

Tarihi Bitlis Evlerinin Yapısal Düzensizlikler Açısından Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Önerileri

Evaluation of Structural Irregularities and Strengthening Recommendations for Historic Bitlis Houses

Enes ARKAN¹ , Fatih AVCİL² , Ercan IŞIK² , Dorin RADU³ , Marijana HADZIMA-NYARKO⁴ ¹Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bitlis, Türkiye²Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye³Transilvania Braşov Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Braşov, Romanya⁴Marijana HADZIMA-NYARKO-Josip Juraj Strossmayer Osijek Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Fakültesi, Osijek, Hırvatistan**ÖZ**

Bitlis, Doğu Anadolu'nun en köklü yerleşim merkezlerinden biri olarak İpek Yolu üzerinde stratejik bir koridorda yer almakta ve yüzyıllar boyunca birçok farklı medeniyete beşiklik etmiştir. Bu medeniyetlere ait çok sayıda tarihi yapı barındıran ilde, geleneksel Bitlis evleri bu yapıların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışma, Bitlis ilinin özgün sivil mimari dokusunu oluşturan tarihi Bitlis evlerinin yapısal düzensizlikler açısından bir sınıflandırmayı içermektedir. Yüksek sismik riske sahip bir coğrafyada yer alan Bitlis ilinde yer alan tarihi yapıların bir sonraki nesillere güvenli olarak aktarılması; bu yapıların mevcut yapısal düzensizliklerinin bilimsel yöntemlerle analiz edilmesini, deprem performanslarının belirlenmesini ve özgün dokuya sadık kalınarak modern mühendislik çözümleriyle güçlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, yığma yapılardaki hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan kat adedi, düşeyde düzensizlik, yumuşak kat, duvarlardaki boşluk düzeni ve çarpışma etkisi gibi değişkenler dikkate alınmıştır. Bu çalışma, Bitlis'in geleneksel kent dokusunu oluşturan otuz farklı tarihi yığma taş evin yapısal düzensizliklerini tespit etmeyi ve bu düzensizliklerin deprem güvenliği üzerindeki olumsuz etkilerine yönelik çözüm önerileri geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bitlis, Yığma, Tarihi, Ev, Düzensizlik, Güçlendirme**ABSTRACT**

Bitlis is one of the oldest settlements in Eastern Anatolia. It is located on an important Silk Road corridor and has hosted many civilizations throughout history. The city contains many historical buildings, and traditional Bitlis houses form an important part of this heritage. This study presents a classification of structural irregularities in historic Bitlis houses, which reflect the region's unique civil architectural character. Bitlis is located in a high-seismic-risk region. Therefore, safely transferring these historical structures to future generations requires scientific analysis of their existing structural problems, evaluation of their earthquake performance, and strengthening using modern engineering methods while preserving their original form. In this context, variables used in rapid assessment methods for masonry structures are considered, including the number of stories, vertical irregularities, soft-story conditions, wall-opening arrangements, and pounding effects. The study aims to identify structural irregularities in 30 historic masonry stone houses that form the traditional urban fabric of Bitlis and to develop solutions to mitigate the negative effects of these irregularities on earthquake safety.

Keywords: Bitlis, Masonry, Historic, House, Irregularity, Strengthening

Fatih AVCİL, Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye

E-posta: favcil@beu.edu.tr / **ORCID ID:** 0000-0001-6550-550X**Geliş Tarihi:** 27.04.2026 / **Kabul Tarihi:** 02.06.2026**Alıntı için;** Arkan E, Avcil F, Işık E, Radu D, Hadzima-Nyarko M. Tarihi Bitlis Evlerinin Yapısal Düzensizlikler Açısından Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Önerileri. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2026;1(1):16-29.

GİRİŞ

Tarihi eserler, inşa edildikleri dönemin mimari anlayışını, yapım tekniklerini, estetik değerlerini ve sosyo-kültürel özelliklerini günümüze taşıyan, kolektif hafızanın fiziksel birer parçası olan abidelerdir. Bu mimarinin yüksek sismik risk altındaki bölgelerde güvenli bir şekilde bir sonraki nesillere aktarılması, toplumların kendi geçmişleriyle olan bağlarını koparmamaları ve kültürel sürekliliğin sağlanması açısından vazgeçilmez bir zorunluluktur. Ayrıca bu mirasın yaşatılması, mühendislik bilgilerinin ve yerel zanaat kültürünün sürdürülebilir bir anlayışla geleceğe taşınması anlamına gelmektedir. Deprem tehlikesi yüksek alanlarda yer alan bu yadigar örneklerinin muhafazası, ancak yapısal sistemin deprem yüklerini aktarma kapasitesinin ve mevcut geometrik aksaklıkların bilimsel yöntemlerle tespit edilmesiyle mümkündür. Yapılacak bu araştırmalardan elde edilecek sonuçlar, alınabilecek önlemler noktasında karar vericilere birer destek aracı olarak kullanılabilecektir. Dolayısıyla bu değerlendirmeler, kadim eserlerin özgün dokusunun korunmasına ve can güvenliğinin en üst düzeye çıkarılmasına akademik ve teknik açıdan en yüksek katkıyı sunmaktadır (ICOMOS, 2003; Arkan, 2025; Işık vd., 2024; Colace vd., 2025; Formisano ve Longobardi, 2025; Puppino vd., 2025; Jadallah vd., 2025; Bilgin vd., 2025; Ademovic vd., 2024; Radić vd., 2025). Bu çalışma kapsamında, Bitlis il merkezinde yer alan tarihi Bitlis evleri dikkate alınmıştır.

Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesi'nde İpek Yolu üzerinde yer alan stratejik konumu ve binlerce yıllık geçmişiyle medeniyetlerin kesişme noktası olmuş kadim bir yerleşim merkezidir. Kentin bu köklü tarihsel birikimi, sivil mimarinin en özgün örneklerinden biri olan tarihi Bitlis evlerinde hayat bulmaktadır. Yöresel olarak elde edilen Bitlis taşının ustalıklı işlendiği bu yapılar, sadece barınma ihtiyacını karşılamakla kalmayıp, bölgenin iklimsel koşullarına ve kültürel kimliğine adaptasyonun bir simgesi hâline gelmiştir. Ancak, depremlerin sıkça yaşandığı bir coğrafyada yer alan Bitlis ilindeki tarihi eserlerin yarınlara güvenli olarak eriştirilmesi; bu abidelerin mevcut geometrik ve mekanik uyumsuzluklarının bilimsel yöntemlerle

analiz edilmesini ve aslına uygunluk korunarak takviye edilmesini zorunlu kılmaktadır.

Literatürde yığma yapılar üzerine yapılan çalışmalar, bu tür binaların deprem yükleri altında sergilediği davranışların betonarme yapılara göre çok daha karmaşık olduğunu göstermektedir. Yığma yapılar, çekme dayanımlarının düşük olması ve gevrek karakteristikleri nedeniyle dinamik yükler altında ağır hasar alma eğilimindedir (Lourenço, 2002; Fathi vd., 2025; Giordano vd., 2002; Cattari ve Lagomarsino, 2013; Formisano ve Massimilla, 2018; Milani vd., 2007; Milani vd., 2009; Milani, 2019; Bilgin, 2024; Işık vd., 2021). Dünyanın farklı bölgelerinde meydana gelen yıkıcı depremler sonucu yığma yapılarda oluşan hasarlar, bu yapıların deprem performanslarının oldukça düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle 2023 Kahramanmaraş depremleri bu durumu bir kez daha gözler önüne sermiştir (Işık vd., 2023; Arkan vd., 2023; Mercimek, 2023; İzol vd., 2024; Kocaman, 2023; Işık, 2023; Kocaman vd., 2024). Burada tarihi yığma yapılar, kültürel mirasın korunması bakımından diğer yığma yapılara göre ön plana çıkmaktadır. Bitlis ilindeki tarihi yapılar ile ilgili çalışmalar literatürde yer almıştır. Işık (2013), Bitlis ilinde yer alan 296 adet yığma yapı için hızlı değerlendirme yöntemi kullanarak bu yapılar için bölgesel risk önceliklerini belirlemiştir. Oğuz ve Aksulu (2016), Bitlis ilinde yer alan geleneksel evler için koruma sorunlarını ve çözüm önerilerini mimari açıdan değerlendirmişlerdir. Işık vd. (2016), Bitlis il merkezinde bulunan tarihi bir yığma bina için deprem güvenliğini sayısal hesaplamalar ile belirlemeye çalışmışlardır. Biçen ve Işık (2018), geleneksel Bitlis evleri için farklı yapısal karakteristikleri değişken olarak dikkate almış ve bu yapıların korunması ile ilgili çözüm önerileri sunmuşlardır. Işık vd. (2022), Bitlis ilindeki tarihi Beş Minare'nin malzeme özelliklerini deneysel yöntemler ile belirleyerek her bir minarenin deprem etkisindeki davranışlarını incelemişlerdir. Eriçok (2022), Bitlis kent merkezindeki geleneksel yığma yapı karakterine sahip sivil mimari dokuyu analiz ederek koruma sorunlarını ortaya koymuş ve bu sorunlara yönelik koruma ile yeniden kullanım önerileri geliştirmiştir. Belli ve Urfahoğlu (2023), Bitlis kentindeki günümüze ulaşamayan han ve kervansarayları inceleyerek kentin tarihi ulaşım ağı ile

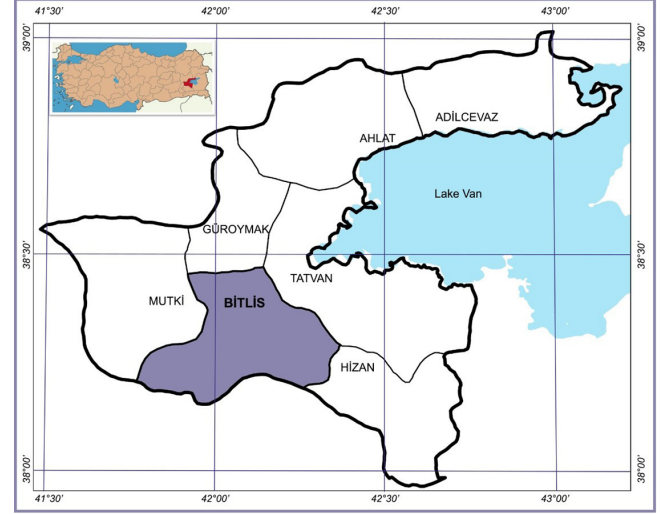
mimari ve kentsel özelliklerini ortaya koymuşlardır. Arkan vd. (2023), Türkiye’de kullanılan güncel hızlı değerlendirme yöntemini uygulayarak, Bitlis ilinde yer alan geleneksel yığma yapılar için bölgesel risk önceliklerini belirlemişlerdir.

Bu çalışma kapsamında incelenen yığma yapılar, yapısal düzensizlikler açısından kategorize edilmiştir. Bu düzensizliklerin bilinmesi ve analiz edilmesi kritiktir; çünkü gevrek bir yapı karakterine sahip olan yığma binalar, betonarme sistemlerin aksine gerilme yığılmalarını ve burulma etkilerini tolere edemezler. Bu parametrelerin doğru teşhis edilmesi, yapının deprem sırasındaki dinamik davranışını öngörmek, olası ani göçme risklerini minimize etmek ve can güvenliğini sağlayacak doğru mühendislik müdahalelerini planlamak için hayati bir zorunluluktur. Çalışmada Bitlis il merkezinde bulunan tarihi Bitlis evleri yapısal düzensizlikler açısından kategorize edilmiştir. Bitlis ilinde yer alan tarihi yapıların inşaat ve deprem mühendisliği kapsamında değerlendirildiği çalışmalar literatürde yer almasına rağmen bu çalışmalarda yapısal düzensizliklerin kategorize edilmesi ile ilgili bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu sınıflandırmalar hızlı değerlendirme yöntemlerinde yer alan farklı değişkenler üzerinden tarihi Bitlis evleri özelinde gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

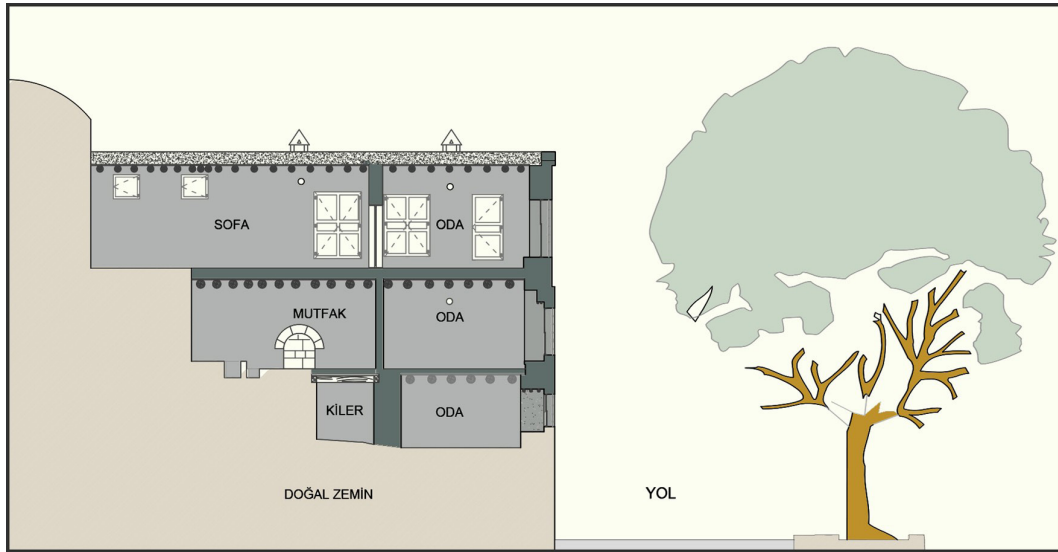
Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesi’nin giriş kapısı niteliğindeki konumuyla, tarih boyunca medeniyetlerin stratejik bir kavşak noktası ve geçiş güzergâhı olmuştur. Van Gölü havzasının batısında, sarp dağların arasında korunaklı bir vadiye yer alması, şehre doğal bir savunma kalesi özelliği kazandırırken; Anadolu’yu İran ve Mezopotamya’ya bağlayan ticaret yolları üzerindeki hâkimiyeti, bölgeyi her dönem siyasi ve askeri bir odak noktası hâline getirmiştir. Tarihsel değeri ise İpek Yolu üzerindeki kilit rolünden, bünyesinde barındırdığı Selçuklu ve Osmanlı mimarisinin nadide örneklerinden ve özellikle Beş Minare ile özdeşleşen kadim kültürel dokusundan beslenir. Stratejik olarak bölgenin kilidi sayılan bu şehir, sadece bir yerleşim yeri değil, aynı zamanda Anadolu’nun binlerce yıllık savunma ve ticaret belleğinin somut bir yansımasıdır. Bu çalışma

kapsamında birçok farklı medeniyete beşiklik etmiş Bitlis il merkezinde yer alan tarihi Bitlis evleri dikkate alınmıştır. Çalışma bölgesinin konumu Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bitlis ili ve Türkiye’deki konumu

Çalışmada Bitlis il merkezinde yer alan tarihi Bitlis evleri farklı yapısal düzensizlikler üzerinden kategorize edilmiştir. Tarihi Bitlis evleri, bölgeye özgü volkanik tüf ve bazalt taşlarının ustalıkla işlendiği, sarp topoğrafyaya uyumlu şekilde inşa edilmiş, Anadolu sivil mimarisinin en karakteristik örneklerinden biridirler. Genellikle iki katlı, düz damlı ve dışa kapalı bir form sergileyen bu yapılar, kalın taş duvarları sayesinde sert karasal iklime karşı doğal bir iklimlendirme ve yüksek dayanıklılık sunmaktadır. Estetik açıdan ise cephelerindeki titiz taş işçiliği, kemerli kapıları ve iç mekân kurgusundaki mahremiyeti koruyan düzenlemeleriyle, Bitlis’in yüzyıllar boyunca süregelen kültürel ve ilmi birikimini günümüze taşıyan canlı birer tarih belgesi niteliğindedir. Bitlis’teki geleneksel taş evler en fazla üç katlıdır. Eğimli topoğrafya nedeniyle, binalardaki katlar zemin kattan en üst kata doğru kademeli olarak yayılmaktadır (Şekil 2). Genel olarak her kata dışarıdan erişilebilir. Bununla birlikte, alt kattan en üst kata dikey sirkülasyon örnekleri de mevcuttur. Sert iklim koşulları nedeniyle, bina açıklıkları küçük ve azdır. Binalardaki süslemeler ve dekoratif unsurlar ağırlıklı olarak kitabelerden/yazıtlardan oluşmaktadır.

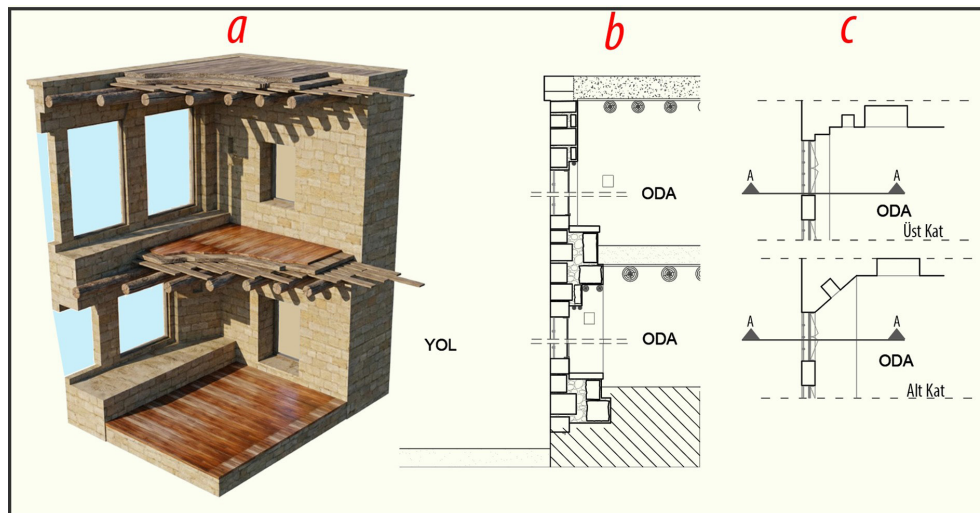


Şekil 2. Yığma tarzda inşa edilmiş örnek yapının bir kesiti

Bitlis'teki tarihi yığma evlerin dış duvarları, çok katmanlı taş duvarlar şeklindedir (Şekil 3). Dış cephede yontma taş, iç cephede kaba taş, orta kısımda ise harçla karıştırılmış moloz taş kullanılmıştır. Duvar kalınlıkları alt kattan üst kata doğru incelmektedir (100 cm'den

75 cm'ye). İç mekândaki ayırıcı duvarlar çoğunlukla benzer bir yöntemle inşa edilmiştir.

Gerekli koruma önlemlerinin ve günümüzde kullanımı devam eden tarihi Bitlis ev örnekleri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Örnek duvar detayı: (a) 2 katlı bir binanın modeli, (b) kesit, (c) planlar



Şekil 4. Kullanımda olan tarihi Bitlis ev örnekleri

Zaman içerisinde gerekli yapısal koruma müdahalelerinin yapılmaması, yapıların aktif kullanımına ara verilmesi veya kullanımının tamamen sonlandırılması ve ağır iklim şartları bu yapıların hasar

almasını kolaylaştırmaktadır. Bu şekilde oluşan hasar örnekleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

Çalışmada dikkate alınan bazı tarihi Bitlis ev örnekleri Şekil 6'da gösterilmiştir.



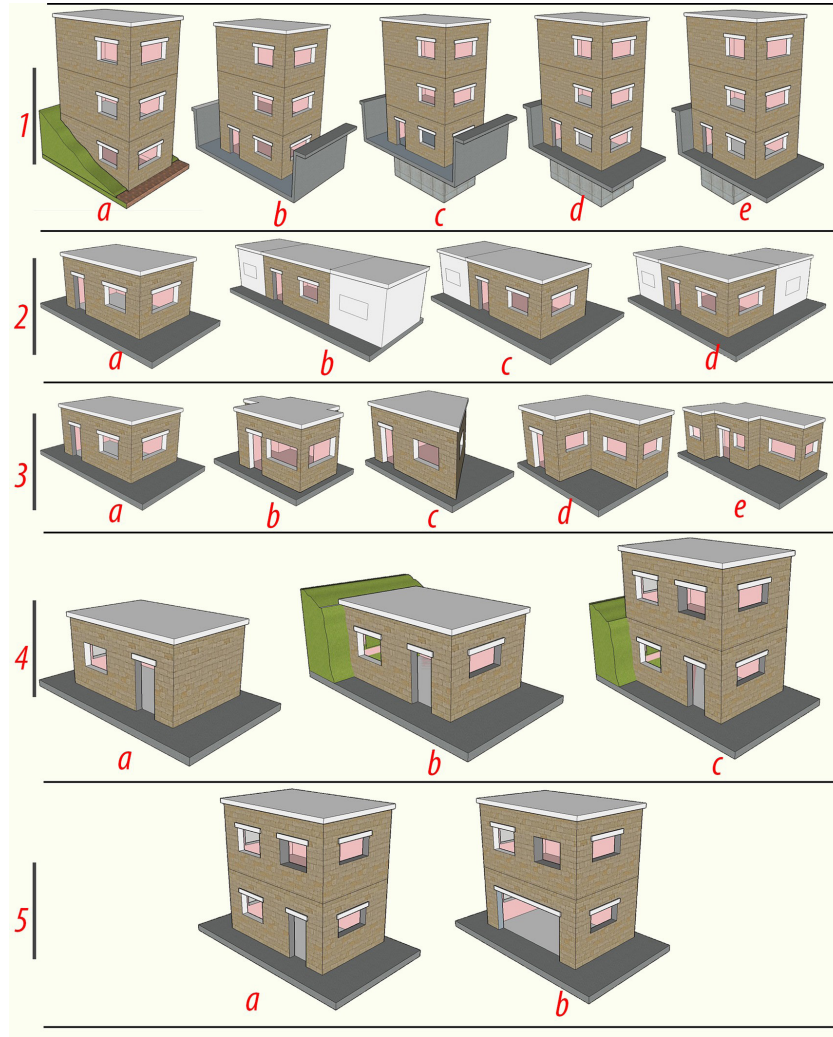
Şekil 5. Gerekli yapısal müdahalelerin zaman içerisinde yapılmaması sonucu hasar alan tarihi Bitlis evi örnekleri



Şekil 6. İncelenen bazı tarihi Bitlis ev örnekleri

Tarihi evler için farklı yapısal düzensizlik parametreleri çalışma kapsamında dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Yığma yapılarda yapısal düzensizlikler, sistemin deprem yükleri altındaki süneklik kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle, bu tür yapıların sismik performanslarını etkileyen en kritik faktörler arasında yer almaktadır. Planda ve düşey doğrultuda görülen geometrik asimetri, rijitlik ve kütle merkezleri arasında sapmalara yol açarak yapıda şiddetli burulma etkileri oluşturmaktadır. Bu durum, özellikle köşe bölgelerinde ve zayıf duvar kesitlerinde gerilme yığılmalarına sebep olarak, yapının bütüncül (kutu) davranışını bozmakta ve bölgesel göçme mekanizmalarını tetiklemektedir.

Ayrıca, taşıyıcı duvarların düşeyde süreksizliği veya katlar arası rijitlik farkları, deprem kuvvetlerinin temele aktarılmasını engelleyerek gevrek kırılmalara ve yapının enerji sönümlenme kapasitesinin erken aşamada tükenmesine neden olabilmektedir. Sonuç olarak, yapısal düzensizliklerin doğru tespit edilememesi, afet anında yapının öngörülemez hasarlar almasına ve dolayısıyla tarihi dokunun geri döndürülemez şekilde kaybolmasına zemin hazırlamaktadır. Bu çalışma kapsamında dikkate alınan değişkenlere ait şematik gösterimler Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. Çalışmada dikkate alınan düzenlilik durumlarının şematik gösterimleri: 1) Serbest kat adedi a)SK=3, b)SK=3, c) SK=3, d) SK=3, e)SK=3; 2) Yapı nizam türü a) Ayrık nizam, b) Bitişik orta, c,d) Köşede bitişik, 3) Planda düzenlilik durumu a) Düzenli, b) Girintili düzenli, c) Yamuk düzensiz, d) L şeklinde düzensiz, e) Fazla girintili aşırı düzensiz; 4-Cepheye göre kat farklılığı a) Yok, b) Var, c) Var; 5) Yumuşak kat durumu a)Yumuşak kat yok b)Yumuşak kat var

Bu çalışma kapsamındaki yapısal düzenlilik parametrelerinin belirlenmesinde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018), tarihi yapıların korunmasına yönelik ICOMOS ilkeleri ve yığma yapılar için literatürde yaygın olarak kullanılan hızlı değerlendirme yaklaşımları dikkate alınmıştır. Özellikle planda düzenlilik, düşey düzenlilik, yumuşak kat oluşumu, kat adedi ve çarpışma etkisi gibi parametreler, mevcut yönetmeliklerde deprem

davranışını etkileyen temel yapısal risk faktörleri arasında değerlendirilmektedir. Çalışmada altı farklı değişken dikkate alınarak Bitlis tarihi evleri kategorize edilmiştir. Saha gözlemleri, yapı cephe incelemeleri ve plan organizasyonlarının yerinde incelenmesi ile belirlenmiştir. Her yapı için gözlem formu oluşturulmuş ve parametreler görsel inceleme yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Kat adedi, yapıların temel üstündeki serbest kat sayısına göre değerlendirilirken;

planda düzensizlik durumu yapı geometrisindeki girinti-çıkıntılar ve simetri durumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Cepheye göre kat farklılığı, eğimli arazi koşullarından kaynaklanan kat süreksizlikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Yumuşak kat durumu ise katlar arasındaki taşıyıcı duvar yoğunluğu ve rijitlik farklılıklarına göre yorumlanmıştır. Duvar boşluk düzeni değerlendirilirken kapı ve pencere boşluklarının düşey doğrultuda hizalı olup olmadığı dikkate alınmıştır. Tüm değerlendirmeler, tarihi yapıların mevcut durumu esas alınarak yerinde yapılan gözlemsel incelemeler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu incelemelerde gözlemlenen farklı değişkenler için kısa açıklamalar aşağıda verilmiştir;

Serbest Kat Adedi: Kat adedi olarak temel üzerinde bulunan kat adedi dikkate alınmıştır. Yığma yapılarda kat adedi doğrudan rijitlik ve kütle ile ilişkilidir. Bu yapılarda kat adedi arttıkça alt katlardaki duvarlarca taşınması gereken düşey yük ve deprem anındaki yatay kuvvet katlanarak artmaktadır. Yönetmeliklerin sınırlandırdığı kat adedinin aşılması, yapının devrilme veya ezilme riskini yükseltmektedir.

Yapı Nizam Türü: Çarpışma etkisi bitişik olarak inşa edilmiş yapılarda kabul edilen bir parametredir. Bitişik olarak inşa edilen yapılarda kat sayıları birbirinden farklı ise ve bununla birlikte yapıların döşeme seviyeleri de farklılık gösteriyor ise bu durumda çarpışma etkisi oluşmaktadır. Yalnızca döşeme seviyelerinin de farklı olması çarpışma etkisinin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu parametre için bitişik ve ayrık nizam olmak üzere iki değer dikkate alınmıştır.

Planda Düzensizlik Durumu: Yapının planındaki çıkıntılar (L, T, U veya H şekilleri), deprem dalgalarının yapı içinde homojen dağılmasını engeller. Köşe noktalarında gerilme yığılmaları oluşmaktadır. Planda simetri yoksa yapı deprem anında kendi eksenine etrafında dönmeye çalışır, bu da yığma duvarların en zayıf olduğu kuvvettir.

Cepheye Göre Kat Farklılığı: Eğimli arazilerdeki kat farkları veya ani yükseklik değişimleri, binanın bir bölgesinin diğerinden daha fazla zorlanmasına yol açabilmektedir. Eğimli arazilerde sıkça görülen bu durum, binanın bir cephesinden bakıldığında 1 katlı, diğerinden 3 katlı görünmesi durumudur. Bu durum rijitlik merkezini değiştirmektedir.

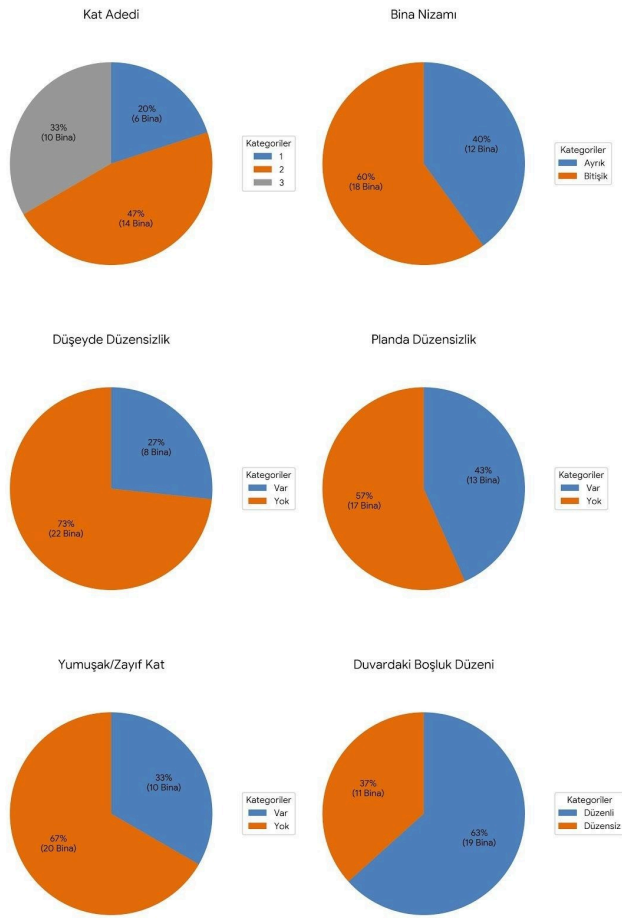
Yumuşak Kat Durumu: Betonarme yapılarda olduğu gibi katlar arası rijitlik değişimlerinin bulunması yumuşak kat oluşumuna neden olabilmektedir. Bu yapısal zayıflık, deprem yüklerinin esnek olan zemin katta yoğunlaşmasına ve taşıyıcı duvarların bu yükü karşılayamayarak binanın aniden çökmesine neden olabilmektedir. Yığma yapılarda duvarlar taşıyıcı olduğu için, yumuşak kat genellikle ani çökme ile sonuçlanır.

Duvar Boşluk Düzeni: Düşey doğrultudaki boşluk düzeni, düzenli ve düzensiz olarak değerlendirilecektir. Yapı katlarında bulunan kapı ve pencere boşluklarının düşeyde tamamı aynı hizada olması hâlinde düzenli, şaşırtmalı olarak bulunması halinde ise düzensiz değerlendirilecektir.

BULGULAR

Deprem tehlikesi yoğun bölgelerde yer alan mevcut yapı stoku üzerinde yapılacak çalışmalar ile olası depremlerde yapısal hasarların minimize edilmesi modern afet yönetiminin bir parçasıdır. Yapılarda deprem direncini azaltan faktörler arasında yapısal düzensizlikler kritik bir konuma sahiptir. Yapılarda düzensizlik kavramı, bir binanın kütle, rijitlik ve geometri açısından simetriden uzaklaşmasını ifade etmekte ve deprem mühendisliği açısından hayati bir öneme sahiptir. İdeal bir yapı tasarımı, deprem dalgalarının oluşturduğu enerjiyi tüm taşıyıcı sisteme dengeli bir şekilde yaymayı hedeflerken; düzensizliklerin varlığı bu dengenin bozulmasına yol açabilmektedir. Düzensiz yapılar, deprem anında öngörülemeyen burulma etkilerine ve belirli bölgelerde (zayıf noktalarda) aşırı gerilme yığılmalarına maruz kalmaktadır. Bu durum, yapının süneklik kapasitesini sınırlayarak enerjiyi sönmlemesini zorlaştırır ve yerel hasarların tüm binanın çökmesine yol açacak şekilde zincirleme bir etki yaratmasına neden olur. Dolayısıyla düzensizliklerin etkisi, sadece yapısal bir kusur değil, aynı zamanda can ve mal güvenliğini doğrudan tehdit eden bir risk faktörüdür. Düzensizliklerin sistematik bir şekilde sınıflandırılması modern mühendislik standartlarının temel taşıdır. Her düzensizlik türü, yapının dinamik davranışı üzerinde farklı bir negatif etki yarattığı için bu durumların önceden

tanımlanması, doğru analiz yönteminin seçilmesi için bir zorunluluktur. İncelenen 30 yapıya ait saha gözlemleri, her bir bina için ayrı ayrı doldurulan yapısal değerlendirme formları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu formlardan elde edilen veriler; binaların yapısal düzensizliklerini, kat adetlerini ve mevcut hasar durumlarını içermektedir. Elde edilen ham verilerin toplu analizi sonucunda, binaların tekil özelliklerinden ziyade bölgeyi temsil eden yapısal kusurlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8. Yapısal değişkenlerin incelenen binalardaki dağılımı

İncelenen yapıların %47'sinin iki katlı ve %60'ının bitişik nizamda olması, olası bir depremde çekiçleme etkisi ve kütle düzensizliği risklerini beraberinde getirmektedir. Yapısal düzensizlikler bazında yapılan değerlendirmede; binaların %43'ünde planda düzensizlik, %27'sinde düşeyde düzensizlik

ve %33'ünde yumuşak/zayıf kat probleminin tespit edilmiş olması, sismik yüklerin taşıyıcı sisteme homojen dağılımını zorlaştıran kritik faktörlerdir. Özellikle duvarlardaki boşluk düzeninin %37 oranında düzensiz olması, kesme duvarlarının rijitliğini azaltarak yapının yatay yüklere karşı direncini zayıflatmaktadır. Sonuç olarak, bu veriler Bitlis'teki geleneksel yığma yapıların önemli bir kısmının deprem güvenliği açısından riskli yapısal özellikler taşıdığını ve bu düzensizliklerin giderilmesine yönelik acil güçlendirme müdahalelerine ihtiyaç duyulduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

YIĞMAEVLERDE GÜÇLENDİRME ÖNERİLERİ

Yığma yapılar, gevrek malzeme karakteristikleri ve düşük çekme dayanımları nedeniyle sismik etkiler altında en yüksek risk grubunda yer alan yapı stoklarını oluşturmaktadır. Bu yapıların güçlendirilmesindeki temel amaç; sistemin bütünlüğünü (kutu etkisi) sağlamak, enerji sönümleme kapasitesini artırmak ve gevrek kırılma modlarını sünek davranışlara dönüştürmektir. Müdahale yöntemleri seçilirken yapının özgün dokusu, malzeme uyumu ve ekonomik fizibilite kriterleri bir arada değerlendirilmelidir. Tarihi yığma yapılar, malzeme özellikleri, taşıyıcı sistem kurgusu ve zaman içerisinde maruz kaldıkları fiziksel ve çevresel etkiler nedeniyle yapısal açıdan zayıflamaya açık sistemlerdir.

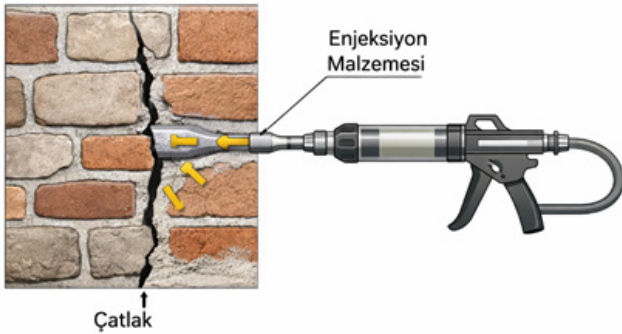
Bu yapıların güçlendirilmesine yönelik müdahaleler, yalnızca taşıyıcı kapasitenin artırılmasını değil, aynı zamanda özgün malzeme, yapım tekniği ve mimari karakterin korunmasını da hedeflemelidir. Bu bağlamda geliştirilen güçlendirme yaklaşımları, uluslararası koruma ilkeleri doğrultusunda minimum müdahale, geri döndürülebilirlik ve malzeme uyumu kriterlerine göre şekillendirilmelidir. Yığma yapılarda gözlemlenen başlıca yapısal sorunlar; duvarlarda çatlak oluşumu, malzeme ayrışması, harç kayıpları, duvar-döşeme bağlantı zayıflıkları ve deprem etkisiyle oluşan düzlem dışı davranışlardır. Bu sorunlara yönelik güçlendirme teknikleri, yapının hasar durumu ve yapısal davranışına bağlı olarak farklı ölçeklerde ele alınmaktadır.

Bu Çalışmada İncelenen Yapılara Yönelik Öneriler

Bu makalede incelenen tarihi Bitlis evlerinde en yaygın yapısal problemlerin planda düzensizlik, yumuşak/zayıf kat oluşumu, cepheye göre kat farklılığı ve düzensiz duvar boşlukları olduğu belirlenmiştir. Bitişik nizam olarak inşa edilen yapılarda çarpışma etkisinin oluşabileceği, planda geometrik düzensizlik bulunan yapılarda ise deprem etkisi altında burulma davranışının artabileceği değerlendirilmiştir. Bu nedenle söz konusu yapılarda duvar bağlantılarının güçlendirilmesi, çelik gergi sistemleri ile kutu davranışının iyileştirilmesi ve döşeme-duvar bağlantılarının rijit hale getirilmesi önerilmektedir.

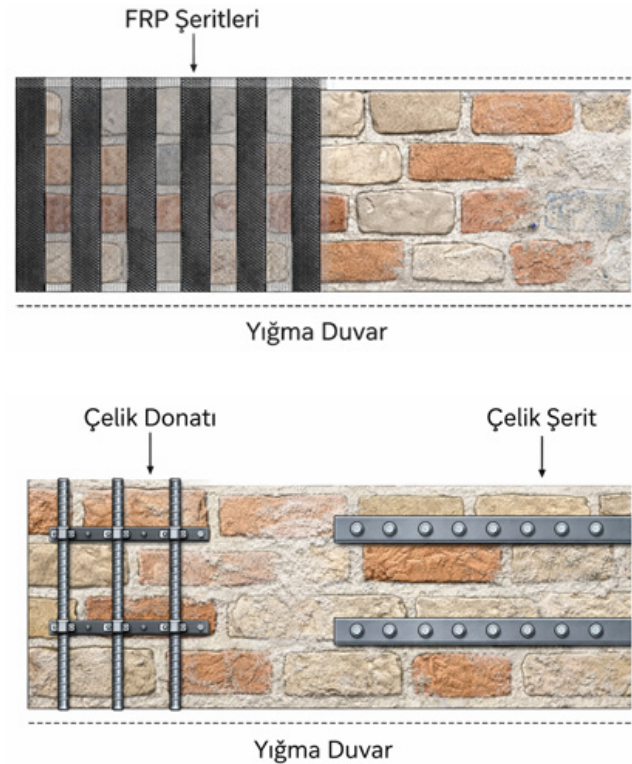
Yumuşak kat düzensizliği bulunan yapılarda, taşıyıcı duvar sürekliliğinin artırılması ve rijitlik farklarının azaltılmasına yönelik müdahalelerin uygulanması önem taşımaktadır. Ayrıca duvar boşluk düzeninin düzensiz olduğu yapılarda, açıklık çevrelerinin lifli polimerler veya çelik elemanlarla desteklenmesi, gerilme yığılmalarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Ağır toprak dam kullanımının yaygın olduğu yapılarda ise çatı sistemlerinin hafifletilmesi, deprem etkisi altında oluşacak atalet kuvvetlerinin azaltılması açısından önemli bir müdahale olarak değerlendirilmektedir.

Duvar düzleminde meydana gelen çatlakların onarımı ve taşıma kapasitesinin artırılması amacıyla enjeksiyon teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, çatlak boşluklarına düşük basınçlı kireç esaslı veya uygun özellikte hidrolik harç enjekte edilerek malzeme bütünlüğü yeniden sağlanır. Örnek uygulama Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Çatlak enjeksiyonu uygulama şeması

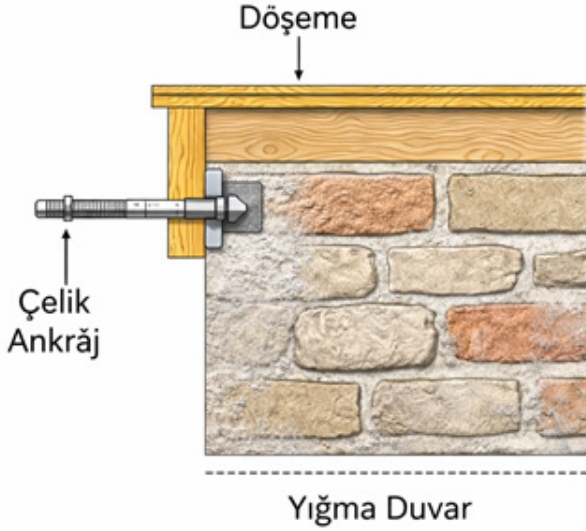
Daha ileri düzey hasarlarda ise, duvarların kesme dayanımını artırmak amacıyla lif takviyeli polimer (FRP) veya çelik donatı uygulamaları tercih edilmektedir. Bu sistemler, özellikle deprem etkilerine karşı yapının sünekliğini artırarak ani göçmeleri önlemektedir. Ancak bu tür modern malzemelerin kullanımında, özgün dokuya zarar vermeyecek ve görsel bütünlüğü bozmayacak şekilde detaylandırma yapılması gerekmektedir. Örnek uygulama Şekil 10'da gösterilmiştir. Özellikle karbon veya cam lifli polimerlerin (CFRP/GFRP), epoksi veya çimento esaslı matrislerle duvar yüzeyine uygulanmasıdır. Düşük ağırlık ve yüksek çekme dayanımı avantajı sağlar. Özellikle tarihi dokusu korunması gereken yapılarda, yapı kütlesini artırmadığı için tercih edilmektedir.



Şekil 10. Duvar yüzeyine FRP, çelik donatı ve çelik şerit uygulaması

Duvarlar ile döşemeler arasındaki bağlantıların zayıf olması, deprem sırasında duvarların düzlem dışı devrilmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, döşeme-duvar bağlantılarının çelik gergiler veya ankraj sistemleri ile güçlendirilmesi önerilmektedir.

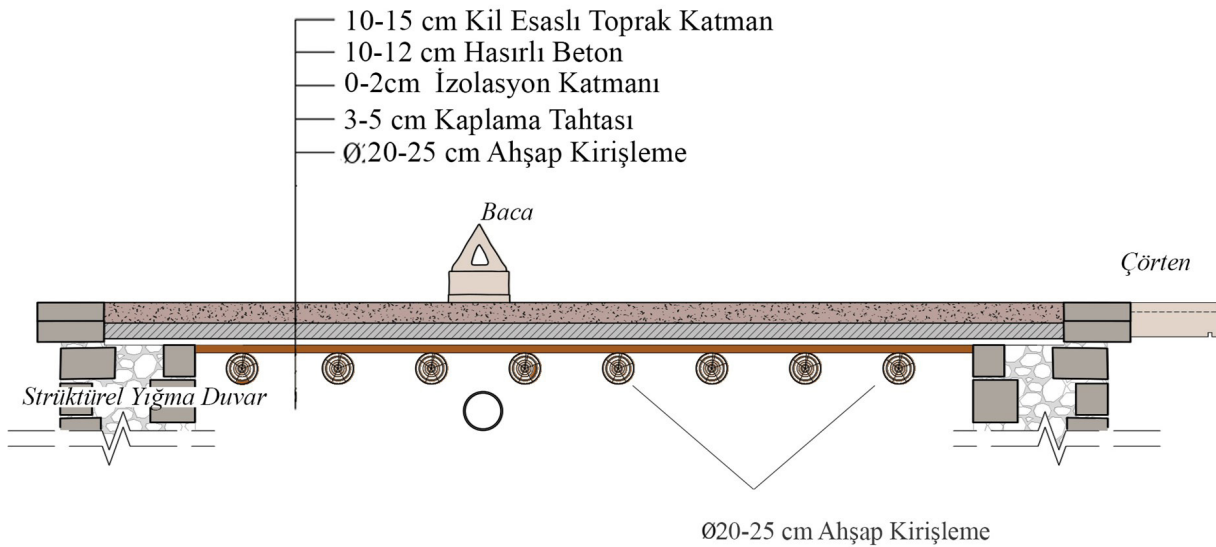
Bu müdahale, yük aktarım sürekliliğini sağlayarak yapısal bütünlüğü artırır. Örnek uygulama Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Duvar-döşeme ankraj detayı

Yığma yapılarda yatay yüklerin taşıyıcı duvarlara güvenli bir şekilde aktarılabilmesi için döşemelerin rijit diyafram gibi çalışması gerekir. Özellikle makalenin

önceki bölümlerinde bahsedilen ağır toprak damlar, sismik performansı olumsuz etkileyen en büyük unsurlardır. Ağır damların hafifletilmesi ile toprak dolgunun kaldırılarak yerine hafif yalıtım malzemeleri ve ahşap/çelik karkas sistemlerin kurulması, yapıya etkileyen atalet kuvvetlerini önemli oranda azaltabilir. Tarihi Bitlis evlerinde kronik sorunlardan biri ağır toprak damlardır. Yığma yapılarda ağır toprak dam kullanımı, yapının toplam kütleini önemli ölçüde artırarak deprem anında binaya etkileyen atalet kuvvetlerinin şiddetlenmesine neden olan kritik bir unsurdur. Özellikle yüksek rijitliğe sahip ancak gevrek karakterli yığma duvarlar, bu büyük kütleinin yarattığı yatay yükler altında ağır kesme zorlanmalarına maruz kalmakta ve enerji sönmleme kapasitesinin aşılmasıyla ani, gevrek göçmeler sergilemektedir. Ayrıca, bu tür çatı sistemlerinde rijit bir diyafram etkisinin oluşmaması, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı duvarlara düzensiz dağılmasına ve yapının dinamik kararlılığının hızla bozulmasına sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda önerilen çatı kat döşeme detayı Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Önerilen yeni çatı katı döşeme detayı

Yığma binalarda en yaygın göçme biçimi, duvarların düzlem dışı devrilmesidir. Bunu engellemek için yapının bir bütün olarak hareket etmesini sağlayan kutu etkisi oluşturulmalıdır. Bunun için kullanılan gergi çubukları (ardgermeli bağlantılar), karşılıklı duvarlar arasına yerleştirilen çelik gergi çubukları, duvarların birbirinden ayrılmasını önler. Bu yöntem, yapının rijitliğini artırmadan bağlayıcılığını maksimize eder. Diğer bir yöntem, düşey ve yatay hatılların iyileştirilmesidir. Mevcut hatılların yetersiz olduğu durumlarda karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) veya betonarme mantolama ile döşeme-duvar birleşim noktaları güçlendirilmelidir.

Bu yöntemlerin yanı sıra yetersiz temel ve kötü zemin özellikleri mevcut ise temel ve zemin iyileştirmeleri de tercih edilmelidir. Bununla beraber üst yapıdaki güçlendirme çalışmaları, temele binen yüklerin artmasına neden olacaktır. Temel altı enjeksiyon yöntemleri veya mevcut temellerin betonarme pabuçlarla genişletilmesi, yapının oturma riskini minimize edecektir.

Yığma yapıların güçlendirilmesi, tek bir yöneme indirgenemeyecek kadar karmaşık bir süreçtir. En başarılı sonuçlar; kütleyi azaltan (ağır damların kaldırılması), bütünlüğü sağlayan (gergi sistemleri) ve eleman bazlı kapasiteyi artıran (mantolama veya FRP) yöntemlerin hibrit kullanımı ile elde edilmektedir. Uygulanan müdahalenin başarısı, yeni eklenen elemanlar ile mevcut yapı malzemesinin aderans (kenetlenme) kalitesine bağlıdır. Sonuç olarak, tarihi yığma yapılarda güçlendirme uygulamaları, yapının mevcut durumuna özgü analizler doğrultusunda belirlenmeli ve her müdahale, koruma ilkeleri ile mühendislik gereklilikleri arasında dengeli bir şekilde kurgulanmalıdır. Uygulanan tekniklerin uzun vadeli performansı, kullanılan malzemenin uyumu ve işçilik kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle disiplinler arası bir yaklaşım benimsenmeli ve her aşama bilimsel yöntemlerle desteklenmelidir.

SONUÇLAR

Bitlis'in deprem tehlikesinin yüksek olduğu coğrafi konumu, bu kadim kentteki tarihi eserlerin yarınlara güvenle aktarılmasını bir zorunluluk hâline

getirmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda, Bitlis'teki tarihi yığma yapı stokunun önemli bir kısmının deprem güvenliği açısından riskli özellikler taşıdığı tespit edilmiştir. Saha incelemeleri ve istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, Bitlis'in geleneksel yığma yapı stokunun sismik kapasitesine dair somut veriler elde edilmiştir. İncelenen 30 yapının %43'ünde planda düzensizlik, %33'ünde ise yumuşak kat problemi saptanmıştır. Özellikle zemin katların depo, dükkân veya ahır olarak kullanılması sebebiyle oluşan rijitlik kaybı, yapıların sismik kırılabilirliğini en çok artıran faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, taşıyıcı duvarların düşey sürekliliğini bozabilmekte ve sismik performans açısından zayıf halkalar oluşturmaktadır. Dolayısıyla, Bitlis evlerinin yapısal ömrünü uzatmak amacıyla önerilecek güçlendirme stratejilerinin, hem mühendislik güvenliğini sağlaması hem de mimari mirası zedelememesi gerekmektedir. Yapıların %37'sinde pencere ve kapı boşluklarının düzensiz olduğu görülmüştür. Bu durum, deprem yükleri altında duvarlarda oluşacak kesme kuvvetlerinin karşılanmasını zorlaştırmaktadır.

Bu kapsamda, zamanla bağlayıcılık özelliğini kaybetmiş harçların temizlenmesi ve taş duvarların hidrolik kireç esaslı harçlarla yeniden derzlenerek enjeksiyon yöntemiyle sağlamlaştırılması, duvar bütünlüğünün sağlanması açısından öncelikli adımdır. Planda düzensizlik gösteren veya duvarları birbirinden ayrılma eğiliminde olan yapılarda, yapının bir bütün olarak hareket etmesini sağlamak amacıyla çelik gergi çubukları gibi ardgermeli sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, yatay yüklerin taşıyıcı elemanlara daha sağlıklı iletilebilmesi için mevcut ahşap döşemelerin rijit bir diyafram hâline getirilmesi ve çekme gerilmelerinin yoğunlaştığı kritik bölgelerin karbon fiber takviyeli polimerler gibi modern malzemelerle yerel olarak desteklenmesi önerilmektedir. Bu müdahaleler, Bitlis'in eşsiz sivil mimari mirasını korurken, aynı zamanda mühendislik güvenliğini en üst düzeye çıkaracaktır.

Katkı Belirtme: Bu bilimsel çalışma sunulan sonuçların bir kısmı, Avrupa Birliği tarafından Erasmus+ KA220-HED – Yükseköğretimde İş Birliği Ortaklıkları programı kapsamında ortak olarak

finanse edilen 2025-1-RO01-KA220-HED-000364478 HEIstorical- Strengthening Green and Digital Capacities in Higher Education Through Collaboration in Integrating Historical Buildings into a Sustainable and Digital Future (<https://heistorical.unitbv.ro>) adlı proje kapsamındaki araştırma faaliyetleriyle elde edilmiştir.

Etik Onam: Bu çalışma için etik onay gerekmemektedir.

Yazar Katkıları:

Konsept: EA, FA, EI, DR, MH-N

Literatür Tarama: EA, FA, EI, DR, MH-N

Tasarım: EA, FA, EI, DR, MH-N

Veri toplama: EA, FA, EI, DR, MH-N

Analiz ve yorum: EA, FA, EI, DR, MH-N

Makale yazımı: EA, FA, EI, DR, MH-N

Eleştirel incelenmesi: EA, FA, EI, DR, MH-N

Çıkar Çatışması: Yazar(lar), çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar(lar), finansal destek olmadığını beyan etmiştir.

KAYNAKLAR

- Ademovic, N., Hadzima-Nyarko, M., & Piljug, A. (2024). Seismic Assessment of a Modernist Building in Sarajevo, *Bosnia and Herzegovina. Buildings*, 14(6), 1548.
- Arkan, E. (2025). *Bitlis ili taşınmaz kültür varlıklarının koruma ve kullanma dengesi kriterlerinin belirlenmesine yönelik bir yöntem önerisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Arkan, E., Işık, E., Avcil F, İzol, R., & Büyüksaraç A. (2023). Seismic damages in masonry structural walls and solution suggestions. *Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management*, 4(2), 49-64.
- Arkan, E., Işık, E., Harirchian, E., Topçubaşı, M., & Avcil, F. (2023). Architectural characteristics and determination seismic risk priorities of

- traditional masonry structures: A case study for Bitlis (Eastern Türkiye). *Buildings*, 13(4), 1042.
- Belli, F. B., & Urfaloğlu, N. (2023). Bitlis Kentinin Günümüze Ulaşamayan Hanları. *The Journal of Academic Social Science Studies*, (94), 217-240.
- Biçen, V. S., & Işık, E. (2018, October). *Geleneksel Bitlis evleri'nde yapı elemanları ve malzeme kullanımının örnek yapı üzerinden değerlendirilmesi*. In International Conference on Multidisciplinary, Science, Engineering and Technology (IMESET'18 Dubai). Dubai.
- Bilgin, H., Biglari, M., & Hysenlliu, M. (2025). Seismic fragility of masonry building stock in the Southwestern Balkans. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1-35.
- Bilgin, H. (2024). Effects of near-fault and far-fault ground motions on nonlinear dynamic response and seismic damage of masonry structures. *Engineering Structures*, 300, 117200.
- Cattari, S., & Lagomarsino, S. (2013). *Masonry structures*. In Developments in the field of displacement based seismic assessment (pp. 151-200). IUSS Press.
- Colace, F., Gaeta, R., Lorusso, A., Pellegrino, M., & Santaniello, D. (2025). New AI challenges for cultural heritage protection: A general overview. *Journal of Cultural Heritage*, 75, 168-193.
- Eriçok, A. K. (2022). Bitlis kent merkezinde geleneksel konut dokusunun korunma sorunları. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 6(1), 1-12.
- Fathi, A., Karimzadeh, S., & Lourenço, P. B. (2025, November). *The power of seismic performance assessment of masonry monuments based on simulated ground motions: A case study*. In Structures (Vol. 81, p. 110263). Elsevier.
- Formisano, A., & Longobardi, G. (2025). Seismic Assessment and Restoration Strategies for Cultural Heritage Buildings in the Neapolitan Area: The Case of Villa Vannucchi. *Heritage*, 8(4), 143.
- Formisano, A., & Massimilla, A. (2018). A novel procedure for simplified nonlinear numerical modeling of structural units in masonry aggregates. *International Journal of Architectural Heritage*, 12(7-8), 1162-1170.
- Giordano, A., Mele, E., & De Luca, A. (2002). Modelling of historical masonry structures: comparison

- of different approaches through a case study. *Engineering Structures*, 24(8), 1057-1069.
- ICOMOS., (2003), "Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage", Victoria Falls: ICOMOS.
- Işık, E., Harirchian, E., Arkan, E., Avcil, F., & Günay, M. (2022). Structural analysis of five historical minarets in Bitlis (Turkey). *Buildings*, 12(2), 159.
- Işık, E. (2013). Bitlis ilinde bulunan yığma yapı stoğunun sokak tarama yöntemi ile değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 21-29.
- Işık, E., Öztürk, G., & Velioğlu, E. (2016). Bitlis ilinde bulunan tarihî bir yığma yapının deprem güvenliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1).
- Işık, E., Bilgin, H., Avcil, F., İzol, R., Arkan, E., Büyüksaraç, A., ... & Hysenlliu, M. (2024). Seismic performances of masonry educational buildings during the 2023 Türkiye (Kahramanmaraş) Earthquakes. *GeoHazards*, 5(3), 700-731.
- Işık, M., Işık, E., & Haricichian, E. (2021). Application of IOS/Android rapid evaluation of post-earthquake damages in masonry buildings. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 36-50.
- Işık, E., Avcil, F., Büyüksaraç, A., İzol, R., Arslan, M. H., Aksoylu, C., ... & Ulutaş, H. (2023). Structural damages in masonry buildings in Adıyaman during the Kahramanmaraş (Türkiye) earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) on 06 February 2023. *Engineering Failure Analysis*, 151, 107405.
- Işık, E. (2023). Structural failures of adobe buildings during the February 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) earthquakes. *Applied Sciences*, 13(15), 8937.
- İzol, R., et al. (2024). Seismic performance of masonry structures after 06 February 2023 earthquakes; site survey and FE modelling approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 186, 108904.
- Jadallah, M., Alghamri, R., & Doğangün, A. (2025). Seismic retrofitting of the historic Şirvani Mosque using fiber-reinforced polymer (FRP): A case study. *Engineering Failure Analysis*, 109898.
- Kocaman, İ. (2023). The effect of the Kahramanmaraş earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) on historical masonry mosques and minarets. *Engineering Failure Analysis*, 149, 107225.
- Kocaman, İ., Mercimek, Ö., Gürbüz, M., Erbaş, Y., & Anıl, Ö. (2024). The effect of Kahramanmaraş earthquakes on historical Malatya Yeni Mosque. *Engineering Failure Analysis*, 161, 108310.
- Lourenço, P. B. (2002). Computations on historic masonry structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 4(3), 301-319.
- Mercimek, Ö. (2023). Seismic failure modes of masonry structures exposed to Kahramanmaraş earthquakes (Mw 7.7 and 7.6) on February 6, 2023. *Engineering Failure Analysis*, 151, 107422.
- Milani, G., Lourenço, P., & Tralli, A. (2007). 3D homogenized limit analysis of masonry buildings under horizontal loads. *Engineering Structures*, 29(11), 3134-3148.
- Milani, G., Milani, E., & Tralli, A. (2009). Upper Bound limit analysis model for FRP-reinforced masonry curved structures. Part I: Unreinforced masonry failure surfaces. *Computers & structures*, 87(23-24), 1516-1533.
- Milani, G. (2019). Vulnerability evaluation of historical masonry structures: Italian churches and towers. *Structural Analysis of Historical Constructions: An Interdisciplinary Approach*, 19-32.
- Oğuz, G. P., & Aksulu, I. B. (2016). Geleneksel Bitlis evleri: koruma sorunları ve öneriler. *Megaron*, 11(1), 63-77.
- Puppio, M. L., Ariu, M., Deligia, M., Doveri, F., Ferrini, M., & Sassu, M. (2025). Evaluation of the seismic capacity of cultural heritage in case of aggregate buildings: the Castle of Rosignano Marittimo. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 23(1), 553-578.
- Radić, J., Işık, E., & Hadzima-Nyarko, M. (2025). Evaluation of Different Rapid Assessment Approaches for Seismic Risk Evaluation of Masonry Structures. *Civil Engineering Journal*, 11(10).
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY). (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye