

Tarihi Kulelerin Dijital Ortamlara Taşınması: Yöntemler, Fırsatlar ve Zorluklar

Digitalisation of Historical Towers: Methods, Challenges and Opportunities

İzzettin Kutlu^{1,*}

¹Dr. Öğr. Üyesi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Mardin, TÜRKİYE, izzettinkutlu@artuklu.edu.tr  [0000-0002-5546-5548](https://orcid.org/0000-0002-5546-5548)

Makale Türü/Article Type

Araştırma Makalesi
Research Article

Article History

Received: 12.12.2024

Revised: 25.05.2025

Accepted: 29.05.2025

Makale Geçmişi

Geliş: 12.12.2024

Revize: 25.05.2025

Kabul: 29.05.2025

Anahtar Kelimeler:

Tarihi kule, dijitalleşme, klasik ölçüm, kültürel miras, Midyat

Keywords:

Historical tower, digitalisation, classical measurement, cultural heritage, Midyat



[10.16950/iujad.1600384](https://doi.org/10.16950/iujad.1600384)

Özet: Tarihi kule yapıları, kültürel mirasın önemli bir parçasını oluşturmakta ve geçmişin mimari bilgilerini derinlemesine yansıtmaktadır. Bu çalışma, tarihi kule araştırmalarında dijital teknolojilerin kullanılması ile kuleler hakkında veri elde edilme süreçlerini ele almaktadır. Dijital teknolojiler, kulelerin geometrik boyutlarının hassas bir şekilde tespit edilmesine olanak tanımakta ve analiz süreçlerini hızlandırabilmektedir. Çalışma, Midyat'taki bir çan kulesi örneği üzerinden, dijital teknolojilerin veri toplama ve analiz süreçlerine entegrasyonunu 4 aşamalı bir süreç üzerinden incelemektedir. İlk aşama, literatür taramasını içermekte; tarihi kule yapılarıyla ilgili gerçekleştirilen çalışmaları tespit etmekte ve bu çalışmalarda kulelerin geometrik boyutlarının hangi yöntemlerle elde edildiğine dair ayrıntılara yer verilmektedir. İkinci aşamada, Midyat ilçesinde gözleme dayalı saha çalışması gerçekleştirilmiş ve mevcut insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen görüntülerden yararlanılmıştır. Üçüncü aşamada, Midyat'taki çan kulesinin dijital modeli oluşturulmuştur. Model üzerinden kulenin geometrik yapısına dair veriler ortaya konmuştur. Son aşamada ise dijitalleşme süreçlerinin, tarihi kule inceleme ve analiz süreçlerine sağlayacağı avantajlar ve olası dezavantajlar hakkında kapsamlı değerlendirmelere yer verilmiştir. Elde edilen veriler, kule yapılarının araştırma süreçlerinin hızlandırılabilmesini ve hızlı koruma stratejilerinin geliştirilmesine zemin hazırlayabileceğini göstermektedir. Çalışmada, dijital teknolojilerin kompleks geometrik özelliklere sahip tarihi kulelerden veri edinimini kolaylaştırdığı ve gelecekteki restorasyon projelerine yönelik yenilikçi yaklaşımlar sunduğu sonucuna varılmıştır.

Abstract: Historical towers represent a significant component of cultural heritage and provide profound insights into the architectural knowledge of the past. This study investigates the methodologies for acquiring data on towers through the application of digital technologies in historical tower research. Digital technologies enable precise determination of the geometric dimensions of towers and can accelerate the analysis processes. The study explores the integration of digital technologies into data collection and analysis through a four-stage process, using the bell tower in Midyat as a case study. The first stage comprises a literature review that identifies existing studies on historical towers and details the methodologies employed to obtain the geometric dimensions of these towers. The second stage involved an observation-based field study was conducted in the Midyat, utilizing images captured by existing unmanned aerial vehicles (UAVs). In the third stage, a digital model of the bell tower in Midyat was developed, presenting data on the tower's geometric structure through this model. The final stage includes comprehensive evaluations regarding the advantages and potential drawbacks that digitalization processes may bring to the examination and analysis of historical towers. The findings indicate that the research processes related to tower structures can be accelerated, thereby facilitating the development of rapid conservation strategies. The study concludes that digital technologies significantly enhance data acquisition from historical towers with complex geometric features and provide innovative approaches for future restoration projects.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author

ISSN: 1309-9876 / e-ISSN: 1309-9884 /© IUJAD 2024

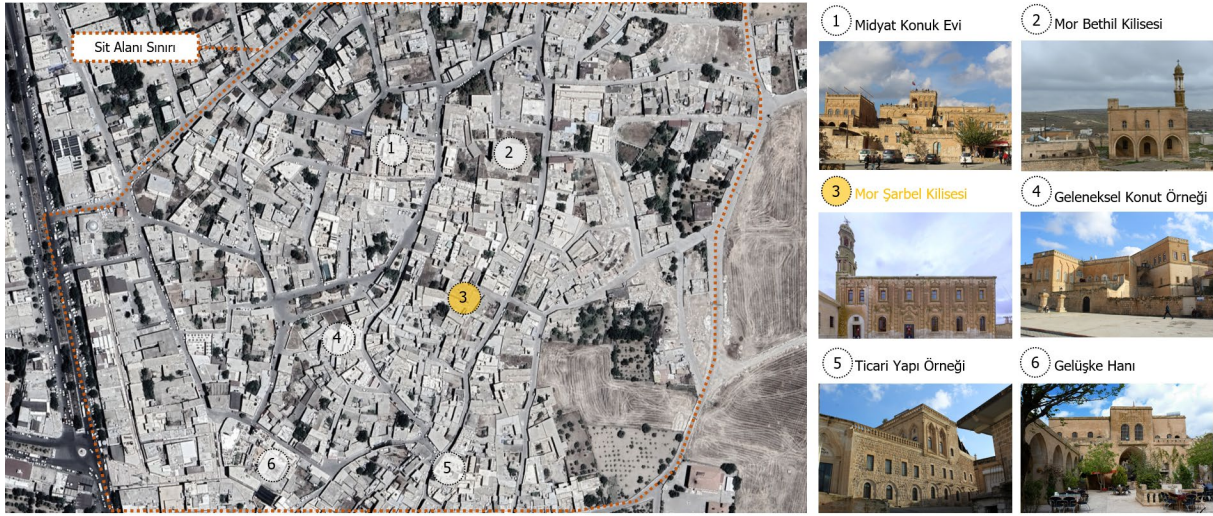
1. GİRİŞ

Tarihi kuleler, toplumların mimari ve kültürel mirasında önemli bir değere sahiptir ve zamanlarının teknolojik, sanatsal ve mühendislik başarılarını somutlaştıran önemli simge yapılar olarak hizmet etmektedirler. Çan kulelerinden gözetleme kulelerine kadar bu yapılar biçim ve işlev ikilemini yansıtmaktadır. Bu yapılar yalnızca pratik amaçlara hizmet etmek için değil, aynı zamanda sembolik ve estetik anlamlar taşımak için de tasarlanmıştır (Lancellotta ve Sabia, 2013; Gökdemir ve Baki, 2024). Tarihi değere sahip kule yapılarının korunması, bir bölgenin kültürel peyzajının ve tarihi anlatısının sürdürülmesi için büyük önem arz etmektedir (Gubańska, 2008; Göğebakan, 2011; Ozturk vd., 2018; Tülek ve Özdemir, 2019). Ancak, birçoğu yüzyıllardır ayakta duran kulelerin yapısal bütünlüğünün sağlanması, restorasyon veya koruma çalışmalarının planlanması hassas ve kapsamlı bir analiz sürecini gerektirmektedir.

Tarihi kulelerin fiziksel sürekliliğini sağlamak ve onların özgün niteliklerini gelecek kuşaklara aktarabilmek, yalnızca kültürel duyarlılıkla değil, aynı zamanda teknik doğrulukla yürütülmesi gereken bir süreçtir. Günümüzde koruma ve analiz çalışmalarının niteliğini artırmak amacıyla, geleneksel yöntemlerin ötesine geçilmesi gerektiği giderek daha fazla kabul görmektedir. Özellikle yapıların karmaşık formlarını ve zaman içinde maruz kaldıkları bozulmaları doğru şekilde belgelemek ve analiz etmek için gelişmiş dijital teknolojiler devreye girmektedir. İnsan eliyle gerçekleştirilen ölçümler ve görsel incelemeler gibi yapısal analiz yapmaya yönelik geleneksel teknikler, antik kulelerin karmaşık formlarına uygulandığında genellikle yetersiz kalmaktadır (Styliadis, 2007; Liu ve Chen, 2023; Zhao vd., 2024). Düzensiz geometriler ve zaman içinde oluşan aşınma, bu yöntemlerle verilerin doğru elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Buna ek olarak, insan hatası potansiyeli ve geleneksel teknolojilerin sınırları, toplanan verilerin güvenilirliğini tehlikeye atabilmektedir. Bu durum, bu yapıları hem tarihsel olarak hem de yapısal olarak sağlam bir şekilde korumak isteyen korumacılar, mühendisler ve tarihçiler için göz ardı edilemeyecek bir zorluk teşkil etmektedir. Bu bağlamda, dijital teknolojilerin entegrasyonu, yapısal analiz ve mirasın korunması alanında dönüştürücü bir araç olarak ortaya çıkmıştır (Çakıcı ve Kaçdi, 2023; Mocerino vd., 2024). Dijital tarama, 3D modelleme ve diğer gelişmiş araçlar, ayrıntılı geometrik verileri yüksek hassasiyetle yakalama algoritmalarına sahiptir (Evens ve Hautekeete, 2011; Gomes vd., 2014; Leon vd., 2020; Jadresin Milic vd., 2022; Bekar ve Kutlu, 2024) ve tarihi kulelerin yapısal özelliklerinin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayabilmektedir. Araştırmacılar fotogrametri, insansız hava araçları (İHA) ve lazer tarama gibi teknolojileri kullanarak bu binaların karmaşık formlarını daha verimli ve doğru bir şekilde belgeleyebilmekte ve analiz edebilmektedirler. Bu dijital teknikler verilerin doğruluğunu arttırmakla birlikte analiz süreçlerini de kolaylaştırarak koruma ve restorasyon projelerinde daha etkin kararlar alınmasını sağlayabilmektedir.

Anadolu coğrafyası, farklı dönemlere ve uygarlıklara ait çok katmanlı kültürel miras yapılarıyla özgün bir zenginliğe sahiptir (Ergün ve Halaç, 2021). Antik dönemden Osmanlı'ya, Selçuklulardan Süryani mimarisine kadar uzanan bu çeşitlilik, özellikle taş mimarinin öne çıktığı kırsal ve yarı-kentsel yerleşimlerde somut bir biçimde gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, dijital belgelenme ve analiz tekniklerinin Anadolu'nun farklı bölgelerindeki kültürel miras yapılarında uygulanması, yerel mimarlık bilgisinin korunması ve geleceğe aktarılması açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Anadolu topraklarının güneydoğusunda yer alan Mardin'in Midyat ilçesi de tarihi ve zengin kültürel mirasıyla tanınmaktadır (Dalkılıç ve Aksulu, 2004; Şekil 2). Bu bölge, özellikle yerel malzeme kullanımı, taş işçiliği ve tarihi yapılarıyla dikkat çekmektedir (Dalkılıç, 2008). Midyat'ın en önemli dini yapılarından biri olan Mor Şarbel (Sharbel) Kilisesi, hem mimari karakteristiği hem de tarihsel derinliğiyle bölgenin kültürel kimliğini yansıtan özgün bir örnek

teşkil etmektedir. Kilisenin çan kulesi, mimari kompozisyon içerisinde öne çıkan belirleyici bir unsur olup; yapının, yerel taş malzeme kullanılarak inşa edilmiş olması, Midyat'ın geleneksel mimari anlayışını ve özgün taş işçiliği geleneğini somut biçimde ortaya koymaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Tarihi Midyat kent dokusu ve yapı örnekleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

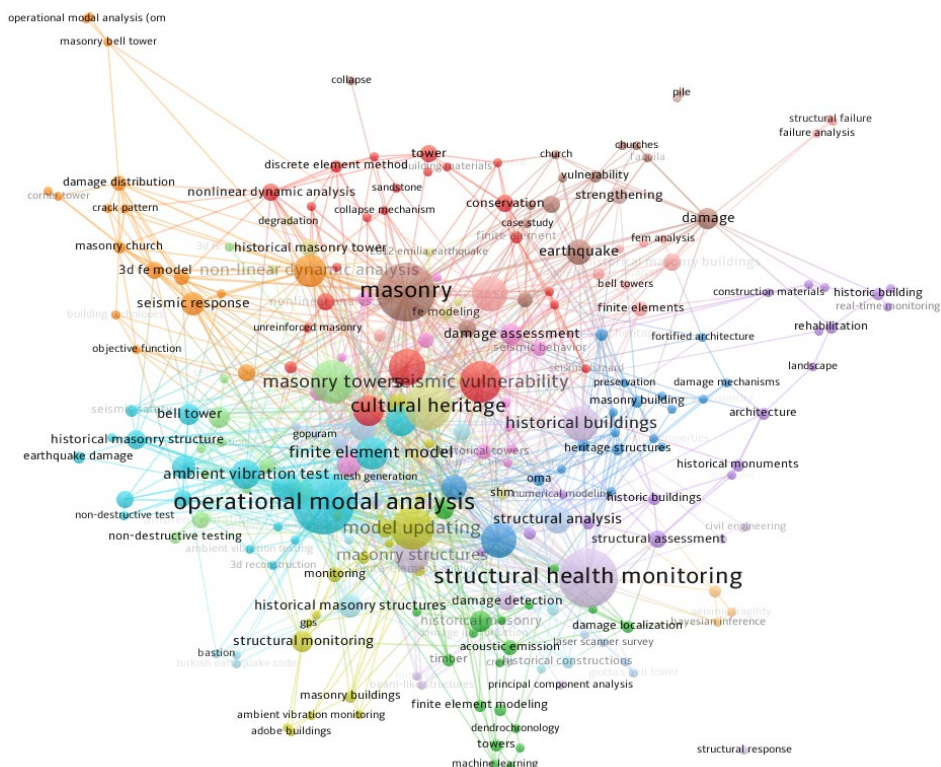
Bu çalışma, tarihî kulelerin kültürel ve mimari açıdan taşıdığı önemi vurgulamakta ve literatürde bu yapıların strüktürel formuna yönelik gerçekleştirilen analizleri yöntemsel açıdan değerlendirmektedir. Bu bağlamda, zengin kültürel mirasıyla öne çıkan Midyat ilçesinde yer alan Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi örneği üzerinden, dijital teknolojilerin tarihî kulelerin belgelenmesinde ve yapısal formunun belirlenmesinde nasıl bir rol oynayabileceği araştırılmaktadır. Dört aşamalı bir yöntemsel çerçeve izleyen çalışma, fotogrametri ve İHA gibi dijital araçlar kullanılarak kuleye ait geometrik verilerin elde edilmesini ve bu verilerin koruma süreçlerine nasıl entegre edilebileceğini tartışmaktadır. Araştırma, dijital teknolojilerin sağladığı yüksek doğruluk, hız ve erişilebilirlik avantajlarının, belgelenme kalitesini artırmakla kalmayıp koruma ve müdahale kararlarının daha isabetli alınmasına da katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda elde edilen bulgular, yalnızca Midyat'taki bir çan kulesine özgü değil; dijital yöntemlerin kültürel mirasın belgelenmesi ve değerlendirilmesi süreçlerinde artan rolüne dair daha geniş ölçekli koruma politikaları için de yol gösterici niteliktedir.

1.1. Literatür Taraması

Günümüzde dijital teknolojilerin hızlı gelişimi, kültürel miras alanında da belgeleme ve analiz süreçlerinde önemli dönüşümler yaratmıştır. Bu doğrultuda, tarihî kulelere ilişkin akademik çalışmalarda dijital tekniklerin daha yaygın biçimde kullanılması beklenmektedir. Nitekim Web of Science (WoS) veri tabanında "historical tower" anahtar kelimesiyle yapılan genel taramalarda çok sayıda yayına ulaşılabilmektedir. Ancak bu yayınların büyük çoğunluğu, kuleleri yalnızca tarihsel, mimari ya da sembolik bağlamlarda ele almakta; dijital belgeleme, fotogrametri, lazer tarama, İHA teknolojisi ve 3B modelleme gibi ileri düzey araçların sistematik biçimde entegre edildiği çalışmalar ise görece sınırlı kalmaktadır. Bu durumu doğrulamak amacıyla "historical tower AND digital tools" anahtar kelimeleriyle yürütülen odaklı bir tarama sonucunda, 2024 yılı Eylül ayı itibarıyla yalnızca 19 çalışma tespit edilmiştir. Bunlar arasında, Lin vd. (2011) tarafından yürütülen çalışma dikkat çekmekte; Tainan Chih-Kan Kulesi'nin dijital arşivlerle belgelenmesi ve 3D/2D medya temsilleriyle kültürel iletişimi artırmaya yönelik deneysel bir yaklaşım sunduğu görülmektedir. Dolayısıyla literatürde, dijital teknolojilerin tarihî

kulelerin belgelenmesine sistematik biçimde entegre edildiği özgün metodolojik örneklerin sayıca az olduğu anlaşılmaktadır.

Bu bağlamda, alanın kavramsal eğilimlerini ve metodolojik gelişim dinamiklerini daha bütüncül biçimde ortaya koymak amacıyla bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. WoS veri tabanı, yalnızca geniş kapsamlı bir akademik yayın arşivi sunmakla kalmayıp, literatürün nicel olarak analiz edilmesini mümkün kılan gelişmiş araçlarla donatılmıştır. Bu araçlar arasında atıf analizi (citation analysis), yazar-kurum işbirliği ağları (co-authorship network), anahtar kelime eş-oluşum haritaları (keyword co-occurrence mapping) ve zaman serisi eğilim analizleri (temporal trend analysis) yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan analiz, 2024 yılı Mart ayında WoS Core Collection üzerinden gerçekleştirilmiş; anahtar kelime ilişkilerine dayalı kavramsal ağ yapısı, VOSviewer 1.6.19 yazılımı aracılığıyla görselleştirilmiştir. Şekil 2’de yer alan bu harita, “historical tower AND structural analysis” anahtar kelimeleriyle tüm alanlarda (all fields) ulaşılan 477 yayının oluşturduğu tematik kümelenmeleri göstermektedir. Grafik, minimum iki tekrar eşliğine sahip anahtar kelimeler arasındaki eş-olgulama (co-occurrence) ilişkilerine dayanmakta; hem küme büyüklükleri (frequency) hem de bağlantı yoğunlukları (link strength) gibi nicel ölçütler, hem de kavram kümeleri arasındaki nitel tematik ilişkiler temelinde değerlendirilmektedir. Özellikle “masonry”, “cultural heritage”, “operational modal analysis” ve “structural health monitoring” gibi anahtar kavramlar etrafında oluşan kümelenmeler, tarihî yapıların yapısal analizi, korunması ve belgelenmesine dair akademik eğilimleri ve disiplinlerarası bağlamları görünür kılmaktadır. Bu kavramsal harita, tarihî kulelere yönelik akademik üretimin nasıl tematik olarak şekillendiğini göstermektedir.



Şekil 2. WoS veritabanında “historical tower AND structural analysis” anahtar kelimeleri ile gerçekleştirilen bibliyometrik analiz (yazar tarafından Van Eck & Waltman, 2009’dan geliştirilmiştir.)

Tarihî kuleler, yalnızca mimari değerleriyle değil, aynı zamanda kent belleği, toplumsal hafıza ve yerel kimlik açısından da kültürel mirasın önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu yapıların korunması ve belgelenmesi, gelecek kuşaklara aktarılmaları bakımından kritik bir rol

oynamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada kule yapılarıyla ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen bilimsel araştırmalar ele alınmış; özellikle bu çalışmaların yöntemsel yaklaşımları doğrultusunda sistematik bir inceleme sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Tarihi kuleler ile ilgili literatürdeki çalışmalar

YAZARLAR	AMAÇ	YÖNTEM	ALAN	BULGU
D’Ambrisi vd., 2012.	Kulenin dinamik ve sismik performansını değerlendirmek amaçlanmıştır.	Yapıya dair mevcut ölçüler kullanılmıştır. FEM ile analizler gerçekleştirilmiştir.	Soncino, İtalya	Sismik performansın iyileştirilmesi için öneriler sunulmuştur.
Soyluk ve İlersoy, 2013.	Tarihi bir yığma saat kulesinin yapısal davranışını incelemek amaçlanmıştır.	Klasik yöntemlerle elde edilen kulenin geometrik boyutları FEM oluşturmada kullanılmıştır.	İstanbul, Türkiye	Tek bir depremin farklı zemin koşullarında yapılan farklı kayıtlarının, aynı tarihi yapı üzerinde farklı etkileri olacağı belirlenmiştir.
Casolo vd., 2013.	Po Vadisi kıyısındaki mevcut kulelerin sismik davranışını incelemek amaçlanmıştır.	Kule boyutlarında mevcut ölçüler kullanılmıştır. Sismik dayanıklılık için FEM modeli ile analizler gerçekleştirilmiştir.	Po Vadisi, İtalya	Kulelerin tipolojik özellikleri ile sismik uyarımların varlığında sergiledikleri yapısal tepki belirlenmiştir.
Bongiovanni vd., 2017.	Sütunun korunması için stratejiler geliştirmek amaçlanmıştır.	Kulenin boyutları klasik yöntemler ile elde edilmiştir. Deneysel dinamik analiz, modal analiz vb. sismik analizler uygulanmıştır.	Trajan Sütunu, İtalya	Deprem kaynaklı hasarlar tespit edilmiştir.
Castellazzi vd., 2017.	Kalenin hassasiyetini değerlendirmek ve yapısal durumunu tespit etmek amaçlanmıştır. Yüksek yapıların analizinde dijital modellerin veri sağlama sürecini incelemek amaçlanmıştır.	Yapının boyutları lazer tarayıcılar ve fotogrametrik ölçümlerle elde edilmiştir. Beraberinde sonlu elemanlar modeli üretilmiştir.	Panaro Kalesi, İtalya	Kale üzerindeki çatlaklar ve hasarlar analiz edilerek yapısal zayıflıklar belirlenmiştir.
Korumaz vd., 2017.	Yüksek yapıların analizinde dijital modellerin veri sağlama sürecini incelemek amaçlanmıştır.	Minarenin lazer tarama ile nokta bulutu oluşturulmuş ve FEM için veri sağlanarak analiz edilmiştir.	Aksaray, Türkiye	Fotogrametri modellerinin yapısal analiz sürecine entegre edilebileceği belirtilmiştir.
Micelli ve Cascardi, 2020.	Çan kulesinin strüktürel dayanımını belirlemek amaçlanmıştır.	İHA kullanılarak yapının ölçülü fotogrametrik modeli elde edilmiş ve buradan hareketle FEM oluşturulmuştur.	Maria Kilisesi, İtalya.	Kulenin sismik kapasitesinin arttırmak için güçlendirme prosedürü önerilmiştir.
Parrinello vd., 2020.	Kulenin güncel durumu için belgelendirme stratejisi geliştirmek amaçlanmıştır.	Morfo-materyal haritalama ve izleme süreçleri ile dijital anketler uygulanarak deformasyon ve bozulmalar incelenmiştir.	Pavia, İtalya	Tarihi kulelerin belgeleme ve analiz süreçlerinde dijital tekniklerin entegre olabileceği vurgulanmıştır.
Porcu vd., 2021.	Tarihi tuğla kulelerin sismik değerlendirmesi amaçlanmıştır.	Yapıya dair ölçüler mevcut çalışmalardan edinilmiştir. Sonlu elemanlar modeli (FEM) ile strüktürü analiz edilmiştir.	L’Aquila, İtalya	Sismik analizlerde yapının gerilme ve deformasyon değerleri tespit edilmiştir.
Şeker vd., 2022.	Saat kulesinin statik ve dinamik analizler ile sismik dayanımını analiz etmek amaçlanmıştır.	Kulenin geometrik boyutlarının elde edilme sürecine değinilmemiştir. FEM oluşturularak yapısal analiz gerçekleştirilmiştir.	Yozgat, Türkiye	Dinamik analizler, bir deprem durumunda hasarın kule tabanında oluşacağını göstermiştir.
Özkaynak ve Şeker, 2022.	Tarihi saat kulelerinin sürdürülebilirliğini incelemek amaçlanmıştır.	Yapının mevcut ölçüleri ile 3D modeli oluşturulmuştur. FEM üretilerek, statik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiştir.	Çorum, Türkiye	Kulede maksimum deformasyonlar tespit edilmiş ve güçlendirme önerileri geliştirilmiştir.
Ferraioli vd., 2023.	Yığma kulenin yapısal performansını değerlendirmek amaçlanmıştır.	Kuleye dair geometrik araştırmalar, lazer tarama ile gerçekleştirilmiştir. Yapısal analiz için FEM oluşturulmuştur.	Torre Orsaia, İtalya	Güçlendirme uygulamaları, sismik performansın artırılması sürecinde etkili olmuştur.
Gökdemir ve Baki, 2024.	Sungurlu saat kulesinin dayanıklılığını ve sağlamlığını incelemek amaçlanmıştır.	Mevcut çalışmadan elde edilen ölçüler ile birlikte FEM kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir.	Çorum, Türkiye	Yapının maruz kaldığı moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvetler gibi etkiler sunulmuştur.

Tablo 1’de yer alan çalışmalar, tarihî kulelerin dijital belgelenme süreciyle yapısal analiz süreçlerinin entegrasyonuna yönelik farklı yöntemsel yaklaşımları ortaya koymaktadır. Çalışmaların büyük bölümünde sonlu elemanlar yöntemi (FEM) temel alınmış; klasik ölçüm tekniklerinden fotogrametri ve lazer taramaya kadar değişen veri toplama yöntemleri aracılığıyla farklı yapı tipleri üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Bu tablo, dijital teknolojilerin tarihî yapıların belgelenmesi ve yapısal değerlendirmesinde giderek daha merkezi bir rol üstlenmeye başladığını göstermesi açısından dikkat çekicidir. Söz konusu çalışmalar, tarihî kulelerin dijital olarak belgelenmesiyle yapısal analiz süreçlerinin entegrasyonunu mümkün kılarak, koruma ve müdahale stratejilerine teknik bir zemin oluşturmuştur. Ancak bu yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesi ve dinamik davranışlarının doğru şekilde modellenmesi, mevcut bilgi eksiklikleri ile birlikte malzeme türleri, yapım teknikleri ve zamanla ortaya çıkan bozulmalar gibi heterojen yapısal özellikler nedeniyle oldukça karmaşık bir süreci beraberinde getirmektedir.

2. YÖNTEM

Tarihî kulelerin belgelenmesi ve analizine yönelik yöntemsel yaklaşımlar, son yıllarda dijital teknolojilerin gelişimiyle birlikte önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Bu çalışmanın metodolojisi, nitel veri üretimine dayalı ve dijital teknolojilerin entegre edildiği uygulamalı bir alan çalışması (case study) olarak tasarlanmıştır. Yöntemsel çerçeve, tarihî kulelerin dijital ortamda belgelenmesi ve bu belgelerin çok disiplinli kullanım potansiyelinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Araştırmanın temel hedefi, dijital belgeleme teknikleri aracılığıyla elde edilen yüksek doğrulukta geometrik verilerin, yapıların koruma planlamasına nasıl katkı sunabileceğini ortaya koymaktır.

Çalışmada 4 aşamalı bir süreç izlenmiştir (Şekil 3). İlk aşama, literatür taramasını içermekte; tarihi kule yapılarıyla ilgili gerçekleştirilen yapısal analiz çalışmalarını tespit etmekte ve bu çalışmalarda kulelerin geometrik boyutlarının hangi yöntemlerle elde edildiğine dair ayrıntılara yer verilmektedir. Çalışmanın başlangıcında, Mor Şarbel Kilisesi ve Midyat’ın tarihi, mimari özellikleri ile ilgili mevcut literatür taranarak, alan çalışmasına dair veriler sunulmuştur. İkinci aşamada, Midyat ilçesinde gözleme dayalı saha çalışması gerçekleştirilmiş ve mevcut insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen görüntülerden yararlanılmıştır. Mor Şarbel Kilisesi’ne ait fiziksel verilerin toplanması, dijital modelleme sürecinin ilk adımıdır. Üçüncü aşamada, Midyat’taki çan kulesinin dijital modeli oluşturulmuştur. Görsel veriler, Agisoft PhotoScan yazılımı aracılığıyla işlenerek fotogrametrik nokta bulutu oluşturulmuş; böylece yapının yüksek doğrulukta üç boyutlu modeli için temel veri seti elde edilmiştir. Son aşamada ise dijitalleşme süreçlerinin kule yapılarının analiz süreçlerine sağlayacağı avantajlar ve olası dezavantajlar hakkında kapsamlı değerlendirmelere yer verilmiştir.



Şekil 3. Çalışmanın aşamalarını gösteren temsil (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Şekil 3’te sunulan bu dört aşamalı yöntemsel yapı, tarihi kule yapılarının dijital modelleme sürecine bütüncül bir şekilde yanıt verebilmek amacıyla oluşturulmuştur. Literatür taraması, çalışmanın kuramsal temelini güçlendirmekte ve aynı zamanda benzer yapıların belgelenme ve analizinde kullanılan yöntemlerinin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Saha çalışması ise, özgün veri üretimini hedeflemekte; yerinde gözlem ve İHA görüntülemesi ile elde edilen görsel-sayısal veriler, nitel içerik kadar nicel değerlendirmeleri de mümkün kılmıştır. Dijital modelleme aşaması, bu çok katmanlı verilerin üç boyutlu bir temsil aracılığıyla bütünleştirilmesini sağlamaktadır. Son aşamada yürütülen değerlendirme süreci ise dijital belgelenmenin koruma stratejileri ve kültürel miras yönetimi üzerindeki etkilerini yorumlamayı amaçlamıştır. Bu metodolojik yapı, hem nicel verilerin teknik analizlere veri sağlaması hem de nitel gözlemlerin yorumlayıcı bir çerçeve oluşturması açısından disiplinlerarası bir yaklaşım sunmaktadır.

3. BULGULAR

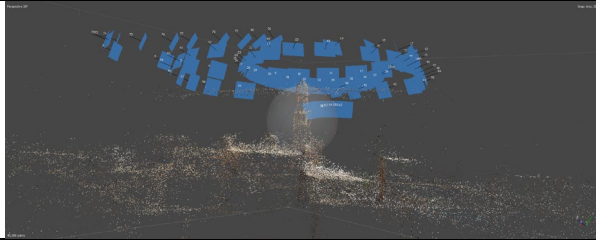
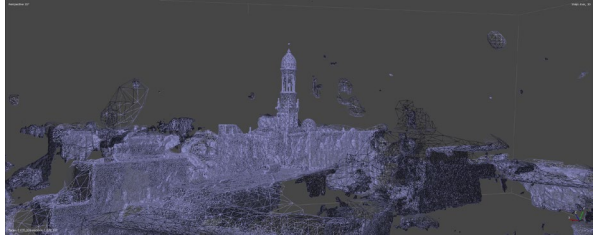
Mor Şarbel Kilisesi’nin çan kulesine ilişkin dijital belgeleme süreci sonucunda elde edilen veriler, hem yapının strüktürel karakteristiğinin daha doğru biçimde anlaşılmasına hem de geleneksel ölçüm tekniklerine kıyasla dijital araçların sağladığı katkılarının değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Özellikle fotogrametri temelli üç boyutlu modelleme süreci, karmaşık geometrik detayların yüksek hassasiyetle belgelenmesini sağlamış ve bu dijital temsillerin yapısal analiz süreçlerine doğrudan entegre edilebileceğini ortaya koymuştur. 2015 sonrası literatürde gözlemlenen teknolojik dönüşümle uyumlu olarak, bu çalışmada da dijital araçların —görsel doğruluk, veri üretim hızı ve modelleme esnekliği gibi açılardan— tarihî yapı analizlerine sağladığı somut katkılar gözlemlenmiştir. Bu kapsamda, dijital modellemesi gerçekleştirilen Mor Şarbel Kilisesi’nin çan kulesi, hem mimari hem de kültürel bağlamda özgün bir örnek sunmaktadır. Mardin ili Midyat ilçesinde yer alan bu yapı, 1965 yılında, daha önce aynı yerde bulunan eski bir kilisenin kalıntıları üzerine yeniden inşa edilmiş olup, tarihi kentin en son inşa edilen Süryani kilisesi olarak bilinmektedir (Soydan ve Şarman, 2019). Mor Şarbel Kilisesi’nin mimarisi, Mardin’in geleneksel taş işçiliğini yansıtan özgün örneklerden biri olarak dikkat çekmektedir. Yapının dış cephesinde kullanılan, çıkarıldığında açık beyaz tonlarında olan ancak zamanla sararan yerel sarı kalker taşı, estetik görünümünün yanı sıra Midyat’ın tarihî dokusuyla bütünleşen karakteristik bir malzeme olarak ön plana çıkmaktadır. Kilisenin cephe düzeninde, özellikle kapı ve pencere kenarlarında yoğunlaşan taş süslemeler, Süryani kültürüne özgü geometrik ve bitkisel motiflerle bezeli olup, taş işçiliğinin sanatsal yönünü vurgulamaktadır. Simetrik kurgusu ve dengeli oranlara sahip cephe elemanları, yapıya bütüncül bir estetik değer katarken, bu düzen içerisinde yer alan ince ve yüksek formdaki çan kulesi, hem işlevsel hem de simgesel bir unsur olarak mimari bütünlüğü tamamlamaktadır. Çan kulesi, Süryani kilise mimarisine özgü yapısal karakteriyle, yalnızca dini işlevine hizmet etmekle kalmayıp, aynı zamanda yapıya anıtsal bir görünüm kazandırmaktadır. Bu yönüyle Mor Şarbel Kilisesi, yalnızca Süryani topluluğunun dini ve kültürel kimliğini yansıtan bir ibadet mekânı değil, aynı zamanda Midyat’ın korunması gereken tarihî ve mimari mirasının önemli bir temsilcisidir.

Mor Şarbel Kilisesi üzerine daha önce gerçekleştirilmiş herhangi bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu araştırma yalnızca belgeleme amacı taşımamakta; aynı zamanda ileride yapılacak çalışmalara yöntemsel referanslar sunmayı da hedeflemektedir. Çalışmada, kilisenin geometrik verileri insansız hava araçları (İHA) kullanılarak elde edilen görüntüler aracılığıyla dijital olarak belgelenmiştir. Üç boyutlu modelleme sürecinde, Agisoft tarafından geliştirilen PhotoScan programından faydalanılmıştır (Agisoft). Saha çalışmaları

sırasında toplanan görüntüler yazılıma aktarılmış; programın derinlik algılama ve eşleştirme algoritmaları aracılığıyla ölçekli bir fotogrametrik model üretilmiştir. Fotogrametri, yapıların üç boyutlu geometrisinin, farklı açılardan çekilmiş iki boyutlu görüntüler üzerinden ölçümler yapılarak elde edilmesini sağlayan bir belgeleme yöntemidir. Bu teknik sayesinde, Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi gibi karmaşık formlara sahip tarihî yapılar, yüksek doğrulukta ve analiz edilebilir dijital modellere dönüştürülebilmektedir.

Fotogrametrinin aşamaları birbirine bağlı süreçlerden oluşur ve her aşama bir sonraki adım için temel oluşturmaktadır. Bu aşamalar, doğru verilerin toplanması ve sürece entegre edilmesi ile nihai dijital modelin kalitesini doğrudan etkileyen kritik unsurlardır. Tablo 2, Mor Şarbel kilisesinin bu süreçlerin ardından elde edilen dijital modelin aşamalarını göstermektedir. Fotogrametri, ham fotoğrafların aşama aşama işlenmesi ile fiziksel bir yapının dijital bir kopyasını oluşturmayı sağlamaktadır. Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi gibi tarihi yapıların korunmasında bu modellemeler, restorasyon süreçlerine destek sağlarken aynı zamanda yapının dijital ortamda kalıcı olarak arşivlenmesine olanak tanımaktadır.

Tablo 2. Mor Şarbel Kilisesi dijital modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

1. AŞAMA: Nokta bulutu modeli ve kamera açıları	2. AŞAMA: Yoğun nokta bulutu modeli
	
3. AŞAMA: Ağ modeli	4. AŞAMA: Dokulu dijital model
	

İlk aşama, nokta bulutu oluşturma aşamasıdır. Bu aşamada, yapı çeşitli açılardan çekilen fotoğraflarla taranmaktadır. Her bir fotoğraf, yapının farklı yönlerini kaydederek yapının yüzeyinde belirli noktalar tespit edilmektedir. Fotogrametrik yazılım, fotoğraflardaki benzer noktaları tanıyarak bu noktaların üç boyutlu koordinatlarını oluşturmakta ve ilk ham nokta bulutu elde edilmektedir. Bu bulut, yapının genel yapısını ve şekilsel detaylarını içeren düşük yoğunluklu bir veri setidir. Mor Şarbel kilisesi için çekilen 82 adet fotoğraf programa eklenmiş ve fotoğrafların tamamı program tarafından hizalanarak kiliseye ait nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda 48.388,00 adet noktadan model elde edilmiştir. Bir sonraki adımda, yoğun nokta bulutu oluşturulmaktadır. Ham nokta bulutundaki veriler daha fazla analiz edilerek ve fotoğraflar arası koordinatlar optimize edilerek daha ayrıntılı bir model elde edilmektedir. Bu yoğun nokta bulutu, yapının yüzeyindeki her bir detayın daha net şekilde ortaya çıktığı aşamadır. Yüzeyin pürüzsüzlüğü ve detay seviyesi bu aşamada belirginleşir, böylece modelin hassasiyeti artırılmaktadır. Mor Şarbel Kilisesi için tamamlanan yoğun nokta bulutu işleminin ardından 23.021.656,00 nokta sayısına sahip bir model ortaya çıkmıştır. Bu noktalar sadece çan kulesinin değil, programa eklenen fotoğrafların içerisinde gerekli veya gereksiz tüm verileri içerisinde barındırmaktadır. Bu aşamada ihtiyaç duyulmayan gereksiz

veriler seçim aracı ile seçilerek silinebilmekte ve temizleme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Ağ modeli (mesh) aşamasında, yoğun nokta bulutundaki veriler kullanılarak üçgenleme işlemi yapılır. Bu aşamada, yapının üç boyutlu yüzeylerden oluşan modeli ortaya çıkmaktadır. Noktalar birbirine bağlanarak üçgenlerden oluşan bir ağ yapısı meydana getirilmektedir. Bu ağ, yapının kabaca geometrik bir temsili oluşturmaktadır. Çan kulesinin her bir detayının ve yüzeyinin düzgün şekilde modellenmesi için ağ modelinin kalitesi büyük önem taşımaktadır. Bu aşama ile birlikte Mor Şarbel Kilisesi dijital modelinde 2.039.639,00 adet yüzey ortaya çıkmıştır. Bu aşamada da ihtiyaç duyulmayan veriler belirlenerek temizleme işlemi yapılabileceği gibi model farklı programlarda kullanılmak üzere dışa aktarılabilir duruma gelmektedir. Doku oluşturma aşaması, fotogrametrik modellemenin en kritik ve son aşamalarından biridir. Bu süreç, modelin sadece geometrik bir temsil olmanın ötesine geçmesini sağlamaktadır; yapının görsel ve estetik detayları da bu aşamada dijital modele eklenmektedir. Doku oluşturma işlemi, fotoğraflar kullanılarak üç boyutlu modelin yüzeyine gerçekçi bir görünüm kazandırılmasıdır. Doku oluşturma, modelin yüzeyine yapının fotoğraflarından alınan görüntülerin yerleştirilmesiyle başlamaktadır. Fotogrametri yazılımı, yapıdan çekilen fotoğrafların her birini analiz ederek modelin geometrik yapısıyla eşleştirmektedir. Bu işlemde, çekilen her bir fotoğrafın konumu, açısı ve ışık bilgisi dikkate alınarak yüzeye doğru ve gerçekçi bir doku giydirmeye sağlanmaktadır. Bu, modelin gerçekte nasıl görüldüğüne dair en doğru bilgiyi yansıtmaya sağlamaktadır. Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi gibi bir yapı söz konusu olduğunda, kuledeki taşların doğal renkleri, yüzeydeki doku ve pürüzlülükler bu aşamada modele işlenmiştir (Şekil 4).



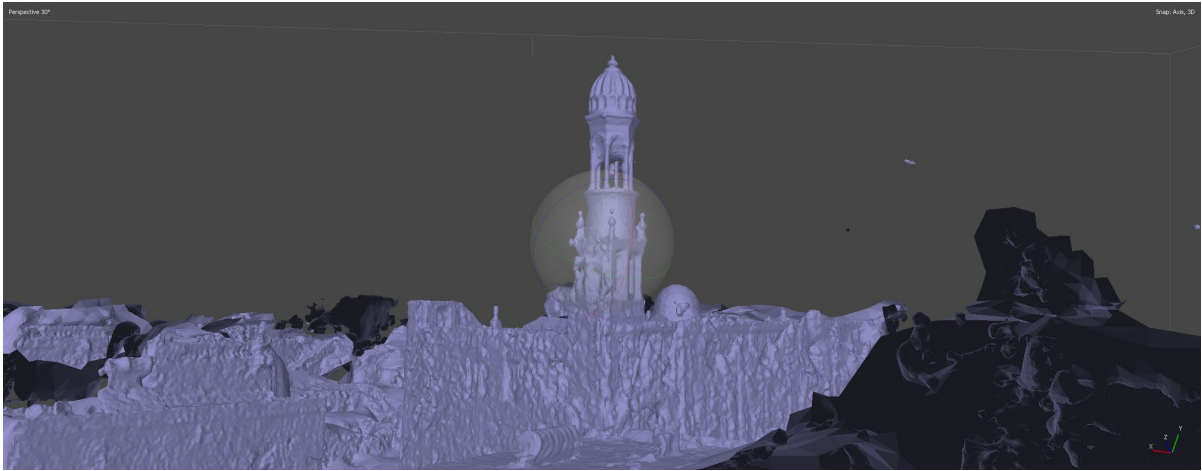
Şekil 4. Dijital model üzerinden ölçümlerin elde edilebilmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Tarihi yapılarda gerçekleştirilecek rölöve çalışmalarında, fotogrametrinin de önemli avantajlar sağladığı açıktır (Güleç, 2007; Şimşek ve Işiker, 2024). Mor Şarbel Çan Kulesi'nin dijital modelinin tamamlanması ile birlikte, model farklı disiplinlerin de çalışma gerçekleştirebileceği farklı ortamlar sunmaktadır. Dijital modelin tamamlanması ile yapı, yalnızca geometrik olarak değil, aynı zamanda görsel ve malzeme açısından da tam anlamıyla gerçeğe uygun şekilde dijital ortama taşınmıştır. Bu model, tarihi yapının detaylı bir temsili sunarak mimari özelliklerinin ve bileşenlerinin dijital ortamda detaylı incelenmesine imkan tanımaktadır.

4. DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Dijital modelleme teknikleri, özellikle fotogrametri ve LIDAR gibi yüksek hassasiyetli ölçüm teknolojileri kullanarak, yapıların gerçek hayattaki ölçülerine en yakın sonuçları elde etmeyi

mümkün kılmaktadır. Bu yöntem sayesinde, Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi gibi karmaşık detaylara sahip yapılar kolaylıkla dijital ortamda yeniden üretilebilmektedir. Dijital modelleme, ölçümlerde insan hatasını en aza indirirken sonuçların doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle tarihi yapıların restorasyonu ve belgelenmesi sürecinde, dijital modelleme, yapının mevcut durumunu en ince ayrıntısına kadar kaydederek, restorasyon sürecinde kullanılacak hassas bir referans noktası sağlar. Dijital modelleme, ayrıca tekrarlanabilirlik avantajı sunar. Fiziksel ölçüm ve modelleme yöntemlerinde her bir ölçüm tekrarlandığında zamana göre önemli ölçüde farklı sonuçlar elde edilebilirken, dijital modeller bir kez oluşturulduktan sonra sürekli olarak kullanılabilmekte ve her seferinde aynı doğruluğa sahip sonuçlar verebilmektedir. Bu, yapıların zaman içindeki değişimlerinin izlenmesi ve restorasyon süreçlerinin belgelenmesi için oldukça önemli bir avantajdır. Dijital modellemeler, hem akademik çalışmalar hem de restorasyon projelerinde kalıcı bir veri tabanı oluşturmaktadır. Örneğin, Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi, bu dijital modelleme yöntemiyle uzun yıllar boyunca belgelendiği haliyle incelenebilir ve gelecek kuşaklara aktarılabilir. Bir diğer önemli avantaj, uzaktan erişim ve dijital paylaşım imkânlarıdır. Dijital modeller, farklı coğrafi konumlarda bulunan araştırmacılar arasında kolaylıkla paylaşılabilir ve yapıların incelenmesi veya restorasyonu için ortak bir çalışma alanı yaratır. Mor Şarbel Kilisesi gibi kültürel ve tarihi değeri olan yapılar, bu sayede sadece yerel değil, uluslararası düzeyde de daha geniş bir akademik çevre tarafından incelenebilir ve korunma stratejileri geliştirilebilir. Model, farklı uzantılarda paylaşılabilmesi gibi farklı model verilerine dönüştürülerek de paylaşılabilir (Şekil 5). Dijital modelleme aynı zamanda, yapının gelecekteki restorasyon süreçlerinde kullanılmak üzere bir referans noktası oluşturmakta ve zaman içinde yapıda meydana gelen değişikliklerin izlenmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 5. Çan kulesi katı modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Dijital modelleme tekniklerinin sağladığı avantajların yanı sıra, bu yöntemlerin belirli zorlukları da bulunmaktadır. Bu zorluklar genellikle teknik sınırlamalar ve maliyet faktörleri ile ilişkilidir. Fotogrametri, özellikle büyük yapılar veya detaylı yüzeylere sahip binalar söz konusu olduğunda, yüksek kaliteli fotoğraf ekipmanlarına ve özel yazılımlara ihtiyaç duymaktadır. Bu ekipman ve yazılımlar genellikle yüksek maliyetlidir ve bu da küçük ölçekli projelerde veya sınırlı bütçeye sahip çalışmalar için dezavantaj oluşturabilir. Bir diğer önemli zorluk, doku oluşturma aşamasında karşılaşılan sorunlardır. Doku oluşturma, fotogrametri sürecinin en karmaşık aşamalarından biridir. Yüzeylerin gerçekçi bir şekilde modellenmesi için yüksek çözünürlüklü fotoğraflar kullanılmalıdır. Ancak, bu fotoğraflar çekilirken ışık koşulları, gölgeler ve yüzeydeki parlaklıklar gibi unsurlar, modelin kalitesini olumsuz etkileyebilir. Örneğin, Mor Şarbel

Kilisesi'nin çan kulesinin dış yüzeyinde bulunan taşların doğal renkleri ve yüzey pürüzleri, farklı ışık koşullarında farklı görünebilir. Bu da dijital modele aktarılan dokunun, gerçek yapının görünümünden farklı olmasına yol açabilir. Ayrıca, bu aşamada fotogrametrik yazılımların çözümleme sürecindeki hatalar, yapıdaki malzeme özelliklerinin tam anlamıyla doğru bir şekilde modele işlenmesini zorlaştırabilir. Bunların yanı sıra, veri boyutu ve işleme süreleri de dijital modelleme sürecinde dikkate alınması gereken faktörlerdir. Büyük yapılar veya karmaşık yüzeylere sahip yapılar için oluşturulan dijital modeller, çok büyük veri dosyaları oluşturabilir. Bu veriler, hem işleme sürelerini uzatır hem de depolama ve paylaşım süreçlerini zorlaştırabilir. Fotogrametri işlemi sırasında elde edilen fotoğrafların yüksek çözünürlüklü olması, daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlasa da, işlem süresini uzatmakta ve modelin oluşturulması için daha fazla bilgi işlem gücü gerektirmektedir. Bu da özellikle küçük ölçekli projelerde veya sınırlı bilgi işlem kaynaklarına sahip olan araştırmacılar için dezavantaj olabilir.

Klasik modelleme ve belgeleme yöntemleri, dijital modelleme yöntemlerine kıyasla farklı avantajlar sunmaktadır. Geleneksel yöntemler, genellikle daha düşük maliyetli ve daha erişilebilir olma eğilimindedir. El ile yapılan ölçümler ve çizimler, dijital teknolojilere ihtiyaç duymadan yapılabilirdiği için, bu tür projelerde teknolojik araçlara olan gereklilik ortadan kalkar. Ayrıca, dar, karanlık, dijital araçların görüntü alamadığı vb. durumlarda geleneksel ölçüm teknikleri, dijital yöntemlerin erişemediği noktalara ulaşma açısından daha kullanışlı olabilmektedir. Örneğin, çan kulesinin üst kısmında yer alan çanın detaylarına erişim, dijital teknolojilerle sınırlı olabilirken, klasik yöntemlerle bu detaylar daha hassas bir şekilde belgelenir. Klasik yöntemlerin bir diğer avantajı, pratik bilgi ve deneyime dayalı olmalarıdır. Bu yöntemlerde, ölçüm ve belgeleme süreci sırasında doğrudan insan müdahalesi bulunabilmekte ve bu da yapıdaki önemli detayların daha dikkatli bir şekilde incelenmesine olanak tanınabilmektedir. Restorasyon süreçlerinde, yapının fiziksel dokusuna dokunarak yapılan incelemeler, yapı malzemelerinin mevcut durumu hakkında daha fazla bilgi sağlayabilmektedir. Dijital modelleme, çoğu zaman yapının yüzeyine dokunulmadan yapılan bir işlem olduğu için, malzeme özellikleri ve yapı üzerindeki bozulmalar gibi detaylar gözden kaçabilmektedir. Ancak, klasik yöntemlerde insan deneyimi ve gözlemi, bu tür incelemelerin daha derinlemesine yapılmasını sağlamaktadır.

Buna karşın, klasik yöntemlerin bazı önemli dezavantajları da bulunmaktadır. Bu yöntemler, özellikle büyük ve karmaşık yapılar söz konusu olduğunda, daha fazla zaman ve emek gerektirmektedir. Mor Şarbel Kilisesi gibi detaylı mimari yapılar, klasik yöntemlerle belgelenirken, her bir detayın dikkatlice ölçülmesi ve kaydedilmesi gerekmektedir. Bu da çalışmanın tamamlanma süresini uzatmakta ve hataya açık hale getirmektedir. Kule gibi yüksek yapılara klasik yöntemler ile ulaşmak da oldukça zordur. Dijital yöntemlerin sunduğu otomatikleştirilmiş ölçüm ve modelleme avantajı, klasik yöntemlerde bulunmadığı için, yapıların detaylarının kaçırılması veya hatalı ölçülmesi riski daha yüksektir. Klasik yöntemlerin bir diğer dezavantajı, belgeleme sürecinin tekrarlanabilirliği ve güncellenebilirliği açısından sınırlı olmalarıdır. Dijital modeller, gerektiğinde kolayca güncellenebilir ve tekrar kullanılabilirken, klasik yöntemlerle yapılan belgeler genellikle sabit kalmaktadır. Yapıdaki herhangi bir değişiklik veya bozulma durumunda, belgeleme süreci yeniden başlatılmak zorunda kalınmaktadır. Bu da zaman ve maliyet açısından önemli bir dezavantaj oluşturur.

Dijital modelleme teknikleri, özellikle mimari ve kültürel mirasın belgelenmesi ve korunması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu teknikler, doğruluk, tekrarlanabilirlik ve paylaşılabirlik açısından klasik yöntemlere göre birçok açıdan avantaj sağlayabilmektedir.

Bununla birlikte, teknik zorluklar, maliyet ve veri işleme süreçleri gibi bazı sınırlamalar da bulunmaktadır.

Tablo 3'te, dijital ve klasik modelleme tekniklerinde avantaj ve dezavantaj durumlarının ele alındığı konular özetlenmiştir.

Tablo 3. Dijital ve klasik belgeleme tekniklerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

KRİTER	DİJİTAL BELGELEME	KLASİK BELGELEME
Doğruluk ve Hassasiyet	Yüksek doğruluk, detaylı ölçümler ve hassas veri toplama mümkündür.	Yüksek doğruluk ancak insan hatasına daha açık olabilir.
Tekrar Etme	Tekrar kullanılabilir, veri güncellenebilir ve kolay paylaşılabilir.	Tekrarlanabilirliği sınırlıdır, genellikle tekrar edilmesi gerekir.
Zaman ve Emek	Görece hızlı veri toplama ve işleme süreci sunar.	Daha fazla zaman ve emek gerektirir.
Malzeme Aktarımı	Yüzey detaylarının aktarımında fiziki koşullar önemlidir. Zorluk yaşanabilir.	Fiziksel temas sayesinde daha uzun sürede de olsa malzeme özellikleri daha iyi anlaşılabilir.
Görsel Kalite ve Sunum	Yüksek kaliteli 3D görseller ve analizler sunar.	Görsel kalitesi genellikle daha düşük kalır. 2D çizimler üretilir.
Işık Koşulları ve Gölgeler	Işık koşulları ve yansımalar modelin kalitesini olumsuz etkileyebilir.	Fiziksel incelemelerde ışık ve gölgeler büyük bir sorun teşkil etmez.
Uygulama	Her türlü yapı ve boyutta uygulanabilir.	Büyük yapılar için uygulama daha zordur.
Veri Paylaşımı	Kolayca depolanabilir ve dijital ortamlarda paylaşılabilir.	Fiziksel kayıtların paylaşımı ve depolanması zor ve maliyetlidir.
Restorasyon Süreçleri	Restorasyon örneği ve sonrası veri karşılaştırması için güçlü bir araçtır.	Sürece katkı sağlar ancak dijital verilerle de desteklenmesi gerekir.
Uzun Vadeli Kullanım	Zaman içinde modelin güncellenmesi mümkündür. Uzun süreli izleme imkanı sağlar.	Uzun vadeli izleme için sürekli saha çalışmalarını ve fiziksel incelemeleri gerektirir.

Bu tablo, dijital ve klasik belgeleme yöntemlerinin çeşitli yönlerini karşılaştırarak, her iki tekniğin de kendi avantajları ve dezavantajlarına sahip olduğunu göstermektedir. Dijital modelleme, özellikle tekrarlanabilirlik ve veri paylaşımı açısından öne çıkarken, klasik yöntemler malzeme özelliklerinin daha iyi anlaşılmasında ve doğrudan gözlemlerle daha doğru sonuçlar elde edilmesinde etkili olabilir.

5. SONUÇ

Bu çalışma, Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi gibi tarihi yapıların dijital yöntemlerle modellenmesi sürecini ele alarak, dijital modellemenin mimari ve kültürel mirasın

korunmasındaki rolünü değerlendirmektedir. Dijital modelleme, özellikle fotogrametri gibi tekniklerin kullanımıyla yapısal detayların hassas bir şekilde belgelenmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemlerin sunduğu yüksek doğruluk, tekrarlanabilirlik ve veri paylaşımı avantajları, tarihi yapıların korunmasında ve geleceğe taşınmasında önemli bir değer yaratmaktadır. Dijital modellerin sağladığı bu avantajlar, fiziksel restorasyon sürecinde yapılacak müdahaleler için de önemli bir referans noktası oluşturmakta ve yapıların mevcut durumunun her an incelenebilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, dijital modelleme süreçleri belirli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Özellikle doku oluşturma aşamasında yaşanan zorluklar ve yapının malzeme özelliklerinin modele tam anlamıyla doğru bir şekilde aktarılmasındaki sınırlamalar, dijital modellerin gerçeği ne kadar yansıttığı sorusunu gündeme getirebilir. Modellemenin doğruluğu ve kalitesi, kullanılan ekipmanların çözünürlüğü, yazılımın işleme yeteneği ve veri işleme gücü gibi teknik faktörlere doğrudan bağlıdır. Ayrıca, fotogrametri süreci sırasında ortaya çıkan gölgeler, ışık koşulları veya yüzey yansımaları, modelin kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu durum, dijital modelin restorasyon sürecinde kullanılabilirliği açısından dikkat edilmesi gereken önemli bir zorluktur. Klasik yöntemlerle yapılan belgeleme teknikleri ise, daha fazla zaman ve emek gerektirmesine rağmen, fiziki ortamlarla doğrudan temas sağlama avantajı sunmaktadır. Restorasyon süreçlerinde insan gözüyle yapılan incelemeler, yapının malzeme özellikleri, yapısal bozulmalar veya yüzeydeki değişiklikler hakkında daha fazla bilgi verebilir. Bununla birlikte, klasik yöntemlerin en büyük dezavantajı, tekrarlanabilirlik ve güncellenebilirlik açısından dijital modellere kıyasla daha sınırlı olmalarıdır. Ayrıca, büyük yapılar ve detaylı mimari unsurlar söz konusu olduğunda, klasik yöntemler hataya daha açık ve daha zaman alıcıdır. Bu çalışma bağlamında yapılan değerlendirmeler, dijital modelleme tekniklerinin, mimari ve kültürel mirasın korunmasında klasik yöntemlerin yerini tamamen almadığını, ancak bu yöntemleri tamamlayıcı bir rol oynadığını göstermektedir.

Dijital modellemenin sunduğu yenilikçi çözümler, özellikle belgelenme, izleme ve paylaşım süreçlerinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ancak, dijital yöntemlerin teknik sınırlamalarını aşmak ve modellerin doğruluğunu artırmak için sürekli bir teknoloji gelişimi gereklidir. Bu bağlamda, dijital yöntemlerle yapılan belgelenme süreçlerinin, klasik yöntemlerle elde edilen verilerle desteklenmesi, daha kapsamlı ve bütüncül bir koruma stratejisinin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Gelecekteki çalışmalarda, dijital modelleme tekniklerinin daha geniş bir yapı stoğunda uygulanarak test edilmesi, farklı yapı tiplerinde ve malzeme özelliklerinde karşılaşılan zorlukların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Aynı zamanda, dijital modellerin zaman içinde nasıl bir doğruluk sağladığı, yapıların restorasyon süreçlerinde nasıl kullanılabildiği ve yapıların zaman içerisindeki değişimlerini ne derece izleyebildiği üzerine yapılacak uzun vadeli çalışmalar, bu teknolojilerin mimari mirasın korunmasındaki rolünü daha da pekiştirecektir. Mor Şarbel Kilisesi'nin çan kulesi gibi kültürel mirasın dijital yöntemlerle belgelenmesi ve modellenmesi süreci, bu teknolojilerin sunduğu potansiyeli gözler önüne sermektedir. Ancak, bu potansiyelin tam anlamıyla kullanılması için dijital teknolojiler ve klasik yöntemler arasındaki dengeyi iyi kurmak, yapının tarihsel ve kültürel önemini koruyarak daha sürdürülebilir bir restorasyon ve korunma stratejisi geliştirmeye katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Agisoft (2024). The Agisoft website. [Online]. <https://www.agisoft.com> (Erişim Tarihi: 09.12.2024)

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Bekar, İ., & Kutlu, İ. (2024). Critical analysis and digital documentation of the transformations of heritage buildings. *VITRUVIO-International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 9(1), 110–123. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2024.21186>
- Bongiovanni, G., Buffarini, G., Clemente, P., Rinaldis, D., & Saitta, F. (2017). Experimental vibration analyses of a historic tower structure. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 7, 601–613. <https://doi.org/10.1007/s13349-017-0245-4>
- Casolo, S., Milani, G., Uva, G., & Alessandri, C. (2013). Comparative seismic vulnerability analysis on ten masonry towers in the coastal Po Valley in Italy. *Engineering Structures*, 49, 465–490. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.11.033>
- Castellazzi, G., D’Altri, A. M., de Miranda, S., & Ubertini, F. (2017). An innovative numerical modeling strategy for the structural analysis of historical monumental buildings. *Engineering Structures*, 132, 229–248. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.11.032>
- Çakıcı, F. Z., & Kaçdi, R. (2023). Systematic analysis of the digital technologies used in the documentation of historical buildings. *Cultural Heritage and Science*, 4(2), 69-77. <https://doi.org/10.58598/cuhes.1344379>
- D’Ambrisi, A., Mariani, V., & Mezzi, M. (2012). Seismic assessment of a historical masonry tower with nonlinear static and dynamic analyses tuned on ambient vibration tests. *Engineering Structures*, 36, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.12.009>
- Dalkılıç, N. (2008). Geleneksel konutlarda kullanıcı-mekân ilişkisi: Midyat örneği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 13(1), 17–33.
- Dalkılıç, N., & Aksulu, İ. (2004). Midyat Geleneksel Kent Dokusu ve Evleri Üzerine Bir İnceleme. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3), 313–326.
- Ergün, R., & Halaç, H. H. (2021). Kırkkâşık Bedesteni'nin Yapı Kullanıcıları Bazında Kullanım Sonrasında Değerlendirilmesi. *Online Journal of Art & Design*, 9(3), 150-162.
- Evens, T., & Hauttekeete, L. (2011). Challenges of digital preservation for cultural heritage institutions. *Journal of Librarianship and Information Science*, 43(3), 157–165. <https://doi.org/10.1177/0961000611410585>
- Ferraioli, M., Lavino, A., Abruzzese, D., Mandara, A., & Avossa, A. M. (2023). Seismic vulnerability analysis and structural rehabilitation of a historical masonry tower. *Procedia Structural Integrity*, 44, 1092–1099. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.141>
- Gomes, L., Bellon, O. R. P., & Silva, L. (2014). 3D reconstruction methods for digital preservation of cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 50, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2014.03.023>
- Gögebakan, Y. (2011). Ülkemizde kültür ve kültür varlıklarının korunmasının mimari ve kent ölçeğinde yansımaları. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1(2).

- Gökdemir, A., & Baki, Z. (2024). Structural Analysis of the Historical Sungurlu Clock Tower. *Applied Sciences*, 14(16), 7085. <https://doi.org/10.3390/app14167085>
- Gubańska, R. (2008). Tower as an Architectural and Urban Planning Dominant in the Cultural Landscape of Poland. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 4(11), 939-949.
- Güleç, S. A. (2007). Yersel fotogrametri yöntemi ile rölöve alım tekniğinin taş kapılarda uygulanışı-Konya örnekleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Jadresin Milic, R., McPherson, P., McConchie, G., Reutlinger, T., & Singh, S. (2022). Architectural history and sustainable architectural heritage education: Digitalisation of heritage in New Zealand. *Sustainability*, 14(24), 16432. <https://doi.org/10.3390/su142416432>
- Korumaz, M., Betti, M., Conti, A., Tucci, G., Bartoli, G., Bonora, V., Korumaz A. G., & Fiorini, L. (2017). An integrated Terrestrial Laser Scanner (TLS), Deviation Analysis (DA) and Finite Element (FE) approach for health assessment of historical structures. A minaret case study. *Engineering Structures*, 153, 224–238. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.10.026>
- Lancellotta, R., & Sabia, D. (2013). The role of monitoring and identification techniques on the preservation of historic towers. In *2nd International Symposium on Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites*, Napoli, Italy, CRC Press, Taylor and Francis.
- Leon, I., Pérez, J. J., & Senderos, M. (2020). Advanced techniques for fast and accurate heritage digitisation in multiple case studies. *Sustainability*, 12(15), 6068. <https://doi.org/10.3390/su12156068>
- Lin, H. M., Lu, F. C., & Tsai, J. C. (2011). An investigation of digital creative of the Chih-Kan-Tower. In *2011 International Conference on Photonics, 3D-Imaging, and Visualization*, 8205, 501–506. <https://doi.org/10.1117/12.906324>
- Liu, Y., & Chen, J. (2023). Research on the Conservation of Historical Buildings Based on Digital 3D Reconstruction. *Procedia Computer Science*, 228, 593-600.
- Micelli, F., & Cascardi, A. (2020). Structural assessment and seismic analysis of a 14th-century masonry tower. *Engineering Failure Analysis*, 107, 104198. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104198>
- Mocerino, C., Lahmar, A., Azrou, M., & Lahmar, A. (2024). Innovation and Resilience in the Redevelopment, Restoration and Digitalisation Strategies of Architectural Heritage. *Materials Research Proceedings*, 40. <https://doi.org/10.21741/9781644903117-35>
- Ozturk, S., Ayan, E., & Isinkaralar, O. (2018). Visual landscape evaluation of Kastamonu clock tower environment as a historical urban area. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12), 9617–9625.
- Özkaynak, M., & Şeker, B. Ş. (2022). Structural Assessment of the Sustainability of the Historical Clock Tower as a Landmark. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 30(1), 153–162.

- Parrinello, S., De Marco, R., & Miceli, A. (2020). Documentation strategies for a non-invasive structural and decay analysis of medieval civil towers: an application on the Clock Tower in Pavia. *Restauro Archeologico*, 28(2), 18-43. <https://doi.org/10.13128/rar-9518>
- Styliadis, A. D. (2007). Digital documentation of historical buildings with 3-d modeling functionality. *Automation in Construction*, 16(4), 498-510. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.09.003>
- Soydan, E., & Şarman, N. (2019). Mardin Ve Şırnak İllerindeki Süryanilere Ait Dini Yapıların Kültür (Ve İnanç) Turizmi Potansiyeli. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 6(6 Issue 8), 589–607.
- Soyluk, A., & İlerisoy, Z. (2013). Dynamic analysis of Dolmabahçe masonry clock tower. *Građevinar*, 65(04), 345–352. <https://doi.org/10.14256/JCE.885.2012>
- Şeker, B. Ş., Büyükgüner, G., & Özkaynak, M. (2022). Structural Assessment of the Historical Yozgat Clock Tower. *Journal of Materials and Engineering Structures (JMES)*, 9(1), 17–28.
- Şimşek, D., & Kutlu, İ. (2023). Digital Approach to Documenting Cultural Heritage Dynamics in Hasankeyf. In III. International Architectural Sciences and Applications Symposium, Napoli, İtalya.
- Şimşek, D., & Işiker, F. (2024). Bir Erken Cumhuriyet Dönemi Yapısı: İzzetpaşa Karakolu ve Dijital Belgeleme Süreci. *Modular Journal*, 7(1-2), 11-29.
- Tülek, B., & Özdemir, A. (2019). Kentsel peyzajlarda endüstri miraslarının önemi: Çankırı tarihi tren garı örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 9(20), 1-17. <https://doi.org/10.16950/iujad.580409>
- Van Eck, N., & Waltman, L. (2009). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Zhao, T. H., Wang, H. O., & Zheng, H. T. (2024). The Practice of Digital Technology in the Conservation and Restoration of Historical Buildings. *Engineering Technology Trends*, 2(2).

EXTENDED ABSTRACT

The preservation, restoration and sustainability of historical buildings and cultural heritage sites are critical challenges faced by contemporary societies. As these structures embody the collective memory and identity of communities, their conservation is essential not only for maintaining historical continuity but also for fostering cultural understanding and appreciation. Effective conservation practices require a multidisciplinary approach that incorporates historical research, architectural analysis, and innovative technologies. Sustainable restoration strategies must prioritize the use of materials and methods that respect the original texture of the building while also addressing modern safety standards and environmental concerns. By ensuring that these heritage sites are preserved for future generations, we can promote cultural tourism, enhance community pride, and contribute to the overall well being of society.

Historical towers represent a significant component of cultural heritage and provide profound insights into the architectural knowledge of the past. This study investigates the methodologies for acquiring data on towers through the application of digital technologies in historical tower research. The integration of digital tools not only facilitates precise determination of the geometric dimensions of towers but also enhances the efficiency and accuracy of the analysis processes, which are critical in the context of conservation.

The study explores the integration of digital technologies into data collection and analysis through a comprehensive four-stage process, using the bell tower in Midyat as a case study. The first stage comprises a systematic literature review that identifies

existing studies on historical towers, detailing the methodologies employed to obtain their geometric dimensions. This review highlights the evolution of documentation practices and the increasing importance of digital methods in architectural research. In the second stage, an observation-based field study was conducted in Midyat, utilizing high-resolution images captured by existing unmanned aerial vehicles (UAVs). This approach not only allows for detailed visual documentation but also enables the capture of complex geometries that traditional methods may overlook. The third stage involved the development of sophisticated digital model of the bell tower, which presents comprehensive data on the tower's geometric structure and facilitates a deeper understanding of its architectural significance. The final stage includes a thorough evaluation of the advantages and potential drawbacks that digitalization processes may bring to the examination and analysis of historical towers.

The findings indicate that the research processes related to towers can be significantly accelerated, thereby facilitating the development of rapid conservation strategies that are responsive to the dynamic challenges faced by heritage buildings. The study concludes that digital technologies profoundly enhance data acquisition from historical towers characterized by complex geometric features and provide innovative approaches for future restoration projects. By integrating advanced digital documentation techniques, this research not only contributes to the preservation of cultural heritage but also provides more effective management and conservation practices in the field of historical architecture. The insights gained from this study may serve as a valuable resource for scholars and practitioners aiming to leverage technology in the conservation of historical buildings. Furthermore, the implications of this research extend beyond the case study, offering a framework that can be applied to various historical contexts, thus enriching the discourse on the intersection of technology and heritage conservation.