taş duvar örgüsü, Dursunbey Kireç Köyü (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010b)

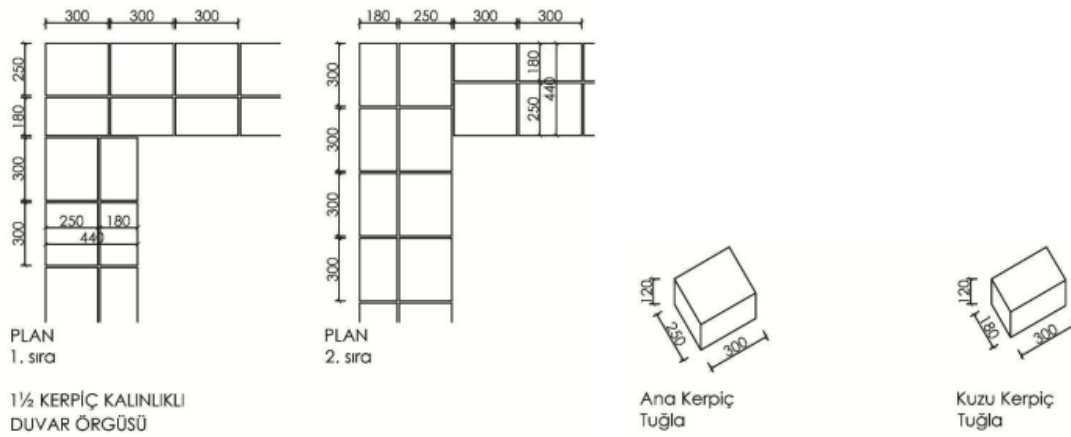
Moloz taş duvarların tesviye işlemi hatıllarla yapılmıştır. Duvar örgüsü belirli yüksekliklerde düz seviyeye getirilmiş ve üzerine ahşap hatıllar yerleştirilmiştir. 8 ila 12 cm kalınlığında kare veya dikdörtgen kesitli hatıllar, duvar iç veya dış yüzeyine veya ortasına yerleştirilmişlerdir. Yaklaşık 50’şer cm ara ile yerleştirilen bu hatıllar bağlantı ağaçlarıyla bağlanmışlardır (Binan, 1961). Duvar kuruluşunda kullanılan taş türleri, genellikle kalkerli kum taşı ve kireç taşıdır. Duvarların bitim yerlerinde ve köşelerde ise genellikle şekillendirmesi daha kolay olan tuf esaslı kesme taşlar kullanılmıştır. Avlu duvarları daha çok kuru sistem örgü yöntemiyle, konut duvarları ise toprak bağlayıcı harçlarla yapılmıştır. Her iki yöntemde de boşlukları minimuma indirmek için büyük taşların araları daha küçük taşlarla doldurulmuş, duvar cepheleri, kullanılan taş cinsi ve örgü tipine göre karakteristik bir görünüm kazanmıştır. Bazı köylerde 1 - 1,5 m yüksekliğe kadar taş örgü, bunun

üzerine kerpiç tuğla kullanılarak yapılmış karma yapım sistemli konutlar da bulunmaktadır (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010a).

3.2. Kerpiç Duvarlar

Kullanımı eski çağlardan günümüze kadar gelmiş olan kerpiç, Anadolu'da geleneksel olarak kil esaslı toprak, saman ya da elyaf ve suyun karıştırılarak kalıplanması ve güneşte kurutulmasıyla üretilen doğal ve sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Bunun yanında ısı tutucu ve nem dengeleyici özelliği de bulunmaktadır. Bununla beraber, suya karşı dayanıksız ve basınç dayanımı düşüktür.

Kerpiç yapımında yöresel ustaların yaptıkları ahşap kalıplar kullanılır. Kerpiç kalıpları standart olmadığı için yöreden yöreye değişiklik gösterir. Hatta kalıplar bazen aynı yörede bile değişiklikler gösterebilmektedir. Kerpiç tuğlalar bu kalıpların içerisinde genellikle uzunlukları 30-40 cm, genişlikleri 18, 19, 25, 30 cm ve yükseklikleri 12 cm olarak hazırlanır ve örgü sistemiyle duvar oluşturulur (Şekil 2) (Türkçü, 2004). Kerpiç yapılarda genellikle duvarlar taşıyıcı özelliktedir. İç ve dış duvar ayırımında kalınlıklar ve sıva kullanım farklılıkları rol oynamaktadır.



Şekil 2. 30'luk kerpiç bloklar ile yapılan farklı duvar örgüleri ve kerpiç boyutları (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010a)

Balıkesir kırsalındaki yapıların dış duvarlarında kerpiç malzemeye oldukça fazla rastlanmaktadır (Şekil 3). Kerpiç binalar atmosfer etkilerinden yeterli derecede korundukları takdirde uzun ömürlüdürler. Genellikle bu koruma kerpiç duvarların dış kısımlarına uygulanan çamur esaslı sıvalarla yapılmaktadır. Ancak bu tür sıvaların ömrü fazla uzun olmadığı için belli aralıklarla yenilenmesi gereklidir. Bununla beraber çalışma alanında yapılan gözlemlerde buna yeterince dikkat edilmediği görülmektedir. Kerpiç duvarlı konutların duvarlarında çatlaklar oluşarak yer yer tahribatlar meydana geldiği, zarar gören kısımların yerlerinin tuğla ya da beton briketlerle doldurulduğu gözlemlenmiştir. Bu durum kırsal mimari kimliğin bozulmasına neden olmaktadır.



Şekil 3. Moloz taş üzerinde kerpiçten yapılmış duvar örneği, Havran Küçükdere Köyü (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010b)

3.3. Ahşap Karkas Duvarlar

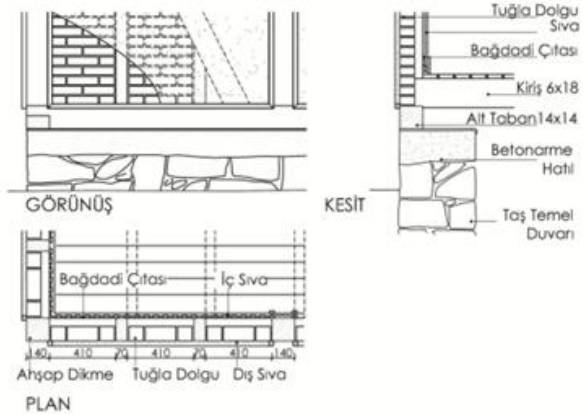
Balıkesir yöresindeki ahşap karkas sistem genel olarak iki katlı konutların yapımında kullanılmıştır. Alt katları taş yığma sistem, üst katları ise tuğla, kerpiç, taş veya ağaç dalları ile dolgulu ahşap karkas duvarlardan oluşmaktadır (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010a). Ahşap karkas duvarlarda yükler ahşap dikme ve kirişler aracılığıyla zemine aktarılır. Doğal taş ile yapılmış temel duvarlarının üzerine oturan dikmeler, kat döşemesi ve üst kat iskeleti ile rijit bir sistemi meydana getirmektedir.

- **Tuğla Dolgulu Ahşap Karkas Duvarlar**

Duvar yapımında kullanılan tuğlalar, üretim yeri ve yöntemine göre; harman tuğlası ve fabrika tuğlası olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Harman tuğlası, tuğla hamurunun kalıplarda biçimlendirilip, doğal yöntemlerle kurutulması ve harman yerindeki ocaklarda pişirilmesi sonucunda elde edilmektedir. Fabrika tuğlası, tuğla hamurunun makinelerde biçimlendirilip yapay yöntemlerle kurutulması ve fabrika fırınlarında pişirilmesi sonucunda elde edilir. Fabrika tuğlalarının harman tuğlasına göre biçimleri daha düzgün olup, basınca, suya ve dona karşı dayanıklılığı daha yüksektir. Fabrika tuğlaları; normal, modüler ve blok tuğla olarak üç farklı grupta üretilmektedir (Gür ve diğerleri, 2012).

Tuğla Balıkesir kırsalında genel olarak ahşap karkas binalarda duvar dolgusu olarak kullanılmıştır. Masif tuğla duvar ise daha yakın tarihlerde yapılmıştır. 1ve 1½ tuğla duvar örgüsü özellikle döşemeleri betonarme olan yeni binalarda kullanılmıştır (Şekil 4).

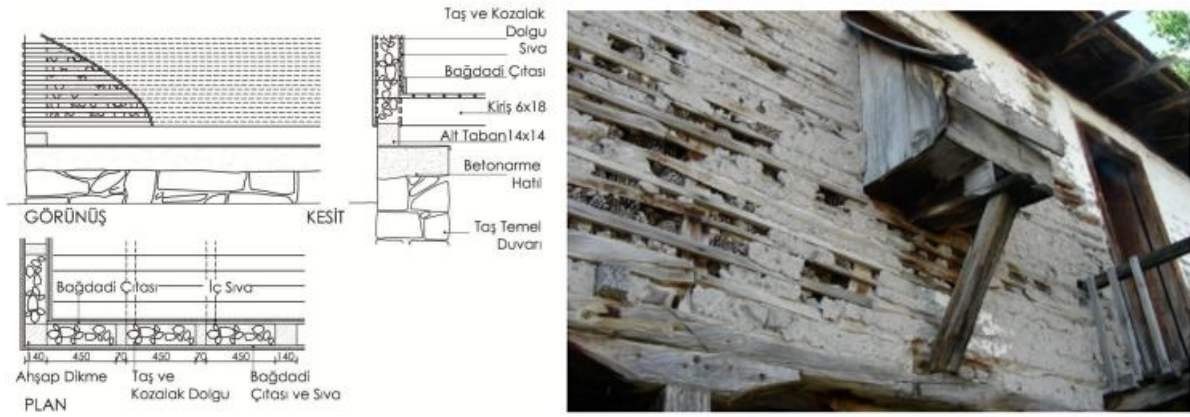
Tuğla dolgulu ahşap iskelet duvarlarda, tuğlalar dar aralıklı (20-35 cm) ara dikmelerin arasına düz veya balıksırtı şeklinde yerleştirilir. Yöredeki kırsal alan konutlarında rastlanan iki katlı ahşap karkas sistemlerde moloz taş temel duvarı üzerine taş, tuğla ya da ahşap dolgulu ahşap iskeletli duvarların geldiği görülmektedir. Taş duvarların üzerine 20/20 cm kesitli ahşap yastıklar yerleştirilmiştir ve üst katın duvarlarını oluşturacak olan dikmeler bu yastıkların üzerine oturtulmuştur. Dikmeler 14/14, 16/16 ve 18/18 cm kesitlerindedir. Ana dikmeler köşeler ve pencere kenarlarına gelecek şekilde 1,5-2 m aralıklarla yerleştirilmiştir. Bu tür tek tabanlı ve çift tabanlı ahşap karkas duvar sistemi örneklerinde ahşap karkasın dolgusu genel olarak tuğladır.



Şekil 4. Moloz taş üzerinde ahşap karkas kurgu içinde tuğla dolgulu konut örneği;Gönen Pehlivanhoca Köyü (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010b)

- **Taş Dolgulu Ahşap Karkas Duvarlar**

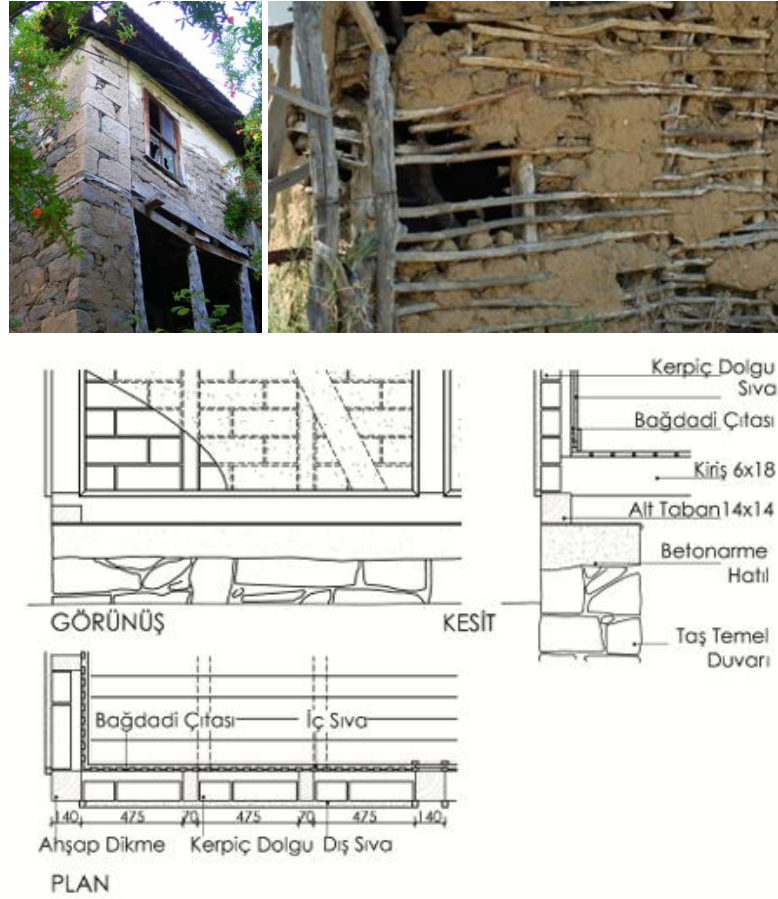
Taş dolgulu ahşap karkas duvarlar; yöreden elde edilen doğal taşların çamur veya kireç harcı ile bağlanarak ahşap karkasın boşluklarına yerleştirilmesiyle oluşmuştur. Taş dolgulu ahşap karkas sistemde dikmelerin arası kerpiç dolgulu sisteme göre daha sıktır (Şekil 5). Bazı yerleşimlerde ahşap karkas duvarlarda dikme araları 2-3 cm'lik dallarla örülür. Bu örgü, sıvanın taşınması için iç veya dış yüzeye yakın olur. Örgü arası ise küçük taşlar ve kozalaklarla doldurulur. Bu örgünün üzerine çamur harç yapılır. Kerpiç dolgulu ahşap karkas duvarlarda; bazen dikey yönde, bazen de hem yatay hem dikey yönde ara dikmelerin kullanıldığı kırsal konut örnekleri mevcuttur. Genellikle duvarların iç ve dış yüzeyleri sıvanmıştır.



Şekil 5. Ahşap karkas sistem duvar içinde taş ve kozalak dolgu (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010a)

- **Kerpiç Dolgulu Ahşap Karkas Duvarlar**

Kerpiç dolgu malzemesi, kolay elde edilişi, ucuzluğu, kolay işlenmesi, sıva tutması ve düzgün şekli ile dolgu içinde kullanılmaya elverişli bir malzemedir. Kereste miktarında büyük bir tasarruf sağlamaları, ısı depolama özellikleri ve ahşap dolguya oranla ısıyı daha az geçirmeleri kerpiç dolgulu duvarların avantajlı yönleri arasında sayılabilir. Sakıncalı yönleri ise daha ağır olmaları, iskeletin deformasyonunu önleyecek sağlamlıkta olmamaları ve deprem sırasında dökülebileme riskleridir. Bu sakıncaları önlemek veya hafifletmek için mümkün olduğu kadar duvar ve sıva harcına alçı karıştırılır. Bu sayede iskeletin her boşluğuna girmiş olan kerpiç dolgu bir bütün teşkil eder. Alçı harcı ahşaba oldukça iyi yapışır (Kafescioğlu, 1955). Balıkesir’de kerpiç dolgulu ahşap karkas duvarlarda; bazen dikey yönde, bazen de hem yatay hem dikey yönde ara dikmelerin kullanıldığı kırsal konut örnekleri mevcuttur (Şekil 6) (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010a). Genellikle duvarların iç ve dış yüzeyleri sıvanmıştır.



Şekil 6. Ahşap karkas sistem duvar içinde kerpiç dolgu; Dursunbey Kireç Köyü (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010b)

3.4. İklimsel Veriler

Balıkesir'de görülen üç farklı iklim bölgesinin özelliklerinden dolayı kıyılarda yaz ve kış ayları arasındaki sıcaklık farkı azdır. İl merkezinin doğusunda bulunan Kepsut, Dursunbey, Bigadiç, Sındırgı gibi ilçelerde ise bu fark daha fazladır. Karasal iklim özellikleri gösteren bu kısımların geleneksel mimarisine bakıldığında, bina kabuğunda yöresel doğal taş malzeme ile örülmüş kalın duvarların kullanıldığı görülmektedir. Ege kıyılarında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve genellikle yağışlı Akdeniz iklimi hakim olup, bu kısımlardaki konutlara daha hafif duvar kurguları görülmektedir. Yağış alan kısımlardaki konutların çatı örtülerinin daha dayanıklı ve korunaklı yapıldığı gözlemlenmiştir. Marmara kıyılarında ise Karadeniz ikliminin etkisiyle yazlar Ege kıyılarına göre daha serin geçmektedir.

Konutlarda ısı kayıpları, büyük oranda duvar, döşeme, çatı, pencere ve ısı köprüleri gibi yapı elemanlarından gerçekleşmektedir. Bu bölgelerden oluşan ısı kayıpları yapı konstrüksiyonuna, varsa ısı yalıtımı türüne ve kalınlığına ve yapı kabuğunda kullanılan diğer katmanların ısısal özelliklerine göre değişiklik göstermektedir (Dağıdır ve Bolattürk, 2011). Çizelge 1'de iki katlı bir yapıda kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla gerçekleşen ısı kayıp oranları görülmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi dış duvar ve pencere üzerinden ısı kaybı en fazla olmaktadır.

Çizelge 1. İki katlı bir yapıda ortalama ısı kayıpları (Dağsöz, 1999)

Dış duvar	Pencere	Çatı	Bodrum	Baca + havalandırma
% 40	% 25	% 15	% 5	% 20

Konutlarda duvar kuruluşları iklim bölgelerine göre değişiklik göstermektedir. Sıcak iklime sahip bölgelerde tuğlalar sadece ince sıva ile kaplanırken, soğuk iklim bölgelerinde sandviç tipi duvar yapıları tercih edilmektedir.

Meteorolojik veriler incelendiğinde Balıkesir ili genelinde üç farklı iklim tipinin görüldüğü anlaşılmaktadır. Farklı ilçelerde alınan rölövelerde görülen plan tiplerinde de iklim etkilerine göre değişen bina biçimlerine rastlanmaktadır. Balıkesir ili Ege kıyılarında sıcak-nemli ve ılıme uygun uzun dikdörtgen planlı, kolonlar üzerinde yükseltilmiş ve rüzgârdan yararlanabilmek için girinti ve çıkıntılı forma sahip plan tipleri kullanılmıştır. Bununla birlikte Dursunbey ilçesi gibi iç kısımlarda bulunan bölgelerde ılımlı kuru ılıme uygun kare planlı ve rüzgârdan korunmuş daha az hareketli cephelere sahip plan tipleri kullanılmıştır. Kuzey'e Marmara kıyılarına doğru gidildiğinde ılımlı-nemli ılıme uygun dikdörtgen planlı veya eğrisel ve en sıcak dönem rüzgârından yararlanan en soğuk dönem rüzgârından korunan plan tipleri kullanılmıştır. ılımlı kuru iklim bölgesi karakteri taşıyan bazı yamaç köylerinde topografya nedeniyle tam kare planlı biçim eğim çizgilerine paralel olarak gelişip dikdörtgen forma yaklaşmış olsa bile bina dış kabuğunun bir bölümü (genelde uzun cepheler) toprak altında kaldığından kabukta oluşan ısı kayıpları doğal olarak bir miktar azalmıştır.

3.5. Tespit Çalışması ve Hesaplamalar

Çalışmada Balıkesir'in batısında bulunan Harran ilçesi ile doğusunda bulunan Dursunbey'den seçilen geleneksel konut örnekleri ele alınmıştır. Palamut dağının eteklerinde yer alan Dursunbey ilçesi engebeli, dağlık ve ormanlarla kaplı bir araziye sahiptir. Dursunbey ege iklim bölgesi içinde yer almakla birlikte yüksek olması ve deniz esintilerine kapalı olması sebebiyle yazlar daha serin, kışlar ise daha sert ve soğuk geçmektedir. İlçenin iklimi karasal iklim özellikleri taşımaktadır (Dursunbey, n.d.). Havran ilçesi, alçak rakımlı ve kıyı iklimi etkisinde olan bir bölgedir. Havran, kuzeyden ormanlarla kaplı Büyük Çal dağının güneybatı eteklerinde kurulmuştur ve Havran çayının kuzey kıyısında yer almaktadır (Çorapçıoğlu ve diğerleri, 2010a). Havran bölgesinde yazlar sıcak, kurak ve açık, kışlar uzun, soğuk, yağışlı, rüzgarlı ve parçalı bulutlu şeklinde geçmektedir.

Dursunbey ve Havran Evleri bölgede yaşayan halkın kültürünü yansıtacak biçimde geleneksel Türk Evleri plan anlayışının yerel özelliklerle birleşmesi sonucu oluşmuştur. Bu evlerin çoğunluğu 2 katlı olup üst katta yaşanılmakta, alt kat ise samanlık, depo veya ahır olarak kullanılmaktadır. Havran ilçesinde üst katlarda duvar kurgusunda taş veya kerpiç malzeme kullanılmıştır (Çizelge 2). Dursunbey'de zemin kat duvarları taş, üst katlar ise ahşap çatki arası taş, kerpiç kullanarak yapılmıştır (Çizelge 3). Evlerde örtü sistemi kırma çatıdır. Evlerin büyük çoğunluğu bahçelidir. Bahçe, kerpiç ya da taş yüksek duvarlarla çevrilmiştir, sokağa açılan bahçe kapıları çift kanatlı ahşaptır. Üst kat asıl yaşam katı olarak tercih edilmiş, odalar; uyuma, oturma, yemek yeme, yemek yapma yeri olarak kullanılmıştır. Oda boyutlarını ailenin büyüklüğü etkilemiştir (Ergün & Çavdar, 2010).

Çalışmada her iki ilçeden de 10'ar adet konut örneği ele alınmış ve bunların dış duvar malzemeleri, duvar ve pencere yüzölçümleri, "U" değerleri, duvar, kapı pencerelerden kaybedilen ısı miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda konut duvarlarının malzeme ve boyutsal özellikleri Bayındırlık ve İskan Bakanlığı için hazırlanmış olan 'Balıkesir-Rehber Kitap'tan, ısı iletkenlik katsayıları TS825 Ek E'den, ilçelerin dış hava sıcaklık ortalamaları TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü sahifesinden alınmıştır.

Elde edilen değerler Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. Çizelge 4 ise bu iki ilçede incelenen konutların ortalama değerlerini göstermektedir. Çizelgede ilçelere göre duvar ve pencere ortalama yüzölçümleri, dış duvar ve pencere "U" değerleri, duvar, kapı pencerelerden kaybedilen ortalama ısı miktarları verilmiştir.

Çizelge 4'ün alt iki satırında ise, duvar ve pencere "U" değerleri TS825'de verilen sınır değerlere göre düzenlendiğinde, aynı ilçelerde, aynı duvar yüzölçümü ve şeffaflık oranına sahip konutlar için ortaya çıkacak ısı kayıpları verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi TS825'de verilen sınır değerlere göre gerçekleşecek ısı kayıpları ile mevcut konutların ısı kayıpları arasında büyük farklar bulunmaktadır.

Çizelge 5 ise, incelenen konutların mevcut dış duvar "U" değerlerinin TS825'de verilen sınır değerlere getirilmesi için (ısı yalıtım türü olarak ısı iletkenlik değeri standart $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ olan taş yünü seçildiğinde) eklenmesi gereken ısı yalıtımı kalınlıklarını göstermektedir.

Çizelge 2. Havran geleneksel evlerinin duvar kuruluşları ve ısısal özellikleri (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Kod	Duvar malzemesi	Duvar alanı	Pencere alanı	Duvar U değeri	Duvardan harcanan ısı	Pencereler ve kapıdan harcanan ısı	Toplam harcanan ısı
01	Kerpiç	60cm/87.3m ²	6.7 m ²	0.60 W/m ² K	775.22 W	588.77 W	1363.00 W
02	Kerpiç	40cm/58.1m ²	6.9 m ²	0.85 W/m ² K	730.90 W	661.74 W	1392.64 W
03	Taş	50cm/45.6m ²	2.1 m ²	2.58 W/m ² K	1741.19 W	201.40 W	1942.59 W
04	Kerpiç	50cm/62.9m ²	4.8 m ²	0.70 W/m ² K	651.64 W	390.19 W	1041.83 W
05	Kerpiç	50cm/67.9m ²	5.7 m ²	0.70 W/m ² K	703.44 W	448.44 W	1151.88 W
06	Taş	50cm/82.4m ²	1.3 m ²	2.58 W/m ² K	3146.36 W	138.71 W	3285.07 W
07	Kerpiç	50cm/74.6m ²	2.5 m ²	0.70 W/m ² K	772.86 W	225.73 W	998.59 W
08	Taş	50cm/52.4m ²	1.2 m ²	2.58 W/m ² K	2000.84 W	150.16 W	2151.00 W
09	Taş	50cm/75.3m ²	2.2 m ²	2.58 W/m ² K	2875.26 W	194.62 W	3069.88 W
10	Taş	60cm/73.1m ²	3.0 m ²	2.32 W/m ² K	2509.96 W	290.05 W	2800.01 W
Toplam		679.60 m ²	36.40 m ²	-----	15907.68 W	3289.80 W	19197.48 W

Çizelge 3. Dursunbey geleneksel evlerinin duvar kuruluşları ve ısısal özellikleri (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Kod	Duvar malzemesi	Duvar kalınlığı ve alanı	Pencere alanı	Duvar U değeri	Duvardan harcanan ısı	Pencereler ve kapıdan harcanan ısı	Toplam harcanan ısı
01	Taş	50cm/33.3m ²	2.5 m ²	2.58 W/m ² K	1486.31 W	252.93 W	2811.23 W
	Tuğla dolgulu ahşap karkas	12cm/24.3m ²		2.55 W/m ² K	1071.99 W		
02	Taş	60cm/55.4m ²	7.2 m ²	2.32 W/m ² K	2223.53 W	692.35 W	3358.93 W
	Taş dolgulu ahşap karkas	12cm/6.5m ²		3.94 W/m ² K	443.05 W		
03	Taş	60cm/59.0m ²	8.0 m ²	2.32 W/m ² K	2368.02 W	727.36 W	5426.53 W
	Taş dolgulu ahşap karkas	12cm/34.2m ²		3.94 W/m ² K	2331.14 W		
04	Taş	60cm/79.2m ²	3.9 m ²	2.32 W/m ² K	3178.77 W	382.54 W	3561.31 W
05	Taş	60cm/67.7m ²	0.8 m ²	2.32 W/m ² K	2717.21 W	119.75 W	2836.96 W
06	Taş	70cm/64.0m ²	5.0 m ²	2.11 W/m ² K	2336.19 W	609.72 W	3481.38 W
	Kerpiç dolgulu ahşap karkas	15cm/21.2m ²		1.46 W/m ² K	535.47 W		
07	Taş	60cm/19.1m ²	2.8 m ²	2.32 W/m ² K	766.60 W	278.36 W	4281.72 W
	Taş dolgulu ahşap karkas	15cm/51.4m ²		3.64 W/m ² K	3236.76 W		
08	Taş	80cm/53.6m ²	2.2 m ²	1.93 W/m ² K	1789.65 W	235.70 W	2025.35 W
09	Taş dolgulu ahşap karkas	25cm/64.2m ²	3.6 m ²	2.90 W/m ² K	3220.91 W	346.17 W	3567.09 W
10	Taş	50cm/40.2 m ²	4.0 m ²	2.58 W/m ² K	1794.29 W	456.62 W	2601.99 W
	Kerpiç dolgulu ahşap karkas	15cm/13.9m ²		1.46 W/m ² K	351.09 W		
Toplam		687.20 m ²	40.0 m ²	-----	29850.99 W	4101.48 W	33952.48 W

Çizelge 4. Ortalama değerler ve TS825 ile karşılaştırma (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

	Duvar alanı	Pencere alanı	Duvar U değeri	Pencere U değeri	Duvardan harcanan ısı	Pencereler ve kapıdan harcanan ısı	Yapı kabuğu üzerinden harcanan ısı
Havran Ortalaması	67.96 m ²	3.64 m ² (% 5.1 şeffaflık)	1.58 W/m ² K	4.9 W/m ² K	1590.77 W	328.98 W	1919.75 W
Dursunbey ortalaması	68.72 m ²	4.00 m ² (% 5.5 şeffaflık)	2.51 W/m ² K	4.9 W/m ² K	2985.10 W	410.15 W	3395.25 W
Havran TS825	67.96 m ²	3.64 m ² (% 5.1 şeffaflık)	0.4 W/m ² K	1.8 W/m ² K	402.32 W	161.98 W	564.30 W
Dursunbey TS825	68.72 m ²	4.00 m ² (% 5.5 şeffaflık)	0.4 W/m ² K	1.8 W/m ² K	475.54 W	195.63 W	671.17 W

Çizelge 5. TS825'e göre ek ısı yalıtım kalınlıkları (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

	Mevcut ortalama U değeri	TS825'e uyması için eklenecek yalıtım kalınlığı
Kerpiç	0.70 W/m ² K	4 cm
Taş	2.32 W/m ² K	8 cm
Ahşap karkas (taş dolgulu)	3.64 W/m ² K	9 cm
Ahşap karkas (kerpiç dolgulu)	1.46 W/m ² K	7 cm
Ahşap karkas (tuğla dolgulu)	2.55 W/m ² K	8 cm

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Türkiye'nin 2. Derece gün bölgesinde bulunan Balıkesir ili kırsal alan konutlarında dış duvar ısısal özellikleriyle ilgili hesaplar yapılmıştır. Çalışmada ilin doğu ve batısında yer alan Dursunbey ve Havran ilçeleri ele alınmış, bu ilçelerden seçilen yer alan 10'ar adet geleneksel konut projesi üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

Balıkesir'in Havran ilçesinde kırsal mimari yaklaşımı olarak konutların zemin katları taş, üst katları ise taş veya kerpiç olarak yapılmıştır. İlçede yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ise soğuk ve yağışlı geçmesinden dolayı, kerpiç ve taş malzemenin kütle ısı değerinden yararlanılmış ve tüm kat duvarları masif ve kagir malzeme ile yapılmıştır. Taş ve kerpiç duvarların ısı kapasitesi değerleri birbirine yakındır. Ancak duvar malzemesi olarak kerpiç kullanıldığında "U" değerlerinde ve ısı kayıplarında, taş malzemeye göre önemli farklar ortaya çıkmaktadır. Dursunbey ilçesinde ise yazlar nispeten daha serin, kışlar soğuk geçmektedir. Bunun nedeni yüksek rakım ve deniz esintilerinin olmamasıdır. Bundan dolayı konutların esinti alabilecekleri ve hayat kısmını örten 2. kat cepheleri ahşap karkas olarak yapılmış, diğer yön duvarları ise kagir malzeme ile tamamlanmış, açık ve serin bölümlerle birlikte ve kapalı ve korunmuş bölümlere yer verilmiştir.

Binalarda yalıtım kalınlığının artması ısı kaybını azaltmakta ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Dursunbey ve Havran ilçeleri kırsal konut duvarlarının "U" değerleri TS825 standardında verilen sınır değerlerin çok üstünde kalmakta, bu nedenle duvarların ısı yalıtım malzemesi ile takviye edilmesi önerilmektedir (Çizelge 5). Bununla beraber iklime göre kendi kendine gelişen geleneksel bina biçimleri günümüz iklim kriterleri ile uyum sağlamaktadır. Bu nedenle mevcut dokuda görülen bina biçimleri olduğu gibi korunmalıdır. Kıyılardan iç bölgelere doğru gidildikçe bina kabuğunun ısı yalıtım özelliği arttırılmalıdır.

Bu çalışmada Dursunbey ve Havran ilçelerinde yer alan farklı duvar malzemelerine ve plan tiplerine sahip 10'ar konut projesi üzerinden duvarların sahip olduğu "U" değerleri birbirleriyle ve TS825'e göre karşılaştırılmıştır. Daha sonra yapılacak çalışmalarda Ege bölgesinde yer alan diğer şehirler için de benzer araştırmalar yapılabilir ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak Ege Bölgesinde kırsal alanda kullanılan yerel malzemelerin ısı konfor üzerindeki etkisi ortaya konulabilir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Bu makale, 2010 yılında T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen ve Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü'ne bağlı olarak hazırlanan Bilimsel Araştırma Projesi: "Balıkesir Kırsalında Yöresel Doku ve Mimari Özelliklere Uygun Yapılaşmanın Yaygınlaştırılması-Rölemler" ve "Balıkesir Kırsalında Yöresel Doku ve Mimari Özelliklere Uygun Yapılaşmanın Yaygınlaştırılması-Rehber Kitap" isimli yayınlanmış çalışmalardan üretilmiştir.

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tüm yazarlar aynı oranda katkıda bulunmuştur. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Binan, M. (1961). Tabii Taş Duvar Blok Taş Duvarlar, Blok ve Plak Kaplama Duvarlar. İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Çorapçıoğlu, K., Diri, A. C., Şahin Diri, B., Kurugöl, S., Özgünler, M., Erem, Ö. & Oğuz, Z. (2010a). Balıkesir Kırsalında Yöresel Doku ve Mimari Özelliklere Uygun Yapılaşmanın Yaygınlaştırılması, Rehber Kitap. T.C. Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma Ve Uygulama Genel Müdürlüğü. İstanbul.
- Çorapçıoğlu, K., Diri, C., Şahin Diri, B., Kurugöl, S., Özgünler, M., Erem, Ö. & Oğuz, Z. (2010b). Balıkesir Kırsalında Yöresel Doku ve Mimari Özelliklere Uygun Yapılaşmanın Yaygınlaştırılması, Rölüveler. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma Ve Uygulama Genel Müdürlüğü. İstanbul.
- Dağıdır, C. & Bolattürk, A. (2011). Sıcak iklim Bölgelerindeki Binalarda Isıtma ve Soğutma Yüküne Göre Tespit Edilen Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Karşılaştırılması. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13/16 Nisan, İzmir.
- Dağsöz, A. K. (1999). *“Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı”*. İzocam Yayınları, 120.
- Dursunbey. (n.d.). İklim. Access date: (15.06.2025): <https://www.dursunbey.bel.tr/sayfalar/iklim>
- Ergün, A. & Çavdar, E. (2010). Geleneksel Balıkesir Dursunbey evleri’nde yapım teknolojileri ve malzeme kullanımları. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt. 12(2)* 1-11.
- Gür, V., Deniz, Ö. Ş. & Ekinci, S. (2012). Kagir Yığma Duvarlarda Taşıyıcı Malzeme Ve Bileşenler. 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 12 – 13 Nisan, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Görükle Kampüsü Bursa.
- Kafescioğlu, R. (1955). *Kuzey-Batı Anadolu’da Ahşap Ev Yapıları*. İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Levi, E. A. & Taşçı, B. (2017). Ege’de kırsal mimari araştırmaları: Bayındır Köyleri. *MEGARON* 2017;12(3):365-384, DOI: 10.5505/megaron.2017.12499
- Sarıkaya, B. & Arpacıoğlu Ü. (2019) Orta Anadolu köy evlerinde duvar. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2019-1 OSI : 21-31, E-ISSN: 2667-792X
- TS825. (2024). Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı.
- Türkçü, Ç. (2004). *Yapım, İlkeler, Malzemeler, Yöntemler, Çözümler*. İstanbul : Birsan Yayınları.

Evaluation of Wall Construction in Balıkesir Traditional Houses in Terms of Heating Load

Summary

The thermal energy requirements of buildings are determined by a number of factors, including the climatic characteristics of the location, the layout and orientation of the building, and its shape and compactness (surface area to volume ratio). Another important factor is the thermal properties of the building envelope separating the interior from the exterior. Nowadays, various coatings and insulation materials are applied to the walls, roofs and floors of urban dwellings to conserve energy. In urban areas, such measures are mandatory due to energy performance and thermal insulation regulations, and building energy performance certificates are issued accordingly. However, such regulations have not yet been implemented in most rural areas. In traditional rural dwellings, which are constructed using locally sourced materials that are suited to the region's geography and climate, energy conservation is achieved using methods and materials that have been passed down through centuries of experience.

This study focused on rural areas within the province of Balıkesir, extending to Kütahya, where a continental climate prevails and the land is located in the Marmara and Aegean regions. Balıkesir thus forms a transition zone between the Mediterranean and Black Sea climates. According to the New Thermal Insulation Rules Standard, the Edremit district, located on the Aegean coast, is in the second degree day zone (a hot climate zone); the Dursunbey district, located in the far east of the province and bordering Kütahya, is in the fourth degree day zone (a cold climate zone); and the remaining areas, including the provincial capital of Balıkesir, are in the third degree day zone (a temperate climate zone).

This study aims to evaluate the thermal energy loads of traditional rural dwellings in the context of wall construction, and to provide recommendations for improvement. The study area covers rural settlements in the province of Balıkesir. The impact of the region's climatic, geographical and material characteristics on dwellings is evident in aspects such as architectural style, construction methods and the layout of rooms. Within the scope of the study, the thermal transmittance values of wall structures in sample dwellings in the region were calculated and evaluated according to the materials and construction techniques used.

The wall structures of dwellings built in the local architectural style in the specified area were examined and classified into five categories: natural stone, adobe, brick, mixed and wooden frame. The thermal transmittance values of these five types of wall structure were then calculated and compared with each other, as well as with the values of reinforced concrete brick and lightweight concrete wall projects commonly used today. The transparency ratio (window-to-wall ratio) was then determined for the selected residential buildings and the total heat loss was calculated and compared with the standard value. Insul software was used to calculate the thermal conductivity values of the walls.

The stones used for rural buildings in Balıkesir come from various geological formations and are typically sourced from quarries situated within the valleys or on volcanic elevations. Rough-hewn stone walls were more frequently used in residential buildings in the villages located to the west of Balıkesir, while rubble stone walls were used in other regions. Adobe is a natural and sustainable building material that has been used since ancient times. It is traditionally produced in Anatolia by mixing clay-based soil with straw or fibre, adding water, moulding the mixture and then drying it in the sun. Adobe has heat-retaining and moisture-regulating properties. However, it is not water-resistant and has low pressure resistance. The wooden frame system has generally been used for the construction of two-storey houses in the Balıkesir region. The lower floors are made of masonry, while the upper floors consist of wooden frames filled with brick, adobe, stone, or tree branches (Çorapçıoğlu et al., 2010a). In wooden frame walls, loads are transferred to the ground via wooden posts and beams. These posts rest on foundation walls made of natural stone and form a rigid system with the floor slab and the skeleton of the upper floor.

Due to the characteristics of the three climate zones observed in Balıkesir, there is a low temperature difference between the summer and winter months on the coast. However, this difference is greater in districts such as Kepsut, Dursunbey, Bigadiç and Sındırgı, which are located to the east of the provincial centre. Examining the traditional architecture of these regions, which exhibit continental climate characteristics, reveals the use of thick walls constructed from local natural stone materials in the building envelope. Additionally, residential buildings in these regions have both open, cool sections and closed, protected sections. Along the Aegean coast, the Mediterranean climate prevails, with hot, dry summers and mild, rainy winters. Lighter wall structures are seen in houses in these areas. The roof coverings of houses in rainy areas are more durable and protective. Along the Marmara coast, summers are cooler than along the Aegean coast due to the influence of the Black Sea climate. Heat loss in residential buildings mainly occurs through structural elements such as walls, floors, roofs, windows and thermal bridges. The amount of heat lost from these areas varies depending on the construction of the building, the type and thickness of insulation used, and the thermal properties of the other materials in the building envelope. Additionally, the rate of heat loss through exterior walls tends to increase as building height increases. As shown in Table 1, heat loss varies depending on whether the building is single-storey or multi-storey. Traditional building forms that have evolved in response to the climate are compatible with modern climate criteria. Therefore, the existing building forms should be preserved. As one moves from the coast to the interior, the thermal insulation properties of the building envelope should increase. According to the 'Thermal Insulation Rules Standard for Buildings' (TS825), the total heat transfer coefficient (U) calculations for the building envelope should meet the following values: • In regions along the Aegean coast (Ayvalık, Gömeç, Burhaniye, Edremit and Havran), the maximum value is $0.7 \text{ W/m}^2\text{°C}$; • In regions along the Marmara coast (Erdek, Bandırma, Gönen and Marmara Island), as well as in city centres, the maximum value is $0.6 \text{ W/m}^2\text{°C}$; • In inland regions such as Sındırgı, Bigadiç, Kepsut and Dursunbey, the maximum value is $0.5 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

The houses in Dursunbey and Havran were built by combining traditional Turkish house designs with local features, reflecting the culture of the people who live in the region. Most of these houses have two floors. In the Havran district, the upper floors were constructed using stone or adobe materials. In Dursunbey, stone was used for the ground floor walls, while the upper floors were constructed using wood-framed walls with stone and adobe. The roofs of the houses are gabled. The majority of the houses have gardens. These are surrounded by high mud brick or stone walls, and the gates opening onto the street are double-winged wooden doors. The upper floor was favoured for use as the main living area, with rooms used for sleeping, sitting, eating and cooking. The size of the rooms depended on the size of the family.

Ten residential examples were selected from each district and their wall and window areas, as well as their wall 'U' values and heat loss quantities through walls and windows, were calculated. Table 1 shows the average heat losses through walls and windows, and the average 'U' values for the dwellings examined in these two districts. These values were compared with those in TS825, and the recommended insulation thicknesses are shown in Table 2. The lowest 'U' value was obtained in adobe-walled buildings, while the highest 'U' value was obtained in stone-filled timber-framed buildings. Accordingly, the recommended insulation material (stone wool) thicknesses varied.

Table 1. Average values (Created by the authors)

	Wall area	Window area	Wall U-value	Window U-value	Heat loss through walls	Heat loss through windows and doors	Heat loss through the building envelope
Havran Average	67.96 m ²	3.64 m ² (% 5.1 şeffaflık)	1.58 W/m ² K	4.9 W/m ² K	1590.77 W	328.98 W	1919.75 W
Dursunbey Average	68.72 m ²	4.00 m ² (% 5.5 şeffaflık)	2.51 W/m ² K	4.9 W/m ² K	2985.10 W	410.15 W	3395.25 W
Havran TS825	67.96 m ²	3.64 m ² (% 5.1 şeffaflık)	0.4 W/m ² K	1.8 W/m ² K	402.32 W	161.98 W	564.30 W
Dursunbey TS825	68.72 m ²	4.00 m ² (% 5.5 şeffaflık)	0.4 W/m ² K	1.8 W/m ² K	475.54 W	195.63 W	671.17 W

Table 2. Additional thermal insulation thicknesses according to TS825 (Created by the authors)

	Current average U value	Insulation thickness to be added to comply with TS825
Adobe	0.70 W/m ² K	4 cm
Stone	2.32 W/m ² K	8 cm
Wooden frame (stone-filled)	3.64 W/m ² K	9 cm
Wooden frame (adobe infill)	1.46 W/m ² K	7 cm
Wooden frame (brick infill)	2.55 W/m ² K	8 cm

This study involved making calculations using solar radiation and non-radiation heating and cooling loads for the province of Balıkesir in Turkey's first degree-day region. The districts of Dursunbey (in the east) and Havran (in the west) were considered, with calculations made for ten residential projects in each district. A balance temperature of 18 °C was used for heating degree-hours and 26 °C for cooling degree-hours in the calculations. The results revealed that adobe is the most suitable wall material in terms of thermal insulation. In the Havran district, the ground floors of residential buildings were constructed using stone, while the upper floors used either stone or adobe, reflecting a rural architectural approach. Due to the hot, dry summers and cold, rainy winters in this district, the thermal mass properties of stone and adobe were utilised and all floor walls were constructed using solid masonry. Dursunbey is located at a higher elevation and is sheltered from sea breezes, resulting in cooler summers and harsher, colder winters. For this reason, the second-floor façades of houses, which are exposed to breezes and cover living areas, were built with wooden frames, while other walls were built using masonry materials. The thin (10–20 cm) wooden frame walls have a low thermal mass value and result in greater heat loss.

Within this study, the 'U' values of the walls in ten residential projects, each featuring different wall materials and plan types, were compared with each other and according to TS 825. Similar studies could be conducted in other Aegean cities in future to determine the effect of locally used materials on thermal comfort in rural Aegean areas.





Türkiye'deki Bitkisel Atıklardan Endüstriyel Ölçekte Isı Yalıtım Malzemesi Üretiminin İrdelenmesi

Ilgaz Azra ATILGAN ^{1*} , Ahmet Cüneyd DİRİ ² 

ORCID 1: 0000-0002-0684-5173

ORCID 2: 0000-0001-8122-9568

¹ Mimar Sinan University, Department of Architecture, Building Physics and Materials Program, 34427, Istanbul, Türkiye.

² Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 34427, Istanbul, Türkiye.

* e-mail: azraatilgan@gmail.com

Öz

Bu çalışma, Türkiye'deki bitkisel atıklardan üretilen ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel ölçekte uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Literatürden elde edilen verilere göre, ısı yalıtımı açısından en yüksek değerler gösteren malzemeler, ay çekirdeği kabuğu katkılı epoksi levha, çam kozalağı katkılı üre-formaldehit levha ve fındık kabuğu katkılı epoksi levhadır. Üretim süreçleri incelendiğinde, yonga levha tipi bir üretim modelinin bu malzemeler için uygulanabilir olduğu görülmüştür. Yapılan analiz sonucunda, malzemelerin üretim yöntemlerinin endüstriyel üretim için standardize edildiği takdirde Türkiye'deki mevcut yonga levha üretim tesislerinde yıllık bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi üretiminin Türkiye'nin ihtiyacının %3'ünü karşılayabileceği tespit edilmiştir. Ancak teknik fizibilite ile beraber beraber finansal fizibilite analizlerinin de yapılarak üretim tesislerinin altyapılarının bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerine uygunluğunun sınanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel atık, ısı yalıtımı, endüstriyel üretim.

Investigation of Industrial Scale Thermal Insulation Material Production From Vegetable Wastes in Türkiye

Abstract

This study aims to evaluate the applicability of thermal insulation materials produced from plant wastes in Türkiye on an industrial scale. According to the data obtained from the literature, the materials showing the highest values in terms of thermal insulation are epoxy board with sunflower seed shell additive, urea-formaldehyde board with pine cone additive and epoxy board with hazelnut shell additive. When the production processes were analysed, it was seen that a particle board type production model was applicable for these materials. As a result of the analysis, it was determined that if the production methods of the materials are standardised for industrial production, the annual production of plant waste-based thermal insulation materials in the existing particleboard production facilities in Türkiye can meet 3% of Türkiye's need. However, along with technical feasibility, financial feasibility analyses should also be carried out to confirm the suitability of the infrastructure of the production facilities for vegetable waste based thermal insulation materials.

Keywords: Vegetable waste, thermal insulation, industrial production.

Citation: & Atılğan, I. A. & Diri, A. C. (2025). Investigation of industrial scale thermal insulation material production from vegetable wastes in Türkiye. *Journal of Protected Areas Research*, 4 (1), 15-42.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16731561>

Received: May 20, 2025–**Accepted:** June 29, 2025

1. Giriş

Hem küresel hem de ülkesel ölçekte enerji tüketimine bakıldığında, enerji tüketiminin büyük bir kısmının yapı ve inşaat sektörü tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir. Enerji tasarrufu ve verimli enerji kullanımı açısından, yapılarda ısı yalıtımının önemi artmaktadır. Bu bağlamda, enerji tasarrufu sağlamak adına ısı yalıtım malzemeleri kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Sınırlı enerji ve hammadde kaynaklarına sahip olduğumuz gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, malzeme israfının önlenmesi öncelikli haline gelmektedir (Demir & Elmalı, 2020). Demir ve Elmalı'nın çalışmasında sanayide kullanılan hammaddelerin sınırlı olduğu, nüfus artışıyla beraber tüketimin daha çok artacağı ve doğal kaynaklara bağlı hammadde talebinin kaynakları tüketiceği ifade edilmektedir. Yapı malzemeleri üretiminin hem hammadde hem de enerji bakımından yüksek talepler oluşturduğu düşünüldüğünde, atık olarak nitelendirilen hammaddelerden yeni ısı yalıtım malzemeleri üretme olanakları dikkat çekmektedir.

Özetle söylenebilir ki ulusal hedefimiz atık oluşumunu önlemek, bu mümkün değilse en aza indirmek ve oluşan atıkları ayrı toplama ve geri kazanım süreçleriyle değerlendirmek üzerine bir atık anlayışı oluşturmaktır (Ünlü ve diğerleri, 2023). Atık maddeleri yeniden kullanıma teşvik edebilmek ve atık madde miktarını azaltabilmek için Dünya'nın farklı yerlerinde yapılmış organik atık esaslı yapı malzemesi üretimlerinin derlendiği çalışmada, yerfıstığı kabuğu külü, pirinç kabuğu, durian kabuğu, hindistan cevizi elyafı, mısır kabuğu gibi fakat bunlarla limitli olmayan atık maddelerin çalışmalarda kullanıldığı belirtilmiştir (Demir & Elmalı, 2020). Ancak, atık sorunu, en ideal çözümün olduğu yerde sağlanabilecek konuma özgü bir problemdir. Bu nedenle, çalışmanın kapsamı ulusal ölçekteki atıklarla üretilen ısı yalıtım malzemeleri olarak belirlenmiştir.

Bitkisel atıklardan üretilen ısı yalıtım malzemelerinin konu edildiği akademik çalışmalar, bu malzemelerin yeterli ısı yalıtım özellikleri sergilediğini göstermiştir. Ancak, bu çalışmaların genellikle deneysel ölçekte kaldığı ve yüksek hacimli üretimlerinin, dolayısıyla atık problemine olan katkılarının sınırlı olduğu tartışmaya açıktır. Atıklardan üretilen yapı malzemelerinin, genel olarak "uygulanabilirliği tartışmalı ve teorik bir çalışma alanı" olarak nitelendirildiği ve üretiminin mümkün olmadığı yönündeki algılar oldukça yaygındır. Bu görüş, söz konusu malzemelerin performans açısından yeterli olup olmadığı, endüstriyel ölçekte üretim süreçlerine uygunluğu, üretim hacminin ne ölçüde artırılacağı ve kullanılan atık maddelerin sürdürülebilir bir şekilde temin edilip edilemeyeceği gibi sorularla desteklenmektedir. Ayrıca, bu malzemelerin üretilmesi halinde dahi pazarda yer bulmasının neredeyse imkânsız olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın hedefi, bu sorulara yanıt arayarak bitkisel atıklardan üretilen ısı yalıtım malzemelerinin "kayda değer bir sonuç üretmeyen bir araştırma alanı" olmadığını, aksine bu malzemelerin endüstriyel üretiminin ulusal ölçekte atık sorununa ve ülke ekonomisine katkı sağlayabilecek bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktır.

Bu çalışma, bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel üretim potansiyelini; üretim yöntemleri, üretim hacmi, sürdürülebilirlik, malzeme performansı ve pazarda yer bulabilme olasılıkları çerçevesinde kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında, Türkiye'de gerçekleştirilmiş akademik çalışmalarda yer alan bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin laboratuvar deneyleri yoluyla elde edilen malzeme özelliklerine dair veriler sistematik bir literatür taraması yoluyla toplanmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca, atık malzemelerin yıllık üretim miktarları, coğrafi dağılımları ve üretim zincirine dayalı sınırlılıkları araştırılarak Türkiye'nin yıllık ısı yalıtım malzemesi ihtiyacı ile karşılaştırmalı bir fizibilite analizi gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, atık malzemelerin yapı sektöründe hammadde olarak etkin bir şekilde kullanılabilirliğini ortaya koymak hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik fayda sağlama potansiyelini incelemeye yönelik bir yaklaşımla ele alınmıştır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de bitkisel atıklardan deneysel ölçekte üretilen ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel üretim potansiyelini araştırmaktır. Bu kapsamda akademik çalışmalar doğrultusunda üretilmiş atık esaslı ısı yalıtım malzemeleri belirlenmiştir. Araştırmada meta-analiz araştırma yöntemi kullanılarak literatür taraması yapılmış ve Türkiye'de atık maddelerin yapısal eleman olarak kullanılmasına dair yaklaşımla ilgili çalışma soruları ortaya koyulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, “tarımsal atık”, “bitkisel atık”, “organik atık”, “yalıtım malzemesi” anahtar kelimeleri kullanılarak EBSCO, JSTOR, ScienceDirect, Scopus, Dergipark, YÖKSİS Tez ve SpringerLink veri tabanları taranarak yapılmıştır. Bu tarama sonucunda Türkiye adresli ve 1994-2023 yılları arasında yayımlanan 47 adet makale, 8 adet yüksek lisans tezi ve 4 adet doktora tezi incelemeye alınmıştır. Çalışma kapsamında;

- Türkiye’de yalıtım malzemesi üretiminde hangi bitkisel atıkların kullanıldığı,
- Hammadde olarak kullanılan bitkisel atıkların yıllar içindeki üretim davranışı,
- Bitkisel atıkların üretiminin sınırlı olduğu sezon ve coğrafi bölgeler,
- Bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin üretimi konusundaki akademik çalışmaların incelenmesi ve bu malzemelerin özelliklerini tayin etmek için yapılan deneylerin sonuçları,
- Bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesinin (BAEİYM) üretiminin endüstriyel olarak standardize edilebilecek üretim potansiyelinin kesikli bir üretim zinciri sürecinde nasıl uygulanabileceği,
- BAEİYM üretimi ulusal ısı yalıtım malzemesi ihtiyacının ne kadarını karşılayabileceği,
- Üretilen ısı yalıtım malzemelerinin yalıtım özelliklerinin sektörde sıklıkla kullanılan ikamelerle ilişkisi,

irdelenmiştir.

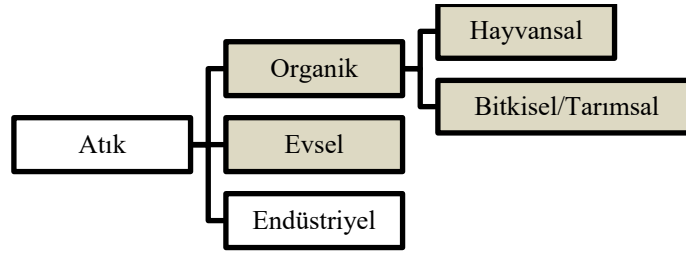
Bu kapsamda ülkemizdeki atıkların yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini ve endüstriyel üretim potansiyelini değerlendirmek amacıyla, atık esaslı malzeme üzerinde deneysel çalışmalar yapan 35 ulusal çalışma incelenmiştir. Taramada ağırlıklı olarak bitkisel atıkların hammadde olarak kullanıldığı çalışmalar seçilmiş olup üretilen yapı malzemelerinin çeşitli fiziksel, ısı ve mekanik testlere tabii tutulmuş olması gözetilmiştir.

Bu çalışmalarda malzemelerin ısı iletkenlik değerine ait test sonuçları kullanılarak, yalıtım malzemelerinin performans özellikleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, atık hammadde sürdürülebilirliği ve atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel ölçekte üretim imkanları belirlenmeye çalışılmıştır. Son olarak, bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel üretimine ilişkin bir fizibilite çalışması, bu tespitlere dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Fizibilite çalışması sonucunda elde edilen hammadde sürdürülebilirliği, üretim teknolojileri ve tedarik zinciri konuları değerlendirme bölümünde sunulmuştur.

2.1. Türkiye’de Atıkların Geri Dönüştürülmesi

Bugün atıklar sadece bir sorun olmaktan çıkmış, doğru şekilde değerlendirildiğinde hem ekonomik hem de çevresel fırsatlar sunan bir sektör haline gelmiştir. Atıklar, evsel ve endüstriyel faaliyetlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan, kullanılabilirliğini yitirmiş ancak yeniden değerlendirildiğinde büyük bir potansiyel barındıran maddelerdir. Şekil 1’de görüldüğü gibi atıklar genel olarak organik (hayvansal ve bitkisel), evsel ve endüstriyel atıklar olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Artan atık miktarları yalnızca doğal kaynakların tükenmesine katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda çevre ve iklim üzerinde ciddi etkiler yaratır. Doğru yöntemlerle geri dönüştürülen atıklar, çevre kirliliğini önlemekten iklim değişikliğine karşı mücadeleye, enerji tasarrufundan yeni ürünlerin üretimine kadar geniş bir yelpazede fayda sağlar. Bu nedenle atıkların doğru yönetimi, yalnızca çevresel sürdürülebilirliğin değil, aynı zamanda ekonomik kalkınmanın da anahtarlarından biridir.

Türkiye’deki atık potansiyelini anlamak ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek amacıyla bu çalışma, geniş bir yelpazeden daraltılarak yalnızca bitkisel atıkların yapı malzemesi üretimi için değerlendirilmesine odaklanmıştır. Bu seçim, bitkisel atıkların yapı sektörü için sunduğu yenilikçi fırsatlardan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’deki biyoatıkların disiplinlerarası kullanımı ve yeniden değerlendirilmeleri sonucunda üretilen yenilikçi ürünler incelenmiştir. Böylece, hem mevcut uygulamalar hem de alternatif potansiyeller keşfedilmiştir. Bitkisel atıkların yalıtım malzemesi üretimindeki potansiyeli detaylı bir şekilde ele alınmış ve bu atıkların yapı sektöründe sürdürülebilir bir geleceğin anahtarı olabileceği ortaya konmuştur.



Şekil 1. Atıkların Sınıflandırılması (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Biyo-atıkların yeniden kullanımı konusunda yapılan araştırmada öncelikle enerji alanında belediye atığı olarak geçen evsel atıkların miktarı ve çalışma kapsamında ne şekillerde geri dönüştürüldüğü incelenmiştir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası'na göre, yıllık 32 milyon ton evsel atık, teorik olarak 3.37 milyon TEP (ton eşdeğer petrol) enerji potansiyeline sahiptir. Bu atıkların büyük bir kısmı biyogaz üretimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2024). Bu nedenle, evsel atıkların genellikle elektrik enerjisi üretimi için kullanıldığı görülmüş ve yapı malzemesi olarak yeniden kullanımı bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmış, hayvansal atıklar ve bunların geri dönüştürülmesi incelenmiştir.

Hayvansal atıklar; büyükbaş ve küçükbaş hayvanların dışkıları, mezbaha atıkları ve yan ürünlerden oluşur. Bu atıkların biyodizel ve biyogaz üretimi açısından büyük bir enerji potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Örneğin, yapılan bir çalışmaya göre, hayvansal atık yağlardan üretilen biyodizelin, soya fasulyesi kaynaklı biyodizele kıyasla %30 daha düşük CO₂ emisyonu sağladığı ve 2030 yılına kadar bu kaynaktan 11 bin ton biyodizel üretilebileceği öngörülmektedir (Aslan ve diğerleri, 2024). Ayrıca, hayvansal atıklardan elde edilen yıllık metan üretimi, bitkisel atıklardan elde edilen metan üretimine yakın bir düzeydedir. Metan potansiyeli üzerinden yapılan karşılaştırmada yalnızca sığır ve tavuk dışkılarının yıllık 102.061.996 m³ CH₄ üretildiği belirtilirken, yukarıdaki bitkisel maddelerinin tamamının hasat artığından elde edilecek metan potansiyeli 101.354.042 m³ CH₄/yıl olarak görülmüştür. Bununla birlikte, hayvansal atıkların içeriğinde bulunan yüksek azot miktarı, metal, taş ve kum gibi safsızlıklar, bu atıkların yapı malzemesi olarak yeniden kullanımını teknik olarak zorlaştırmaktadır. Ayrıca, hayvansal atıkların enerji üretiminde yüksek verimlilik sunması sebebiyle bu atıklar da çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada, Türkiye'de üretilen bitkisel atıklar ve bu atıkların yalıtım malzemesi üretimindeki potansiyeli detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bitkisel atıklar, tarımsal faaliyetlerden arta kalan sap, kabuk, saman gibi doğal materyalleri içerir ve enerji üretiminin ötesinde yapı sektörüne kazandırılacak yenilikçi bir kaynak olarak öne çıkmaktadır.

2.2. Türkiye'nin Bitkisel Atık Potansiyeli

Türkiye gibi tarım ve hayvancılık sektörlerinin önemli yer tuttuğu bir ülkede, atık yönetimi yalnızca çevresel sürdürülebilirliği değil, aynı zamanda ekonomik ve sektörel dönüşümü destekleme potansiyeline sahiptir. Özellikle bitkisel atıklar, geleneksel enerji üretimindeki rolleri kadar yapı malzemesi üretimindeki yenilikçi kullanım olanaklarıyla da dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan bitkisel atıkların yalnızca enerji üretimindeki rolüne değil, yapı sektörüne entegrasyonu üzerine de odaklanılmış ve bu bağlamda yerel kaynakların değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Türkiye'de bitkisel atık potansiyelinin her mevsim için oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Bu doğrultuda, ulusal bağlamda bitkisel atıkların hangi sektörlerde kullanıldığı, yeniden kullanım örnekleri ve bu atıkların yalıtım malzemesi üretimindeki rolü araştırılmıştır. Yüksek ve Atalan tarafından incelendiği üzere kenevir, kenaf, pamuk, mantar, saman, ağaç gibi fakat bunlarla limitli olmayan çeşitli birtakım bitkisel yapı malzemeleri halihazırda vardır. Aynı çalışmada dikkat çekildiği üzere ülke toplam alanının yaklaşık üçte birine denk gelen 27 milyon hektar alanın tarım amacıyla kullandığı ve ulusal işgücü istihdamının %40'ının da tarım sektöründe çalıştığı bilinmektedir. Bu nedenle yerel kaynak potansiyelini kullanmak ve bitkisel esaslı malzemelerini yapı sektöründe de kullanmak önem arz etmektedir (Yüksek & Atalan, 2021). Ancak, mevcut çalışmada genellikle bitkisel

ürünlerin değerlendirilmesine odaklanılmakta, atık kısımlarının potansiyel kullanım alanları göz ardı edilmektedir. Bu eksiklik, bitkisel atıkların tarımsal üretimin doğal bir yan ürünü olarak nasıl daha verimli değerlendirilebileceği üzerine derinlemesine bir araştırma yapılmasını gerektirmektedir.

Bitkisel atıkların kapsamında tarla hasat atıkları, sebze ve meyvelerin atıkları, küspeler ve tohum atıkları bulunmaktadır. Ülkesel ölçekte üretim ve atığa dair verilere BEPA veri sistemi üzerinden çevrimiçi olarak ulaşılmıştır. Bitkisel atıklar dolaylı olarak tekstil, kâğıt ve gıda sektörlerinde kullanılmasının dışında inşaat sektöründe de kullanılmaktadır (Ünlü ve diğerleri, 2023). BEPA verilerine göre, Türkiye’de bitkisel atık miktarı 62.206.754 ton/yıl olup bu miktarın %74’ünü tarla bitkilerinin atıkları, %6’sını bahçe bitkileri atıkları ve %19’unu sebze atıkları oluşturur.

Ünlü ve arkadaşları tarafından 2023’de yapılan çalışmada Türkiye’de yetiştirilen tarla bitkilerine ait yıllık üretim ve atık miktarı, teorik enerji eşdeğerleri ve üretimlerinin atık miktarlarına oranları verilmiştir (Ünlü ve diğerleri, 2023). Üretim miktarının fazla olmasının yanı sıra, üretim miktarına oranla üretilen atığın en fazla olduğu bitkiler atık miktarı açısından önemli bir veri sunar. Burada ayçiçeği, buğday, çeltik, mısır, nohut ve yerfıstığının dikkat çektiği gözlemlenmiştir. Bahçe bitkileri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, atık üretim potansiyelleri en güçlü olan maddeler hacim ve oransal açıdan fındık, muz ve üzumdür. Aynı çalışmada sebze kaynaklı atıklar arasından dikkat çeken ürünler kuru soğan, fasulye, hıyar, domates ve patlıcan olmuştur.

Yaman tarafından yapılan çalışmada Türkiye kapsamında bitkisel atıklar değerlendirilmiş ve ekonomik önemi vurgulanmıştır. Bazı ürünlerin yapraklarının pazar değeri olduğu, bazılarının atıklarının bitkisel çay olarak kullanıldığı ve özüt halinde satıldığı belirtilmiştir. Yılda 3 milyon tona yakın geri dönüştürülebilir atık üretildiği ve bunun yaklaşık %70’inin biyolojik olarak bozulabildiği düşünüldüğünde bitkisel atıkların yeniden değerlendirilmesi için adımların atılması önemlidir (Yaman, 2012).

Bitkisel atıkların hammadde olarak sürekli kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için 5 yıllık atık üretim miktarı eğrileri incelenmiştir. Yaman’ın çalışmasındaki verilere dayanarak, atık esaslı madde potansiyeli yüksek olan malzemelerin hammaddeleri belirlenirken, üretim/atık oranı düşük olan, ancak yıllar içinde atık miktarı artış gösteren maddeler tercih edilmiştir. Değerlendirilebilecek başlıca bitkisel üretim atıklarının dane mısır, ayçiçeği, pamuk, fındık, üzüm, domates, hıyar ve karpuz olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu bitkilerin ülkesel ölçekte oluşturduğu toplam atık miktarlarının 20 milyon tondan fazla olduğu görülmektedir. Literatür araştırmasında ulusal ölçekte yapılan deneysel çalışmaların da bunu destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Yalıtım malzemesi olarak ulusal ölçekte en çok kullanılan hammaddelerin üretiminin TMO’ya göre yıllar içinde değişimi Çizelge 1’de verilmiştir. Buna göre bitkisel atık hammaddelerinin üretim eğilimi dönem içinde dalgalansa da genel olarak aynı çizgide ilerlemiştir.

Çizelge 1. Tarım ürünlerinin 2019-2023 arası üretim miktarı - ton (TMO, t.y.; Ünlü ve diğerleri, 2023)

	2019	2020	2021	2022	2023	Üretim/Atık Miktarı	Atık Miktarı
Pirinç	1.000.000	980.000	1.000.000	950.000	900.000	0.67	1.343.283
Mısır	6.000.000	6.500.000	6.750.000	8.500.000	9.000.000	0.83	10.943.373
Çay	1.407.000	1.418.000	1.450.000	1.270.000	1.356.000	2242.49	604
Ayçiçeği	1.950.000	1.900.000	2.215.000	2.350.000	1.960.000	0.43	4.558.139
Fındık	515.000	776.000	665.000	684.000	765.000	0.47	1.627.659
Yerfıstığı	170.000	215.000	-	174.000	-	0.50	348.000
Soğan	2.200.000	2.280.000	2.500.000	2.350.000	-	2.50	940.000
Pamuk/Küspesi	977.000	814.000	656.000	833.000	1.018.000	1.85	550.270

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmaya Türkiye’de atık esaslı üretilen yapı malzemeleri üzerine yapılan akademik çalışmalar incelenerek başlanmıştır. Araştırma, “tarımsal atık”, “bitkisel atık”, “organik atık”, “yalıtım malzemesi” anahtar kelimeleri kullanılarak EBSCO, JSTOR, ScienceDirect, Scopus, Dergipark, YÖKSis Tez ve SpringerLink veri tabanları taranması ile yapılmıştır. Türkiye’de atık esaslı üretilen yapı

malzemeleri üzerine yapılan akademik çalışmalar toplanarak meta-analiz yapılmıştır. Yapılan tarama sonucunda Türkiye adresli ve 1994-2003 yılları arasında yayımlanan 47 adet makale, 8 adet yüksek lisans tezi ve 4 adet doktora tezi seçilmiştir.

Çalışmada Türkiye çapında bitkisel atıklarla üretilen ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel ölçekte üretilebilirliği incelendiği için endüstriyel atıkla yapılan çalışmalar ile Türkiye dışındaki atıklarla gerçekleştirilen çalışmalar hariç tutulmuştur. İçeriğinde atık hammadde olarak organik atıkların yanı sıra endüstriyel atıklar da kullanan çalışmalar ise dahil edilmiştir. Kullanılan atık malzemelerinin tipi ve üretilen numuneler üzerinde ısı testler yürütülmüş olması gibi kriterleri sağlamayan çalışmalarda eleme yapılmıştır. Çalışmalarda kullanılan organik olmayan atık malzemeler ayırt edici olarak ifade edilmiş ve ilerleyen adımlarda kapsam dışında bırakılmıştır.

Yapılan elemelerin sonunda 35 adet yayın elde edilmiş ve bu çalışmalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılmak üzere atıklarla üretilen numunelere yapılan testler üzerinde yapılan testler karşılaştırılmıştır. Seçilen yayınların araştırma yöntemi laboratuvar ortamında sürdürülen testler ile üretilen numunelere dair bilgi edinmek olduğu gözlenmiştir. Çalışmalarda üretilen numuneler malzeme tipi bakımından levha ve harç olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Atıklardan yapı malzemesi üretiminde kullanılan bağlayıcı, atık hammaddeler ve malzeme özelliklerinin tayini için yapılan testler değerlendirmenin diğer ölçütleri olarak belirlenmiştir.

İncelenen yayınlarda elde edilen bulgular sonucunda üretilen malzemelerin levha ve harç tiplerinde oluşu, bağlayıcı olarak organik ve inorganik olmak üzere başta epoksi, üre-formaldehit, alçı ve çimento gibi çeşitli malzemeler kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Seçilen yayınlarda üretilen numuneler üzerinde yapılan malzeme özellikleri tayin testleri; ısı iletkenlik katsayısı, yoğunluk, basınç dayanımı, çekme dayanımı, eğilme dayanımı, elastiklik modülü, su emilimi, ve ultrasonik ses dalgası yayılma hızı olarak gözlenmiştir. Ayrıca malzemenin bozulması ile ilgili iki çalışma, ve malzemenin ses yutma katsayısı ilgili 4 çalışma incelenmiş olup üç çalışmada ise üretilen numunelerin yalnızca mekanik özelliklerinin araştırıldığı tespit edilmiş ve bu çalışmalar konu dışı bırakılmıştır. Yapılan çalışmalar ve bakılan özellikler toplu olarak Çizelge 2’de görülebilir.

Numunelerin ısı iletkenlik değerleri ısı yalıtım malzemesi olarak üretilebilirliği konusunda belli bir aralık içerisinde kalması gerektiği için çalışmaya numuneler üzerinde bu testi gerçekleştiren ve bitkisel atık kullanan yayınlar üzerinden devam edilmiştir. Yayınların meta-analizi konusunda dikkat çeken ve çalışmayı sınırlandıran bazı noktalar bulunmuştur. Söz konusu bulgular;

- Bitkisel atıklarla beraber endüstriyel ve/veya hayvansal atıkların da çalışmalara dahil edilmesi,
- İncelenen çalışmaların Türkiye’de üretilen atıkları içeren araştırmalarla sınırlandırılmış olması,
- Isı yalıtım malzemesi olarak deneysel çalışmalar yürütülen çalışma sayısının az olması,
- Bütün çalışmalarda kapsamlı mekanik, ısı ve nemsal deneylerin beraber yürütülmemiş olması

olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. İncelenen çalışmalarda kullanılan malzemeler, elde edilen ürünler ve bakılan özellikler (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Çalışmayı yapan	Çalışmanın başlığı	Ürün tipi	Bağlayıcı	Atık cinsi	Bakılan Özellikler							
					Isı iletkenlik	Yoğunluk	Basınç	Çekme	Eğilme	Elastiklik	Su emilimi	Ultrases hızı
Şahin ve Kaymakçı, 2024	Evaluation of the mechanical and physical properties of particleboards manufactured from rice husk	Yonga levha	Üre formaldehit reçine	Pirinç kabuğu	-	X	-	-	-	X	X	-
Türk ve diğerleri, 2022	Farklı tane boyutuna sahip öğütülmüş atık mısır koçanının alçı esaslı Kompozitlerde değerlendirilmesi	Harç	Alçı	Mısır koçanı	X	X	X	-	X	-	X	X
Filiz ve diğerleri, 2011	Melamin, üre formaldehit tutkalı, kızılçam ve çay atıkları ile elde edilen yonga levhanın bazı teknik özelliklerinin değerlendirilmesi	Yonga levha	Melamin, üre formaldehit tutkalı	Kızılçam yongası, çay atıkları	-	-	-	X	X	X	X	-
Binici ve diğerleri, 2014b	An environmentally friendly thermal insulation material from sunflower stalk, textile waste and stubble fibres	Levha	Alçı, epoksi	Ayçiçeği sapı, pamuk ve tekstil atığı elyafı, anız	X	X	X	-	X	-	X	X
Çelik, 2003	Yerfistiği kabuğunun agrega olarak kullanım olanakları	Harç	Alçı, çimento	Yerfistiği kabuğu	X	X	X	-	X	X	-	X
Koç ve diğerleri, 2015	Kayısı çekirdeği kabukları kullanılarak yalıtım amaçlı kompozit malzeme üretilmesi	Levha	Fenol formaldehit	Kayısı çekirdeği	X	-	-	-	-	-	-	-
Binici ve diğerleri., 2015a	Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials	Levha	Epoksi, alçı, çimento	Mısır koçanı	X	X	X	-	X	-	X	X
Binici ve diğerleri, 2016	Pamuk atığı, uçucu kül ve barit ile üretilen sunta panellerin ısı, ses ve radyasyon geçirgenliği özellikleri	Harç	Çimento	Tekstil külü, pamuk atığı	X	X	X	-	X	-	X	-
Binici ve Aksoğan, 2016b	Insulation material production from onion skin and peanut shell fibres, fly ash, pumice, perlite, barite, cement and gypsum	Harç	Alçı, çimento	Soğan kabuğu, fındık kabuğu	X	X	X	-	X	X	X	X
Binici ve diğerleri, 2019	New generation and environmentFriendly bio-based thermal insulation materials	Levha	Epoksi	Fındık kabuğu, Yumurta kabuğu	X	X	-	-	-	-	X	X
Kurnaz ve Oktay, 2017	Ekolojik malzemeler kullanarak üretilen ısı yalıtım levhalarının özelliklerinin incelenmesi	Levha	Epoksi	Fındık kabuğu, ayçekirdeği kabuğu, çam kozalağı	X	-	-	-	-	-	-	-
Haberal, 2023	Using bio-materials in architectural design: exploring the upcycling potential of nutshells to be used as an elastomer material in floating floor system	Levha	Agar, jelatin	ceviz Kabuğu, balkabağı kabuğu	-	-	-	-	X	-	-	-
Demir, 2005	An investigation on the production of construction brick with processed waste tea	Tuğla	Kil	Atık çay	-	-	X	-	-	-	X	-
Akbaş ve diğerleri, 2013	Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi	Levha	Polipropilen	Fındık kabuğu	-	-	X	X	-	X	-	-
Özocak, 2021	Fındık kabuğu külünün puzolan malzeme olarak kullanılması ile üretilen betonun tarımsal	Beton	Çimento	Fındık kabuğu külü	X	X	X	-	-	-	X	X

yapılarda kullanılabilirliği												
Temiz & Olgar, 2017	Doğal ve yapay liflerden üretilen panellerin yalıtım özelliklerinin araştırılması	Levha	Alçı, çimento	Ayçiçek sapı, Mısır sapı, ekin sapı, palmye yaprağı	X	X	-	-	X	-	-	X
Binici ve diğerleri, 2014b	An environmentally friendly thermal insulation material from sunflower stalk, textile waste and stubble fibres	Levha	Epoksi, alçı, çimento	Mısır koçanı	X	X	-	-	-	-	X	X
Yaşar ve Altunok, 2023	Orman ve tarım atıklarından sürdürülebilir bitkisel lifli düşük yoğunluklu kompozit izolasyon levhası üretimi	Levha	Üre formaldehit	Çam kozalağı (karaçam, kızılçam), ayçiçeği sapı	X	X	X	X	X	X	X	-
Altuncu ve Öcal, 2021	Pamuk küspesinin sıva harcı içerisinde agrega olarak kullanılabilirliği	Harç	Çimento	Pamuk küspesi	X	X	X	-	X	-	-	-
Demir, 2019	Bazı selülozik esaslı sekonder lifsel hammaddeler katılarak üretilmiş alçı esaslı kompozitlerin teknolojik özelliklerinin araştırılması	Levha	Alçı	Pirinç sapı, atık kağıt	-	X	-	-	X	X	X	-
Binici ve diğerleri, 2015b	Atık gazete kağıdından yalıtım malzemesi üretimi	Harç	Alçı	Atık gazete kağıdı	X	-	X	-	X	-	X	X
Binici ve diğerleri, 2013	Atık kağıt ve mukavvaların yalıtım malzemesi ve radyasyon tutucu materyal olarak üretiminde kullanılması	Harç	Uçucu kül, barit	Atık kağıt, mukavva	X	-	-	-	-	-	-	X
Argunhan, 2017	Yapı elemanlarında kullanılan atık lastiklerin ısı performansının incelenmesi	Harç	Çimento	Atık lastik	X	X	X	-	-	-	-	X
Ceviz, 2008	Atık odun talaşı kullanılarak ısı yalıtımlı dış cephe kaplama elemanının geliştirilmesi	Levha	Üre formaldehit	Atık odun talaşı	X	-	X	-	-	-	X	-
Üçgül ve Turak, 2015	Tekstil katı atıklarının geri dönüşümü ve yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi	Harç	Çimento	Atık yün elyafı, atık pamuk elyafı, atık pamuk ipliği, kumaş atığı	X	X	-	-	-	-	-	-
Bahşude ve Avşaroğlu, 2023	Yalıtım malzemelerinin üretiminde yapay lif yerine tavuk tüyü ve pamuk atıklarının kullanılması	Levha	Epoksi	Tavuk tüyü, pamuk atığı	X	-	-	-	-	-	X	X
Efe, 2011	Ayçiçeği bitkisi (helianthus annuus l.) saplarının yalıtım levha üretiminde kullanılabilirliği	Levha	Melamin, üre formaldehit	Ayçiçeği sapı	X	X	X	-	X	X	X	X
Kaynak, 2022	Kenevir bitkisi atıklarının ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği	Levha	Kireç, silis dumani	Kenevir sapı	X	-	X	-	X	-	X	-
Taştan, 2015	Fındık, fıstık ve kayısı çekirdeği kabuklarından üretilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin incelenmesi	Levha	Reçine, epoksi	Fındık kabuğu, fıstık kabuğu, kayısı çekirdeği	-	X	-	-	-	X	-	-
Kıvrak, 2022	Ticari kahve atıklarının yalıtım malzemesi içinde değerlendirilebilirliğinin incelenmesi	Harç	Borlu sıva karışımı	Kahve atığı	X	X	X	-	-	-	X	-
Binici, Aksoğan, 2016a	Eco-friendly insulation material production with waste olive seeds, ground PVC and wood chips	Harç	Alçı, epoksi	Zeytin çekirdeği, talaş, öğütülmüş PVC	X	-	X	-	X	-	X	X
Yağanoğlu, 1994	Tarımsal yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma	Levha	Alçı, çimento, sönmüş kireç	Saman, sap, ot, kömür cürufu, hızar talaşı	X	X	-	-	-	-	X	-

3.1. Türkiye’de Bitkisel Atık Esaslı Isı Yalıtım Malzemesi Çalışmaları

Ulusal ölçekte yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen 35 çalışmanın arasından, ısı iletkenlik katsayısı tayini testi yapılmış ve bitkisel atık esaslı hammadde kullanılarak numune üretilmiş çalışmalar belirlenmiştir. Bu çalışmaların 16 adet olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan hem atık hammaddeleri bitkisel olan hem de ısı yalıtım amaçlı malzeme üretimi üzerine çalışan ve ısı iletkenlik testleri gerçekleştiren çalışmalar örneklem grubunda araştırmaya dahil edilmiştir.

Seçilen yayınlar, üretim şekli, malzeme tipi, atık hammadde cinsi, bağlayıcı malzeme, yoğunluk tayini ve ısı iletkenlik katsayısı tayini, atık ve üretilen ürünün yüzde oranı ölçütleriyle değerlendirilmiştir. Çalışmalarda Elde Edilen Ürünlerin Yoğunluk, Isı İletkenlik ve Atık/Ürün Oranları Çizelge 3’de toplu halde verilmiştir.

Malzeme tipi ölçütüne göre değerlendirildiğinde, seçilmiş 16 çalışmanın 6’sında üretilen malzemelerin tiplerinin harç ve 10 tanesinde levha olduğu tespit edilmiştir. Bağlayıcı malzeme açısından incelendiğinde ise harç tipindeki ısı yalıtım malzemelerinde bağlayıcı olarak alçı ve çimento kullanıldığı, levha tipi malzeme üretiminde bağlayıcı olarak sıklıkla epoksi, ardından üre-formaldehit, fenol-formaldehit olarak kompozit malzemelerle beraber alçı ve çimento kullanıldığı tespit edilmiştir.

Bitkisel atık açısından incelendiğinde ısı yalıtım malzemesi üretiminde mısır koçanı, ayçiçeği sapı, yarfıstığı kabuğu, fındık kabuğu, kayısı çekirdeği, soğan kabuğu, çam kozalağı, ekin sapı, odun talaşı, pamuk küspesi, kenevir sapı, kahve atığı, zeytin çekirdeği, saman ve sap kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışmalarda farklı tiplerde ve çeşitli atık yüzdeleriyle numuneler üretildiği görülmüştür. Her çalışmadan en iyi ısı yalıtkanlık özelliği gösteren bitkisel atık esaslı numuneler seçilmiştir. Araştırılan çalışmalarda üretilen malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, yoğunlukları ve içeriklerindeki karışım yüzdeleri, bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması amacıyla toplanmıştır.

Çizelge 3. İncelenen çalışmalarda elde edilen ürünlerin yoğunluk, ısı iletkenlik ve atık/ürün oranları (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Çalışmayı yapan	Çalışmanın başlığı	Ürün tipi	Bağlayıcı	Atık cinsi	Yoğunluk [g/cm ³]	Isı iletkenlik katsayısı [W/mK]	% Oran (Atık / Ürün)
Türk ve diğerleri, 2022	Farklı tane boyutuna sahip öğütülmüş atık mısır koçanının alçı esaslı kompozitlerde değerlendirilmesi	Harç	Alçı	Mısır koçanı	0,878	0,293	5.33
Binici ve diğerleri, 2014a	An environmentally friendly thermal insulation material from sunflower stalk, textile waste and stubble fibres	Levha	Epoksi	Ayçiçeği sapı	0,136	0,073	30+20
Çelik, 2003	Yerfıstığı kabuğunun agrega olarak kullanım olanakları	Harç	Çimento	Yerfıstığı kabuğu	1,660	0,241	9.27
			Alçı		0,860	0,384	11.67
Koç ve diğerleri, 2015	Kayısı çekirdeği kabukları kullanılarak yalıtım amaçlı kompozit malzeme üretilmesi	Levha	Fenol Formaldehit	Kayısı çekirdeği	-	0,600	-
Binici ve diğerleri, 2015a	Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials	Levha	Epoksi	Mısır koçanı	0,280	0,075	66.67
			Alçı, çimento		0,500	0,100	22.73
Binici ve Aksoğan, 2016b	Insulation material production from onion skin and peanut shell fibres, fly ash, pumice, perlite, barite, cement and gypsum	Harç	Alçı	Soğan kabuğu,	1,040	0,058	46.15
			Çimento	fıstık kabuğu	1,330	0,062	46.15
Binici ve diğerleri, 2019	New generation and environment friendly bio-based thermal insulation materials	Levha	Epoksi	Fındık kabuğu, yumurta kabuğu	1,230	0,055	15.15
Kurnaz ve Oktay, 2017	Ekolojik malzemeler kullanarak üretilen ısı yalıtım levhalarının özelliklerinin incelenmesi	Levha	Epoksi	Çam kozalağı	2,000	0,050	100.00
				Ayçekirdeği kabuğu	2,000	0,030	100.00

				Fındık kabuğu	2,000	0,045	100.00
Özocak 2021	Fındık kabuğu külünün puzolan malzeme olarak kullanılması ile üretilen betonun tarımsal yapılarda kullanılabilirliği	Beton	Çimento	Fındık kabuğu külü	-	1,160	-
Temiz ve Olgar, 2017	Doğal ve yapay liflerden üretilen panellerin yalıtım özelliklerinin araştırılması	Levha	Alçı, çimento	Ekin sapı	1,180	0,092	-
			Alçı	Ekin sapı	0,450	0,082	-
			Alçı, çimento				
Yaşar ve Altunok, 2023	Orman ve tarım atıklarından sürdürülebilir bitkisel lifli düşük yoğunluklu kompozit izolasyon levhası üretimi	Levha	Üre formaldehit	Çam kozalağı (karaçam, kızılçam)	0,410	0,036	90.09
Altuncu ve Öcal, 2021	Pamuk küspesinin sıva harcı içerisinde agrega olarak kullanılabilirliği	Harç	Çimento	Pamuk küspesi	1,751	0,365	0.87
Ceviz, 2008	Atık odun talaşı kullanılarak ısı yalıtımlı dış cephe kaplama elemanının geliştirilmesi	Levha	Üre formaldehit	Atık odun talaşı	-	0,068	42.92
Kaynak, 2022	Kenevir bitkisi atıklarının ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi	Levha	Kireç, silis dumanı	Kenevir sapı	-	0,140	70.00
Kıvrak, 2022	Ticari kahve atıklarının yalıtım malzemesi içerisinde değerlendirilebilirliğinin incelenmesi	Harç	Borlu yalıtım sıvası	Kahve atığı	0,405	0,065	30.00
Binici ve Aksoğan, 2016a	Eco-friendly insulation material production with waste olive seeds, ground PVC and wood chips	Harç	Alçı	Zeytin çekirdeği	1,150	0,096	66.67
Yağanoğlu, 1994	Tarımsal yapılarda kullanılan ısı Yalıtım Malzemelerinin ısı iletkenliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma	Levha	Çimento, kireç	saman	0,271	0,055	90.91
			Çimento, alçı	sap	0,312	0,055	93.02

3.2. Bitkisel Atık Esaslı Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması

Bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin karşılaştırılması, incelenen çalışmalarda hangi yalıtım malzemesinin teknik özellikler bakımından daha güçlü bir alternatif olduğunun tespiti için önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmalarda malzemelerin teknik özellikleri arasında bir karşılaştırma yapıldı ve üretim odaklı fizibilite çalışması yapılmak üzere yüksek performans gösteren üç BAEIYM çalışması seçilmiştir.

Seçili yayınlardan elde edilen bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri, yoğunlukları ve atık hammadde miktarlarının, üretilen madde miktarına oranları karşılaştırılmıştır. Çizelge 4. Malzemelerin ısı iletkenlik değerlerini, yoğunluklarını ve kütlece yüzde atık oranlarını göstermektedir.

Çizelge 4. Üretilen BAEIYM'nin ısı iletkenlik değerleri, yoğunlukları ve kütlece atık oranlarının karşılaştırılması (Demir ve Elmalı, 2020)

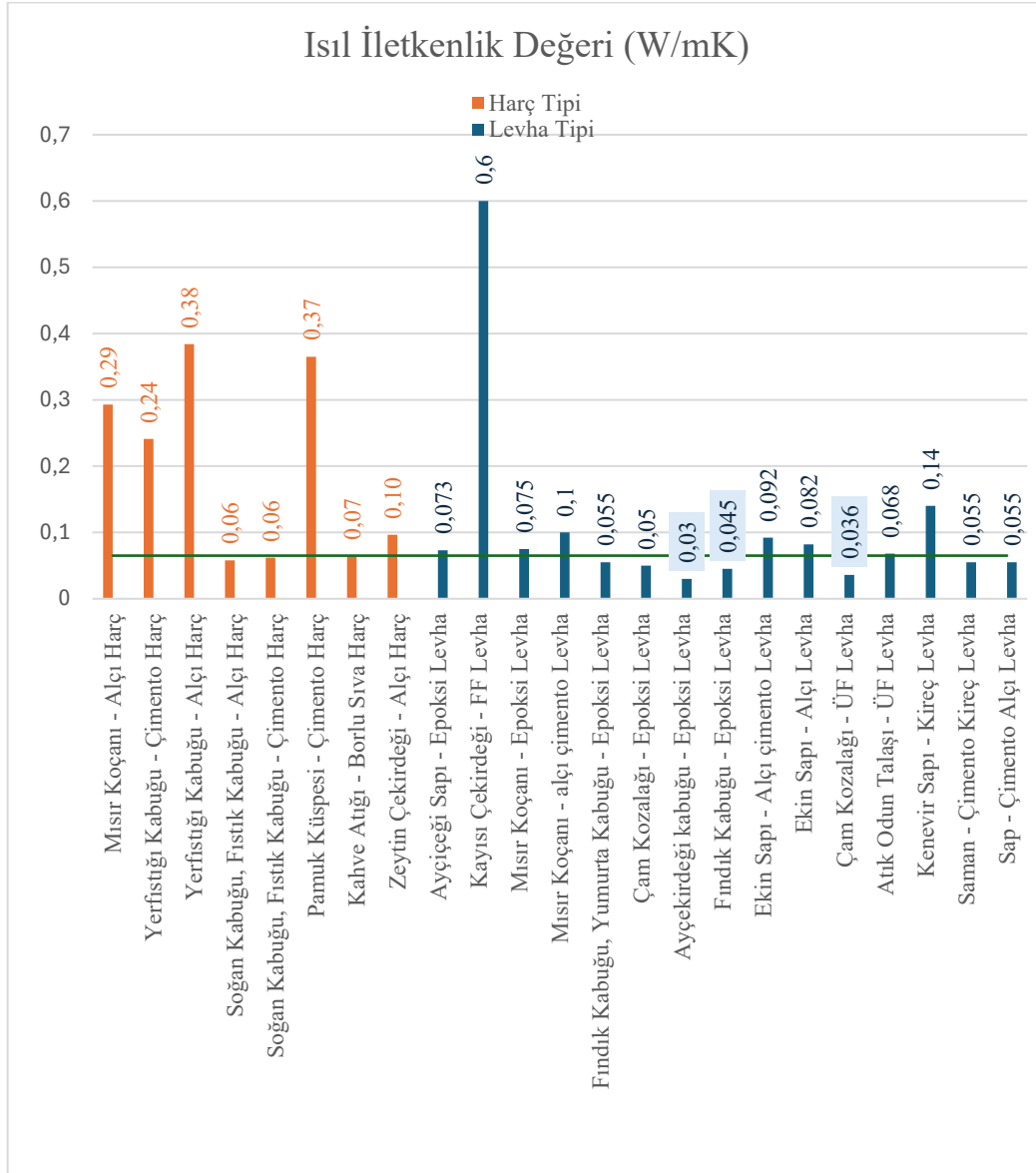
Malzeme	Isıl iletkenlik [W/mK]	Yoğunluk [g/cm ³]	Kütlece atık oranı %
Mısır koçanı, alçı	0,293	0,87	5,33
Yerfıstığı kabuğu, çimento	0,241	1,66	9,27
Yerfıstığı kabuğu, alçı	0,384	0,86	11,67
Soğan kabuğu, fıstık Kabuğu, alçı	0,058	1,04	%23 Soğan %23 Fıstık
Soğan kabuğu, fıstık kabuğu, çimento	0,062	1,33	%23 Soğan %23 Fıstık
Pamuk küspesi, çimento	0,365	1,75	0,87
Kahve atığı, borlu sıva harcı	0,065	0,40	30
Zeytin çekirdeği alçı harç	0,096	1,15	66,67
Ayçiçeği sapı, epoksi levha	0,073	0,13	%30 Ayçiçeği kökü %20 Ayçiçeği sapı
Kayısı çekirdeği, FF levha	0,600	-	-
Mısır koçanı, epoksi levha	0,075	0,28	66,67
Mısır koçanı, alçı çimento levha	0,100	0,50	22,73
Fındık kabuğu, yumurta kabuğu, epoksi levha	0,055	1,23	15,15
Çam Kozalağı, epoksi levha	0,050	2,00	66,67
Ayçekirdeği kabuğu, epoksi levha	0,030	2,00	66,67
Fındık kabuğu, epoksi levha	0,045	2,00	66,67
Ekin sapı, alçı çimento levha	0,092	1,18	-
Ekin Sapı, alçı levha	0,082	0,45	-
Çam kozalağı, ÜF levha	0,036	0,42	90,09
Atık odun talaşı, ÜF levha	0,068	-	42,92
Kenevir sapı, kireç levha	0,140	-	70
Saman, çimento kireç levha	0,055	0,27	90,91
Sap, çimento alçı levha	0,055	0,31	93,02

Sonraki aşamada meta-analizde kullanılan çalışmalardan numunelere ait ısı iletkenlik katsayısı, yoğunluk değerleri ve üretimlerinde kullanılan atıkların kütlece yüzde oranları elde edilmiştir. Çalışmalarda üretilen numunelerden 23 adet malzeme seçilmiştir. Malzemeler öncelikle kendi içinde harç ve levha tipinde olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ürün tipi açısından yapılan incelemede bu çalışmaların 8 adedinin harç tipinde 15 adedinin ise levha tipinde olduğu görülmüştür. Son ürün şekli olarak harç tipinde üretilen malzemelerin 4 adedinin alçı, üç adedinin çimento ve bir adedinin borlu sıva karışımı ile bağlandığı not edilmiştir. Levha tipinde üretilen 15 adet malzemenin ise 6 adedinin epoksi, üç adedinin alçı-çimento karışımı, bir adedinin fenol formaldehit, iki adedinin üre-formaldehit, bir adedinin alçı ve bir adedinin de kireç-çimento karışımı olmak üzere 7 farklı bağlayıcı ile üretildiği gözlemlenmiştir. Özetle, yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak alçı harcı ve epoksi levha tipinde gerçekleştirildiği ortaya konulmuştur.

Malzemelerde kullanılan bitkisel atık hammadde türleri incelenmiş, 23 adet seçili malzemenin 5 adedinde bitkisel sap atığı, üç adedinde mısır koçanı, 4 adedinde fıstık kabuğu, iki adedinde çam kozalağı, iki adedinde ayçiçeği atığı kullanıldığı belirlenmiştir. Kahve atığı, zeytin çekirdeği, kayısı çekirdeği, odun talaşı, pamuk küspesi gibi atıkların ise birer çalışmada kullanıldığı not edilmiştir. Bitkisel atıkların çalışmalarda farklı dane büyüklüklerinde öğütülerek ve bağlayıcılar ile karıştırılarak kullanılmış, kalıplanmış ve kurutulmuş olduğu bulunmuştur.

BAEIYM teknik özelliklerinin incelenmesine ilk olarak malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları incelenerek başlanmıştır. Çalışılan numunelerin ısı iletkenlik değerlerinin 0,600 W/mK ile 0,030 W/mK arasında bulunduğu görülmüştür. TSEN Standartları'nda ısı iletkenlik değeri 0,065 W/mK'nin altında olan malzemelerin ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlandığı dikkate alınarak bu değer bir limit olarak belirtilmiş ve bundan düşük değerlere sahip olan numuneler incelenmiştir. 4 adedi harç tipinde ve bir adedi levha tipinde olmak üzere 5 malzemenin bu değer üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Malzeme tipi olarak gruplar incelendiğinde levha tipindeki malzemelerin ısı yalıtım özelliklerinin daha üstün

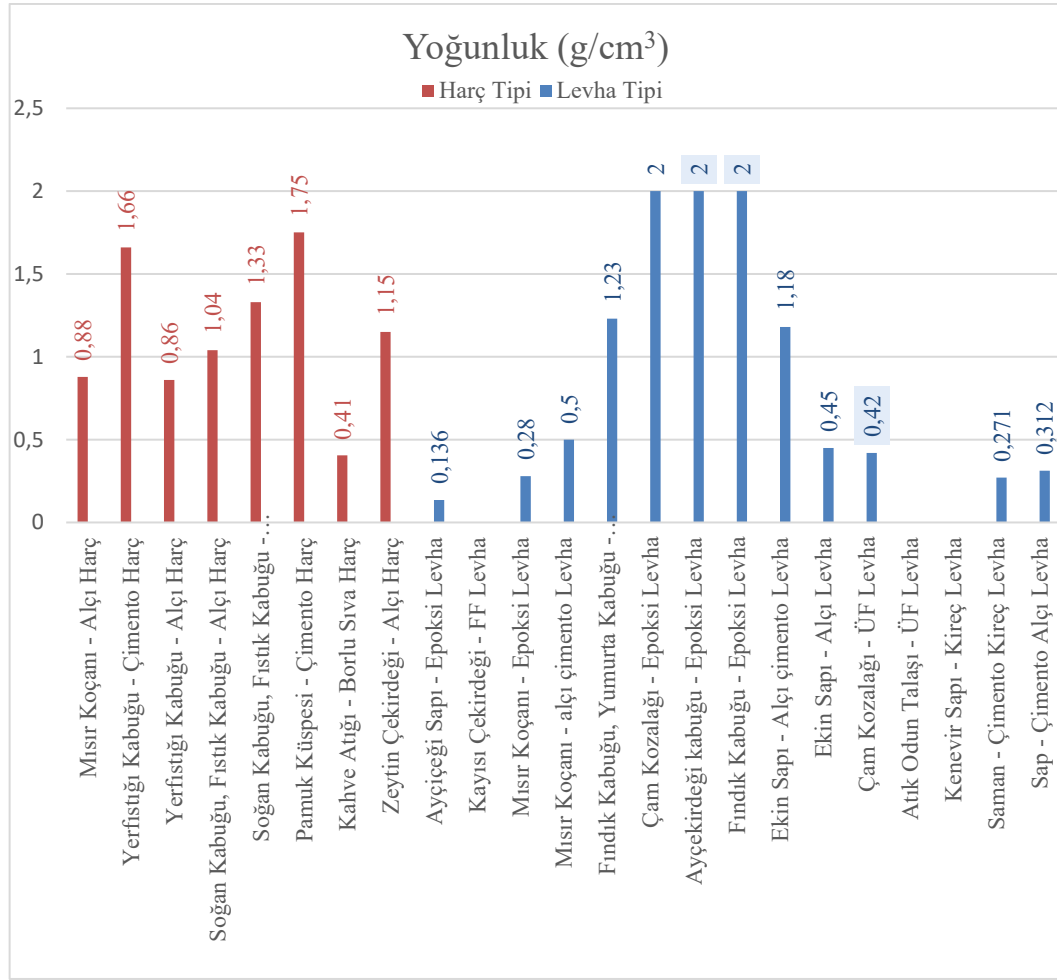
olduğu gözlemlenmiştir. En düşük değere sahip olan ay çekirdeği kabuğu katkılı epoksi esaslı levha malzemenin 0,030 W/mK ile en iyi yalıtım performansını sergilediği görülmüştür. Onu 0,036 W/mK değeri ile çam kozalağı ve ÜF karışımı levha malzeme ve 0,045 W/mK ile fındık kabuğu esaslı epoksi bağlayıcılı levha malzemenin takip ettiği görülmüştür. Ürünlerin ısı iletkenlik değerleri Şekil 2’de toplu halde görülmektedir.



Şekil 2. BAEIYM’nin ısı iletkenlik değerleri [W/mK] (Demir ve Elmalı, 2020)

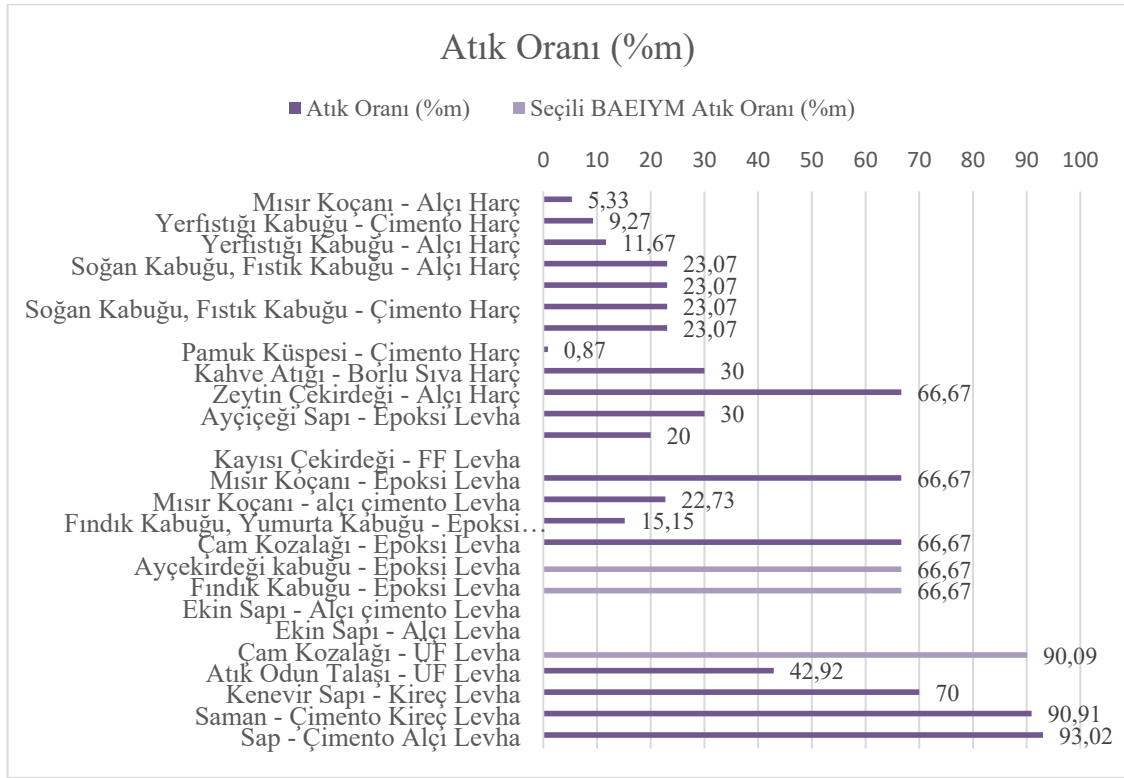
Düşük birim hacim ağırlıklı malzemelerin fiziksel etkilere karşı daha dayanıksız olacağı ve çözünme, fiziksel olarak ayrışma gibi sorunlarla karşılaşabileceği, buna karşın, yüksek yoğunluğa sahip malzemelerin ise yapının statik yükünü artırabileceği, kullanıldığı yapı bileşeninde hava geçişini zorlaştırabileceği ve geçirimsizlik sorunlarına bağlı küf oluşumuna maruz kalabileceği bilinmektedir. Bu noktada malzemelerin yoğunluklarına dikkat etmek önemlidir. Yoğunluk açısından yapılan değerlendirmelerde, seçili BAEIYM’nin yoğunluklarının 0,136 g/cm³ ile 2,00 g/cm³ arasında değiştiği görülmüştür. Üç numunede yoğunluk tayini testlerinin yapılmadığı tespit edilmiştir. 0,136 g/cm³ ile en düşük yoğunluğa sahip olan ayçiçeği sapı esaslı epoksi bazlı levhanın düşük yoğunluklu yapısı sayesinde geçiriminin fazla olacağı öngörülmüştür. Bunun aksine çam kozalağı-epoksi karışımli levha ile ay çekirdeği kabuğu-epoksi karışımli levha ve fındık kabuğu-epoksi karışımli levhaların yoğunluklarının 2,00 g/cm³ olduğu belirlenmiştir. Yüksek yoğunluklu bu malzemelerin yoğunluklarının sebebi bağlayıcı olarak kullanılan epoksi malzemesi olarak değerlendirilmiştir. Harç tipindeki malzemelerin yoğunluklarının ağırlıklı olarak 1 g/cm³ civarında olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın levha tipindeki malzemelerde yoğunluğun çok farklı değerlerde olduğu, bunun nedeninin de

kullanılan bağlayıcının türü ve oranına bağlı olduğu öngörülmüştür. Şekil 3’de ürünlerin yoğunlukları toplu halde verilmiştir.



Şekil 3. BAEIYM’nin yoğunlukları [g/cm³] (Demir & Elmalı 2020)

Bir diğer önemli parametre olan atık oranı yüzdesi, bitkisel atık esaslı ısı yalıtım üretiminde tarımsal atıkların ne kadar etkin bir şekilde değerlendirildiğini gösterdiği için seçilmiştir. BAEIYM’deki yüksek atık hammadde oranı, atık geri dönüşümünün verimli bir şekilde gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Seçilmiş çalışmalarda atık hammaddelerin yalıtım malzemeleri içinde bulunma yüzdelerinin kütlece %1 ile %93 arasında olduğu görülmüştür. Çimento alçı karışimli sap bazlı levhanın, %93 oranı ile en yüksek atık kullanımına sahip malzeme olarak öne çıktığı ve bu durumun, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Buna karşın, pamuk küspesi esaslı çimento harcın yalnızca % 1 atık oranı ile bu konuda en düşük performansı sergilediği görülmüştür. Çalışmada kullanılan malzemelerin atık oranının ağırlıklı olarak %20 ve %70 civarında bulunduğu saptanmıştır. Ürünlerin atık oranları Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. BAEIYM içinde bulunan atıkların karışıma kütlece oranı [%] (Demir & Elmalı, 2020)

Bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılmasında;

- Isıl iletkenlik katsayısı bakımından değerlendirildiğinde, çam kozalağı ÜF levha, ay çekirdeğı kabuğu epoksi levha ve fındık kabuğu epoksi levha olarak 3 malzemenin iyi ısı yalıtım performansı gösterdiği,
- Bitki esaslı atıklar ile deneysel olarak elde edilen malzemelerin ise çimento veya alçı bazlı harç olarak ya da çeşitli organik ya da inorganik polimerik bileşenlerle yoğunluğu yüksek bir kompozit levha olarak üretildiğı, en çok tercih edilen yöntemlerin alçı harç ve epoksi levha olduğı,
- Malzeme tipiyle birlikte malzemenin birim hacim başına düşen ağırlığının da bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinde kullanılan bağlayıcının tipine ve atık hammaddesinin oranına göre değişiklik gösterdiği,
- Üretim yöntemi açısından bakıldığında bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel olarak farklı dane boyutlarında öğütölmüş bitki atıklarının bağlayıcı ile karıştırılarak kalıplandığını ve kurutulduğı, yüksek basınç ve sıcaklığa maruz bırakılmadığı görölmüştür.

Özetle, bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi üretimi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiş ve makalelerden derlenen malzemelerin içeriğindeki bitkisel atık miktarı, kullanılan bağlayıcı malzemeler, üretilen malzeme tipi, malzemelerin yoğunluğu ve ısı iletim katsayısı verileri değerlendirilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, düşük ısı iletkenliğine ve optimal bitkisel atık yüzdesine sahip numuneler belirlenmiştir. Bu numunelerin atık hammaddelerin sürdürülebilirliği açısından yüksek potansiyele sahip olması da göz önünde bulundurulmuştur. Sonuç olarak, ay çekirdeğı kabuğu–epoksi levha, çam kozalağı–üre-formaldehit levha ve fındık kabuğu–epoksi levha olmak üzere öne çıkan üç çalışmanın endüstriyel üretime uygunluğu belirlenmiştir.

3.3. Seçili BAEIYM Üretimi

İncelenen makalelerdeki numuneler üzerine yapılan karşılaştırmalar sonucunda yüksek potansiyeli olan üç adet ısı yalıtım malzemesi tespit edildi. Bu malzemelerin üretilebilirliği için sınır teşkil eden ölçütler;

- Atık hammaddelerin ağırlıklı üretim sezonu,
- Atık hammaddelerin ağırlıklı üretim yeri,
- Atık hammadde üretim hacimleri ve sürdürülebilirliği,

- Atık maddenin malzeme içindeki miktarı,
- Üretim yöntemi ve malzeme içeriği olarak belirlenmiştir.

Deneylerde en iyi ısı yalıtım özelliği gösteren ve polimer bağlayıcının bitkisel atık ile karıştırılarak sıkıştırılması prensibiyle üretilen;

- Ay çekirdeği kabuğu ve epoksi bağlayıcılı levha,
- Çam kozalağı ve üre-formaldehit bağlayıcılı levha,
- Fındık kabuğu ve epoksi bağlayıcılı levha yukarıdaki ölçütler bağlamında değerlendirilmiştir.

TS EN 309'da belirtildiği şekliyle yongalevha odun esaslı maddelerin ve/veya diğer selülozik lifli materyallerin bir tutkal ilavesi ile basınç ve sıcaklık altında üretilmesiyle elde edilmektedir. (TSE, 2008). Yukarıda ısı özellikleri bakımından dikkat çeken 3 malzeme üretim yöntemi açısından yonga levha üretim tekniğiyle paralellik göstermektedir. Dolayısıyla, benzer bir üretim süreci yüksek sıcaklık ve basınç altında standartlara uygun bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi üretmek için kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Çalışmalarda, karışımlarındaki atık yüzdesi ay çekirdeği ve fındık için %66 ve çam kozalağı için %90 olarak belirtilen bu malzemelerin atık hammaddelerinin sürdürülebilirliği de incelenmiştir. Çizelge 1.'de TMO'dan alınan verilere göre fındık ve ayçiçeği üretiminin yıllar içinde dalgalandığı fakat azalan bir atık hammadde üretim eğilimi göstermediği doğrulanmıştır.

Bu üç atık hammaddenin çam kozalağı, ay çekirdeği kabuğu ve fındık kabuğu olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu atıkların üretim dönemleri de araştırılmıştır. TMO (t.y.)'dan alınan bilgilere göre;

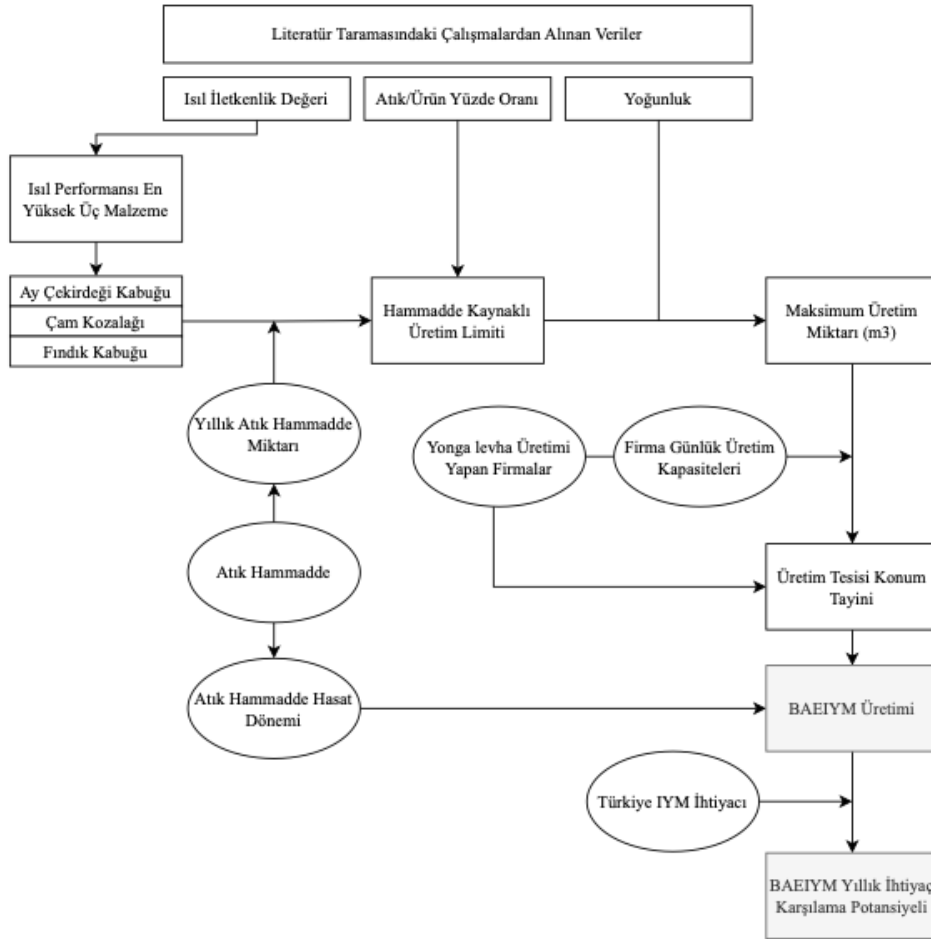
- Ay çekirdeği için üretim süreci ülkemizde nisan başı, mayıs ortasında ekilip genelde ağustos sonu ve eylül ayında hasat edildiği, yetiştirme periyodu ortalama olarak 120-130 gün sürdüğü, üretimi Trakya-Marmara Bölgesinde yoğunlaşmış olmakla birlikte İç ve Doğu Anadolu Bölgesinde de hasat yapıldığı,
- Çam kozalağının fıstıkçanı için hasadı ekim ayında başlayıp hazirana kadar devam ettiği, Türkiye'de Artvin, Trabzon, Bartın, Bursa, İzmir, Aydın, Muğla, Antalya, Kahramanmaraş illerinde doğal yayılımı bulunduğu,
- Fındık için hasat süreci ağustos başından eylül ayının ortalarına kadar sürdüğü, ülkemizde üretiminin yapıldığı alanların Artvin, Giresun, Ordu, Rize, Samsun ve Trabzon olduğu

tespit edilmiştir. Atık hammaddelerin hasat bölge ve dönemleri Çizelge 5'de görülmektedir.

Çizelge 5. Atık hammaddelerin ağırlıklı hasat bölgeleri ve dönemleri (TMO, t.y.)

Hammadde	Hasat süreci	Bölge
Ay çekirdeği	Ağustos sonu-eylül	Trakya, iç ve Doğu Anadolu Bölgeleri
Çam Kozalağı	Ekim, haziran	Artvin, Trabzon, Bartın, Bursa, İzmir, Aydın, Muğla, Antalya, Kahramanmaraş
Fındık	Ağustos başı,-eylül ortası	Artvin, Giresun, Ordu, Rize, Samsun, Trabzon

Seçili BAEIYM Üretimine ait teknik fizibilite analizi ve akış şeması oluşturmak amacıyla yonga levha tipinde üretilebilecek bu üç ürün, üretim yöntemi, hammadde üretim dönemi, hammadde ile üretilebilecek son ürün miktarı sınırı açısından değerlendirilmiştir. Türkiye'de yonga levha üretimi yapan tesislerin konumları ve kapasitelerine dair bilgiler toplanmıştır. Atık hammaddelerle üretilebilecek toplam bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi miktarı üretim tesislerinin kapasitesiyle karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda üretilen miktarın Türkiye'nin yıllık ısı yalıtım malzemesi ihtiyacına olan oranı bulunmuştur. Bu süreci gösterir akış şeması Şekil 5.'te belirtilmiştir.



Şekil 5. BAEIYM üretiminin teknik fizibilite analizi akış şeması (Demir ve Elmalı, 2020)

BAEIYM üretilebilecek ürünün maksimum hacimsel miktarını bulmak için üretime hammadde olarak girecek atığın yıllık ulusal üretim miktarı tespit edilmiştir. Ardından bunun çalışmalarda belirtilen atık hammaddenin kütleye atık/son ürün kütlesi oranına göre üretilebilecek maksimum ürün miktarı kilogram cinsinden bulunmuştur. Yine literatür taramasında elde edilen yoğunluk verileri kg/m^3 cinsinden çevrilerek, üretilebilecek maksimum ürünün hacimsel miktarı metreküp cinsinden bulunmuştur. Buna göre teorik fizibilite sonucunda m^3 birimiyle yıllık üretilebilecek BAEIYM limiti aşağıdaki gibi olup hesaplar Çizelge 6.'da görülebilir.

- Ay çekirdeği kabuğu esaslı epoksi bağlayıcılı levha yılda $263.116,84 \text{ m}^3$
- Çam kozalağı esaslı üre-formaldehit levha yılda $1.717,86 \text{ m}^3$
- Fındık kabuğu esaslı epoksi bağlayıcılı levha yılda $286.860,88 \text{ m}^3$

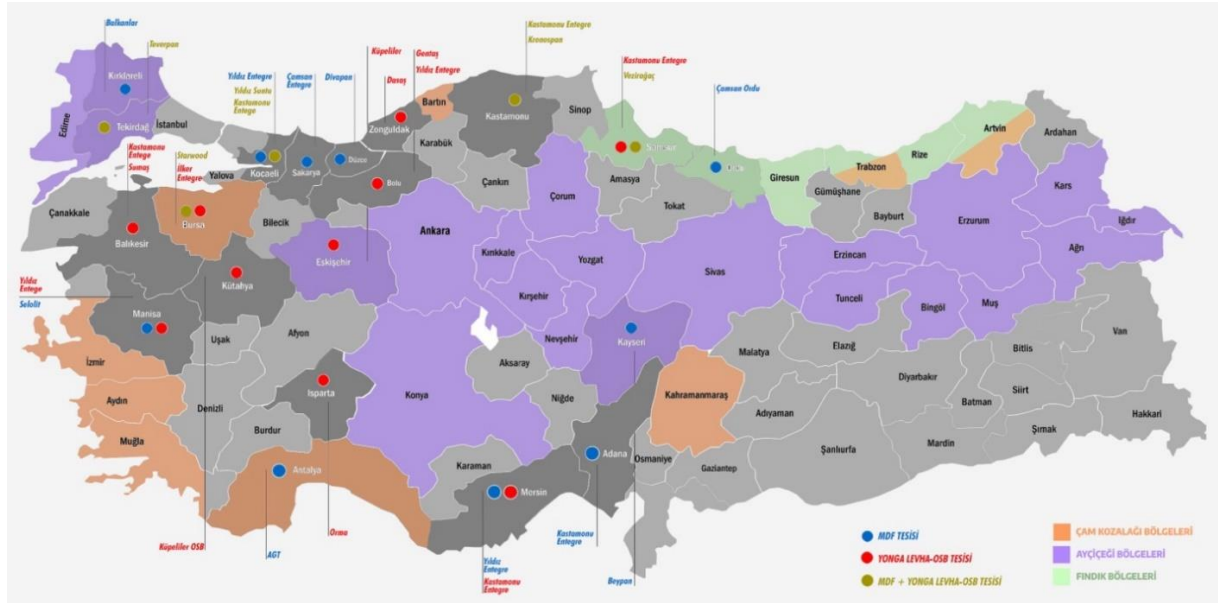
Gül ve arkadaşlarının çalışmasında, hammadde yıllık atık miktarını tespit edebilmek için çeşitli verilerden faydalanılmıştır. Ayçiçeği atığı sap, gövde, kabuk gibi farklı gruplara ayrılmıştır. Ayçiçeği çekirdeği kabuğunun ayçiçeğine oranı %17,9 olarak verilmiştir (Gül ve diğerleri, 2017). Buna göre 2023 yılı için ay çekirdeği kabuğu miktarı TMO tarafından iletilen 1.960.000 tonun %17,9'u olan 350.840 tondur. Çam kozalağı hasat miktarı hesabında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (t.y.) tarafından verilen bilgiye göre 650.000 ton çam fıstığı kozalağı hasadı gerçekleştiği görülmüştür. Fındık kabuğunun fındık üretimine oranı ise T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (t.y.) tarafından %50 olarak verilmiştir. Buna göre Çizelge 1'de verilen 765.000 tonun %50'si olan fındık kabuğu miktarının 382.500 ton olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Seçili BAEIYM ürünlerinin üretilebilecek maksimum miktarları (YOMSAD, t.y.)

Ürün	Hammadde ulusal atık miktarı {kg}	Atık/Son ürün % oranı	Üretilebilecek maks. ürün miktarı [kg]	Yoğunluk [g/cm ³]	Yoğunluk [kg/m ³]	Üretilebilecek maks. ürün miktarı [m ³]
Ay çekirdeği kabuğu, epoksi Levha	350.840.000	66,67	526.233.688	2,00	2.000	263.116,84
Çam kozalağı – ÜF levha	650.000	90,09	721.501	0,42	420	1.717,86
Fındık Kabuğu – epoksi levha	382.500.000	66,67	573.721.314	2,00	2.000	286.860,88

Malzemelerin maksimum üretim kapasitesini belirlemek amacıyla öncelikle atık hammadde tedarik sınırlarının analizi yapılmış, ardından üretimi etkileyebilecek bir diğer faktör olan üretim tesisinin kapasitesi incelenmiştir. YOMSAD'ın paylaştığı verilere göre 2020 yılındaki yonga levha üretiminde yılda 6,2 milyon m³ üretim ile dünya yonga levha üretiminin %6,5'ünü üreten Türkiye Dünya'da 6. sırada yer almaktadır (Akbulut & Ayrılmış, 2024).

Türkiye'de en yüksek üretim kapasitesine sahip yonga levha üreticilerinin sırasıyla Kastamonu, Kocaeli, Bursa ve Isparta illerinde faaliyet göstermektedir. Üretim kapasitesi en yüksek 6 firma, bu firmaların tesisleri ve 2020 yılındaki üretim hacimleri Çizelge 7' de verilmiştir. Altıncı fabrikadan itibaren üretim tesislerinin üretim kapasitesi dramatik olarak düştüğü için BAEIYM üretiminde kapasitesi en yüksek 6 tesis fizibilite analizi hesabına katılmıştır. Tesislerin üretim altyapısı ve atık hammaddelerin hasat edildiği şehirlere yakınlığı göz önünde bulundurularak bir inceleme yapılmıştır. Üretici firmaların tesislerinin harita üzerindeki yerleşimleri Şekil 6.'da sunulmuştur. İnceleme sonucunda, fındık kabuğu esaslı ısı yalıtım malzemesinin Kastamonu ve/veya Samsun'daki tesiste üretilmesi, çam kozalağı esaslı malzemenin Isparta, Manisa veya Samsun'da üretilmesi, ay çekirdeği esaslı malzemenin de Bursa, Kocaeli, Balıkesir ve Tekirdağ'daki tesislerde üretilmesi uygun görülmüştür.

**Şekil 6.** Türkiye genelinde yonga levha üretim tesisleri (YOMSAD, t.y.)

Çizelge 7. Türkiye’deki yonga levha üreticileri ve yonga levha üretim kapasiteleri (Akbulut & Ayrılmış, 2024)

Fabrika	Tesis	Yer	Kapasite [m ³ /gün]
Kastamonu Ağaç San. ve Tic. A.Ş.	A Tesis	Kastamonu	2.152
		Balıkesir	1.702
		Samsun	1.607
		Gebze, İstanbul	1.500
Yıldız Entegre Ağaç San ve Tic. A.Ş.	B Tesis	Bolu	1.164
		Manisa	1.702
Starwood Orman Ürünleri A.Ş.	C Tesis	İnegöl/Bursa	4.140
Orma Orman Mahsüller San.Tic A.Ş.	D Tesis	Isparta	2.219
Yıldız Sunta MDF A.Ş.	E Tesis	Kartepe, Kocaeli	1.702
Küpeliler A.Ş.	F Tesis	Eskişehir	1.225
Divapan A.Ş.	H Tesis	Düzce	603
Teverpan MDF Ağaç Sanayii A.Ş.	G Tesis	Çerkezköy, Tekirdağ	436

Buna göre, ürünler için üretilebilecek maksimum miktarlar seçili tesislerin günlük üretim kapasitelerine bölünerek üretim zinciri içinde kaç gün bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi üretimi yapılabileceği hesaplanmıştır. Potansiyel tesisler arasından seçim yaparken kapasitesi en yüksek tesislerden başlanmıştır. Hesaplanan süreler Çizelge 8’de belirtilmiştir. Analizde atık hammadde miktarının yıllık toplamı esas alındığından, Çizelge 7’de belirtilen hasat döneminin sona erdiği durum kapsamında;

- Ay çekirdeği kabuğu katkılı epoksi levha Bursa’daki C tesisi ve Isparta’da D tesisi, tesislerinde birlikte Ekim ayından itibaren 42 günde,
- Çam kozalağı katkılı üre-formaldehit levha Kocaeli’ndeki E tesisinde veya Manisa’daki B tesisinde Haziran-Ekim ayları arasındaki 2 günde,
- Fındık kabuğu katkılı epoksi levha ise A Tesisinin Kastamonu ve Samsun’daki üretim zincirlerinde birlikte Ekim ayından başlayarak 77 günde üretilebildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 8. BAEIYM üretim tesislerinde üretilebileceği gün sayısı ve dönemi (Demir ve Elmalı, 2020)

Ürün	Üretilebilecek maks. ürün miktarı [m ³]	Üretim tesisi	Yer	Üretim kapasitesi [m ³ /gün]	Tesis çalışma [gün]	Üretim başlangıcı
Ay çekirdeği kabuğu, epoksi levha	263.116,84	C, D	Bursa, Isparta,	4.140 + 2.219	42	Ekim
Çam Kozalağı, ÜF levha	1.717,86	E	Kocaeli	1.702	2	Haziran, ekim
Fındık kabuğu, epoksi levha	286.860,88	A	Kastamonu , Samsun	2.152 + 1.607	77	Ekim
Toplam	551.695,36					

Üretim zinciri açısından bakıldığında, yonga levha üretimi amaçlı makineler üzerinde birtakım değişiklikler yapılarak gerçekleştirilen ve az miktarda üretim yapılan bir üretim modeli olacağı için kesikli üretim yapılabileceği öngörülmüştür. Önerilen dönemlerde parti üretim sistemi uygulanarak, dönemsel olarak elde edilen bitkisel atıkların ısı yalıtım malzemesi üretiminde değerlendirilmesinin mümkün olduğu görülmüştür.

3.4. Bulguların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Dünya’da endüstriyel olarak üretilen bitkisel atık esaslı yapı malzemeleri de göz önünde bulundurularak bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin Türkiye’de kullanılabilirliği incelenmiştir. Örneğin Fransa’da yapılan bir çalışmada bitkisel esaslı yalıtım malzemelerinin Avrupa hedefleri doğrultusunda pazarda yer bulabilirliği araştırılmıştır. Ancak de bitkisel atık esaslı yalıtım malzemelerinin üretim yönteminde yüksek basınç ve sıcaklık kullanılmadığı için dayanımının da düşük olduğu düşünülmektedir. Diğer bir bitkisel atık esaslı yapı malzemesi endüstriyel üretim örneği olarak da Portekiz’de üretilen saz kamışı verilebilir (Rabbat ve diğerleri, 2021).

Ayrıca bu çalışmada atık hammaddenin miktarı ve bu miktarın devamlılığının ısı yalıtım malzemeleri üretiminde önem arz ettiği vurgulanmıştır. altı çizilmiştir. Ulusal atık potansiyeli üzerinden bir inceleme yapıldığında özellikle tarım atık potansiyelinin yüksek olduğu TMO verilerine göre yıllık yaklaşık 4,5 milyon ton ayçiçeği ve 1,6 milyon ton fındık atığı ile teyit edilmiştir. Yapılan ulusal literatür taraması sonucu elde edilmiş laboratuvar araştırmalarından görüldüğü üzere bu ürünlerden ısı yalıtım malzemesi üretiminin mümkün olduğu görülmüştür. Öncelikli olarak bu araştırmalardan seçilmiş üç adet bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi numunelerinin geleneksel ısı yalıtım malzemelerine karşı güçlü ve zayıf yönleri tartışılmıştır. Ardından, aynı üç BAEIYM'nin teknik fizibilite sonucunda hangi bölgelerde, hangi sezon ve ne miktarlarda üretilebileceği analiz edilmiştir. Bu bölümde ise BAEIYM'nin analiz edilmiş endüstriyel üretiminin Türkiye pazarında yer bulabilirliği değerlendirilmiştir.

Teknik özellikleri ve üretim potansiyelleri bakımından incelenmiş ve teknik fizibilite çalışmaları yapılmış üç bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi sektörde ağırlıklı kullanılan geleneksel ısı yalıtım malzemeleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma bitkisel atık esaslı malzemelerin pazarda geleneksel ikameleri karşısında ne kadar güçlü olabileceklerini tayin etmek üzere yapılmıştır.

Günümüzde sektörde genellikle ısı yalıtım malzemesi olarak cam yünü, taş yünü, EPS, XPS ve Poliüretan köpük kullanılmaktadır. Bu malzemelere ait yoğunluk ve ısı iletkenlik değerleri araştırma sonucu elde edilmiş seçili 3 BAEIYM ile birlikte Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Seçili BAEIYM ile geleneksel ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları ve yoğunlukları (Demir ve Elmalı, 2020)

Ürün	Isı İletkenlik Değeri [W/mK]	Yoğunluk [g/cm ³]
Ayçekirdeği kabuğu, epoksi levha	0,030	2,00
Fındık Kabuğu, epoksi levha	0,045	2,00
Çam kozalağı - ÜF levha	0,036	0,42
Cam yünü	0,040	0,10
Taş yünü	0,040	0,20
EPS	0,030	0,02
XPS	0,030	0,02
Poliüretan köpük	0,030	0,03

Yapılan karşılaştırma sonucunda bütün örnek numunelerin geleneksel olarak kullanılan ısı yalıtım malzemelerine yakın ya da eşit ısı yalıtım performansı gösterdiği doğrulanmıştır. Ay çekirdeği kabuğundan yapılan epoksi levhanın, 0,030 W/mK ısı iletkenlik değeriyle EPS, XPS ve PÜ köpük eşdeğer ve yüksek performanslı bir ısı yalıtımı sağladığı görülmüştür. Birim hacim kütlesi 2 g/cm³ olan bu malzemenin karşılaştırılan geleneksel ısı yalıtım malzemelerinin yaklaşık 100 katı yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu yüksek yoğunluk yapı malzemesinin fiziksel dayanıklılığına olumlu bir etki sunsa da yapıdaki kullanım miktarına bağlı olarak yapıya fazla bir statik yük yükleyebileceği öngörülmüştür. Çam kozalağı bazlı ÜF levhanın da 0,036 W/mK'lik ısı iletkenlik değeriyle sektörde sıklıkla kullanılan ısı yalıtım malzemelerine eşdeğerde yalıtım performansı sunduğu tespit edilmiştir. Yoğunluk açısından bakıldığında ise diğer BAEIYM'ne göre daha hafif yapısının olmasının avantaj sağlayacağı düşünülmüştür. Özetle tüm malzemeler ısı performans açısından düşük ısı iletkenlik değerleriyle dikkat çekse de epoksi esaslı malzemelerin yüksek yoğunluğu nedeniyle sorun yaratabileceği, hafif yapı ihtiyacı olan projelerde çam kozalağı esaslı malzemenin tercih edilebileceği öngörülmüştür.

Üretilen BAEIYM'nin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğine ilişkin tartışılan bir diğer kritik nokta, bu malzemelerin Türkiye'deki ısı yalıtım malzemesi ihtiyacını hangi ölçüde karşılayabileceğidir. İZODER'den (2023) alınan verilere göre, Türkiye pazarındaki ısı yalıtım malzemelerinin oranları karşılaştırıldığında, %37 ile en çok tercih edilen malzemenin EPS olduğu görülmektedir. Arkasından %24 ile cam yünü, %16 ile taş yünü ve %11 ile PÜF takip gelmekte, polietilen köpük ve polietilen kauçuk köpüğün pazar payının ise %1'den az olduğu görülmektedir. Malzemelerin yıllara göre üretim miktarları Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Türkiye ısı yalıtım pazarındaki ürünlerin çeşitliliği 2016-2022 (İZODER, 2023)

Malzeme	Yıllara göre üretim miktarı [1000 m ³]							%
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Çam yünü	3786	4022	4022	3403	3864	4152	4099	24
Taş yünü	2634	3049	3112	2190	2395	2716	2729	16
EPS	6090	6410	6216	5075	5850	6250	6600	37
XPS	1902	1973	1783	1408	1325	1527	1438	10
Poliüretan köpük	2253	2033	1876	1440	1520	1775	2000	11
Polietilen kauçuk köpük	0191	0315	0213	0152	0159	0178	0172	1
Polietilen köpük	0118	0148	0110	0120	0100	0120	0116	1
Toplam	16974	17950	17331	13789	15212	16717	17154	

Çizelge 8’de görüldüğü gibi; ay çekirdeği esaslı levhanın yıllık üretim hacmi 263.116,84 m³, çam kozalağı esaslı levhanın 1.717,86 m³ ve fındık kabuğu esaslı levhanın 286.860,88 m³’dür. Bu kapsamda, belirtilen BAEIYM’nin toplam üretim hacmi 551.695,36 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın, 2022 yılında ısı yalıtım uygulamaları için kullanılan toplam 17.154.475 m³ malzeme hacminin % 3.2’sini karşılayabildiği tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Araştırılan deneysel çalışmalar ışığında öncelikli olarak bitkisel atıkların geri dönüştürülebildiği ve hammadde olarak ısı yalıtım malzemesi üretim sürecine dahil edilebildiği görülmüştür. Çeşitli fiziksel, ısı ve mekanik malzeme özellikleri test edilen bu çalışmalarda malzemelerin öncelikli olarak ısı iletkenlik katsayısı ve birim hacim ağırlıkları açısından bir değerlendirme yapılmıştır. Buna ek olarak çalışmalarda atık ve bağlayıcı maddelerin karışım oranları kullanılarak malzemelerin kütlece atık hammadde oranlarına ulaşılmıştır.

İncelenen deneysel çalışmaların değerlendirmesi sonucunda ısı iletkenlik katsayısı en düşük üç farklı bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesi araştırılmıştır. Bunlar ayçekirdeği kabuğu esaslı epoksi levha ($\lambda = 0,030$ W/mK), fındık kabuğu esaslı epoksi levha ($\lambda = 0,045$ W/mK) ve çam kozalağı esaslı ÜF levha ($\lambda = 0,046$ W/mK) olarak seçilmiştir. Malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarının sektörde geleneksel olarak kullanılan ısı yalıtım malzemelerine yakın değerler gösterdiği ve teknik açıdan ürünlerin üretilebilirliği doğrulanmıştır. Ardından, bu malzemeler atık hammaddelerinin ağırlıklı üretim sezonu, üretim yerleri, üretim hacimleri ve sürdürülebilirliği, yalıtım malzemesi içindeki miktarı ile yalıtım malzemenin üretim yöntemi açısından değerlendirilmiştir.

Atık hammaddelerin hasat edildiği dönemler ve konumları incelenmiştir. Değerlendirme sonucunda üç atık hammaddenin üretim hacminin daha fazla olduğu, ay çekirdeği için hasat döneminin ağustos sonu ve eylül ayında, Trakya Bölgesi, İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Fındık için hasat döneminin ağustos başından eylül ortalarına kadar sürmekte olduğu ve Karadeniz Bölgesinde hasat edildiği, çam kozalağının ise ekim ile haziran arasında Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerinde çeşitli illerde hasat edildiği görülmüştür.

Bu malzemelerin endüstriyel üretim potansiyelleri tespiti için teknik fizibilite analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Üretim yöntemi bakımından yonga levhaya benzeyen bu ısı yalıtım malzemelerinin üretimi için Türkiye’deki mevcut yonga levha üretim tesisleri belirlenmiştir. Teknik fizibilite analizi doğrultusunda ay çekirdeği kabuğu katkılı epoksi levhanın Bursa ve Isparta’daki mevcut yonga levha tesislerinde ekim ayı sonrası 42 günlük üretimle, çam kozalağı katkılı üre-formaldehit levhanın Kocaeli’ndeki mevcut tesiste haziran ve ekim ayları arası 2 günde, fındık kabuğu katkılı epoksi levha ise Kastamonu ve Samsun’daki mevcut yonga levha üretim tesislerinde eş zamanlı olarak ekim ayından itibaren 77 günde üretilebildiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Türkiye’de bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin endüstriyel üretilme potansiyellerinin olduğu ve bu malzemelerin üretim yöntemlerinin standardize edilebileceği söylenebilir. Yapılan teknik fizibilite analizi doğrultusunda, standartlara uygun üretimleri yapıldığında, seçili üç bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemesinin toplam üretiminin Türkiye’nin yıllık ısı yalıtım malzemesi uygulamaları hacminin %3.2’sini karşılayabileceği görülmüştür. Pazarda yer alabilmesi

adına bitkisel atık esaslı ısı yalıtım malzemelerinin mevcut üretim zincirinde parti üretimi için aşağıdaki noktaların belirlenmesi önerilir;

- Malzemelerin mekanik dayanıklılıkları, bozulma ve çevresel etkenlere karşı dayanımları ile ilgili testler tamamlanmalıdır.
- Üretilen malzemelerin lojistiği ve depolanması ile ilgili koşullar belirlenmelidir.
- Üretimlerine ait finansal olarak karlılık çalışmaları yapılmalıdır.
- Tesislerdeki üretim bantlarının ısı yalıtım malzemeleri üretimine uygunluğu kontrol edilmelidir.
- Mevcut üretim bantlarında BAEIYM üretiminin uygun olmadığı durumlarda üretim tesislerinin kurulmasının gerekliliği ve fizibilite çalışmaları yapılmalıdır.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tüm yazarlar aynı oranda katkıda bulunmuştur. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Akbaş, S., Güleç, T., Tufan, M., Taşcıoğlu, C. & Peker, H. (2013). Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 50–56.
- Akbulut, T. & Ayrılmış, N. (2024). *Yongalevha Endüstrisi*. İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa Yayınevi. <https://doi.org/10.5152/4500>
- Altuncı, Y. T. & Öcal, C. (2021). Pamuk küspesinin sıva harcı içerisinde agrega olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(3), 558–563. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.880877>
- Argunhan, Z. (2017). Yapı elemanlarında kullanılan atık lastiklerin ısı performansının incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 8, 621–630.
- Aslan, F. B., Murtezaoğlu, K. & Melikoğlu, M. (2024). Türkiye için hayvansal atık yağlarından biyodizel üretiminin tekno-ekonomik analizi ve çevresel etkilerinin hesaplanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 39(4), 2077–2090. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1265052>
- Bahşude, E. & Avşaroğlu, G. (2023). Yalıtım Malzemelerinin Üretiminde Yapay Lif Yerine Tavuk Tüyü ve Pamuk Atıklarının Kullanılması. In Y. Boztoprak (Ed.), *Farklı Mühendislik Yaklaşımlarıyla Kompozit Malzemeler -I*. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub131.c643>
- Binici, H. & Aksoğan, O. (2016a). Eco-friendly insulation material production with waste olive seeds, ground PVC and wood chips. *Journal of Building Engineering*, 5, 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.job.2016.01.008>
- Binici, H. & Aksoğan, O. (2016b). Insulation material production from onion skin and peanut shell fibres, fly ash, pumice, perlite, barite, cement and gypsum. *Materials Today Communications*, 10, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2016.09.004>
- Binici, H., Küçükönder, A., Sevinç, A. H., Eken, M. & Tüfenk, N. (2013). Atık kâğıt ve mukavvaların yalıtım malzemesi ve radyasyon tutucu materyal olarak üretiminde kullanılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1), 21–30.
- Binici, H., Sevinç, A. H., Eken, M. & Demirhan, C. (2014a). Mısır koçanı katkılı ısı yalıtım malzemesi üretimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2), 13–26. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242831>

- Binici, H., Eken, M., Dolaz, M., Aksoğan, O. & Kara, M. (2014b). An environmentally friendly thermal insulation material from sunflower stalk, textile waste and stubble fibres. *Construction and Building Materials*, 51, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.038>
- Binici, H., Aksoğan, O. & Demirhan, C. (2015a). Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society*, 20, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.004>
- Binici, H., Sevinç, A. H., Eken, M. & Efe, V. (2015b). Atık gazete kağıdından yalıtım malzemesi üretimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 13–24. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242772>
- Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A. & Solak, H. H. (2016). Pamuk atığı, uçucu kül ve barit ile üretilen sunta panellerin ısı, ses ve radyasyon geçirgenliği özellikleri. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 16–25.
- Binici, H., Aksoğan, O. & Resatoglu, R. (2019). New generation and environment friendly bio based thermal insulation materials. *Indian Journal of Engineering*, 16, 122–134.
- Çelik, Ç. (2003). *Yerfıstığı Kabuğunun Agregası Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması* [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ceviz, A. (2008). *Atık Odun Talaşı Kullanılarak Isı Yalıtımlı Dış Cephe Kaplama Elemanının Geliştirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Demir, I. (2005). An investigation on the production of construction brick with processed waste tea. *Building and Environment*, 41(9), 1274–1278. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.004>
- Demir, İ. (2019). *Bazı Selülozik Esaslı Sekonder Lişel Hammaddeler Katılarak Üretilmiş Alçı Esaslı Kompozitlerin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Demir, İ. & Elmalı, M. (2020). Organik atıkların yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 1303–1311. <https://doi.org/10.21923/jesd.781554>
- Efe, F. T. (2011). *Ayçiçeği Bitkisi (Helianthus Annuus L.) Saplarının İzolasyon Levha Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması* [Doktora Tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Filiz, M., Usta, P. & Şahin, H. T. (2011). Melamin, üre formaldehit tutkalı, kızılçam ve çay atıkları ile elde edilen yonga levhanın bazı teknik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15–1(Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,), 88–93.
- Gül, V., Öztürk, E. & Polat, T. (2017). Yağlık ayçiçeği tanelerinin bazı karakteristik özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 81–85.
- Haberal, E. D. (2023). *Using Biomaterials In Architectural Design: Exploring The Upcycling Potential Of Nutshells To Be Used As An Elastomer Material In Floating Floor System* [Yüksek Lisans Tezi]. Başkent Üniversitesi.
- İZODER. (2023). Isı, su, ses ve yangın. *Yalıtım Dergisi*. Kasım 2023. *İZODERGi*, 154, 46.
- Kaynak, B. (2022). *Kenevir Bitkisi Atıklarının Isı Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi* [Doktora Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi.
- Kıvrak, F. (2022). *Ticari Kahve Atıklarının Yalıtım Malzemesi İçerisinde Değerlendirilebilirliğinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi.
- Koç, V., Sancar, İ., Baran, M. F. & Taştan, M. A. (2015). Kayısı çekirdeği kabukları kullanılarak yalıtım amaçlı kompozit malzeme üretilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 11(4), 309–314.

- Kurnaz, M. & Oktay, B. M. (2017). Ekolojik malzemeler kullanılarak üretilen ısı yalıtım levhalarının özelliklerinin incelenmesi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, (IJMSIT)*, c. 1, sy. 1, ss. 15–17, 2017.
- Özocak, M. (2021). *Fındık Kabuğu Külünün Puzolan Malzeme Olarak Kullanılması ile Üretilen Betonun Tarımsal Yapılarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması* [Doktora Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Rabbat, C., Awad, S., Villot, A., Rollet, D. & Andrès, Y. (2021). Sustainability of biomass-based insulation materials in buildings: Current status in France, end-of-life projections and energy recovery potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 111962. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111962>
- Şahin, F. & Kaymakçı, A. (2024). Evaluation of the mechanical and physical properties of particleboards manufactured from rice husk. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 81–85. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1356256>
- Taştan, M. A. (2015). *Fındık, Fıstık ve Kayısı Çekirdeği Kabuklarından Üretilcek Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin İncelemesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (2024). *Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası*. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi 16 Aralık 2024, <https://bepa.enerji.gov.tr/>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. (t.y.). *Fıstık Çamı Hasadı Orman Köylüsünün Yüzünü Güldürüyor*. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi 22 Aralık, 2024, <https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/fistik-cami-hasadi-orman-koylusunun-yuzunu-gulduruyor>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. (t.y.). *Fındık Hasat ve Harman Sonrası İşlemler*. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Erişim Tarihi 22 Aralık 2024, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfald=34>
- Temiz, H. & Olgar, K. (2017). Doğal ve yapay liflerden üretilen panellerin yalıtım özelliklerinin araştırılması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(2), 608–618.
- Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO). (t.y.). *Toprak Mahsülleri Ofisi Hububat Alım Tablolar*. Access date: 22 Aralık 2024, from <https://www.tmo.gov.tr/bilgi-merkezi/tablolar>
- Türk, M. S., Sevinç, A. H., Durgun, M. Y. & Uras, Y. (2022). Farklı tane boyutuna sahip öğütülmüş atık mısır koçanının alçı esaslı kompozitlerde değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 681–690. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1152749>
- Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2008). *TS EN 309: Yonga levhalar - Tanımlar ve sınıflandırma*. Türk Standardları Enstitüsü. <https://www.tse.org.tr/standard/>
- Üçgül, İ. & Turak, B. (2015). Tekstil katı atıklarının geri dönüşümü ve yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Smart Systems*, 3(3), 39–48. <https://doi.org/10.5505/apjes.2015.72691>
- Ünlü, A., Arslan, Z. F., Arslan, R. & Ceylan, F. (2023). Ülkesel ve bölgesel ölçekte Türkiye'nin bitkisel atık miktarları. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1–1, 26–37.
- Yağanoğlu, A. V. (1994). Tarımsal yapılarda kullanılan bazı ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(3), 291-310.
- Yaman, K. (2012). Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 339–348.

- Yaşar, M. & Altunok, M. (2023). Orman ve tarım atıklarından sürdürülebilir bitkisel lifli düşük yoğunluklu kompozit izolasyon levhası üretimi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(2), 699–712. <https://doi.org/10.35234/fumbd.1318101>
- YOMSAD. (t.y.). *Türkiye Çapındaki MDF Yongalevha Üretim Tesisleri*. MDF Ve Yongalevha Sanayicileri Derneği. Erişim Tarihi 22 Aralık 2024, <http://yomsad.org.tr/tesislerimiz/>
- Yüksek, İ. & Atalan, Ö. (2021). Yapıda sürdürülebilir malzeme kullanımına bir örnek: Bitkisel yapı malzemeleri. *Konuttan Kente Mimari Araştırmalar*, 85–97.

Investigation of Industrial Scale Thermal Insulation Material Production From Vegetable Wastes in Türkiye

Summary

This study aims to evaluate the industrial production potential of plant-based waste insulation materials comprehensively, considering production methods, volume, sustainability, performance and marketability. Within the scope of the study, a systematic literature review was conducted to collect and analyse data on the material properties of plant-based thermal insulation materials obtained through laboratory experiments included in academic studies conducted in Turkey. Additionally, a comparative feasibility analysis was conducted by researching the annual production quantities, geographical distribution and production-chain-based limitations of waste materials, and by comparing these with Turkey's annual thermal insulation material requirements. The study examined the potential environmental and economic benefits of using waste materials as raw materials in the construction sector.

The research was conducted by searching the EBSCO, JSTOR, ScienceDirect, Scopus, Dergipark, YÖKSİS Thesis and SpringerLink databases using the keywords 'agricultural waste', 'plant waste', 'organic waste' and 'insulation material'. As a result of this search, 47 articles, eight master's theses and four doctoral theses published between 1994 and 2023 and originating from Turkey were included in the analysis.

In the context of this study, a comprehensive review of 35 national research projects was conducted, focusing on the utilisation of waste materials in construction and their potential for industrial production. The review concentrated on studies that employed plant waste as a raw material, and the construction materials produced were subjected to various physical, thermal, and mechanical tests.

The performance characteristics of insulation materials were analysed comparatively using the test results for the thermal conductivity values of the materials in these studies. The objective of the present study was to ascertain the sustainability of waste raw materials and the industrial-scale production possibilities of waste-based thermal insulation materials. Consequently, a feasibility study on the industrial production of plant-based thermal insulation materials was conducted. The raw material sustainability, production technologies, and supply chain issues obtained as a result of the feasibility study are presented in the evaluation section.

The composition of plant waste encompasses field harvest waste, vegetable and fruit waste, husks, and seed residues. Access to national-scale production and waste data was facilitated online through the BEPA data system. The utilisation of plant waste is an indirect process that occurs within various industries, including the textile, paper, food, and construction sectors. According to data from the BEPA, the amount of plant waste in Turkey is 62,206,754 tonnes per year, with 74% consisting of field crop waste, 6% of garden crop waste, and 19% of vegetable waste.

An examination of five-year waste production quantity curves was conducted to evaluate the continuous usability of plant waste as a raw material. As demonstrated in Yaman's study, materials characterised by low production/waste ratios, yet an escalating trend in waste quantities over time, were given greater precedence in the selection of raw materials exhibiting high potential for waste-based material composition. The primary plant production by-products that can be assessed are corn, sunflower, cotton, hazelnut, grape, tomato, cucumber, and watermelon. It has been observed that the total waste quantities generated by these plants at the national level exceed 20 million tonnes. A review of the extant literature reveals that experimental studies conducted on a national scale also support this hypothesis.

The present study examined the industrial-scale producibility of thermal insulation materials produced from plant waste across Turkey. However, studies conducted with industrial waste and studies conducted with waste outside Turkey were excluded from the analysis. The present study incorporated a range of research findings that utilised both organic and industrial waste materials as

fundamental raw materials. Studies that did not meet the specified criteria, such as the type of waste materials used and the conduct of thermal tests on the produced samples, were excluded from the analysis. Non-organic waste materials used in the studies were explicitly stated and excluded from further consideration.

Following the conclusion of the screening process, a total of 35 publications were obtained, and the tests conducted on samples produced from waste materials for use as insulation materials were compared. It was observed that the research method of the selected publications was to obtain information about the samples produced through tests conducted in a laboratory environment. The samples produced in the studies were examined in two groups in terms of material type: sheet and mortar. A series of tests were conducted in order to ascertain the binder utilised in the production of building materials from waste, waste raw materials, and material properties. These tests constituted further criteria for evaluation.

As a result of the national-scale literature review, 35 studies were obtained. These studies involved the performance of thermal conductivity coefficient determination tests and the production of samples using plant-based raw materials. Following a comprehensive review of the extant literature, it was determined that there were 16 such studies. The study incorporated experimental designs that utilised plant-based waste raw materials and prioritised the fabrication of thermal insulation materials, in conjunction with conducting thermal conductivity tests.

A study of the plant waste utilised in the production of thermal insulation materials revealed the following materials to be of particular interest: corn cobs, sunflower stalks, peanut shells, walnut shells, apricot pits, onion skins, pine cones, crop stalks, wood shavings, cotton seed cake, hemp stalks, coffee waste, olive pits, straw, and stalks. The extant research demonstrates that samples were produced through the utilisation of disparate types and varying percentages of waste. The plant-based waste samples that demonstrated optimal thermal insulation properties were selected from each study. The thermal conductivity coefficients, densities, and mixture percentages of the materials produced in the studies were collated for the purpose of comparing plant-based thermal insulation materials.

The examination of the technical specifications of BAEIYM commenced with an analysis of the thermal conductivity coefficients of the materials. The thermal conductivity values of the samples under study ranged from 0.600 W/mK to 0.030 W/mK. In accordance with the stipulations set out in TSEN Standards, materials exhibiting thermal conductivity values below 0.065 W/mK are designated as thermal insulation materials. In light of this definition, the present study has been undertaken with the objective of examining samples with values below this specified limit. Following rigorous analysis, it was determined that five materials, four of which were of the mortar-type and one of which was of the sheet-type, exceeded this value. An analysis of the materials revealed that sheet-type materials exhibited superior thermal insulation properties. The material with the lowest value, fabricated from a pine cone shell-reinforced epoxy, exhibited the optimal insulation performance with a value of 0.030 W/mK. Subsequent to this, the pine cone and UF mixture sheet material was examined, exhibiting a value of 0.036 W/mK. This was followed by the walnut shell-based epoxy-bonded sheet material, which demonstrated a value of 0.045 W/mK.

It is acknowledged that materials exhibiting low unit volume weight are more prone to physical effects and may encounter issues such as dissolution and physical separation. In contrast, materials with high density have the potential to augment the static load of the structure, impede airflow within the structural component where they are utilised, and be susceptible to mould formation due to permeability concerns. At this juncture, it is imperative to pay close attention to the densities of the materials. In the course of density evaluations, it was observed that the densities of the selected BAEIYM ranged from 0.136 g/cm³ to 2.00 g/cm³. It was determined that density determination tests had not been performed on three samples. It is hypothesised that the epoxy-based sheet, which has the lowest density of 0.136 g/cm³ and is based on a sunflower stalk, will have high permeability due to its low-density structure. In contrast, the densities of the pine cone-epoxy composite panel, sunflower seed shell-epoxy composite panel, and walnut shell-epoxy composite panel were

determined to be 2.00 g/cm³. The high density of these materials is attributed to the epoxy material used as a binder. The densities of the mortar-type materials were found to be predominantly in the range of 1 g/cm³. In contrast, the densities of sheet-type materials were found to vary significantly, and it is hypothesised that this is due to the type and proportion of the binder used.

Another significant parameter, the waste percentage, was selected because it demonstrates the effectiveness with which agricultural waste is employed in the production of plant-based thermal insulation. The elevated proportion of waste raw materials utilised in BAEIYM signifies the efficacy of the waste recycling process. In a number of studies, the percentage of waste raw materials in insulation materials was found to range from 1% to 93% by mass. The cement-gypsum-based fibreboard, with a 93% ratio, was identified as the material with the highest waste utilisation, and this was found to provide a significant advantage in terms of environmental sustainability. Conversely, the cement mortar derived from cotton seed cake exhibited the poorest performance in this regard, with a mere 1% waste ratio. The waste ratio of the materials utilised in the study was predominantly determined to be between 20% and 70%.

According to data from the TMO, approximately 4.5 million tonnes of sunflower and 1.6 million tonnes of walnut waste are generated on an annual basis. As demonstrated in the laboratory studies obtained from the national literature review, it has been observed that it is possible to produce thermal insulation materials from these products. A comparative analysis of the strengths and weaknesses of three plant-based thermal insulation material samples has been conducted, with a focus on their performance in comparison to conventional thermal insulation materials. Subsequently, a technical feasibility analysis was conducted to ascertain the regions, seasons and quantities in which the production of the three BAEIYM materials could be accomplished. In this section, the market potential of the analysed industrial production of BAEIYM in the Turkish market is evaluated.

A comparative analysis has been conducted on three plant-based thermal insulation materials, which have been assessed in terms of their technical characteristics and production potential. These materials have been subjected to technical feasibility studies, and a comparison has been made with traditional thermal insulation materials that are widely utilised in the industry. The objective of this comparison was to ascertain the competitive positioning of plant-based materials in the market in relation to traditional alternatives.

The comparison confirmed that all sample specimens exhibited thermal insulation performance comparable to or equal to that of traditionally used thermal insulation materials. The epoxy sheet, fabricated from moon seed shells, was found to provide high-performance thermal insulation, with a thermal conductivity value of 0.030 W/mK, equivalent to that of EPS, XPS, and PU foam. The material, which has a unit volume mass of 2 g/cm³, was found to have approximately 100 times the density of the traditional thermal insulation materials that were compared. While this high density has been shown to positively affect the physical durability of the building material, it is anticipated that it may impose excessive static load on the structure, depending on the amount used in the structure. It has been determined that the pine cone-based PUF panel offers insulation performance equivalent to that of commonly used thermal insulation materials in the industry, with a thermal conductivity value of 0.036 W/mK. In terms of density, it is hypothesised that its comparatively lighter structure in comparison to other BAEIYM materials may provide a distinct advantage. In summary, while all materials attract attention with their low thermal conductivity values in terms of thermal performance, it is anticipated that epoxy-based materials may cause issues due to their high density, and that pine cone-based materials may be preferred in projects requiring a lightweight structure.

Another critical point discussed regarding the usability of BAEIYM as a thermal insulation material is the extent to which these materials can meet the demand for thermal insulation materials in Turkey. According to data from IZODER (2023), EPS is the most preferred thermal insulation material in the Turkish market, with a 37% market share. The following materials were identified: glass wool (24%),

rock wool (16%), and PUF (11%), while the market share of polyethylene foam and polyethylene rubber foam was found to be less than 1%.

In conclusion, it can be stated that there is potential for the industrial production of plant-based thermal insulation materials in Turkey, and that the production methods for these materials can be standardised. As indicated by the technical feasibility analysis, it has been determined that the production of the three selected plant-based waste-based thermal insulation materials, when undertaken in accordance with the established standards, has the potential to satisfy 3.2% of Turkey's annual demand for thermal insulation materials. In order for plant-based thermal insulation materials to be introduced to the market, it is recommended that the following points be determined for batch production in the current production chain:

- It is imperative that tests related to the mechanical strength, degradation, and environmental resistance of the materials are completed.
- It is imperative that conditions related to the logistics and storage of the produced materials are determined.
- It is imperative that financial feasibility studies be conducted with regard to their production.
- It is imperative to ascertain the suitability of production lines in facilities intended for the fabrication of thermal insulation materials.
- In instances where the manufacturing of BAEIYM is deemed unsuitable for existing production lines, it is imperative to undertake comprehensive feasibility studies and establish dedicated production facilities.





Community Knowledge and Perceptions of Estero el Salado, an Urban Protected Area in Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, and its Management

Christopher D. MALCOLM^{1*} , Rosa M. CHÁVEZ DAGOSTINO² 

ORCID 1: 0000-0003-2825-8815

ORCID 2: 0000-0001-9063-2957

^{*1} Department of Geography and Environment, Brandon University, Brandon, Manitoba, Canada

² Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico.

* e-mail: malcolmc@brandonu.ca

Abstract

Urban protected areas are becoming valuable tools to conserve biodiversity in an urbanizing world. Local public support for urban protected areas is important for the successful conservation of them. In Puerto Vallarta, Mexico, Estero el Salado is an estuarine urban protected area surrounded by development. We engaged in a human dimensions study of Puerto Vallartan knowledge and perceptions of Estero el Salado as a measurement of support for its existence and continued conservation efforts. While there is generally strong support for the continued conservation of Estero el Salado, it is also unknown among a large portion of the city population, and an even smaller proportion of citizens have visited it. These two variables are very important in statistically higher support for conservation and the education roles of Estero el Salado. We recommend increased awareness and education campaigns with the city to maintain the desire for its conservation into the future.

Keywords: Urban protected areas, human dimensions, protected areas management, Mexico.

Topluluk Bilgisi ve Meksika'nın Jalisco Eyaletindeki Puerto Vallarta'da Bulunan Kentsel Koruma Alanı Estero el Salado ve Yönetimine İlişkin Algıları

Öz

Kentsel korunan alanlar, kentleşen bir dünyada biyolojik çeşitliliği korumak için değerli araçlar haline gelmiştir. Kentsel korunan alanlara yerel halkın desteği, bu alanların başarılı bir şekilde korunması için önemlidir. Meksika, Puerto Vallarta'da, Estero el Salado, gelişmelerle çevrili bir haliç kentsel korunan alanıdır. Puerto Vallarta'nın Estero el Salado hakkındaki bilgi ve algılarını, varlığına ve devam eden koruma çabalarına verilen desteğin bir ölçüsü olarak insan boyutlarında bir çalışma yürütülmüştür. Estero el Salado'nun devam eden korunmasına genel olarak güçlü bir destek olsa da, şehir nüfusunun büyük bir kısmı tarafından bilinmemektedir ve daha da küçük bir oranda vatandaş burayı ziyaret etmektedir. Bu iki değişken, Estero el Salado'nun korunmasına ve eğitim rollerine yönelik istatistiksel olarak daha yüksek destekte çok önemlidir. Gelecekte korunması arzusunun sürdürmek için şehirle birlikte farkındalığın ve eğitim kampanyalarının artırılması önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kentsel korunan alanlar, insan boyutları, korunan alanların yönetimi, Meksika.

Citation: Malcolm, C. D. & Chávez Dagostino, R.M. (2025). Community knowledge and perceptions of Estero el Salado, an urban protected area in Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, and its management. *Journal of Protected Areas Research*, 4 (1), 43-56.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16731645>

1. Introduction

1.1. Purpose

A protected area is defined by the International Union for the Conservation of Nature as “a clearly defined geographical space, recognised, dedicated and managed, through legal or other effective means, to achieve the long-term conservation of nature with associated ecosystem services and cultural values” (Dudley, 2008). It is generally accepted that protected areas are effective tools to conserve biodiversity (Rodrigues et al., 2004), although there remains a wide degree of variation in effectiveness (Kearney et al., 2020). The majority of globally protected areas are rural in their geography, and the classical protected area is generally portrayed as a rural entity. However, as our global population is becoming increasingly urbanized, the concept of urban protected areas has become more popular. There is a decided difference between a traditional, rural protected area and an urban protected area, which can be found in or at the edge of urban developments (Trzyna, 2014). They are, nevertheless, important tools for both conservation and ecotourism.

In Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, there exists an urban protected area, Estero el Salado, established and governed by the *Fideicomiso para la Protección del Estero el Salado y el Desarrollo de las Areas Colindantes*, a trust of the State of Jalisco. Estero el Salado is one of the only remaining natural riverine estuary environments on the Bay of Banderas. The purpose of this project is to assess knowledge of, as well as attitudes toward, Estero el Salado and its management among Puerto Vallartans. The results provide a lens through which we can measure the importance of this urban protected area and its conservation to residents of the city.

1.2. Urban Protected Areas

As of 2024, there are 302,934 protected areas and 6,464 OECMs (Other effective area-based conservation measures) in 247 countries across the globe, covering 17.6% of the Earth’s terrestrial and inland waters, and 8.4% of its marine habitat (UNEP-WCMC and IUCN, 2024). We can theorize that urban protected areas compose a minority of these numbers, given their more recent evolution, but urban protected areas possess no formal, separate recognition from rural protected areas, and there is no global inventory of urban protected areas (Trzyna, 2014). In this paper, we are not referring to urban parklands of grass and flowerbeds, with playgrounds for children, but the IUCN definition of a protected area within or near the edge of an urban area. Thus, they are set aside to protect biodiversity, allowing visitation and recreation, along with some education opportunities. They can provide ecosystem services, such as water filtration, and protect rare species of flora and fauna, but also provide tourism revenue for the local area (Olena et al., 2020). They can be classified using the IUCN Protected Area Management Categories and Governance Types (Dudley, 2008), although this must be considered in the decidedly anthropogenic context of an urban landscape. Phillips & Gay (2001), based on existing urban natural areas at the time, and McNeeley (2001), based on Phillips and Gay’s analysis, further provide categories that may be used to specifically classify protected areas: 1) heirloom urban protected areas, 2) urban refugia, 3) urban greenbelts, and 4) designed urban natural areas (McNeeley, 2001).

Cities can harbour hotspots of biodiversity (Knapp, Kuhn & Mosbrugger, 2008), so although urban protected areas can therefore often protect biodiversity, they are distinctive to rural protected areas in five main characteristics: 1) they offer the opportunity for a natural experience to large populations of nearby people and can consequently receive a great number of diverse, daily visitors, 2) they may be more visible to urban stakeholders such as city governmental managers, education and cultural organizations, and the media, 3) by nature of their location, they are more threatened by urban development, which leads to, 4) more crime, litter, light and noise pollution; however, they can also, 5) develop an appreciation for nature conservation among urban populations (Trzyna, 2014).

Due to their proximity to anthropogenic systems, the list of differences in the previous paragraph indicates that management of urban protected areas poses challenges that rural protected areas may not. In particular, urban areas are subject to dynamic urban land use changes that may conflict with protected area goals (De Leon & Kim, 2017), and may require specific research and management

attention (Conner, 2005) to deal with such issues as encroachment of urban landscape uses (Antos et al., 2007; Trzyna, 2014), such as the construction of building infrastructure and run-off of water contaminated with oils, detergents, and other toxins associated with urban landscapes, which can lead to negative impacts such as degradation and fragmentation of floral and faunal habitats (Hamilton et al., 2013) and concomitant disturbance and changes to wildlife behaviour (Leroux & Kerr, 2013; Ehrenfeld, 2000). In addition, socio-economic valuation of environments (Warren et al., 2011) (such as urban resident knowledge, opinions, and attitudes) and city land use policy (Thorne et al., 2013) can impact the effectiveness of urban protected areas.

Social science understanding related to protected areas is plentiful but is mainly restricted to rural protected areas in developing countries (although De Leon & Kim (2017) present some information on an urban protected area), who analysed local urban stakeholders concerning land changes but did not collect attitude and perception data from residents). Through this body of research it has been found that the majority of people have positive attitudes toward protected areas globally (Allendorf, 2020) and there is a well-founded theory that the positive support of local residents is important to the success of protected areas conservation (Holmes, 2013), although Brockington (2004) argues that lack of local support should not eliminate the effectiveness of protected areas, particularly in regions of rural poverty, where resistance may be weak. Research that has investigated this dichotomy of regional residential support versus opposition to protected areas is varied. For example, Kideghesho et al. (2007) found that locals demonstrated negative attitudes towards a local protected area in Tanzania, where requirements of pasturing and watering domestic animals were perceived to be limited by the presence of the park. Human-wildlife conflicts, particularly with large mammals, both herbivore and carnivore, also contribute to negative attitudes towards local protected areas (Hemson et al., 2009; Newmark et al., 1994; Ogra, 2008), which can undermine conservation goals (De Boer & Baquete, 1998). Acquah et al. (2017) found that although adjacent residents generally had positive attitudes towards Mole National Park, Ghana, there were negative attitudes towards issues of crop damage and loss of farmland. Programs such as the Communal Areas Management Programme for Indigenous Resources (CAMPFIRE) in Africa have been implemented to deal with these issues to varying degrees of success (Gandiwa et al., 2013). On the other hand, Mavah et al. (2018) demonstrated a positive correlation between proximity to a protected area in the Republic of Congo and access to essential bushmeat resources and hypothesized that the protected area served as a reservoir of wildlife important to villagers in the region. With respect to local tourism, particularly wildlife-based tourism in developing countries, locals can sometimes benefit, in the way of employment, or be negatively affected, such as the cases in which outside companies come to dominate the activities of protected area—oriented tourism (Nepal, 1997).

Understanding the meanings people ascribe to protected areas can influence their behaviours towards, and relationships with, them (Choe et al., 2024), meaning what people think is the purpose of a local protected area may influence their attitudes to, and relationship with it. We hypothesize that, particularly in the presence of urban development goals, Puerto Vallarta residents' understanding of and attitudes toward Estero el Salado may be important in current and future support for its conservation.

1.3. Estero el Salado

Estero el Salado is a small protected estuarine area within the city of Puerto Vallarta (Figure 1). It is administered by the *Fideicomiso para la Protección del Estero el Salado y el Desarrollo de las Areas Colindantes*, in trust by the government of the State of Jalisco in order to conserve the regional mangrove ecosystem, facilitate research activities, and offer educational activities for local inhabitants and tourists (Gobierno del Estado de Jalisco, 2000). The ecological conservation zone has an area just over 168 ha, 140 ha of which is covered by three species of mangrove, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, and the dominant species, *Laguncularia racemosa* (Navarro-Rodriguez et al., 2019). A small upland area of the estuary exists at the northern end, upstream, and is composed of thorn forest, dominated by *Pithecellobium lanceolatum*, *P. dulce*, *Acacia hindsii*, and *A. micrantha*; this area is particularly threatened by human development and crops.

The Estero el Salado mangrove ecosystem is an important regional example of a natural coastal ecological zone that conserves various species of birds, mammals, reptiles, amphibians, and crustaceans, and provides significant ecosystem services. The ecosystem's health and biodiversity are currently maintained despite its location in an urbanized area, making it an important ecological "island" that provides wildlife habitat and supports ecological restoration efforts.

Despite being under urban pressure, Estero el Salado hosts a rich aquatic and terrestrial avian diversity, some of which reproduce in the estuary. Research conducted from 1996 to 1997 identified 28 species of waterbirds. These included 16 resident species, 11 winter residents, and one migratory species, highlighting the role as a feeding, resting, and nesting ground for both temporary and permanent avian populations (Cupul Magaña, 2000). These numbers were extended later to 160 water and terrestrial bird species, a diversity that surpasses that of other wetlands in the Bahía de Banderas region, highlighting the area's ecological significance (Molina et al., 2012). Habitat use of the mangrove by birds at Estero el Salado throughout the year has also been of interest, especially the endangered military macaw (*Ara militaris*) (Ornelas Carrillo et al., 2013).

There have been 29 species of mammal identified in the protected area, 69% of which are bats. Other mammals include common raccoon (*Procyon lotor*), Virginia opossum (*Didelphis virginiana*), nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*), and white-nosed coati (*Nasua narica*) (Guerrero et al., 2014). The estuary supports diverse crustacean populations, including *Macrobrachium tenellum* and the crab species *Uca latimanus* and *Cardisoma crassum* (De La Cruz-Manjarrez & Vázquez-López, 2015; Jáuregui-Velázquez & Bárcena-Gutiérrez, 2017; Molina-Ortega & Vázquez-López, 2018).

Other faunal inhabitants include 29 species of amphibians and reptiles, including the green iguana (*Iguana iguana*) and American crocodile (*Crocodylus acutus*). The crocodile is one of the most notable inhabitants of Estero el Salado, and has received regional research attention related to its biology, ecology, and habitat use (Cupul-Magaña, 2012; Nácar-Muñoz et al., 2016; Rubio-Miranda, 2018). Crocodilians are controversial species; on the one hand, the American crocodile is protected in Mexico, while at the same time, it is perceived as a threat, causing conflicts with humans (Cupul-Magaña et al., 2010). Feral fauna, primarily cats and dogs, is a conservation concern with respect to predation on native species in Estero el Salado (García-Padilla et al., 2014).



Figure 1. Location of Estero el Salado in Puerto Vallarta (van Heyst, 2025)

Estero el Salado has not been assessed an IUCN Protected Areas Management Category, but we hypothesize that it would be assessed at a Level IV, "Habitat or Species Management Area," which is characterized by management mainly for conservation through active management (Dudley, 2008), and further, an "Urban Refugia," as defined by McNeeley (2001). There is a small amount of ecotourism in the lower portion of the estuary, consisting of a boat tour partway up the estuarine river during which a guide explains about the mangroves and wildlife that is observed. The activities in the area are considered sustainable, but the cost of entry may exclude local people (Gallardo-Lara & Chávez-

Dagostino, 2019; Ortiz López et al., 2015). The Estero el Salado mangrove ecosystem provides critical ecosystem services, such as climate change mitigation, including carbon sequestration, that are also economically valued for their contribution to tourism. The willingness to pay for these services is estimated at USD 150 million annually (Figueroa et al., 2021), demonstrating the potential for implementing important conservation measures.

While the Estero el Salado mangrove ecosystem is currently thriving, it faces challenges from urbanization and climate change. The economic valuation of its ecosystem services underscores the importance of sustainable management and conservation efforts to ensure its continued ecological and economic benefits. However, this will require regional support for Estero el Salado in an urban setting where the continued development of tourism infrastructure is greatly valued.

2. Material and Methods

Questionnaires were administered anonymously throughout Puerto Vallarta by students from Centro Universitario de la Costa, in which the students asked four neighbours (one on each side of their house and two directly across the street) to participate. All students signed an oath of confidentiality with respect to any knowledge they gained while administering the surveys. Participation was limited to those 18 years of age and older. The questionnaire and its administration method were approved by the Brandon University Research Ethics Committee (Certificate #22371). A total of 325 questionnaires were obtained from 33 of the approximately 70 colonias throughout the city of Puerto Vallarta.

The questionnaire was administered in Spanish and primarily collected quantitative data in three sections: 1) demographics, 2) previous experience with Estero el Salado, 3) attitudes toward the management of Estero el Salado in the form of Likert items along a scale of “strongly disagree”, “disagree”, “neutral”, “agree”, or “strongly agree.” Quantitative items were analyzed using the Mann-Whitney U-test to assess differences between two independent groups and the Kruskal-Wallis test between three or more groups.

Lastly, we provided a qualitative, open-ended item in which respondents were invited to make voluntary comments about Estero el Salado. These responses were translated into English and examined using content analysis methods that recorded the use of key words and word repetition (Strauss & Corbin, 1998) to sort the responses into common expressions.

3. Findings and Discussion

Respondents to the questionnaire were 47.9% male and thus 52.1% female. The majority of respondents were in the 20-29 (35%), 30-39 (31.9%), and 40-49 (22.5%) age groups, and were moderately (secondary, 21.5%; preparatory, 33.3%) to highly educated (university, 35.6%). Only sixty-eight percent of the respondents indicated that they knew that Estero el Salado existed. Of those who knew about Estero el Salado (n=219), 34.2% had visited (23.1% of total, n=325). Of those that had visited (n=75), 74.3% had visited 1 to 2 times, 14.7% 3 to 4 times, and 10.7% 5 or more times. Of the participants that indicated they knew about Estero el Salado but had not visited (n=136), 54.4% responded yes, they planned to visit in the future, 38.2% stated maybe, and 7.4% indicated no, they did not plan to visit.

Of the respondents who indicated they knew about Estero el Salado (n=219), 54.8% stated they knew the purpose of the protected area. In 100% of these cases, an Active Management term was given for the question “What is the purpose of Estero el Salado?” such as “conserve” or “preserve” (Table 1). In 29% of the cases, a Geographical Active Management Target was given (Table 2), and in 61.8% of the cases, a Biological Active Management Target was given (Table 3). For example, in the response

“Protect nature,” “protect” is the Active Management term, and “nature” is a Geographical Active Management Target, while in the response “Conserve crocodiles,” “conserve” is the Active Management term, and “crocodiles” is a Biological Active Management Target. Approximately 10% only provided an Active Management term (e.g., “conserve”) without a target.

Table 1. Active management terms given for “What is the purpose of Estero el Salado?”

Action terms	n	%
Conserve/conservation	48	35.0
Preserve/preservation	43	31.6
Protect/protection	21	15.4
Take care of	18	13.2
Aware(ness)	4	2.9
Tourism	3	2.2
Environmental	2	1.5
Inform(ation)	1	0.7

Table 2. Geographical active management targets for “What is the purpose of Estero el Salado?”

Active management target: geographical	n	%
nature/natural	12	8.8
habitat	11	8.1
area(s)	5	3.7
ecosystem	3	2.2
environment	3	2.2
estuary	3	2.2
biodiversity	1	0.7
natural area	1	0.7
protected area	1	0.7

Table 3. Biological Active Management targets for “What is the purpose of Estero el Salado?”

Active management target: biological	n	%
species	38	27.9
crocodile(s)	25	18.4
animal(s)	18	13.2
fauna	17	12.5
flora	16	11.8
mangroves	8	5.9
bird(s)	6	4.4
wildlife	6	4.4
plant(s)	4	2.9
reptile(s)	4	2.9

In 33% of the cases in which a Biological Active Management Target was given, multiple targets were stated, e.g., “Preserve flora *and* fauna.”

We also asked the respondents if they knew who manages Estero el Salado. Only one person responded correctly that it is managed in trust by the State of Jalisco. Three percent of respondents answered “state government,” and 13.3% answered “government” in general, while 57.8% stated that they didn’t know.

Table 4 indicates the overall response rates for nine items regarding protection, education, and tourism at Estero el Salado.

Table 4. Overall response rates (%) for the importance of protection, education, and tourism statements at Estero el Salado.

Statement	Not at all important	Somewhat important	Important	Extremely important
How important do you think it is to preserve areas like Estero el Salado?	0.9	8.1	37.6	53.4
How important do you think Estero el Salado is for tourism in Puerto Vallarta?	3.4	21.1	48.1	27.3
How important is it to develop Estero el Salado for more tourism?	5.0	19.6	47.2	28.3
How important do you think Estero el Salado is for education?	2.5	15	43.8	38.8
How important do you think it is to have protected areas like Estero el Salado inside Puerto Vallarta?	0	8.4	30.6	60.9
How important is it to conserve crocodiles in Estero el Salado?	2.5	12.9	30.5	54.1
How important is it to understand habitat use by birds and fish in Estero el Salado?	0.6	9.0	31.2	59.2
How important is it to conserve mangrove trees in Estero el Salado?	0	5.9	28.7	65.1
How important is it to have school tours to Estero el Salado?	5.6	15.0	44.9	34.3
How important is it to have tourism tours in Estero el Salado?	4.4	23.4	28.3	34.0

Table 5 reports the response rates for the nine importance items for those respondents who reported they knew about Estero el Salado versus those that reported that they did not.

Table 5. Response rates (%) for importance of protection, education, and tourism statements at Estero el Salado for those who know about Estero el Salado (n= 218) and those who do not (n=103). Statistically significant differences are shown in bold.

Statement	Know of Estero el Salado	Not at all important	Somewhat important	Important	Extremely important	Mann-Whitney U-test, p-value
How important do you think it is to preserve areas like Estero el Salado?	Yes	0.5	5.5	32.1	61.9	0.000
	No	1.9	13.6	49.5	35	
How important do you think Estero el Salado is for tourism in Puerto Vallarta?	Yes	4.1	16.1	49.5	30.3	0.018
	No	1.9	31.1	45.6	21.4	
How important is it to develop Estero el Salado for more tourism?	Yes	6.4	16.1	46.8	30.7	0.195
	No	1.9	26.2	48.5	23.3	
How important do you think Estero el Salado is for education?	Yes	2.8	11.1	38.7	47.5	0.000
	No	2	23.5	53.9	20.6	
How important do you think it is to have protected areas like Estero el Salado inside Puerto Vallarta?	Yes	0	6.5	27.6	65.9	0.000
	No	0	11.8	37.3	51	
How important is it to conserve crocodiles in Estero el Salado?	Yes	3.7	10.7	27	58.6	0.050
	No	0	17.6	37.3	45.1	
How important is it to understand habitat use by birds and fish in Estero el Salado?	Yes	0	7.8	32.1	60.1	0.487
	No	2	10.8	29.4	57.8	

How important is it to conserve mangrove trees in Estero el Salado?	Yes	0	4.1	24.9	71	0.001
	No	0	9.7	36.9	53.4	
How important is it to have school tours to Estero el Salado?	Yes	5	14.7	44	36.2	0.367
	No	5.9	15.7	47.1	30.4	
How important is it to have tourism tours in Estero el Salado?	Yes	3.7	25.3	36.9	34.1	0.698
	No	4.9	19.4	41.7	34	

Table 6 reports the response rates for the nine importance items for those respondents who had visited Estero el Salado versus those who reported that they had not.

Table 6. Response rates (%) for the importance of protection, education, and tourism statements at Estero el Salado for those who had visited Estero el Salado (n= 218) and those who had not (n=103). Statistically significant differences are shown in bold

Statements	Visited Estero el Salado	Not at all important	Somewhat important	Important	Extremely important	Mann-Whitney U-test, p-value
How important do you think it is to preserve areas like Estero el Salado?	Yes	0	6.7	29.3	64	0.036*
	No	1.2	8.5	40.2	50	
How important do you think Estero el Salado is for tourism in Puerto Vallarta?	Yes	1.3	14.7	53.3	30.7	0.100
	No	4.1	23.2	46.3	26.4	
How important is it to develop Estero el Salado for more tourism?	Yes	4	17.3	44	34.7	0.186
	No	5.3	20.3	48	26.4	
How important do you think Estero el Salado is for education?	Yes	1.4	8.1	29.7	60.8	0.000
	No	2.9	17.1	47.8	32.2	
How important do you think it is to have protected areas like Estero el Salado inside Puerto Vallarta?	Yes	0	8	28	64	0.539
	No	0	8.6	31.6	59.8	
How important is it to conserve crocodiles in Estero el Salado?	Yes	5.5	11	24.7	58.9	0.569
	No	1.6	13.5	32	52.9	
How important is it to understand habitat use by birds and fish in Estero el Salado?	Yes	0	12	24	64	0.516
	No	0.8	8.2	33.1	58	
How important is it to conserve mangrove trees in Estero el Salado?	Yes	0	2.7	28	69.3	0.332
	No	0	6.9	28.6	64.5	
How important is it to have school tours to Estero el Salado?	Yes	6.7	12	38.7	42.7	0.168
	No	5.3	15.9	46.5	31.8	
How important is it to have tourism tours in Estero el Salado?	Yes	5.3	22.7	34.7	37.3	0.720
	No	4.1	23.7	39.2	33.1	

Table 7 lists the top five themes from the open-ended question “Do you have anything else you would like to say about Estero el Salado?” In total, there were 143 responses to this question.

Table 7. Top five themes and example comments for “Do you have anything else you would like to say about Estero el Salado?”

Theme	%
1. Need for protection of Estero el Salado	41.9
“It is an extremely important place for its wildlife”	
“We have to take care of it”	
“It is a vital area for the ecosystem of Puerto Vallarta”	
2. Importance of public awareness of Estero el Salado	13.9
“Needs more promotion”	
“It has very little publicity”	
“You have to promote more to know about the estuary”	
“Projects like this are important to educate the Vallartans”	
3. Perception of lack of care of Estero el Salado	8.1
“Lacks care, make it more attractive...”	
“It is not very well taken care of, they do not show interest”	
“To me it seems abandoned or poorly attended to”	
4. Estero el Salado is aesthetically pleasing	7.0
“It is pretty”	
“I like it very much”	
“It is very big and very pretty”	
5. Contain the crocodiles in Estero el Salado	3.5
“As long as the crocodiles do not go out”	
“That the crocodiles be enclosed to be keep the people of Puerto Vallarta safe”	

There are a number of important conclusions that we can form from these data concerning community knowledge, perceptions, and attitudes towards Estero el Salado and its management. First, knowledge of the existence Estero el Salado area is extremely important. Thirty-two percent of the respondents did not know that Estero el Salado exists in their city. Those who knew about Estero el Salado were statistically more likely to support its preservation. This is reflected in the open-ended question responses that there needs to be more knowledge and promotion of Estero el Salado. This also factors into the lack of knowledge and promotion of Estero el Salado in Puerto Vallarta. Only 54.8% of those who reported they knew about Estero el Salado stated that they also knew the purpose of the protected area. Again, this points toward a lack of knowledge about Estero el Salado on the part of Puerto Vallartans. A lack of knowledge of the protected area may lead to less support in the urban population in general, as suggested by Holmes (2013). There needs to be more public awareness efforts made on the part of the trust, *Fideicomiso para la Protección del Estero el Salado y el Desarrollo de las Areas Colindantes*, responsible for the conservation of Estero el Salado, to develop a proud feeling on the part of Puerto Vallartans for this protected area. Second, having visited Estero el Salado was also important. Only 34.2% of those who stated they knew about Estero el Salado (23.1% of all respondents) reported that they had visited Estero el Salado; these respondents also reported statistically greater support for its preservation. This low percentage in visitation may be due in part to the cost of entry, as mentioned by Gallardo-Lara & Chávez-Dagostino (2019) and Ortiz López et al. (2015).

Knowledge of, and visitation to, Estero el Salado is likely related to knowing the purpose of the protected area. We received a variety of responses to “What is the purpose of Estero el Salado?” but the answers could be grouped as follows: 100% of the participants that stated they knew the purpose of Estero el Salado responded to this question with an Action term such as “protect” or “conserve”. Approximately one-quarter of the respondents then added a Geographical Active Management Target such as “nature,” “ecosystem,” or “protected area,” while about 60% added a Biological Active Management Target such as “species,” or “crocodiles.” Therefore, more people identified the conservation purpose of Estero el Salado to be small-scale goals of a particular species, more akin to a zoo, while fewer identified the large-scale, holistic purpose of protecting an entire ecosystem as habitat for these species (i.e., with a Geographic Action Management Target). This result serves the message of Choe et al. (2024). Understanding and awareness of conservation at the biodiversity scale has been proven to

be crucial for protected areas success (Ibrahim, Assim, Johari, Mohammad. Afandi & Hassan, 2023), meaning the public needs to understand the purpose of a protected area at a broader level than a single species, such as crocodiles. Further, Scholte, van Teeffelen & Verburg (2015) found that a lack of understanding regarding ecological concepts, such as those espoused through ecosystem scale rather than species scale, can lead to challenges in environmental conservation. For example, if people think that Estero el Salado is solely for the protection of crocodiles, but they don't like crocodiles, there may be less support for the conservation of the protected area ecosystem as a whole. Given the high biodiversity and critical habitat for numerous taxa in Estero el Salado, this is an important item related to education messaging on the part of the trust, which should develop programs to educate regarding the role and purpose of protected area conservation.

Third, preservation of Estero el Salado, its habitat, and species was seen as more important than its role in education and tourism. However, the importance of education was statistically much more important to those who had visited Estero el Salado versus those who had not. It is therefore evident that knowing about and visiting Estero el Salado results in greater importance placed on the conservation, tourism, and particularly education goals of the protected area. A greater city-wide knowledge and education message about Estero el Salado within the community of Puerto Vallarta, such as in schools, or the establishment of an "Estero el Salado Celebration," including free admission for local residents, could strengthen these perceptions.

The open-ended question, "Do you have anything else to say about Estero el Salado," elicited many different responses, but there were several themes that were most common. The feeling of a need to continue to protect Estero el Salado was very strong among the respondents. This is a positive result. However, there was also a feeling that there needs to be more public awareness of Estero el Salado. We think this is also an important result as a greater knowledge and understanding of Estero el Salado within Puerto Vallarta should increase community desire for continued protection of the protected area (*sensu* Holmes, 2013; Ibrahim et al., 2023). A small percentage of respondents also indicated that they perceived the area is not well taken care of. This may be due to the view that people receive driving by: a high metal fence with mainly dirt and a few trees within. It seems unused and inaccessible to the public. One cannot see the beautiful river and mangrove forest within.

4. Conclusion and Suggestions

Upon receipt of a report of this research by the trust, a large, permanent, stonework sign is being erected at the entrance to Estero el Salado, and the parking lot, previously dirt, was laid with interlocking brick. This may help in fostering an improved knowledge about, and support for, Estero el Salado, an important, unique, and biodiverse urban protected area, surrounded and potentially threatened by continuing development of urban infrastructure such as housing, roads, and inflow of raw sewage due to a burst pipe, as happened in 2019. We also feel that some more development as a tourism destination in the city would protect it from urban threats, as it would be seen as a positive economic generator. Overall, the Estero el Salado appears to maintain ecological integrity, however, it will require continued vigilance on the part of the *Fideicomiso para la Protección del Estero el Salado y el Desarrollo de las Areas Colindantes* to keep it so into the future. It is obvious that although there is public support for its conservation, a wider understanding of the existence and purpose of Estero el Salado is warranted.

Acknowledgments and Information Note

The authors would like to thank all the participants who completed questionnaires for this project. Logistics of cooperation between the authors were made possible by the *Agreement for International Education Cooperation between Universidad De Guadalajara (Guadalajara, Mexico) and Brandon University (Brandon, Manitoba, Canada)*.

The article complies with national and international research and publication ethics, through the Brandon University Research Ethics Committee, Certificate #22371, January 4, 2019, to January 4, 2024.

Author Contribution and Conflict of Interest Disclosure Information

All authors contributed equally to the article. There is no conflict of interest.

References

- Allendorf, T. D. (2020). A global summary of local residents' attitudes toward protected areas. *Human Ecology*, 48(1), 111–118. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00135-7>
- Antos, M. J., Ehmke, G. C., Tzaros, C. L., & Weston, M. A. (2007). Unauthorised human use of an urban coastal wetland sanctuary: Current and future patterns. *Landscape and Urban Planning*, 80(1–2), 173–183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.07.005>
- Acquah, E., Rollins, R., Dearden, P., & Murray, G. (2017). Concerns and benefits of park-adjacent communities in Northern Ghana: The case of Mole National Park. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(4), 316–327. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1221480>
- Brockington, D. (2004). Community conservation, inequality and injustice: Myths of power in protected area management. *Conservation and Society*, 2(2), 411–432. Access Address (01.01.2025): <http://www.jstor.org/stable/26396635>
- Choe, Y., Schuett, M. A. & Matarrita-Cascante, D. (2024). Exploring place meanings stakeholders have about Everglades National Park. *SAGE Open*, 14(4). DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440241298867>
- Conner, N. (2005). Some benefits of protected areas for urban communities: A view from Sydney, Australia. In T. Trzyna (Ed.), *The urban imperative: Urban outreach strategies for protected area agencies* (pp. 34–43). California Institute of Public Affairs.
- Cupul Magaña, F. G. (2000). Aves acuáticas del estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco. *Huitzil: Revista Mexicana de Ornitología*, 1(1), 3–8. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2000.1.1.1>
- Cupul-Magaña, F. G. (2012). Registro de los movimientos de dos ejemplares de cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 41(2), 479–483.
- Cupul-Magaña, F. G., Rubio-Delgado, A., Reyes-Núñez, C., Torres-Campos, E. & Solís-Pecero, L. A. (2010). Ataques de cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) en Puerto Vallarta, Jalisco, México: Presentación de cinco casos. *Cuadernos de Medicina Forense*, 16(3), 153–160. DOI: <https://doi.org/10.4321/s1135-76062010000200003>
- De Boer, W. F. & Baquete, D. S. (1998). Natural resource use, crop damage, and attitudes of rural people in the vicinity of the Maputo Elephant Reserve, Mozambique. *Environmental Conservation*, 25(3), 208–218. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892998000265>
- De La Cruz-Manjarrez, C. & Vázquez-López, H. (2015). Ethological aspects of the fiddler crab *Uca latimanus* Rathbun, 1893 in the Estuary El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico. *BIOCYT: Biología Ciencia Tecnología*, 8(31), 557–569. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2015.8.76148>
- De Leon, R. C. & Kim, S. M. (2017). Stakeholder perceptions and governance challenges in urban protected area management: The case of the Las Piñas–Parañaque Critical Habitat and Ecotourism Area, Philippines. *Land Use Policy*, 63, 470–480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.011>
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Guidelines for applying protected area management categories*. IUCN.
- Stolton, S., Shadie, P., & Dudley, N. (2013). *IUCN WCPA best practice guidance on recognising protected areas and assigning management categories and governance types* (Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 21). IUCN.
- Ehrenfeld, J. G. (2000). Evaluating wetlands within an urban context. *Ecological Engineering*, 15(3–4), 253–265. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00080-X)

- Figueroa, C. M., Salazar Vargas, M. del P., & Lara Pulido, J. A. (2021). Ecosystem services valuation to build a matching funds scheme to finance adaptation to climate change in Puerto Vallarta, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(12). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09945-6>
- Gallardo-Lara, M. E. V., & Chávez-Dagostino, R. M. (2019). Perfil, expectativas y grado de satisfacción de los visitantes del estero El Salado en Puerto Vallarta, Jalisco. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 2019-07, 1-14.
- Gandiwa, E., Heitkönig, I. M. A., Lokhorst, H. H., Prins, H. H. T., & Leeuwis, C. (2013). CAMPFIRE and human-wildlife conflicts in local communities bordering northern Gonarezhou National Park, Zimbabwe. *Ecology and Society*, 18(4), Article 7. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-05817-180407>
- García-Padilla, B. F., Guerrero, S., Zalapa, S. S., & Camacho-Rodríguez, A. (2014). Fauna feral del estero El Salado. In S. Guerrero, S. H. Contreras, & J. L. Navarrete-Heredia (Eds.), *Biodiversidad del estero El Salado* (1st ed., December 2014, pp. 203-211). Universidad de Guadalajara. Access Address (01.01.2025): <https://www.researchgate.net/publication/281456006>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2000). *Decreto de Área Natural Protegida bajo la categoría de Zona de Conservación Ecológica al estero "El Salado" en el municipio de Puerto Vallarta, Jalisco*. Periódico Oficial del Estado de Jalisco, decreto del 27 de julio del 2000, No. 18431. <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Estero-El-Salado.pdf>
- Guerrero, S., Zalapa, S. S., & Camacho-Rodríguez, A. (2014). Mamíferos del estero El Salado. In S. Guerrero, J. L. Navarrete-Heredia, & S. Contreras (Eds.), *Biodiversidad del estero El Salado* (1st ed., December 2014, pp. 163-174). Universidad de Guadalajara. Access Address (01.01.2025): <https://www.researchgate.net/publication/281456006>
- Hamilton, C. M., Martinuzzi, S., Plantinga, A. J., Radeloff, V. C., Lewis, D. J., Thogmartin, W. E., Heglund, P. J., & Pidgeon, A. M. (2013). Current and future land use around a nationwide protected area network. *PLoS ONE*, 8(1), e55737. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055737>
- Hemson, G., MacLennan, S., Mills, G., Johnson, P., & MacDonald, D. (2009). Community, lions, livestock and money: A spatial and social analysis of attitudes to wildlife and the conservation value of tourism in a human-carnivore conflict in Botswana. *Biological Conservation*, 142(11), 2718-2725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.06.024>
- Holmes, G. (2013). Exploring the relationship between local support and the success of protected areas. *Conservation and Society*, 11(1), 72-82. <https://doi.org/10.4103/0972-4923.110940>
- Ibrahim, M. S. N., Assim, M. I. S. A., Johari, S., Mohammad, S. K. W., Afandi, S. H. M., & Hassan, S. (2023). Public awareness on biodiversity conservation and well-being: Case of Gunung Mulu National Park, Sarawak. *GeoJournal*, 88(3), 3471-3496. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-022-10818-x>
- Jáuregui-Velázquez, E. E., & Bárcenas-Gutiérrez, S. Q. (2017). Estructura de tallas de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae) en el estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 10(37-39), 656-671. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesi.20072082.2017.10.60054>
- Kearney, S. G., Adams, V. M., Fuller, R. A., Possingham, H. P., & Watson, J. E. M. (2020). Estimating the benefit of well-managed protected areas for threatened species conservation. *Oryx*, 54(2), 276-284. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605317001739>
- Kideghesho, J. R., Røskaft, E., & Kaltenborn, B. P. (2007). Factors influencing conservation attitudes of local people in Western Serengeti, Tanzania. *Biodiversity and Conservation*, 16(7), 2213-2230. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9132-8>

- Knapp, S., Kuhn, I., Mosbrugger, V., & Klotz, S. (2008). Do protected areas in urban and rural landscapes differ in species diversity? *Biodiversity and Conservation*, 17, 1595–1613. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9369-5>
- Leroux, S. J., & Kerr, J. T. (2013). Land development in and around protected areas at the wilderness frontier. *Conservation Biology*, 27(1), 166–176. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01953.x>
- Mavah, G. A., Funk, S. M., Child, B., Swisher, M. E., Nasi, R., & Fa, J. E. (2018). Food and livelihoods in park-adjacent communities: The case of the Odzala Kokoua National Park. *Biological Conservation*, 222, 44–51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.036>
- McNeely, J. A. (2001). Editorial – Cities and protected areas: an oxymoron or a partnership? *Parks*, 11(3), 1–3.
- Molina, D., Torres Guerrero, J., & Avelarde-Gómez, M. de la L. (2012). Riqueza de aves del Área Natural Protegida Estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología*, 13(1), 22–38. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2012.13.1.143>
- Molina-Ortega, M. G., & Vázquez-López, H. (2018). Crecimiento relativo de *Cardisoma crassum* Smith, 1870 (Decapoda: Gecarcinidae) en el estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco México. *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 11(43), 808–823.
- Nácar-Muñoz, J., León-Règagnon, V., Cifuentes-Lemus, J. L., Hernández-Hurtado, H., Hernández-Hurtado, P. & Chávez-Dagostino, R. M. (2016). *Dujardinascaris helicina* (Nematoda: Ascarididae) parásito de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.017>
- Navarro-Rodriguez, M. del C., Onzález-uevara, L. F., Macario-López, Y., Cupul-Maña, F. G., & Flores-Varas, R. (2019). Estructura del bosque de manglar en el área natural protegida estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. *BIOMA*, 5(49), 17–27. Access Address (01.01.2025): http://148.202.105.23:8991/F/GIABBEV9HLFIH2AI9AHQ4QDSDPSJP7IDLQ9KCPTGC38V4USUF-06092?func=full-set-set&set_number=415917&set_entry=000003&format=999
- Nepal, S. K. (1997). Sustainable tourism, protected areas and livelihood needs of local communities in developing countries. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 4(2), 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504509709469948>
- Newmark, W. D., Manyanza, D. N., Gamassa, D. G. M., & Sariko, H. I. (1994). The conflict between wildlife and local people living adjacent to protected areas in Tanzania: Human density as a predictor. *Conservation Biology*, 8, 249–255. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010249.x>
- Ogra, M. V. (2008). Human–wildlife conflict and gender in protected area borderlands: A case study of costs, perceptions, and vulnerabilities from Uttarakhand (Uttaranchal), India. *Geoforum*, 39(3), 1408–1422. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2007.12.004>
- Olena, H., Petro, S., & Yevhen, T. (2020). Landscape functional zoning of urban protected areas. *Environmental Research, Engineering and Management*, 76(3), 121–136. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.76.3.24258>
- Ornelas Carrillo, R., Cinta, C. C. & Bonilla Ruz, C. R. (2013). Uso de hábitat interanual de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en manglar de una zona de conservación ecológica estero El Salado, en el occidente de México. *Mesoamericana*, 17(1), 45–55. Access Address (01.01.2025): https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46137027/Uso_de_Hbitat_Interanual_de_la_Guacama ya20160601-15396-o6lfys-libre.pdf?1464800238=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUso_de_Habitat_Interanual_de_la_Guacamay.pdf&Expires=1744639396&Signature=

- Ortiz López, D. G., Maldonado-Ibarra, O. A., & Rosas Puga, R. J. (2015). Actividades de ecoturismo en zonas de manglar, la experiencia del área natural protegida Estero "El Salado" Puerto Vallarta, Jalisco. In A. Gámez, A. Palafox Muñoz, & M. Gutiérrez (Eds.), *La construcción del espacio turístico* (pp. 276–285).
- Phillips, A., & Gay, H. (2001). Nature in cities – biodiversity and protected areas in London. *Parks*, 11(3), 35–43.
- Rodrigues, A., Andelman, S., Bakarr, M., Boitani, L., Brooks, T.M., Cowling, R.M., ...& Yan, X. (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 428, 640–643. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02422>
- Rubio-Miranda, J. E. (2018). Population aspects of *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) in the Estuary El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico. *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 11(41–42), 757–769. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesi.20072082.2018.11.64003>
- Scholte, S., van Teeffelen, A. J. A., & Verburg, P. H. (2015). Integrating socio-cultural perspectives into ecosystem service valuation: A review of concepts and methods. *Ecological Economics*, 114, 67–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.007>
- Thorne, J. H., Santos, M. J., & Bjorkman, J. H. (2013). Regional assessment of urban impacts on landcover and open space finds a smart urban growth policy performs little better than business as usual. *PLoS ONE*. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065258>
- Trzyna, T. (2014). *Urban protected areas: Profiles and best practice guidelines* (Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 22). Gland, Switzerland: IUCN.
- UNEP-WCMC and IUCN. (2024). *Protected Planet Report 2024*. Cambridge, United Kingdom; Gland, Switzerland: UNEP-WCMC and IUCN. Access Address (01.01.2025): <https://digitalreport.protectedplanet.net/>
- van Heyst, W. (2025). Figure 1: Location of Estero el Salado in Puerto Vallarta.
- Warren, P. S., Ryan, R. L., Lerman, S. B., & Tooke, K. A. (2011). Social and institutional factors associated with land use and forest conservation along two urban gradients in Massachusetts. *Landscape and Urban Planning*, 102(2), 82–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.012>





Investigation of the Relationship Between Architectural Design Properties of Monumental Masjids and Energy Efficiency: The Case of Konya

Neriman Gül ÇELEBİ^{1*} , Ümit ARPACIOĞLU² 

ORCID 1: 0000-0003-0478-0449

ORCID 2: 0000-0001-8858-7499

¹ Mimar Sinan Fine Arts University, Graduate School, Department of Architecture, 34427, İstanbul, Türkiye.

² Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 34427, İstanbul, Türkiye.

* e-mail: ngcelebi@gmail.com

Abstract

Monumental religious buildings are valuable elements of cultural and architectural heritage, and documenting the architectural design properties of these buildings is of great importance. At the same time, the climate-related design properties of monumental mosques or masjids characterized by unique work plans are important in terms of providing energy-efficient comfort conditions in the interior. In this respect, this study handles monumental masjids built in Konya during the Anatolian Seljuk Period. It is aimed to create and document the inventory of monumental religious buildings and to investigate the relationship between the design properties of these buildings and energy efficiency. In the study prepared within the scope of the scientific research project (BAP), the Bulgur Tekke Masjid built during the Anatolian Seljuk Period is examined. The religious building, whose architectural design properties are determined, is modeled using the DesignBuilder simulation software and analyzed in terms of energy efficiency. The findings show that monumental religious buildings have great importance in terms of energy efficiency in line with their architectural design properties. Studies conducted in this field are limited, and this study is pioneering in this respect.

Keywords: Monumental masjids, Anatolian Seljuk Period, energy efficiency.

Anıtsal Mescitlerin Mimari Tasarım Özellikleri ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin Araştırılması: Konya Örneği

Öz

Anıtsal dini yapılar kültürel ve mimari mirasının değerli öğeleridir ve bu yapıların mimari tasarım özelliklerinin belgelenmesi büyük bir öneme sahiptir. Aynı zamanda, benzersiz çalışma planlarıyla karakterize edilen anıtsal cami veya mescitlerin iklime bağlı tasarım özellikleri iç mekanda konfor koşullarının enerji verimli bir şekilde sağlanması açısından önemlidir. Bu açıdan bu çalışmada, Konya'da Anadolu Selçuklu Döneminde inşa edilen anıtsal mescitler ele alınmaktadır. Anıtsal dini yapıların envanterinin oluşturularak belgelenmesi ve bu yapıların tasarım özellikleri ile enerji verimliliği arasındaki ilişkinin araştırılması hedeflenmektedir. Bilimsel araştırma projesi kapsamında (BAP) hazırlanan çalışmada, Anadolu Selçuklu Döneminde inşa edilen Bulgur Tekke Mescidi ele alınmaktadır. Mimari tasarım özellikleri belirlenen dini yapı DesignBuilder simülasyon programı aracılığıyla modellenerek, enerji verimliliği açısından analiz edilmektedir. Elde edilen bulgular anıtsal dini yapıların mimari tasarım özellikleri doğrultusunda enerji verimliliği açısından büyük bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar sınırlıdır ve bu açıdan bu çalışma öncü niteliktedir.

Anahtar kelimeler: Anıtsal mescitler, Anadolu Selçuklu Dönemi, enerji verimliliği.

Citation: Çelebi, N. G. & Arpacioğlu, Ü. (2025). Investigation of the relationship between architectural design properties of monumental masjids and energy efficiency: The case of Konya. *Journal of Protected Areas Research*, 4 (1), 57-63.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16731788>

1. Introduction

The urban structure is formed and constantly developed over time, but in addition to this development, it remains the same in the consciousness of the societies. Konya, one of the important examples of this situation, has great importance in terms of its location on the Silk Road in Anatolia and its place in the historical process. Konya, one of the oldest settlements in Anatolia, has been home to various civilizations (Yenice, 2012). Konya has been one of the most important Turkish-Islamic cultural and art centers of Anatolia throughout its history. The city was the capital of the Anatolian Seljuk Civilization and one of the important state centers of the Ottoman Empire, and has preserved its importance for many years. It has been an architectural center throughout history and has precious elements of cultural and architectural heritage. Mosques and masjids built during the Seljuk and Ottoman Periods provide the foundation for the urban morphology of our civilization, creating a distinctive typology through their plan, section, and facade properties. This architectural heritage needs to be protected and documented.

Mosques and masjids, which are precious elements of architectural and cultural heritage, represent the central space where people come together for their weekly and daily prayers and are considered social, educational, and cultural spaces for Muslims' activities. Mosques and masjids are characterized by having a unique intermittent working plan compared to other building types. They are used simultaneously in a specific region and time (Azmi & Kandar, 2019). In this case, the periods when the building needs to be heated and cooled affect the energy demand in line with the climatic zones (Al-Homoud et al., 2005). The mosques or masjids' climate-related design properties affect the building thermal performance and the indoor comfort conditions (Abdou et al., 2005). Therefore, the thermal comfort of mosques or masjids largely depends on the integrated and total thermal performance of the building components, such as roofs, walls, and windows, working together as a system (Al-Homoud et al., 2009). A mosque with poor thermal performance consumes more energy to provide comfort conditions. In this respect, the heating and cooling load of the mosque is quite important, especially in terms of energy efficiency.

In a study conducted to determine the factors affecting energy efficiency in mosque buildings (Azmi et al., 2021), contemporary literature on energy use in mosques was reviewed. As a result of the study, it was stated that the building envelope design (thermal design) and climatic factors are the most important factors in the energy use of mosques. In the study conducted by Al-Homoud et al., the indoor comfort conditions and the relationship between these conditions and the energy consumption levels were evaluated for three mosques located in the hot humid climate zone of Damman, Saudi Arabia. It was stated that only one of the mosques examined had a thermal insulation layer on its envelope. The two mosques without insulation reported higher energy consumption and dissatisfaction in terms of thermal comfort. As a result, the importance of integrating a thermal insulation layer was emphasized (Al-Homoud et al., 2009). Various studies show that older buildings have lower energy demands in line with their compact urban layout and the material use with thermal mass convenient for climatic conditions (Azmi et al., 2021).

This study, prepared within the scope of a scientific research project, aims to create and document the inventory of a monumental religious structure built in the Anatolian Seljuk Period in Konya, to contribute to studies on energy efficiency and monumental religious buildings, to show the value and importance of these buildings in terms of energy efficiency by analyzing the current energy demands of masjids, which are important elements of the monumental architectural heritage built centuries ago. There is not enough research in the literature on the basic design properties and energy performances of masjids. In this respect, this study is a pioneer for future studies. At the same time, it is aimed that the relationship between the design criteria and construction techniques of monumental masjids and energy efficiency will inspire and guide designers in the design of religious buildings with a sense of sacred worship.

2. Material and Method

This paper is prepared for the Scientific Research Project (BAP) scope. Among the monumental religious buildings investigated within the scope of this project, the Bulgur Tekke (13th century) Masjid, built in Konya during the Anatolian Seljuk Period, is handled in this study. Developments during the Seljuk period shaped Konya's historical architecture. The Seljuk cities' smallest unit is the neighborhood, and the neighborhood's basic unit is usually the masjids that gives its name to the neighborhood. Mosques are important social centers where Muslims come together. The construction of the palace and grand mosque during the Ottoman period developed the historical focus point of the city around an administrative and religious centre.

First of all, information about the Konya and the masjid belonging to the Anatolian Seljuk Civilization are collected in the light of the literature. The masjid is visualized with the drone, and its properties are documented with photographs. The drawings of the masjid in the electronic environment are taken from the Konya Regional Directorate of Foundations, and the drawings are colored, and the current situation based on on-site determinations and its relationship with its immediate surroundings are processed on the drawings. In line with the literature review, visuals, on-site determinations and drawings, plan section, facade, and top cover elements are explained, as well as construction techniques and material properties. The masjid's architectural design properties are documented, and the masjid is modeled in the Design-Builder simulation software. In the DesignBuilder simulation program, models specific to masjid buildings with characteristic features are developed, taking into account the worshippers, usage times, and occupancy rate. In line with the simulation results and findings, the evaluations are explained.

3. Findings and Discussion

In this section, first of all, Bulgur Tekke Masjid's architectural design properties are explained. This masjid is also analyzed in terms of energy efficiency.

3.1. Bulgur Tekke Masjid's Architectural Design Properties

The construction of the Bulgur Tekke Masjid dates back to the second half of the 13th century. The masjid was built in Konya in the Anatolian Seljuk period and was built using a masonry technique. Bulgur Tekke Masjid's form is square, and the masjid's plan layout is three spaces. The masjid's top cover property is a dome. The religious building order is attached. The masjid's height (h) is 9.80 m and the total area is 181.83 m². In Figure 1, Bulgur Tekke Masjid's front view and plan are shown.

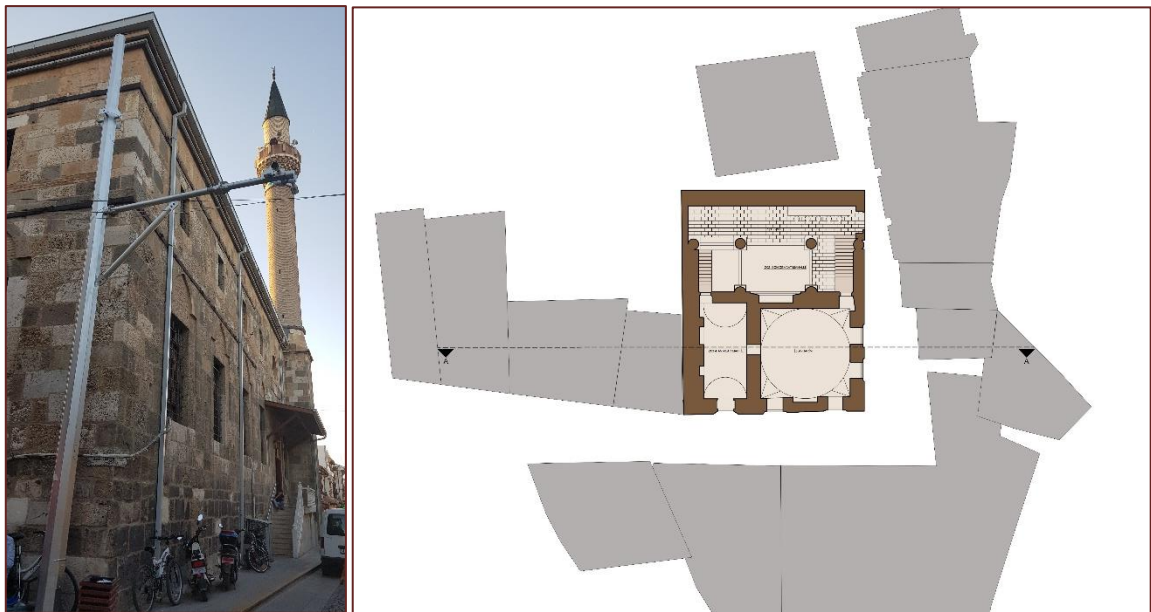


Figure 1. Bulgur Tekke Masjid front view and plan (Photograph and image by the authors, 2019)

In terms of material properties and construction techniques, stone and brick were used together in the Bulgur Tekke Masjid's walls, the mosque's wall thickness is 120 cm, and the bond technique is

masonry. The stone up to the mantel base level, and brick after this level. In terms of openings, window ratios are mixed. The Masjid has a dome, and the mosque's top cover technique is masonry. The dome's material is brick, the dome's diameter is 703 cm, and the dome's thickness is 42 cm. There are no openings on the top cover. The masjid's flooring material is wood, and the last prayer hall flooring is stone. The masjid has a minaret. In Figure 2 Bulgur Tekke Masjid's A-A Section is shown and in Figure 3 Bulgur Tekke Masjid's elevation is shown.

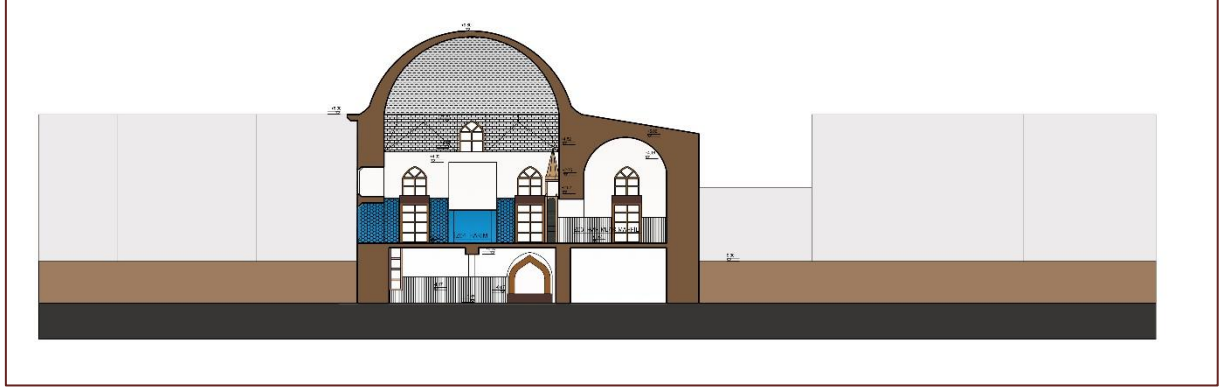


Figure 2. Bulgur Tekke Masjid's A-A section (Authors, 2019)

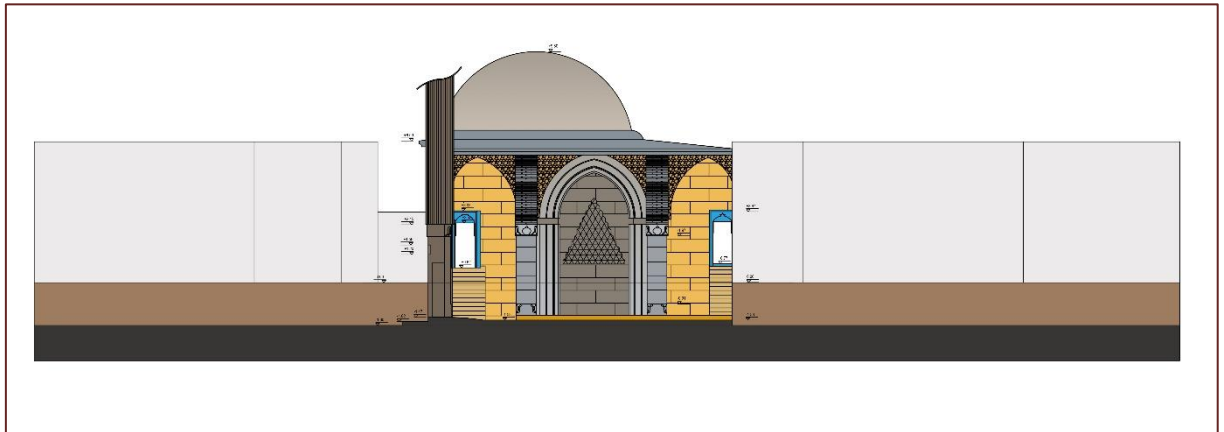


Figure 3. Bulgur Tekke Masjid's north elevation (Authors, 2019)

3.2. The Bulgur Tekke Masjid in the scope of Energy Efficiency

The Bulgur Tekke Masjid, belonging to the Anatolian Seljuk Period, is analyzed in terms of energy efficiency in light of the architectural design properties and simulation results. The masjid is modeled and analyzed using Design Builder software. Design Builder is an EnergyPlus-based simulation software tool developed to measure and control the building design performance in terms of energy, comfort, carbon, and lighting (Zhang, 2014).

Konya is located in Türkiye's temperate-dry climate zone, a climate zone where heating periods are important. Design parameters affecting the energy performance of a building are handled as the building location, the building orientation, the distance between other buildings, the building form, the building envelope's optical and thermophysical properties, solar control, and natural ventilation layout (Lechner, 2015). It can be stated that energy-efficient design parameters are also valid for a mosque and a masjid building. However, mosque buildings have elements that direct their basic designs, such as the qibla, the qibla wall, the mihrab, and the minbar, and these factors need to be evaluated. The masjid buildings' orientation, in the direction of a characteristic design property, is the qibla direction. The orientation of the Konya mosques and masjids (their qibla), which are handled within the scope of the scientific research project, is in the south direction.

The immediate surroundings of a building, the distance between other buildings, and the building order affect the solar radiation and wind factors. The Bulgur Tekke Masjid's building order is attached. This situation affects the passive benefit or protection of the building from solar and wind effects. In this respect, the building order is one of the parameters that directly affects the building energy load.

Bulgur Tekke Masjid's form is square, which is desired in the moderate dry climate region. In Table 1 Bulgur Tekke Masjid's other design properties affecting the energy loads and the heating-cooling and total energy loads per m² are shown, and energy loads are shown, and in Figure 4 Bulgur Tekke Masjid's Energy Model is shown.

Table 1. Bulgur Tekke Masjid's architectural design properties and energy loads

Masjid Name		Bulgur Tekke Masjid, 13th Century Anatolian Seljuk Period
Total Area of Masjid m ²		181.83 m ²
Masjid height (h)		9.80 m
Wall Material		Brick
Wall Thickness		120 cm
Top Cover Material		Brick
Top Cover Thickness		42 cm
Window-Wall Ratio (%)	South	8.97
	North	0.00
	East	4.94
	West	0.00
Cooling Load per m ² kWh		20.29
Heating Load per m ² kWh		114. 42
Energy Consumed per m ² (heating-cooling-lighting) kWh		141.52

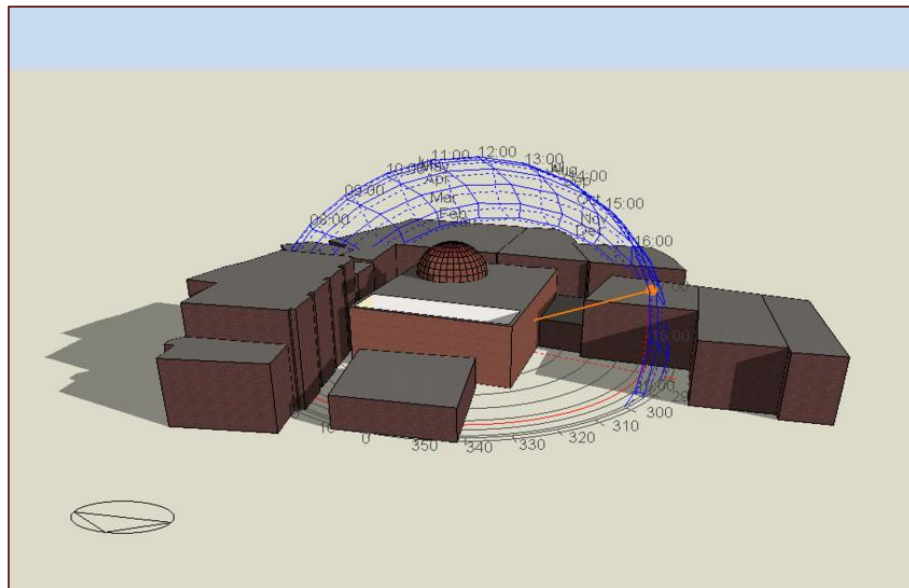


Figure 4. Bulgur Tekke Masjid's energy model (Authors, 2019)

The Bulgur Tekke Masjid's annual energy consumption per m² is 141.52 kWh, heating load per m² is 114.42 m², and cooling load per m² is 20.29 kWh. It is seen that a large part of the energy consumed is the heating load. In terms of building materials, the walls and dome materials of the masjid are bricks. Brick building materials have the qualification to contribute to the heating and cooling loads of buildings. Thermal conductivity properties of the building envelope's opaque and transparent components are important factors that can affect the energy demands of the buildings.

The thermal conductivity of the wall varies depending on the properties of the building material and the wall thickness. The type of brick material used for the Bulgur Tekke (13th Century) Masjid, the wall thickness, and the type of glass used in the openings should be considered as factors affecting the thermal conductivity of the envelope and therefore the energy demand of the building. It can be said that the building materials used for the Bulgur Tekke Masjid reduce the energy load of the building. In

this context, the envelope properties should be evaluated as a parameter affecting the energy demand of the mosque or masjid. In Figure 5 Bulgur Tekke Masjid's envelope is shown.



Figure 5. Bulgur Tekke Masjid's envelope (Photograph by the authors, 2019)

The openings in the building envelope depending on the directions directly affect the energy demand of the building in terms of solar radiation gain and beneficial effects of wind. Openings in the south direction provide direct solar radiation gain, especially openings in the north direction are of great importance to benefit from wind effects. In this respect, the opening ratios depending on the directions of Bulgur Tekke Masjid should be evaluated as a parameter affecting the energy loads of the masjid. As a result, the parameters affecting the energy load of a monumental religious building can be evaluated as building materials, especially envelope design, wall thickness, multi-directional openings, top cover properties, thermal conductivity, physical environmental properties such as building order, and characteristic properties. In addition, building volume should be handled and evaluated as an important factor.

4. Conclusion and Suggestions

This study investigates the historical and monumental religious building in Konya, one of the most important centers of Turkish-Islamic art and culture, built in the Anatolian Seljuk Period, in terms of energy efficiency. The relationship between the masjid's architectural design properties and energy efficiency is evaluated. First of all, the monumental masjid's plan, section, envelope properties, construction techniques, and material properties have been documented. The Bulgur Tekke Masjid's energy consumption is analyzed. Creating an inventory of masjids, determining their place in the historical process and current situations, and analyzing them in terms of energy efficiency are of great importance for architectural heritage.

The mosques and masjids examined within the scope of the scientific research project and the Bulgur Tekke Masjid have traditional architectural design properties and construction techniques. The use of materials with thermal mass that are traditional and appropriate for climatic conditions is a sustainable approach that will affect the energy demand of the masjid buildings. It can be said that acceptable results have been obtained in terms of energy efficiency in line with the energy loads consumed per m^2 of the Bulgur Tekke Masjid. The monumental religious buildings analyzed are energy efficient in light of today's energy demands and traditional design properties and construction techniques.

At the same time, it is stated that building volume is an important parameter for religious building types in terms of energy efficiency analyses. The Design Builder simulation software calculates the energy loads per m^2 . It has been determined that for buildings where volume is an important factor, such as monumental mosques and masjids, m^2 type analyses are inadequate, and volume-related (m^3) analysis results are necessary. As a result, positive results are obtained in terms of energy efficiency in the study. Studies in the field of monumental religious buildings and energy efficiency are limited. In

this respect, this study is pioneering and is expected to create potential research scopes for future research. At the same time, it will throw light on designers.

Acknowledgments and Information Note

This study is reproduced from the Mimar Sinan Fine Arts University Scientific Research Project (BAP) titled "Research of the Monumental Architectural Heritage in terms of Comfort Parameters and Energy Efficiency, Seljuk-Ottoman Period" coordinated by Prof. Dr. Ümit ARPACIOĞLU.

The article complies with national and international research and publication ethics. Ethics Committee approval was not required for the study.

Author Contribution and Conflict of Interest Disclosure Information

All authors contributed equally to the article. There is no conflict of interest.

References

- Abdou, A., Al-Homoud, M. & Budaiwi, I. (2005). Mosque energy performance, Part I: Energy audit and use trends based on the analysis of utility billing data. *Journal of King Abdulaziz University-Engineering Sciences*, 16(1), 155–173. DOI: <https://doi.org/10.4197/ENG.16-1.10>
- Al-Homoud, M., Abdou, A. & Budaiwi, I. (2005). Mosque energy performance, Part II: Monitoring of energy end use in a hot-humid climate. *Journal of King Abdulaziz University-Engineering Sciences*, 16(1), 175–191. DOI: <https://doi.org/10.4197/ENG.16-1.11>
- Al-Homoud, M. S., Abdou, A. A. & Budaiwi, I. M. (2009). Assessment of monitored energy use and thermal comfort conditions in mosques in hot-humid climates. *Energy and Buildings*, 41(6), 607–614. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2008.12.005>
- Azmi, N. A., Arıcı, M. & Baharun, A. (2021). A review on the factors influencing energy efficiency of mosque buildings. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126010. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126010>
- Azmi, N. A. & Kandar, M. Z. (2019). Factors contributing in the design of environmentally sustainable mosques. *Undefined*, 23, 27–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.01.024>
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Methods for Architects (fourth edition)*. John Wiley and Sons.
- Yenice, M.S. (2012). Konya kentinin planlama tarihi ve mekânsal gelişimi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(4):343-350.
- Zhang, L. (2014). Simulation analysis of built environment based on design builder software. *Applied Mechanics and Materials*, 580–583, 3134–3137. DOI: <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.580-583.3134>





A Theoretical Review on Cultural Ecosystem Services and Visitor Management in Protected Areas

Ümmühan AKYİĞİT ^{1*} , Tendü Hilal GÖKTUĞ ² 

ORCID 1: 0009-0001-9255-0354

ORCID 2: 0000-0001-7544-9943

¹ Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Landscape Architecture, Master's Programme in Landscape Architecture, 09010, Aydın, Türkiye.

² Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, 09010, Aydın, Türkiye.

* e-mail: akyigit.umm@gmail.com

Abstract

Protected areas play a crucial role not only in biodiversity conservation but also in enhancing human well-being through cultural ecosystem services (CES). CES encompass non-material benefits that arise from people's interactions with nature, including aesthetic, spiritual, recreational, educational, and social values. This article provides a theoretical overview of the evolution and classification of CES, focusing on their psychological and societal significance. Drawing on both national and international case studies, the article discusses how CES are perceived, valued, and integrated into visitor management strategies in protected areas. The findings highlight that CES contribute not only to conservation goals but also to sustainable tourism, environmental education, and social cohesion. Accordingly, this review aims to raise awareness about the necessity of incorporating CES into the effective planning and management of protected areas.

Keywords: Cultural ecosystem services, visitor management, protected areas, nature connectedness, spatial equity.

Korunan Alanlarda Kültürel Ekosistem Hizmetleri ve Ziyaretçi Yönetimi Üzerine Literatür İncelemesi

Öz

Korunan alanlar, yalnızca biyolojik çeşitliliğin korunması açısından değil, aynı zamanda topluma sundukları kültürel ekosistem hizmetleri (KEH) ile insan refahı üzerinde derin etkiler yaratmaktadır. KEH, bireylerin doğayla kurduğu etkileşimler yoluyla estetik, manevi, sosyal, eğitsel ve rekreasyonel değerler üretmektedir. Bu çalışmada kültürel ekosistem hizmetleri kavramının tarihsel gelişimi, sınıflandırılması ve insan psikolojisi ile olan çok boyutlu ilişkisi teorik bir çerçevede ele alınmıştır. Ayrıca ulusal ve uluslararası çalışmalardan örnekler aracılığıyla korunan alanlarda kültürel hizmetlerin nasıl algılandığı, değerlendirildiği ve ziyaretçi yönetimiyle nasıl bütünleştirildiği tartışılmıştır. Bulgular, KEH'in yalnızca doğa koruma hedeflerine değil, aynı zamanda sürdürülebilir turizm, eğitim ve sosyal bütünleşmeye katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çalışma, kültürel hizmetlerin daha etkin şekilde planlanması ve yönetilmesine yönelik bir farkındalık oluşturmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Kültürel ekosistem hizmetleri, ziyaretçi yönetimi, korunan alanlar, doğa ile bağ kurma, mekânsal adalet.

Citation: Akyigit, Ü. & Göktuğ, T. H. (2025). A theoretical review on cultural ecosystem services and visitor management in protected areas. *Journal of Protected Areas Research*, 4 (1), 64-72.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16731825>

Received : July 4, 2025 – **Accepted:** July 30, 2025

1. Introduction

Throughout human history, interactions with nature have extended beyond merely fulfilling basic needs, significantly shaping individuals' cultural, aesthetic, and spiritual development. These multidimensional relationships reveal that the benefits provided by ecosystems are not solely material but also deeply cultural and emotional. In this regard, the concept of ecosystem services offers a systematic approach to assessing the contributions of nature to human well-being (Daily, 1997; Costanza et al., 1997; Boyd & Banzhaf, 2007; Kaya, 2019).

The concept gained widespread recognition following the publication of the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) in 2005, which introduced a comprehensive classification of ecosystem services. According to the MEA, ecosystem services are divided into four main categories: provisioning, regulating, supporting, and cultural services. Among these, CES are characterized by their intangible nature and encompass spiritual connections with nature, recreational engagement, aesthetic appreciation, educational benefits, and the shaping of cultural identity.

Protected areas, which combine high biodiversity with remarkable landscape value, are where cultural CES are most intensively experienced (Li et al., 2020). These areas provide opportunities for individuals to connect with nature and engage with cultural values both personally and socially. Activities such as hiking, swimming, and camping contribute not only to physical health but also to psychological well-being, social cohesion, and environmental awareness (Willis, 2015; Zhang et al., 2023). Beyond these direct benefits, CES also play a significant role in supporting community identity, social integration, and the transmission of traditional knowledge. From an economic perspective, CES-related activities such as ecotourism and local service provision generate income and promote sustainable rural development (Roux et al., 2020).

Moreover, the sociological dimensions of CES are evident in the way these experiences support community identity and intergenerational knowledge transfer. From an economic perspective, CES-related activities in protected areas can generate income through ecotourism and local services, supporting sustainable rural development. Thus, addressing CES through a multi-dimensional lens strengthens the holistic understanding and management of protected areas (Roux et al., 2020).

However, the extent to which CES can be enjoyed is closely linked to the carrying capacity of protected areas and the efficacy of visitor management strategies. Excessive and unregulated visitor pressure threatens the sustainability of natural resources and diminishes the quality of cultural experiences (Newsome et al., 2012; Clements & Cumming, 2017). Therefore, managing CES effectively is critical not only for achieving conservation objectives but also for maintaining visitor satisfaction (Akten & Gül, 2014).

This study aims to explore the theoretical foundations of cultural ecosystem services, trace their conceptual evolution, and analyze their relationship with visitor management in protected areas. Through the examination of national and international case studies, this research evaluates the diversity and impact of CES applications and provides strategic recommendations aligned with sustainability principles.

1.1. Conceptual Development and Classification of Cultural Ecosystem Services

The concept of ecosystem services began to take shape in the 1970s when ecologists started to explore the linkages between human well-being and natural systems. Over the years, the term has evolved to encompass interdisciplinary dimensions, including environmental science, economics, sociology, and environmental policy. One of the seminal definitions was proposed by Daily (1997), who described ecosystem services as "the conditions and processes through which natural ecosystems sustain and fulfill human life." Similarly, Costanza et al. (1997) defined them as "the benefits humans derive from ecosystem functions," while De Groot et al. (2002) emphasized both the direct and indirect advantages provided by ecological structures and processes.

A major milestone in the systematization of the concept was the publication of the *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA). The MEA offered a structured classification of ecosystem services into four main categories:

1. Provisioning Services – e.g., food, freshwater, raw materials;
2. Regulating Services – e.g., climate regulation, water purification, air quality;
3. Supporting Services – e.g., photosynthesis, soil formation, nutrient cycling;
4. Cultural Services – e.g., aesthetic appreciation, spiritual fulfillment, recreation, education, and cultural heritage.

Among these, CES stand out due to their non-material nature. While they do not produce physical goods, CES significantly influence how people perceive and interact with the natural world (MEA, 2005). These services include aesthetic, ethical, spiritual, educational, historical, and social dimensions of human–nature relationships.

While the categorization of CES varies slightly across the literature, the most commonly cited components include (MEA, 2005; Albayrak, 2012):

- Recreation and Ecotourism: Activities such as hiking, swimming, camping, and picnicking;
- Aesthetic Values: Visual quality and inspirational value of natural landscapes;
- Spiritual and Ethical Values: Sacred natural sites and spiritual bonds with nature;
- Cultural Heritage and Diversity: Historic sites, traditional land uses, and cultural symbols;
- Education and Knowledge Systems: Nature-based learning, environmental education, and scientific research;
- Social Cohesion and Sense of Place: Community bonding, identity, and place attachment;
- Inspiration and Creativity: Influence of nature on art, literature, music, and innovation.

The multidimensional nature of CES plays a key role not only in individual experiences but also in shaping collective cultural identities. People's perception and valuation of nature are shaped by factors such as geography, culture, and socio-economic background (Daniel et al., 2012). Therefore, assessments of CES should incorporate both objective indicators and subjective, context-specific factors.

A deeper understanding of CES contributes significantly to fields such as conservation policy, environmental education, and sustainable tourism. In this regard, CES function as a critical link between ecological systems and human well-being, promoting a holistic approach to sustainability (MEA, 2005).

1.2. Visitor Management

Ensuring the sustainability of CES within protected areas requires the effective management of visitor flow and behavior. Visitor management not only enhances the quality of the visitor experience but also plays a critical role in preserving ecological integrity and promoting the sustainable use of natural resources (Manning & Lime, 2000; Göktuğ & Kurkut, 2016).

Visitor management encompasses a set of planned interventions and guidance strategies designed to safeguard both natural and cultural values. According to Manning and Lime (2000), these strategies can be broadly categorized into four main approaches:

1. Supply Management: Involves distributing visitor presence across time and space—e.g., directing visitors to less congested areas or off-peak periods—to reduce pressure on sensitive sites.
2. Demand Management: Focuses on regulating the number of visitors through mechanisms such as reservation systems, visitor quotas, and variable pricing schemes, thus avoiding surpassing the area's carrying capacity.

3. **Resource Management:** Aims to minimize ecological degradation through infrastructural improvements, regular maintenance, and ecologically sensitive regulations.
4. **Visitor Impact Management:** Involves influencing visitor behavior via information dissemination, environmental education, signage, guided tours, and—when necessary—direct enforcement.

Peterson and Lime (1979) further categorized these strategies into direct and indirect methods. Direct methods impose specific restrictions on visitor behavior (e.g., access limitations), while indirect methods aim to shape behavior through education, awareness campaigns, and interpretive programs that encourage voluntary compliance.

Therefore, visitor management is a key component in preserving the integrity of cultural ecosystem & depends on carefully planned use of protected areas with respect to time, space, and infrastructure. Equally important is guiding the nature–visitor interaction in a way that fosters respect and understanding (Göktuğ & Kurkut, 2016).

In their study on national parks, Göktuğ and Kurkut (2016) proposed a set of tools for sustainable visitor management that includes:

- Group size limitations,
- Zoning of activity areas,
- Seasonal access restrictions,
- Reservation and lottery systems,
- Establishment of visitor centers and environmental education programs,
- Use of digital navigation tools,
- Certification schemes, and
- Guided interpretation services.

The integration of technological tools such as social media monitoring, spatial analysis, and digital guidance platforms has also enhanced the ability to track visitor movements and behaviors in real time, leading to more adaptive and responsive management strategies (Göktuğ & Kurkut, 2016).

In this context, effective visitor management serves not only ecological objectives but also facilitates social outcomes, including the preservation of cultural landscapes, community participation, and the advancement of environmental education and ecotourism. Thus, visitor management is essential for preserving both the ecological integrity and cultural functionality of protected areas.

1.3. Relationship between Cultural Ecosystem Services and Visitor Management in Protected Areas

Protected areas hold strategic importance for the sustainable preservation of natural resources and their transfer to future generations. However, their significance extends beyond biodiversity conservation, as they also serve as spaces for human–nature interaction across cultural, spiritual, and emotional dimensions (Gül et al., 2006) . In this context, CES have become an increasingly integral consideration in the management of protected areas (Palomo et al., 2014).

The expression of CES in protected areas manifests through various non-material benefits, including nature-based recreation, educational experiences, cultural heritage preservation, spiritual fulfillment, creative inspiration, social interaction, and environmental awareness. Activities such as hiking, birdwatching, swimming, camping, and meditation enhance not only physical health but also mental well-being and social cohesion (Willis, 2015; Zhang et al., 2023). These experiences often promote conservation-minded behaviors by increasing emotional attachment to nature (Zhang et al., 2023).

Nevertheless, the realization of such benefits is contingent upon multiple interrelated factors, including ecological carrying capacity, physical accessibility, the adequacy of supporting infrastructure, and, critically, the effectiveness of visitor management. Visitor behavior within protected areas exerts a direct influence on the quality, resilience, and long-term sustainability of CES. Unregulated or

unconscious use (manifested through practices such as off-trail hiking, improper waste disposal, disturbance of wildlife, and overcrowding in ecologically sensitive zones) can result in irreversible environmental degradation and a significant decline in service provision (Newsome et al., 2012).

Accordingly, there is a pressing need for the formulation and implementation of strategic management frameworks that are grounded in adaptive management principles, participatory planning processes, and empirically informed decision-making. These frameworks should aim to integrate conservation objectives with visitor engagement strategies, thereby ensuring the dual goals of ecological integrity and meaningful human-nature interaction are met in a balanced and sustainable manner.

The literature frequently highlights a relationship between CES and visitor satisfaction; however, the nature of this correlation often varies across studies. For instance, a multicenter quantitative study across several European countries conducted by Smith and Ram (2017), using survey-based Likert scale assessments, demonstrated a statistically significant positive correlation between landscape experiences and visitors' reported levels of spiritual, emotional, intellectual, and existential well-being.

Similarly, a case study by Arslan and Kaymaz (2020) in Türkiye's Gölcük Nature Park revealed a misalignment between the recreational services perceived by visitors and the park's long-term management strategies. This discrepancy underscores the need to better integrate CES dimensions into planning and policy frameworks to enhance both ecological and experiential outcomes.

Moreover, cultural ecosystem services can serve broader roles beyond conservation—such as reinforcing the continuity of cultural landscapes, connecting protected areas with local communities, and enhancing environmental education and sustainable tourism potential. In this regard, well-designed visitor management strategies become essential tools for preserving not just biodiversity but also the cultural and experiential dimensions of protected areas.

1.4. In-Depth Analysis with Selected Examples from National and International Studies

The assessment and integration of CES in protected areas are shaped by varying geographic, socio-cultural, and managerial contexts. Numerous studies in both national and international settings offer valuable insights into the methodologies, findings, and practical implications of CES-related research and applications.

For instance, Willis (2015), in a study conducted along England's Jurassic Coast, examined how tourism contributes to individual psychological well-being through CES. Using a mixed-methods approach—combining surveys, focus groups, and interviews—the study revealed that interaction with nature facilitated spiritual relaxation, mental rejuvenation, and emotional satisfaction. These intangible benefits were found to directly support both visitor satisfaction and long-term sustainability of the site.

Similarly, Smith and Ram (2017), in a survey conducted across eight European countries, evaluated cultural benefits through landscape experience. Their findings showed that visitors perceived profound spiritual, emotional, intellectual, and existential benefits. The study underscored the necessity of incorporating emotional and symbolic values into CES planning and policy development.

In the national context, Arslan and Kaymaz (2020) investigated visitor perceptions in Gölcük Nature Park, Türkiye. Their research highlighted a discrepancy between the CES perceived by visitors and the actual management plans.

This finding suggests that top-down planning approaches may overlook user needs and perceptions. As a result, the long-term sustainability of CES in the area could be at risk.

Jamean and Abas (2023) conducted a study in Malaysia's urban forests to assess visitor perceptions of CES and their willingness to pay for conservation. Results indicated that both regulatory and cultural services were highly valued, and visitors expressed strong support for voluntary financial contributions toward service maintenance.

In another case, Crouzat et al. (2022) performed a spatial analysis in three European mountain protected areas. Their study compared the potential supply and actual usage of CES and found a lack

of spatial overlap. Various factors were identified as contributing to the issue. Among these, accessibility, socio-cultural preferences, and land use patterns were particularly significant.

These factors underscore the importance of adopting management approaches that are both context-specific and participatory in nature.

Zhang et al. (2023) emphasized the influence of nature connection, spatial attachment, and participation in environmental events on pro-environmental behaviors. Their findings suggest that CES-based activities should be central to visitor engagement strategies.

Vasiljević et al. (2023) analyzed urban park use and determined that visitor motivations significantly varied by age, indicating the importance of considering sociodemographic variables in CES planning.

Pinheiro et al. (2021), in a study on marine protected areas in Brazil, explored how aesthetic values and social bonds shaped visitor preferences. Their findings called for the alignment of management strategies with user expectations regarding landscape beauty and social experience.

Clements and Cumming (2017) highlighted that safari- and nature-history-themed experiences in South African private protected areas were crucial for area sustainability, stressing that CES should be a core component of strategic conservation planning.

Palomo et al. (2014), in a Spanish context, questioned the effectiveness of rigid service-based zoning approaches and recommended flexible and adaptive management models that better accommodate CES.

Benetti and Langemeyer (2021), in their study in Italy's Circeo National Park, brought attention to inequities in CES access and associated spatial justice issues, indicating that marginalized groups often face barriers in benefitting from protected landscapes.

In a remote context, Li et al. (2020) studied the Qinghai–Tibet Plateau and concluded that biodiversity conservation and CES preservation must be pursued concurrently, especially in fragile ecosystems.

Pisani et al. (2021) examined how the economic valuation of CES can support protected area financing, providing a framework based on the case of Gargano National Park in Italy.

In the Po River Delta, Gaglio et al., (2023) demonstrated that integrating CES into governance processes enhances stakeholder engagement and participatory decision-making.

Finally, Martinez-Harms et al. (2018) revealed the effects of socioeconomic inequality on CES accessibility in Chile's biodiversity hotspots, while Niz et al. (2023) showed that CES, biodiversity, and habitat data can be combined using spatial tools to inform marine conservation decisions in Brazil.

These examples collectively demonstrate that integrating user-centered planning, spatial analysis, and social equity is not only beneficial but essential for developing effective and sustainable CES management strategies in protected areas.

2. Conclusion and Suggestions

This study aimed to holistically examine the role of CES in protected areas and their relationship with visitor management. CES represent the aesthetic, spiritual, educational, and recreational connections that individuals establish with nature. These non-material benefits not only support conservation objectives but also significantly enhance human well-being.

Rooted in ecological thought of the 1970s, the concept of ecosystem services gained greater structure and policy relevance with the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), which formally recognized cultural services as one of the four main service categories. Since then, CES have been increasingly integrated into interdisciplinary frameworks concerned with sustainability, tourism, education, and public health.

Empirical studies conducted in protected areas worldwide consistently demonstrate that CES foster psychological well-being, emotional resilience, and pro-environmental behavior among visitors (Willis, 2015; Zhang et al., 2023). Recreational activities such as hiking, camping, and picnicking not only

improve physical health but also promote place attachment, environmental awareness, and sustainable behaviors—bridging the gap between conservation goals and societal benefits.

However, challenges remain in translating the value of CES into effective administrative and planning processes. For instance, Arslan and Kaymaz (2020) highlighted a mismatch between perceived services and long-term park management plans, while (Crouzat et al., 2022) noted a spatial disconnect between the potential supply and actual use of CES. These findings point to the limitations of top-down, biophysical-centered planning, and emphasize the need for more user-oriented, context-sensitive, and adaptive strategies.

Moreover, national and international case studies reveal that CES are shaped by local geographies, cultures, and socioeconomic structures. Aesthetic values, sense of place, and social experiences vary across regions, suggesting that CES-related policies should be developed using participatory, place-based, and flexible methodologies (Pinheiro et al., 2021; Clements & Cumming, 2017).

Although the current literature provides substantial insights into the value and functions of CES, there is still a relative scarcity of studies that explicitly address the nexus between CES and visitor management. Furthermore, methodological gaps exist in the measurement, spatial mapping, and user-based evaluation of CES. Therefore, future research should focus on developing multidisciplinary frameworks that incorporate stakeholder views, spatial-social datasets, and advanced tools for service monitoring and governance.

In conclusion, the effective management of CES not only ensures the protection of ecological resources but also enhances visitor satisfaction, environmental stewardship, and social sustainability. Integrating CES into decision-making processes systematically can lead to the multifunctional use of protected areas and a deeper harmony between human and ecological systems.

Future studies are encouraged to:

- Adopt multidisciplinary perspectives combining ecology, psychology, sociology, and planning;
- Utilize spatially explicit and participatory methods to evaluate CES distributions;
- Assess visitor perceptions and motivations in diverse contexts;
- Promote policy frameworks that integrate CES into the core of protected area governance;
- Address inequities in access to CES through inclusive and just planning approaches.

Acknowledgments and Information Note

This study was conducted without any financial support from institutions, organizations, or funding programs. All phases of the research were carried out in accordance with nationally and internationally recognized ethical principles governing scientific research and publication.

As the study did not involve human or animal subjects, ethical committee approval was not required. The authors have diligently adhered to principles of academic integrity by properly citing all sources and avoiding any form of plagiarism or academic misconduct.

The data were interpreted with objectivity, and the research process was conducted in full compliance with the principles of academic honesty and the scientific method.

Author Contribution and Conflict of Interest Disclosure Information

All authors contributed equally to the article. There is no conflict of interest

References

- Albayrak, İ. (2012). İstanbul Ömerli havzasında ekosistem hizmetlerine dayalı havza yönetim modeli: Uygulanabilirliğin araştırılması [Doctoral dissertation, İstanbul Technical University].
- Akten, S. & Gül, A. (2014). Korunan doğal alanlarda ziyaretçilerin olası etki düzeyleri önlem ve standartların belirlenmesi (Gölcük Tabiat Parkı örneği). *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi (SDU Faculty of Forestry Journal)* 2014, 15: 130-139. Isparta. ISSN: 1302-7085, e-ISSN: 1309-2111.

- Arslan, E. S., & Kaymaz, İ. (2020). Visitor perception of recreational ecosystem services and their role in landscape management of Gölcük Nature Park, Turkey. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(3), 202–213. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1735361>
- Benetti, S., & Langemeyer, J. (2021). Ecosystem services and justice of protected areas: The case of Circeo National Park, Italy. *Ecosystems and People*, 17(1), 411–431. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1940424>
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2–3), 616–626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Clements, H. S., & Cumming, G. S. (2017). Manager strategies and user demands: Determinants of cultural ecosystem service bundles on private protected areas. *Ecosystem Services*, 28, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.01.008>
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & van den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Crouzat, E., De Frutos, A., Grescho, V., Carver, S., Büermann, A., Carvalho-Santos, C., ... & Bonn, A. (2022). Potential supply and actual use of cultural ecosystem services in mountain protected areas and their surroundings. *Ecosystem Services*, 53, 101395. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101395>
- Daily, G. C. (1997). Introduction: What are ecosystem services? In G. C. Daily (Ed.), *Nature’s services: Societal dependence on natural ecosystems* (pp. 1–10). Island Press.
- Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J. W., Chan, K. M. A., ... & von der Dunk, A. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(23), 8812–8819. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Gaglio, M., Lanzoni, M., Goggi, F., Fano, E. A., & Castaldelli, G. (2023). Integrating payment for ecosystem services in protected areas governance: The case of the Po Delta Park. *Ecosystem Services*, 60, 101516. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101516>
- Göktuğ, T., & Kurkut, G. (2016). Korunan alanlarda sürdürülebilir ziyaretçi yönetimi: Stratejiler ve araçların incelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 118–131.
- Gül, A., Örucü, Ö. K., & Karaca, O. (2006). An approach for recreation suitability analysis to recreation planning in Gölcük Nature Park. *Environmental Management*, 37(5), 606–625.
- Jamean, E. S., & Abas, A. (2023). Valuation of visitor perception of urban forest ecosystem services in Kuala Lumpur. *Land*, 12(3), 572.
- Kaya, M. (2019). Ekosistem hizmetleri yaklaşımı ile peyzaj planlaması: Düzce ili örneği [Master’s thesis, Ankara University].
- Li, J., Li, C., Jiang, Z., Li, C., Tang, H., & Fang, H. (2020). Do protected areas improve ecosystem services? A case study of the Hoh Xil Nature Reserve on the Qinghai–Tibet Plateau. *Remote Sensing*, 12(3), 471. <https://doi.org/10.3390/rs12030471>
- Manning, R. E., & Lime, D. W. (2000). *Defining and managing the quality of wilderness recreation experiences*. In Wilderness science in a time of change conference (Vol. 4, pp. 13-52).
- Martinez-Harms, M. J., Bryan, B. A., Wood, S. A., Fisher, D. M., Law, E., Rhodes, J. R., ... & Wilson, K. A. (2018). Inequality in access to cultural ecosystem services from protected areas in the Chilean

- biodiversity hotspot. *Science of the Total Environment*, 636, 1128–1138. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.355>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
- Newsome, D., Moore, S. A., & Dowling, R. K. (2012). *Natural area tourism: Ecology, impacts and management*. In *Natural area tourism*. Channel view publications.
- Niz, W. C., Laurino, I. R., de Freitas, D. M., Rolim, F. A., Motta, F. S., & Pereira-Filho, G. H. (2023). Risk modeling in marine protected areas: Mapping habitats, biodiversity and cultural ecosystem services in the southernmost Atlantic coral reef. *Journal of Environmental Management*, 345, 118855. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118855>
- Palomo, I., Montes, C., Martín-López, B., González, J. A., García-Llorente, M., Alcorlo, P., & Mora, M. R. G. (2014). Incorporating the social–ecological approach in protected areas in the Anthropocene. *BioScience*, 64(3), 181–191. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu001>
- Peterson, G. L., & Lime, D. W. (1979). People and their behavior: A challenge for recreation management. *Journal of Forestry*, 77(6), 343–346.
- Pinheiro, R. O., Triest, L., & Lopes, P. F. (2021). Cultural ecosystem services: Linking landscape and social attributes to ecotourism in protected areas. *Ecosystem Services*, 50, 101340. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101340>
- Pisani, D., Pazienza, P., Perrino, E. V., Caporale, D., & De Lucia, C. (2021). Economic valuation of ecosystem services of biodiversity components in protected areas: A review for an analytical framework in the Gargano National Park. *Sustainability*, 13(21), 11726. <https://doi.org/10.3390/su132111726>
- Roux, D. J., Smith, M. K. S., Smit, I. P., Freitag, S., Slabbert, L., Mokhatla, M. M., ... & Mpapane, N. P. (2020). Cultural ecosystem services as complex outcomes of people–nature interactions in protected areas. *Ecosystem Services*, 43, 101111. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101111>
- Smith, M., & Ram, Y. (2017). Landscape experiences and cultural ecosystem services: European perspectives. *Ecology and Society*, 22(4), 12. <https://doi.org/10.5751/ES-09766-220412>
- Vasiljević, N., Stojanović, J., & Doderović, M. (2023). Urban parks and visitors' motivations: Sociodemographic insights. *Urban Forestry & Urban Greening*, 84, 127852. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127852>
- Willis, C. (2015). The contribution of cultural ecosystem services to understanding the tourism–nature–wellbeing nexus. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 10, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2015.06.002>
- Zhang, H., Cai, L., Bai, B., Yang, Y., & Zhang, J. (2023). National forest park visitors' connectedness to nature and pro-environmental behavior: The effects of cultural ecosystem service, place and event attachment. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 42, 100621. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100621>





JOURNAL OF PROTECTED AREAS RESEARCH

