

Bitlis Yöresi (Ahlat ve Güroymak) İgnimbiritlerinin İnşaat Mühendisliği Açısından Karşılaştırmalı Analizi

Nusret BOZKURT^{1*}, Mirzeydin MUTLU¹

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye

Alındı/Received: 20/10/2025; Kabul/Accepted: 10/12/2025; Yayın/Published: 23/12/2025

! Özet bildiri olarak sunulan çalışmanın genişletilmiş ve ayrıntılandırılmış halidir.

* Sorumlu yazar e-posta: nbozkurt@beu.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, Bitlis ilinin Ahlat ve Güroymak ilçelerinden temin edilen ignimbiritlerin fiziksel özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Numuneler üzerinde TS 699 ve ilgili EN standartları çerçevesinde birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme oranı, porozite, kapiler su emme, ultrasonik ses geçirgenlik (USG), basınç dayanımı ve eğilme dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki yöreye ait taşların fiziksel performanslarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmeye imkân vermiştir. Bulgular, Güroymak ignimbiritlerinin daha düşük su emme oranı ve daha az poroziteye sahip olduğunu, buna karşın basınç ve eğilme dayanımı değerlerinde Ahlat ignimbiritlerine göre belirgin üstünlük gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuçlar, Güroymak ignimbiritlerinin inşaat sektöründe özellikle taşıyıcı olmayan duvar elemanları, kaplama taşları ve dekoratif uygulamalarda yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ignimbirit, Ahlat taşı, Güroymak taşı, fiziksel özellikler, dayanım özellikleri

Comparative Analysis of Bitlis Region (Ahlat and Güroymak) Ignimbrites in Terms of Civil Engineering

Abstract

In this study, the physical properties of ignimbrites obtained from the Ahlat and Güroymak districts of Bitlis province were experimentally investigated. According to TS 699 and related EN standards, tests such as unit weight, specific gravity, water absorption, porosity, capillary water absorption, ultrasonic pulse velocity (UPV), compressive strength, and flexural strength were conducted on the samples. The findings enabled a comparative evaluation of the physical performances of ignimbrites from both regions. Results revealed that Güroymak ignimbrites exhibit lower water absorption and porosity values, while achieving significantly higher compressive and flexural strength compared to Ahlat ignimbrites. These outcomes indicate that Güroymak ignimbrites have strong potential for use in the construction industry, particularly for non-load-bearing walls, cladding stones, and decorative purposes.

Key Words: Ignimbrite, Ahlat stone, Güroymak stone, physical properties, strength properties

Atıf /To cite: Bozkurt N, Mutlu M (2025). Bitlis Yöresi (Ahlat ve Güroymak) İgnimbiritlerinin İnşaat Mühendisliği Açısından Karşılaştırmalı Analizi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(2): 75-81.

1. GİRİŞ

Doğal taşlar, tarih boyunca insanlık tarafından mimari eserlerde ve yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan temel yapı malzemelerinden biri olmuştur (Özvan ve ark. 2015; Valido ve ark. 2024). Özellikle volkanik aktivitenin yoğun olduğu coğrafyalarda, yüksek gaz basıncı altında gerçekleşen volkanik patlamalar sonucu ortaya çıkan taneli volkanik kayalar olan piroklastikler, zengin ve ulaşılabilir bir yapı malzemesi kaynağı teşkil etmektedir

(Bakış 2020, Işık 2020). Bu piroklastik ürünlerin önemli bir türü olan ignimbiritler, volkanik lavlar tarafından oluşturulan bir kayalık türü olarak tanımlanır (Bakış 2020). Bilimsel terminolojide ignimbirit, ilk olarak 1935 yılında Marshall tarafından Yeni Zelanda'daki riolitit kayalar için kullanılmış, 1966'da ise Fisher tarafından tamamen kaynaklanmış (welded) piroklastik birikintileri ifade etmek üzere tanımlanmıştır (Kılıç ve Çakmak 2021).

Güncel tanımlamalar, ignimbiritleri; volkanik cam parçaları, fiammeler (yassılaştırmış pomza), mineraller, kül ve ince kaya parçalarını içeren, yüksek sıcaklıkta laminar akış sistemiyle yayılan (500–600 °C üzeri) felsik magma ürünleri olarak kabul eder (Işık ve ark. 2020; Kılıç ve Çakmak 2021). İnşaat mühendisliği perspektifinden bakıldığında, ignimbiritlerin mühendislik özelliklerini kontrol eden ana faktörler, bünyesindeki litik malzeme içeriği ve kaynaklanma derecesidir (Özvan ve ark. 2015; Rivera-Calderón ve ark. 2025). Kaynaklanma, kayaçların yerleşimleri sırasında oluşan yüksek sıcaklık (>535 °C) ve üzerlerindeki yük basıncıyla doğrudan ilişkilidir (Rivera-Calderón ve ark. 2025).

Yapı malzemesi seçimi açısından ignimbiritler, özellikle hafiflikleri, kolay işlenebilirlikleri ve iyi ısı/ses yalıtım kabiliyetleri sayesinde popülerliğini korumuştur (Özvan ve ark. 2015; Valido ve ark. 2024; Aygün ve Aygün 2016; Valido ve ark. 2023). Ancak bu kayaçların yapısı genellikle heterojen ve anizotropiktir (Rivera-Calderón ve ark. 2025). Yüksek oranda gözenekliliğe sahip olmaları (bazı örneklerde %17.36 ile %24.50 arasında değişen toplam gözeneklilik değerleri kaydedilmiştir) ve karmaşık gözenek geometrilere, mekanik dayanımlarını doğrusal olmayan şekillerde etkilemekte, bu da mühendislik uygulamalarında büyük değişkenliklere yol açmaktadır (Rivera-Calderón ve ark. 2025; Dinçer ve ark. 2012). İnşaat malzemelerinde bozulmanın en önemli nedenlerinden biri olan su, kapilerite etkisiyle ignimbirit kayaçların bünyesine kolayca nüfuz eder (Özvan ve ark. 2015; Dinçer ve ark. 2012). Bu kılcal su emme eğilimi, kayaların bozunma hızını artırarak dayanım kaybına neden olur (Rivera-Calderón ve ark. 2025; Dinçer ve ark. 2012; Balcı 2025). Dünya genelinde ignimbiritler, Peru'daki Arequipa tarihi merkezinin dasitik mimarisinde (%35.5 ila %46.5 gibi yüksek gözeneklilikle) ve Meksika'daki La Escalera kalderasının yoğun kaynaklanmış (V. derece) formasyonlarında olduğu gibi, yapısal mirasın ve jeoteknik çalışmaların odağında yer almıştır (Rivera-Calderón ve ark. 2025; Bustamante 2021). Kanarya Adaları'nda incelenen trakitik-fonolitik ignimbiritler, kaynaklanma derecesine bağlı olarak düşük yoğunluktan (2.09 g/cm³) orta yoğunluğa (2.38 g/cm³) kadar büyük farklılıklar göstermekte, bu durum da kullanım koşullarının gözenekliliğe göre dikkatle seçilmesini gerektirmektedir (Valido ve ark. 2023).

Türkiye coğrafyası, Alp-Himalaya orojenik kuşağındaki tektonik hareketler nedeniyle yoğun volkanik aktiviteye sahne olmuş, bunun sonucu olarak Kapadokya, Uşak ve Erzurum (Hınıs) gibi bölgelerde geniş ignimbirit yatakları oluşmuştur (Valido ve ark. 2024; Kılıç ve Çakmak 2021; Valido ve ark. 2023). Çalışmamızın odak noktası olan Bitlis yöresinde ise, Kuvaterner yaşlı Nemrut Stratovulkanı'nın patlaması ve çevresine yayılan lavların soğumasıyla Ahlat taşı (AT) olarak bilinen piroklastik kayaçlar oluşmuştur (Bakış 2020; Işık ve ark. 2019). Bu volkanik patlamayla yaklaşık 100 km³ hacminde malzemenin Nemrut kraterinden yayıldığı tahmin edilmektedir (Bakış 2020). Ahlat taşı, Nemrut volkanizmasının ilk evresinin bir ürünüdür (Kılıç ve Çakmak 2021). Bitlis ignimbiritleri, bölgede yaygın olarak bulunmakta ve renk (kırmızımsı kahve, koyu

kahve, sarımsı gri, siyah), doku ve kaynaklanma derecesi gibi özelliklere göre alt, orta ve üst seviyeler olarak ayrılmaktadır (Özvan ve ark. 2015; Kılıç ve Çakmak 2021). Mineralojik olarak genellikle plajiyoklas, sanidin, klinopiroksen (ojit), fayalit (olivin), hematit ve Fe-Ti oksit minerallerini içerirler (Kılıç ve Çakmak 2021). Bu renk ve yapısal farklılıklar, volkanik camın devitrifikasyonu, soğuma koşulları, demir oksit/hidroksit oranları ve kimyasal reaksiyonlar gibi magmatik süreçlerin sonucudur (Kılıç ve Çakmak 2021).

Ahlat ignimbiritleri, Selçuklu döneminden bu yana Bitlis Kalesi, kümbetler ve Ahlat Selçuklu Mezarlığı'ndaki anıtsal mezar taşları dahil olmak üzere birçok tarihi yapıda kullanılmıştır (Işık ve ark. 2020, Balcı 2025; Işık ve ark.). Ahlat taşının düşük birim hacim ağırlığına sahip gözenekli yapısı, ne yazık ki dayanımının düşük olmasına neden olmaktadır (Bakış 2020; Işık ve ark. 2020). Bu bağlamda, hem dünya genelinde hem Bitlis özelinde, ignimbiritlerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin tespiti, petrografik ve geoteknik karakterizasyonu üzerine kapsamlı çalışmalar yapılmıştır (Aygün ve Aygün 2016; Bakış 2020; Balcı 2025; Işık ve ark. 2019; Işık ve ark. 2020; Kılıç ve Çakmak 2021; Rivera-Calderón ve ark. 2025; Valido ve ark. 2024; Valido ve ark. 2023; Valido ve ark. 2023). Güncel araştırmalar, malzemenin termal yalıtım kapasitesi, radyoaktivite (radon gazı emisyonu) ve ağır metal süzülme potansiyeli gibi çevresel ve toksikolojik risklerini de incelemiştir (Işık ve ark. 2020).

Bu çalışmanın genel amacı, Bitlis yöresi ignimbiritlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini kapsamlı bir inşaat mühendisliği bakış açısıyla ortaya koyarak, bu malzemenin yapısal uygulamalardaki potansiyelini artırmaktır. Özel hedefler ise; Bitlis yöresi ignimbiritlerinin sadece Ahlat yöresi ile sınırlı olmadığını ortaya koymak, Ahlat yöresi gibi Bitlis ilinin farklı bir ilçesi olan Güroymak yöresinde de bulunan ignimbiritlerin temel fiziko-mekanik parametrelerini (yoğunluk, gözeneklilik, su emme, ultrasonik hız vb.) belirlemek ve basınç, eğilme dayanımı gibi değerlerini karşılaştırmalı olarak tespit etmektir. Böylece, literatürde bahsedilmemiş olan Güroymak ignimbiritleri hakkında genel mühendislik bilgisi de literatüre kazandırılmış olacaktır. Aynı zamanda bu çalışma, Güroymak ignimbiritinin tanıtılmasını sağlayarak yapı sektörüne kazandırılmasını ve bölgenin zengin kültürel mirasının restorasyon projelerinde özellikleri itibarı ile bu malzemenin de tercih edilmesini sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Malzemeler

Ahlat taşı, Nemrut Krater Dağı'nın volkanik faaliyetleri sonucu oluşmuş, tüf kökenli bir ignimbirittir. Mineralojik olarak andezitik bileşim göstermektedir. Tarih boyunca Selçuklu ve Osmanlı mimarisinde yaygın biçimde kullanılmıştır. Ahlat taşının renkleri kırmızı, siyah, kül grisi, açık sarı ve beyaz tonlarında değişiklik göstermektedir. Gözenekli yapısı nedeniyle hafif, kolay işlenebilir, ancak su emme oranı yüksektir (Şimşek ve Erdal, 2004). Bu çalışmada Bitlis Ahlat yöresinde faaliyet gösteren taş kesim atölyeleri ziyaret edilerek laboratuvar

testlerinde kullanılmak üzere 100x100x100mm ve 75x75x300 milimetre ebatlarında taş numuneler kestirilerek laboratuvar ortamına taşınmış ve laboratuvar testleri gerçekleştirilmiştir. Bu taşlara ait jeolojik orijin ve özellik araştırması daha önceki akademik çalışmalarda yapılmış olduğundan, bu taşlara ait kimyasal özellik araştırması yapılmayıp önceki çalışmalardan faydalanılmıştır.

Table 1. Ahlat taşının kimyasal özellikleri (Şimşek ve Erdal, 2004)

Kimyasal Bileşim	Açık Kahverengi Ahlat Taşı	Koyu Kahverengi Ahlat taşı
Na ₂ O	5.51	5.46
MgO	0.24	0.53
Al ₂ O ₃	16.01	15.33
SiO ₂	64.11	64.05
K ₂ O	4.78	4.81
CaO	1.64	2.00
TiO ₂	0.44	0.42
Fe ₂ O ₃	4.91	4.90

Güroymak yöresinde bulunan ignimbritler, 1960'lı yıllardan itibaren yerel yapılarda kullanılmaya başlanmış ve günümüzde de bölgesel ölçekte ekonomik değer kazanmaya başlamıştır. Mineralojik açıdan volkanik tüf karakterindedir. Renkleri kahverengi, kırmızı, gri ve siyah tonlarında çeşitlilik göstermektedir. Ön incelemeler, Ahlat taşına kıyasla daha sıkı bir gözenek yapısı ve daha yüksek dayanım özellikleri sunduğunu ortaya koymuştur (MTA, 2015). Benzer şekilde Güroymak Taşı da (GT), yörede faaliyet gösteren taş kesim atölyesinden aynı ebatlarda temin edilerek, laboratuvar ortamına getirilmiş ve testler uygulanmıştır. Yine bu taş örnekleri içinde kimyasal analiz yapılmayıp bazı fiziki ve mekanik testler uygulanarak yörede daha yaygın bir şekilde kullanılan Ahlat taşı deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Table 2. Güroymak taşının kimyasal özellikleri (Bozkurt ve Karaca 2019)

Kimyasal bileşim	Güroymak taşı
Al ₂ O ₃	17.50
CaO	1.30
Fe ₂ O ₃	4.00
MgO	0.26
SiO ₂	62.30
Diğer	14.64

2.2. Metod

Deneysel çalışmalar kapsamında Ahlat ve Güroymak taşları taş kesim atölyelerinden kübik ve prizmatik blok numuneler halinde temin edilmiş, TS 699 (2009) "Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları" standardına uygun olarak numuneler hazırlanmıştır.

- Küp numuneler: 100×100×100 mm,
- Dikdörtgen prizmatik numuneler: 75×75×300 mm,

ebatlarında numuneler kestirilerek laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvara taşınan numuneler üzerinde aşağıda sıralanan deneyler, temin edildiği nem içeriğinde vakit kaybedilmeden uygulanmıştır. Uygulanan başlıca deneyler şunlardır:

1. Boyut ve Ağırlıkların belirlenmesi
2. Birim hacim ağırlık deneyi
- 3.Özgül ağırlık deneyi
- 4.Porozite tayini
- 5.Su emme oranı deneyi
- 6.Kapiler su emme deneyi
- 7.Ultrasonik ses geçirgenlik deneyi (USG)
- 8.Basınç dayanım deneyi
9. Üç noktalı eğilmede çekme dayanımı deneyi

Yukarıda sıralanan deney metotları literatürde çok sıklıkla kullanılan ve bilinen standart deney yöntemleri olması sebebi ile metot kısmına alınmamış ancak kapilar su emme deneyi diğer deneylere nispeten daha özel bir deney olması sebebi ile burada açıklanmıştır.

Kapilar su emme deneyi (sorptivite) için numuneler özel olarak hazırlanmıştır. Bu deney için 100x100x100mm'lik kübik numuneler kullanılmıştır. Numunelerin yan yüzeyleri geçirgenliğe karşı dirençlendirilerek parafinle kaplanmış, numunelerin yalnızca 5mm'lik etek boylarınca suya batması sağlanmıştır. Numuneler öncelikle kuru ve kaplanmış halleriyle tartılmış, sonrasında ise suya yerleştirilir yerleştirilmez kronometre ile süre takibi yapılmıştır. Bu şekilde süre ile sıralı şekilde yerleştirilen numuneler 5–10–20–30–60–180–360–1440 dakika sürelerini tamamladıklarında tartımlar gerçekleştirilmiştir. Sonrasında aşağıda sunulan formülasyonlar kullanılarak kapilar su emme katsayısı (C) elde edilmiş ve elde edilen veriler derlenerek grafikler oluşturulmuştur (Şekil 3-4) (Bozkurt ve Yazıcıoğlu 2010; Gönen ve ark. 2015). Tüm hesaplarda su yoğunluğu $\rho_{su} \approx 1 \text{ g/cm}^3$ ve numune temas alanı $A = 100 \text{ cm}^2 = 0.01 \text{ m}^2$ alınmıştır.

$$\Delta m(t) = W(t) - W_0 \quad (1)$$

Burada:

$\Delta m(t)$: Zaman t 'de alınan su miktarı (kütle artışı) (gr).

$W(t)$: Zaman t 'de numunenin kütlesi (gr).

W_0 : Başlangıç ($t=0$, fırın kuru) kütle (gr).

t : Geçen süre (sn).

olarak ifade edilir.

$$\frac{\Delta m}{A} = C \sqrt{t} \Rightarrow$$

$$C = \arg \min \sum \left(\frac{\Delta m}{A} - C \sqrt{t} \right)^2 = \frac{\sum \sqrt{t} \frac{\Delta m}{A}}{\sum t} \quad (2)$$

Δm : Su alımına bağlı kütle artışı (kg).

A : Suya temas eden numune yüzey alanı (m^2).

$\frac{\Delta m}{A}$: Alan başına kütle artışı ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$).

t : Süre (s).

C : Kapiler su emme katsayısı (sorptivite). SI birimi: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1/2}$.

3. BULGULAR

Bitlis yöresi ignimbritleri, Nemrut Stratovulkanı'nın (Kuvaterner yaşlı) patlaması sonucu oluşan piroklastik kayalar olup, bölgenin kültürel ve modern mimarisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür kayaların mühendislik performansı, petrografik özellikleri ve özellikle kaynaklanma dereceleri tarafından güçlü bir şekilde kontrol edilmektedir (Rivera-Calderón ve ark. 2025; Koralay ve ark. 2011). Aşağıdaki bölümlerde, Ahlat Taşı (AT) ve Güroymak Taşı (GT) numunelerinin karşılaştırmalı fiziko-mekanik özellikleri, elde edilen sayısal verilerle birlikte sunulmaktadır.

Ahlat Taşı (AT) ve Güroymak Taşı (GT), her ikisi de volkanik tüf veya ignimbrit karakterinde olup, kimyasal bileşimlerinde Silisyum dioksit ve Alüminyum dioksit bileşenleri baskın durumdadır (Aygün ve Aygün 2016; Kılıç ve Çakmak 2021). Bu bileşenler çerçevesinde açık kahverengi Ahlat Taşı'nın içeriği %64.11 ve %16.01'dir. Literatürde Bitlis ignimbritleri için bu bileşenler ortalama %64.70 ve %13.06 olarak rapor edilmiştir (Işık ve ark. 2020). AT'nin genel andezitik bileşim gösterdiği, bu volkanik kayaların genellikle plajiyoklas, sanidin, ojit, fayalit ve Fe-Ti oksit minerallerini içerdiği belirtilmiştir (Kılıç ve Çakmak 2021).

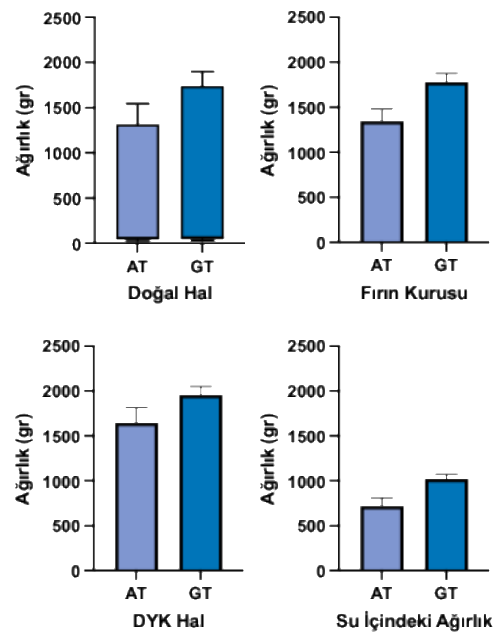
Güroymak Taşı, %62.30 silis ve % 17.50 alümin içeriği ile Bitlis ignimbritlerinin tipik silisli bileşimine uymaktadır. Çalışmanın laboratuvar verileri, Güroymak Taşı'nın kimyasal yapısının, Ahlat Taşı'na benzer şekilde bölge volkanizmasının genel ürün yelpazesinde yer aldığını göstermektedir. Bitlis ignimbritlerinin farklı renk ve doku seviyelerinin, volkanik camın devitrifikasyonu, soğuma koşulları ve demir oksit/hidroksit oranları gibi magmatik süreçlerin sonucu olduğu bilinmektedir (Kılıç ve Çakmak 2021). Ahlat Taşı, Nemrut Krater Dağı'nın volkanizmasıyla ilişkili tüf kökenli bir ignimbrit olup andezitik bileşim özellikleri gösterir (Şimşek ve Erdal 2004; Dinçer ve ark. 2012). Güroymak Taşı da volkanik tüf/ignimbrit karakterinde olup, ön gözlemler daha sıkı gözenek yapısı ve daha yüksek dayanım eğilimine işaret etmektedir. Tablo 1-2 incelendiğinde, kimyasal bileşim açısından her iki taşa da başlıca SiO_2 ve Al_2O_3 bileşenlerinin baskın olduğu literatürde gösterilmiştir (Aygün ve Aygün 2016; Kılıç ve Çakmak 2021; Işık ve ark. 2020).

Kayaçların yoğunluk ve gözeneklilik değerleri, hem yapısal hafifliklerini hem de mekanik dayanım potansiyellerini belirleyen temel özelliklerdir (Valido ve ark. 2023).

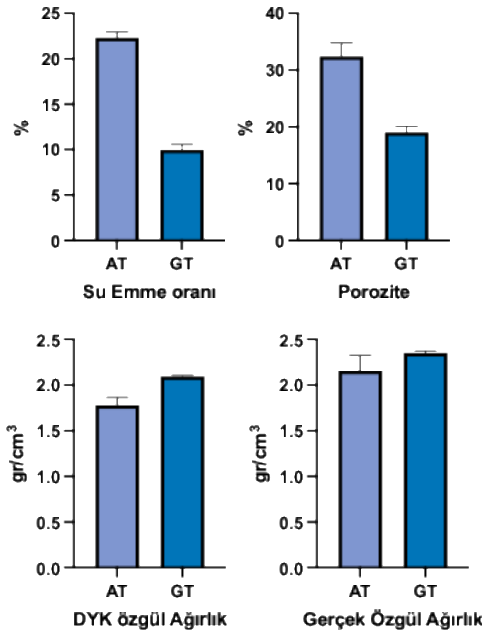
Şekil 1'de aynı ebatlarda hazırlanan numunelerin, tüm durumlarda (Doğal, Fırın Kurusu, DYK, Su Altı) GT'nin ağırlıklarının AT'den daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu, GT'nin birim hacim ağırlığının daha yüksek (daha yoğun/daha az boşluklu) olduğuna işaret

eder; benzer ilişkiler ignimbritlerde yaygınca rapor edilir (Şimşek ve Erdal 2004; Valido ve ark. 2023). Güroymak Taşı (GT), Ahlat Taşı'na (AT) kıyasla belirgin şekilde (%46) daha yüksek bir kuru birim hacim ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu fark Şekil 2'de sunulan grafiklerde açıkça farkedilir. GT'nin daha yüksek yoğunluğu, doğrudan daha düşük gözeneklilik değerleriyle desteklenmektedir. AT numunesinin rölatif porozite değeri (%34.1), GT numunesine (%19.4) kıyasla yaklaşık 1.7 kat daha yüksektir. AT'nin bu yüksek gözenekliliği, literatürdeki Bitlis ignimbritlerinin genel yüksek porozite aralığıyla (Özvan ve ark. 2015'te %20.35 ile %31.53 arası) uyumludur. Hatta Bakis (2020), Ahlat taşı için ortalama %36 gözeneklilik ve birim hacim ağırlığı rapor etmiştir. Yüksek gözeneklilik, AT'nin düşük mekanik dayanıma sahip olmasının ana nedenidir (Işık ve ark. 2020). Norveç Kaya Mekanik Grubu (NBG, 1985) kriterlerine göre, incelenen Ahlat ignimbritleri "çok düşük birim hacim ağırlıklı kaya" olarak sınıflandırılmıştır (Özvan ve ark. 2015). Buna karşın, GT'nin daha düşük gözenekliliği, malzemenin daha iyi mühendislik özelliklerine sahip olduğunun ilk göstergesidir. AT'nin rölatif porozitesi GT'den belirgin biçimde daha yüksektir. İgnimbritlerde porozite-özellik ağırlık-dayanım ilişkileri literatürde ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Dinçer ve ark. 2012; Valido ve ark. 2023). DYK ve gerçek özgül ağırlık bakımından GT'nin daha yüksek değerler vermesi, daha sıkı mineral iskeletle uyumludur (Şimşek ve Erdal 2004).

Kayaçların su ile etkileşimi, özellikle tarihi yapılarda ve dış cephe kaplamalarında bozulmanın en kritik nedenidir (Dinçer ve ark. 2012). AT'nin ağırlıkça su emme oranı (%22.76), Güroymak Taşı'nın (%10.14) iki katından fazladır. Bu fark, AT'deki yüksek gözeneklilik (34.1%) ile doğrudan ilişkilidir ve Ahlat ignimbritleri için literatürde rapor edilen aralıkların üst sınırını doğrulamaktadır (Özvan ve ark. 2015).



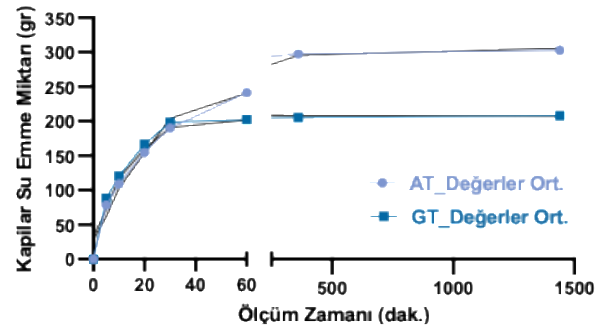
Şekil 1. Farklı hallerdeki AT ve GT numunelerinin ağırlıkları



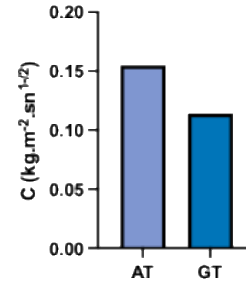
Şekil 2. AT ve GT numunelerinin bazı fiziksel özellikleri

Su emme oranları açısından AT, GT'ye kıyasla daha yüksektir. Ancak bu durumun nedenleri Şekil 1-2'de sunulan grafikler incelendiğinde fiziki özelliklerin farklılığından rahatlıkla anlaşılabilmektedir. Şekil 3-4'de AT ve GT numunelerinin kapilar su emme ilişkileri sunulmuştur. Bu şekiller incelendiğinde, kapiler su emme (sorptivite) için bu çalışmada elde edilen C katsayıları ve eğriler AT'nin yüksek emici karakterini doğrulamaktadır. Literatürde, ignimbritlerin kapiler su emme ile bozunma ilişkisi ve TS EN 1925 esaslı yöntemler Ahlat özelinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Dinçer ve ark. 2012). Ayrıca ignimbritlerde kapiler su taşınımının yüzey ayrışmasına etkileri de rapor edilmiştir (Özvan ve ark. 2015; Özvan ve Kaya 2019). Diğer sahalardaki ignimbritlerde bildirilen C aralıkları, Ahlat ve benzer taşlar için geniş bir değişkenliğe işaret eder (Valido ve ark. 2023; 2024).

Ahlat ignimbritleri, kapiler su emme katsayılarına göre (C) "yüksek emici kaya grubu" içerisinde yer almaktadır (Dinçer ve ark. 2012). Şekil 3'te, deneysel kapiler su emme eğrileri incelendiğinde, AT'nin birim yüzey alanına düşen su emme miktarının, ölçüm süresi boyunca (360 dakikaya kadar) Güroymak Taşı'ndan (GT) çok daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Yine literatürde bu duruma işaret edilerek, bu yüksek kılcal su emme eğiliminin, özellikle Ahlat Selçuklu Mezarlığı'ndaki anıtsal taşlarda gözlemlenen fiziksel bozulmaların ve dayanım kaybının ana nedenlerinden biri olarak bildirilmektedir (Balcı 2025; Dinçer ve ark. 2012; Özvan ve ark. 2015). GT'nin belirgin şekilde daha düşük su emme oranları ve daha yavaş kapiler su emme katsayısı, daha sıkı iç yapısını yansıtmaktadır. Bu özellik, GT'nin atmosferik koşullar ve tuz kristalleşmesi gibi bozulma mekanizmalarına karşı Ahlat Taşı'ndan daha dirençli olabileceğini, literatür bilgilerinden düşündürmektedir (Dinçer ve ark. 2012; Dinçer ve ark. 2014).



Şekil 3. AT ve GT numunelerinin zamana bağlı kapilar su emme miktarları



Şekil 4. AT ve GT numunelerinin kapilarite katsayıları

Mekanik testler (Basınç dayanımı, eğilme dayanımı) ve Ultrasonik ses geçiş hızı testi, her iki ignimbirit türü arasındaki yapısal farklılıkları sayısal olarak doğrulamaktadır (Şekil 5-6). USG hızı, kayalarındaki çatlak ve boşluk oranının belirlenmesinde kullanılan tahribatsız bir testir (Valido ve ark. 2024). Bu test aynı zamanda, incelenen numunelerin dayanımları hakkında çıkarımda bulunmak ve korelasyon kurmak için de kullanılmaktadır (Akıncı ve ark. 2018). Düşük USG hızı değerleri, yüksek porozite ve yoğun çatlak ağı ile ilişkilendirilir (Valido ve ark. 2023). Ahlat taşının iç yapısındaki mikro ve makro gözeneklerin varlığı (Işık ve ark. 2019), düşük USG hızı değerlerini desteklemektedir. Volkanik kayalarda USG hızı genellikle basınç dayanımı ile pozitif bir ilişki sergiler; GT'nin yüksek USG hızı, mekanik olarak daha güçlü olduğunu önceden işaret etmektedir. USG hızı-porozite-dayanım korelasyonları ignimbirit ve benzeri volkanik taşlarda yaygın olarak gösterilmiştir (Valido ve ark. 2023; 2024). Ahlat taşının düşük dayanımına ilişkin bulgular önceki mühendislik çalışmalarıyla da uyumludur (Şimşek ve Erdal 2004). Kültürel miras taşlarında bozulma davranışına ilişkin güncel vaka analizleri bu duruma ek bağlam sağlamaktadır (Balcı 2025; Işık ve ark. 2019).

Basınç dayanımı sonuçları, AT ve GT yük taşıma kapasitesinde büyük bir farklılık olduğunu göstermektedir. Güroymak Taşı (GT) numunelerinden 50MPa'nın üzerinde basınç dayanımına ulaşılırken, Ahlat Taşı (AT) en güçlü numunesinde yaklaşık 14 MPa basınç dayanımı değerini göstermiştir. GT, AT'ye kıyasla yaklaşık 3 ila 4 kat daha fazla dayanım sergilemektedir.

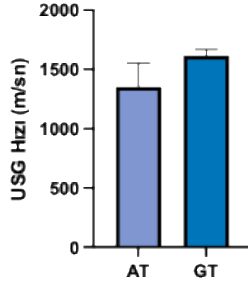
Ahlat taşının doğal ortalama basınç dayanımını, Bakis (2020) Deere ve Miller (1966) sınıflandırmasına göre "çok düşük dayanımlı kayalar" grubuna sokmaktadır (Özvan ve ark. 2015; Dinçer ve ark. 2012). Bu düşük mukavemet, AT'nin yol yüzeyi gibi sertleşme

gerektiren uygulamalarda tek başına kullanımını sınırlandırmaktadır.

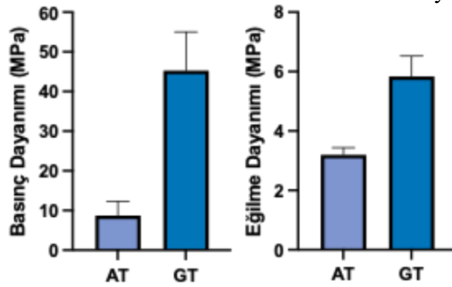
GT'nin 54.35 MPa'ya ulaşan yüksek dayanım değerleri, bu malzemenin Ahlat Taşı'nın aksine "orta dayanımlı kayaç" sınıfında yer aldığını ve yapısal uygulamalar için daha uygun bir potansiyel taşıdığını göstermektedir. Bu, GT'nin laboratuvar verilerindeki düşük porozite (%19.4) ve yüksek yoğunluk verileriyle güçlü bir korelasyon içerisinde (Valido ve ark. 2024; Valido ve ark. 2023).

Eğilme dayanımı (üç noktalı eğilmede çekme dayanımı), malzemenin çekme gerilmesi kuvvetlerine karşı direncini gösterir. Güroymak Taşı (GT) numunelerinin eğilme mukavemeti 5.07-6.40 MPa değerleri arasında değişirken, Ahlat Taşı (AT) numuneleri 3.02-3.42 MPa değerleri arasında kalmıştır. Bu sonuçlar, GT'nin eğilme direncinde de AT'ye göre yaklaşık iki kat daha üstün olduğunu göstermektedir. Bakis (2020), doğal Ahlat taşının ortalama eğilme dayanımını 1.6 MPa olarak belirlemiştir. Bu çalışmada elde edilen AT eğilme değerleri (ortalama 3.2 MPa), referans değere göre yüksek olsada, GT'nin üstünlüğünü korumaktadır. Ahlat Taşı'nın düşük eğilme dayanımı, bu kayaç tipinin yapısal eleman olarak kullanılabilirliğini doğrudan etkileyen bir parametredir (Şimşek ve Erdal 2004)

Bitlis yöresi ignimbritlerinde AT daha gözenekli ve suya daha duyarlı; GT ise daha yoğun ve mekanik olarak daha üstündür. Bu bulgular, GT'nin doğal haliyle bile daha geniş bir uygulama potansiyeli taşıdığını göstermektedir (Bakış 2020; Dinçer ve ark. 2012).



Şekil 5. AT ve GT numunelerinin USG hızı deney sonuçları



Şekil 6. AT ve GT numunelerinin ortalama basınç ve eğilmede çekme dayanımı deney sonuçları

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Deneysel bulgular, Bitlis yöresi ignimbritlerinin mekanik ve fiziksel özellikler açısından büyük heterojenlik gösterdiğini kanıtlamaktadır. Ahlat Taşı (AT) ve Güroymak Taşı (GT), aynı volkanik kökene sahip olmalarına rağmen, farklı jeoteknik ve mühendislik davranışlar sergilemektedir.

GT, düşük gözeneklilik, yüksek yoğunluk, düşük kapiler su emme potansiyeli ve buna bağlı olarak yüksek mekanik dayanım sunmaktadır. Bu özellikler, GT'nin yapısal ve yük taşıyıcı uygulamalar için Ahlat Taşı'na göre daha üstün bir malzeme olduğunu ortaya koymaktadır.

AT ise, yüksek gözenekliliğe, düşük yoğunluğa ve "yüksek emici kaya" sınıfına ait hidrolik özelliklere sahiptir. Bu durum, AT'nin düşük mekanik dayanımının nedenidir. Bu sonuçlar, Bitlis yöresindeki yapısal projeler ve kültürel mirasın korunması için doğru malzeme seçimine yönelik kritik bir veri tabanı sağlamaktadır.

Bu çalışma, Bitlis yöresine ait volkanik kökenli temel yapı malzemelerinden olan Ahlat Taşı (AT) ve Güroymak Taşı (GT) ignimbritlerinin fiziko-mekanik özelliklerini kapsamlı bir inşaat mühendisliği bakış açısıyla ortaya koymaktadır. Çalışmanın temel hedefleri, bu kayaçların yoğunluk, gözeneklilik, su emme, ultrasonik geçiş hızı, basınç/eğilme dayanımları gibi temel mühendislik parametrelerini belirlenmiştir.

Deneysel bulgular, Bitlis yöresi ignimbritleri arasında yapısal ve mekanik açıdan belirgin farklılıklar olduğunu göstermiştir.

1. Fiziksel Özellikler: Ahlat Taşı, yüksek gözenekliliği ve buna bağlı olarak düşük birim hacim ağırlığı ile karakterize edilir. Bu gözenekli yapı, Ahlat taşının yüksek bir su emme oranı sergilemesine ve kapiler su emme katsayısına göre "yüksek emici kaya grubu" içerisinde yer almasına neden olmaktadır. Ölçülen ağırlık değerleri ve özgül ağırlık sonuçları, Güroymak Taşı'nın Ahlat Taşı'na kıyasla daha sıkı ve yoğun bir mineral iskeletine sahip olduğunu doğrulamıştır.

2. Mekanik Performans: Yapısal farklılıklar mekanik dayanımlara doğrudan yansımıştır. Güroymak Taşı, Ahlat Taşı'na kıyasla çok daha yüksek basınç ve eğilme dayanımı değerleri sergilemiş, aynı zamanda iç yapısının homojenliğini işaret eden daha yüksek ultrasonik ses geçiş hızına ulaşmıştır. Ahlat taşının referans numunelerinin ortalama basınç dayanımı 8.74 MPa, eğilme dayanımı ise ortalama 3.2 MPa tespit edilmiştir. Buna karşılık Güroymak taşının ortalama basınç dayanımı değeri 45.27 MPa ve eğilme dayanımı ortalaması 5.84 MPa olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma, Bitlis ignimbritlerinin temel özelliklerinin karşılaştırmalı analizini sunarak, Güroymak Taşı'nın doğal haliyle dahi Ahlat Taşı'na göre daha yüksek yapısal potansiyele sahip olduğunu kanıtlamıştır. Bu veriler, bölgenin kültürel miras restorasyon projelerinde doğru malzeme seçimi ve dayanım değerlendirmeleri için önemli bir boşluğu doldurmaya yardımcı olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, İgnimbritlerin temin edilmesinde destek olan Bitlis yöresi taş üreticilerine teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- Akıncı, H, Yıldız, A, & Kara, M (2018). Investigation of ultrasonic pulse velocity and its relationship with mechanical properties of natural stones. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 62(4): 893-900.
- Aygun, Z, Aygun, M (2016). Spectroscopic analysis of Ahlat stone (ignimbrite) and pumice formed by volcanic activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 166 (2016):73-78
- Bakis, A (2020). Increasing Mechanical Strength of Ignimbrite Rocks. *European Journal of Science and Technology*, (18):621-635.
- Balci, MC (2025). Evaluation of Deterioration in Cultural Stone Heritage Using Non-Destructive Testing Techniques: The Case of Emir Ali Tomb (Ahlat, Bitlis, Türkiye). *Appl. Sci.*, 15(19):10404.
- Bozkurt, N, & Yazıcıoğlu, S (2010). Strength and capillary water absorption of lightweight concrete under different curing conditions. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 17(2):145-151.
- Bozkurt, N ve Karaca, E. O (2019). Atık Taş Tozları ile Üretilen Harçların Dayanım ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 31(1), 11-20.
- Bustamante, R, Vazquez, P, Prendes, N (2021). Properties of the Ignimbrites in the Architecture of the Historical Center of Arequipa, Peru. *Appl. Sci.*, 11:10571.
- Dinçer, İ, Kaya, A, Arslan, M (2014). Ahlat taşının kapiler su emme potansiyelinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2):64-71.
- Dinçer, İ, Özvan, A, Akın, M, Tapan, M, Oyan, V (2012). İgnimbiritlerin Kapiler Su Emme Potansiyellerinin Değerlendirilmesi: Ahlat Taşı Örneği. *YYUFBED*, 17(2): 64-71.
- EN 1925. (1999). Natural stone test methods-Determination of water absorption coefficient by capillarity. *European Committee for Standardization*.
- Gonen, T, Yazıcıoğlu, S, & Demirel, B (2015). The influence of freezing-thawing cycles on the capillary water absorption and porosity of concrete with mineral admixture. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19:667-671.
- Işık, E, Antep, B, Büyüksaraç, A, Işık, MF (2019). Observation of behavior of the Ahlat Gravestones (TURKEY) at seismic risk and their recognition by QR code. *Structural Engineering and Mechanics*, 72(5):643-652.
- Işık, E, Büyüksaraç, A, Avcı, E, Kuluöztürk, MF, Günay, M (2020). Characteristics and properties of Bitlis ignimbrites and their environmental implications. *Materiales de Construcción*, 70 e214.
- Kiliç, AD, Çakmak, B (2021). Elemental analysis of ignimbrite by Raman spectroscopy methods and instrumental neutron activation analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 251(2021): 119406.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2015). Bitlis-Güroymak yöresi volkanik kayaç raporu. Ankara: MTA Yayınları.
- Özvan, A, Dinçer, İ, Akın, M, Oyan, V, Tapan, M (2015). Experimental studies on ignimbrite and the effect of lichens and capillarity on the deterioration of Seljuk Gravestones. *Engineering Geology*, 185: 81-95.
- Özvan, A, & Kaya, O (2019). Fiziksel özellikleri farklı doğal taşların su emme ve donma-çözülme davranışları. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(6):4545-4558.
- Rivera-Calderón, E, Sereno, H, Castro-Colin, A, Pola, A, Soto-Rodríguez, AN, Hernández-Hernández, VA, Domínguez-Mota, FJ (2025). Mechanical Behavior and Numerical Modeling of La Escalera Ignimbrites: Experimental and Comparative Insights. *Geotech Geol Eng*, 43:282.
- Şimşek, O, & Erdal, M (2004). Ahlat taşının (ignimbirit) bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(4):71-78.
- TS 699 (2019). Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Valido, JA, Cáceres, JM, Freire-Lista, DM, Sousa, LMO (2023). Effect of Salt Mist Ageing on the Physical and Mechanical Properties of Two Ignimbrites from the Canary Islands (Spain). *Materials* 2023, 16:7061.
- Valido, JA, Cáceres, JM, Sousa, L (2024). Mechanical properties of ignimbrites of Tenerife Island employed as building stone and their correlation with some physical properties. *Journal of Building Engineering*, 82:108222.
- Valido, JA, Cáceres, JM, Sousa, LMO (2023). Physical and mechanical properties of Ignimbrite from Arucas, Canary Islands. *Environmental Earth Sciences*, 82:342.