

MİMARLIK ALANINDA GÜNCEL GELİŞMELER VE TEMATİK İNCELEMELER

Editör

Prof. Dr. Latif Gürkan Kaya

Mimarlık Alanında Güncel Gelişmeler ve Tematik İncelemeler

Editör

Prof. Dr. Latif Gürkan Kaya

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Prof. Dr. Latif Gürkan Kaya

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Ekim, 2026

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-6454-91-0

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480,
Mamak, Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



Platanus Publishing®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Yapı Uygulamaları İçin Bazı Biyo-Bazlı Akustik Malzemeler ve Ses Emici Özellikleri	
Osman Perçin	
BÖLÜM 2.....	37
Bir Endüstri Mirası Örneği Olarak Kayseri Develi Saray Halı Fabrikası	
Aslıhan Güngördü Tabak	
Beyza Sıla Selçuk	
Büşra Nur Güçarslan	
Tuğba Yağmur	
Filiz Sönmez	
BÖLÜM 3.....	63
Kentsel Dokunun Morfometrik Analizi: Kavramsal Çerçeve, Göstergeler ve Değerlendirme Yaklaşımları	
Meltem Akyürek Algın	
BÖLÜM 4.....	87
An Evidence-Based Approach to the Conservation of Ottoman Railway Heritage: The Restoration Project of Çardak Station (Denizli, Türkiye)	
Ayşe Betül Gökarslan	

BÖLÜM 1

**Yapı Uygulamaları İçin Bazı Biyo-Bazlı
Akustik Malzemeler ve
Ses Emici Özellikleri**

Osman Perçin¹

¹ Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, ORCID: 0000-0003-0033-0918

1. Giriş

Küresel çapta kentleşmenin hızlanması, ulaşım, endüstri ve diğer sektörlerdeki faaliyet sayılarının artmasıyla birlikte gürültü kirliliği önemli bir çevresel sorun hâline gelmiştir (Kolya vd., 2022). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), çevresel gürültüyü önemli bir halk sağlığı tehlikesi ve önde gelen bir çevresel risk faktörü olarak değerlendirmekte, hava ve su kirliliğinden sonra üçüncü en zararlı kirlilik türü olarak kabul etmektedir (Basu vd., 2021).

Dünya Sağlık Örgütü yapmış olduğu çalışmalarda, özellikle gürültüye uzun süreli olarak maruz kalındığında bireylerde sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtmektedir. DSÖ, 65 dB'nin üzerindeki gürültüyü gürültü kirliliği olarak tanımlamaktadır. Mevcut çalışmalar, aşırı derecede ve uzun süreli gürültü maruziyeti ile insan sağlığının olumsuz etkilendiğini ve insanların günlük aktivitelerinin engellendiğini ortaya koymaktadır. Aşırı gürültüye maruz kalma kişilerde kardiyovasküler hastalıklara, uyku bozukluklarına, bilişsel işlevlerde olumsuz değişikliklere, kulak çınlamasına, işitme kaybına, rahatsızlık tepkilerine ve sosyal davranışlarda değişikliklere neden olmaktadır (WHO, 2009; WHO, 2011). Gürültünün bireyler üzerindeki bu olumsuz etkilerinden dolayı, gürültü kirliliğinin ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin kontrolü önemli bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son yıllarda gürültünün etkileri ve gürültü kirliliği daha fazla ilgi görmektedir. Bu durum bina akustiğinin daha fazla ciddiye alınmasını zorunlu kılmaktadır. Kullanıcıların daha sessiz ve daha konforlu bir ortam talebi, tasarımcıları ve araştırmacıları etkili gürültü kontrol malzemeleri geliştirmeye yöneltmektedir. Sonuç olarak, akustik amaçlı verimli ve çevre dostu ses emici malzemelerin geliştirilmesi, yapı ve inşaat sektöründe gürültü kontrolü alanında kritik bir araştırma odağı haline gelmiştir (Balasubramanian vd., 2020; Kolya ve Kang, 2024).

Ses emici malzemeler genel olarak gözenekli tip ve rezonatör tipi olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Poliüretan köpükler, kumaşlar ve termoplastik köpükler gibi gözenekli malzemeler, ses dalgalarının malzeme içerisinde ilerlemesine olanak sağlayan birbirleriyle bağlantılı gözenekli bir yapıya sahiptir. Ses enerjisi öncelikle titreşen hava molekülleri ile gözenek yüzeyi arasındaki sürtünmeye dayalı ısınmayla dağılır. Ayrıca, malzeme içerisindeki hava ile gözenek duvarı arasındaki arayüzde meydana gelen enerji transferi de ses enerjisinin dağıtılmasına katkıda bulunur. Ses dalgalarının malzeme içerisine nüfuz etme derecesi, büyük ölçüde gözenek boyutuna bağlıdır. Uygun bir gözenek boyutunun sağlanması durumunda, ses dalgaları gözenekler içerisinde çoklu yansımalarla uğrayarak malzeme yüzeyinden geri yansımak yerine daha derin bölgelere ilerleyebilmekte ve böylece daha yüksek miktarda ses enerjisinin

emilmesi mümkün olmaktadır. Buna karşılık, gözenek boyutunun aşırı küçük olması durumunda, ses enerjisinin katı yapıya aktarımı azalmakta ve buna bağlı olarak ses zayıflatma performansı düşmektedir. Köpükler gibi gözenekli malzemeler; nispeten kolay işlenebilmeleri, düşük maliyetleri ve geniş bir frekans aralığında ses emilimi sağlayabilmeleri açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, özellikle düşük frekans bölgesinde genellikle sınırlı ses emme performansı göstermektedirler. Bu nedenle, düşük frekanslardaki ses emme kapasitesinin artırılması amacıyla meta malzemeler ve mikro delikli paneller gibi rezonatör tipi malzemeler, gözenekli malzemelerin yüzeyine kaplama olarak uygulanabilmekte veya bağımsız ses emici yapılar olarak kullanılabilir (Tao vd., 2021).

Günümüzde mekanik özellikleri, hafif, esnek ve katmanlı yapıları, iyi yapısal formları nedeniyle akustik panellerin üretiminde cam ve taş yünü ile polimerik köpükler yaygın olarak kullanılmaktadır. Cam lifi ve diğer sentetik lifler, çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve yaşam döngüleri boyunca yüksek enerji tüketimi ile ilişkilendirilmektedir (Ye vd., 2026). Son yıllarda çevre ve insan sağlığına verilen önemin artması ve bazı yasal düzenlemeler, yapı sektöründe iç mekan ortam kalitesini iyileştirecek, enerji tüketimini ve çevresel etkiyi azaltacak, doğal ve biyo-bazlı ürünlere dayalı daha yeşil, çevreci ve sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu bakımdan biyobozunur doğal alternatif ses emicilere ihtiyaç duyulmaktadır. Doğal liflerden yapılan biyo-bazlı akustik paneller, sentetik liflerden yapılanlara göre insan ve çevre için daha az tehlikeli, yenilenebilir, düşük maliyetli ve kolayca biyolojik olarak parçalanabilir ve bulunabilir olmaları nedeniyle ilgileri üzerine çekmektedirler (Fouladi vd., 2010; Asdrubali, vd., 2016; Liuzzi vd., 2020; Meng vd., 2025).

2. Akustik Test Yöntemleri

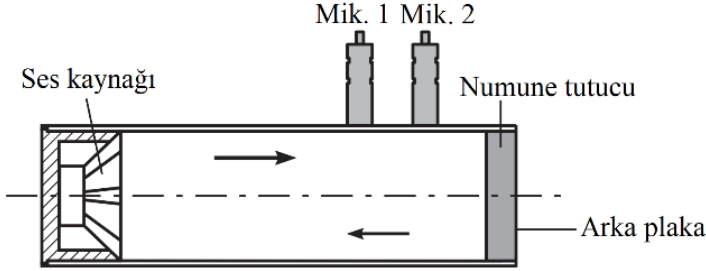
Empedans tüpü yöntemi, ISO 10534-2 (1998) standardına göre akustik malzemelerin ses emme performansını ölçmek için bilinen tekniklerden biridir ve kısa sürede sonuç alınmaktadır (Chen vd. 2017; Buratti vd. 2014). Empedans tüpü kullanılarak yapılan akustik ölçümlerde, daha küçük deney örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Küçük çaplı (≤ 30 mm çap) numuneler genellikle yüksek frekans testleri (>2000 Hz) için kullanılırken, daha büyük çaplı numuneler (31 mm çap ile 100 mm çap arası) düşük frekans testleri (≤ 2000 Hz) için kullanılmaktadır. Empedans tüpünde, test numunesi düz, pürüzsüz ve hava geçirmez dairesel bir tüpün bir ucuna konumlanmaktadır. Ses dalgası, diğer uçtaki bir hoparlörden numuneye doğru iletilmektedir (Tie vd. 2020). Empedans tüpü yöntemi esas olarak malzemelerin ses emme katsayısını ölçmek için kullanılmaktadır. Malzemelerin ses emme performansını etkili bir şekilde değerlendirebildiği için, empedans tüpü yöntemi gürültü emme değerlendirmesi

çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang vd., 2017). Empedans tüpü yöntemine göre ses yutum katsayısı, numune kalınlığı bilindiğinde, karmaşık dalga sayısının belirlenmesinden ve bundan yola çıkarak aşağıdaki ifadeler kullanılarak yüzey empedansının (Z_s) ve emilim katsayısının (α) hesaplanmasından oluşmaktadır (Berardi and Iannace, 2015).

$$\alpha = 1 - |R|^2$$

$$R = \frac{Z_s - \rho_0 c}{Z_s + \rho_0 c}$$

Burada, R ses basınç yansımaya katsayısı, Z_s yüzey empedansı (Pa s/m) ve c ses hızı (m/s)'dir.

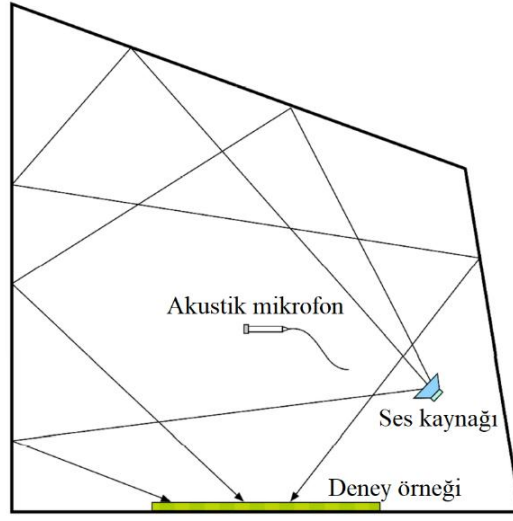


Şekil 1: Empedans tüpünün şematik gösterimi (Brüel&Kjær, 2019)

Bir diğer yöntem ise yankı odası yöntemidir. Sesin azalma hızını tanımlayan yankılanma süresi, farklı oda tipleri için en önemli akustik parametrelerden biri olarak kabul edilir (Kanev, 2012). Gelen sesin numunenin yüzeyine dik olduğu empedans tüpü yönteminin aksine, yankı odası yöntemi sesin tüm olası geliş açılarından gelmesine olanak tanıyan bir yöntemdir (Tie vd., 2020). Bir yankı odasında ölçülen soğurma katsayıları, ölçüm koşulları altında sesin azalmasına dayanarak belirlenir. Bir odadaki genel ses azalması, her biri emici duvara göre yönelimine ve emici malzemenin normal empedansına bağlı olarak kendi zayıflama özelliklerini sergileyen çeşitli normal titreşim modlarından oluşur (Jeong, 2010). ISO 354 (2003)'e göre yankı odasında ses emilim katsayısının ölçümü, deney örneklerinin varlığındaki (T_2) ve yokluğundaki (T_1) yankılanma sürelerinin ölçülmesiyle gerçekleştirilir. Aşağıdaki formül kullanılarak ses soğurma katsayısı a elde edilir.

$$a = 55.3 \frac{V}{cS} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

burada V oda hacmi, c ses hızı ve S test numunesinin alanıdır (Vorländer ve Mommertz 2000).



Şekil 2. Yankı odası yöntemi (Tie vd., 2020).

3. Bazı Biyo-Bazlı Malzemeler ve Akustik Özellikleri

Biyolojik esaslı akustik paneller, geleneksel olarak üretilen sentetik ve petrol bazlı akustik panellere alternatif olarak geliştirilmiş ürünlerdir. Yapıları gereği farklı malzemelerle bir arada kullanılabilme imkânları vardır. Biyo-bazlı malzemeler, lifli ve gözenekli yapıları sayesinde yüksek ses yutma (akustik absorpsiyon) kapasitesine sahip sürdürülebilir alternatiflerdir ve akustik performansları malzemenin türüne, yoğunluğuna, kalınlığına, malzemenin boşluklu yapısına göre değişebilmektedir.

Biyo-bazlı malzemelerin akustik performansı, yaygın olarak gürültü azaltma katsayısı (NRC) aracılığıyla değerlendirilmektedir. NRC, bir malzemenin özellikle temel konuşma frekansları aralığındaki ses enerjisini absorbe etme kapasitesini tek bir standart değer üzerinden ifade etmektedir. Bu katsayı, 250, 500, 1000 ve 2000 Hz olmak üzere dört standart oktav bandının merkez frekanslarında ölçülen ses yutma katsayılarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmakta ve elde edilen değer en yakın 0,05'e yuvarlanmaktadır. NRC değerleri 0 ile 1 arasında değişmekte; 0 değeri tam yansımaya, 1 değeri ise tam ses emilimini ifade etmektedir. NRC'nin belirlenmesi, malzemelerin akustik performansının nicel olarak karakterize edilmesine olanak sağlamakta ve bu malzemelerin gürültü kontrolü, ses yalıtımı uygulamaları ve iç mekânlarda akustik konforun iyileştirilmesini hedefleyen sürdürülebilir bina tasarımlarında kullanımını desteklemektedir (Ye vd., 2025). Bununla birlikte, NRC kullanımının sınırlamaları vardır, çünkü iki farklı malzeme için aynı NRC değeri, aynı şekilde performans gösterdikleri anlamına gelmez. Bu nedenle, özellikle 250 Hz'nin altındaki veya 2000 Hz'nin üzerindeki frekanslarda ses emilimi için

mevcut tüm frekans tabanlı katsayıların kullanılması tavsiye edilmektedir (António, 2011).

Benzer şekilde malzemelerin ses emilimini en iyi tanımlayan parametrelerden birisi, ses emilim katsayısıdır (α). Bu katsayı, bir yüzey tarafından emilen ses enerjisinin, o yüzeye gelen ses enerjisine oranı olarak tanımlanır ve 0 ile 1 arasında değerler alır. Her malzemelerin ses emilim katsayısı frekansla ilişkilidir ve farklı frekanslarda değişir. Bir ses dalgası bir malzemeye çarptığında, enerjisinin bir kısmı yansıtılır ve bir kısmı emilir. Ses emilim katsayısı (α), bu emilim kapasitesini belirli bir frekansta, 0 ile 1 arasında bir ölçekte ifade eder. Ses emilim katsayısı frekans karakteristik eğrileri, farklı frekansların ses emilim özelliklerini tam olarak göstermek için kullanılabilir. Bir akustik malzemenin belirli bir frekans aralığındaki emilim katsayılarının ortalaması olan ortalama ses emilim katsayısı kullanılır (António, 2011; Peng, 2017).

3.1. Kenevir Lifi

Kenevir, yenilenebilir ve sürdürülebilir karakterde ve çok amaçlı bir ürün olması sebebiyle yapı sektöründe günden güne akustik amaçlı önem kazanan bir malzemedir. Biyolojik olarak parçalanabilir, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemelere olan talebin artması, kompozit yapılarda kenevir lifi kullanımına olan talebi de artırmıştır. Kenevir lifleri, kenevir bitkisinin gövdesinden elde edildiğinden, genellikle güçlü ve sert yapıdadırlar ve bu da onları kompozitlerde kullanım için uygun bir takviye malzemesi haline getirmektedir (Oldham vd., 2011; Demirbek ve Bulut, 2021).



Şekil 3. Kenevir lif panel (URL-1)

Atık kenevir liflerinden elde edilen akustik kompozit panellerin ses emme mekanizmasının analiz edildiği bir çalışmada, pamuk lifi, yün lifi ve polyester lifi ürünlerde karşılaştırma amaçlı olarak kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde, atık kenevir lifinin mükemmel yüksek frekanslı ses

emme performansına sahip olduğu ve maksimum ses emme katsayısının 0,95 olduğu, ayrıca atık kenevir lifi kompozitinin maksimum ses emme katsayısının 0,93'e ulaştığı belirtilmiştir (Zhang vd., 2022). Başka bir çalışmada kenevir lifinin akustik özellikleri, Kundt tüpü kullanılarak değerlendirilmiş ve akustik emilim (α) değerleri 100-6500 Hz frekans aralığında 0.85–0.95 olarak belirlenmiştir (Martinez vd., 2024). Benzer bir çalışmada, nişasta ile karıştırılmış kenevir liflerinden elde edilen kompozit malzemelerin akustik performansı analiz edilmiş ve nişasta-kenevir kompozit malzemelerin yaklaşık 0,7 değerinde orta ve yüksek frekanslar için iyi bir ses emici malzeme olduğunu bildirilmiştir (Le vd., 2015).

3.2. Saman

Saman, çeşitli tahıl bitkilerinin yetiştirilmesinden kalan bir atıktır. Dünya genelinde çok fazla saman atığı mevcuttur ve ağırlıklı olarak tarım ve çiftçilikte kullanılmaktadır. Diğer küçük kullanım alanları arasında kağıt üretimi, biyoyakıt üretimi ve inşaat yer almaktadır. Eski dönemlerden beri saman bina yapımında çatı yalıtımı olarak, kil veya çamurla karıştırılarak tuğla yapımında kullanılmaktadır (D'Alessandro vd., 2017). Saman atıklarından gevşek dokulu üretilen malzemelerin akustik analizleri yapılmış ve ses emilim katsayısı, ISO 10534-2 (1998)'ye uygun olarak iki mikrofonlu bir ses alma tüpü kullanılarak ölçülmüştür. Gevşek saman gözenekli bir yapıda olması nedeniyle, ses emilim katsayısı kalınlığın artmasıyla artmış ve ses emilim katsayısı 5 ve 7 cm'lik örnekler için ortalama olarak sırasıyla 0,31 ve 0,42 olarak bulunmuştur (D'Alessandro vd., 2017). Benzer çalışmalarda Okaliptüs Globulus yaprakları ile buğday samanından elde edilen ve bağlayıcı olarak mısır nişastasının kullanıldığı kompozit malzemelerin akustik analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak ses emme katsayısı, çoğu numune için 500 ila 1600 Hz frekans aralığında 0,5'ten büyük değerlere sahip olduğu rapor edilmiştir (Ali vd., 2020).



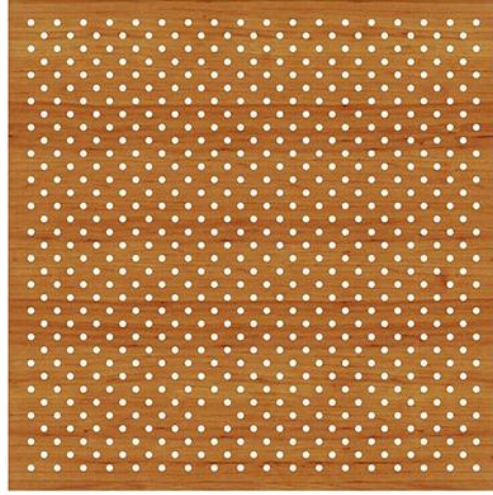
Şekil 4. Buğday samanı lif levha (URL-2)

Başka bir çalışmada, doğal liflerden, sentetik liflerden ve tarımsal lignoselüloz liflerden olmak üzere geri dönüştürülmüş lifli malzemelerin ses emme özelliklerini araştırılmıştır. Sentetik liflerle karıştırılmış geri dönüştürülmüş doğal liflerden üretilen dokusuz kumaşlar, akustik olarak test edilmiştir. Ayrıca, pirinç samanı ve talaş gibi tarımsal atıklardan elde edilen biyokompozitler de incelenmiştir. Sonuçlar, dokusuz kumaş örneklerin yüksek frekanslarda (2000–6300 Hz) yüksek ses emilim katsayılarına, düşük frekanslarda (100–400 Hz) düşük ses emilim katsayılarına ve orta frekanslarda (500–1600 Hz) daha iyi ses emilim katsayılarına sahip olduğunu göstermiştir. Tüm frekans aralıklarındaki ses emilim katsayıları, dokusuz kumaşların kalınlığının artırılmasıyla iyileşmiştir. Ayrıca, örneğin arkasına hava boşluğu eklenmesi durumunda, düşük ve orta frekanslardaki ses emilimini iyileştirmiştir. Test edilen pirinç samanı ve talaş kompozit örneklerin, düşük ve orta frekanslarda düşük ses emilimi sağladığı bildirilmiştir (Seddeq vd., 2013).

3.3. Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemeler

Ahşap insanoğlunun kullandığı en eski yapı malzemelerinden birisidir. Ahşabın en önemli akustik özelliği, düşük özgül ağırlığına rağmen sesin malzemedan kolayca geçebilmesidir. Ahşabın gözenekli yapısı sayesinde ses hem iletilebilir hem de sönümlenebilir. Bu nedenle, ahşap, diğer birçok yapı malzemesine kıyasla akustik özellikler açısından avantajlara sahiptir (Smardzewski vd., 2015).

Ahşap akustik panellerin sesi absorbe etme yeteneği üzerine yapılan bir çalışmada, Ahmed Adnan Saygun Sanat Merkezi'nin küçük salonu akustik performans açısından analiz edilmiş ve mevcut ahşap akustik panellerin ses emilimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, ahşap akustik panelli salonun, panel bulunmayan salona kıyasla ses emilim özelliklerinde önemli bir fark olduğu ortaya çıkmıştır (Işıқтаş ve Ay, 2016). Başka bir çalışmada, ağaç lifleri (*Pinus densiflora*) melamin-üre-formaldehit reçine yapıştırıcısı ile karıştırılarak, farklı yoğunluklarda kompozit lif levhalar hazırlanmıştır. Kompozit lif levhaların akustik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak ses emilimi, kompozit lif levhanın yoğunluğundan büyük ölçüde etkilenmiştir ve daha düşük yoğunluklar daha yüksek ses emilim performansı göstermiştir (Park vd., 2020).



Şekil 5. Delikli ahşap bazlı akustik panel (URL-3).

Bazı tropikal hızlı büyüyen ağaç türlerinden üretilen yonga levhaların akustik ses emme özelliklerini belirlemek için, düşük ($0,5 \text{ g/cm}^3$) ve orta yoğunluklu ($0,8 \text{ g/cm}^3$) deney örnekleri empedans tüpü kullanılarak düşük ve yüksek frekans aralıklarında akustik ölçümler yapılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Sonuç olarak, düşük yoğunluklu yonga levhalar düşük frekanslarda daha iyi akustik performans gösterirken, orta yoğunluklu yonga levhalar yüksek frekanslarda daha iyi akustik performans göstermiştir. Elde edilen yonga levhaların binalarda akustik amaçlarla kullanılabileceği belirtilmiştir (Karlinasari vd., 2012). Başka bir çalışmada Kaya (2023), *Cupressus sempervirens* L. ve *Acer campestre* L. ahşap örneklerinin ses emilim katsayısı üzerinde, keten tohumu yağı emdirme ve ısıtma işlemin etkisini incelemiştir. Isıtma işlemi nedeniyle her iki ağaç örneğinde de gözenekliliğin arttığı ve ısıtma işleminden sonra ses emilim katsayısının da arttığı bildirilmiştir. Ahşap malzemelerde yoğunluk ile ses iletim kaybı arasındaki ilişkiyi analiz eden başka bir çalışmada, 16 farklı ağaç türünün ses iletim kaybı analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre frekans arttığında, daha düşük yoğunluğa sahip ağaç malzeme türlerinde yüksek ses iletim kaybı gözlemlendiği belirlenmiştir. Ancak, ortalama ses iletim kaybı ile yoğunluk arasında net bir ilişki belirlenmemiştir (Çavuş ve Kara, 2020). Kang vd., (2019), altı farklı ağaç kabuğundan elde edilen farklı kalınlık ve yoğunluklardaki kompozit malzemelerin ses emilim kapasitesi ve ses iletim kaybını incelemiş, gürültü azaltma katsayısının parçacık yoğunluğuna ve kalınlık özelliklerine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, 100 mm kalınlığındaki Hinoki ağaç kabuğu partikül matının, ortalama ses emilim katsayısı 100-6400 Hz frekans aralığında 0,9 iken, 50 mm kalınlığındaki Hinoki ağaç kabuğu partikül matının ortalama ses emilim oranı aynı frekans aralığında 0,84 olarak bulunmuştur. 100 mm kalınlığındaki Hinoki ağacı kabuğu partikül matının 500 ve 1000 Hz'deki ses

iletim kayıpları sırasıyla 15,30 ve 15,73 dB olarak tespit edilmiştir. Ağaç partikül matının arkasına 10 mm kalınlığında bir kontrplak eklendiğinde, ses iletim kayıplarının 20-30 dB arttı belirlenirken, ağaç kabuğunun, yüksek ses emme oranı ve iletim kaybı nedeniyle yapılarda akustik malzeme olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Çapraz lamine ahşap (CLT), belli ölçülerdeki masif malzemelerin yan yana eklenmesi ile oluşturulan masif ahşap tabakaların elyaf yönleri genellikle birbirine dik gelecek şekilde farklı tutkallarla ve belirli bir basınç altında yapıştırılmasıyla üretilmiş, dayanıklılığı yüksek ve boyutsal kararlılığı olan yeni tip ahşap yapı elemanlarıdır (Birinci vd., 2021). CLT kopozitlerin akustik performansının belirlenmesi amacıyla katman kalınlıkları 17 mm ve katman sayıları ise 3 ve 5 adet olan 51 mm ve 85 mm kalınlığındaki göknar ve meşe odunlarından elde edilen CLT panellerin orta katmanlarına uygulanan %10 ve %20 oranlarındaki perforasyon işlemi, katman sayısı, odun türü ve frekans seviyelerinin ses yutma katsayılarına etkileri incelenmiş ve göknar odunundan üretilen CLT panellerin ses yutma katsayılarının meşe odunundan üretilenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Frekans seviyelerine bağlı olarak en yüksek ses emme katsayılarının 630 Hz ile 800 Hz frekans seviyelerinde sırasıyla 0,2133 ve 0,1758 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çavuş vd., 2024).

3.4. Ayçiçeği

Son yıllarda artan çevresel kaygılar, bilim insanlarının ve tasarımcıların doğal elyaf biyokompozitlerin geliştirilmesine ve kullanılmasına olan ilgisini artırmıştır (Mathias vd., 2015). Çevre kirliliğine neden olan ve tarımsal atık malzemeler olarak kabul edilen ayçiçeği saplarının, ahşap hammadde tasarrufu sağlayarak hafif ahşap parçacıklı panel üretiminde başarıyla kullanılabildiği ve elde edilen malzemenin iç mekan mobilyası yapımında kullanılabileceği bildirilmektedir (Bekhta vd., 2023). Ayçiçeği sapının dış kısmı lifli olup toplam kuru sap ağırlığının %90'ını teşkil etmektedir. Lifler uzun ve kahverengidir ve beyaz, elastik ve düşük yoğunluklu özden kolaylıkla ayrılır. Saptaki öz kısmı bal peteği görünümündedir. Çalışma sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında ayçiçeği sapından üretilen levhaların genel anlamda bir yalıtım malzemesinden beklenen mekanik özellikleri ve izolasyon özelliklerini taşıdığı görülmüştür (Efe, 2011).



Şekil 6. Ayçiçeği sapından elde edilmiş kompozit panel (Mati-Baouche vd., 2016).

Ayçiçeğinden elde edilen kompozit malzemelerin akustik özelliklerinin analiz edildiği bir çalışmada, bağlayıcı madde olarak nişasta ve kitosan kullanılarak iki farklı formasyonla ayçiçeği özü panelleri üretilmiştir. Üretilen panellerin ses emme özellikleri, mantar ve melamin köpük panellerinin ses emme özellikleriyle birlikte ölçülerek incelenmiştir. Ayçiçeği özü panellerinin düşük frekanslarda (250–400 Hz) yüksek performans gösterdiği ve mevcut endüstriyel panellere göre 6-9 kat daha yüksek ses emilim katsayısı değerleri sergilediği belirlenmiştir (Gomez-Campos vd., 2023). Chabriac vd., (2016)'ya göre, ayçiçeği sapının içindeki köpük benzeri bileşen olan ayçiçeği özü, fiberglas gibi malzemelerden elde edilenlere eşdeğer ses emme katsayısı değerleri sunduğu ve ayçiçeği kabuğu kompozitlerin, iyileştirilmiş kalınlık nedeniyle 0,44'lük bir *NRC* değerine ulaştığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise Oancea vd., (2018), ayçiçeği özü ile karıştırılmış betonun, yapı malzemesi olarak kullanılan geleneksel betona göre daha yüksek ses emme katsayılarına sahip olduğunu bulmuşlar ve yoğunlukları 1500 kg/m³'ten büyük olan ayçiçeği sapı atık kompozitlerinin 0,18 ile 0,28 arasında *NRC* değerleri sergilediğini belirtmişlerdir.

3.5. Şeker Kamışı Posası

Şeker kamışı (*Saccharum officinarum* L.), Hindistan, Pakistan, Malezya ve Endonezya gibi ekvator ülkelerinde ve Brezilya gibi tropikal ülkelerde yaygın olarak yetişmektedir. Ortalama olarak, bir hektar şeker kamışı 10 ton atık üretmektedir. Bu atığın bir kısmı endüstrilerde enerji üretimi için kullanılırken diğer bir kısmı ise bir sonraki ürün için tarlayı temizlemek amacıyla yerinde yakılmaktadır. Yapılan çalışmada şeker kamışı posasından elde edilen yonga levhalarının ses emilim özellikleri incelenmiştir. Bunun için, farklı frekans bantlarındaki ses basınç seviyeleri analiz edilmiştir. Sonuçlar, üç tip levha için düşük ve yüksek frekans bantları arasında daha yüksek ses emilimini göstermiştir. Şeker kamışından elde edilen paneller, 500 Hz'nin altındaki ve 2000 Hz'nin üzerindeki frekans bantlarında daha düşük ses emilimi göstermiştir. Şeker kamışı panelleri, 630 Hz ile 1000 Hz arasındaki frekans aralığında emilen ses enerjisi açısından en iyi performansı göstermiştir. 1000 Hz'nin üzerinde diğer paneller daha yüksek ses emilimine sahiptir. Panellere ait yoğunluk ve nem değerleri belirli frekans bantlarındaki ses emilim performansını doğrudan etkilediği, panellerinin 500 Hz ile 2000 Hz arasındaki frekans aralığındaki ses akustığı sorunlarını çözme potansiyeline sahip bir malzeme olduğu bildirilmiştir (Carvalho vd., 2015). Başka bir çalışmada şeker kamışı posası panellerinin ve bambu yaprağı sapı liflerinin akustik özelliklerini incelemiştir. Sonuçlar, ofis bölmeleri ve alçıpan panellerin bileşimi için ses yalıtımı olarak tatmin edici değerler göstermiştir (Battistelle vd., 2016).



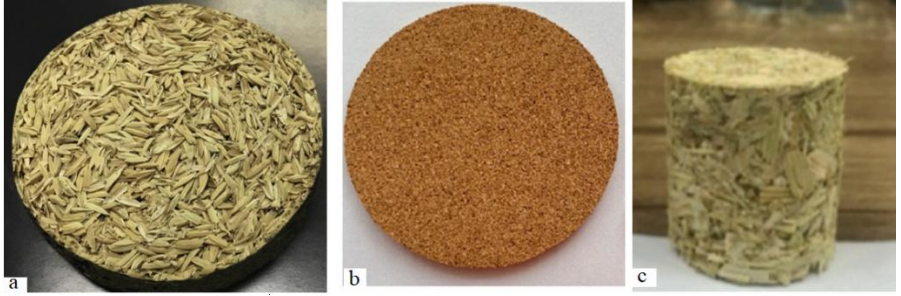
Şekil 7. Şeker kamışı posası lif kompozit (Haghighat vd., 2023).

Benzer bir çalışmada, pirinç kabuğu ve şeker kamışı lifi kullanılarak ve fenol formaldehit tutlaşı ile yapıştırılarak üretilen sürdürülebilir ses yalıtım panellerinin akustik özelliklerine odaklanılmıştır. Deney örneklerinin ses emilim katsayısı, empedans tüpü kullanılarak ISO 10534-2:1998 standartlarına uygun olarak belirlenmiştir. Her bir pirinç kabuğu parçasında hava boşluğu bulunması özelliğinden dolayı, %100 pirinç kabuğu karışımından yapılan akustik panelin diğer numunelere göre daha yüksek emilim katsayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun pirinç kabuklarının özelliğinden kaynaklanan süngerimsi yapısı ve buna bağlı olarak daha fazla ses emme kapasitesini sağlayan daha fazla boşluk alanı oluşturmamasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Zuhaira Ismail vd., 2015).

Yün ve şeker kamışından elde edilen kompozit malzemelerin akustik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, koyun yünü, keçi kılı, deve yünü ve şeker kamışı posasının özü ve lif demetlerinden yapılan beş yalıtım kompozit malzemesinin bazı fiziksel özellikleri ile birlikte akustik özellikleri analiz edilmiştir. Ses emilim katsayısının ölçümü bir empedans tüpünde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar deve yününün en yüksek ses emme performansına sahip olduğunu göstermektedir. En düşük NRC değeri keçi kılı için 0,52, en yüksek değeri ise deve yünü için 0,74 olarak tespit edilmiştir. Deve yününün maksimum ses emilim katsayısı 1000 Hz'nin üzerindeki bir frekansta 0,95 olarak belirlenmiştir (Beheshti vd., 2023). Şeker kamışı ile yapılan başka bir çalışmada, da Silva vd., (2019), sisal, hindistan cevizi ve şeker kamışından hazırlanan kompozit levhaların ses emilim performansını analiz etmişlerdir. Sonuç olarak şeker kamışı liflerinden üretilen kompozit levhaların, sisal ve hindistan cevizi kabuğundan elde edilen kompozitlerden daha yüksek akustik emilim ortaya koyduğu bildirilmiştir.

3.6. Tarımsal Ürün Kabukları

Günümüzde oldukça fazla miktarlarda tarımsal üretim sonucunda ortaya çıkan atık mahsül kabukları bulunmaktadır. Dünya genelinde pirinç kabuğu atığı, mısır kabuğu atığı ve tilkikuyruğu darı kabuğu gibi lignoselülozik biyokütle atıklarından oldukça fazla miktarda atık bulunmaktadır. Bu ürünlerin yenilenebilir ve düşük maliyetli kaynaklar olmaları nedeniyle kompozit malzeme üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle biyobazlı ve sürdürülebilir kompozitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar, tarımsal atıkların katma değerli ürünlere dönüştürülmesine ve çevresel atık yükünün azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Lignoselülozik yapıları, düşük yoğunluğu ve kolay temin edilebilmesi sayesinde farklı polimerik kompozitlerde kullanılabilir. Bu tür tarımsal kabukların kompozit malzemelerde değerlendirilmesi hem atıkların geri kazanılmasını hem de petrol esaslı takviye malzemelerine alternatif, daha sürdürülebilir ve ekonomik malzemelerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Marques vd., 2020; Fattahi vd., 2023; Balasubramanian vd., 2020). Pirinç kabuğundan yapılan akustik paneller, tarımsal pirinç atıklarının çimento, polimerler veya doğal lifler gibi bağlayıcılarla birleştirilmesi veya bağlanmasıyla oluşturulan çevre dostu, sürdürülebilir ses emici malzemelerdir (Marques vd., 2021).



Şekil 8. Akustik deney örnekleri [a: Pirinç kabuğu (Buratti vd., 2018); b: Tilki kuyruğu darı tozu (Balasubramanian vd., 2020); c: Mısır kabuğu (Fattahi vd., 2023)]

Atık pirinç kabuklarının değerlendirilmesi amacıyla kabukların yapıştırılması ve preslenmesiyle elde edilen geri dönüştürülmüş atık panellerin termal, akustik ve çevresel performanslarının analiz edildiği bir çalışmada, farklı geri dönüşümlü malzemelerle (mantar artıkları, ömrünü tamamlamış lastikler, kahve kabuğu, atık kağıt, tekstil elyaf paspasları, yün elyaf artıkları) birlikte 6 farklı kompozit levha üretilmiştir. Elde edilen kompozitlerin ses emilim katsayıları empedans tüpü kullanılarak ölçülmüştür. Deneylerden sonra tüm paneller, geleneksel panellerle karşılaştırılabilir akustik sonuçlar ortaya koymuştur (tepe değerleri 0,87–0,99). Pirinç kabuklarından elde edilen kompozitlerin ses emilim katsayısı en yüksek 0,87 iken, maksimum değerler mantar için 1 ve yün elyaf artıkları için 0,97 olarak elde edilmiştir (Buratti vd., 2018). Bir başka çalışmada, Yang vd, (2003), pirinç sapı ve ahşaptan yapılmış üç kompozit malzemenin (ağırlıkça %10, %20 ve %30 pirinç) ses emme katsayısını analiz etmişlerdir. Deney örneklerinden %10'luk panellerin ses emme katsayıları, yonga levha, lif levha ve kontrplak panellerden

daha yüksek olarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada hem düşük hem de yüksek frekanslı ses dalgalarına ilişkin gürültü kirliliğini azaltmak amacıyla, hindistan cevizi lifi ve pirinç kabuğu akustik paneller geliştirilmiş ve akustik performansları analiz edilmiştir. Sonuç olarak yoğunluğu 200 kg/m^3 olan hindistan cevizi lifi-pirinç kabuğu akustik paneller, düşük frekans aralığında (500 Hz - 1000 Hz) ortalama 0,83 ve yüksek frekans aralığında (1500 Hz - 5000 Hz) 0,9 ses emilim katsayısı sergilemiştir (Lekshmi vd., 2023). Mısır kabuğundan elde edilen kompozit malzemelerin akustik özelliklerini analiz etmek için mısır kabuğu ile yumurta viyolu, şeker kamışı ile yumurta viyolu ve bunların kombinasyonlarından üretilmiş akustik panellere deneyler uygulanmıştır. Seçilen malzemelere, gürültü azaltma katsayılarını (NRC) elde etmek amacıyla yankı odası testi ve ses emme katsayılarını (SAC) elde etmek amacıyla empedans tüpü testi uygulanmıştır. Empedans deneyinde, emilim değerlerinin frekans aralığının 0 Hz ile 1000 Hz arasında olduğu görülmüştür. Akustik panellerin ilgili formları için, düşük frekans koşullarında elde edilen SAC değerleri sırasıyla 0,96, 0,97 ve 0,89 olarak bulunmuştur. NRC durumunda ise, seçilen paneller için elde edilen değerler 0,55, 0,59 ve 0,50 olarak belirlenmiştir (Kaamin vd., 2019). Literatürde farklı tarımsal atıklardan elde edilen akustik kompozit malzemelere ait ses emme özellikleri incelenmiş ve yoğunluk ve kalınlık değerlerine bağlı olarak pirinç kabuğundan elde edilen deney örneklerinin gürültü azaltma katsayıları (NRC) 0,08 ile 0,72 arasında değiştiği belirtilmiştir. Aynı şekilde düşük ve orta yoğunluklu mısır kabuğundan akustik amaçlı elde edilen kompozitlerin, 0,27 ile 0,63 arasında değişen *NRC* değerler sergilediği ortaya konmuştur (Ye vd., 2025). Tilki kuyruğu darı kabuğu ve polipropilen kompozit panellerin akustik özelliklerinin analiz edilmesi için yapılan başka bir çalışmada, kompozit panellerin lif kütle içeriği, yoğunluğu ve kalınlığı gibi fiziksel parametreler değiştirilerek bunların ses emilimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneylerde kompozit levhaların gürültü azaltma katsayısı (NRC) ve ortalama ses emilim katsayısı belirlenmiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde tilki kuyruğu darı kabuğu tozunun %40 lif kütle oranının, ortalama ses emilim katsayısı değeri 0,33 ve NRC değeri 0,257 ile etkili bir ses emilimi sağladığı ortaya konmuştur. Ayrıca çalışmada kompozit levhaların akustik özelliklerini geliştirmek için hava boşluğu ve destek malzemeleri eklenmiş böylelikle 35 mm kalınlığında hava boşluğu ve 5 mm kalınlığında sert destek malzemesi ile, 0,70'lik bir NRC değeri ve 0,63'lük ortalama ses emilim katsayısı elde edilmiştir. Bu sonuçlar, piyasada bulunan akustik panellerle karşılaştırılabilir düzeyde olarak değerlendirilmektedir (Balasubramanian vd., 2020).

3.7. Palmiye

Her yıl palmiye ağaçlarının yapraklarının bir bölümü kuruyarak dökülmekte ve bunun sonucunda ağacın gövdesini saran, kaba ve kahverengi yaprak kını liflerinden oluşan bir yapı meydana gelmektedir. Yüksek dayanıklılık ve mukavemet özelliklerine sahip olan palmiye yaprak kını lifleri şilte, kanepe, deniz ipi, çuval ve geleneksel yağmurluk gibi çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Zhao vd., 2013; Li vd., 2020).



Şekil 9. Hurma ağacı lifi ses emici panel (Taban vd., 2021).

Abd Al-Rahman vd., (2012)'e göre, palmye ve hindistan cevizi lifleri gibi mikro gözenekli malzemelerde lif çapının azalması, hava akışına karşı direnci ve akustik emme katsayısını artırmaktadır. Yapılan çalışmada palmye lifinden elde edilen kompozit malzemelerin akustik özellikleri analiz edilmiştir. Bunun için hurma lifi kullanılarak üretilen ses emici akustik panellerde, gözenekli katman kalınlıklarının, yoğunluklarının ve sıkıştırmanın akustik soğurma katsayısı (AAC) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Akustik ölçümler bir empedans tüpü kullanılarak yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler, 50 mm kalınlığındaki örnekler için 1356 Hz'de 0,93'lük iki tepe AAC değeri olduğunu ve aynı kalınlık için yüksek frekansta 4200-4353 Hz'de 0,99'luk AAC değeri elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca daha yoğun numunenin (11 kg/m³), 1934-2250 Hz'de 0,83'lük daha yüksek bir AAC değerine, daha az yoğun numunenin (9,92 kg/m³) ise 2443-2587 Hz'de 0,84'lük bir AAC değerine sahip olduğunu göstermektedir. Kalınlığın AAC'ye etkisi incelendiğinde 20, 30, 40 ve 50 mm kalınlığındaki deney örneklerinin en yüksek AAC değerleri sırasıyla 0.64, 0.83, 0.84 ve 0.86 olarak belirlenmiştir (Abd Al-Rahman vd., 2012). Benzer bir çalışmada hurma atığı liflerinden farklı kalınlıklarda (25, 35, 45 ve 55 mm) ve yoğunluklarda (125 ve 175 kg/m³) düşük maliyetli ses emici akustik paneller üretilmiştir. Bulgular, kalınlık ve yoğunluk artıkça ses emme katsayısının arttığını ve 55 mm kalınlık ve 175 kg/m³ yoğunluğa sahip numunelerin en yüksek ses emilim performansına sahip olduğunu göstermektedir (Taban vd., 2021).

Son yıllarda geleneksel akustik malzemelere alternatif ürünlerin geliştirilmesine yönelik çabalar giderek artmaktadır. Bu amaçla alternatif bir doğal akustik malzeme olarak hurma ağacının boş meyve salkımından elde edilen liflerin kullanımını ile elde edilen ses emici panellerin akustik performansları analiz edilmiştir. Deney örnekleri, farklı yoğunluk ve kalınlıklarda üretilerek, bunların ses emilim performansı üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, 1000 Hz'nin üzerindeki frekans aralıklarında ortalama 0,9 ses emilim katsayı değerine ulaşıldığını göstermiştir (Or vd., 2017).

3.8. Kenaf Lifi

Kenaf lifi (*Hibiscus Cannabinus*), bitki köklerinden elde edilen daha çok sıcak iklim bitkisi. Lifli yapısından dolayı hem yalın hem de kompozit olarak yaygın kullanıma sahiptir. Özellikle kâğıt imalatında, inşaat malzemelerinde, hayvan yemi olarak büyük pazara sahiptir. Kenaf lifi ses yutumu açısından değerlendirildiğinde 6 cm kalınlık 50 kg/m³ yoğunluk ve 4 cm kalınlık 100 kg/m³ yoğunluk için 1600 Hz-3600 Hz frekans aralığında ortalama 0,91 oranında ses emme katsayısı ile oldukça başarılı sonuçlara ulaşmışlardır (Berardi and Iannace, 2015).

İnsanların sağlık bilinci ve çevreye duyarlılığı arttıkça, araştırmacılar düşük maliyetli, sağlıklı ve çevre dostu ses emici malzemeler geliştirmeye yönelik çalışmalarını sürdürmektedir. Doğal lifler düşük maliyetli, biyobozunur, kolay erişilebilir ve çevre dostu olmalarının yanı sıra iyi ses emme özelliklerine sahip olmaları nedeniyle ses yalıtımı ve ses emiliminde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Atık kenevir liflerinin yüksek verimli ve yüksek değerli geri dönüşümünü gerçekleştirmek amacıyla yapılan çalışmada yapısal özelliklerine göre, atık kenevir lifinin ses emme mekanizması analiz edilmiştir. Atık kenevir lifinin mükemmel yüksek frekanslı ses emme performansına sahip olduğu ve maksimum ses emme katsayısının 0,95 olduğu, atık kenevir lifi kompozitinin maksimum ses emme katsayısının ise 0,93'e ulaştığı tespit edilmiştir (Zhang vd., 2022).



Şekil 10. Kenaf lifi akustik deney örneği (Berardi and Iannace, 2015).

Doğal liflerin ses emicilik özelliklerinin incelenmesine yönelik çalışmalar olmasına rağmen yeterli sayıda analiz edilememiştir. Bu amaçla kenaf lifinden elde edilmiş kompozitlerin ses emilimi hem normal hem de rastgele ses geliş açısı altında empedans tüpü yöntemi ve bir yankı odası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca lif kalınlığı ve yoğunluk etkisi analiz edilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen sonuçlar genel olarak, 140-150 kg/m³ yığın yoğunluğu ve 25-30 mm kalınlık için emilim katsayısının 500 Hz'den başlayarak 0,5'in üzerinde olduğunu ve 1,5 kHz'in üzerinde ortalama 0,85'e ulaşabildiğini göstermektedir (Lim vd., 2018). Başka bir çalışmada kenaf/bambu lif takviyeli epoksi hibrit kompozitlerin diğer özellikleri ile birlikte akustik özellikleri analiz edilmiştir. Kenaf/bambu ağırlık oranları 30:70, 50:50 ve 70:30 olarak

belirlenmiştir. Ayrıca, karşılaştırma amacıyla saf kenaf ve bambu kompozitleri de üretilmiştir. Deney sonuçlarında kompozitlerin ses emme katsayılarının benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Kompozitlerin ses emme katsayısı hava boşluğu olmadan ve hava boşluğu ile belirlenmiştir. Hava boşluğu olmadan yapılan testlerde ses emme katsayısı 0.5'ten az olarak belirlenmiştir. Ayrıca deneylerde hava boşluğunun eklenmesi tüm kompozitlerin ses emme katsayısını iyileştirmiştir (İsmail vd., 2019).

Doğal lifler, hayvansal, mineral veya bitkisel kaynaklardan doğrudan elde edilebilen liflerdir. Son zamanlarda doğal malzemeler, daha yeşil bir çevreye ve sağlığa fayda sağladıkları için sentetik malzemelere iyi birer alternatif haline gelmektedir. Yapılan akustik çalışmada bazı doğal liflerle beraber (palmye yaprağı, hindistan cevizi lifi, ıjuk lifi) kenaf lifinin de akustik özellikleri doğal kauçuk eklenerek analiz edilmiştir. 50 mm kalınlığındaki deney örneklerinin akustik ölçümleri empedans tüpü yardımıyla belirlenmiştir. Doğal kauçuk içeren numuneler, 1000 Hz'den önce düşük frekans aralığında büyük ölçüde artış göstermiş ve 0.9'dan fazla emilim katsayısı değerine ulaşmıştır. %20 doğal kauçuk içeren kenaf örneklerinin ses emilim katsayısı 875Hz'de 0.97 olarak tespit edilmiştir (Yahya vd., 2017).

3.9. Hindistan Cevizi

Günümüzde çevresel sürdürülebilirliğin önem kazanmasıyla birlikte, petrol türevi ve biyobozunur olmayan sentetik malzemelere alternatif olabilecek doğal liflerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu doğal ve çevre dostu ürünlerden birisi de Hindistan cevizi lifidir. Tropik bölgelerde yetişen palmye türü bir bitki olan Hindistan cevizi ağacının meyvesinden elde edilen Hindistan cevizi lifi, meyvenin dış kısmında bulunan ve dayanıklı yapısı sayesinde çeşitli alanlarda kullanılan bir tarımsal atıktır. Bu lif, olgunlaşmış Hindistan cevizlerinden elde edilmekte ve ekstraksiyon işleminden sonra kurutularak lif halinde veya preslenmiş biçimde kullanılmaktadır (Berardi and Lannace, 2015). Fouladi vd., (2011) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada, Hindistan cevizi lifinin gözenekli bir malzeme olarak akustik emilim katsayısı incelenmiştir. Çalışmada 20 mm kalınlıktaki lif örneklerinde 1360 Hz'in üzerindeki frekanslarda ortalama yaklaşık 0.8 ses emme katsayısı elde edilmiş, kalınlığın 45 mm'ye çıkarılmasıyla daha düşük frekanslardaki ses emme performansının da iyileştiği bildirilmiştir.

Özellikle lif kalınlığı, yoğunluk, gözeneklilik ve lif yapısının ses emme performansı üzerinde belirleyici olduğu bilinmektedir. Günümüzde çevresel etkileri değerlendirildiğinde biyo-bazlı malzemelerin mühendislik uygulamalarında kullanımı, özellikle yapısal bileşenler, yalıtım malzemeleri ve hafif yapılar söz konusu olduğunda önemli ölçüde genişlemiştir. Yapılan bir çalışmada Hindistan cevizi liflerinin akustik özellikleri analiz edilmiştir. Kalınlık, gözeneklilik ve kıvrımlılık dikkate alındığında, ses emilim katsayısı en çok araştırılan özellik olduğu bildirilmiştir. Hindistan cevizi lifinin, inşaat veya otomotiv gibi çeşitli uygulama alanlarında ses yayılımını azaltmak için kullanılan geleneksel malzemelerin yerine geçebilecek iyi bir aday olduğunu

göstermektedir. En iyi sonuçlar 0.75 ile 0.94 arasında bir ses emilim katsayısı ile düşük frekansta (500–2500 Hz) elde edilmiştir (Ly vd., 2022).



Şekil 11. Hindistan cevizi lif paneller (URL-4)

Başka bir çalışmada, farklı kalınlık ve yoğunluklardaki Hindistan cevizi lifi numunelerinin ses emilim performansı deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Kalınlık ve yoğunluğun etkisini belirlemek için Delany-Bazley modeli kullanılmış, ses emilim katsayısının ölçümü ise empedans tüpü ile belirlenmiştir. Çalışmada 35 mm kalınlık ve 220 kg/m³ yoğunluğa sahip numunede 2900 Hz frekansta 0.84 ses emilim katsayısı ölçülmüştür. Çalışmada Hindistan cevizi lifinden elde edilen akustik örneklerin, ses enerjisini etkili bir şekilde dağıtarak iyi ses emilim özellikleri sağladığı tespit edilmiştir (Bhingare ve Prakash, 2021). Başka bir çalışmada, Hindistan cevizi liflerinin akustik ölçümleri deneysel ve simülasyon yardımıyla belirlenmiş ve karşılaştırmaları yapılarak sonuçlar analiz edilmiştir. Deneyler sonucunda bağlayıcı madde eklenerek veya eklenmeden üretilen Hindistan cevizi lifi örneklerinin benzer akustik performans gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmada ses emilim katsayısı için, deneyler 1000 ila 1800 Hz frekans aralığı için 0.70 ile 0.80 arasında bir değer verirken, simülasyondan elde edilen ses emilim katsayısı 500 ila 2500 Hz frekans aralığı için 0.70 ile 0.85 arasında bir değer verdiği bildirilmiştir (Zulkifli vd., 2008).

3.10. Miselyum Bazlı Kompozitler

Küresel nüfusun sürekli artışı ve hızlı kentleşme, inşaat malzemeleri başta olmak üzere çeşitli ham maddelere yönelik talebin önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır. Sentetik malzemelerin üretim süreçleri ise çoğunlukla yüksek miktarda atık oluşumuna yol açmakta ve buna bağlı olarak çevre üzerinde önemli olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu durum, mimarların ve tasarımcıların sürdürülebilir ve çevre dostu alternatif malzemelere yönelik ilgisinin giderek artmasına katkı sağlamıştır. Mantarlar, üretim süreçlerinde minimum düzeyde veya hiç atık oluşturmada biyolojik olarak parçalanabilir malzemeler de dâhil olmak üzere çeşitli sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlayan, önemli bir biyolojik kaynak olarak öne çıkmaktadır. Mantarların vejetatif yapısını oluşturan miselyum, tek başına veya kompozit yapıların bir bileşeni olarak malzeme geliştirme süreçlerinde kullanılabilir. Miselyum, lignoselülozik malzemeler içerisinde gelişerek oluşturduğu ağ yapısı aracılığıyla birbirinden bağımsız parçacıkları bir araya getirip bütünleşik ve katı bir malzeme yapısına dönüştürebilmekte ve bu şekilde Miselyum Bazlı Kompozitlerin (MBC'ler)

oluşumunu sağlamaktadır (Madusanka vd., 2024). Sürdürülebilir akustik ses emicilerin geliştirilmesine yönelik yapılan bir çalışmada, bağlayıcı görevi gören lifli bir ağ içinde mantar yetiştirilerek, *Pleurotus pulmonarius* mantarı, şeker kamışı posası ve dolgu maddesi olarak kullanılan sentetik tekstil atık şeritlerinden sürdürülebilir bir ses emici kompozit malzeme geliştirilmiştir. Üretilen kompozitler üzerinde akustik ölçümler yapılarak sonuçlar analiz edilmiştir. ISO 10534-2 kullanılarak ölçülen ses emilimi, tipik bir gözenekli ses emilim özelliğini yansıtmaktadır. Ses emiliminin 250 Hz'den 2000 Hz'ye kadar frekanslarda artış göstermektedir. Kompozit levhanın yoğunluğu 153 kg/m^3 ve kalınlığı 1,2 cm'dir. Şeker kamışı posası ve tekstil atıklarından elde edilen miselyum kompozitin en yüksek ses emilim katsayısı yaklaşık olarak 0.8 olarak belirlenmiştir. Ses emilimi ortalaması, 200 ile 2500 Hz arasında yaklaşık %40 olarak gerçekleşmiştir (Garcia vd., 2023). Bezer bir çalışmada, yapraklar ve çim kırpıntıları ile farklı tekstil atıklarının birleştirilmesiyle elde edilen miselyum bazlı kompozitlerin akustik ölçümleri empedans tüpü ile 200-5000 Hz arsında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen kompozitlerde 1500 Hz ile 4000 Hz arasındaki frekans aralığında %50'nin üzerinde ses emilim değerleri sergilediği rapor edilmiştir (Gomez vd., 2025).



Şekil 12. Miselyum bazlı akustik panel (Walter ve Gürsoy, 2022).

Miselyum bazlı kompozitler, yapı sistemlerde petrokimya bazlı malzemelerin yerini alma potansiyeline sahiptir ve sentetik ses emici malzemelere biyolojik olarak parçalanabilir alternatifler sunma kabiliyetine sahiptirler. Yapılan çalışmada atık kartonlarında kullanıldığı miselyum bazlı kompozitlerin ses emilim özellikleri analiz edilmiş ve deneyler sonucunda karton bazlı miselyum malzemelerinin akustik ve yapısal olarak iyi performans gösterdiği ve akustik panellerde başarıyla kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Deney örneklerine ait ortalama ses emilim katsayılarının frekansa bağlı olarak 0.36 ve 0.42 olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (Walter ve Gürsoy, 2022).

Miselyum bazlı panel üretiminde farklı mantar ve substrat türleri kullanılabilmektedir. Yenilebilir mantar yetiştiriciliği, genellikle yeterince kullanılmayan ve çevresel ve finansal sorunlara yol açan büyük miktarda tarımsal yan ürün üretmektedir. Yapılan çalışmada farklı mantar substratları kullanılarak elde edilen miselyum kompozitlerin akustik performansları analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular en iyi performans gösteren formülasyonların 1600 Hz'de 0,9'un

üzerinde ses emilim katsayıları (α) elde ettiğini ve çoğu yüksek frekans bandında (2400–6400 Hz) 0,75'in üzerinde değerler koruduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar elde edilen kompozitlerin ses yalıtım uygulamaları için güçlü bir potansiyel ortaya koymuştur (Dognini vd., 2026).

3.11. Diğer Bazı Biyo-Bazlı Malzemeler

Yukarıda açıklanan biyo-bazlı ürünler dışında, yapı sektöründe yüksek derecede kullanılma potansiyeline sahip farklı türlerde ürünler bulunmaktadır. Yapı sektöründe biyo-bazlı malzemelerin geliştirilmesi, özellikle ses yalıtımı alanında önemli ilerlemeler sağlamış ve geleneksel yalıtım malzemelerine kıyasla çevre dostu alternatifler sunmuştur. Bu malzemeler yenilenebilir kaynaklardan elde edilmekte ve sentetik muadillerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük enerji tüketimine ve çevresel etkilere sahip olmaktadır (Berardi ve Iannace, 2015; Wang vd., 2018, Ye vd., 2025; Ye vd., 2026).

Sisal lif kompozitleri, doğal gözenekli yapıları, pürüzlü yüzey morfolojileri ve içi boş mikro kanalları sayesinde olağanüstü akustik emme ve yalıtım özelliklerine sahip ürünler olarak değerlendirilebilir. Ses emme katsayıları (SAC), genellikle daha yüksek lif ağırlık oranları ve optimize edilmiş malzeme kalınlığı ile iyileştirilebilir; bu da onları gürültü kontrolü ve bina akustiği için verimli ve çevre dostu alternatifler haline getirebilmektedir (Kannan vd., 2025). da Silva vd., (2019), PVA ile yapıştırılmış sisal liflerinin 30 mm kalınlıkta 2 kHz'in üzerindeki frekans bandında 0,8'den büyük bir ses emme katsayısı sergilediğini bulmuşlardır. Ayrıca Sisal lifinin içi boş yapısı, yüksek ses yalıtımına katkıda bulunmaktadır. Dhandapani ve Megalingam, (2022), sisal ve palmye lifiyle güçlendirilmiş kompozitlerin ses yalıtım performansını incelemiş ve belirli lif oranlarının ses yalıtım performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Jüt lifi, bol miktarda bulunan doğal ve biyolojik olarak parçalanabilir bir liftir ve dünya çapında selüloz liflerinin üretim seviyeleri bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Jüt lifi, mükemmel performans, uygun fiyat, enerji tasarrufu ve çevre koruma gibi birçok avantaj sunmaktadır. Geleneksel reçine malzemelerine kıyasla jüt lifi takviyeli reçine kompozitlerinin üstün sertliği ve mukavemeti nedeniyle, otomobillerin hafifletilmesi, enerji tasarrufu ve çevre korumasında önemli bir rol oynamaktadırlar (Islam ve Alauddin, 2012; Wang vd., 2024). Jüt bitkisinin karakteristik özellikleri sayesinde akustik amaçlı kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada, farklı jüt lifi içeriğinin kompozit malzemelerin ses emme özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada jüt-polipropilen kompozitlerin ortalama ses emme katsayısının lif içeriğiyle arttığı ortaya konmuştur. Ayrıca polipropilene jüt lifi eklenmesi, malzemenin ses emme ve gürültü azaltma performansını etkili bir şekilde iyileştirmiştir. %20 kütle içeriğinde kompozit malzemenin ortalama ses emme katsayısı, polipropilen matris malzemesine göre %120 daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Wang vd., 2024). Başka bir çalışmada, jüt, hindistan cevizi lifi ve jüt-hindistan cevizi lifi karışımı dokunmamış kumaş örneklerinin ses emme katsayıları analiz edilmiştir. Ses emme katsayısının belirlenmesinde empedans tüpü kullanılmış ve 250 Hz, 500

Hz, 1000 Hz ve 2500 Hz frekanslarında gözlemlenen ses emme katsayısının ortalama değeri, gürültü azaltma katsayısını hesaplamak için kullanılmıştır. Deneysel çalışma, dokumasız jüt kumaş numunesi kalınlığının 15 mm'den 45 mm'ye çıkarılmasıyla, %50 jüt ile %50 hindistan cevizi lifinin karıştırılmasının ve hava boşlukları oluşturularak test edilen dokumasız kumaş numunelerinin daha yüksek ses emilim katsayısı ve iyileştirilmiş gürültü azaltma katsayısı ile sonuçlandığını göstermiştir (Singh ve Kapoor, 2023).

Pamuk ve yün gibi doğal lifler, lifli ve gözenekli yapıları sayesinde üstün akustik özellikleriyle öne çıkmaktadır. Son yıllarda, akustik sistemlerin tasarımında gelişmiş gürültü kontrolü, ağırlık azaltımı, dayanıklılık ve tasarım esnekliği gibi avantajlar sağlayan geri dönüştürülmüş lif esaslı ürünler, sahip oldukları gürültü kontrol özellikleri nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bununla birlikte, pamuk gibi doğal liflerin akustik performansın iyileştirilmesi amacıyla kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Bu doğrultuda, geleneksel yalıtım malzemeleriyle karşılaştırılabilir akustik özelliklere sahip geri dönüştürülmüş pamuk lifleri esaslı yalıtım malzemelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir (Sakthivel vd., 2020). Son zamanlarda, çevresel etkileri nedeniyle petrokimya bazlı malzemelerin yerini doğal malzemeler almaya başlamıştır. Doğal lifli malzemeler, geri dönüştürülmüş pamuk, kenevir ve kapok liflerinden yapılan keçeler gibi alternatifler sunmaktadır. Bu malzemeler, yoğunluklarına, kalınlıklarına ve yapısal farklılıklarına bağlı olarak çeşitli akustik performans özelliklerine sahiptir. Yapılan çalışmada %50 oranında geri dönüştürülmüş pamuk lifi ve %20 oranında kapok ve kenevir lifi kullanılarak, sırasıyla 10 ve 25 mm kalınlığında, 1200 g/m² ve 1400 g/m² yoğunlukta kompozit deney örnekleri hazırlanmış ve ses emilim özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, daha yüksek kalınlık ve yoğunlukta ses emiliminin genel olarak arttığını, ses iletim kaybının ise azaldığını göstermiştir (Bilir vd., 2025). Bunlarla beraber Hindistan cevizi lifi, çim, ceviz yaprağı, talaş ve su sümbülü gövde lifi bazlı malzemeler de dahil olmak üzere lif bazlı kompozitler, yoğunluklarına, kalınlıklarına, özgül bileşimlerine ve yapılarına bağlı olarak 0.04 ile 0.84 arasında geniş bir NRC değeri ortaya koyduğu bildirilmiştir (Ye vd., 2025).

4. Sonuç ve Öneriler

Doğal lifler, sentetik ve mineral lifler ile petrol türevi ürünlerin yerini alan, çevre dostu, sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerdir. Yenilenebilir kaynaklar olması, üretim ve bertaraf sırasında çevreye daha az zarar vermeleri, doğal lifleri sentetik liflerden daha avantajlı hale getirmektedir (Sanjeevi vd., 2021). Ayrıca, doğal lifler çok işlevlidir ve özellikle orta ve yüksek frekanslarda ses emilimine yardımcı olan karmaşık iç morfolojiye sahiptirler. Doğal liflerin kullanımı, yapı malzemelerinin karbon ayak izini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda inşaat uygulamalarının genel sürdürülebilirliğinin de artırılmasına katkı sunar (Arunkumar vd., 2023; Sekar vd., 2022). Biyo-bazlı doğal lifler, akustik amaçlı çevre dostu hafif malzemelerin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal malzemeler, bulunabilirlikleri, düşük işleme maliyetleri ve akustik dalgaları iyi emebilen organik yapısal

organizasyonları nedeniyle, ses emici panellerin üretiminde pahalı sentetik liflerin yerini alma konusunda büyük bir avantaja sahiptir (Sgriccia vd., 2008; Venkateshwaran vd., 2012).

Son zamanlarda doğal elyaf bazlı malzemeler, çevre dostu olmaları, düşük maliyetleri ve iyi akustik emilim yetenekleri nedeniyle akustik uygulamalar için yapı uygulamalarında oldukça popüler hale gelmiştir. Biyo-bazlı lifler üzerinde gerçekleştirilen ölçümler, bu malzemelerin gözenekli malzemelere benzer şekilde ses yalıtımı açısından yüksek performans gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Doğal liflerin akustik performansını etkileyen başlıca faktörler arasında, elyaf tipi, elyafın inceliği ve uzunluğu, liflerin homojen dağılımı, hava akışı, lif ve malzeme kalınlığı ve malzeme yoğunluğu, gözeneklilik ve hava boşluğu, akış direnci, yüzey yapısı, sıkıştırma özellikleri, bağlayıcılar, frekans, yer almaktadır. Lif kalınlığının artmasıyla birlikte, özellikle düşük frekans aralığında ses yalıtım performansının da arttığı gözlenmektedir. Mineral ve sentetik esaslı ses yalıtım malzemelerinin çevresel, sağlık ve ekonomik açıdan oluşturabileceği olumsuzluklar, doğal lif esaslı malzemelere yönelik eğilimin artmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, teknolojik gelişmelerin yanı sıra çevre bilincinin artması, insan sağlığına verilen önemin artması ve sürdürülebilirlik anlayışının yaygınlaşması, geleneksel ve doğal liflerin kullanım alanlarının genişlemesini destekleyecektir. Doğal biyo-bazlı kompozitler, gözenekli yapıları nedeniyle nispeten iyi ses emilim yeteneği sergilerler. Alkali işleme yüzey modifikasyonu, ses emilim performansını artırabilir. Bu doğrultuda, doğal ve geleneksel liflerin hem ısı yalıtımı hem de ses yalıtımı uygulamalarında alternatif ve sürdürülebilir malzemeler olarak değerlendirilmesi mümkündür (Kaya ve Dalgar, 2017; Hassan vd., 2021).

Akustik amaçlı doğal elyaf takviyeli kompozitler üzerine yapılan çalışmalar, birçok malzemenin geleneksel malzemelere benzer akustik özelliklere sahip olduğunu ve daha düşük çevresel etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Sekar vd., 2019). Öte yandan bazı biyo-bazlı malzemeler üstün ses emilim özellikleri ortaya koyarken bazıları ise istenen seviyede olamamaktadır. Doğal lifler yapıları gereği farklı malzemeler ile bir arada kullanılarak akustik özellikleri geliştirilebilmektedir. Yapılacak çalışmalarda kompozit levhaların yoğunluklarının optimize edilmesi, gözenek yapısının iyileştirilmesi, lif dağılımının düzenlenmesi, kompozitlere hava boşluklarının eklenmesi, uygun hibrit kompozit yapısının oluşturulması gibi etkenler ses emici ürünlerin akustik performansının geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Son yıllarda özellikle yapı sektöründe sürdürülebilir yapı malzemelerine yönelik eğilimin artmasıyla birlikte, biyo-bazlı ve geri dönüşümlü liflerin akustik uygulamalarda değerlendirilmesi önem kazanmıştır. Özellikle tarımsal ve endüstriyel atıklarından elde edilen geri dönüşümlü lifler, atıkların yeniden değerlendirilmesine olanak sağlamasının yanı sıra, lifli ve gözenekli yapıları sayesinde ses yutucu malzeme üretiminde potansiyel bir hammadde olarak değerlendirilmektedir. Çevresel etkilerin azaltılması, atıkların yeniden değerlendirilerek katma değer sağlanması, doğal kaynakların korunması, karbondioksit salınımının azaltılması, ekonomiklik sağlanması gibi avantajları

bakımından biyo-bazlı akustik malzemelerin kullanımı önemlidir. Bununla birlikte, doğal liflerin akustik uygulamadaki kullanımında nem hassasiyetinin azaltılması, yangına karşı dayanım, biyolojik bozunma ve uzun süreli mekanik dayanıklılık gibi özelliklerin de göz önünde bulundurulması ve bu konuların daha fazla incelenmesini gerektirmektedir. Bu açıdan doğal ve geri dönüştürülmüş liflerin akustik performanslarının geliştirilmesi, sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanım alanlarının genişletilmesi açısından önemli bir araştırma alanı oluşturabilir. Gelecekteki yapılması planlanan çalışmalarda, malzeme tasarımı, lif işleme teknikleri ve hibritleştirme stratejileri kullanarak mekanik, akustik ve termal özellikler arasındaki dengeyi daha iyi sağlayarak daha nitelikli ve dengeli malzemelerin geliştirilmesi sağlanabilir. Sürdürülebilir yapılarda biyolojik bazlı yalıtım malzemeler alanında yapılacak daha fazla araştırma ve geliştirmelerle, daha da sofistike ve özel niteliklere sahip biyo-bazlı kompozitler oluşturulabilir ve bu da daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir geleceğin yolunu açabilir.

Biyo-bazlı malzemeler, büyüme süreçleri sırasında CO₂ tutmaları sayesinde düşük veya negatif karbon ayak izine ulaşma açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, sentetik malzemelere kıyasla genellikle daha az enerji tüketmeleri, karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Literatür çalışmalardan anlaşılabileceği üzere ses iletim katsayısı ve gürültü azaltma katsayısı biyo-bazlı lif kompozitlerin yoğunluğuna, malzemenin porozitesine, kalınlığına, elyaf yönelimine, malzeme türüne ve birçok etkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda elde edilen biyo-bazlı kompozitlerin daha çok akustik performanslarına odaklanılmıştır.

Genel olarak yapı performansın optimizasyonu, sürdürülebilirlik, çevresel etkinin azaltılması ve akustik düzenin sağlanabilmesi için uygun nitelikte biyo-bozunur ve doğal ürünlerden kenevir, keten, jüt, sisal, hindistan cevizi lifi, pamuk, ahşap ve ahşap esaslı malzemeler, tarımsal atıklar (buğday samanı, pirinç sapı, mısır sapı, ayçiçeği sapı vb.) ile bunların yapıştırılmasında nişasta bazlı bağlayıcılar, biyo-bazlı reçineler, lignin, doğal lateks, kazein, selüloz bazlı bağlayıcılar gibi doğal ve sürdürülebilir bağlayıcıların kullanılması iyi performansın sağlanmasında etkilidir. Bunlarla beraber akustik performansın geliştirilmesi ve daha iyi ses emiliminin sağlanabilmesinde üretilen malzemelerde hava boşluğunun oluşturulması, uygun lif çapı, lif uzunluğu, gözeneklilik ve levha kalınlığının optimizasyonu etkili olabilir. Bunların yanında yapı uygulamalarında yangın davranışları, termal iletkenlik, mekanik özellikler ve neme karşı dayanıklılık ve uzun süreli kullanım gibi faktörlerde önemli parametrelerdir. Gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda bu parametreler üzerine daha fazla ve ayrıntılı çalışmaların yapılması önerilebilir.

Kaynaklar

- Abd Al-Rahman, L., Raja, R. I., Rahman, R. A., & Ibrahim, Z. (2012). Acoustic properties of innovative material from date palm fibre. *American Journal of Applied Sciences*, 9(9), 1390-1395.
- Ali, M., Alabdulkarem, A., Nuhait, A., Al-Salem, K., Iannace, G., Almuzaiqer, R., Al-turki, A., Al-Ajlan, F., Al-Mosabi, Y., & Al-Sulaimi, A. (2020). Thermal and acoustic characteristics of novel thermal insulating materials made of Eucalyptus Globulus leaves and wheat straw fibers. *Journal of Building Engineering*, 32, 101452.
- António, J. (2011). Acoustic behaviour of fibrous materials. In *Fibrous and composite materials for civil engineering applications* Edited by: R. Figueiro (pp. 306-324). Woodhead Publishing.
- Arunkumar, D., Latha, A., Suresh Kumar, S., Chohan, J.S., Velmurugan, G., & Nagaraj, M., (2023). Experimental investigations of flammability, mechanical and moisture absorption properties of natural flax/nanoSiO₂ based hybrid polypropylene composites. *Silicon*, 15(17), 7621-7637.
- Asdrubali, F., Bianchi, F., Cotana, F., D'Alessandro, F., Pertosa, M., Pisello, A. L., & Schiavoni, S. (2016). Experimental thermo-acoustic characterization of innovative common reed bio-based panels for building envelope. *Building and Environment*, 102, 217-229.
- Balasubramanian, D., Rajendran, S., Srinivasan, B., & Angamuthu, N. (2020). Elucidating the sound absorption characteristics of foxtail millet (*Setaria italica*) husk. *Materials*, 13(22), 5126.
- Basu, B., Murphy, E., Molter, A., Basu, A. S., Sannigrahi, S., Belmonte, M., & Pilla, F. (2021). Investigating changes in noise pollution due to the COVID-19 lockdown: The case of Dublin, Ireland. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102597.
- Battistelle, R. A., Fujino, D. M., Bezerra, B. S., & Valarelli, I. D. D. (2016). Physical and mechanical characterization of sugarcane bagasse particleboards for civil construction. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 4(4), 408-417.
- Beheshti, M. H., Firoozi, A., Jafarizaveh, M., & Tabrizi, A. (2023). Acoustical and thermal characterization of insulating materials made from wool and sugarcane bagasse. *Journal of Natural Fibers*, 20(2), 2237675.
- Bekhta, P., Kozak, R., Gryc, V., Pipiška, T., Sedliačik, J., Reh, R., Ráhel, J., & Rousek, R. (2023). Properties of lightweight particleboard made with sunflower stalk particles in the core layer. *Industrial Crops and Products*, 205, 117444.

- Berardi, U., & Iannace, G., (2015). Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. *Building and Environment*, 94, 840-852.
- Bhingare, N. H., & Prakash, S. (2021). An experimental and theoretical investigation of coconut coir material for sound absorption characteristics. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1545–1551.
- Bilir, C., Cetisli, B., Kizil, N., Karaduman, I., Çavuş, Z., & Sabuncu, E. (2025). Acoustic Performance of Natural Fiber Felts for the Automotive Industry. *International Journal of Automotive Science and Technology*, 9(1), 1-11.
- Birinci, A. U., Öztürk, H., & Demir, A., (2021). Yerli ağaç türlerinden üretilen CLT duvarların yanal yük altındaki performansı. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 318-322.
- Brüel&Kjær (2019) Product Data: Impedance Tube Kit (50 Hz – 6.4 kHz) Type 4206, Impedance Tube Kit (100 Hz – 3.2 kHz) Type 4206-A, Transmission Loss Tube Kit (50 Hz – 6.4 kHz) Type 4206-T. Erişim Adresi: <https://www.bksv.com/media/doc/Bp1039.pdf> (Erişim Tarihi: 27.08.2026)
- Buratti, C., Belloni, E., Lascaro, E., Merli, F., & Ricciardi, P. (2018). Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials. *Construction and Building Materials*, 171, 338-349.
- Buratti, C., Moretti, E., Belloni, E., & Agosti, F. (2014). Development of innovative aerogel based plasters: preliminary thermal and acoustic performance evaluation. *Sustainability*, 6(9), 5839-5852.
- Carvalho, S. T. M., Mendes, L. M., Cesar, A. A. D. S., Flórez, J. B., Mori, F. A., & Rabelo, G. F. (2015). Acoustic characterization of sugarcane bagasse particleboard panels (*Saccharum officinarum* L.). *Materials Research*, 18(4), 821-827.
- Chabriac, P. A., Gourdon, E., Gle, P., Fabbri, A., & Lenormand, H. (2016). Agricultural by-products for building insulation: Acoustical characterization and modeling to predict micro-structural parameters. *Construction and Building Materials*, 112, 158-167.
- Chen, Y., Yu, Q. L., & Brouwers, H. J. H. (2017). Acoustic performance and microstructural analysis of bio-based lightweight concrete containing miscanthus. *Construction and Building Materials*, 157, 839-851.
- Çavuş, V., & Kara, M. (2020). Experimental determination of sound transmission loss of some wood species, *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 20(2), 190-199.
- Çavuş, Z., Kaya, M., & Bülbül, R. (2024). Çapraz lamine ahşap panellerin (CLT) ara katmanına uygulanan perforasyon işleminin levhaların ses yutma katsayısı

- değerlerine etkisinin incelenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 75-81.
- D'Alessandro, F., Schiavoni, S., & Bianchi, F. (2017). Straw as an acoustic material. In *Proceedings of the 24th International Congress on Sound and Vibration, London, UK* (pp. 23-27).
- da Silva, C.C.B., Terashima, F.J.H., Barbieri, N., & de Lima, K.F. (2019). Sound absorption coefficient assessment of sisal, coconut husk and sugar cane fibers for low frequencies based on three different methods. *Applied Acoustics*, 156, 92-100.
- Demirbek, D., & Bulut, M.O. (2021). Production, characteristics and composite application areas of hemp fibers, *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 4(2), 176-191
- Dhandapani, N., & Megalingam, A. (2022). Mechanical and sound absorption behavior of sisal and palm fiber reinforced hybrid composites. *Journal of Natural Fibers*, 19(12), 4530-4543.
- Dognini, C., Bonis, M. D., Pecchia, J., Depero, L. E., & Gürsoy, B. (2026). Mechanical and acoustical properties of mycelium-based composites from spent mushroom substrates. *Discover Materials*, 6:73, 1-23.
- Efe, F.T. (2011). Ayçiçeği Bitkisi (*Helianthus Annuus* L.) Saplarının izolasyon levha üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye, 2011.
- Fattahi, M., Taban, E., Soltani, P., Berardi, U., Khavanin, A., & Zaroushani, V. (2023). Waste corn husk fibers for sound absorption and thermal insulation applications: A step towards sustainable buildings. *Journal of Building Engineering*, 77, 107468.
- Fouladi, M. H., Nor, M. J. M., Ayub, M., & Leman, Z. A. (2010). Utilization of coir fiber in multilayer acoustic absorption panel. *Applied Acoustics*, 71(3), 241-249.
- Fouladi, M.H., Ayub, M., & Nor, M.J.M. (2011). Analysis of coir fiber acoustical characteristics. *Applied Acoustics*, 72(1), 35-42.
- Garcia, L.M., Gomez, T.S., Rivera M.P., Oviedo, J.C., Glorieux, C., & Escobar, N., (2023). Sound absorption properties of mycelium based materials with textile waste: an exploratory study, *Tecniacustica*, Cuenca, 2023.
- Gomez, T.S., Garcia, L.M., Escobar, N., Navacerrada, M.A., & Glorieux, C., (2025). Mycelium composites combining different waste sources for sustainable acoustic solutions, *Forum acusticum euronoise*, 11th Convention of the European Acoustics Association, Malaga, Spain, 23rd-26th June 2025.

- Gomez-Campos, A., Sablayrolles, C., Hamelin, L., Rouilly, A., Evon, P., & Vialle, C. (2023). Towards fossil-carbon free buildings: Production and environmental performance of innovative sound absorbing panels made from sunflower straw. *Journal of Cleaner Production*, 400, 136620.
- Haghighat, M., Samaei, S. E., Amininasab, S., Faridan, M., Mehrzad, S., Sheikhmozafari, M. J., & Taban, E. (2023). The impact of fiber size on the sound absorption behavior of composites made from sugarcane bagasse wastes fibers. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2175760.
- Hassan, T., Jamshaid, H., Mishra, R., Khan, M. Q., Petru, M., Tichy, M., & Muller, M. (2021). *Factors affecting acoustic properties of natural-fiber-based materials and composites: a review, Textiles, 1 (1): 55–85.*
- Islam, M. S., & Alauddin, M. (2012). World production of jute: a comparative analysis of Bangladesh. *International Journal of Management and Business Studies*, 2(1), 14-22.
- Ismail, A.S., Jawaid, M., & Naveen, J. (2019). Void content, tensile, vibration and acoustic properties of kenaf/bamboo fiber reinforced epoxy hybrid composites. *Materials*, 12(13), 2094.
- ISO 354 (2003) Acoustics-Measurement of sound absorption in a reverberation room. International Organization for Standardization-ISO (Second edition), Switzerland, 2003.
- ISO-10534-2 (1998). Acoustics-Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes. Part 2: Transfer Function Method, International Organization for Standardization-ISO, Switzerland, 1998.
- İşıktaş, K., & Ay, N. (2016). Improvement of sound insulation in indoor and outdoor area with voice of the ability to absorb a wooden acoustic panels. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 5(1), 16- 21.
- Jeong, C.-H. (2010). Non-uniform sound intensity distributions when measuring absorption coefficients in reverberation chambers using a phased beam tracing, *The Journal of the Acoustical Society of America* 127, 3560-3560.
- Kaamin, M., Zaid, N. F. M., Daud, M. E., Rahman, R. A., & Mubarak, H. (2019). Analysis on absorption sound acoustic panels from egg tray with corn husk and sugar cane. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8, 1426-1431.
- Kanev, N. (2012). Sound decay in a rectangular room with impedance walls, *Acoustical Physics* 58(5), 603-609.
- Kang, C. W., Jang, E. S., Jang, S. S., Kang, H. Y., Kang, S. G., & Oh, S. C. (2019). Sound absorption rate and sound transmission loss of wood bark particle, *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 47(4), 425-441.

- Kannan, R., Syed Beer, S. A., & Admassu, Y. (2025). Investigation of acoustic, mechanical, and thermal properties of green composites reinforced with Kapok/Palm/Sisal natural fiber waste. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 20, 15589250251359256.
- Karlinasari, L., Hermawan, D., Maddu, A., Martiandi, B., & Hadi, Y.S (2012). Development of particleboard from tropical fast-growing species for acoustic panel. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1), 64-69.
- Kaya, A.I. (2023). Combined effects of linseed oil and heat treatment on the properties of cypress and maple wood Part 1: Water absorption, mechanical properties, and sound absorption capacity, *BioResources* 18(2), 2940-2963.
- Kaya, A.İ., & Dalgat, T., (2017). Ses yalıtımı açısından doğal liflerin akustik özellikleri, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*: 25-37.
- Kolya, H., & Kang, C. W. (2024). Unveiling enhanced sound absorption in coconut wood through hemicellulose and lignin modification. *International Journal of Biological Macromolecules*, 276, 134083.
- Kolya, H., Hashitsume, K., & Kang, C. W. (2022). Ammonium persulfate treatment on carbohydrate polymers and lignin of wood improved sound absorption capacity. *International journal of biological macromolecules*, 205, 626-637.
- Le, A. T., Gacoin, A., Li, A., Mai, T. H., & El Wakil, N. (2015). Influence of various starch/hemp mixtures on mechanical and acoustical behavior of starch-hemp composite materials. *Composites Part B: Engineering*, 75, 201-211.
- Lekshmi, M. S., Vishnudas, S., & Anil, K. R. (2023). Experimental investigation on acoustic performance of coir fiber and rice husk acoustic panels. *Applied Acoustics*, 204, 109244.
- Li, J., Zhang, X., Zhu, J., Yu, Y., & Wang, H. (2020). Structural, chemical, and multi-scale mechanical characterization of waste windmill palm fiber (*Trachycarpus fortunei*). *Journal of Wood Science*, 66:8, 1-9.
- Lim, Z. Y., Putra, A., Nor, M. J. M., & Yaakob, M. Y. (2018). Sound absorption performance of natural kenaf fibres. *Applied Acoustics*, 130, 107-114.
- Liuzzi, S., Rubino, C., Martellotta, F., Stefanizzi, P., Casavola, C., & Pappaletta, G. (2020). Characterization of biomass-based materials for building applications: The case of straw and olive tree waste. *Industrial Crops and Products*, 147, 112229.
- Ly., E.H.B., Khiari, R., & Ndiaye, D. (2022). The acoustic properties of coir coconut fiber, In book: Coir Fiber and its Composites: processing. Proper. Applica. 359–372.

- Madusanka, C., Udayanga, D., Nilmini, R., Rajapaksha, S., Hewawasam, C., Manamgoda, D., & Vasco-Correa, J. (2024). A review of recent advances in fungal mycelium based composites. *Discover Materials*, 4(1), 13.
- Marques, B., Almeida, J., Tadeu, A., António, J., Santos, M. I., de Brito, J., & Oliveira, M. (2021). Rice husk cement-based composites for acoustic barriers and thermal insulating layers. *Journal of Building Engineering*, 39, 102297.
- Marques, B., Tadeu, A., António, J., Almeida, J., & de Brito, J. (2020). Mechanical, thermal and acoustic behaviour of polymer-based composite materials produced with rice husk and expanded cork by-products. *Construction and Building Materials*, 239, 117851.
- Martinez, B., Mendizabal, V., Roncero, M. B., Bernat-Maso, E., & Gil, L. (2024). Towards sustainable building solutions: Development of hemp shiv-based green insulation material. *Construction and Building Materials*, 414, 134987.
- Mathias, J. D., Alzina, A., Grédiac, M., Michaud, P., Roux, P., De Baynast, H., Delattre, C., Dumoulin, N., Faure, T., Larrey-Lassalle, P., Mati-Baouche, N., Pennec, F., Sun, S., Tessier-Doyen, N., Toussaint, E., & Wei, W. (2015). Upcycling sunflower stems as natural fibers for biocomposite applications, *BioResources*. 10(4), 8076-8088.
- Mati-Baouche, N., de Baynast, H., Michaud, P., Dupont, T., & Leclaire, P. (2016). Sound absorption properties of a sunflower composite made from crushed stem particles and from chitosan bio-binder. *Applied Acoustics*, 111, 179-187.
- Meng, T., Li, F., Li, J., Liu, D., Liu, Q., Gong, X., Gong, X., Li, J., Peng, S., Li, M., & Man, J. (2025). Tunable starch/sisal fiber porous composites for broadband acoustic absorption: Experimental design, JCA modeling, and sustainable applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 321 (2025), 146411.
- Oancea, I., Bujoreanu, C., Budescu, M., Benchea, M., & Grădinaru, C. M. (2018). Considerations on sound absorption coefficient of sustainable concrete with different waste replacements. *Journal of Cleaner Production*, 203, 301-312.
- Oldham, D. J, Egan, C.A., & Cookson, R. D. (2011). Sustainable acoustic absorbers from the biomass. *Applied Acoustic*, 72(6), 350–363.
- Or, K. H., Putra, A., & Selamat, M. Z. (2017). Oil palm empty fruit bunch fibres as sustainable acoustic absorber. *Applied Acoustics*, 119, 9-16.
- Park, S.-H., Lee, M., Seo, P.-N., Kang, E., & Kang, C.-W. (2020). Acoustical properties of wood fiberboards prepared with different densities and resin contents, *BioResources* 15(3), 5291-5304.

- Peng, L. (2017). Sound absorption and insulation functional composites. In *Advanced high strength natural fibre composites in construction* (Edited by: Mizi Fan and Feng Fu) (pp. 333-373). Woodhead Publishing.
- Sakthivel, S., Senthil Kumar, S., Mekonnen, S., and Solomon, E. (2020). Thermal and sound insulation properties of recycled cotton/polyester chemical bonded nonwovens. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1-8.
- Sanjeevi, S., Shanmugam, V., Kumar, S., Ganesan, V., Sas, G., Johnson, D.J., Shanmugam, M., Ayyanar, A., Naresh, K., & Neisiany, R.E., (2021). Effects of water absorption on the mechanical properties of hybrid natural fibre/phenol formaldehyde composites. *Scientific Reports* |(2021) 11:13385, nature portfolio.
- Seddeq, H. S., Aly, N. M., Marwa A, A., & Elshakankery, M. H. (2013). Investigation on sound absorption properties for recycled fibrous materials. *Journal of Industrial Textiles*, 43(1), 56-73.
- Sekar, S., Suresh Kumar, S., Vigneshwaran, S., & Velmurugan, G. (2022). Evaluation of mechanical and water absorption behavior of natural fiber-reinforced hybrid biocomposites. *Journal of Natural Fibers*, 19(5), 1772-1782.
- Sekar, V., Fouladi, M. H., Namasivayam, S. N., & Sivanesan, S. (2019). Additive manufacturing: a novel method for developing an acoustic panel made of natural fiber-reinforced composites with enhanced mechanical and acoustical properties. *Journal of Engineering*, 2019(1), 4546863.
- Sgriccia, N., Hawley, M. C., & Misra, M. (2008). Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(10), 1632-1637.
- Singh, S., & Kapoor, R.R. (2023). Acoustic characteristics of jute and coir non-woven fabric. *Text Leather Rev*, 6, 306-319.
- Smardzewski, J., Kamisiński, T., Dziurka, D., Mirski, R., Majewski, A., Flach, A., and Pilch, A. (2015). Sound absorption of wood-based materials. *Holzforschung*, 69(4), 431-439.
- Taban, E., Amininasab, S., Soltani, P., Berardi, U., Abdi, D. D., & Samaei, S. E. (2021). Use of date palm waste fibers as sound absorption material. *Journal of Building Engineering*, 41, 102752.
- Tao, Y., Ren, M., Zhang, H., & Peijs, T. (2021). Recent progress in acoustic materials and noise control strategies—A review. *Applied Materials Today*, 24, 101141.
- Tie, T. S., Mo, K. H., Putra, A., Loo, S. C., Alengaram, U. J., & Ling, T. C. (2020). Sound absorption performance of modified concrete: A review. *Journal of Building Engineering*, 30, 101219.
- URL-1: <https://www.gp-award.com/en/projects/hemp-panel> (24.08.2026).

URL-2: https://iwst.icfre.gov.in/wheat_straw.html (24.08.2026)

URL-3: <https://www.akustikmimarlik.com/akustik-delikli-ahsap-panel.html> (25.08.2026)

URL-4: <https://samanalaexports.com/product/coco-disc/> (26.08.2026).

Venkateshwaran, N., Elayaperumal, A., & Sathiya, G.K. (2012). Prediction of tensile properties of hybrid-natural fiber composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(2), 793-796.

Vorländer, M., & Mommertz, E. (2000). Definition and measurement of random-incidence scattering coefficients, *Applied Acoustics*, 60(2), 187-199.

Walter, N., & Gürsoy, B. (2022). A study on the sound absorption properties of mycelium-based composites cultivated on waste paper-based substrates. *Biomimetics*, 7(3), 100.

Wang, D., Liu, P., Leng, Z., Leng, C., Lu, G., Buch, M., & Oeser, M., (2017). Suitability of PoroElastic Road Surface (PERS) for urban roads in cold regions: mechanical and functional performance assessment. *J. Clean. Prod.* 165, 1340e1350.

Wang, J. S., Demartino, C., Xiao, Y., & Li, Y. Y. (2018). Thermal insulation performance of bamboo-and wood-based shear walls in light-frame buildings. *Energy and Buildings*, 168, 167-179.

Wang, Y., Du, T., Song, P., & Chen, Y. (2024). Research on mechanics and acoustic properties of Jute fiber composite material. *Heliyon*, 10(13).

World Health Organization (WHO), 2009. *Night Noise Guidelines for Europe*; WHO Regional Office Europe Copenhagen, Denmark, 2009.

World Health Organization (WHO), 2011. *Burden of Disease from Environmental Noise*; WHO Regional Office Europe Copenhagen, Denmark, 2011.

Yahya, M. N., Sambu, M., Latif, H. A., & Junaid, T. M. (2017, August). A study of acoustics performance on natural fibre composite. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 226, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

Yang, H. S., Kim, D. J., & Kim, H. J. (2003). Rice straw–wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource technology*, 86(2), 117-121.

Ye, F., Wei, H., Wang, J., Xiao, Y., Quaranta, G., Gardoni, P., & Demartino, C. (2026). Generalized probabilistic models for performance assessment of bio-based insulation materials in sustainable constructions. *Journal of Building Engineering* 122 (2026) 115721.

Ye, F., Wei, H., Xiao, Y., Berardi, U., Quaranta, G., & Demartino, C. (2025). Bio-based insulation materials in sustainable constructions: A review of

- environmental, thermal and acoustic insulation, durability, and mechanical performances. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 223, 115872.
- Zhai, S., Horikawa, Y., Imai, T., & Sugiyama, J. (2013). Anatomical and mechanical characteristics of leaf-sheath fibrovascular bundles in palms. *IAWA Journal*, 34(3), 285-300.
- Zhang, D., Zhou, X., Gao, Y., & Lyu, L. (2022). Structural characteristics and sound absorption properties of waste hemp fiber. *Coatings*, 12(12), 1907.
- Zuhaira Ismail, F., Rahmat, M. N., & Ishak, N. M. (2015). A study on absorption coefficient of sustainable acoustic panels from rice husks and sugarcane baggase. *Advanced Materials Research*, 1113, 198-203.
- Zulkifli, R., Mohd Nor. M.J., Mat Tahir, M.F., Ismail, A. R., & Nuawi, M. Z. (2008). Acoustic properties of multi-layer coir fibres sound absorption panel. *Journal of Applied Sciences*, 8(20), 3709-3714.

BÖLÜM 2

**Bir Endüstri Mirası Örneği
Olarak Kayseri Develi Saray Halı Fabrikası**

Aslıhan Güngördü Tabak¹

Beyza Sıla Selçuk²

Büşra Nur Güçarslan³

Tuğba Yağmur⁴

Filiz Sönmez⁵

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Rumeli Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
0000-0002-0911-3525

² Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 0000-0002-6109-8107

³ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 0009-0009-3416-6598

⁴ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 0009-0009-0505-0422

⁵ Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, 0000-0002-1599-7638

1. GİRİŞ

Türkiye’de endüstri yapılarına yönelik üretimi, Cumhuriyet’ in ilk yıllarında devlet öncülüğünde kurulan sanayi tesisleriyle başlamış, ancak özellikle 1960’lı yıllardan itibaren uygulanan planlı kalkınma politikaları doğrultusunda yeni bir ivme kazanmıştır. Sanayi yatırımlarındaki artış, üretim tesislerinin yalnızca ekonomik kalkınmanın araçları olarak değil, aynı zamanda modernleşme sürecinin mekânsal göstergeleri olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bu dönemde fabrika yapıları; üretim teknolojileri, iş gücü organizasyonu ve bölgesel kalkınma hedefleri doğrultusunda biçimlenmiş, Türkiye’ de modern mimarlığın önemli yapı tipolojilerinden biri hâline gelmiştir. Özellikle Birinci ve İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planları sonrasında sanayi yatırımlarının Anadolu kentlerine yayılması, yeni endüstri bölgeleri ile fabrika yerleşkelerinin oluşumunu hızlandırmıştır (Bozkurt, 2019; Türel, 1981).

1960–1980 yılları arasında endüstri yapıları, Türkiye’ de mimarlık üretiminin belirleyici yapı türlerinden biri olarak öne çıkmıştır. Sanayileşmeye paralel gelişen kentleşme, özel sektör yatırımlarındaki artış ve üretim kapasitesinin genişlemesi; büyük açıklıklı, esnek planlı ve işlev odaklı yapıların yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu süreçte mimarlar, modern mimarlığın uluslararası ilkelerini yerel üretim koşullarıyla bütünleştirmeye çalışmış; işlevsellik, ekonomik yapı üretimi ve teknolojik rasyonalite tasarımının temel belirleyicileri olmuştur (Akış, 2008). Özellikle 1970’li yıllarda ekonomik dalgalanmalara rağmen sanayi üretiminin mekânsal yayılımı sürmüştür; yapı üretiminde standardizasyonun arttığı, prefabrikasyon teknikleri ile endüstriyel yapı malzemelerinin yaygınlaştığı bir dönem yaşanmıştır. Alüminyum, çelik ve betonarmenin daha yoğun kullanımı, fabrika yapılarında geniş açıklıkların geçilmesini ve üretim süreçlerine uygun esnek mekânsal organizasyonların oluşturulmasını mümkün kılmıştır. Uz’a (2019) göre bu dönem, Türkiye’de yapı sektöründe sanayileşmenin hızlandığı ve modern yapı teknolojilerinin yaygınlaştığı kritik bir eşik niteliği taşımaktadır. Böylece endüstri yapıları yalnızca üretim mekânları değil, aynı zamanda kurumsal kimliği temsil eden mimari yapılar olarak da önem kazanmıştır. Özellikle tekstil sektörü, ihracata dayalı sanayi gelişiminin öncü alanlarından biri olmuş; buna bağlı olarak farklı ölçeklerde iplik, dokuma ve halı fabrikaları inşa edilmiştir. Bu yapılarda üretim verimliliğini artıran plan şemaları, doğal aydınlatma çözümleri, geniş açıklıklı üretim holleri ve yönetim birimlerinin üretim alanlarıyla bütünleştiği mekânsal kurgular, dönemin endüstri mimarlığının karakteristik özelliklerini oluşturmuştur.

Cumhuriyet döneminde hız kazanan sanayileşme politikaları, Anadolu kentlerinde yeni sanayi yerleşkelerinin oluşmasını sağlayarak endüstri mimarlığının gelişimine önemli katkıda bulunmuştur. Kamu ve özel sektör yatırımlarıyla kurulan bu üretim tesisleri, yalnızca ekonomik üretimin gerçekleştirildiği mekânlar değil, aynı zamanda bulundukları kentlerin toplumsal, ekonomik ve mekânsal dönüşümünü şekillendiren odaklar hâline gelmiştir. Günümüzde bu yapılar, sanayileşme sürecinin somut tanıkları olarak "endüstri mirası" kapsamında değerlendirilmektedir. Kamu yatırımları kapsamında

gerçekleştirilen Sümerbank Kayseri Bez Fabrikası (1934), Konya-Ereğli Bez Fabrikası (1934), Nazilli Basma Fabrikası (1935) ve Bursa Merinos Fabrikası (1935) gibi tesisler, bölgesel kalkınmanın önemli örnekleri arasında yer almaktadır (Erdal, 2021). Aynı dönemde Bursa Organize Sanayi Bölgesi'ndeki tekstil fabrikaları, Gaziantep' te gelişen gıda ve tekstil sanayi işletmeleri ile Denizli'deki tekstil üretim yapıları da özel sektör öncülüğünde Anadolu' da sanayileşmenin mekânsal yayılımını güçlendirmiştir.

Kayseri ve çevresi, Cumhuriyet döneminden itibaren gelişen sanayileşme süreciyle birlikte Anadolu'nun önemli üretim merkezlerinden biri hâline gelmiştir. Özellikle tekstil ve halıcılık sektörleri bölgesel ekonominin temel dinamiklerini oluşturmuş, bu durum üretim tesislerinin kent kimliğinin ayrılmaz bir parçası olarak gelişmesine katkı sağlamıştır. Türkiye'de 1960 sonrasında hız kazanan sanayileşme politikalarının yerel ölçekteki önemli örneklerinden biri olan Develi Saray Halı Fabrikası da, 1970'li yıllarda Kayseri'nin Develi ilçesinde özel sektör yatırımı olarak kurulmuş ve bölgesel kalkınma sürecinde önemli bir rol üstlenmiştir. Fabrika, yalnızca üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği bir yapı olmayıp, dönemin sanayileşme politikalarını, yapı teknolojilerini ve modern üretim anlayışını yansıtan önemli bir endüstri mirası örneği niteliği taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Develi Saray Halı Fabrikası' nın kuruluşu, gelişim süreci ve mimari özellikleri incelenerek Türkiye' de geç modern dönem endüstri mimarlığının Anadolu'daki yansımaları ortaya konulmuştur. Araştırmada arşiv belgeleri, tarihî fotoğraflar, mimari çizimler, yerinde gözlemler ve literatür taramasından yararlanılmış; ayrıca fabrikada görev yapmış çalışanlarla gerçekleştirilen sözlü tarih görüşmeleri araştırmanın temel veri kaynakları arasında yer almıştır. Elde edilen bulgular, fabrika yerleşkesinin üretim verimliliğini destekleyen işlevsel bir mekânsal organizasyona sahip olduğunu, dönemin modern endüstri mimarlığı anlayışını yansıtan planlama ve tasarım ilkeleri doğrultusunda biçimlendiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra yerleşkenin, çalışanların gündelik yaşam pratikleri ve ilçe halkıyla kurduğu etkileşimler aracılığıyla Develi'nin sosyo-mekânsal gelişiminde önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak çalışma, Develi Saray Halı Fabrikası'nın yalnızca bir üretim yapısı değil, aynı zamanda Türkiye'de 1970'li yılların endüstri mimarlığını yerel ölçekte temsil eden nitelikli bir endüstri mirası örneği olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda yapının korunarak yeniden işlevlendirilmesi gerektiği vurgulanmakta; çalışmanın hem Türkiye'de modern mimarlık ve endüstri mirası alanındaki araştırmalara katkı sağlaması hem de yakın dönem sanayi yapılarının korunmasına yönelik farkındalığın geliştirilmesine destek olması amaçlanmaktadır.

2. Develi Saray Halı Fabrikası'nın Kuruluş Hikâyesi

Fahrettin Arar ve Lütfi Özden Kayseri'nin Develi ilçesi Aygözme Mahallesi'nde konumlandırılmıştır. Mimari ve statik projesi 1972 yılında Yüksek Mühendis Mimar Recai Gözüpek tarafından tamamlanmış ve Develi Belediyesi tarafından yapı ruhsatı verilmiştir. Develi Saray Halı Fabrikası yerleşkesi, ilçe

ölçeğinde uygulanmış olup diğer Anadolu kentlerinde de benzer uygulamaların hayata geçirilmesinde örnek olmuştur. Yerleşke, Kayseri'nin sanayileşme sürecinde de önemli bir kırılma noktası teşkil ederek bölgesel üretim ağlarının genişlemesine kayda değer katkı sunmuştur (Kayseri Valiliği, 2009). Bu kapsamda, fabrika ile ilgili yerel basında çok sayıda haber yapılmış ve fabrikanın bölgenin kalkınmasına katkısı izlenebilmiştir.

“1273 ortaklı şirketin 66 milyon liraya yapılacağı bildirilen tesisin, yılda iki bin ton yerli yapağı işleyeceği açıklanmıştır. Tesisin yıllık üretiminin 190 milyon lira değerinde olacağı 450 işçi ve 30 memur çalıştıracağı belirlenmektedir.” (Adalet Gazetesi, 1973)

Kuruluş amacı makine halısı üretimi olan sanayi tesisi, faaliyet gösterdiği dönemde geliştirdiği üretim organizasyonu ve ulusal-uluslararası girişimleri sayesinde halı sektöründe önemli bir konuma ulaşmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Yerel basında yayımlanan “Develi Saray Halı Fabrikası” haberlerinden biri. (Saray Halı Fabrikası Haber Bülteni, 1995)

Develi Saray Halı Fabrikası, makine halısı üretiminin yanı sıra 1998 yılında bünyesine kattığı tarım ve hayvancılık faaliyetleriyle de önemli bir gelişim göstermiştir. Bu genişleme süreci, işletmenin Türkiye ölçeğinde en büyük entegre yapılardan biri haline gelmesini sağlamış; aynı zamanda istihdam kapasitesini yaklaşık 2.500 kişi artırarak bölgesel ekonomik yapıya ve çevre yerleşimlere önemli katkılar sunmuştur. Bununla birlikte, et ve süt hayvancılığı alanında gerçekleştirilen üretim faaliyetleri, dönemin arz-talep dengesine olumlu etkiler sağlayarak sektörde yaşanan sorunların hafiflemesine katkıda bulunmuştur (Ötegen, 2020).

Develi Saray Halı Fabrikası'nın kurulmasıyla birlikte ilçede önemli ölçüde istihdam sağlanmış, yerel halkın başka yerlere göç etme eğilimi büyük oranda azalmış ve çevre il ve ilçelerden gelen çalışanlar ile ailelerinin bölgeye yerleşmesi sonucunda Develi'nin demografik yapısı ve kentsel gelişimi belirgin biçimde dönüşmüştür. Yaklaşık 1.500 kişiye doğrudan istihdam imkânı sunması, tesisi ilçe ölçeğinde güçlü bir ekonomik aktör haline getirmiştir. Sektöründe önemli bir konuma ulaşan sanayi yapısı, Türkiye genelinde 1.000'in üzerinde satış bayisi ağı kurmuş ve 50'den fazla ülkeye halı ihracatı gerçekleştirerek uluslararası ölçekte bir marka niteliği kazanmıştır. Bu süreçte yaklaşık 7.000 çalışanın emekliliğe ulaşmasına imkan tanıyarak uzun vadeli istihdam sürekliliği de sağlamıştır (Ötegen, 2020).

Fabrikanın Develi ilçesine sağladığı katkılar yalnızca ekonomik alanla sınırlı kalmamış; sosyal ve kültürel yaşamı da kapsayan çok boyutlu bir etki alanı

oluşturmuştur. Çalışanlar ile yönetim arasında kurulan ilişki, geleneksel işveren-işçi ilişkisinin sınırlarını aşarak güçlü sosyal bağlara dayalı bir topluluk anlayışının oluşmasına katkı sağlamıştır. Tesis lojmanlarında konaklayan çalışanların, dönem şartlarından kaynaklanan sebeplerle beslenme koşullarında karşılaşılan et ve süt tüketimine ilişkin yetersizlikler, işletmenin tarım ve hayvancılık faaliyetlerine yönelmesinde etkili olmuş; böylece üretim yapısı sosyal ihtiyaçlara yanıt veren entegre bir modele dönüşmüştür (Ötegen, 2020). Sanayi yapısı bünyesinde yer alan misafirhane aracılığıyla araştırmacılar, yatırımcılar ve devlet adamlarının ağırlanması, işletmenin kurumsal gelişimine ve dış paydaşlarla kurduğu ilişkilerin güçlenmesine katkı sağlamıştır. Ayrıca eğitim, spor ve sosyal etkinliklere verilen destekler ile gençlerin toplumsal yaşama katılımı ve aile kurma süreçleri dolaylı olarak teşvik edilmiştir. Tesis yöneticilerinin sağlık, ağaçlandırma, çevre duyarlılığı, eğitim ve çocuklara burs imkânları gibi alanlarda yürüttüğü sosyal sorumluluk faaliyetleri ile okul, öğrenci yurdu ve eğitim kurumlarının hayata geçirilmesi, bölgesel kalkınmaya yönelik önemli sosyal katkılar arasında yer almıştır (Ötegen, 2020) (Şekil 2).



Şekil 2: Develi Saray Halı Fabrikası'nın sosyal sorumluluk faaliyetlerine ilişkin yerel gazete haberlerinden biri (Yeni Kayseri Gazetesi, 31.05.1994).

Sonuç olarak ulusal çapta 500 şirket arasından ilk 50 içinde yer alan Saray Tesisleri, uzun yıllar Kayseri'nin ve Anadolu'nun önemli sanayi yerleşkeleri arasında yer almıştır. Tesis, 2014 yılında "İkinci Büyük Sanayi" sıralamasında 452. sırada yer almıştır. Kuruluşundan 45 yıl sonra, 2018 yılında, fabrikanın yaşadığı ekonomik sorunlar sebebiyle konkordato haberi gazetelerde yer almıştır (Dayıoğlu, 2019). Sanayi yapısında 2023 yılında üretim tamamen durmuş ve fabrika kısmı kapatılmıştır. Günümüzde ise lojman ve geçici konaklama birimlerinden bazıları aktif kullanılırken market, cami, spor tesisi gibi bazı sosyal alanlar lojman kullanıcıları tarafından kullanılmaktadır. Develi Saray Halı Fabrikası, kent belleğindeki ve endüstri mirası bağlamındaki konumu nedeniyle günümüzde de bilinirliğini korumaya devam etmektedir. (Ötegen, 2020).

3. Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesinin Mekânsal Organizasyonu

Kayseri'nin Develi ilçesinde konumlanan Saray Halı Fabrika yerleşkesi; 500 bin m² açık alan ve 100 bin m² kapalı alana sahip, içerisinde boyama, iplik, dokuma, apre - konfeksiyon, kalite kontrol ve teknik destek birimleri ile hayvancılık ve tarım faaliyetlerini de barındıran entegre bir tesis olarak kurgulanmış ve uzun yıllar işlevini sürdürmüştür. Sanayi yapısı 1972 yılında ruhsatlandırılmasından bu yana yapılaşma sürecini sürdürmüş ve sürekli bir gelişim ivmesi sergilemiştir (URL 1). Yerleşkenin zaman içerisindeki mekânsal

gelişimini, yapılaşma sürecindeki değişimleri ve farklı dönemlerde eklenen üretim ve destek birimlerini ortaya koymak amacıyla ruhsat ve iskân kayıtlarından elde edilen veriler Tablo 1’de sunulmuştur.

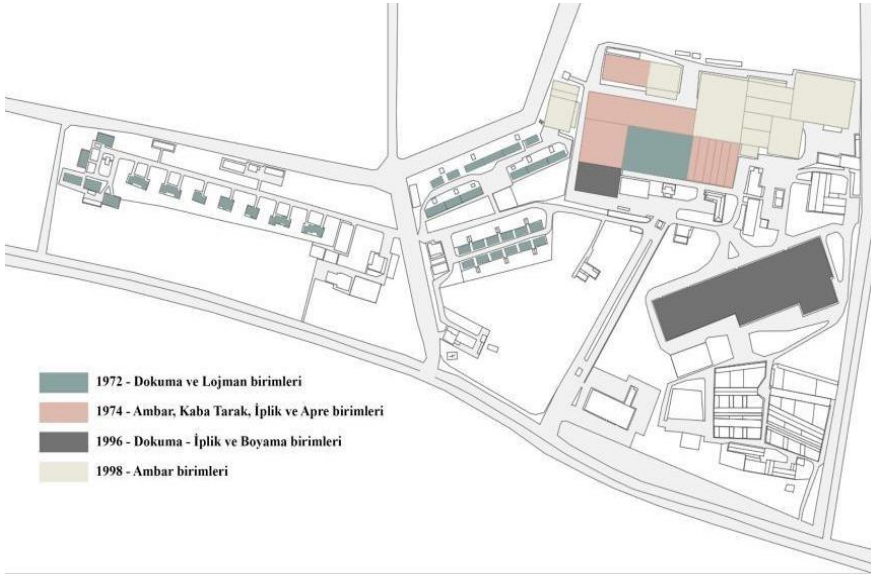
Tablo 1: Develi Saray Halı Fabrikası Yapılaşma Süreci ve Ruhsat Bilgileri

Yapı Adı	Kat sayısı / yüzölçümü	Ruhsat Tarihi / İskân Tarihi	Yapıdaki Değişiklik / Yeni Tesis İlavesi
Fabrika	27.969 m ²	1973	Yeni
Fabrika binası	1 kat 1.560 m ²	1985-1986	İlave
Bina	3 kat 62.8 m ²	1986-1988	Ek
2 depo +	1 kat 2.456 m ² +	1987- 1988 +	Yeni +
1 depo+ 1 depo +	1 kat 1.400 m ² +1.530 m ² +	1988-1989 +	Yeni+Yeni +
Depo +	1 kat 672 m ² +	1990 +	ilave +
1 depo +	1 kat -1 daire 1.600 m ² +	2004-2014 +	Yeni +
1 depo +	1 kat-2 daire 2.680 m ²	2006-2014	İlave
Besi ahır	1 kat 606 m ²	1988	Yeni
Müştemilat	1 kat 720 m ²	1988	Yeni
Fabrika binası	11.899 m ²	1993	Yeni
Z.K. mesken + 1. ,2. Kat mesken	783 m ²	1997-2004	Yeni
Sosyal tesis	2 kat 420 m ²	1997-2014	Yeni
Sağlık ocağı + kreş	1kat 216 m ²	1998-2004	Yeni
Misafirhane	2 daire 855 m ²	2002-2014	Yeni

Atölye binası	1 kat -	2003-2014	Yeni
Boyahane	1kat 1.856 m ²	2003-2014	Yeni
Ambar binası	1kat 1.600 m ²	2003-2014	Yeni
Dokuma binası	1 kat 1.700 m ²	2003-2014	Yeni

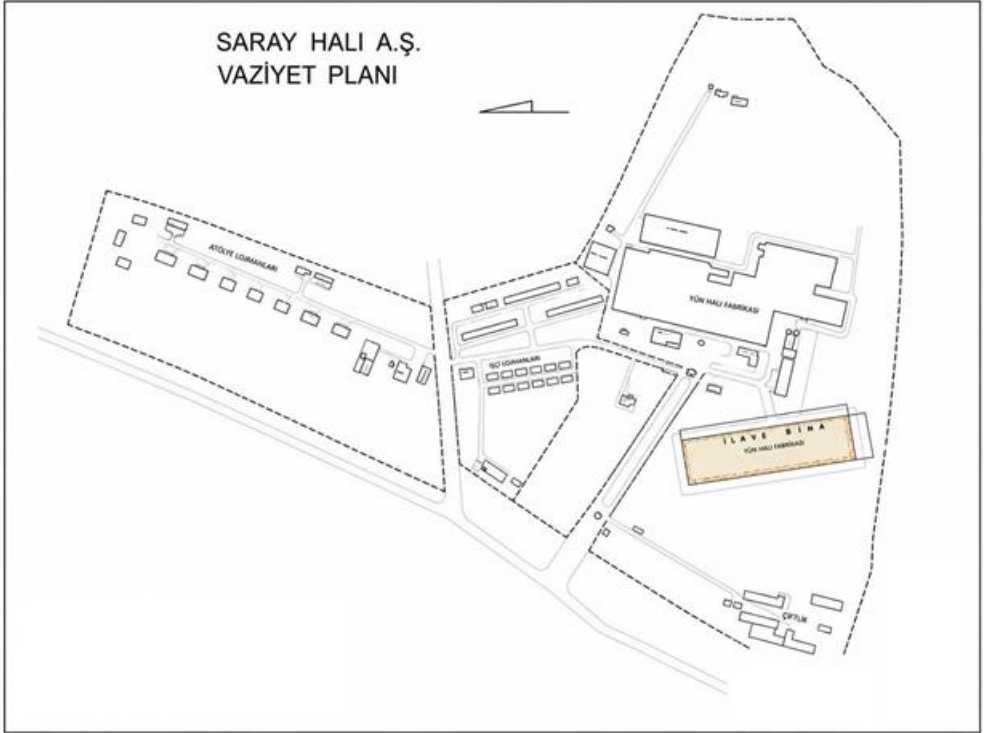
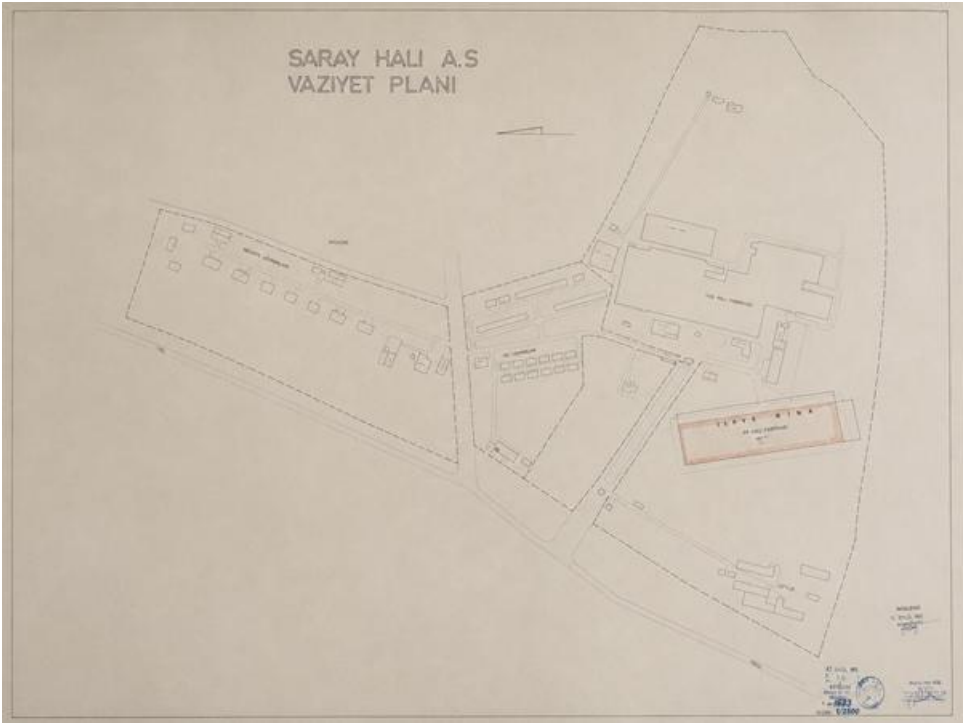
Kaynak: Kayseri Develi Belediyesi Arşivi, 1996

Fabrikanın 1972’de başlayan inşa süreci 1990’lı yılların sonuna kadar devam etmiş, bazı ek binaların yapımıyla sonlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: 1972-1978 yılları arasında Develi Saray Halı Fabrikası Yerleşkesinde inşa edilen yapılar (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır, 2026)

Kayseri’de, Develi Saray Halı Fabrikası Yerleşkesi Erken Cumhuriyet döneminde devlet öncülüğünde kurulan Tayyare Fabrikası (1926) ve Sümerbank Kayseri Bez Fabrikası (1935), Kayseri Şeker Fabrikası (1955) gibi sanayi yatırımlarının ardından, özel sermaye tarafından ilçe ölçeğinde gerçekleştirilen en kapsamlı üretim yerleşkelerinden biri olarak öne çıkmıştır. Sanayi yapısına ait ana yerleşim kararlarının alındığı, 1972 yılında Yüksek Mühendis Mimar Recai Gözüpek tarafından hazırlanan sonrasında Mimar Ahmet Tahir Gül tarafından revize edilmiş ve Develi Belediyesi tarafından onaylanmış vaziyet planı Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Saray Halı Fabrikası Vaziyet Planı (Develi Belediyesi Arşivi, 1996)

Yüsek Mühendis Mimar Recai Gözüpek, fabrikanın tasarım ve planlama sürecine başlamadan önce fabrika yetkilileriyle üretim sürecinin işleyişi hakkında görüşmeler gerçekleştirmiş ve dönemin çeşitli tekstil fabrikalarının çalışma düzenlerini yerinde incelemiştir. Fabrikanın tasarımında üretim akışının ve makinelerin yerleşiminin belirleyici olduğunu ifade eden Gözüpek, bu süreci şu şekilde aktarmaktadır:

“Fabrikanın planını hazırlamaya başlamadan önce üretimin nasıl işleyeceğini dönemin Yönetim Kurulu Başkanı Fahrettin Arar Bey ile Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı Lütfü Özlem Bey’le uzun uzun görüştük. Evvela üretim tertibini belirledik. Ardından makinelerin yerlerini, imalatın sırasını bozmayacak ve iş akışını aksatmayacak şekilde tespit ettik. Bu hususta dönemin Sümerbank tesislerinden ve Adana’daki tekstil fabrikalarının çalışma düzeninden de istifade ettik. Fabrikanın yerleşimini, üretimin muntazam ve kesintisiz devam edeceği bir nizam içinde şekillendirdik.” (Gözüpek ile yapılan görüşme, 07.04.2026).

Yapıda kullanılan demir çelik konstrüksiyon ise dönemin endüstriyel üretim anlayışı ve kullanılan yapım teknikleri hakkında ipucu vermektedir (Şekil 5).



Şekil 5: Develi Saray Halı Fabrikası inşasında kullanılan çelik konstrüksiyon örnekleri (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi, 1973)

Kurmel Holding Anonim Şirketlerinde İnsan Kaynakları ve Eğitim Direktörü olarak çalışan Tayfur Özlok ile yapılan görüşmeler ve 2026 yılında gerçekleştirilen yerinde gözleme dayalı yapılan keşif çalışmaları sonunda yazarlar tarafından bir vaziyet yerleşim planı hazırlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6: Kayseri Develi Saray Halı Fabrikası Vaziyet Planı (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır, 2026)

Fabrika 2023 yılında kapanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda son yerleşim düzeninin, 1972 yılında Yüksek Mühendis Mimar Recai Gözüpek tarafından hazırlanan ruhsat projesinin temel tasarım kararlarına büyük ölçüde uygunluk gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7).



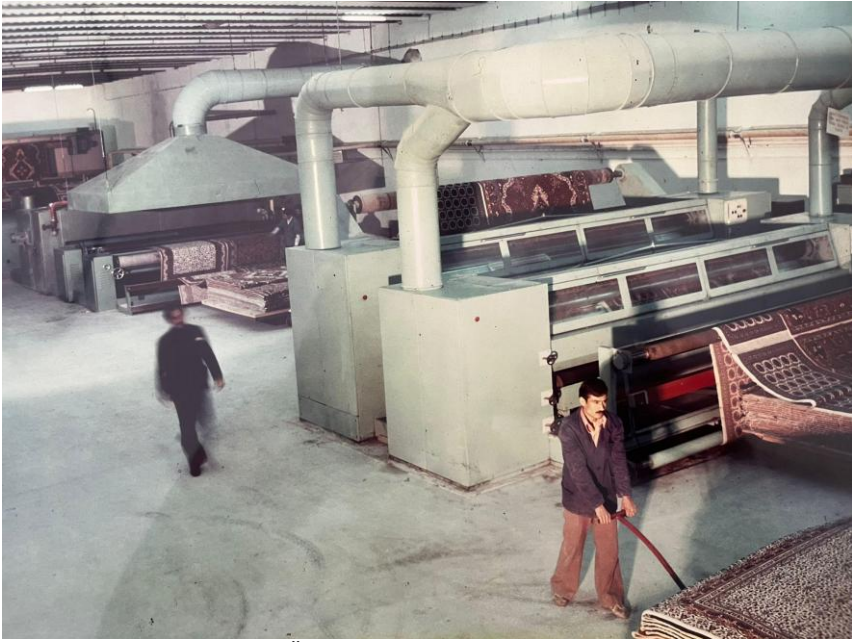
Şekil 7: Saray Halı Fabrikası Yapıları
(Saray Halı Fabrikası. Fotoğraf Arşivi, 2023)

Yerleşke, fabrikanın ilk yapısı olan dokuma tesisinin (1972) yanı sıra, 1980’li yılların ortalarına kadar inşa edilen apre-dokuma tesisi, ambar ve benzeri ek

yapıları da içeren çok sayıda yapıdan oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında söz konusu yapılar; üretim, depo, sosyal, konut, yönetim, sağlık ve çiftlik yapıları olmak üzere yedi ana kategoride sınıflandırılmıştır (Şekil 6).

3.1 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: Üretim Yapıları

Fabrika girişini karşılayan, Şekil 6'da 1 ve 2 olarak numaralandırılan ana fabrika yapılarıdır. 1 numaralı yapı; ana fabrika yapısı niteliğinde 1974 yılında inşa edilmiştir. 2 numaralı fabrika yapısı ise 1996'lı yıllarda inşa edilmiştir (Özlok, 2026). 2 numaralı yapının zemin katı depo işlevinde, birinci katı ise apre-konfeksiyon üretimi, halının makyajlanması ve boyanması işlerinde olmak üzere 2 katlı kullanılan bir yapı olmuştur. Şekil 6'da 3 ve 4 numaralı yapılarda halı dokuma ve apre-konfeksiyon üretiminin yapıldığı diğer üretim yapıları olarak işlev görmüşlerdir (Özlok, 2026).



Şekil 8: Saray Halı Fabrikası Üretim Yapılarının iç mekanına ait bir fotoğraf (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi, 1990'lı yıllar)

1974 yılında Fabrikanın merkezinde konumlanan ana binanın güney cephesine kaba tank birimi, doğu cephesine iplik birimi, batı cephesine ise apre dokuma birimi inşa edilmiştir. Aynı yıl Fabrikanın güney cephesinde ana binadan bağımsız ayrı bir yapı olarak ambar yapısı inşa edilmiştir. Halı üretimine dair döneminin ilk uygulamaları bu tesiste gerçekleştirilmiştir (Özlok, 2026). Kurmel Holding A.Ş.' de İnsan Kaynakları ve Eğitim Direktörü Tayfur Özlok apre-konfeksiyon binasını şöyle anlatmıştır: “Yerleşkenin söz konusu bölümü, 1996 yılından itibaren polipropilen esaslı halı üretiminde kullanılan ipliklerin imalatına tahsis edilmiş bir üretim birimi olarak işlev görmüştür. Granül formda temin edilen polipropilen hammaddenin çeşitli işleme aşamalarından geçirilmesi suretiyle elde edilen bu iplikler, dönemin yaygın alternatifi olan akrilik ipliklere

kıyasla daha düşük maliyetli bir üretim girdisi sunması bakımından öne çıkmıştı. Üretim teknolojisinde kaydedilen ilerlemeler ise bu iki iplik türünün imalat süreçleri arasında belirgin bir verimlilik farkının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Akrilik iplik üretiminin görece kompleks bir makine parkuru gerektirmesine karşın, polipropilen iplik üretiminin daha sınırlı sayıda makine ile gerçekleştirilebilmesi, bu teknolojinin işletme ölçeğinde tercih edilmesinde bizler için belirleyici bir etken olmuştur.”



Şekil 9: Ana Fabrika Yapısı İplik Üretim Tesis Alanları (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi, 2000’li yıllar)

Dokuma bölümünde başlangıçta mekikli dokuma tezgâhları kullanılmakta iken, 1996’lı yıllarda yarı elektronik ve ardından 1998 yıllarında elektronik jakarlı tezgâhlara geçilmiştir (Özlok, 2026). Yeni nesil tezgâhların daha yüksek hacim gerektirmesi nedeniyle mevcut yapı kabuğu yetersiz kalmış, bu doğrultuda 2000’li yıllarda yaklaşık 12.000 m² büyüklüğündeki dokuma alanının çatı yüksekliği artırılmıştır. Böylece üretim teknolojilerindeki değişim fabrikanın fiziksel yapısını doğrudan etkileyen önemli bir müdahaleye dönüşmüştür.



Şekil 10: Apre-Konfeksiyon ve Dokuma Tesisi Çalışma Alanları (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi, 2000’li yıllar)

Fabrika yerleşkesinde yer alan Şekil-6’da 7 numara ile temsil edilen mekanik atölyeler ise; marangozhane, demir atölyesi, elektrik atölyesi ve bakım-onarım birimlerini bünyesinde barındıran, üretim sürecini destekleyen önemli yardımcı

yapılardan oluşmaktadır. Develi ve Kayseri sanayisinin henüz yeterince gelişmediği dönemde tasarlanan bu birimler sayesinde fabrikanın bakım, onarım ve teknik ihtiyaçlarının büyük bölümü kurum içerisinde karşılanmaktadır. Bu yapılar freze ve kaynak tezgahlarından elektrik motorlarının sarımının gerçekleştirildiği bobinaj atölyelerine kadar birçok teknik donanımı içermektedir (Özlok, 2026). Bu durum Saray Halı Fabrikasının teknik servise yönelik sorunları da kendi bünyesinde çözümleyebildiğini göstermektedir. 2000'li yılların başında ise söz konusu atölye yapılarında bazı bölümler satış-sergi alanı ve konferans salonu gibi yeni işlevlere dönüştürülürken, bazı bölümlerde tadilat yapılmıştır.

Fabrika yerleşkesinin üretim birimleri arasında yer alan süt fabrikası, Şekil 6'da 27 numara ile gösterilmiştir. Bu yapı, Saray Çiftliği ürünlerinin üretim ve işleme faaliyetlerinin gerçekleştirildiği önemli yapılardan biri olmuştur. Süt fabrikası olarak inşa edilen bu birimde, çiftlik bünyesinde elde edilen ürünlerin işlenmesine yönelik üretim faaliyetleri yürütülmüştür. Günümüzde ise yapı, özgün işlevini sürdürerek aktif olarak kullanılmaktadır.

Saray Halı Fabrika yerleşkesinin üretim yapıları plan şeması; üretim süreçlerinin verimliliği, iş akışının sürekliliği, çalışan sirkülasyonu ve yapısal organizasyon açısından değerlendirildiğinde, dönemin endüstri mimarisine dair önemli veriler sunmaktadır.

3.2 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: Depo Yapıları

Fabrika yerleşkesinde yer alan, Şekil-6'da, 5 ve 6 olarak numaralandırılan yapılar, depo işleviyle kullanılan birimlerdir. 14 numaralı yapı ise ihracat süreçlerinde kullanılan gümrük ambarı olarak hizmet vermiştir. Tayfur Özlok ile yapılan görüşmelerden elde edilen bilgilere göre bu yapı, ihraç edilecek ürünlerin gümrük işlemleri tamamlanıncaya kadar muhafaza edildiği ve gerektiğinde gümrük denetimi altında mühürlendiği bir antrepo niteliğindedir. 29 numaralı yapı ise üretim sürecinde kullanılan akrilik elyafın ve atık ipliklerin depolandığı malzeme ambarı olarak kullanılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: Malzeme Ambarı cephesi (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi, 2000'li yıllar)

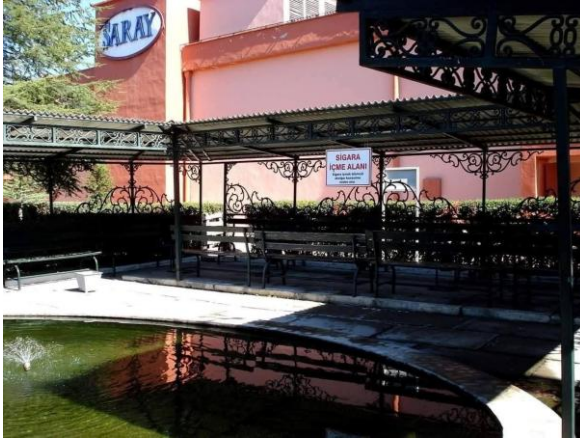
Depolama işleviyle ilişkilendirilebilecek bir diğer yapı ise 1998 yılında inşa edilen Şekil-6'da 9 ile numaralandırılmış satış-sergi alanı binasıdır. Bu yapı doğrudan satış yapılan bir mekân olarak değil, ürünlerin sergilendiği, tanıtım ve kurumsal temsil faaliyetlerinin yürütüldüğü bir merkez olarak hizmet vermiştir.

Tayfur Özlok'un aktardığı bilgilere göre satış-sergi alanı yapısı, özellikle yurt dışından gelen müşterilerin ağırlandığı, bölge müdürlerine yönelik tanıtım ve bilgilendirme faaliyetlerinin gerçekleştirildiği bir mekân olarak kullanılmıştır. Fabrika bünyesinde sürekli perakende satış yapılmamış, yalnızca belirli dönemlerde çalışanlara ve Develi halkına yönelik kampanyalı ürün satışları gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle satış-sergi alanı yapısı, ticari satış biriminden ziyade ürün teşhiri ve kurumsal iletişim işlevleriyle öne çıkan bir yapı niteliğinde olmuştur.

3.3 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: Sosyal Yapıları

Saray Halı Yerleşkesi, üretim işlevlerinin yanı sıra çalışanların sosyal ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik çeşitli yapıları da bünyesinde barındırmıştır. Yerleşkenin sosyal alanları, fabrikanın yalnızca bir üretim alanı değil, aynı zamanda çalışanların günlük yaşamlarını sürdürebilecekleri bütüncül bir yaşam çevresi olarak tasarlandığını göstermektedir.

Yerleşke de yemekhane olarak hizmet veren yapı Şekil 6'da 11 numara ile gösterilmiştir. Yapının alt katında soyunma odaları yer alırken üst katı yemek salonu olarak kullanılmıştır. Yemekhane üretim yapılarının merkezinde konumlandırılarak çalışanların erişimini kolaylaştıracak şekilde planlanmıştır. Yemekhanenin yanında konumlanan açık havuz ise Şekil-6'da 12 numara ile gösterilmiştir. Bu alan çalışanların mola vakitlerini geçirmek ve sosyalleşmek için bir açık hava alanı oluşturmuştur (Şekil 12).



Şekil 12: Açık havuz alanı (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi, 2000'li yıllar)

Aile lokali ve işçi lokali olarak kullanılan yapılar Şekil 8'de 21 ve 23 numaralar ile gösterilmiştir. Bu yapılar, çalışanların boş zamanlarını değerlendirebildikleri, sosyalleşebilecekleri mekanlar olarak kullanılmıştır. Tayfur Özlok bu durumu şöyle açıklamıştır; “Aile lokali, çalışanların ve lojmanlarda ikamet eden ailelerin sosyal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla oluşturulmuş önemli bir sosyal tesis niteliğindedir. Lokal, kış aylarında kapalı mekânda, yaz aylarında ise ön bahçesinde olmak üzere her mevsim kullanılmaktadır. Tesiste tavla, okey ve çeşitli kâğıt oyunlarının oynanabildiği

alanların yanı sıra çay servisi de sunulmaktadır. Günümüzde de aktif olarak kullanılan lokal, Saray Halı Fabrikası'nın kuruluşundan itibaren yerleşke içerisindeki sosyal yaşamın önemli unsurlarından biri olmuştur. Bu tür sosyal alanların, özellikle Cumhuriyet döneminde Devlet Su İşleri (DSİ) gibi kamu kuruluşlarında, bazı çimento fabrikalarında ve benzeri sanayi kuruluşlarında çalışanların sosyal yaşamında önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle küçük yerleşimlerde sosyal ve kültürel olanakların sınırlı olması nedeniyle, fabrika yerleşkelerinde oluşturulan bu tür tesisler yalnızca çalışanların dinlenme ve sosyalleşme ihtiyaçlarını karşılamakla kalmamış, aynı zamanda bulundukları yerleşimlerin sosyal gelişimine de katkı sağlamıştır. Bu açıdan Saray Halı Fabrikası da Develi ilçesindeki sosyal yaşamı doğrudan etkilemiştir.” (Özlok ile yapılan sözlü tarih görüşmesi, 14.05.2026).

Buradan hareketle, Cumhuriyet Dönemi sanayi yerleşkelerinde üretim yapılarının yanı sıra sosyal tesislerin de yerleşke planlamasının temel bileşenleri olarak ele alındığı anlayışın, Saray Halı Fabrikası yerleşkesinde de sürdürüldüğü; bu yapıların Develi ilçesinin sosyal yaşamında önemli bir işlev üstlendiği görülmektedir. Yerleşkede misafirhane olarak inşa edilen, Şekil 6'da 20 ve 22 numaralı yapılar ile gösterilen yapılar, uzun yıllar aynı işlevle kullanılmıştır. 19 numaralı yapı ise başlangıçta açık yüzme havuzu olarak tasarlanmış, daha sonraki yıllarda üzeri kapatılarak kapalı spor ve rekreasyon tesisine dönüştürülmüştür. Günümüzde yapı içerisinde yüzme havuzu, spor merkezi, kadın ve erkek saunaları bulunmakta olup tesis yıl boyunca aktif olarak kullanılmaktadır (Özlok, 2026). Şekil 6'da 23 numara ile gösterilen yapı ise mescit olarak kullanılmıştır. 30 numaralı satış biriminde ise Saray Çiftlik tarafından üretilen peynir, yoğurt ve benzeri süt ürünlerinin satışı gerçekleştirilmiştir, söz konusu yapı günümüzde de ticari faaliyetlerini sürdürmektedir. 30 numaralı satış biriminde de süt fabrikasından elde edilen peynir yoğurt gibi ürünler satılmaktadır. Satış birimi için kullanılan bu yapı da günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Şekil 6'da 8 numaralı yapı toplantı salonu olarak işlev görmüştür. 9 numaralı yapı ise satış-sergi salonu olarak işleyen bir yapı olarak 1998'li yıllarda inşa edilmiştir. Her ne kadar yapı satış amacı gözetilerek inşa edilmiş olsa da buradaki sergi alanında herhangi bir doğrudan satış yapılmadığı bilinmektedir (Özlok, 2026).

Yerleşkenin yalnızca üretim ve sosyal donatı yapılarıyla değil, çevre düzenlemesiyle de çalışanlara nitelikli bir yaşam ortamı sunmayı hedeflediği bilinmektedir. Fabrika arşivinde yer alan bilgilere göre, yeni üretim tesisinin tamamlanmasının ardından çevre düzenleme çalışmaları kapsamında yaklaşık 10.000 m²'lik alan asfaltlanmış, çevre aydınlatmaları ve bordür uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca fabrika çevresindeki 6.000 m²'lik alan çimlendirilmiş; 2.000 adet ligustrum (çit bitkisi), 200 adet çam ağacı ve çeşitli gül fidanları dikilmiştir (Şekil 13). Bu uygulamalar, Saray Halı Yerleşkesi'nin yalnızca bir üretim tesisi olarak değil, peyzaj düzenlemeleri ve sosyal olanaklarıyla çalışanlarına kapsamlı bir yaşam çevresi sunan bir sanayi yerleşkesi olarak tasarlandığını göstermektedir.



Şekil 13: Saray Halı Fabrikası Çevre Düzenleme Çalışmaları hakkında bir haber.
(Saray Halı Fabrikası Haber Bülteni, 1994)

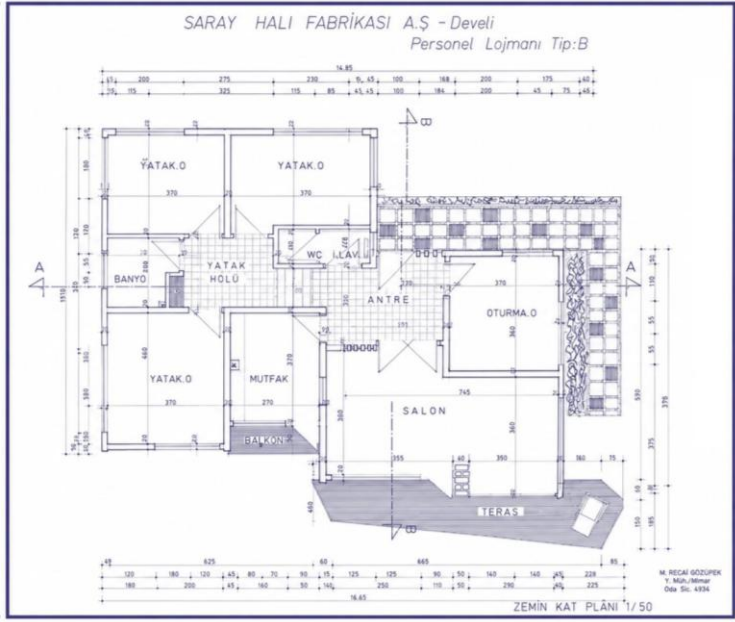
3.4 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: İşçi Konutları ve Lojman Birimleri

Develi Belediyesi arşiv kayıtlarına göre, sanayi yapısındaki ilk yapım süreci, dokuma birimi ve çalışanlar için lojman yapılarının 1973 yılında inşası ile başlamıştır. Yüksek Mühendis Mimar Recai Gözüpek ihtiyaca göre farklı büyüklüklerde lojman tipleri oluşturduğunu anlatmıştır:

“Lojmanları planlarken evvela burada oturacak kişilerin durumunu göz önünde bulundurduk. A tipi lojmanları idareciler için yaklaşık 200 metrekare olarak düşündük. B tipi lojmanlar çalışan ailelere yönelik olup yaklaşık 160 metrekare büyüklüğündeydi. Diğer tiplerde ise ihtiyaca göre daha büyük veya daha küçük çözümler geliştirdik. C tipi lojmanlar yaklaşık 140 metrekare olarak planlandı. Bunların tamamında balkon bulunmasına dikkat ettik. Fabrika ile lojmanların birbirinden kopuk olmasını, çalışanların iş yeriyle bağlarını sürdürebilmelerini istedik. Yerleşimde ortak alanları birbirine yakın tuttuk. Böyle olunca insanlar bir araya geliyor, birbirleriyle daha kolay münasebet kuruyor ve gerektiğinde yardımlaşabiliyordu. Çalışanların dinlenebileceği yerler de düşündük. Lojmanların çokluğu sebebiyle çevre düzenine ayrıca ehemmiyet verdik; binaların etrafını ağaçlandırarak daha yaşanır bir çevre meydana getirmeye çalıştık.”

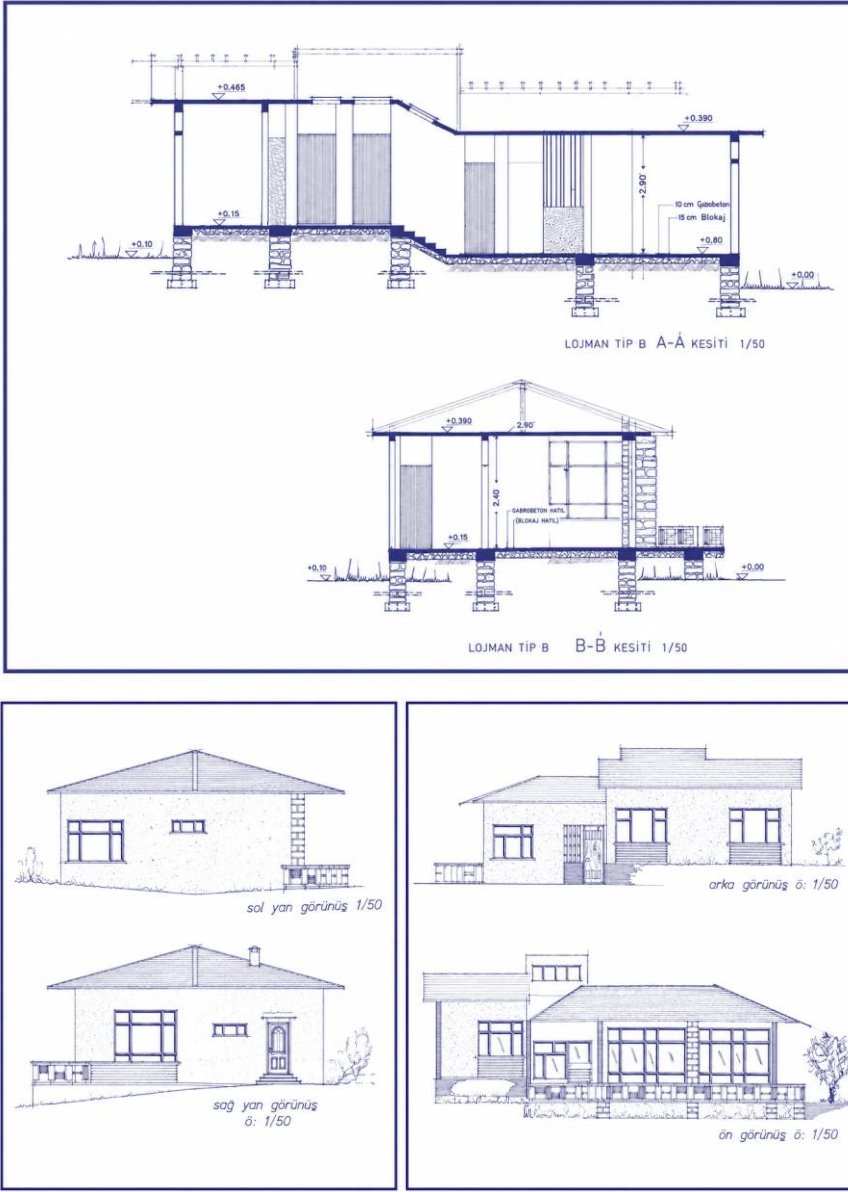
Saray Halı Fabrika yerleşkesi döneminin, lojman ve iş yeri ilişkisi düşünülmüş özel işletmeler içerisindeki ilk örnekleri arasında yer almıştır. Bunun ana sebebi, çalışanların iş yerlerine kolay ulaşmaları ve onların barınma sorunu yaşamaması için lojman birimleri fabrika arsası içinde çözümlenmiştir. Bu durum bir ilçe ölçeğinde, dönemin sanayi çalışanlarının iyi çalışma koşulları hakkında fikir vermektedir.

Daire planları; 3 yatak odası, oturma odası, salon, mutfak ve 2 ayrı ıslak hacim ile 2 ayrı balkon olmak üzere 4+1 ve 150 m²'lik tek katlı tipolojilerden oluşmuştur (Şekil 14).



Şekil 14: B Tipi Personel Lojmanları Daire Planı (Mimar Recai Gözüpek’in çizdiği mimari projeler, Develi Belediyesi Arşivi, 1973)

B Tipi Lojman olarak isimlendirilen bu projenin ısıtma sistemi döneminde çok rastlanmayan ve yeni bir teknoloji olan merkezi ısıtma sistemi olmuştur (Özlok, 2026). Şekil 6’da 17 olarak numaralandırılan yapı grubu, diğer lojman tiplerine göre daha büyük planlanmış ve fabrikanın üst düzey yöneticileri düşünülerek projelendirilip uygulanmıştır. Fabrikanın üretim yapmadığı dönemlerde ve günümüzde dahi lojmanların aktif olarak kullanıldığı bilinmektedir (Özlok, 2026).



Şekil 15: B Tipi Personel Lojmanları Kesit ve Görünüş Çizimleri (Mimar Recai Gözüpek'in çizdiği mimari projeler, Develi Belediyesi Arşivi, 1973)

İşçi Lojmanları ise Şekil-6'da 15 ve 16 numaralarla gösterilen yapılardır. Bu yapıların ısıtmasının soba ile sağlandığı, plan tipinin ise 2+1 plan tipolojisinde olduğu bilinmektedir (Özlök, 2026). 2000'li yıllarda bu yapı grupları yıkılmış ve sonrasında mevcut alan, peyzaj alanı olarak boş bırakılmıştır. Şekil 6'da 18 numara ile gösterilen yapılar ise lojmanlar içerisinde en son inşa edilen yapı grubu olmuştur.



Şekil 16: Yıkılmış Olan İşçi Lojmanları (Saray Halı Fabrikası Fotoğraf Arşivi 2000’li yıllar)

3.5 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: Sağlık Yapıları

Vaziyet planında (Şekil 6) 24 numara ile gösterilen yapı, faaliyet gösterdiği dönemde Sosyal Sigortalar Kurumu (SGK) birim temsilciliği ve işyeri reviri olarak hizmet vermiştir (Şekil 16). Saray Halı Fabrikası'nın yüksek istihdam kapasitesine sahip olması nedeniyle çalışanların sosyal güvenlik işlemlerinin yerinde ve hızlı bir şekilde yürütülmesi amacıyla, SGK temsilciliğinin fabrika yerleşkesi içerisinde konumlandırıldığı bilgisine ulaşılmıştır (Tayfur Özlok ile yapılan sözlü tarih görüşmesi, 2026). Aynı yapı bünyesinde yer alan revir birimi ise üretim faaliyetleri sırasında meydana gelebilecek iş kazaları ve sağlık sorunlarına en kısa sürede müdahale edilebilmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 17: İşyeri Hekimi Görevlendirilmesine İlişkin Haber (Saray Halı Fabrikası Haber Bülteni, 1995)

Söz konusu revir yapısının varlığı, dönemin çalışma yaşamı ve işçi sağlığı uygulamaları açısından değerlendirildiğinde önemli bir kurumsal yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Özellikle Develi ilçesinin sanayi gelişiminde öncü işletmelerden biri olan Saray Halı Fabrikası'nın, çalışanların sağlık hizmetlerine erişimini ve sosyal güvenlik süreçlerini üretim alanı içerisinde bütünleşik bir

biçimde ele aldığı görülmüştür. Bu yönüyle revir yapısı, yalnızca işlevsel bir birim olmanın ötesinde, dönemin iş sağlığı, sosyal güvenlik ve çalışan refahına yönelik uygulamalarını yansıtan önemli bir yapı olarak değerlendirilmiştir.

3.6 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: Yönetim Yapıları

Yerleşke içerisinde üretim yapılarının yanı sıra idari işlevlere hizmet eden bir idari bina ile çalışanların sosyal ve kurumsal faaliyetlerinde kullanılan bir toplantı salonu da bulunmaktadır. Vaziyet planında (Şekil 6) 18 numara ile gösterilen idari bina, L plan şemasına sahip olup iki katlı olarak tasarlanmıştır. Tayfur Özlok ile gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen bilgilere göre, fabrikanın ilk kuruluş döneminde inşa edilen yapı, artan yönetsel ve operasyonel ihtiyaçlar doğrultusunda 1990–1996 yılları arasında gerçekleştirilen müdahalelerle genişletilmiştir. Yapının özgün kütesine eklenen bölümlerle birlikte idari kapasitenin artırıldığı ve mekânsal organizasyonun yeniden düzenlenmiştir.

Yerleşkedeki toplantı salonu, Şekil 6’da 20 numara ile tanımlanmış ve fabrikanın ilk inşa süreciyle eş zamanlı olarak gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Söz konusu yapının, kuruluş döneminden itibaren kurumsal toplantılar, sosyal etkinlikler ve çeşitli organizasyonlar için kullanıldığı sonraki yıllarda değişen ihtiyaçlar doğrultusunda çeşitli bakım ve tadilat çalışmaları gördüğü ifade edilmiştir (Özlok, 2026). Şekil 6’ya göre 8 numara ile gösterilen yapı da toplantı salonu olarak kullanılmış ve çalışanların katılımıyla gerçekleştirilen kurumsal toplantılar, eğitim faaliyetleri ve sosyal etkinliklere ev sahipliği yapmıştır. 9 numaralı yapı ise 1998 yılında inşa edilen satış-sergi binası olarak tanımlanmıştır. Tayfur Özlok’un aktardığı bilgilere göre bu yapı, ürünlerin tanıtım ve sergilenme amacıyla kullanılmış; ancak bünyesinde doğrudan satış faaliyetlerinin gerçekleştirildiği bir perakende satış birimi bulunmamıştır (Özlok, 2026). Satış-sergi yapısı, fabrikanın üretim kapasitesi ve marka kimliğinin ziyaretçilere tanıtılması amacıyla oluşturulan temsil mekânlarından biri olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, yerleşkenin yalnızca üretim faaliyetlerine hizmet eden bir sanayi yapısı olmadığını, aynı zamanda yönetsel ve sosyal işlevleri de bünyesinde barındıran bütüncül bir endüstri yerleşkesi olarak kurgulandığını göstermiştir.

3.7 Develi Saray Halı Fabrika Yerleşkesi: Çiftlik ve Hayvan Birimleri

Yerleşkenin Yüksek Mühendis Mimar Gözüpek tarafından hazırlanan ilk vaziyet planlarında (Şekil 4) "çiftlik" olarak tanımlanan bir alan öngörülmüş olmakla birlikte, uygulama sürecinde plan kararlarına bütünüyle bağlı kalınmadığı anlaşılmıştır. Tayfur Özlok ile gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen verilere göre, söz konusu alanda 1980’li yılların ortalarında ahır yapılarının inşa edildiği, 1990’lı ve 2000’li yıllarda gerçekleştirilen ilavelerle işletmenin kapasitesinin artırılarak yaklaşık 150 baş hayvana hizmet veren bir hayvancılık tesisine dönüştürüldüğü belirlenmiştir (Özlok, 2026). Yerleşke bünyesinde ayrıca süt ve süt ürünleri üretimine yönelik küçük ölçekli bir mandıranın faaliyet gösterdiği ifade edilmiştir. Bu durum, Saray Halı Fabrikası’ nın yalnızca halı üretimine odaklanan bir sanayi tesisi olarak değil, aynı zamanda çalışanların

ihtiyaçlarını destekleyen ve ekonomik faaliyetlerini çeşitlendiren çok işlevli bir işletme modeli benimsediğini göstermektedir.



Şekil 18: Develi Saray Halı Yerleşkesi Kuşbakışı Genel Görünümü
(URL 2, Erişim Tarihi: 16 Temmuz-2026)

Çiftlik alanı yakınında konumlanan yardımcı trafo yapısının ise yerleşkenin enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik teknik altyapı unsurlarından biri olduğu değerlendirilmiştir. Söz konusu yapı, üretim süreçlerinin sürekliliğinin sağlanması ve yerleşkenin genişleyen faaliyet alanlarının desteklenmesi açısından önemli bir teknik hizmet birimi olarak işlev görmüştür.

4. Develi Saray Halı Fabrikası'nın Kent ve Kentli ile Kurduğu Sosyal İlişkiler, Toplumsal Etkileri

Kayseri'nin Develi ilçesinde yer alan Saray Halı Fabrikası'nın gelişim süreci incelendiğinde, yerleşkenin yalnızca üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği bir sanayi tesisi olarak değil, aynı zamanda bulunduğu bölgenin sosyal ve ekonomik yaşamını şekillendiren önemli bir toplumsal odak olarak işlev gördüğü anlaşılmaktadır. Kayseri'de gazeteci olarak çalışan Araştırmacı Nezir Ötegen Saray Halı Fabrikası'nın döneminde kent üzerindeki etkisini şu sözlerle açıklamıştır;

“1972 yılında Develi'de kurulan Saray Halı, uzun yıllar üretim kapasitesi, ihracatı ve teknolojik altyapısıyla makine halısı sektörünün önde gelen kuruluşlarından biri olmuş; bölge ekonomisine, istihdama ve sosyal yaşama önemli katkılar sağlamıştır. Fabrika, Develi'de binlerce kişiye istihdam sağlayarak üç nesil boyunca 'dededen toruna iş kapısı' olarak anılmış, tekstil sektörünün yanı sıra tarım ve hayvancılık alanındaki yatırımlarıyla da bölgesel kalkınmada önemli bir rol üstlenmiştir. Ancak yaşanan ekonomik zorluklar sonucunda üretim faaliyetlerinin sona ermesi, ilçe ekonomisi ve yerel halk üzerinde derin etkiler bırakmıştır.”

Konuya ilişkin Tayfur Özlok ile yapılan görüşmelere göre, yerleşkeye Develi halkının doğrudan erişiminin olduğu fakat Fabrika sahasına izinsiz giremedikleri belirtilmiştir. Yerleşke ana girişinden çalışanların yanı sıra halkın da kontrollü

olarak girebildiği ve sosyal alanları kullanabildiği yaya aksı, yaya ve rekreasyon aksı olarak Şekil 6 üzerinde gösterilmiştir.

Yerleşke içerisinde doğrudan Develi halkına ya da kullanıcıya satış yapılan bir birim olmadığı fakat yılın belirli kampanya dönemlerinde ve hafta sonu gibi özel günlerde satışa açılabilirdi de bilinmektedir (Özlok, 2026). Fabrika bünyesinde yer alan toplantı salonları, revir, SGK temsilciliği, mandıra, hayvancılık tesisleri ve çeşitli sosyal mekânlar, işletmenin çalışanlarla ve yerel toplumla kurduğu ilişkinin üretim faaliyetlerinin de ötesine geçtiğinin bir kanıtıdır. Özellikle dönemin koşulları göz önünde bulundurulduğunda, yerleşke içerisinde SGK temsilciliği ve revir birimlerinin bulunması, çalışanların sosyal güvenlik işlemlerine ve sağlık hizmetlerine hızlı erişimini sağlayan öncü uygulamalardan biri olarak değerlendirilmiştir. Bu durum yalnızca çalışan refahını artırmakla kalmamış, aynı zamanda fabrikanın bölge halkı nezdindeki kurumsal güvenilirliğini de güçlendirmiştir. Benzer şekilde toplantı salonlarının çeşitli eğitimler, bilgilendirme toplantıları ve sosyal etkinlikler için kullanılması, çalışanlar arasındaki aidiyet duygusunu desteklerken işletme ile yerel toplum arasındaki etkileşimi de artırmıştır.

Develi Saray Halı Fabrika yerleşkesinde günümüzde aktif olarak kullanılmayan alanlar ise uzun süreli işlev kaybının yapı ve çevresi üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur (Şekil 19). Üretim faaliyetlerinin sona ermesiyle birlikte atıl durumda kalan bu bölümlerde bakım ve onarım çalışmalarının yetersiz kalması, yapı elemanlarında fiziksel bozulmaların artmasına ve mekansal bütünlüğün zaman içerisinde zarar görmesine neden olmuştur. Şekil 19'da görülen kullanılmayan çalışma alanları, endüstri mirasının korunması ve sürdürülebilir bir yaklaşımla yeniden işlevlendirilmesi gerekliliğini ortaya koyarken, aynı zamanda can ve mal güvenliği açısından değerlendirilmesi gereken fiziksel riskleri de gözler önüne sermiştir.



Şekil 19: Develi Saray Halı Yerleşkesi Atölyelerinin Günümüzdeki Durumu (Özlok, 2026)

Yerleşke bünyesinde oluşturulan çiftlik ve mandıra faaliyetleri ise fabrikanın ekonomik ve sosyal yapısının çeşitliliğini ortaya koymuştur. Bu alanlarda yürütülen faaliyetlerin yalnızca işletme ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olmadığı, aynı zamanda bölgedeki tarımsal üretim kültürü ile sanayi faaliyetleri arasında bir bağ kurulmasına katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Böylece Saray Halı Fabrikası'nın, Develi'nin geleneksel üretim kültürü ile modern sanayi anlayışını bir araya getiren hibrit bir işletme modeli geliştirdiği görülmüştür.

Yerel halktan çok sayıda kişinin istihdam edilmesi, fabrikanın ekonomik etkilerinin yanı sıra güçlü bir sosyal ağ oluşturmaya da olanak sağlamıştır. Çalışanların önemli bir bölümünün Develi ve çevre yerleşimlerden gelmesi, fabrikanın aile yaşamı, sosyal ilişkiler ve yerel ekonomi üzerinde doğrudan etkiler yaratmasına neden olmuştur. Fabrikanın sağladığı bu istihdam durumu ilçeden kent merkezine ve başka şehirlere olan göçün önünü kesmiştir.

Bu durum, Saray Halı Fabrikası'nın yalnızca bir işveren değil, aynı zamanda bölgesel kalkınmayı destekleyen ve toplumsal dayanışmayı güçlendiren bir kurum olarak algılanmasını sağlamıştır.

Endüstri mirası olarak değerlendirildiğinde, Saray Halı Fabrikası'nın taşıdığı değer yalnızca fiziksel yapı stokundan kaynaklanmamaktadır. Yerleşkenin çalışanlar, aileler ve yerel toplumla kurduğu çok yönlü ilişkiler, yapının somut olmayan kültürel miras boyutunu da ortaya çıkarmıştır. Fabrika çevresinde oluşan sosyal ilişkiler ağı, çalışma kültürü, kurumsal aidiyet ve ortak üretim, yerleşkenin Develi'nin kolektif belleğinde önemli bir yer edinmesine katkı sağlamıştır. Bu nedenle çalışma özelinde Saray Halı Fabrikası, yalnızca bir üretim tesisi olarak değil; ekonomik, sosyal ve kültürel etkileriyle bulunduğu çevrenin gelişimine yön vermiş bütüncül bir endüstri yerleşkesi olarak değerlendirilmiştir.

5. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışma, Develi Saray Halı Fabrikası'nın yalnızca bir üretim yapısı değil, Cumhuriyet Dönemi sanayileşme politikalarının Anadolu'daki mekânsal yansımalarını temsil eden bütüncül bir endüstri yerleşkesi olduğunu ortaya koymuştur. Kayseri'nin tarihsel ticaret ve üretim geleneği üzerine gelişen fabrika, geleneksel halıcılık kültürünü modern üretim teknikleriyle buluşturarak yerel üretim bilgisinin endüstri mirası ölçeğinde yeniden yorumlanmasına olanak sağlamış; bu yönüyle bölgesel kalkınma sürecinde önemli bir rol üstlenmiştir.

Araştırma bulguları, fabrikanın üretim birimlerinin yanı sıra yönetim yapıları, lojmanlar, sağlık tesisleri ve çeşitli sosyal donatı alanlarıyla kendi içinde örgütlenmiş bir yaşam ve çalışma çevresi oluşturduğunu göstermektedir. Bu mekânsal kurgu, dönemin kamu endüstri yapılarında görülen planlama anlayışının özel sektör tarafından benimsenen başarılı bir örneğini temsil etmekte; aynı zamanda üretim, yönetim ve sosyal yaşamın bütünleştiği bir endüstri yerleşkesi modeli sunmaktadır. Fabrikanın Develi ve çevresine sağladığı istihdam, ekonomik canlılığın yanı sıra yerel toplumsal yaşamın şekillenmesine ve güçlü bir kurumsal belleğin oluşmasına katkıda bulunmuştur. Bu yönüyle yerleşke, literatürde tanımlanan endüstriyel paternalizm ve işletme-toplum

bütünleşmesi yaklaşımlarının yerel ölçekteki dikkat çekici örneklerinden biri olarak değerlendirilebilir.

Çalışmada ayrıca yerleşkenin zaman içerisinde üretim kapasitesine ve değişen işletme gereksinimlerine bağlı olarak geçirdiği mekânsal dönüşümler incelenmiş; üretim hollerindeki genişlemeler, idari yapıların büyümesi ve sosyal donatıların çeşitlenmesi, fabrikanın değişen ekonomik ve yönetsel koşullara uyum sağlayabilen dinamik bir gelişim süreci izlediğini göstermiştir. Bu durum, endüstri mirasının yalnızca ilk inşa edildiği dönemle değil, zaman içinde geçirdiği dönüşümlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın önemli sonuçlarından biri de Saray Halı Fabrikası'nın değerinin yalnızca fiziksel yapılarından kaynaklanmadığının belirlenmesidir. Üretim süreçleri, kurumsal kültürü, çalışan deneyimleri ve yerel halkla kurduğu sosyal ilişkiler, fabrikanın önemli bir somut olmayan endüstriyel miras değeri taşıdığını göstermektedir. Bu nedenle korunmasına yönelik yaklaşımların yalnızca mimari öğelere odaklanmaması; üretim kültürünü, tarihsel işlevlerini ve toplumsal bellekteki yerini de kapsayan bütüncül koruma stratejileri geliştirmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak Develi Saray Halı Fabrikası, Kayseri'nin sanayi kimliğinin ilçe ölçeğine taşınmasını simgeleyen, Cumhuriyet Dönemi sanayileşmesinin mekânsal, ekonomik ve toplumsal boyutlarını birlikte yansıtan önemli bir endüstriyel miras örneğidir. Günümüzde üretim faaliyetleri sona ermiş olsa da, yapının mimari nitelikleri, yerleşke organizasyonu, üretim kültürü ve yerel bellekteki yeri, korunması ve belgelenmesi gereken çok katmanlı bir miras değeri oluşturmaktadır. Bu bağlamda Saray Halı Fabrikası'nın uygun yeniden işlevlendirme yaklaşımlarıyla yaşatılması, yalnızca yapının fiziksel sürekliliğinin sağlanmasına değil, aynı zamanda Türkiye'nin sanayileşme tarihine ilişkin mekânsal ve toplumsal hafızanın gelecek kuşaklara aktarılmasına da önemli katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesine, Develi Saray Halı Fabrikası'nın mimari mirasına ilişkin yazılı ve görsel belgeleri araştırmacılarla paylaşarak önemli katkılarda bulunan Develi Belediyesi yönetimine ve çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Araştırma sürecinde bilgi ve deneyimlerini bizlerle paylaşan; Saray Halı Fabrikası yerleşkesinin mimari özellikleri, tarihsel gelişimi ve mekânsal organizasyonuna ilişkin değerli görüş ve değerlendirmeleriyle çalışmaya önemli katkılar sağlayan Yüksek Mimar Recai Gözüpek'e ve Kurmel Holding A.Ş.'de İnsan Kaynakları ve Eğitim Direktörü olarak görev yapan Tayfur Özlok'a içten teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Adalet Gazetesi. (1973, 30 Temmuz). Kayseri'de iplik ve halı fabrikasının temeli atıldı.
- Akış, T. (2008). Teaching/forming/framing a scientifically oriented architecture in Turkey between 1956–1982 (Doctoral dissertation). Middle East Technical University, Ankara, Türkiye.
- Bozkurt, E. (2019). The changing dynamics of the architectural profession in Turkey, 1960s–1970s: The rise of participatory design and the experimental case of İzmit New Settlements Project (Master's thesis). Bilkent University, Ankara, Türkiye.
- Dayıoğlu, K. (2019). Saray Halı. İçinde Kayseri'de ticaret ve sanayi (Yay. No. 145, s. 288). Kayseri: Kayseri Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları.
- Develi Belediyesi Arşivi, (1973). Saray Halı Fabrikasına ait plan, kesit ve görünüşler [Arşiv belgesi].
- Develi Belediyesi Arşivi, (1996). Saray Halı Fabrikasına ait vaziyet planı [Arşiv belgesi].
- Erdal, İ. (2021, 27 Şubat). Sümerbank. Atatürk Ansiklopedisi. <https://ataturkansiklopedisi.gov.tr/detay/308/S%C3%BCmerbank>, Erişim Tarihi:29.07.2026.
- Kayseri Valiliği. (2009). Kayseri taşınmaz kültür varlıkları envanteri (s. 266). Kayseri: Kayseri Valiliği.
- Ötegen, N. (2020). Kayseri'nin yarım asırlık ekonomi çınarı: Saray Halı. Kayseri Gündem Gazetesi. <https://www.kayserigundem.com.tr/kayserinin-yarim-asirlik-ekonomi-cinari-saray-hali/49480/>, Erişim Tarihi:29.07.2026.
- Saray Halı Fabrikası Haber Bülteni, (1995). Saray Halı Japonya'da sergilendi.
- Türel, O. (1981). 1970'li yıllarda mühendislik sanayilerindeki kamu yatırımları: Gözlem ve değerlendirmeler. ODTÜ Gelişme Dergisi, 8 (Özel Sayı), 575–612.
- Uz, F. (2019). Designing with aluminium: Aluminium in the architecture of 1970s Ankara. Ankara Araştırmaları Dergisi, 7(1), 75–103. <https://doi.org/10.5505/jas.2019.00710>
- Yeni Kayseri Gazetesi. (1994, 31 Mayıs). Saray Halı çevre dostu.

İnternet Kaynakları

- URL 1: Çağdaş Develi. (t.y.). Türkiye'nin ve Avrupa'nın en büyüğü: Saray Halı işletme tesisleri. <https://www.cagdasdeveli.com.tr/kose->

yazarlari/turkiyenin-ve-avrupanin-en-buyugu-saray-hali-isletme-
tesisleri.html. Erişim Tarihi: 10.07.2026

URL 2: Saray iftlięi. (t.y.). Üretim tesisi. <https://sarayciftligi.com.tr/uretim-tesisi>.
Erişim Tarihi: 16.07.2026

Sözlü Tarih Görüşmeleri

Gözüpek, R. (2026, 7 Nisan). Sözlü tarih görüşmesi.

İzmirli, H. (2026, 28 Nisan). Sözlü tarih görüşmesi.

Özlok, T. (2026, 14 Mayıs). Sözlü tarih görüşmesi.

BÖLÜM 3

**Kentsel Dokunun Morfometrik Analizi:
Kavramsal Çerçeve, Göstergeler ve
Değerlendirme Yaklaşımları**

Meltem Akyürek Algın¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Toros Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, ORCID: 0000-0001-6174-0641

1. Giriş

Kentler, tarih boyunca toplumsal, ekonomik, kültürel, teknolojik ve çevresel dinamiklerin etkisiyle sürekli değişen ve dönüşen karmaşık mekânsal sistemler haline gelmişlerdir. Nüfus artışı, sanayileşme, ulaşım teknolojilerindeki gelişmeler, ekonomik yapının dönüşümü ve planlama yaklaşımlarındaki değişimler, kentlerin fiziksel yapısının farklı dönemlerde yeniden biçimlenmesine neden olmuştur. Bu dönüşüm yalnızca yapılaşma yoğunluğunu veya arazi kullanım kriterlerini değil; parseller, yapı adaları, sokak ağları, açık alanlar ve kamusal yapılar arasındaki mekânsal ilişkileri de değiştirmektedir. Dolayısıyla kentlerin fiziksel gelişiminin anlaşılabilmesi yalnızca mevcut mekânsal yapının tanımlanmasının ötesinde, bu yapının hangi süreçler sonucunda oluştuğunun ve zaman içerisinde nasıl değiştiğinin de ortaya konulmasını gerektirmektedir (Conzen, 1960; Whitehand, 2001).

Kentsel mekânın fiziksel yapısının çözümlenmesine yönelik çalışmalar, uzun yıllar boyunca kentsel morfoloji disiplini kapsamında geliştirilmiştir. Özellikle M.R.G. Conzen'in kent planı (town plan), yapı dokusu (building fabric) ve arazi kullanım örüntülerini birlikte ele alan yaklaşımı ile Saverio Muratori ve Gianfranco Caniggia'nın tipomorfolojik çalışmaları, kentsel formun tarihsel gelişimini açıklayan temel kuramsal çerçeveleri oluşturmuştur (Muratori, 1959; Conzen, 1960; Caniggia & Maffei, 2001). Bu çalışmalar, kentlerin yalnızca fiziksel görünümünün değil, zaman içinde oluşan mekânsal organizasyonunun da incelenmesi gerektiğini ortaya koyarak günümüz kentsel morfoloji araştırmalarının temelini oluşturmuştur.

Başlangıçta kentsel morfoloji araştırmalarında tarihsel haritaların yorumlanması, saha gözlemleri ve tipolojik incelemeler önemli yer tutmuştur. Bununla birlikte nicel değerlendirmeler, kentsel morfolojinin bütünüyle dışında ya da yalnızca güncel döneme ait bir yaklaşım değildir; farklı araştırma geleneklerinde sistematik ölçme ve karşılaştırma uzun süredir kullanılmaktadır. CBS, uzaktan algılama ve yüksek çözünürlüklü mekânsal veriler, bu yöntemlerin kapsamını ve uygulanabilirliğini genişletmiştir. Bu bağlamda kentsel morfometri, kentsel formun seçilmiş fiziksel özelliklerini nicel göstergelerle tanımlamaya ve karşılaştırmaya yönelik bir araştırma alanı olarak gelişmiştir (Dibble et al., 2015, 2019; Oliveira, 2016; Fleischmann et al., 2020; Oliveira & Porta, 2025).

Morfometrik analizler; parsel ve yapı özellikleri, yol ağı, yoğunluk, biçim, mekânsal ilişkiler ve üç boyutlu kentsel yapı gibi bileşenleri ölçülebilir göstergeler aracılığıyla incelemektedir. Bu göstergeler, farklı kentsel alanların karşılaştırılmasını ve fiziksel farklılıkların görünür kılınmasını sağlayabilir. Bununla birlikte göstergelerin planlama, koruma, ulaşım veya iklim uyumu gibi alanlarda anlamlı sonuçlar üretmesi, nicel bulguların araştırma sorusu ve yerel

bağlamla birlikte yorumlanmasına bağlıdır (Batty, 2013; Oliveira & Medeiros, 2016; Oliveira & Porta, 2025).

Morfometrik araştırmalarda gösterge sayısının, veri kaynaklarının ve analiz yöntemlerinin çeşitlenmesi, sonuçların karşılaştırılabilirliği açısından yöntemsel seçimleri önemli hâle getirmektedir. Özellikle göstergelerin birbirleriyle ilişkileri, analiz ölçeği ve temsil ettikleri fiziksel özellikler açıkça tanımlanmalıdır; aksi hâlde aynı kavramı kısmen tekrar eden göstergeler belirli boyutların analizde gereğinden fazla ağırlık kazanmasına yol açabilir (Schwarz, 2010; Oliveira & Porta, 2025).

Çalışmanın amacı, kentsel dokunun morfometrik analizine ilişkin kavramsal temelleri, kuramsal gelişim sürecini, yaygın olarak kullanılan morfometrik göstergeleri ve değerlendirme yaklaşımlarını bütüncül bir bakış açısıyla incelemektir. Bu doğrultuda öncelikle kentsel doku, kentsel morfoloji ve kentsel morfometri kavramları açıklanmakta; ardından morfometrik göstergeler ile analiz yöntemleri sistematik biçimde sınıflandırılmaktadır. Son bölümde ise morfometrik verilerin yorumlanmasına ilişkin yaklaşımlar, güncel araştırma eğilimleri ve gelecekteki çalışma alanları değerlendirilerek kentsel planlama ve tasarım disiplinlerine sağlayabileceği katkılar tartışılmaktadır.

2. Kentsel Doku ve Morfometri: Kavramsal Çerçeve

2.1. Kentsel Doku Kavramı

Kentsel doku, bir kentin fiziksel yapısını oluşturan parseller, yapı adaları, binalar, sokaklar, açık alanlar ve kamusal mekânlar arasındaki ilişkilerin oluşturduğu bütündür. Bu kavram, fiziksel öğelerin yanı sıra bunların mekânsal düzenini ve zaman içinde oluşan örgütlenme biçimini de kapsar. Kentsel doku, tarihsel gelişim, toplumsal yapı, ekonomik ilişkiler ve planlama kararlarının fiziksel çevrede bıraktığı izleri okumaya olanak veren çok katmanlı bir yapıdır (Conzen, 1960; Whitehand, 2001).

Literatürde kentsel doku kavramı zaman zaman kentsel form ve kentsel morfoloji kavramlarıyla eş anlamlı olarak kullanılsa da bu kavramlar farklı içeriklere sahiptir. Kentsel form, bir yerleşmenin belirli bir zaman dilimindeki fiziksel görünümünü ve mekânsal organizasyonunu ifade etmektedir. Kentsel doku ise bu formu meydana getiren somut fiziksel bileşenler ile bu bileşenler arasındaki mekânsal ilişkileri tanımlamaktadır. Buna karşılık kentsel morfoloji, kentsel formun ve dokunun tarihsel süreç içerisinde nasıl oluştuğunu, hangi dinamiklerin etkisiyle değiştiğini ve bu değişimin mekâna nasıl yansıdığını inceleyen bilimsel çalışma alanıdır. Dolayısıyla kentsel doku, kentsel morfoloji araştırmalarının temel inceleme nesnesini oluştururken; kentsel form bu yapının genel görünümünü ifade eder (Oliveira, 2016).

Tablo 1. Kentsel doku ile ilişkili temel kavramların karşılaştırılması

Kavram	Tanım	Odak Noktası
Kentsel doku	Kenti oluşturan parseller, yapılar, sokaklar, açık alanlar ve bunlar arasındaki mekânsal ilişkilerin oluşturduğu fiziksel sistemdir.	Kentin fiziksel bileşenleri ve bunların mekânsal organizasyonu
Kentsel form	Bir yerleşmenin belirli bir zaman dilimindeki fiziksel görünümü ve mekânsal düzenidir.	Kentin genel fiziksel görünümü
Kentsel morfoloji	Kentsel formun ve dokunun oluşumunu, gelişimini ve zaman içindeki dönüşümünü inceleyen bilim dalıdır.	Oluşum ve değişim süreçleri
Kentsel morfometri	Kentsel formun ve dokunun ölçülebilir özelliklerini nicel göstergeler aracılığıyla analiz eden yaklaşımdır.	Ölçme, karşılaştırma ve nicel analiz

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kentsel dokunun oluşumu ve gelişimi, tek bir faktörle açıklanabilecek bir süreç değildir. Doğal çevre koşulları, topoğrafya, iklim, ulaşım sistemleri, mülkiyet yapısı, ekonomik faaliyetler, demografik değişimler, kültürel birikim ve planlama politikaları gibi çok sayıda etkenin uzun yıllar boyunca karşılıklı etkileşimi sonucunda biçimlenmektedir. Bu nedenle her kent kendine özgü bir mekânsal karakter geliştirmekte; hatta aynı kent içerisinde farklı dönemlerde oluşmuş dokular belirgin morfolojik özellikler sergileyebilmektedir. Tarihsel süreç içerisinde organik biçimde gelişen yerleşmelerde düzensiz sokak örüntüleri, farklı büyüklük ve biçimlerde parseller ile çeşitlenen yapı tipolojileri öne çıkarken; planlı gelişen yerleşimlerde daha düzenli ulaşım ağları, standart ada-parcel düzenleri ve benzer yapı karakterleri görülmektedir. Bu durum, kentsel dokunun yalnızca fiziksel bir oluşum olmadığını; aynı zamanda tarihsel, toplumsal ve ekonomik süreçlerin mekânsal bir yansıması olduğunu göstermektedir (Whitehand, 2001; Moudon, 1997).

Kentsel dokunun başlıca analiz birimleri parseller, yapılar, yapı adaları, sokaklar, açık alanlar ve bunlar arasındaki mekânsal ilişkilerdir. Bu bileşenlerin yalnızca ayrı ayrı ölçülmesi yeterli değildir; boyut, biçim, yoğunluk, diziliş ve bağlantı örüntülerinin birlikte incelenmesi gerekir. Bu ilişkisel bakış, tarihî çevrelerin korunması, dönüşüm alanlarının değerlendirilmesi ve yeni gelişme bölgelerinin planlanması için kuramsal bir temel sunar (Oliveira, 2016; Akyürek Alın & Hoşkara, 2026).

Bu bölümde kentsel dokunun fiziksel bileşenleri ve aralarındaki ilişkiler tanımlanmıştır; sonraki bölüm, bu dokunun oluşum ve dönüşüm süreçlerini inceleyen kentsel morfoloji yaklaşımına odaklanmaktadır.

2.2. Kentsel Morfoloji

Kentsel morfoloji, kentlerin fiziksel yapısını, bu yapının oluşumunu ve zaman içerisindeki dönüşümünü inceleyen disiplinler arası bir araştırma alanıdır. Parseller, yapı adaları, binalar, sokak ağları, açık alanlar ve arazi kullanımları arasındaki ilişkileri tarihsel gelişim süreci içerisinde değerlendirir. Bu nedenle yalnızca mevcut formu betimlemekle kalmaz, formun hangi toplumsal, ekonomik, kültürel ve çevresel süreçlerle oluştuğunu da araştırır (Conzen, 1960; Whitehand, 2001; Oliveira, 2016).

Kentsel morfolojinin kuramsal temelleri, 20. yüzyılın ortalarından itibaren farklı araştırma gelenekleri tarafından geliştirilmiştir. Bu alandaki en etkili yaklaşımlardan biri, Conzen tarafından geliştirilen Conzenyen ekoldür. Conzen (1960), kentsel formun analizinde kent planı (town plan), yapı dokusu (building fabric) ve arazi kullanım örüntüsünü (land use pattern) temel bileşenler olarak ele almış; bu bileşenlerin tarihsel süreç içerisindeki değişimini inceleyerek kentlerin morfolojik gelişimini açıklamıştır. Özellikle parsel yapısının ve sokak sisteminin uzun dönemli dönüşümünü merkeze alan bu yaklaşım, günümüzde kentsel morfoloji çalışmalarının en önemli kuramsal temellerinden biri olarak kabul edilmektedir (Whitehand, 2001).

İtalya'da Muratori tarafından geliştirilen tipomorfolojik yaklaşım ise kentsel morfolojiyi yapı tipleri ile kentsel dokunun birlikte evrildiği bir süreç olarak değerlendirmektedir. Bu yaklaşımda kent, birbirinden bağımsız yapıların toplamı olarak değil; farklı dönemlerde gelişen yapı tiplerinin ve mekânsal organizasyonların oluşturduğu bütüncül bir sistem olarak ele alınmaktadır. Daha sonra Caniggia ve Gian Luigi Maffei tarafından geliştirilen çalışmalar, yapı tiplerinin zaman içerisindeki dönüşümünü ayrıntılı biçimde inceleyerek tipomorfoloji kuramının gelişmesine önemli katkılar sağlamıştır (Muratori, 1959; Caniggia & Maffei, 2001).

Kentsel morfoloji, kentsel formun bileşenlerini ve tarihsel dönüşümünü açıklayan kuramsal çerçeveyi sunarken, morfometri bu bileşenlerin seçilmiş özelliklerini nicel olarak ölçme ve karşılaştırma yollarını geliştirir. Nicel analiz, morfolojik yorumun yerine geçmez; onu sistematik ölçüm ve karşılaştırma yoluyla destekler (Fleischmann et al., 2020; Oliveira & Porta, 2025).

2.3. Kentsel Morfometri

Kentsel morfometri, kentsel formu oluşturan bileşenlerin fiziksel özelliklerini nicel değerlendirme yoluyla ölçmeyi ve karşılaştırmayı amaçlayan bir araştırma alanıdır. Parsel, yapı ve sokak gibi temel öğelerden türetilen göstergeler; araştırma sorusu, analiz ölçeği ve verinin niteliğine göre seçilir. Bu nedenle güvenilir bir morfometrik değerlendirme, yalnızca ölçülebilir değişkenler üretmeye değil, bu değişkenlerin kentsel morfoloji kuramıyla ilişkisinin açıkça kurulmasına da dayanır (Dibble et al., 2019; Fleischmann et al., 2020; Oliveira &

Porta, 2025).

Morfometrik yaklaşım, kentsel dokunun fiziksel özelliklerini sayısal göstergelerle tanımlamaya ve karşılaştırmaya olanak verir; ancak bu, tarihsel harita yorumları ve nitel morfolojik okumaların yerini aldığı anlamına gelmez. Nicel ve nitel yöntemler farklı sorulara yanıt verebilir ve birlikte kullanıldığında kentsel formun hem ölçülebilir özelliklerini hem de tarihsel-mekânsal bağlamını daha kapsamlı biçimde açıklayabilir (Gil et al., 2012; Oliveira & Porta, 2025).

Kullanılan göstergeler arasında parsel alanı ve geometrisi, yapı oturma alanı ve yüksekliği, yapılaşma yoğunluğu, doluluk-boşluk örüntüsü, yol ağı özellikleri, erişilebilirlik ve üç boyutlu form ölçütleri yer alabilir. Göstergelerin birlikte kullanılması, tek bir ölçütün açıklayamayacağı farklı fiziksel boyutların karşılaştırılmasını sağlayabilir; ancak aralarındaki korelasyonlar ve temsil ettikleri özellikler de dikkate alınmalıdır (Oliveira, 2016; Schwarz, 2010; Oliveira & Porta, 2025).

Morfometrik analizler bina, parsel, yapı adası, mahalle, kent ve bölge gibi farklı ölçeklerde uygulanabilir. Analiz birimi ve gösterge seçimi, araştırma sorusuna ve verinin çözünürlüğüne göre belirlenmelidir. Özellikle parsel ölçeğinde, parsel sınırlarının tanımlanması ve farklı alanlar arasında tutarlı biçimde temsil edilmesi karşılaştırma sonuçlarını etkileyebilir (Fleischmann et al., 2020).

Bu bölümün devamında göstergeler, temsil ettikleri fiziksel özelliklere göre sınıflandırılarak ele alınmaktadır.

Tablo 2. Kentsel morfolojiden kentsel morfometriye geçiş

Yaklaşım	Temel amaç	Kullanılan yöntem	Çıktı
Kentsel morfoloji	Kentsel formun oluşumunu ve dönüşümünü açıklamak	Tarihsel inceleme, tipolojik analiz, gözlem	Nitel değerlendirme
Kentsel morfometri	Kentsel formun ölçülebilir özelliklerini analiz etmek	CBS, mekânsal analiz, istatistik, ağ analizi	Nicel değerlendirme

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.4. Morfometrik Analizin Gelişimi

Kentsel morfometrinin kuramsal temelleri, 20. yüzyılın ortalarından itibaren sistematikleşen kentsel morfoloji çalışmalarına dayanır. Conzen'in tarihsel-coğrafi yaklaşımı ile Muratori ve Caniggia'nın tipomorfolojik çalışmaları, kent planı, parsel, yapı ve doku ilişkilerini farklı kuramsal açılardan ele almıştır (Conzen, 1960; Muratori, 1959; Caniggia & Maffei, 2001). Bu yaklaşımlar yalnızca betimleme üretmemiş, aynı zamanda kentsel formun bileşenlerini sınıflandırma ve mekânsal örüntüleri karşılaştırma yönünde sistematik yöntemler geliştirmiştir (Oliveira & Porta, 2025).

Conzen'in kent planı analizi, sokak sistemi, parseller, yapı adaları ve arazi kullanımı gibi bileşenlerin tarihsel gelişimini birlikte inceleyen önemli bir çerçeve sunmuştur. Bu yaklaşım, kentsel formun tek bir andaki görünümünden çok, farklı dönemlerde oluşan katmanlarını ve bunların sürekliliklerini anlamaya yöneliktir (Conzen, 1960; Whitehand, 2001).

İtalya'da Muratori ve daha sonra Caniggia ile Maffei tarafından geliştirilen tipomorfolojik yaklaşım ise yapı tipleri ile kentsel dokunun karşılıklı ve tarihsel evrimini vurgulamıştır. Bu yaklaşım, yapı ve doku ölçekleri arasındaki ilişkileri inceleyerek tarihî çevrelerin okunması ve tasarım kararlarının mevcut bağlamla ilişkilendirilmesi açısından etkili olmuştur (Muratori, 1959; Caniggia & Maffei, 2001).



Şekil 1. Kentsel morfoloji ve morfometri alanındaki başlıca kuramsal ve yöntemsel gelişmelerin tarihsel evrimi

Mekân Dizimi (Space Syntax), mekânsal konfigürasyon ve erişilebilirlik ilişkilerini sayısal göstergelerle inceleyen ayrı bir yöntemsel gelenektir (Hillier & Hanson, 1984). CBS, uzaktan algılama ve hesaplama kapasitesindeki gelişmeler ise morfolojik bileşenlerin daha geniş alanlarda ve çok sayıda değişkenle analiz edilmesini kolaylaştırmıştır. Güncel morfometrik çalışmalar, kentsel form örüntülerini tanımlamak için nicel yöntemlerden yararlanırken, bu sonuçların tarihsel ve kuramsal bağlamla ilişkilendirilmesinin önemini de vurgulamaktadır (Gil et al., 2012; Fleischmann et al., 2020; Oliveira & Porta, 2025). Vítor Manuel Araújo de

Genel olarak morfometrik analizlerin gelişimi, nitel yöntemlerden nicel yöntemlere doğru tek yönlü bir geçiş olarak değil; farklı veri kaynaklarının, ölçeklerin ve analiz araçlarının birlikte kullanılabildiği bir genişleme olarak değerlendirilmelidir. Güncel yaklaşımın temel meselesi yalnızca daha fazla veriyi

ölçmek değil, göstergeleri kuramsal olarak gerekçelendirmek, karşılaştırılabilir birimler seçmek ve nicel bulguları morfolojik yorumla ilişkilendirmektir (Fleischmann et al., 2020; Oliveira & Porta, 2025).

2.5. Morfometrik Analizin Kent Planlama Açısından Önemi

Kentsel morfometri, fiziksel çevrenin seçilmiş özelliklerini ölçülebilir göstergelerle inceleyerek planlama ve tasarım çalışmalarına analitik destek sağlayabilir. Bununla birlikte göstergelerin karar desteği niteliği, ölçümün nasıl yapıldığına, hangi ölçeğin seçildiğine ve sonuçların yerel bağlamla birlikte yorumlanmasına bağlıdır (Oliveira, 2016; Schwarz, 2010).

Morfometrik analizler, mevcut durumun tanımlanması, kentsel alanların karşılaştırılması ve planlama alternatiflerinin fiziksel sonuçlarının değerlendirilmesi gibi aşamalarda kullanılabilir. Parsel düzeni, yapı yoğunluğu, yol ağı ve açık alan örüntülerinin birlikte incelenmesi, tekil göstergelerle görünür olmayan ilişkilerin belirlenmesine yardımcı olur (Gil et al., 2012; Schwarz, 2010).

Morfometrik göstergeler farklı ölçeklerde uygulanabilse de, her ölçekte aynı göstergelerin aynı anlamı taşıdığı varsayılmamalıdır. Parsel ve yapı ölçeğindeki ölçütler fiziksel bileşenlerin özelliklerini; mahalle ve kent ölçeğindeki göstergeler ise daha geniş örüntüleri, bağlantısallığı ve yoğunluk dağılımını açıklayabilir. Bu nedenle ölçek seçimi, araştırma sorusu ve veri çözünürlüğüyle uyumlu olmalıdır.

Özellikle kentsel dönüşüm projelerinde morfometrik analizler, mevcut yapı stokunun yoğunluğu, yapı yükseklikleri, doluluk-boşluk oranları ve parsel düzeni gibi göstergelerin değerlendirilmesine olanak sağlayarak dönüşüm önceliklerinin belirlenmesine katkı sunmaktadır. Benzer şekilde tarihî çevrelerin korunmasında, geleneksel doku özelliklerinin nicel olarak tanımlanması ve yeni müdahalelerin mevcut morfolojik karakterle uyumunun değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bu nedenle morfometrik analizler yalnızca yeni gelişme alanlarının planlanmasında değil, mevcut kent dokularının korunması ve iyileştirilmesi süreçlerinde de önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Whitehand, 2001).

İklim değişikliğine uyum, afet risklerinin azaltılması ve sürdürülebilir kentleşme hedefleri doğrultusunda geliştirilen güncel planlama yaklaşımları da morfometrik analizlerden önemli ölçüde yararlanmaktadır. Yapı yoğunluğu, yükseklik dağılımı, açık alan oranı ve yol ağı yapısı gibi göstergeler; kentsel ısı adası etkisinin değerlendirilmesi, doğal havalandırma koridorlarının belirlenmesi, yağmur suyu yönetimi ve acil durum erişilebilirliğinin analiz edilmesi gibi birçok konuda planlama çalışmalarına bilimsel veri sağlamaktadır. Böylece morfometrik analizler, yalnızca mevcut fiziksel yapının tanımlanmasını değil, geleceğe yönelik planlama senaryolarının geliştirilmesini de desteklemektedir (Batty, 2013).

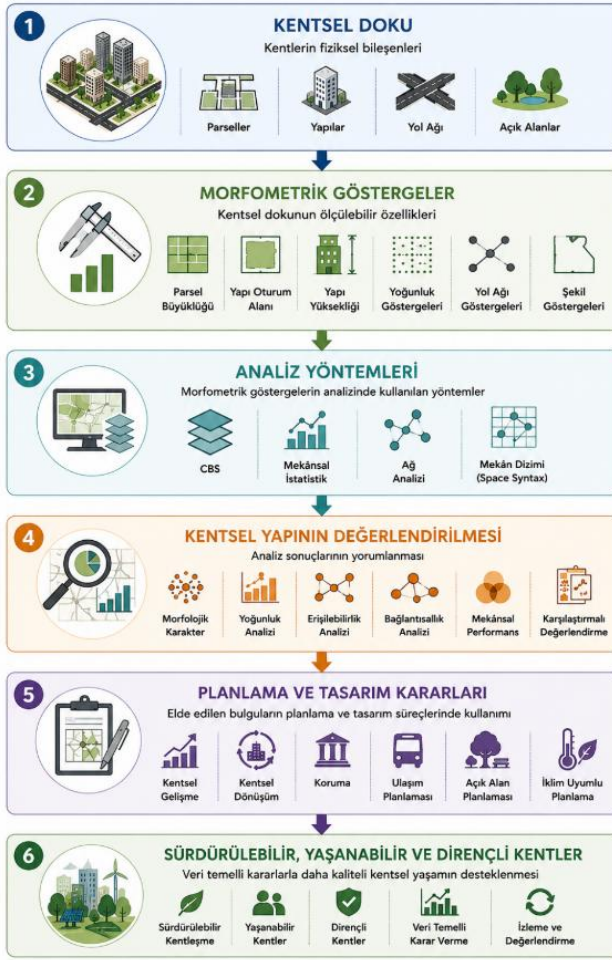
Bu nedenle morfometrik analizlerin planlama açısından katkısı, doğrudan tasarım reçeteleri üretmesinden çok, mevcut dokuyu ölçülebilir biçimde tanımlaması ve alternatiflerin bu doku ile ilişkisini değerlendirmeye yardımcı olmasıdır. Tablo 3'te morfometrik analizlerin planlama sürecindeki başlıca kullanım alanları özetlenmektedir.

Tablo 3. Morfometrik analizlerin kent planlama süreçlerindeki başlıca kullanım alanları

Planlama Alanı	Başlıca Morfometrik Göstergeler	Planlama Sürecine Katkısı
Mevcut durum analizi	Parsel büyüklüğü, yapı oturma alanı, yapı yüksekliği	Kentsel dokunun fiziksel karakterinin belirlenmesi
Kentsel gelişme ve büyüme	Yoğunluk göstergeleri, yol ağı yapısı	Gelişme eğilimlerinin değerlendirilmesi
Kentsel dönüşüm	Yapı yoğunluğu, doluluk-boşluk oranı, parsel düzeni	Dönüşüm önceliklerinin belirlenmesi
Tarihî çevrelerin korunması	Parsel yapısı, sokak örüntüsü, yapı tipolojisi	Morfolojik karakterin korunması ve yeni müdahalelerin değerlendirilmesi
Ulaşım planlaması	Bağlantısallık, kavşak yoğunluğu, erişilebilirlik	Ulaşım ağının performansının değerlendirilmesi
İklim uyumlu planlama	Yapı yüksekliği, açık alan oranı, yapı yoğunluğu	Isı adası, havalandırma ve gölgeleme analizlerinin desteklenmesi
Afet risk yönetimi	Yol ağı, erişilebilirlik, yapı yoğunluğu	Acil durum erişimi ve müdahale kapasitesinin değerlendirilmesi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Gösterge seçimi ve analiz ölçeği, planlama amacına göre belirlenmelidir. Bu çerçevede bir sonraki bölümde morfometrik göstergeler, temsil ettikleri fiziksel özelliklere göre sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2. Morfometrik analizlerin planlama ve tasarım süreçlerindeki karar destek mekanizması

3. Morfometrik Göstergeler

Kentsel morfometri çalışmalarında kullanılan göstergeler, parsel, yapı, yol ağı, açık alan ve bu bileşenler arasındaki ilişkileri farklı açılardan ölçer. Gösterge seçimi araştırma sorusu, çalışma ölçeği ve veri kaynağına göre değiştiğinden, tüm çalışmalarda geçerli tek bir gösterge listesi bulunmamaktadır (Oliveira, 2016; Schwarz, 2010; Oliveira & Porta, 2025).

Göstergelerin kapsamı, araştırmanın amacı ve analiz ölçeğine göre değişmektedir. Bazı çalışmalar parsel veya yapı ölçeğine odaklanırken bazıları yol ağı, yoğunluk ve üç boyutlu form özelliklerini de inceler. Bu çeşitlilik, göstergelerin araştırma problemine göre seçilmesini gerekli kılar (Fleischmann et al., 2020).

Bu bölümde göstergeler; parsel, yapı, yol ağı, yoğunluk, şekil, mekânsal ilişki

ve üç boyutlu göstergeler olmak üzere yedi başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, kentsel formun farklı fiziksel boyutlarını sistematik biçimde ele almak amacıyla kullanılmıştır.

Parsel göstergeleri mülkiyet düzeni ve geometrik özellikleri; yapı göstergeleri yapı stokunun fiziksel özelliklerini; yol ağı göstergeleri bağlantısallık ve organizasyonu; yoğunluk göstergeleri yapılaşma düzeyini; şekil göstergeleri geometrik örüntüleri; mekânsal ilişki göstergeleri erişilebilirlik ve konfigürasyonu; üç boyutlu göstergeler ise kentsel silüet ve hacimsel özellikleri incelemeye yardımcı olur.

İzleyen alt bölümlerde her gösterge grubunun kapsamı ve yaygın ölçütleri açıklanmaktadır.

Parsel	Yapı	Yol Ağı	Yoğunluk	Şekil	Mekansal İlişkiler	Üç Boyutlu
--------	------	------------	----------	-------	-----------------------	---------------

Şekil 3. Kentsel morfometri çalışmalarında kullanılan gösterge grupları

3.1. Parsel Göstergeleri

Parsel, kentsel dokunun temel morfolojik bileşenlerinden biridir. Mülkiyet düzenini temsil etmesinin yanı sıra yapılaşma biçimi, yapı adası düzeni ve sokaklarla kurulan ilişki üzerinde de etkilidir. Parsel ölçeğindeki ölçümler, kentsel dokunun oluşum ve dönüşüm süreçlerini anlamada önemli bir başlangıç noktası sunar (Conzen, 1960; Fleischmann et al., 2020).

Parsel alanı, biçimi ve düzeni, farklı kentsel dokuların karşılaştırılmasında kullanılabilir; ancak tarihî ve planlı alanlar arasındaki farklar yalnızca parsel ölçülerine indirgenmemelidir. Parsel verilerinin yapılaşma ve sokak örüntüsüyle birlikte değerlendirilmesi gerekir (Whitehand, 2001; Fleischmann et al., 2020).

Parsel göstergeleri; koruma, dönüşüm ve gelişme alanlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bununla birlikte bu göstergeler, planlama kararlarını tek başına belirlemek yerine, yapılaşma ve açık alan örüntülerine ilişkin diğer verilerle birlikte ele alınmalıdır.

Bu bölümde parsel alanı, cepheler, derinlik, en-boy oranı, kompaktlık ve biçim indeksi gibi göstergeler ele alınmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Parsel ölçeğinde kullanılan temel morfometrik göstergeler

Gösterge	Tanımı	Planlamadaki Başlıca Kullanımı
Parsel alanı	Bir parselin yatay düzlemde kapladığı yüzölçümü (m ²).	Yapılaşma kapasitesi ve parsel büyüklüğü analizleri
Parsel cephesi	Parselin yola bakan kenar uzunluğu.	Erişilebilirlik, yapı düzeni ve cephe sürekliliğinin değerlendirilmesi
Parsel derinliği	Yol cephesinden arka sınıra kadar olan mesafe.	Yapı yerleşimi ve yapılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi
En-boy oranı	Parselin uzun ve kısa kenarları arasındaki oran.	Parsel geometrisinin ve biçimsel farklılıkların belirlenmesi
Parsel kompaktlığı	Parselin geometrik bütünlüğünü gösteren ölçüt.	Düzenli ve düzensiz parsellerin karşılaştırılması
Biçim indeksi	Parsel geometrisinin standart şekillere yakınlığını ifade eden gösterge.	Morfolojik çeşitliliğin değerlendirilmesi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.1.1. Parsel Alanı

Parsel alanı, bir parselin yatay düzlemde kapladığı yüzölçümünü ifade eden ve kentsel morfometri çalışmalarında yaygın olarak kullanılan temel göstergelerden biridir. Genellikle metrekare (m²) cinsinden ölçülen bu gösterge; mülkiyet yapısı, yapılaşma kapasitesi ve kentsel gelişim biçiminin değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Conzen, 1960; Oliveira, 2016).

Parsel alanı, kentsel dokunun tarihsel ve mekânsal gelişimini yansıtan göstergelerden biridir. Tarihî kent merkezlerinde daha küçük ve parçalı parseller yaygın olarak görülürken, planlı gelişen alanlarda daha büyük ve düzenli parsel yapıları görülebilmektedir. Bu nedenle ortalama parsel alanı ve alan değerlerinin dağılımı, farklı kentsel dokuların karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Whitehand, 2001).

Bununla birlikte parsel alanının tek başına değerlendirilmesi, kentsel formun bütününe açıklamak için yeterli değildir. Parsel alanındaki farklılıkların yapı oturum alanı, yapılaşma oranı ve yapı yüksekliği gibi göstergelerle birlikte ele alınması, kentsel dokunun fiziksel organizasyonunun daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

3.1.2. Yapı Oturum Alanı

Yapı oturum alanı, bir yapının zemin seviyesinde parsel üzerinde kapladığı yatay alanı ifade etmektedir. Genellikle metrekare (m²) cinsinden ölçülen bu gösterge, yapı kütesinin parsel içerisindeki büyüklüğünü ve yapılaşmış alanın düzeyini belirlemede kullanılmaktadır. Kentsel morfoloji açısından yapı oturum alanı, parsel ile yapı arasındaki fiziksel ilişkinin değerlendirilmesinde temel göstergelerden biridir (Conzen, 1960; Oliveira, 2016).

Yapı oturum alanının büyüklüğü, yapılaşmış ve açık alanların parsel içerisindeki dağılımı hakkında bilgi sağlamaktadır. Aynı büyüklükteki parsellerde farklı yapı oturum alanlarının bulunması, yapılaşma biçiminin ve parsel kullanımının farklılaştığını gösterebilmektedir. Bu nedenle gösterge, yalnızca yapı büyüklüğünü değil, kentsel dokudaki doluluk düzeyini ve yapılaşma biçimini değerlendirmede de kullanılmaktadır.

3.1.3. Yapı Yüksekliği

Yapı yüksekliği, bir yapının zemin seviyesinden üst kotuna kadar olan düşey boyutunu ifade eden ve kentsel dokunun üç boyutlu özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan temel göstergelerden biridir. Genellikle metre (m) cinsinden ölçülen yapı yüksekliği, yapılaşmanın düşey boyutunu ve kentsel silüet üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Yapı yüksekliği, Conzen'in kentsel formu plan, yapı dokusu ve kullanım bileşenleri üzerinden ele alan yaklaşımı içerisinde, kentsel dokunun üç boyutlu özelliklerinin değerlendirilmesiyle ilişkilendirilebilir (Conzen, 1960).

Yapı yüksekliklerinin dağılımı, kentsel silüetin düşey sürekliliği ve farklılaşması hakkında bilgi verir. Ortalama yüksekliğin yanında minimum–maksimum değerler ve değişkenlik de incelenebilir; çünkü aynı ortalama, farklı yükseklik dağılımlarını gizleyebilir.

Yapı yüksekliği, kat adedi ve yapı yoğunluğu gibi göstergelerle birlikte değerlendirildiğinde kentsel dokunun düşey yapılaşma biçiminin daha kapsamlı biçimde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle aynı ortalama yüksekliğe sahip alanların farklı yükseklik dağılımlarına sahip olabilmesi, tek bir ortalama değer kentsel karakteri açıklamak için yeterli olmadığını göstermektedir.

3.1.4. Kat Adedi

Kat adedi, bir yapının düşey doğrultudaki kat sayısını ifade eden ve kentsel dokunun yapılaşma düzeyinin belirlenmesinde kullanılan temel göstergelerden biridir. Yapı yüksekliğinden farklı olarak metre cinsinden fiziksel yüksekliği değil, yapının kaç katlı olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle özellikle yapılaşma yoğunluğunun ve düşey gelişimin karşılaştırılmasında kullanılabilecek pratik bir göstergedir (Conzen, 1960; Oliveira, 2016).

Kat adetlerinin dağılımı, yapı stokunun kaç katlı yapılardan oluştuğunu ve kat sayılarındaki farklılaşmayı gösterir. Bu ölçüt, metre cinsinden yapı yüksekliğinden farklı olarak katların sayısına odaklanır; kat yükseklikleri değişebileceğinden iki gösterge birbirinin yerine kullanılmamalıdır.

3.1.5. Taban Alanı Katsayısı (TAKS) / Taban Alanı Oranı

Yapı oturum alanının parsel alanına oranlanmasıyla elde edilen Taban Alanı Kat Sayısı (TAKS) adı verilen değer, yapılaşmanın parsel ölçeğindeki göreceli düzeyini ifade etmektedir. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde TAKS, yapıların

parsel üzerindeki yatay yapılaşma düzeyini ifade eden temel morfometrik göstergelerden biridir. Taban alanı yapıların tabii veya tesviye edilmiş zemin üzerinde kalan kısmının parseldeki izdüşümünün kapladığı alanı ifade etmektedir (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017).

$$TAKS = \frac{\text{Parsel Alanı (m}^2\text{)}}{\text{Yapı Oturum Alanı (m}^2\text{)}}$$

İki göstergenin birlikte değerlendirilmesi, yapılaşma yoğunluğunun parsel ölçeğindeki niteliğinin daha açık biçimde ortaya konulmasına katkı sağlamaktadır. TAKS, yapı oturum alanının parsel büyüklüğüne göreli düzeyini ortaya koyduğu için farklı büyüklükteki parsellerin karşılaştırılmasında kullanılabilir. TAKS, yalnızca yapılaşma hakkını değil, parsel ölçeğindeki doluluk düzeyini değerlendirmeye de olanak sağlamaktadır.

TAKS'ın yapı oturum alanı ve parsel alanıyla birlikte değerlendirilmesi, parsel ölçeğindeki yapılaşma biçiminin daha açık biçimde ortaya konulmasını sağlamaktadır. Ancak TAKS tek başına kentsel yoğunluğun tamamını açıklamaz; aynı TAKS değerine sahip parseller, yapı yüksekliği ve kat adedi bakımından farklılaşabilmektedir. Bu nedenle TAKS'ın Katlar Alanı Kat Sayısı (KAKS) ve yapı yüksekliği gibi göstergelerle birlikte değerlendirilmesi, yatay ve düşey yapılaşma ilişkilerinin ortaya konulmasına katkı sağlamaktadır.

3.1.6. Kat Alanı Katsayısı (KAKS/Emsal)

Katlar Alanı Kat Sayısı (KAKS), bir parselde emsale konu katlar alanının imar parseli alanına oranını ifade eden ve yapılaşmanın düşey boyutunu değerlendirmede kullanılan temel morfometrik göstergelerden biridir. KAKS, uygulamada emsal olarak da ifade edilmekte ve parsel üzerinde oluşturulan katlar alanının parsel büyüklüğüne göreli düzeyini ortaya koymaktadır (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017). Güncel yönetmelikte katlar alanı, emsal hesabına dâhil edilmeyen alanlar çıkarıldıktan sonra kullanılabilen katların toplam alanı üzerinden tanımlanmaktadır.

KAKS, farklı büyüklükteki parsellerde yapılaşma kapasitesinin karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Değerin yükselmesi, diğer koşullar sabit olduğunda, parsel alanına oranla daha fazla katlar alanı üretildiğini göstermektedir. Bu nedenle KAKS, yalnızca yapılaşma hakkının değil, parsel ölçeğindeki toplam yapılaşma yoğunluğunun değerlendirilmesinde de kullanılabilir.

$$KAKS = \frac{\text{Parsel Alanı (m}^2\text{)}}{\text{Katlar Alanı (m}^2\text{)}}$$

KAKS'ın TAKS, yapı yüksekliği ve kat adedi ile birlikte değerlendirilmesi, yapılaşmanın yatay ve düşey bileşenlerinin birbirinden ayrılarak incelenmesine

olanak sağlamaktadır. Özellikle aynı KAKS değerinin farklı TAKS ve kat adetleriyle oluşabilmesi, aynı toplam yapılaşma düzeyinin farklı mekânsal biçimlere karşılık gelebileceğini göstermektedir. Bu nedenle KAKS, tek başına değil, diğer morfometrik göstergelerle birlikte değerlendirilmelidir.

3.1.7. Doluluk–Boşluk Oranı

Doluluk–boşluk oranı, bir kentsel alanda yapılaşmış ve yapılaşmamış alanların birbirine göre dağılımını ifade eden ve kentsel dokunun mekânsal yoğunluğunun değerlendirilmesinde kullanılan göstergelerden biridir. Bu gösterge, yapı kütleleri ile açık alanlar arasındaki ilişkinin nicel olarak ortaya konulmasına olanak sağlamak ve özellikle kentsel dokunun sürekliliği ile parçalanma düzeyinin değerlendirilmesine katkı sunmaktadır (Oliveira, 2016; Whitehand, 2001).

Doluluk–boşluk analizi, yapılaşmış ve açık alanların yalnızca oranını değil, mekân içerisinde oluşturdukları süreklilik ve parçalanma örüntüsünü de değerlendirmeye yardımcı olur. Bu nedenle benzer doluluk oranlarına sahip alanlar, yapıların yerleşimi ve açık alanların dağılımı bakımından farklı morfolojik karakterler gösterebilir.

Gösterge, parsel, yapı adası veya daha geniş çalışma alanı ölçeğinde hesaplanabilir. Hesaplama yapılaşmış alanın ve açık alanın hangi sınır ve veri katmanları üzerinden tanımlandığı açıkça belirtilmelidir; haritalama, yoğunlaşma ve süreklilik örüntülerini yorumlamayı kolaylaştırır (Gil et al., 2012).

Doluluk–boşluk göstergesi, yapılaşmanın fiziksel örüntüsünü açıklamak üzere yapı oturum alanı ve yoğunluk göstergeleriyle birlikte okunmalıdır.

3.1.8. Yapı Yoğunluğu

Yapı yoğunluğu, belirli bir çalışma alanındaki yapılaşma düzeyini nicel olarak ifade eder. Hesaplama; yapı oturum alanının toplam alana oranı, toplam kat alanının alana oranı veya araştırma amacına uygun başka bir açıkça tanımlanmış ölçüt üzerinden yapılabilir. Farklı yoğunluk tanımlarının aynı terim altında karıştırılmaması, karşılaştırmaların geçerliliği açısından önemlidir (Schwarz, 2010; Oliveira, 2016).

Yüksek yoğunluk değeri, kullanılan tanıma göre daha fazla yapılaşmayı ifade eder; ancak aynı değer farklı parsel büyüklükleri, yapı oturum alanları ve yükseklik bileşimlerinden kaynaklanabilir. Bu nedenle yoğunluğun hangi fiziksel bileşenler aracılığıyla oluştuğu ayrıca incelenmelidir.

Yapı oturum alanı ve doluluk–boşluk oranı yatay yapılaşma örüntüsünü; yapı yüksekliği ve kat adedi ise düşey boyutu açıklamaya yardımcı olur. Bu göstergelerin birlikte değerlendirilmesi, aynı yoğunluk değerinin farklı mekânsal biçimlere karşılık gelebileceğini ortaya koyabilir.

3.1.9. Parsel Biçimi ve Geometrik Özellikler

Parsel biçimi ve geometrik özellikleri, parsellerin şekil, oran ve mekânsal düzenini tanımlayan morfometrik göstergelerdir. Parsellerin dikdörtgen, kare, yamuk veya düzensiz biçimlerde olması; yapılaşma düzeni, sokak ilişkileri ve açık alan organizasyonu üzerinde etkili olabilmektedir. Bu nedenle parsel geometrisi, kentsel dokunun oluşum sürecini ve mekânsal karakterini değerlendirmede önemli bir gösterge olarak ele alınmaktadır (Conzen, 1960; Oliveira, 2016).

Parsel biçiminin tarihsel ve planlama süreçlerine bağlı olarak farklılaşabildiği görülmektedir. Organik gelişen tarihî dokularda düzensiz ve farklı oranlara sahip parseller yaygınlaşabilirken, planlı gelişen alanlarda daha düzenli geometriler ve benzer parsel oranları görülebilmektedir. Bu farklılıklar, parsel düzeninin yanı sıra yapıların yerleşim biçimi ve sokak dokusu üzerinde de etkili olabilmektedir (Whitehand, 2001).

Parsel geometrisi; cephe, derinlik, en-boy oranı, kompaktlık ve şekil indeksi gibi ölçütlerle nicel olarak incelenebilir. Bu göstergeler, parseller arasındaki geometrik benzerlik ve farklılıkları karşılaştırmaya olanak verir; ancak sonuçlar parselin yapılaşma ve sokak sistemi içindeki konumuyla birlikte yorumlanmalıdır (Conzen, 1960; Fleischmann et al., 2020).

3.2. Morfometrik Değerlendirme Yaklaşımları

Morfometrik göstergelerin tanımlanması, kentsel dokunun analiz edilmesi için tek başına yeterli değildir; göstergelerin ölçülmesi, karşılaştırılması ve yorumlanması için araştırma sorusuna uygun yöntemler seçilmelidir. Bu bölümde tanımlayıcı istatistikler, standardizasyon ve çok değişkenli karşılaştırma yaklaşımları ele alınmaktadır.

Yöntem seçimi, araştırmanın amacı ve verinin niteliğine göre yapılmalıdır. Bir yöntemin uygulanabilir olması, tek başına uygun olduğu anlamına gelmez; ölçütlerin birbirleriyle ilişkisi ve analiz biriminin tutarlılığı da dikkate alınmalıdır (Schwarz, 2010; Oliveira & Porta, 2025).

3.2.1. Tanımlayıcı İstatistiklerle Morfometrik Verilerin Değerlendirilmesi

Morfometrik göstergelere ilişkin temel istatistikler, çalışma alanındaki genel eğilimleri ve değişkenlik düzeylerini özetler. Bu kapsamda aritmetik ortalama, standart sapma, değişim katsayısı (CV) ile minimum ve maksimum değerlerden yararlanılabilir (Akyürek Algın & Hoşkara, 2026; Oliveira, 2016).

Aritmetik Ortalama

Aritmetik ortalama, incelenen morfometrik değişkenin çalışma alanındaki genel düzeyini ifade etmektedir:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

μ : İncelenen morfometrik değişkenin aritmetik ortalamasını,

x_i : Veri setindeki i. gözlemin değerini,

i: Gözlemin veri setindeki sırasını,

n: Veri setindeki toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

Ortalama, genel eğilimi ortaya koymakla birlikte veri değerlerinin dağılımını tek başına açıklamamaktadır. Bu nedenle değişkenliğin belirlenmesine yönelik ölçütlerle birlikte değerlendirilmelidir.

Standart Sapma

Standart sapma, morfometrik verilerin aritmetik ortalama çevresindeki dağılımını ve değişkenlik düzeyini ifade etmektedir:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}}$$

σ : İncelenen morfometrik değişkenin standart sapmasını,

x_i : Veri setindeki i. gözlemin değerini,

μ : Aynı değişkenin aritmetik ortalamasını,

n: Veri setindeki toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

Standart sapmanın düşük olması değerlerin ortalama çevresinde daha toplu, yüksek olması ise daha değişken bir dağılım gösterdiğine işaret etmektedir. Standart sapma, incelenen değişkenle aynı ölçü birimine sahiptir.

Değişim Katsayısı (CV)

Değişim katsayısı (Coefficient of Variation-CV), standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranlanmasıyla elde edilen göreceli değişkenlik ölçütüdür:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

CV: Morfometrik değişkenin değişim katsayısını (%),

σ : Aynı değişkene ait standart sapmayı,

μ : Aynı değişkene ait aritmetik ortalamayı ifade etmektedir.

CV, standart sapmanın ortalamaya göre büyüklüğünü ifade ettiği için birimsizdir ve yüzde olarak gösterilmektedir. Düşük CV değerleri, ilgili morfometrik değişkenin daha homojen; yüksek CV değerleri ise daha değişken bir dağılım gösterdiğine işaret etmektedir. Ancak CV yalnızca hesaplandığı

değişkenin görelî değişkenliğini ifade eder; tek başına kentsel dokunun genel olarak homojen veya heterojen olduğu sonucunu vermez.

Minimum ve Maksimum Değerler

Morfometrik veri setinin gözlenen sınırlarını belirlemek amacıyla minimum ve maksimum değerler hesaplanmaktadır. Minimum değer, incelenen değişkene ait en düşük gözlemi; maksimum değer ise en yüksek gözlemi ifade etmektedir. Örneğin yapı yüksekliğinde bu değerler çalışma alanındaki en düşük ve en yüksek yapı yüksekliklerini, parsel alanında ise en küçük ve en büyük parsel büyüklüklerini göstermektedir.

Minimum ve maksimum değerler, veri setinin gözlenen aralığını ve olası uç değerlerini ortaya koymaktadır. Ancak dağılımın genel karakterini tek başına açıklamadığından, ortalama ve değişkenlik ölçütleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Morfometrik Değerlendirme Açısından Birlikte Kullanım

Tanımlayıcı istatistikler birlikte kullanıldığında, veri setinin hem genel eğilimi hem de dağılımı hakkında daha kapsamlı bilgi sağlar. Bu ölçütler, daha sonra yapılacak morfolojik yorumun yerini tutmaz; yorum için göstergenin fiziksel anlamı ve mekânsal dağılımı da dikkate alınmalıdır.

Bu nedenle yalnızca ortalamaları karşılaştırmak, kentsel dokular arasındaki farklılıkları açıklamak için yeterli değildir. Aynı ortalama değer, farklı değişkenlik düzeyleri ve farklı mekânsal dağılımlarla ortaya çıkabilir.

3.2.2. Verilerin Standardizasyonu (Z-skoru)

Morfometrik göstergeler farklı ölçü birimleri, değer aralıkları ve değişkenlik düzeylerine sahiptir. Parsel alanı ve yapı oturma alanı metrekare (m²), yapı yüksekliği metre (m), kat adedi sayısal değerlerle ifade edilirken; TAKS ve KAKS oran olarak değerlendirilmektedir. Bu farklılıklar, göstergelerin birlikte karşılaştırılmasını güçleştirebilmektedir. Bu nedenle farklı ölçeklerdeki morfometrik değişkenlerin ortak bir değerlendirme düzlemine taşınması amacıyla standardizasyon yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Oliveira, 2016).

Bu çalışmada kullanılan Z-skoru standardizasyonu, her bir gözlemin kendi veri grubunun ortalamasından uzaklığını standart sapma cinsinden ifade etmektedir:

$$Z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

Z_i : i. gözlemin standardize edilmiş değerini,

x_i : Veri setindeki i. gözlemin ham değerini,

μ : Aynı morfometrik değişkene ait aritmetik ortalamayı,

σ : Aynı değişkene ait standart sapmayı ifade etmektedir.

Z-skoru sonucunda farklı ölçü birimlerine sahip değişkenler ortak bir ölçeğe taşınmaktadır. $Z_i = 0$, gözlemin ortalamaya eşit olduğunu; pozitif değerler ortalamanın üzerindeki, negatif değerler ise ortalamanın altındaki gözlemleri göstermektedir. Z-skorunun mutlak değeri büyüdükçe gözlemin kendi ortalamasından uzaklığı artmaktadır.

Standardizasyonun temel amacı, farklı sayısal büyüklüklere sahip göstergelerin karşılaştırmayı orantısız biçimde etkilemesini azaltmaktır. Böylece parsel alanı ile TAKS gibi farklı birim ve aralıklardaki değişkenler, kendi dağılımları içerisindeki konumları üzerinden karşılaştırılabilir.

Bununla birlikte Z-skorunun kendisi doğrudan morfolojik bir anlam taşımamaktadır. Pozitif bir değer yalnızca ilgili gözlemin kendi veri setindeki ortalamanın üzerinde olduğunu gösterir; bunun daha yoğun, daha uygun veya daha karakteristik bir kentsel form anlamına geldiği doğrudan söylenemez. Bu nedenle standardize edilmiş değerlerin yorumlanmasında göstergenin fiziksel ve morfolojik niteliği dikkate alınmalıdır.

Standardizasyon, özellikle farklı göstergelerin birlikte karşılaştırıldığı ve benzerlik/farklılık analizlerinin gerçekleştirildiği durumlarda önem kazanmaktadır. Tek bir değişkenin kendi dağılımının incelendiği durumlarda ise ham veriler doğrudan değerlendirilebilir. Dolayısıyla standardizasyon, her veri setine otomatik olarak uygulanacak bir işlem değil, analizin amacı ve kullanılacak yönteme göre belirlenen metodolojik bir tercihtir.

3.2.3. Morfolojik Benzerlik ve Farklılıkların Değerlendirilmesi

Farklı kentsel alanların morfometrik açıdan karşılaştırılması, birden fazla göstergenin birlikte değerlendirilmesini gerektirebilir. Standardize edilmiş değişkenler üzerinden hesaplanan Öklid Uzaklığı, çalışma alanlarının seçilen göstergeler bakımından nicel profillerini karşılaştırmak için kullanılabilir (Gil et al., 2012; Oliveira, 2016).

Standardize edilmiş morfometrik göstergeler üzerinden Öklid Uzaklığı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (Z_{ik} - Z_{jk})^2}$$

D_{ij} : i ve j çalışma alanları arasındaki Öklid Uzaklığı,

Z_{ik} : i çalışma alanının k. morfometrik göstergeye ait standardize edilmiş değeri,

Z_{jk} : j çalışma alanının k. morfometrik göstergeye ait standardize edilmiş değeri,

k: Karşılaştırmada kullanılan morfometrik göstergenin sırasını,

p: Karşılaştırmada kullanılan toplam morfometrik gösterge sayısını ifade etmektedir.

Öklid Uzaklığı değerinin düşük olması, karşılaştırılan çalışma alanlarının kullanılan göstergeler bakımından birbirine daha yakın değerlere sahip olduğunu; yüksek olması ise göstergeler arasındaki nicel farklılığın arttığını göstermektedir. Böylece çalışma alanlarının birden fazla morfometrik özellik açısından oluşturduğu genel profil karşılaştırılabilirliktedir.

Öklid Uzaklığı, doğrudan morfolojik benzerliğin kendisini değil, analize dâhil edilen göstergeler üzerinden hesaplanan nicel farklılığı ifade eder. Bu nedenle uzaklık değerleri, göstergelerin tekil değerleri ve mekânsal dağılımlarıyla birlikte yorumlanmalıdır (Schwarz, 2010).

Gösterge seçimi uzaklık değerlerini doğrudan etkiler. Birbirini tekrar eden değişkenlerin çok sayıda kullanılması belirli fiziksel özelliklerin analizde gereğinden fazla ağırlık kazanmasına yol açabilir; bu nedenle göstergelerin temsil gücü, birbirleriyle ilişkisi ve araştırma sorusuyla uyumu gözetilmelidir (Schwarz, 2010).

3.3. Morfometrik Göstergelerin Birlikte Değerlendirilmesi

Morfometrik sonuçların yorumlanması, göstergelerin kendi aralarındaki ilişkilerinin ve çalışma alanı içerisindeki mekânsal dağılımlarının birlikte incelenmesini gerektirir. Sayısal değerler fiziksel örüntülerle ilişkilendirildiğinde, kentsel dokudaki farklılaşma daha açıklayıcı biçimde ortaya konabilir (Oliveira & Porta, 2025).

3.3.1. Göstergeler Arası İlişkilerin Değerlendirilmesi

Parsel alanı, yapı oturma alanı, yapı yüksekliği, TAKS ve KAKS farklı fiziksel özellikleri temsil etse de kentsel dokuda birlikte sonuç üretir. Örneğin aynı yapılaşma oranı, farklı parsel büyüklükleri ve yükseklik bileşimleriyle oluşabilir. Bu nedenle tek bir göstergenin yüksek veya düşük olması, kendi başına morfolojik bir değerlendirme için yeterli değildir.

Aynı sayısal değerin farklı fiziksel koşullarda ortaya çıkabilmesi nedeniyle nicel benzerlik, otomatik olarak morfolojik benzerlik anlamına gelmez. Bu ayrım, çok değişkenli karşılaştırmaların yorumlanmasında korunmalıdır (Oliveira & Porta, 2025).

3.3.2. Morfolojik Homojenlik ve Heterojenliğin Değerlendirilmesi

Kentsel dokunun homojenlik veya heterojenlik düzeyi, morfometrik göstergelerin çalışma alanı içerisindeki dağılımı ve değişkenliği üzerinden

değerlendirilebilmektedir. Benzer parsel büyüklükleri, yapı yükseklikleri veya yapılaşma oranlarının belirli bir aralıkta yoğunlaşması daha homojen bir yapılaşma örüntüsüne işaret ederken, değerlerin geniş bir aralıkta farklılaşması daha heterojen bir morfolojik yapı ortaya koyabilmektedir. Ortalama genel eğilimi, standart sapma ve CV değişkenliğin düzeyini, minimum ve maksimum değerler ise gözlenen aralığı gösterir. Bununla birlikte bu ölçütlerin yüksek veya düşük olması tek başına homojenlik ya da heterojenlik kararı vermeye yetmez; ilgili değişkenin fiziksel anlamı ve mekânsal dağılımı da incelenmelidir.

Homojenlik ve heterojenlik yalnızca sayısal değişkenlikle değil, benzer özelliklerin mekânda nasıl dağıldığıyla da ilgilidir. Benzer değerlere sahip parsellerin bir bölgede kümelenmesi ile çalışma alanına dağılması farklı örüntüler oluşturabilir; bu nedenle istatistiksel dağılım haritalama ve mekânsal okuma ile birlikte değerlendirilmelidir.

3.4. Morfolojik Karakterin Belirlenmesi

Morfolojik karakter, bir kentsel alanı diğerlerinden ayıran fiziksel özellikler ve bu özellikler arasındaki ilişkilerin bütünüdür. Morfometrik analiz, bu karakteri seçilmiş göstergeler üzerinden tanımlamaya ve farklı alanlarla karşılaştırmaya yardımcı olur. Ancak göstergeler tasarım kararlarını doğrudan belirleyen reçeteler değildir; sonuçlar tarihsel, işlevsel ve mekânsal bağlamla birlikte yorumlanmalıdır (Akyürek Algin & Hoşkara, 2026; Oliveira & Porta, 2025).

Morfometrik Analizlerin Değerlendirilmesi

Morfometrik göstergeler; ölçek, yoğunluk, biçim, yapılaşma ve mekânsal farklılaşma gibi boyutlar üzerinden değerlendirilebilir. Bu boyutların birlikte okunması, kentsel dokunun karakterini tek bir göstergeden daha kapsamlı biçimde açıklamaya yardımcı olur. Değerlendirmede amaç bir değeri doğrudan “iyi” veya “kötü” olarak sınıflandırmak değil, hangi bağlamda ortaya çıktığını ve diğer göstergelerle nasıl ilişkilendiğini anlamaktır.

Ortalama, minimum ve maksimum değerler genel eğilimi ve gözlenen aralığı; standart sapma ve CV ise değişkenlik düzeyini özetler. Bu istatistiklerin morfolojik anlamı, göstergenin neyi ölçtüğü ve mekânda nasıl dağıldığı dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Örneğin yüksek CV, yalnızca ilgili değişkenin kendi veri seti içerisindeki göreceli değişkenliğinin yüksek olduğunu gösterir; tek başına düzensiz veya nitelsiz bir dokuya işaret etmez.

Parsel geometrisi, yapılaşma yoğunluğu, yapı yüksekliği ve doluluk-boşluk örüntüsündeki farklılıklar, kentsel dokunun farklı bölgelerinde farklı morfolojik karakterlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunabilir. Bu farklılıklar otomatik olarak düzensizlik olarak yorumlanmamalı; hangi göstergelerde, hangi ölçekte ve nasıl bir mekânsal örüntü içerisinde ortaya çıktıkları incelenmelidir. Morfometrik sonuçlar, doğrudan tasarım standartları olarak kullanılmak yerine mevcut

dokunun özelliklerini açıklayan ve önerilen müdahalelerin bu bağlamla ilişkisini değerlendirmeye yardımcı olan analitik veriler olarak ele alınmalıdır.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Çalışmada parsel, yapı ve yapılaşma ilişkilerini açıklayan morfometrik göstergeler; alan, geometrik özellik, yükseklik, yoğunluk ve mekânsal dağılım boyutlarında ele alınmıştır. Göstergelerin temel katkısı, kentsel formun farklı fiziksel bileşenlerini sistematik biçimde tanımlayarak karşılaştırmaya olanak vermeleridir (Oliveira, 2016; Fleischmann et al., 2020).

Tanımlayıcı istatistikler genel eğilimi, değişkenliği ve gözlenen aralığı özetler; Z-skoru farklı birimlerdeki değişkenleri ortak ölçekte karşılaştırmayı, Öklid Uzaklığı ise seçilen göstergeler üzerinden nicel profilleri karşılaştırmayı mümkün kılar. Bu yöntemlerin açıklayıcı değeri, araştırma sorusuna uygun biçimde seçilmelerine ve göstergelerin temsil gücünün dikkate alınmasına bağlıdır.

Nicel benzerlik, doğrudan morfolojik benzerlik anlamına gelmez. Aynı istatistiksel veya uzaklık değerleri farklı parsel düzenleri, yapı yükseklikleri ve doluluk-boşluk örüntüleriyle ortaya çıkabilir. Bu nedenle sayısal sonuçların fiziksel anlamı, mekânsal dağılımı ve tarihsel bağlamı birlikte değerlendirilmelidir.

CBS tabanlı haritalama ve mekânsal değerlendirme, istatistiksel analizlerle belirlenen farklılıkların kentsel doku içindeki konumlarını ve dağılımlarını incelemeyi sağlar. Böylece analiz yalnızca alanların ne ölçüde farklılaştığını değil, farklılıkların nerede yoğunlaştığını ve hangi fiziksel bileşenlerle ilişkili olduğunu da ortaya koyabilir.

Sonuç olarak morfometrik analiz; ölçme, karşılaştırma, mekânsal okuma ve morfolojik yorum aşamalarının birbirini tamamladığı bir süreç olarak ele alınmalıdır. Planlama ve tasarımda göstergeler doğrudan reçeteler olarak değil, mevcut kentsel karakteri tanımlayan ve önerilen müdahalelerin bu karakterle ilişkisini değerlendirmeye yardımcı olan analitik veriler olarak kullanılmalıdır (Fleischmann et al., 2020; Oliveira & Porta, 2025).

Kaynakça

- Akyürek Algin, M., & Hoşkara, Ş. (2026). Towards a comprehensive typomorphological exploration of Silifke (Mersin, Turkey)'s multi-layered urban form: Methodological insights within the context of urban morphology. *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 14(1), 313–347. <https://doi.org/10.15320/ICONARP.2026.363>
- Batty, M. (2013). *The new science of cities*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Caniggia, G., & Maffei, G. L. (2001). *Architectural composition and building typology: Interpreting basic building*. Firenze, Italy: Alinea Editrice. (Original work published 1979).
- Conzen, M. R. G. (1960). *Alnwick, Northumberland: A study in town-plan analysis*. London, England: Institute of British Geographers.
- Dibble, J., Prelorendjos, A., Romice, O., Zanella, M., Strano, E., Pagel, M., & Porta, S. (2015). Urban morphometrics: Towards a science of urban evolution. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.04875>
- Dibble, J., Prelorendjos, A., Romice, O., Zanella, M., Strano, E., Pagel, M., & Porta, S. (2019). On the origin of spaces: Morphometric foundations of urban form evolution. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(4), 707–730. <https://doi.org/10.1177/2399808317725075>
- Fleischmann, M., Feliciotti, A., Romice, O., & Porta, S. (2020). Morphological tessellation as a way of partitioning space: Improving consistency in urban morphology at the plot scale. *Computers, Environment and Urban Systems*, 80, Article 101441. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101441>
- Gil, J., Beirão, J. N., Montenegro, N., & Duarte, J. P. (2012). On the discovery of urban typologies: Data mining the many dimensions of urban form. *Urban Morphology*, 16(1), 27–40.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kropf, K. (2009). Aspects of urban form. *Urban Morphology*, 13(2), 105–120.
- Moudon, A. V. (1997). Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, 1(1), 3–10.
- Muratori, S. (1959). *Studi per una operante storia urbana di Venezia*. Roma, Italy: Istituto Poligrafico dello Stato.
- Oliveira, V. (2016). *Urban morphology: An introduction to the study of the physical form of cities*. Cham, Switzerland: Springer.
- Oliveira, V., & Medeiros, V. (2016a). Morpho: Combining morphological measures. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(5), 805–825.

- Oliveira, V., & Medeiros, V. (2016b). Morpho: A methodology for assessing urban form. *Urban Morphology*, 20(1), 27–42.
- Oliveira, V., & Porta, S. (2025). Quantitative and qualitative analysis in urban morphology: Systematic legacy and latest developments. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning*, 178(2), 75–87. <https://doi.org/10.1680/jurdp.24.00047>
- Resmî Gazete. (2017, 3 Temmuz). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği (Sayı: 30113).
- Schwarz, N. (2010). Urban form revisited—Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, 96(1), 29–47. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.01.007>
- Whitehand, J. W. R. (2001). British urban morphology: The Conzenian tradition. *Urban Morphology*, 5(2), 103–109.

BÖLÜM 4

An Evidence-Based Approach to the Conservation of Ottoman Railway Heritage: The Restoration Project of Çardak Station (Denizli, Türkiye)*

Ayşe Betül Gökarslan¹

* The restoration projects for all buildings located within the Evciler and Çardak railway station areas of the Turkish State Railways (T.C.D.D.) 7th Regional Directorate, which constitute the subject of this study, were prepared by KARINCA Architecture and Ayşe Betül GÖKARSLAN through the Revolving Fund Enterprise Directorate of Süleyman Demirel University (SDÜ Döner Sermaye İşletme Müdürlüğü).

¹ Süleyman Demirel University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, ORCID: 0000-0002-6983-2660

1. Introduction

Railway stations are the most visible built legacy of the nineteenth-century railway age. Internationally, they have been studied as an architectural type (Meeks, 1956; Biddle, 1973) and as social and urban institutions (Richards and MacKenzie, 1986). In the Ottoman Empire, which lacked the capital to build a network of its own, lines were largely constructed and operated under foreign concessions (Pamuk, 1987; Quataert, 1977; Özyüksel, 2014). The first Anatolian line, İzmir–Aydın, was begun in 1856 and completed in 1866 (Köşkeroğlu, 2006); its British concessionaires later extended it along the old caravan route through Nazilli and Denizli to Dinar (1889), with the Sütlaç–Çivril branch following in 1890. Stations on these lines became the first modern buildings of many small settlements and the nuclei of new station quarters (Bozdoğan, 2008; Haştemoğlu and Özgen, 2017). In the early Republican period, planning envisaged an east–west network linked to the ports, with strategic lines connecting cities such as Sivas, Samsun, Kayseri, Malatya and Diyarbakır to Ankara (Çolak, 2013; Sönmez and Arslan Selçuk, 2018).

Today these buildings are recognised as railway heritage within the wider category of industrial heritage (ICOMOS–TICCIH, 2011; TICCIH, 2003), and in Türkiye they have been easier to register since the 2004 amendments to Law No. 2863 on the Conservation of Cultural and Natural Property. Recognition, however, does not supply knowledge. Modest provincial stations have usually been repaired many times, re-plastered, re-equipped and re-roofed, and their original drawings are lost or fragmentary. Çardak Station is typical: after the earthquakes of 1995 and 2019 its façades were covered in cement plaster, all windows and doors were replaced, and no original façade surface is visible. A restoration project must nevertheless rest on a credible account of the original state. This account, the restitution, is also where conservation ethics are most exposed. The Venice Charter (ICOMOS, 1964, Art. 9) requires restoration to rest on “original material and authentic documents” and to stop “at the point where conjecture begins”, and the Burra Charter (Australia ICOMOS, 2013) considers reconstruction appropriate only where there is sufficient evidence of an earlier state of the fabric (Art. 20.1).

Two bodies of literature approach this problem only indirectly. Turkish studies of railway stations concentrate on inventories of lines and settlements (Ekizoğlu, 2012; Olgun, 2019) and on restoration and reuse proposals (Kuban, 2002; Yıldız, 2017; Uzun and Karabeyeser, 2018; Öztürk et al., 2022; Sedes and Çıkrıkçı, 2022). International scholarship on adaptive reuse (Bullen and Love, 2011; Plevoets and Van Cleempoel, 2019) and on conservation theory (Jokilehto, 1999; Muñoz Viñas, 2005) provides the principles but rarely specifies how the evidence for a restitution should be collected, ranked and reported for a modest building with a thin archive. Başar and Erdoğan (2009) present a highly

comprehensive typological assessment of railway station buildings in Türkiye. Nevertheless, given the breadth of their study, smaller stations and modest railway buildings, such as those examined here, receive comparatively limited attention. These buildings present distinct conservation challenges due to their limited architectural documentation, relatively modest scale, and the scarcity of archival evidence regarding their original configurations and functions. Consequently, further research is needed to investigate smaller railway stations through comparative architectural analysis, systematic documentation, and evidence-based restitution. To the author's knowledge, few studies treat the stations of a single line as a comparative corpus that can systematically fill such gaps.

This chapter addresses that gap through one case: the station building and freight shed at Çardak (Denizli), for which the Turkish State Railways (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, T.C.D.D.) commissioned restoration projects, which were prepared under the author's academic consultancy and approved by the competent Regional Conservation Board. The project is used here as an empirical case through which methodological propositions are examined; the chapter does not claim to document works already executed. Three research questions guide it:

- **RQ1.** Which categories of evidence are available for the restitution of a modest, heavily altered Ottoman railway building, and how reliable is each?
- **RQ2.** How can comparative typology across stations of one line be applied systematically, rather than impressionistically, to bridge evidential gaps?
- **RQ3.** How can restoration decisions be derived from graded restitution findings so that they respect authenticity and reversibility?

The chapter contributes (i) a four-tier evidence framework with three-level confidence grading for restitution decisions; (ii) a comparative corpus of related stations on the İzmir–Aydın line; (iii) an explicit link between evidence grade and type of intervention; and (iv) practical implications for T.C.D.D., conservation boards and conservation teaching. Section 2 reviews the conceptual framework; Section 3 sets out the research design; Section 4 introduces the case; Section 5 presents the findings on the existing buildings, restitution and restoration; Section 6 discusses the research questions and implications; Section 7 concludes.

2. Conceptual Framework and Literature

2.1 Railway stations as industrial heritage

The Nizhny Tagil Charter (TICCIH, 2003) and the Dublin Principles (ICOMOS–TICCIH, 2011) define industrial heritage broadly enough to include

railway structures, from passenger buildings, platforms and canopies to sheds, water towers, bridges, equipment and archives (Köşkeroğlu, 2006; Sezginalp and Sezginalp, 2021). The notion of railway heritage gained strength in Türkiye in reaction to line closures and the loss of railway structures during the modernisation of the 1960s (Kösebay Erkan and Ahunbay, 2008). The Dublin Principles in particular stress thorough research and documentation as the precondition for conservation. In Europe, the heritage of railway buildings is also supported by dedicated bodies such as the Railway Heritage Trust and FEDECRAIL (Yazar, 2015). Architectural histories of the station type show that, despite local variation, most nineteenth-century stations combined a small number of repeated plan types, standardised components and regionally specific materials (Meeks, 1956; Biddle, 1973; Richards and MacKenzie, 1986). This repetition is what makes a line-level comparison methodologically attractive: the stations of one concessionaire, built within a few decades, are likely to share details that a single altered building no longer displays. In the Ottoman case, the dependence on foreign capital and expertise (Pamuk, 1987; Quataert, 1977) explains why stations on the İzmir–Aydın line show British-influenced masonry, gable or hipped Marseille-tile roofs and timber platform canopies (Haştemoğlu, 2012).

2.2 Authenticity, restitution and the limits of conjecture

In Turkish conservation practice, a project conventionally comprises three successive stages submitted to the regional conservation board: survey (*rölöve*), restitution (*restitüsyon*) and restoration. Restitution is an analytical reconstruction, on drawings, of an earlier state of the building; it is distinct from physical reconstruction, and its credibility depends on the evidence behind it. International doctrine frames the limits of this inference. The Venice Charter (ICOMOS, 1964) ties restoration to original material and authentic documents, stops it where conjecture begins (Art. 9), asks for respect for the valid contributions of all periods (Art. 11), and requires missing parts to integrate harmoniously yet remain distinguishable from the original (Art. 12). The Nara Document (ICOMOS, 1994) relates authenticity to the credibility of information sources, and the Burra Charter (Australia ICOMOS, 2013) conditions reconstruction on sufficient evidence of earlier fabric. Theoretical accounts of conservation (Jokilehto, 1999; Muñoz Viñas, 2005) and practice manuals (Feilden, 2003; Orbaşlı, 2008) agree on the principles of minimum intervention and reversibility. What they leave to the practitioner is the operational question of how credible each restitution decision actually is. This chapter treats that question explicitly.

2.3 Recording buildings and weighing evidence

Historic building recording guidance distinguishes levels of record and emphasises that understanding the fabric precedes any decision about its

treatment (Historic England, 2016). Laser scanning and photogrammetry now allow dense, metrically reliable records of buildings (Remondino, 2011), but they document what exists; they do not tell the researcher what has been lost. For that, architectural research methods rely on the triangulation of evidence from different kinds of source, namely the physical artefact, documents, and comparison with related cases (Groat and Wang, 2013; Yin, 2018). The present study adopts this logic and adds an explicit grading step.

2.4 Continued use versus adaptive reuse

Most recent scholarship on railway stations, in Türkiye and abroad, concerns adaptive reuse (Bullen and Love, 2011; Haştemoğlu, 2012; Plevioets and Van Cleempoel, 2019; Geyyas Gören and Manisa, 2021). Yet international charters regard continuity of the original use as the most conservation-friendly option: the Venice Charter (Art. 5) notes that conservation is facilitated by socially useful use, and the Burra Charter (Art. 7.1) states that a use of cultural significance should be retained. At Çardak, where the line remains in operation and T.C.D.D. owns and maintains the buildings, retaining the railway function is a conservation strategy in its own right. It also shapes the restoration proposals discussed in Section 5.3.

2.5 Analytical framework

Combining these strands, the chapter treats restitution as inference from evidence of four kinds: physical traces in the building; documents and images; comparison with related buildings; and oral testimony. Their reliability differs, and the credibility of each restitution decision depends on the number, independence and directness of its supporting sources. The framework operationalised in Section 3 therefore (i) classifies evidence by tier, (ii) records which tiers support each decision, and (iii) uses the resulting confidence grade to select the type of intervention.

3. Research Design and Methods

3.1 Design

The study is a single, embedded case study (Yin, 2018) of one railway settlement, with two units of analysis: the station building and the freight shed. The case was selected because it is representative of the smaller stations on the İzmir–Aydın line (a modest masonry building with a timber canopy, heavily altered, with a thin archive) while having several closely related stations on the same line that can serve as comparators. The design is predominantly qualitative, since it interprets traces and typologies, but it rests on a quantitative base of metric survey data (dimensions, levels, counts of openings and posts). Table 1 shows how each research question is linked to data, analysis and output.

Table 1. Research design: questions, data, analysis and outputs.

Research question	Data	Analysis	Output (section)
RQ1: Which evidence is available and how reliable is it?	Laser-scan, total-station and manual survey; condition mapping; plaster scraping; T.C.D.D. drawings (1958, 1965); historic photographs; local testimony reported in the literature	Classification of evidence into four tiers; assessment of strengths and weaknesses of each	Evidence tiers and grading rule (3.3); evidence matrix (5.2, Table 6)
RQ2: How can line-level comparison be applied systematically?	Façade, plan and detail photographs and drawings of Dazkırı, Dinar, Evciler, Kocabaş, Çivril and Sarayköy	Structured comparison of plan, structure, openings, roof and timber details	Comparative corpus (5.2, Table 4)
RQ3: How are restoration decisions derived?	Restitution decisions with grades; condition findings; use requirements of T.C.D.D.	Mapping of each decision and problem to an intervention under the principles of authenticity, minimum intervention and reversibility	Intervention matrix (5.3, Table 7)

3.2 Data collection

The buildings were documented with a three-dimensional laser scanner, a laser distance meter and manual tape measures; floor levels at the outer corners of the station were measured with a total station. Plans, sections and elevations were drawn from the scanner's orthophotos (Figures 1 and 2) and supplementary photographs. A condition survey recorded later additions, incompatible installations and active deterioration. Partial plaster scraping was carried out on the station façades to search for original surfaces and openings. Archival research covered the Project Archive of the 7th Regional Directorate of T.C.D.D. (hand-drawn projects of 14 August 1958 for the station and 9 April 1965 for the shed, and drawings of the Evciler buildings), historic photographs published by Özyiğit (2017), and the secondary literature. Comparators were documented through photographs and archive drawings.



Figure 1. Çardak Station orthophotos

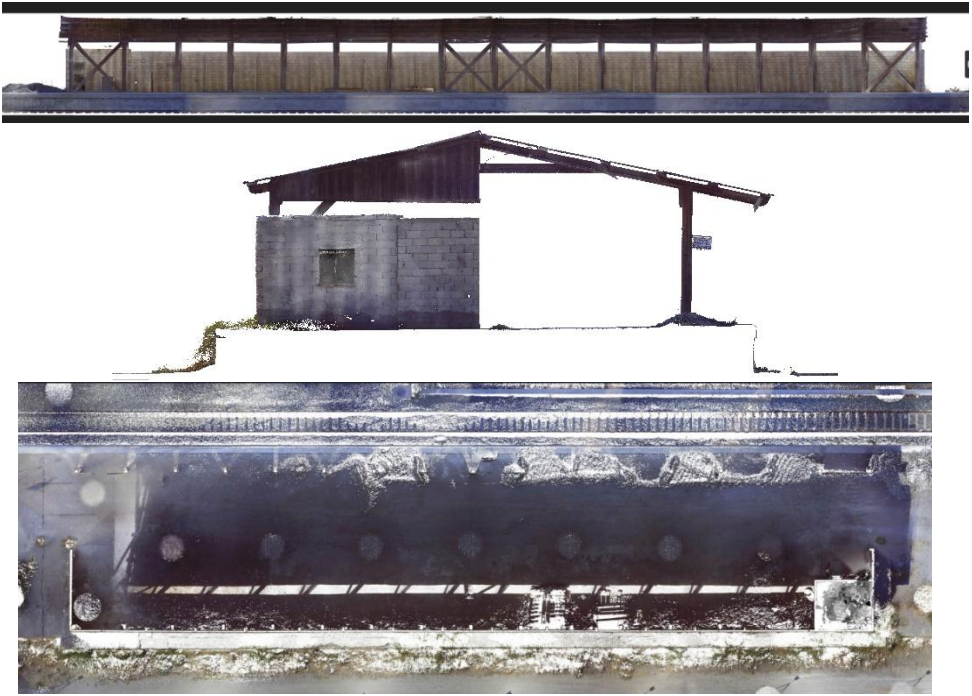


Figure 2. Çardak Shed Building orthophotos

3.3 Evidence tiers and confidence grading

Evidence was sorted into four tiers (Table 2). Each restitution decision was entered in a decision log with the tier or tiers that support it, and was given one of three confidence grades.

Table 2. Evidence tiers used in the study.

Tier	Evidence	Examples at Çardak	Main strength	Main weakness
1	Physical traces in the fabric	Ceiling and wall traces; plaster cracks around closed openings; nail marks and holes on shed posts; surviving original openings and posts	Direct and specific to the building	Obscured by plaster and replacement; open to interpretation
2	Documents and images	T.C.D.D. drawings of 1958 and 1965; old photographs; published studies	Independent of the present fabric	May record renovations, errors or later states; photographs are undated
3	Comparative typology	Dazkırı, Dinar, Evciler, Kocabaş, Çivril and Sarayköy stations and sheds	Fills gaps left by Tiers 1 and 2	Comparators are themselves altered; similarity is not identity

Tier	Evidence	Examples at Çardak	Main strength	Main weakness
4	Oral testimony	Local statement that the façade had a cut-stone texture like the workers' residence (Özyiğit, 2017)	Records lost features	Second-hand, undated, unverifiable

The grading rule is:

- **High:** directly attested by a physical trace in the fabric or by an archive drawing, and not contradicted by other evidence.
- **Medium:** not directly attested, but inferred from the internal consistency of the building or from at least two independent indirect sources.
- **Low:** resting on a single indirect source or on analogy alone.

The grades are interpretive judgements made by the project team, not statistical measures; their purpose is to make the strength of each inference visible and open to challenge.

3.4 Analytical procedure

The procedure followed five steps, summarised in Figure 3 (steps 1–4 as boxes and step 5 as the grade-dependent branches): (1) survey and condition mapping; (2) reading of physical traces and archive search; (3) comparison with architecturally similar railway stations; (4) entry of each restitution decision in the log with its evidence and grade; and (5) derivation of the restoration decision, in which the grade determines the conditions attached to the intervention (Section 5.3).

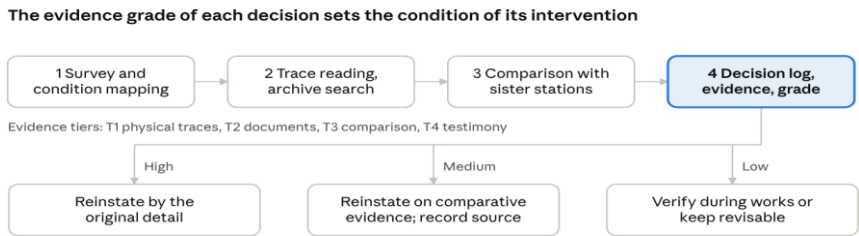


Figure 3. Research workflow: from survey to graded restitution decisions and the conditions attached to each intervention.

4. The Case: Çardak Station on the İzmir–Aydın Line

4.1 The line and its stations

After the İzmir–Aydın line proved profitable (revenues rose continuously between 1861 and 1869), the British concessionaires obtained new concessions in 1879 and 1888 to extend it along the old caravan route through Nazilli and Denizli (Atilla, 2003; Haştemoğlu, 2012). The line reached Dinar via Denizli in 1889, and the Sütlaç–Çivril branch opened in 1890. A further extension planned in 1906 towards Keçiborlu (sulphur), Baladız (rose oil), Kuleönü (carpets) and Eğirdir (aquaculture) produced the Dinar–Eğirdir line, completed in 1912, which passes near Burdur and Isparta without entering either city (Figure 4a). Within Denizli Province the line serves eleven stations: Çardak, Sarayköy, Goncalı, Kaklık, Bozkurt, Kocabaş, Çivril, İnceköy, Üzerlik, Böceli and the station in the city centre (Anonym, 2014) (Figure 4b).

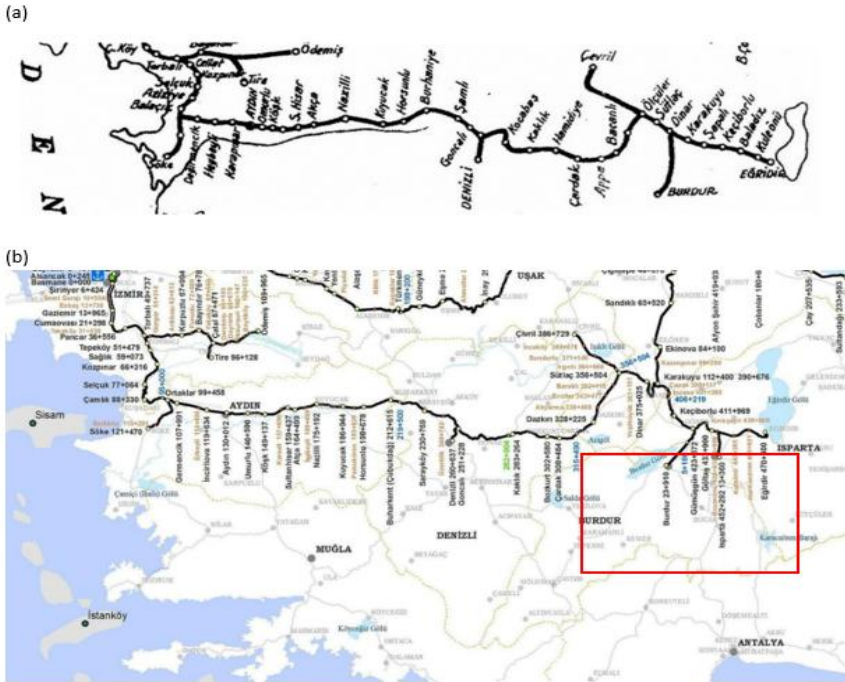


Figure 4. (a) The İzmir–Aydın Railway and its branches (Özyiğit, 2017); (b) locations of the Denizli stations on the line (URL-1).

The station buildings between Denizli and Dinar fall into two plan types (Haştemoğlu, 2012). Böceli, Kaklık, Kocabaş and Bozkurt are single-storey rectangular buildings whose timber roof is extended over the track-side façade to form a cantilevered canopy on timber posts. Dazkırı, Çardak, Çivril, Evciler and Dinar share a U-shaped plan, in which the canopy is created by extending the roof across the central part. Çardak therefore belongs to a sub-group whose members can be compared directly, and the rectangular group provides further comparators for details such as doors, windows and timber sheds.

4.2 The Çardak settlement

Çardak Station opened on 1 October 1889, operated by the British concessionaire of the İzmir–Aydın and Branches Railways (Onur, 1953; Özyiğit, 2017). It stands on a caravan route in use since the Ottoman period, at kilometre 309 of the 609-kilometre line, and the railway accelerated the trade of Denizli and contributed to the economic and social transformation of the region. The station remained open throughout the War of Independence, when the line carried soldiers and passengers to the front (Onur, 1953).

The original settlement comprised a station building, a workers' residence and a shed. Today the passenger and administration building lies north of the track, a small technical building stands to its north-east, and a large shed lies south of the line; the workers' residence has not survived (Figure 5). The station building and the shed were registered by Decision No. 3711 of the Aydın Regional Board for the Conservation of Cultural Property (19 May 2011) and classified as Group 1 by Decision No. 122 of 27 October 2011; both appear in the cadastral plan prepared in 1966. The settlement lies in Hürriyet Neighbourhood, block 183, plot 1, Çardak District, Denizli. In its site-plan typology it differs from stations such as Kocabaş, Kaklık and Bozkurt.



(a)



(b)

Figure 5. (a) Çardak Station; (b) locations of the station and shed buildings (prepared with Google Earth).

4.3 The project

The survey, restitution and restoration projects for all buildings within the Evciler and Çardak station areas of the T.C.D.D. 7th Regional Directorate were prepared by KARINCA Architecture and the author through the Revolving Fund Enterprise Directorate of Süleyman Demirel University. They were evaluated by the Aydın Regional Board for the Conservation of Cultural Property and approved through the following decisions: the measured survey (rölöve) project and restitution projects were approved by Decision No. 14985 dated 30 March 2023, and the restoration projects, prepared with the author as academic consultant, were approved by Decision No. 16401 dated 28 August 2023.

5. Findings

This section reports the findings in the order of the research design: the condition of the existing buildings (5.1), the restitution and its evidence (5.2) and the resulting restoration decisions (5.3).

5.1 Survey and condition of the existing buildings

The survey shows that the load-bearing structure and the overall form of both buildings survive, whereas almost all evidence at surface and joinery level has been lost. This contrast explains why the restitution had to rely on physical traces for the plan and on comparative evidence for the façades.

Station building. The station is a single-storey, U-shaped building of rubble-stone masonry under a hipped roof covered with Marseille tiles. It stands in a walled garden with large plane trees; public toilets and a coal cellar (8.69 m², pumice-block walls) lie to the north. When first built it had four main sections (station master's room, ticket office, waiting room and switchman's room); later additions raised the number of spaces to twelve, and part of the building was converted into a lodging. Table 3 relates the present space codes to the original configuration deduced from the traces (Figure 6).

Table 3. Room schedule: present spaces and original configuration.

Space	Present designation	Original configuration	Surviving evidence and later changes
Z01	Open porch on four timber posts	Entrance porch along the south façade	Posts and upper timber frames are the only original façade elements
Z02– Z03	Station master's room; kitchen	One space, entered by a single-leaf door from the porch	Ceiling and wall traces; four window openings (south, west) survive; north hearth closed and north window replaced by a built-in cupboard
Z04	Ticket office	Ticket office	South door and north window original; south window non-original; east wall partly collapsed in 2019 and repaired
Z05– Z07	Room; waiting room (Z06); bathroom	One space	Double-leaf door and two south windows of Z06 original; hearth and one north window original but closed; joinery replaced
Z08– Z10	WC; kitchen; hall	One space	Z10 has no external entrance (entered from Z06); original doorway, windows and ceiling

Space	Present designation	Original configuration	Surviving evidence and later changes
			survive; north hearth closed
Z11–Z13	Hall; room; switchman's room (Z13)	One space	Double-leaf door under the porch and three windows (south, east) original; door beside the hearth and door in the north façade non-original

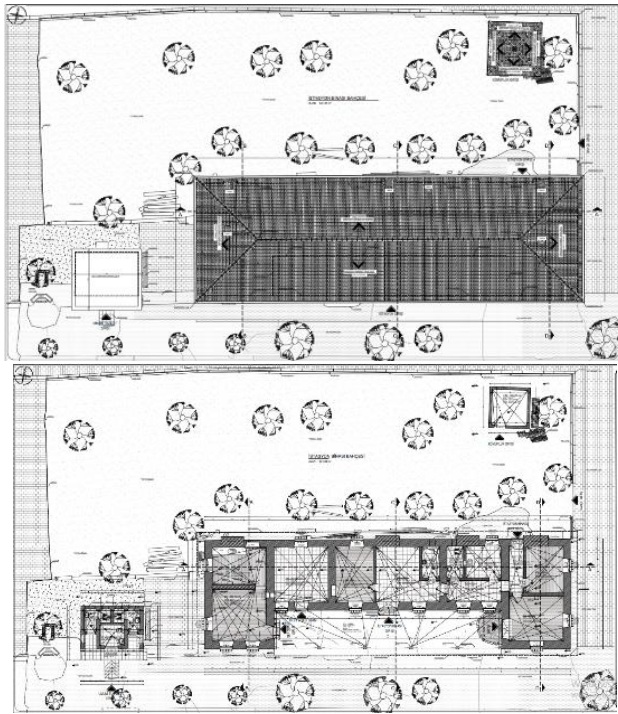
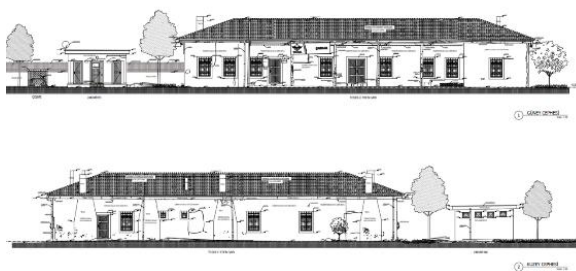


Figure 6. Çardak Station Building: survey plan and floor levels, with space codes Z01 – Z13.

The south façade, facing the tracks, is the entrance façade. It carries a porch on four timber posts, from which Z02, Z04, Z06 and Z13 are entered, and it is composed of eight windows and four doors; the side façades have two windows each and the rear façade three. East and west façades are identical, consistent with the symmetrical design. Four hearth chimneys rise from the masonry walls, one of them closed, and three chimneys have been added. Neither inside nor outside are there decorative elements of art-historical interest (Figure 7).



(a)



(b)



(c)

Figure 7. Çardak Station Building: (a) south (entrance) façade with timber posts; (b) north façade and garden; (c) window and door types.

The building has been repaired repeatedly, notably after the earthquakes of 1 October 1995 (Afyonkarahisar–Dinar, M 6.0) and 8 August 2019 (Bozkurt, Denizli, M 6.0). Present problems are: (i) cement-based plaster and yellow paint over all façades, hiding the original surface; (ii) replacement of all windows and doors with poor-quality joinery, with white painted bands imitating jambs; (iii) later openings and closures, including a closed original window beside a chimney and a non-original door in the north façade; (iv) cable boxes, ornamental iron window grilles, a water pipe drilled through an original wall, and chimneys disturbed by faulty repairs; (v) plaster cracks and paint flaking at plinth level; and (vi) concrete paving around the building and a rough concrete garden wall (Figure 8). The oldest photographs available, probably taken after the 1995 earthquake, already show plastered walls painted in a colour different from the present yellow (Figure 9).

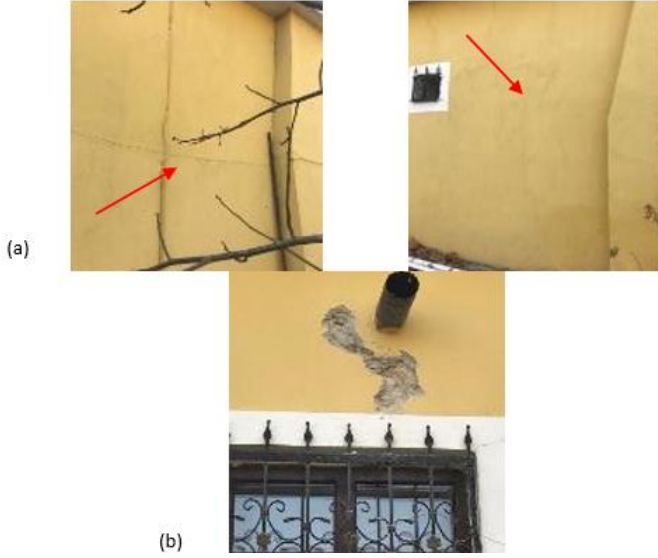


Figure 8. Alterations to the station building: (a) trace of a closed original window; (b) hearth chimney emerging from the façade.



Figure 9. Historic documentation of the station: (a) old photograph of the south façade; (b) old photograph of the interior, room Z06 (Özyiğit, 2017); (c) T.C.D.D. project dated 14 August 1958 (T.C.D.D. 7th Regional Directorate, 2021).

Shed. No inscription records the date of the shed, which stands south of the line and was built for loading and unloading cargo. It is a single-storey, rectangular building conceived as one continuous volume. The north façade, formed by timber posts, is open; on the south and side façades the posts are infilled with concrete blocks. The roof is sheet metal on timber supports. As in the station, there is no decoration of art-historical interest (Figure 10). A concrete layer about 20 cm thick has been added on the ground along the south façade, probably to strengthen the building.

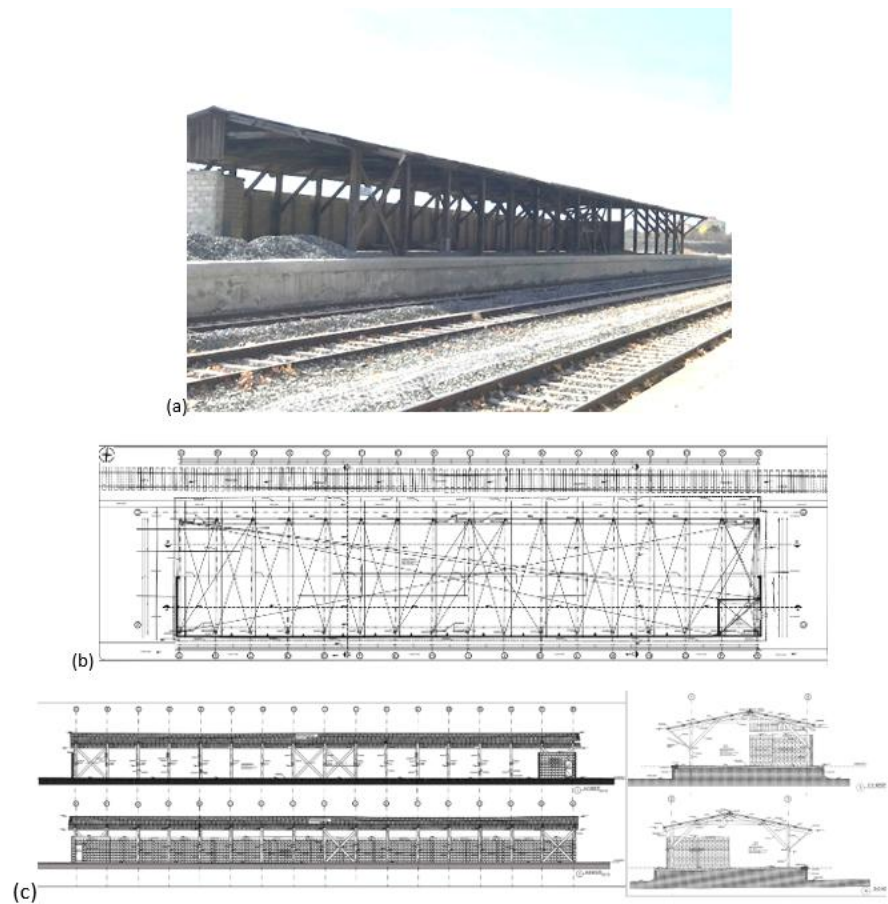


Figure 10. Çardak Shed Building: (a) general view; (b) survey plan; (c) survey and façade drawings.

5.2 Restitution and its evidence

Dating and documents. The exact construction date is unknown. Since the station, workers' residence and shed were put into operation on 1 October 1889 (Onur, 1953), the complex is of the nineteenth century, and the plan and façade character of the station agree with this date. The T.C.D.D. archive of the 7th Regional Directorate holds a hand-drawn project for the station dated 14 August 1958 (Figure 9c). Some elements that survive as original are drawn differently in it; because the differences would have concealed original details, the drawing is read as a renovation proposal rather than a record of the original state. Documents are therefore not authoritative by themselves: they were checked against the fabric. The 1965 drawing of the shed, in contrast, agrees with the survey, but it too proved inaccurate in three respects, as shown below.

Station plan (Tier 1 evidence). The plan is a symmetrical U-shaped composition: doors, windows and hearths are mirrored about the central axis (Figure 11). The ceiling and wall traces show that spaces now subdivided were originally single rooms (Table 3). Z02 and Z03 formed one room with four window openings on the south and west sides, a ticket-office window on the west side, and a north hearth and window closed later (the chimney remains visible outside and the window is read from plaster cracks and plaster workmanship, Figure 11d). All original openings are splayed and open from inside to outside. This criterion identified two non-original openings: the south window of Z04, whose splay and jambs are incorrect and which also breaks the symmetry, and the door beside the hearth in Z13, which lacks the character of the typical openings and also breaks the symmetry. Original ceiling claddings follow the symmetrical design; floor coverings and skirting boards are not original.

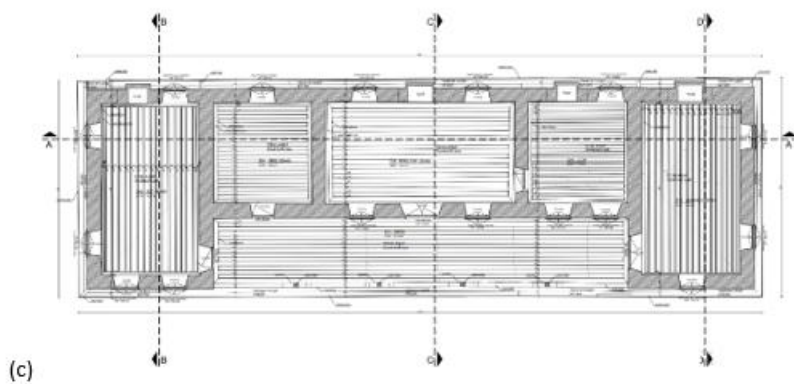
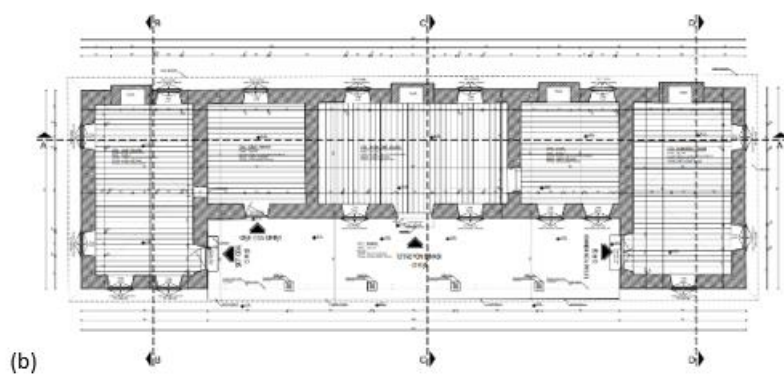
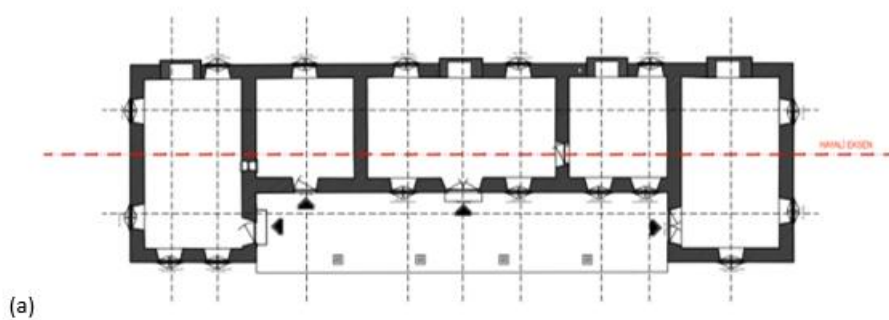




Figure 11. Plan restitution of Çardak Station Building: (a) symmetrical layout; (b) ground-floor plan; (c) ceiling plan; (d) exterior and interior views of a closed window trace on the north façade.

Station façades (Tier 1, Tier 3 and Tier 4 evidence). Because of the cement plaster, no trace of the original façade texture could be found and no original door or window joinery survives. Partial plaster scraping found no relieving arches above the windows. The Dazkırı station has the same plan and the same arrangement of openings, and it also lacks relieving arches; its façades were accordingly adopted as the basis for the restitution (Figure 12). The restituted façade shows rubble-stone masonry finished with horasan (lime and crushed-brick) mortar to resemble cut stone, smooth quoins, and four projecting hearth stacks of mortar brick, the last also seen on the Kocabaş workers' residence. The cut-stone texture is supported by local testimony reported by Özyiğit (2017), which compares the station façade with that of the vanished Çardak workers' residence (Figure 14a). Because no physical trace of this finish is visible, the finding is graded Medium.

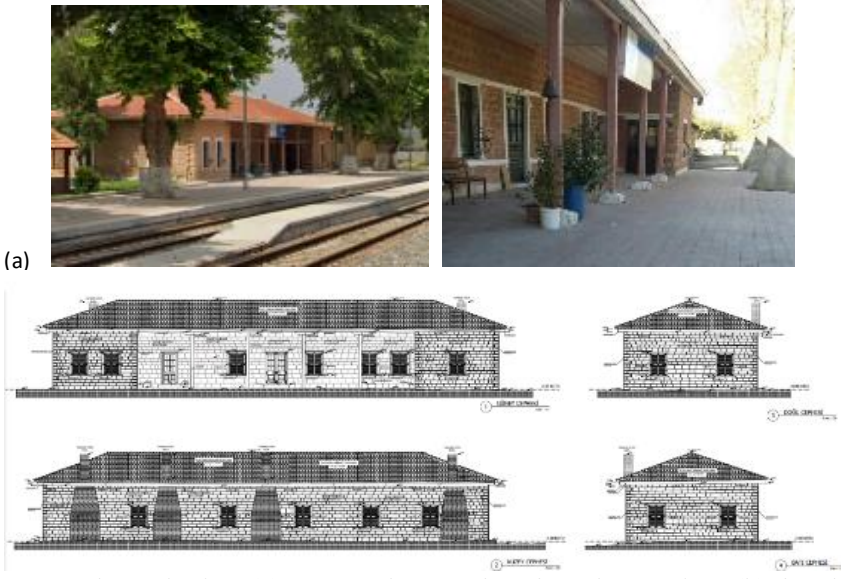


Figure 12. Façade restitution: (a) recent photographs of Dazkırı Station; (b) façade restitution of Çardak Station Building.

Comparative corpus (Tier 3 evidence). Table 4 summarises the comparators and what each contributed. The corpus shows that stations of the line share a masonry system of moulded stone on a stone foundation, with quoins, jambs and, in some cases, relieving arches emphasised by projection. Where timber lintels carry plaster inside the openings, plaster was applied on a lath system (*Bağdadi*). Relieving arches are present at Dinar but absent at Dazkırı, so the line contains both variants and the Çardak decision depends on the scraping result rather than on a generalised assumption. Table 5 compares the façades of the principal comparators.

Table 4. Comparative corpus of related stations on the İzmir–Aydın line.

Station	Plan type	Features relevant to Çardak	Used for
Dazkırı	U-shaped	Cut and rubble stone masonry; stone jambs; timber canopy on timber posts; gable roof with Marseille tiles; no relieving arches; openings identical to Çardak	Station façade restitution
Dinar	U-shaped	Clay-brick relieving arches over openings; same plan typology	Plan typology; the alternative façade variant
Çivril	U-shaped	Clay-brick relieving arches over openings; same plan typology	Plan typology; alternative façade variant
Evciler	U-shaped	Windows, doors, hinges and louvres similar to Çardak; workers' residence with the same plan as Çardak; shed similar in plan and façade	Door and window types; workers' residence; shed restitution
Kocabaş	Rectangular	Workers' residence with projecting mortar-brick hearths	Hearth stacks
Bozkurt	Rectangular	Shed with timber curtains and railings	Shed timber details
Kaklık	Rectangular	Shed with timber curtains and railings	Shed timber details
Sarayköy	Rectangular	Shed with timber curtains and railings	Shed timber details

Table 5. Comparison of the façades of related stations on the İzmir–Aydın line.

Name of Building		Façade
Çardak Station	Train	
Dazkırı Station	Train	
Dinar Station	Train	
Evciler Station	Train	

The windows of Çardak were examined in old photographs, which show double-leaf windows with three divisions (Özyiğit, 2017); shutters of the same type occur at other stations on the line (Figure 13). Because the photographs are

undated and probably post-date the 1995 repairs, this finding is graded Medium. The louvre systems could not be determined from photographs, so the doors of Dazkırı, Dinar and Evciler were examined; those at Dazkırı and Evciler are glazed and louvred, and a similar door is proposed for Çardak.

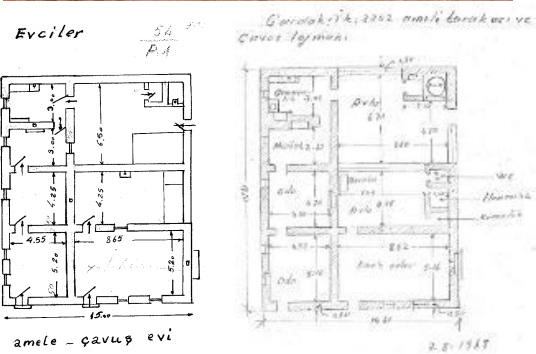


Figure 13. Comparative details: (a) shutter systems of stations on the line; (b) Evciler double-leaf door, hinge and louvre details; (c) door and window types of Evciler Station Building.

Workers' residence (Tier 3 and Tier 4 evidence). The residence has not survived. Its position on the layout plan follows local testimony. Drawings in the T.C.D.D. archive show that the Evciler workers' residence has the same plan as the Çardak residence, and the restitution layout plan was prepared on this basis (Figure 14). The door and handle in the old interior photograph of the station resemble those of the Evciler residence, which was therefore used as reference for door hardware.



(a)



(b)



(c)

Figure 14. Workers' residence: (a) Çardak and Kocabaş residences (Özyiğit, 2017); (b) plan similarity of the Evciler and Çardak residences; (c) Evciler interior door and handle.

Shed (Tier 1 and Tier 2 evidence). The shed provides the best-evidenced restitution, since its timber structure is not plastered. The main frame survives in its original form and agrees with the 1965 project (Figure 15). Three discrepancies were found by comparing the drawing with the fabric. First, the drawing shows posts of 27×27 cm, whereas all but two measure 25×25 cm. Second, it shows one post on the east façade and two on the west; traces of iron fittings and holes on the bracing of axes A and R, and identical traces on the column and bracing of axis 2/I, show that each short façade had two non-load-bearing posts carrying the cladding, as in the Evciler shed (Figures 16 and 17). The enclosed room at the north-east is thought to be original and, as in buildings of similar date, to have been a salt store. Third, the 1965 drawing shows six doors, but no door traces were found on the east and west sides, nor in the Evciler project, so four doors on the north are restituted.

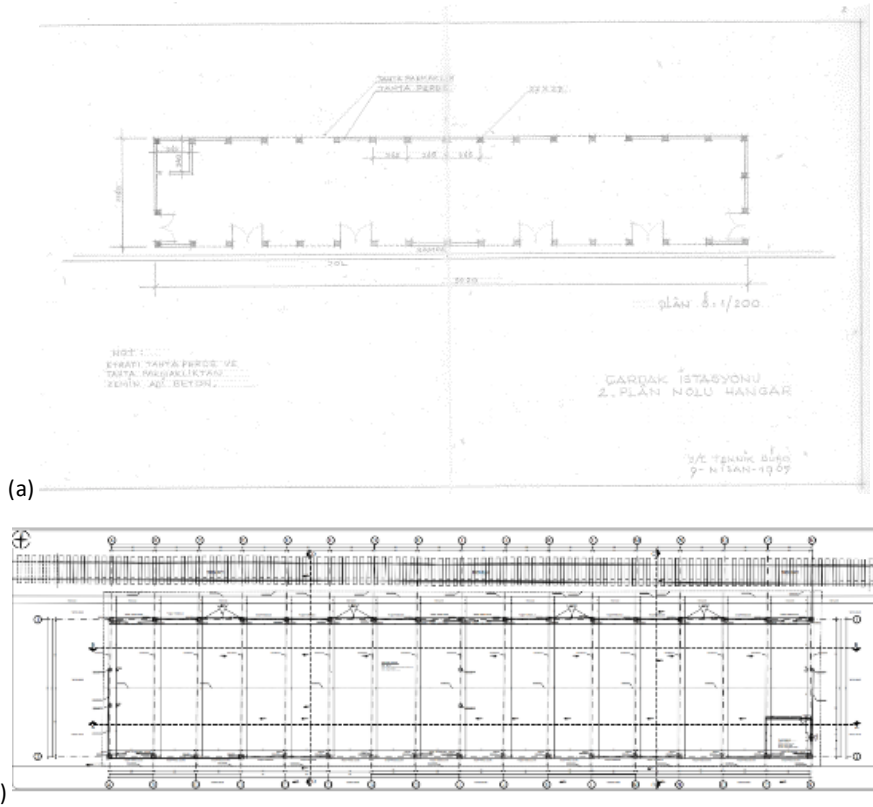


Figure 15. Çardak Shed Building: (a) T.C.D.D. project dated 9 April 1965 (T.C.D.D. 7th Regional Directorate, 2021); (b) plan restitution.

The façade timbers were restituted from nail marks, timber remains and fixing holes on the eaves and columns, compared with the Evciler shed (similar short sides) and the Sarayköy shed (timber curtains and railings) (Figure 17). On both short façades two secondary beams are carried on non-load-bearing posts; the openings are left as passages about 330 cm above ground; ends of the eaves are formed of oval-cut flat timbers and elsewhere flat-cut timbers are joined with tongue-and-groove and nailed on battens that level the surface. The north-façade uprights have dovetail corners, and a piece of cladding remains on column 2/D of the south façade (Figure 16). All the sheds examined on the line have foundation base stones, so base stones are assumed beneath the Çardak posts; this has not been verified (Figure 18).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 16. Evidence for the shed restitution: (a) support traces on the bracing of axis A; (b) secondary-beam traces on columns 2/A and 2/I; (c) dovetail detail; (d) remains of façade timber, nail traces, holes in columns and iron profile.



(a)



(b)



(c)



(d)



Figure 17. Comparison of the shed buildings: (a) west façade of the Çardak shed building and front façade of the Evciler shed; (b) east façade of the Çardak shed building and rear façade of the Evciler shed building; (c) remains of timber eaves cladding and nail marks on the Çardak shed building; (d) façade timbers and railings of the Evciler and Sarayköy shed buildings.

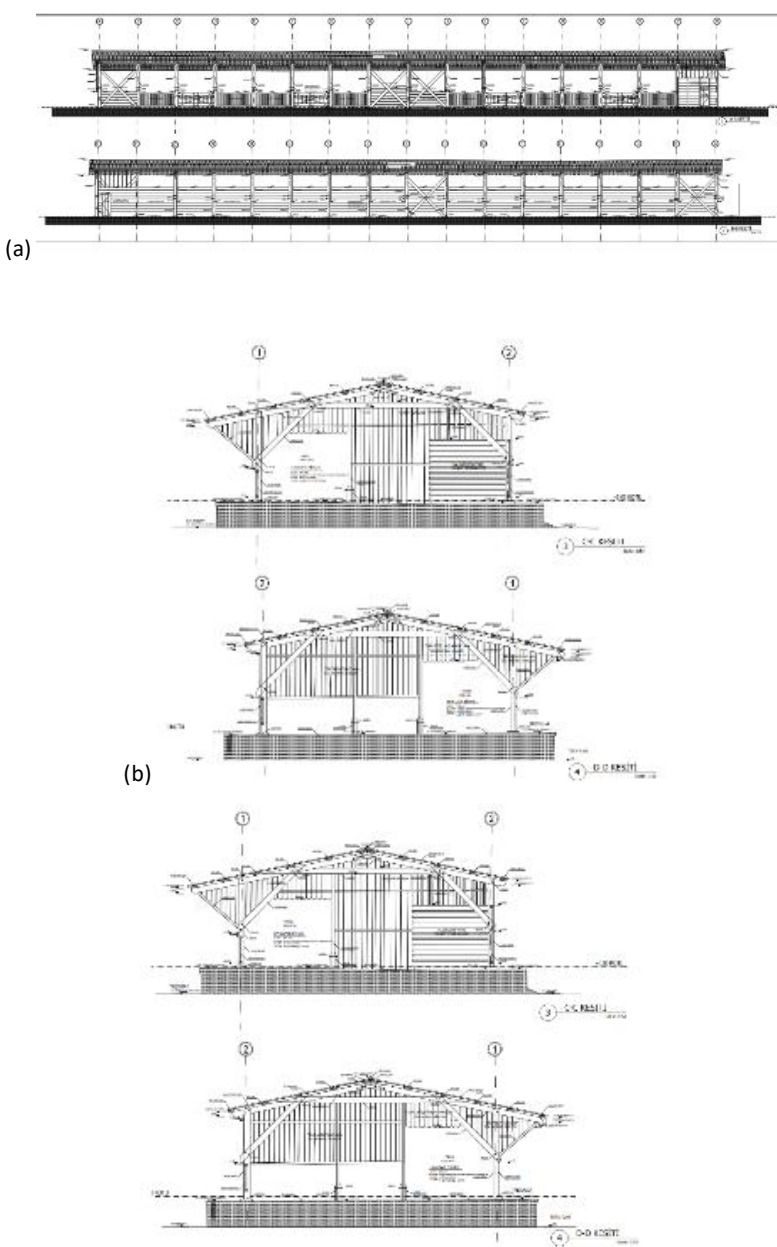


Figure 18. Çardak Shed Building: façade restitution.

Evidence matrix. Table 6 records each restitution decision with its supporting evidence and grade. Six of eighteen decisions are High, eleven are Medium and one is Low.

Table 6. Evidence matrix of the restitution decisions (T1 physical traces; T2 documents and images; T3 comparative typology; T4 oral testimony).

No.	Restitution decision	Supporting evidence	Grade
1	Symmetrical U-shaped station plan	T1 mirrored doors, windows and hearths; T3 Dazkırı, Dinar	High
2	Z02 and Z03 originally one space	T1 ceiling and wall traces	High
3	Z05–Z07, Z08–Z10 and Z11–Z13 each originally one space	T1 ceiling and wall traces	High
4	South window of Z04 non-original	T1 incorrect splay and jambs; internal symmetry	Medium
5	Closed hearths and windows on north façade (Z02, Z06, Z10)	T1 plaster cracks, chimneys, plaster workmanship	High
6	Door beside hearth in Z13 non-original	T1 atypical opening; internal symmetry	Medium
7	Rubble masonry with horasan-mortar cut-stone finish; smooth quoins	T4 local testimony; T3 Dazkırı	Medium
8	No relieving arches over openings	T1 plaster scraping (partial); T3 Dazkırı	Medium
9	Four projecting mortar-brick hearth stacks	T1 surviving chimneys; T3 Kocabaş residence	Medium
10	Three-division double-leaf windows	T2 undated old photographs; T3 line typology	Medium
11	Glazed, louvred doors; hinge and handle details	T3 Dazkırı, Evciler; T2 interior photograph	Medium
12	Workers' residence plan and position	T4 local testimony; T3 Evciler drawings	Medium
13	Shed plan and main timber frame	T2 1965 drawing; T1 survey	High
14	Two non-load-bearing posts on each short shed façade	T1 iron-fitting, hole and beam traces; T3 Evciler shed	High
15	Enclosed north-east room as salt store	T2 1965 drawing; T3 buildings of similar date	Medium
16	Four doors on north, none on east and west	T1 absence of traces; T3 Evciler project	Medium
17	Shed timber cladding, curtains and railings	T1 timber remains and nail marks; T3 Evciler, Sarayköy	Medium

No.	Restitution decision	Supporting evidence	Grade
18	Base stones beneath shed posts	T3 sheds examined on the line	Low

5.3 From restitution to restoration decisions

Use. Both buildings were built as, and remain, part of an operating railway. The project therefore retains their original functions: the station continues as a T.C.D.D. station with accommodation, and the shed as a T.C.D.D. shed. This choice follows the charters' preference for the continuity of use (Section 2.4) and secures the continuity of maintenance, because the owner has a continuing operational interest in the buildings.

Link between evidence and intervention. The restoration proposals were derived from the restitution project and from material and deterioration analyses. The evidence grades determine the conditions attached to each intervention:

- **High:** the element is reinstated or repaired by its original detail (for example, reopening closed hearths and restoring the ticket-office window).
- **Medium:** the element is reinstated according to the comparative evidence, with its source recorded on the detail sheets so that the Conservation Board can review the basis (for example, shed cladding and curtains).
- **Low:** the element is not treated as established fact; it is verified during the works where possible (for example, by exposing the foundations of the shed posts) or executed in a form that can be revised.

Table 7 sets out the principal interventions. All of them follow three principles: respect for original fabric, minimum intervention, and reversibility wherever a new element is needed.

Table 7. Principal restoration interventions and the principle behind each.

Element	Evidence grade	Intervention	Principle
Station plan: later partitions and additions	High (Table 6, nos. 2–3)	Careful removal of later additions of no significance; original spaces given the functions of station master's room, ticket office, living room, kitchens, bathroom and bedrooms; Z07 partitions removed for a kitchen; new partitions are reversible	Recover the original spatial structure; reversibility
Closed hearths (Z03, Z05, Z07, Z08)	High (no. 5)	Restored to the original state and reopened	Reinstate original features
Ticket-office window (Z02–Z04)	High (original opening)	Dismounted, reproduced according to the opening detail and reinstalled by the original method; made accessible to people with disabilities	Conservation of original element; accessibility
Niche in Z04	Not graded	Closed as specified in the structural intervention	Structural repair
Entrance space Z01	High	Existing concrete and base stones exposed; andesite paving laid	Respect original fabric
Access for people with disabilities	Not applicable	Demountable ramp of chequered sheet on a steel profile on the south façade; tactile surface laid without damaging original timbers	Reversibility
Roof	High (original form survives)	Existing Marseille tiles retained; roof repaired, insulated and re-tiled as specified in the structural proposal	Continuity of form and material
Chimneys	High (four original)	Original chimneys cleaned and made serviceable; non-original chimneys closed; parts above roof rebuilt in solid clay brick	Reinstate original features
Timber elements (posts, frames, fascia, eaves)	High (original posts and frames)	Laboratory identification of species and moisture content, reported to the administration; replacement in the same	Minimum intervention; compatible materials

Element	Evidence grade	Intervention	Principle
		species and moisture content; impregnation; chemical cleaning of reused surfaces and delicate sanding; eaves boards refixed by the original detail	
Services	Not applicable	Combi boiler now, surface-mounted heating when natural gas arrives; galvanised gutters and downpipes; signs to T.C.D.D. standards; coal cellar reused as store with administration approval	Non-invasive, revisable
Shed: storeroom walls, windows, shutters	Medium (nos. 15–17)	Produced as specified in the restitution project and installed by the detail sheets	Evidence-based reinstatement
Shed façade timbers	Medium (no. 17)	Same species and moisture content as the original; impregnation; two coats of fire-retardant, breathable, water-based semi-transparent preservative with 16 hours between coats	Compatible materials
Shed rear ramp and railings	Not applicable	Railing on the ramp at the level difference; new-type timber railing on the shed façade	Distinguishable new work
Shed roof	High (original form survives)	Repaired, conserved and reinstated as specified in the material intervention	Respect original fabric

Exterior cement-based plaster. The existing cement-based plaster should first be documented and assessed with regard to its physical condition, composition and compatibility with the historic masonry. The assessment should give particular attention to cracking, detachment, moisture accumulation and salt-related deterioration. Removal should be selective and limited to areas where the plaster's incompatibility with the historic substrate, or its contribution to deterioration, has been demonstrated. Where removal is necessary, it should be carried out by methods that minimise damage to the original masonry. Any replacement plaster should be compatible with the substrate in terms of strength, stiffness and moisture permeability; lime-based plaster is recommended where

this is supported by material analysis and by the evidence for the original construction. Surviving original finishes, colour schemes and traces of historic coatings should be recorded and, wherever possible, preserved.

Replaced door and window joinery. The existing joinery should be surveyed to establish its material, dimensions, profiles, subdivision and opening mechanisms, as well as its compatibility with the historic architectural character of the station buildings. The original configuration should be established by triangulating archival photographs, historical documents, physical traces and comparable buildings. Surviving historic joinery should be retained and repaired wherever feasible. Later replacements that are demonstrably incompatible with the original character may be replaced only where sufficient documentary or physical evidence is available, and any new element should reproduce the verified original material, dimensions, profiles and detailing (cf. ICOMOS, 1964, Arts. 9 and 12). Where the original configuration cannot be determined with sufficient certainty, conjectural reconstruction should be avoided. Figures 19 and 20 show the restoration proposals for the station and the shed, respectively.

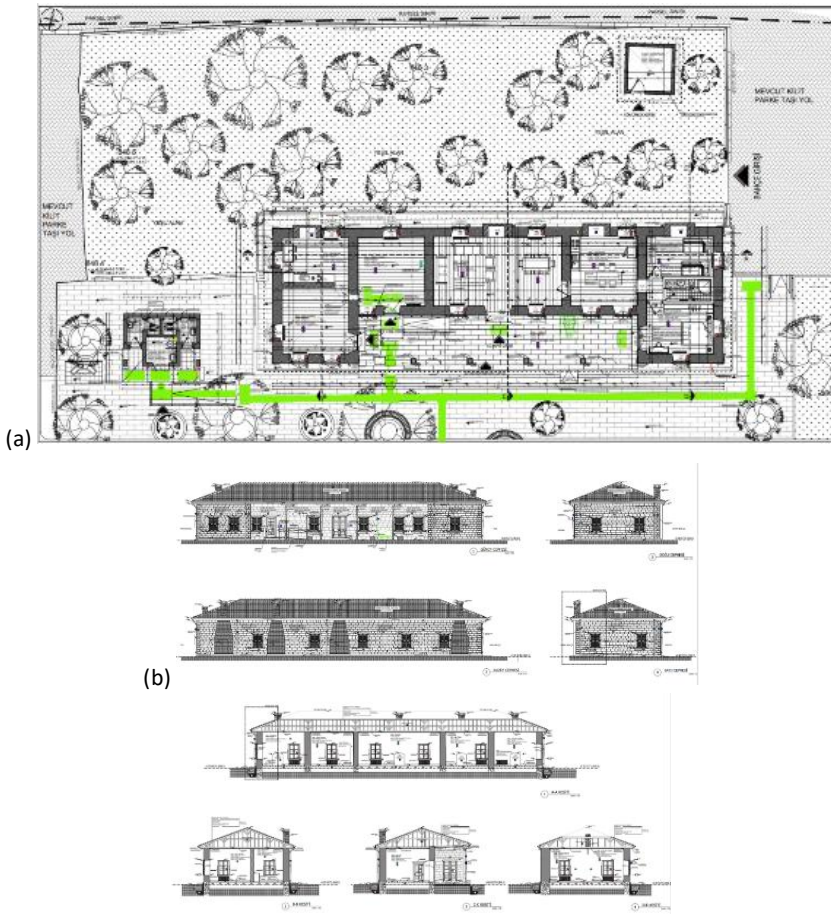


Figure 19. Restoration project for Çardak Station Building: (a) ground-floor plan; (b) façades and sections.

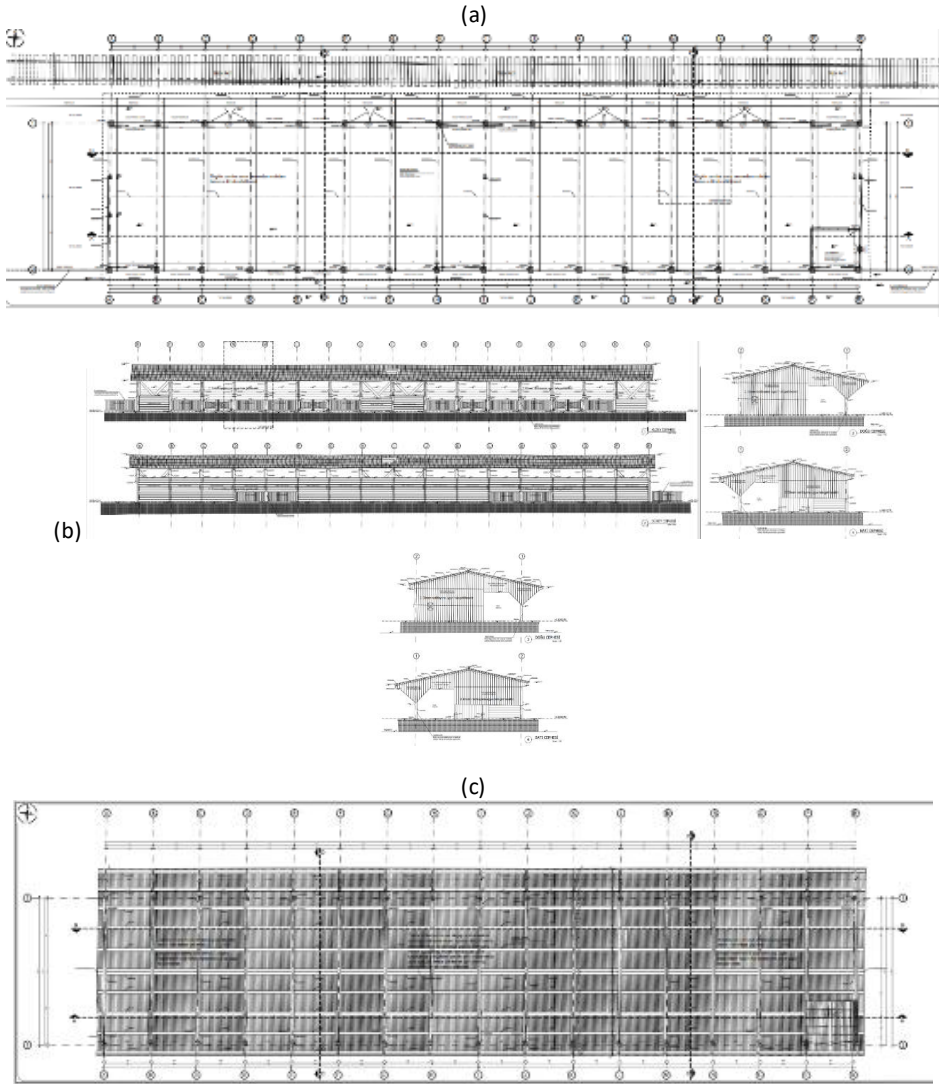


Figure 20. Restoration project for Çardak Shed Building: (a) plan; (b) façades; (c) roof plan.

6. Discussion

6.1 Answers to the research questions

RQ1: evidence and its reliability. No single tier of evidence was sufficient. Physical traces (Tier 1) were the most reliable but survived unevenly: in the station they were rich for the plan but poor on the plastered façades, whereas in the unplastered timber shed they were rich throughout. As a result, the plan decisions are mostly High, the façade finishes and joinery are Medium or Low, and the shed is the best-evidenced part of the complex (Table 6). Documents (Tier 2) can mislead as well as inform. The 1958 drawing showed a renovation, not the

original state, and the 1965 drawing misstated the post size, the number of posts on the short façades and the number of doors. Only comparison with the fabric exposed these errors. Oral testimony (Tier 4) could add a plausible but unverifiable detail and was never used alone.

RQ2: systematic comparative typology. Comparison proved most useful when the comparator shared the plan type (Dazkırı for the station façade) or the same building function and structural system (Evciler and Sarayköy for the shed). It was least reliable for small details such as door joinery. The corpus also showed that the line contains variants, for example relieving arches at Dinar but not at Dazkırı, so a comparator cannot be chosen merely because it is nearby. Three criteria can be proposed from the case: the comparator should share the plan type or function, belong to the same concessionaire and period, and have its own evidence recorded. Typology should support a decision but, unless a physical trace or document is also available, it should not lift a decision above Medium.

RQ3: from restitution to restoration. Linking each intervention to the grade of its supporting evidence made the restoration proposals easier to justify. High-grade items could be reinstated with confidence, whereas items resting on Medium or Low evidence (shed cladding and railings, door joinery, base stones) are the places where the project depends on analogy. The decision log lets the Conservation Board and the owner see exactly where this is so. Retaining the railway function removed the need for large new insertions; the only substantial new elements (the demountable ramp, the tactile surface and the new-type shed railing) are reversible or distinguishable.

6.2 Relation to the literature

The findings are consistent with the cautions of the Venice, Nara and Burra documents (ICOMOS, 1964; ICOMOS, 1994; Australia ICOMOS, 2013) that restitution be tied to authentic documents and sufficient evidence. They add an operational layer that these documents do not provide: an explicit method for recording and grading the evidence of each decision. The study also extends the reuse-dominated literature on railway stations (Bullen and Love, 2011; Haştemoğlu, 2012; Plevoets and Van Cleempoel, 2019; Geyyas Gören and Manisa, 2021) by showing that continued operational use is a viable conservation strategy where a line is still active. Finally, it shows how the typological tradition of station histories (Meeks, 1956; Biddle, 1973) can serve as an evidential rather than a merely descriptive instrument.

6.3 Implications for practice, policy, teaching and society

- **Practice.** T.C.D.D. owns many comparable stations, including ten more on the Denizli section alone. A standard decision log with evidence tiers and grades could be required in project specifications

and tenders, and the Çardak corpus could be extended into a shared database of the line's stations.

- **Policy.** Regional conservation boards could request an evidence matrix with restitution projects, which would make their review of conjectural elements more transparent. Such a requirement would be consistent with the existing three-stage project structure.
- **Teaching.** The workflow from metric survey through trace reading to graded restitution is a compact teaching case for courses in building survey and restoration, because it shows students why a restitution is an argument and not a drawing.
- **Society.** Local testimony contributed to the restitution of a vanished building. Treating such testimony systematically, as supporting evidence of a stated weight, respects local memory without overstating it.

6.4 Limitations and further research

The grades are interpretive and have not been tested for inter-rater agreement. Further research could therefore: (i) apply the framework to other stations of the line, which would test the transferability of the corpus; (ii) have independent teams grade the same decisions; (iii) use laboratory analysis of mortars, timbers and paint layers to upgrade Medium grades; (iv) monitor the executed works against the decision log, once implemented; and (v) store the evidence matrix in a heritage building information model so that it remains linked to the building.

7. Conclusion

The restitution of a modest, heavily altered Ottoman railway station can be made transparent and defensible if every decision is tied to its evidence and graded. At Çardak Station, six of eighteen restitution decisions rest on direct physical or documentary evidence, eleven were inferred from the internal consistency of the building or corroborated by comparative typology or oral testimony, and one remains largely inferential. The pattern is informative: plan decisions are strong because traces survive inside the building; façade finishes and joinery are weak because plaster and replacement have removed them; and the timber shed is the best-evidenced part because it was never plastered. Archive drawings had to be checked against the fabric, since both the 1958 and 1965 drawings proved unreliable in places.

The case supports three conclusions. First, comparative typology across the stations of one line is a legitimate source of evidence when comparators are chosen by explicit criteria, but it is a supporting rather than a decisive source. Second, linking evidence grade to intervention type gives conservation boards and owners a clear view of where a restoration relies on analogy. Third, retaining

the railway function is a conservation strategy in its own right and reduces the need for new insertions.

The methodological contribution is a four-tier evidence classification, a three-level grading rule and a decision log that can be applied to the other stations of the İzmir–Aydın line and to similar railway buildings elsewhere. Testing it on further stations, validating the grades through independent assessment and laboratory analysis, and monitoring the executed works are the next steps. In this way, the project at Çardak contributes both to the safeguarding of one building and to a reproducible approach to the conservation of Ottoman railway heritage.

Acknowledgements

The author would like to thank Architect Şule Çelik, Manager of KARINCA Architecture (KARINCA Mimarlık), and the Revolving Fund Enterprise Directorate of Süleyman Demirel University (SDÜ Döner Sermaye İşletme Müdürlüğü) for their contributions to this study.

References

- Anonym. (2014). *Denizli cultural inventory*. Denizli: South Aegean Development Agency; Denizli Metropolitan Municipality.
- Atilla, A. N. (2003). *İzmir demiryolları*. İzmir: İzmir Municipality Cultural Publication.
- Australia ICOMOS. (2013). *The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*. Burwood, VIC: Australia ICOMOS.
- Başar, M. E., & Erdoğan, H. A. (2009). Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Türkiye'de tren garları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 24(3), 29–44. <https://izlik.org/JA78GA79DY>
- Biddle, G. (1973). *Victorian stations: Railway stations in England and Wales 1830–1923*. Newton Abbot: David & Charles.
- Bozdoğan, S. (2008). *Modernizm ve ulusun inşası*. İstanbul: Metis Yayınları.
- Bullen, P. A., & Love, P. E. D. (2011). Adaptive reuse of heritage buildings. *Structural Survey*, 29(5), 411–421.
- Çolak, F. (2013). A general overview of the transportation policy of the Turkish Republic in the Atatürk era. *Turkish Studies*, 8(2), 345–364.
- Ekizoğlu, G. (2012). *The conservation problems of railway settlements as industrial heritage: İzmir–Aydın railway line settlements example* (Unpublished master's thesis). Dokuz Eylül University, Institute of Science and Technology, İzmir.
- Feilden, B. M. (2003). *Conservation of historic buildings* (3rd ed.). Oxford: Architectural Press.
- Geyyas Gören, L. F., & Manisa, K. (2021). Demiryolu yapılarının kullanım dönüşümünde işlevsel olasılıklar ve yapısal müdahaleler. *Mimarlık ve Yaşam*, 6(3), 879–897. <https://doi.org/10.26835/my.948751>
- Groat, L. N., & Wang, D. (2013). *Architectural research methods* (2nd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Haştemoğlu, H. Ş. (2012). *Development of new function proposals to railway station buildings* (Doctoral dissertation). Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering, Isparta.
- Haştemoğlu, H. Ş., & Özgen, L. (2017). Sustainability and urbanization in the years of 1960s; Isparta, İstasyon Boulevard sample. *Süleyman Demirel University Journal of Architectural Sciences and Applications (MBUD)*, 2(1), 69–76.
- Historic England. (2016). *Understanding historic buildings: A guide to good recording practice*. Swindon: Historic England.

- ICOMOS. (1964). *International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter)*. Venice: ICOMOS.
- ICOMOS. (1994). *The Nara Document on Authenticity*. Nara: ICOMOS.
- ICOMOS–TICCIH. (2011). *Joint ICOMOS–TICCIH principles for the conservation of industrial heritage sites, structures, areas and landscapes (The Dublin Principles)*. Paris: ICOMOS.
- Jokilehto, J. (1999). *A history of architectural conservation*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Kösebay Erkan, Y., & Ahunbay, Z. (2008). Anatolian railway heritage and its conservation. *İTÜ Dergisi/a Architecture, Planning, Design*, 7(2), 14–25.
- Köşkeröğlu, E. (2006). Railway heritage – conservation. Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects, Ankara Branch, *File 3: Industrial Heritage*, 19–23.
- Kuban, N. (2002). *Yeşilköy Tren İstasyonu yapılar grubu restorasyon projesi* (Master's thesis). İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, İstanbul.
- Meeks, C. L. V. (1956). *The railroad station: An architectural history*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Muñoz Viñas, S. (2005). *Contemporary theory of conservation*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Olgun, A. (2019). *Ottoman railway lines and station buildings within Denizli provincial border* (Unpublished master's thesis). Pamukkale University, Institute of Social Sciences, Denizli.
- Onur, A. (1953). *Türk demiryolları tarihi (1860–1953)*. Ankara: Republic of Turkey National Defense Foundation, Land Forces Command Publications.
- Orbaşlı, A. (2008). *Architectural conservation: Principles and practice*. Oxford: Blackwell.
- Öztürk, G. B., Sayıl Onaran, B., & Hersek, C. M. (2022). Yeniden işlevlendirme kapsamında tarihi Merinos İstasyonu. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 29, 247–263. <https://doi.org/10.18603/sanatvetasarim.1137941>
- Özyiğit, H. (2017). Witnesses of time: Bozkurt and Çardak train stations. *Mustafa Kemal University Journal of the Institute of Social Sciences*, 14(39), 379–407.
- Özyüksel, M. (2014). *The Hejaz Railway and the Ottoman Empire: Modernity, industrialisation and Ottoman decline*. London: I.B. Tauris.
- Pamuk, Ş. (1987). *The Ottoman Empire and European capitalism, 1820–1913: Trade, investment and production*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Plevoets, B., & Van Cleempoel, K. (2019). *Adaptive reuse of the built heritage: Concepts and cases of an emerging discipline*. Abingdon: Routledge.
- Quataert, D. (1977). Limited revolution: The impact of the Anatolian Railway on Turkish transportation and the provisioning of Istanbul, 1890–1908. *Business History Review*, 51(2), 139–160.
- Remondino, F. (2011). Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. *Remote Sensing*, 3(6), 1104–1138.
- Richards, J., & MacKenzie, J. M. (1986). *The railway station: A social history*. Oxford: Oxford University Press.
- Sedes, F., & Çıkırıkçı, S. (2022). An investigation of the reuse potential of historical train stations by considering the effects of high-speed train stations added to the urban fabric: Example of Ankara railway stations. *Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi*, 9(4), 1552–1573.
- Sezginalp, Ş. F., & Sezginalp, P. (2021). Railway heritage: Traces of archives and stations. Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects, Ankara Chamber of Architects, *Journal of Architecture*, 420, 36–40.
- Sönmez, F., & Arslan Selçuk, S. (2018). A study on the contributions of the modernization process in Kayseri: The Kayseri train station and its environment. *Megaron*, 13(1), 85–101. <https://doi.org/10.5505/megaron.2017.09825>
- T.C.D.D. 7th Regional Directorate. (2021). *Denizli Çardak Train Station project archive* [Unpublished archival material].
- TICCIH. (2003). *The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage*. Moscow: TICCIH.
- URL-1: T.C.D.D. website. <https://www.tcdd.gov.tr/harita/demiryolu-guzergahlari> (accessed 3 October 2025).
- Uzun, T., & Karabeyeser, M. (2018). Gaziantep Tren Garı ve yeniden işlevlendirme önerileri üzerine bir değerlendirme. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 12, 309–347. <https://doi.org/10.16947/fsmia.502864>
- Yazar, N. E. (2015). *Conservation potentialities of roundhouses within the context of Turkish railroad heritage* (Doctoral dissertation). Yıldız Technical University, Institute of Science and Technology, Department of Architecture, Building Survey and Restoration Program, İstanbul.
- Yıldız, A. (2017). Problems of preservation in railway architecture and a proposal for the re-use of Kırklareli train station buildings. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 32(4), 39–54.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.

