



Kagir Yapılardaki Taş Malzeme Bozulmalarının Lidar Tarama Yöntemi ile Belgelenmesi: Geleneksel Silvan Konağı Vaka Çalışması

Lale Karataş*¹, Aydın Alptekin*²

¹Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mardin, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yersel Lazer Tarama,
Kültürel Miras,
Taş Malzeme,
Malzeme Sorunları,
Ortofoto.

ÖZ

Diyarbakır'ın Silvan İlçesi, geleneksel kent kültürünün soyut ve somut unsurlarını barındıran bir yerleşimdir. 1990 yılında Silvan surları koruma alanı oluşturulmasına rağmen, Silvan koruma amaçlı imar planı hala yapılmamıştır. Sur içinin sit alanı ilan edilmemesi ve tescil işlemlerinin çok geç başlaması; birçok evin yıkılmasına, niteliksiz eklerin yapılmasına hatta betonarme yapılaşmaya neden olmuş ve insan etkileri ile oluşan bilinçsiz müdahale geleneksel yapıların yıpranmasını hızlandırmıştır. Bu çalışmanın amacı yersel lazer taramadan çeşitli tekniklerle elde edilen verileri yerinde incelemeyen elde edilen verilerle birleştirilerek geleneksel Silvan evlerinin özelliklerini yansıtan Silvan Konağı'na dair malzeme bozulmalarını tespit etmek ve belgelemektir. Yapının korunması geleneksel Silvan evleri kültürel mirasının devamlılığı noktasında önemlidir. Çalışmada gözlemsel tespit, fotoğrafla belgeleme ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda konutta hatalı onarım ve bakımsızlık kaynaklı bozulmaların en sık rastlanan sorunlar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle cephelerde malzeme kayıplarını onarım amaçlı yapılan bilinçsizce işlemler olan çimento esaslı harç ile müdahale yapının görsel algısını bozduğu gibi taş malzemeye de zarar verdiği görülmektedir. Çalışma sonuçları, yersel lazer tarayıcının hiçbir temas söz konusu olmaksızın malzemelerin ve nem, tuz, yosun ve liken gibi biyolojik değişiklikler malzemeleri etkileyen farklı hasar türlerinin dokümantasyonu alanında büyük faydalar gösterdiği, bu yöntemle tespitinde yüksek doğruluk ve hız kazandığı olgularına destek vermektedir.

Documentation of Stone Material Deterioration in Masonry Buildings by Terrestrial Laser Scanning Method: A Case Study of Traditional Silvan Mansion

Keywords

Terrestrial laser scanner,
Cultural heritage,
Stone Material,
Material deterioration,
Orthophoto.

ABSTRACT

The Silvan District of Diyarbakır, which is the subject of the study, is a settlement that contains the intangible and tangible elements of traditional urban culture. Despite the creation of the Silvan walls protection area in 1990, the conservation plan for Silvan has not been prepared yet. The fact that the inside of the city wall is not declared a protected area and the registration procedures start too late; It has caused the demolition of many houses, the construction of unqualified additions and even reinforced concrete construction, and the unconscious intervention caused by human effects has accelerated the wear of traditional structures. The aim of this study is to identify and document the material deterioration of the Silvan Mansion, which reflects the characteristics of traditional Silvan houses, by combining the data obtained by various techniques from terrestrial laser scanning with the data obtained from on-site inspection. The preservation of the building is important for the continuity of the cultural heritage of traditional Silvan houses. Observational detection, photographic documentation and terrestrial laser scanning methods were used in the study. As a result of the study, it has been determined that the most common problems are the failures caused by faulty repairs and lack of maintenance. It is seen that the intervention with cement-based mortar, which is the unconscious process of repairing material losses, especially on the facades, disrupts the visual perception of the building and also damages the stone material. The results of the study support the fact that terrestrial laser scanner shows great benefits in the field of different damage expenditures where there are materials that do not contain any contact content and biological changes materials such as moisture, salt, algae and so on, and that high accuracy and speed have been gained in the detection of these experiences.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

*(lalekaratas@artuklu.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-8582-4612

*(aydinalptekin@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-5605-0758

Karataş, L. & Alptekin A. (2022). Kagir Yapılardaki Taş Malzeme Bozulmalarının Lidar Tarama Yöntemi ile Belgelenmesi: Geleneksel Silvan Konağı Vaka Çalışması. Türkiye Lidar Dergisi, 4(2), 71-84

Geliş Tarihi/Received: 19/10/2022; Kabul Tarihi/Accepted: 30/12/2022

1. GİRİŞ

Sağlamlığı ve dayanıklılığı nedeniyle eski çağlardan beri yapı malzemesi olarak kullanılan taş, yapı malzemesi olarak kullanıldığında birden farklı iklim ve atmosfer koşullarına maruz kalmakta ve çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmalara uğramaktadır (Alptekin vd., 2019; Karataş vd., 2022; Karataş, 2022a; Karataş, 2016; Kanun vd., 2022; Shen vd., 2019; Yakar & Alptekin, 2021; Patil vd., 2021; Alptekin vd., 2022). Yapı taşlarının bozulma oranları ve bozulmalarına yol açan süreçler, iklim ve antropojenik faaliyetlerle ilgili diğer dış faktörlerin yanı sıra doku, mineraloji, gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımı gibi içsel özelliklere de bağlıdır. Özellikle, kentsel ortamlardaki yüksek hava ve yağış kaynaklı sülfat seviyeleri, yoğun taş bozulmalarına yol açmaktadır (Ambrosini vd., 2019; Corvo vd., 2010; Comite vd., 2017; Comite vd., 2020; Falchi vd., 2019; Gibeaux vd., 2018; Graue vd., 2013; Ivaskova vd., 2015; Rovella vd., 2020; Vidorni vd., 2019; Vidal vd., 2018; Webb vd., 1992; Alptekin & Yakar, 2021). Londra gibi kentsel şehirler için, sıcaklık ve yağış gibi dış faktörlerin yanı sıra kükürt ve azot oksitler gibi hava kirleticilerde taş yapıların bozulmasında en çok etki eden faktörler arasında yer almaktadır (Basu vd., 2020, Karataş, 2022b).

Biyolojik türlerin büyümesi, asitlerin salgılanması da taş çözünmesinin başka önemli bir nedenidir. Suyun taş üzerindeki etkisi ayrıca çeşitli maddelerin çözünmesine sebep olarak koruma açısından karmaşık bir durum yaratmakta ve su sirkülasyonu çeşitli maddelerin birikmesine sebep olabilmektedir. Nemi emen taş mineralleri, hacim artışından dolayı taş üzerinde baskı uyguladığından iç gerilimleri artırarak taşın çatlamasına, parçalanmasına veya kırılmasına neden olabilmektedir (Perry & Duffy, 1997). Ayrıca taşın içine giren sıvı; tuzlar, biyolojik ajanlar ve sudan eriyebilen çeşitli maddeler gibi ajanların taşınması ve değişim etkileri için önemli bir ortam haline gelebilmektedir (Alves vd., 2021). Ayrıca su, taş bileşenleri ile reaksiyona girebilir ve taş içerisinde birikecek olan maddelerin salınımını teşvik edebilmektedir (D'oubal, 2017; Iucolano, 2019; Aly vd., 2020; Dursun & Topal, 2019; Ergüler & Shakoor, 2009; Beck & Al-Mukhtar, 2014; Bustamante vd., 2020; Germinario vd., 2020; Winkler, 1997; Bonazza vd., 2017; Gulotta vd., 2018; De Azcona vd., 2002).

Ayrıca literatürde dünyada taş yapıları çevrede meydana gelen bozulmaların bir diğer önemli sebebinin insan kaynaklı hatalı onarımlardan kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Duffy vd., 1993; Arroyo vd., 2013; Altuntaş vd., 2007). Bu bağlamda bir yapının tam anlamıyla korunabilmesi için yapıyı oluşturan taşın mevcut durumu ve taşın zaman içinde maruz kaldığı çevresel değişiklikleri deşifre etmek gerekmekte ve malzemenin mevcut durumunu tespit etmek gerekmektedir.

Yapının mevcut durumunu tespit etme aşamasında; her kültürel yapının kendine has özellikleri, sorunları ve özgüllüğü ile başlı başına bir olgu oluşturduğu için, manuel haritalama gibi geleneksel yöntemler tarihi binalardaki malzeme bozulmalarının tespitinde zahmetli ve zaman alan yöntemler olmaktadır. Eski anıtları oluşturan yapı malzemeleri üzerindeki bozulmaları incelemek ve teşhis etmek için tematik haritaların üretim

sürecini iyileştirmek amacıyla son yapılan çalışmalarda, özellikle tahribatsız bir teknik olan yersel lazer tarama gibi farklı tekniklerin, çeşitli analiz yöntemleriyle birleştirilmesinin malzemelerin ve malzeme bozulmalarının teşhisinin tam olarak yapılabilmesi noktasında büyük yarar sağladığı vurgulanmaktadır. Lidar tarama yöntemi, malzemeleri ve malzeme bozulmalarını büyük bir doğrulukla tespit etme imkânı ve geleneksel tekniklerle elde edilmesi zor olan geometrik detayların analizini kolaylaştırmaktadır. Karmaşık bir geometriye sahip mimari ve tarihi alanların araştırılması için lazer tarayıcı gibi bir tekniğin kullanılması, bu nedenle, yüksek doğruluk ve gezinilebilir ve ölçülebilir 3B yüzey modeli ile grafik çıktılar elde etmek için yararlı bir araçtır (Yılmaz & Yakar, 2016a; Yılmaz & Yakar, 2016b; Oruç & Baş, 2021). Çeşitli çalışmalarda lazer tarayıcı anketinden otomatik olarak (veya sınırlı bir manuel işlemle) grafik çıktılar çıkararak, kültürel mirasın incelenmesi, restorasyonu ve malzeme hasar analizlerini desteklemeye yardımcı olduğu tespit edilmiştir (Giuseppina vd., 2012; Alptekin & Yakar, 2020b, Karataş, 2022c). Ayrıca çeşitli çalışmalarda yersel lazer tarayıcının hiçbir temas sözü konusu olmaksızın malzemelerin ve nem, tuz, yosun ve liken gibi biyolojik değişiklikler malzemeleri etkileyen farklı hasar türlerinin dokümantasyonu alanında büyük faydalar gösterdiği, bu yöntemle tespitinde yüksek doğruluk ve hız kazanıldığı tespit edilmiştir (Karataş vd., 2022a; 2022b; 2022c; Lerma & Herráez, 1999; Armesto-González vd., 2010; Giuseppina vd., 2012; Alptekin & Yakar, 2020a; Oruç & Öztürk, 2021).

Literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda malzeme bozulmalarının dokümantasyonunda farklı tekniklerin ve farklı teknolojilerin bütünleşik bir yaklaşımından yararlanılması gerekliliğinin doğru sonuçlar için önemi vurgulanmaktadır. Bu nedenle restorasyon aşamasında yapıya uygun malzemenin seçiminde çeşitli tekniklerin kullanımının birleştirilmesi ve multidisipliner çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Multidisipliner sonuçların detaylandırılmasından elde edilen nitel ve nicel bilgiler, korumanın mevcut durumu hakkında bilgi vermiş, böylece gerekli restorasyon malzemelerinin ve müdahale çalışmalarının seçimine yönelik karar vermeye yardımcı olmaktadır (Tsilimantou vd., 2020; Fort-González vd., 2002; Herrera vd., 2009; Weritz vd., 2009; Genovese, 2005; Bitelli vd., 2016; Breccolotti vd., 2018; Palazzi vd., 2019; Galassi vd., 2020; Cundari, 2012; Docci & Maestri, 2012). Bu bağlamda bu çalışmanın amacı yersel lazer taramadan çeşitli tekniklerle elde edilen verileri yerinde incelemeye elverişli verilerle birleştirerek, geleneksel Silvan evlerinin özelliklerini yansıtan Silvan Konağı'na dair malzeme bozulmalarını tespit etmek ve belgelemektir.

Çalışmaya konu olan yapı, geleneksel kent kültürünün soyut ve somut unsurlarını hala barındıran Diyarbakır'ın Silvan İlçesi'nde bulunmaktadır. Silvan kalesi içerisinde konumlanarak, topografyaya uygun bir biçimde, yöresel malzemenin kullanımı ile oluşan ve geleneksel özelliklerini kaybetmeyen konut örneklerine halen rastlanmaktadır. Mimari dokusunu kısmen koruyabilen bir yerleşim yeri olan Silvan'da geleneksel evler geçmiş yaşamın düzeyi ve niteliğine tanıklık eden, kent kimliğinin önemli bir parçası olup ana yapı malzemesi olan kireçtaşı, bölgede asırlık bir geleneğe

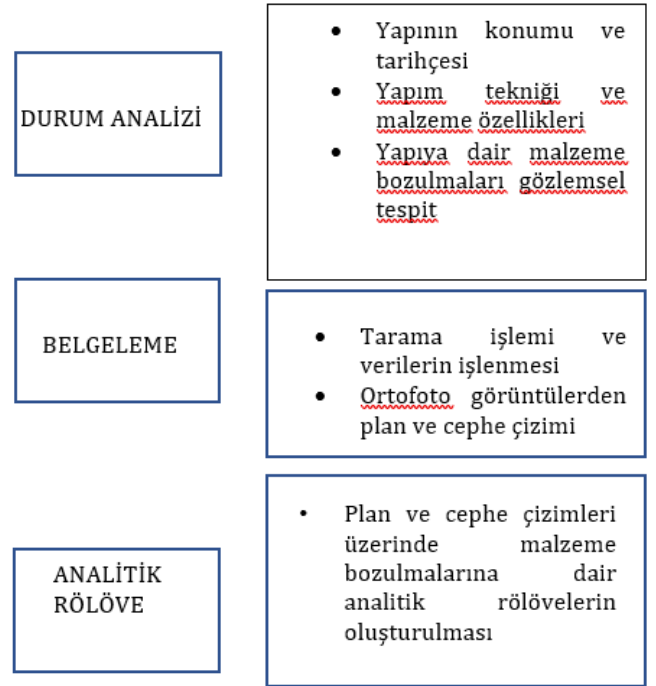
sahip olup, yerel sakinler tarafından kiliseler, kaleler ve diğer dini ve sivil binaları inşa etmek ve süslemek için kullanılmıştır. 1990 yılında Silvan surları koruma alanı oluşturulmasına rağmen, Silvan koruma amaçlı imar planı hala yapılmamıştır. Sur içinin sit alanı ilan edilmemesi ve tescil işlemlerinin çok geç başlaması; birçok evin yıkılmasına, niteliksiz eklerin yapılmasına hatta betonarme yapılaşmaya sebep olmuştur. İnsan etkileri ile oluşan bilinçsiz müdahale, vandalizm gibi nedenler geleneksel yapıların yıpranmasını hızlandırmıştır (Dağtekin vd., 2017). Yapının korunması geleneksel Silvan evleri kültürel mirasının devamlılığı noktasında önemlidir. Çalışmada gözlemsel tespit, fotoğrafla belgeleme ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda konutta hatalı onarım ve bakımsızlık kaynaklı bozulmaların en sık rastlanan sorunlar olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yapıya bakımsızlıktan kaynaklı su etkisi devam etmekte ve bu durum taşın bozulma süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu durumun öncelikle önüne geçilmesi önem arz etmekte, taşa su ve sulu çözeltilerin nüfuz etmesini önlemek gerekmektedir. Ayrıca cephelerde malzeme kayıplarını onarım amaçlı yapılan bilinçsizce işlemler olan çimento esaslı harç ile müdahalelerin, yapının görsel algısını bozduğu gibi taş malzemeye de zarar verdiği görülmektedir. Bu kapsamda çalışma bulgularına dayanarak, yapının onarımı sırasında özellikle yerel çevresel faktörler veya mikro iklim koşulları dikkate alınarak ve kullanılacak onarım maddelerinin taş alt tabaka ile uyumluluğunu ve uygunluğunu ve hâkim iklimdeki dayanıklılıkları test edilerek kullanılacak harç onarım maddeleri seçilmesi gerektiği görülmektedir.

2. YÖNTEM

Çalışmada, yapının malzeme bozulmalarının analitik olarak belgelenmesi için literatür taraması, gözlemsel tespit, fotoğrafla belgeleme ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bilgiler betimsel ve sistematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, örnek olay incelemesinin yapılacağı tarihi yapı ile ilgili durum analizi yapılmış ve yapının genel bilgileri sunulmuştur. Daha sonraki aşamada yapının iç ve dış tüm ölçümleri lazer tarama ile almış ve iki gün süren ölçümler sonucunda alınan veriler büro ortamında 'Scene' adlı programda birleştirilmiştir. Dataların birleştirilmesinden sonra nokta bulutları oluşturularak yapının üç boyutlu kütlesi ortaya çıkarılmıştır. Gerçek ölçülere göre oluşan kütle üzerinden 'PointCab Origins 3.9' programı ile ortofoto alınarak çizimlere hazır hale getirilmiştir. Ortofotolar Autocad program yardımı ile malzeme bozulmaları analitik rölövelerine dönüştürülmüştür.

Yapılan makro ve mikro görsel gözlemler, yapının veya anıtın mevcut durum analizi ve lazer taramadan elde edilen ortofotolardan elde edilen cephe çizimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirildikten sonra, çeşitli bulgulara ulaşılmıştır. Aşağıdaki şekil iş akışına yönelik durumu özetlemektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Malzeme bozulmalarını belgelemede yersel lazer tarama verilerinden ortofoto oluşturma ve entegrasyona yönelik önerilen süreci gösteren iş akışı

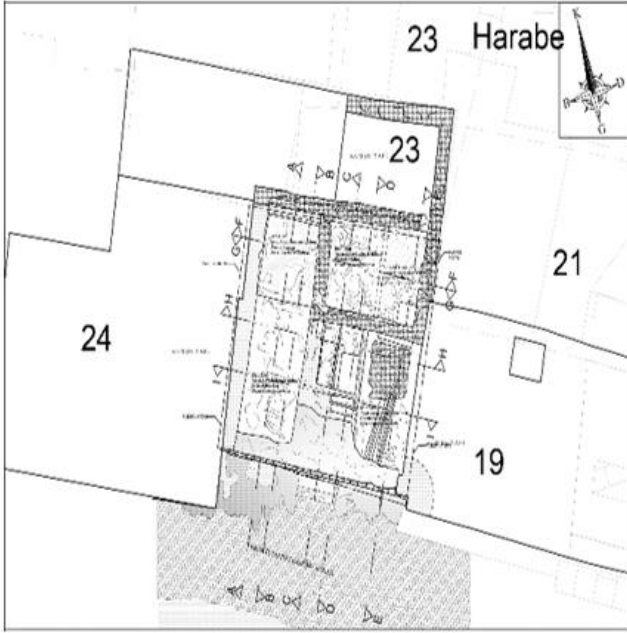
2.1. Durum Analizi

Yapıya dair koruma önerileri getirmeden önce yapının bulunduğu çevre ile ilişkini anlayabilmek için genel strüktürü, formu, malzemesi ve çevresiyle ilgili olarak yapıya ilişkin araştırmaların yapılması gereklidir (Karkaş & Özgünler, 2021). Bu bağlamda bu ilk aşamada; yapıyla ilgili tarihi belgeler, zaman içerisinde yaşadığı değişiklikler, mekânsal ve cephe özellikleri, malzeme ve yapım tekniği ve mevcut durumdaki malzeme bozulmalarına dair tüm bilgiler toplanmıştır. Bu bölümde bu aşamalar açıklanmaktadır.

2.1.1. Silvan Konağı konumu ve tarihçesi

Çalışmaya konu olan Silvan Konağı; Diyarbakır Silvan ilçesi sınırları içerisinde ve Mescit mahallesi 314 ada 20 parselde yer almaktadır. Yapı tarihi surların üzerine inşa edilmiştir. Görsel ve sözlü kaynaklardan elden bilgilere göre yapılış tarihi tam olarak belli olmamakla beraber 1850 ve sonrası civarıdır.

Yapı zemin ve birinci kat olmak üzere iki farklı plan kotundan oluşmaktadır. Yapıya güney cephesinde bulunan ana kapıdan girilir. Yapılan araştırmalar yapıya ait kitabe veya inşa tarihini belirten herhangi bir belge olmadığını göstermektedir. Yapıda taşıyıcı sistemin esasını kalın duvarlar teşkil etmekle beraber, kapı ve pencerelerde yuvarlak kemerler tercih edilmiştir. İnşa malzemesi, çoğunlukla kaba yönü taşlar, tuğla ve kalın sur taşlarıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Silvan Konağı Vaziyet Planı

2.1.2. Silvan Konağı malzeme ve yapım tekniği

Yapı iki katlı olup giriş cephesi sur duvarlarının üzerinde inşa edilmiştir. Geri kalan kısımlar, kaba yönü taşlardan yapılmıştır. Ön cephe hariç diğer üç cephe bitişik nizamdadır. Yığma yapım tekniğinde inşa edilen evlerin taşıyıcı duvarlarında yöresel kalker taş kullanılmıştır. Avlu zemini doğal taş veya topraktır. Zemin kattaki mekânların döşemesi taş veya sıkıştırılmış topraktır. Yaşam katında ise döşeme ahşap kirişleme üstü taş veya ahşap kaplamadır. Üst örtü ahşap kirişleme üzeri toprak damdır (Şekil 3-5).



Şekil 3. Silvan Konağı Malzeme ve Yapım Tekniği



Şekil 4. Güney Cephesi



Şekil 5. Doğu Cephesi

2.1.3. Gözlemsel Tespit

Taşların bozulma morfolojilerinin haritalanması için yapının çeşitli ölçekli çizimlerle (rölöveler) ve yakın çekim fotoğraf gibi diğer görsel imkânlarla belgelenmesi gerekmektedir. Böylece çizimler üzerinde taşın hasar tipleri işlenerek hasar lejantları oluşturularak belirlenen hasar tipleri görsel analizlere dayalı olarak oluşturulabilir (Karkaş & Özgünler, 2021; Altuntaş vd., 2007). Bu bağlamda çalışmada yapının koruma durumunu değerlendirmenin ilk adımında, hasar haritalamadan oluşan görsel bir inceleme yapılmıştır. Taş malzeme bozulmalarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmış bir çizelge üzerinde yer alan malzeme bozulması türleri Tablo 1.'de açıklanmaktadır.

Tablo 1. Yapıda oluşan malzeme bozulmaları

DOĞAL TAŞ YAPI ELEMANLARI			SORUNLAR																				
			Yüzey kaybı	Parça kopması	Boşluk/ delik oluşumu	Oyuklanma	Çatlak	Kavlanma	Yapraklanma	Derz boşalması	Yüzey kirliliği	Kabuk oluşum	Çiçeklenme	Şekerlenme	Bitki oluşumu	Yosun oluşumu	Korozyon (Pas lekesi)	Aşınma	Form kaybı	Renk değişimi	Hatalı Onarımlar		
DÜŞEY TAŞIYICILAR	TEK TAŞIYICILAR	Ayak Sütun																					
	SÜREKLİ TAŞIYICILAR	Duvar	X	-					X						X						X	X	
YATAY TAŞIYICILAR	DÖŞEMELER	Düz	X						X						X						X	X	
		Eğrisel	Tono z Kubbe																				
MERDİVENLER																							
DUVAR BOŞLUKLARI	Pencere	Lento/söve																					
		Eşik																					
	Kapı	Lento/söve																					
		Denizlik																					
Kemer																							
YARDIMCI ELEMANLAR	Şebeke																						
	Silme																						
	Çörtten																						
	Baca																						
	Örtüye Geçiş Elemanı																						

2.2. Tarama Prosedürü ve Veri İşleme

Arazide tarama işlemine geçmeden önce tarama işleminin planlanması gerekmektedir. Planlama aşamasında tarama yapılacak istasyonların konumları ve sayısı, belirlenmesi gerekmektedir (Riveiro ve ark., 2011; Doğan & Yakar, 2018; Korumaz vd., 2011; Karataş vd., 2022d; ; 2022e; 2022f; 2022g; 2022h Yakar, 2011).

Tarama yapılacak istasyonların konumları yapının tamamını ve tüm detayları kapsayacak şekilde yeterli sayıda belirlenmelidir. Bu çalışmada; Mardin Mungan Konağı binasının tarama işleminde binanın dış kısmı için 11 istasyon yeri belirlenmiştir. Çalışmada ilk tarama istasyonun alet merkezli koordinat sistemi proje koordinat sistemi olarak belirlenmiş ve diğer tüm istasyonlardan elde edilen nokta bulutu verileri bu koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Verilerin temizleme işleminden sonra tüm yapıya ait 3 boyutlu nokta bulutu oluşturulur. Bu aşamada Mardin Silvan Konağı'nın belgelenmesi amacıyla tarama işleminde yersel lazer tarama yöntemi kullanılmıştır. Yapı yersel lazer tarama cihazı kullanılarak (Faro Focus Laser Scanner) dış cephe taraması yapılmış (Şekil 6) ve yapılan tarama işleminde elde edilen nokta bulutları elde edilmiştir.



Şekil 6. Laser Scanner (The Focus3D X 330)

2.3. Ortofoto Görüntülerin Elde Edilmesi

Bu aşamada PointCab Origins 3.9 adlı yazılımda lazer tarama işleminde elde edilen nokta bulutları 3 boyutlu görsellere dönüştürülmüştür (Şekil 7).

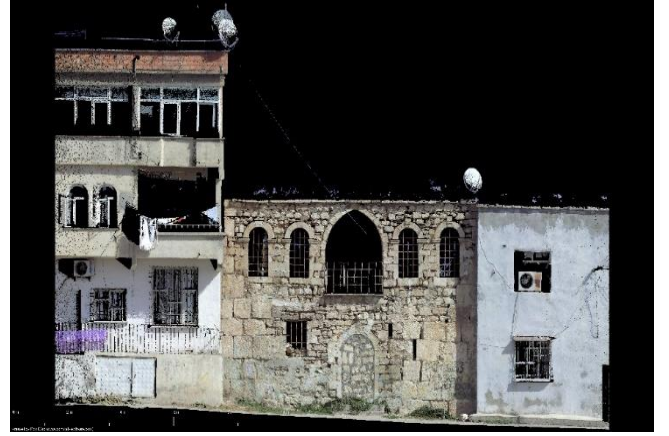


Şekil 7. Yersel Lazer Tarama Elde edilen 360 derece panoramik görüntülerin PointCab Origins 3.9 adlı program kullanılarak üç boyutlu hale getirilmesi

Program üzerinde yapının 3 boyutlu kütlesi üzerinde çeşitli yerlerden kesitler alınarak binanın ortofoto görüntüleri elde edilmiştir (Şekil 8-9).



Şekil 8. PointCab Origins 3.9 adlı programında yapının ölçekli ortofotoları(dik foto) elde edilmesi (Kat planları)



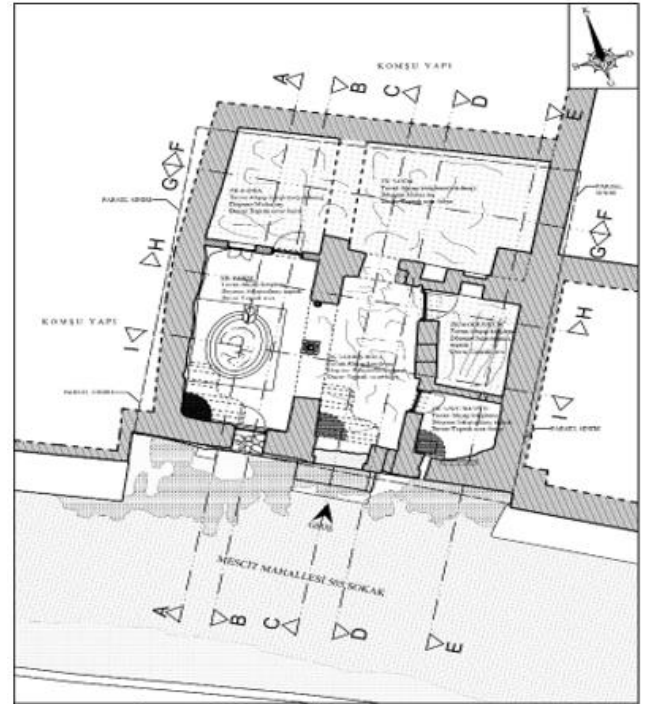
Şekil 9. PointCab Origins 4.0 adlı programında yapının ölçekli ortofotoları (dik foto) elde edilmesi (Güney Cephesi)

3. BULGULAR

Yapıya dair plan, cephe ve malzeme bozulmalarına dair çizimlerinin oluşturulması işleminde ise AutoCAD programı kullanılmıştır. Çizim işlemine geçmeden önce PointCab Origins 3.9 yazılımında üretilen ortofoto görüntüler AutoCAD ortamına aktarılmıştır. AutoCAD yazılımlarının ortak veri formatı olan .tif ya da .tiff uzantılı TIF dosyası formatında AutoCAD ortamına aktarılabilir. Elde edilen ölçekli ortofoto görüntüler kullanılarak, Autocad programı ile yapının plan, cephe ve malzeme bozulmalarına dair analitik rölöveler elde edilmiştir.

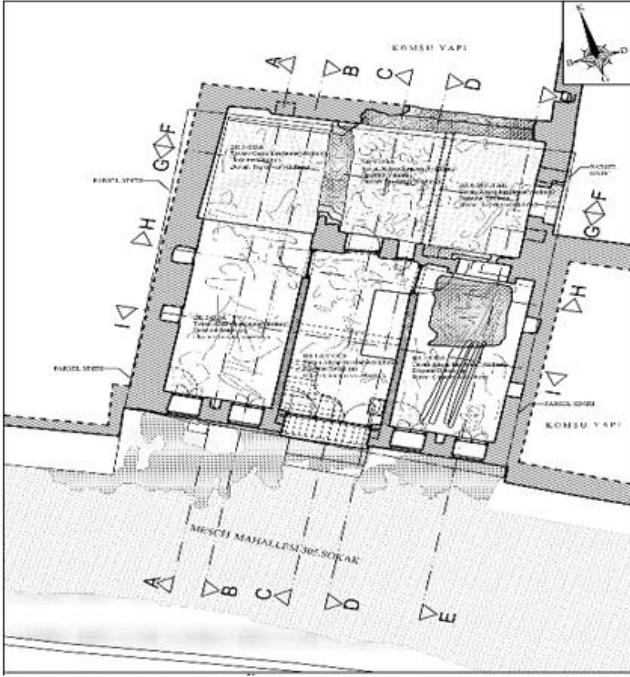
3.1. Mekânsal Özellikler

Yapı iki katlı bir yapıdır. Yapının zemin katında bir adet kapatılmış giriş kapısı, bir adet wc, 2 adet yıkılmış oda, bir adet giriş holü ve bir adet havuzlu oda olmak üzere toplam 6 mekân bulunmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Zemin Kat Planı Analitik Rölövesi

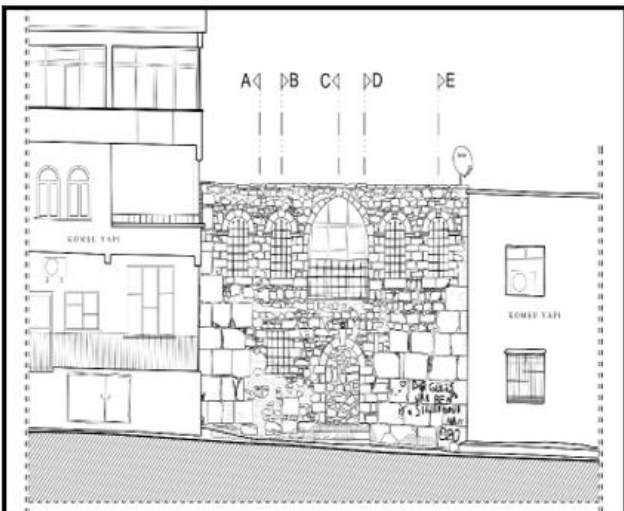
Yapının birinci katında ise, 3 tanesi tamamen yıkılmış 6 birim mevcuttur. Ayrıca 2 adet ayırıcı tuğla duvar da bulunmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Birinci Kat Planı Analitik Rölövesi

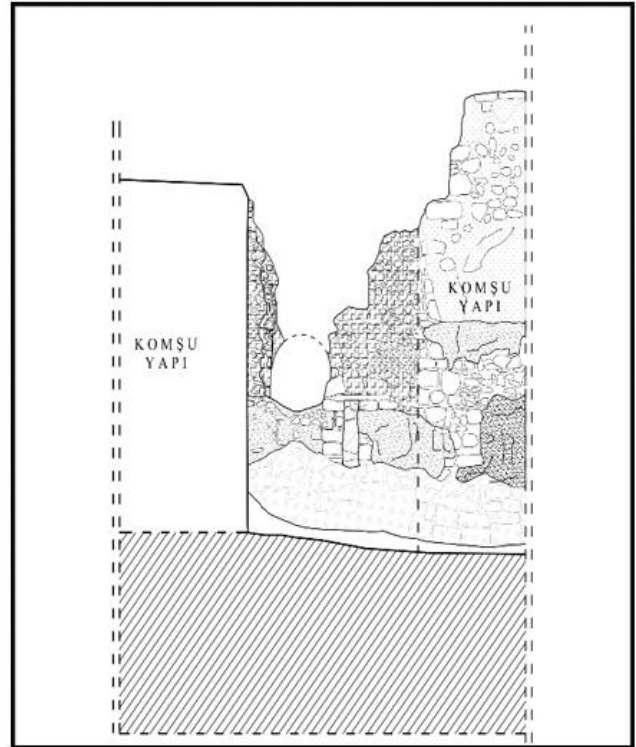
3.2. Cephe Özellikleri

Güney cephesi; cephenin sağ ve sol tarafında bitişik nizamda yapılar bulunmaktadır. Cephede ön giriş kapısı kapatılmıştır. Kapının önünde 2 adet basamak vardır. Kapının sol tarafında bir adet pencere bulunmaktadır. Pencerenin önünde demir şebekeler mevcuttur. Demir şebekeler korozyona uğramıştır. Giriş kapısının sağ tarafında biri WC'ye ait olmak üzere 2 adet küçük pencere boşluğu bulunmaktadır. Duvarın sağ tarafında boya ile müdahaleler yapılmıştır. Cephede yapının 2.katına ait olan bir eyvan kemeri bulunmaktadır. Kemer sivri kemer olup arkasında ahşap doğramalar önünde demir şebekeler vardır. Kemerin sağında ve solunda ikişer adet kemerli pencere bulunmaktadır pencerelerin önünde demir şebekeler bulunmaktadır. Yapının damında saçak taşları görülmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. Güney Cephesi Analitik Rölövesi


















Doğu cephesi; cephenin sağ ve sol tarafında bitişik nizamda yapılar bulunmaktadır. Cephede yıkılmalar bulunmaktadır. Kemer şeklinde ocak izi mevcuttur. Bir adet kapatılmış pencere görülmektedir. Cephede sıva dökülmeleri meydana gelmiştir. Cephenin önünde moloz yığını vardır (Şekil 13).



Şekil 13. Doğu Cephesi Analitik Rölövesi

3.3. Malzeme Sorunları

Taşların bozulma morfolojilerinin haritalanması için önceki aşamalarda, yapının plan ve cepheleri çeşitli ölçekli çizimlerle (rölöveler) ve yakın çekim fotoğraf gibi diğer görsel imkânlarla belgelenmiştir. Böylece çizimler üzerinde taşın hasar tipleri işlenerek hasar lejantları oluşturularak belirlenen hasar tipleri görsel analizlere dayalı olarak oluşturulabilir. Bu bağlamda çalışmada yapının koruma durumunu değerlendirmenin ilk adımında, hasar haritalamadan oluşan görsel bir inceleme yapılmıştır. Taş malzeme bozulmalarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmış bir çizelge üzerinde yer alan malzeme bozulması türleri Çizelge 1.'de açıklanmaktadır. Önceki bölümlerde yapılan makro ve mikro görsel gözlemler, yapının veya anıtın mevcut durum analizi ve lazer taramadan elde edilen ortofotolardan elde edilen cephe çizimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirildikten sonra, yapının malzeme sorunlarına ulaşılmıştır. Aşağıdaki kısımda yapının malzeme sorunlarının haritalanmasına dair lejant yer almaktadır (Şekil 14).

HASAR ANALİZİ			
	SIVA-BOYA DÖKÜLMESİ		BOYANMIŞ TAŞ YÜZEYLER AYKIRI BOYANMIŞ YÜZEYLER
	MALZEME KAYBI / DUVAR VE DAMDA YIKILMA		ÖZGÜN METAL KORKUKLULARDA KOROZYON VE YIPRANMA
	ÇİMENTO ESASLI HARÇ İLE MÜDAHALE		KILCAL ÇATLAK
	TAŞTA PARÇA-DOKU KAYBI		DERZ BOŞALMASI
	BOYA		DUVAR YÜZEYİNDE KİRLENME
	BETON ŞAP		KAPATILMIŞ PENCERE-KAPI
	MOLOZ YIĞINI		TOPRAK
	EKLENTİ DUVAR		MUHDES EK
	BİTKİ,YABANI OT		

Şekil 14. Malzeme bozulmalarının haritalanmasına dair lejant

Konutta hatalı onarım ve bakımsızlık kaynaklı bozulmalar en sık rastlanan sorunlardır. Bakımsızlık sonucu kaderine terk edilen konakta toprak damın kısmı yerlerde çökmüş olduğu görülmektedir. Evde bakımsızlıktan dolayı ağır hasarlar oluşmuştur. Ön cephe hariç diğer cepheler, bazı oda duvarları ve dam döşemeleri yıkılmıştır. Üst örtü kesintilerinin olduğu yerlerde yapı suya karşı korunmasız hale gelerek iç mekânlarda daha fazla tahribat oluşmasına neden olmuştur. Zemin katta iç mekânda bakımsızlıktan kaynaklı moloz yığını birikintileri görülmektedir. Birinci katta ise yine bakımsızlıktan kaynaklı moloz birikintileri ve taş duvar ve döşeme yüzeylerinde nem kaynaklı malzeme kayıpları görülmektedir (Şekil 15-16).

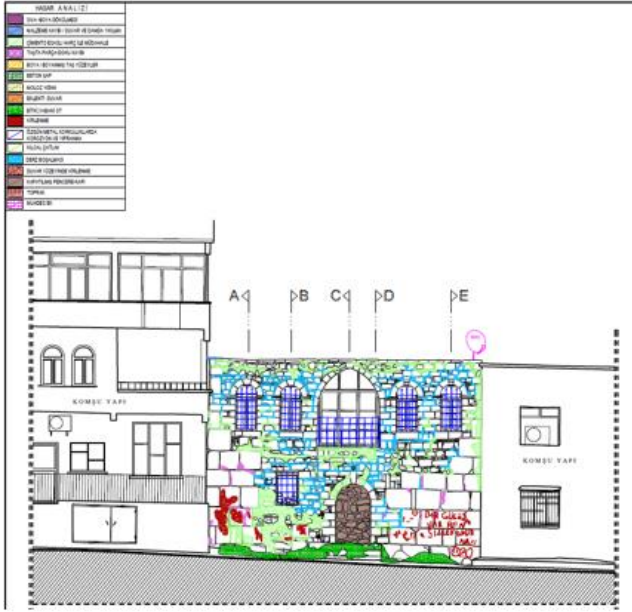


Şekil 15. Zemin Kat planı hasar tespiti

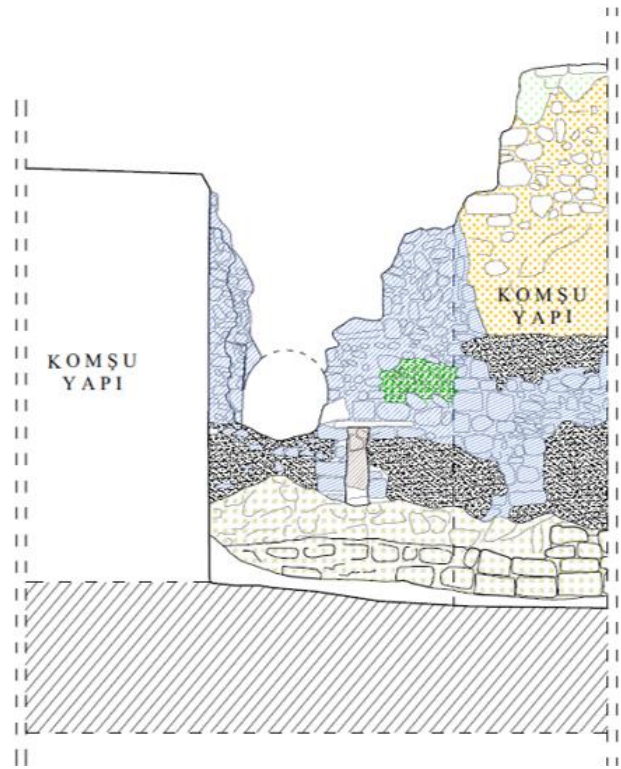


Şekil 16. Birinci Kat planı hasar tespiti

Yapının ön cephesi olan güney cephesinde suya maruz kalmaktan kaynaklı malzeme kaybı ve bitki oluşumu olduğu görülmektedir. Sonradan yapıya eklenen metal yağmur olukları bakımsızlıktan dolayı tıkanıp, işlevini yerine getiremediğinden yağmur suları çatıda birikmekte ve cephe yüzeyine akmaktadır. Ayrıca cephelerde malzeme kayıplarını onarım amaçlı yapılan bilinçsizce işlemler olan çimento esaslı harç ile müdahale yapının görsel algısını bozduğu gibi taş malzemeye de zarar vermektedir (Şekil 17-18).



Şekil 17. Güney cephesi hasar tespiti



Şekil 18. Doğu cephesi hasar tespiti

4. TARTIŞMA

Yapılan çalışma yersel lazer tarama araştırmalarına dayalı olarak kagir yapıların malzeme bozulmalarını analizi için, lazer taramadan çeşitli tekniklerle elde edilen verileri yerinde incelemeyen elde edilen verilerle birleştirilerek taş cephelerin malzeme bozulmalarının belgelenmesine odaklanan bir değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır.

Çalışma sonucunda gözlemsel tespitler ile lazer taramadan elde edilen verilerin birleştirilmesinin malzeme sorunlarının belgelenmesini kolaylaştırdığı ve doğru tespitlerin elde edilmesini daha kısa yoldan sağladığı görülmüştür. Bu sonuç literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda malzeme bozulmalarının dokümantasyonunda farklı tekniklerin ve farklı

teknolojilerin bütünleşik bir yaklaşımından yararlanılması gerekliliğinin doğru sonuçlar için önemli olduğunu vurgulayan çalışma sonuçlarına destek vermektedir (Tsilimantou vd., 2020; Fort-González vd., 2002; Herrera vd., 2009; Weritz vd., 2009; Genovese, 2005; Bitelli vd., 2016; Breccolotti vd., 2018; Palazzi vd., 2019; Galassi vd., 2020; Yakar vd., 2005; Cundari, 2012; Docci & Maestri, 2012).

Ayrıca çalışma sonuçlarında, lazer taramadan elde edilen nokta bulutları sayesinde çeşitli yazılımlarla oluşturulabilen ortofoto görüntüler üzerinden, rölöve planları için gerekli olan cephe, plan ve kesit çizimi için altlık olacak verilerin elde edilebildiği görülmüştür. Elde edilen analitik rölöveler altlık olarak kullanılarak malzeme bozulmalarına yönelik analitik rölövelerin oluşturulmasının da sağlanabileceğini görülmektedir. Lazer tarayıcı anketinden otomatik olarak (veya sınırlı bir manuel işlemle) grafik çıktılar çıkararak, kültürel mirasın incelenmesi, restorasyonu ve malzeme hasar analizlerini desteklemeye yardımcı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç; literatürde çeşitli çalışmalarda vurgulanan, lazer tarama yönteminden elde edilen veriler ile malzeme bozulmalarına yönelik analitik rölövelerini kolaylıkla çıkarılabilmekte olduğu ve özellikle taş yüzeylerin, belgelenmesi ve değerlendirilmesinde uzun ve zahmetli ölçümler gerektiren geleneksel yöntemler yerine yersel lazer tarama yönteminin kullanılması çok çok büyük bir kolaylık getirdiği bulgularına destek vermektedir. (Giuseppina vd., 2012; Yakar vd., 2010a; Yakar vd., 2010b). Sunulan yöntemle istenen verilerin çok kısa bir zaman içerisinde oluşturulabilmesi, belgeleme çalışmalarında geleneksel yöntemler yerine lazer tarama yönteminin kullanılmasının arazi çalışmalarında ihtiyaç duyulan zamanı büyük oranda azalttığını görülmektedir.

Ayrıca çalışmamız, literatürde çeşitli çalışmalarda ulaşılan, yersel lazer tarayıcının hiçbir temas söz konusu olmaksızın malzemelerin ve nem, tuz, yosun ve liken gibi biyolojik değişiklikler malzemeleri etkileyen farklı hasar türlerinin dokümantasyonu alanında büyük faydalar gösterdiği, bu yöntemle tespitinde yüksek doğruluk ve hız kazanıldığı bulgularına destek vermektedir (Lerma & Herráez, 1999; Armesto-González vd., 2010; Giuseppina vd., 2012; Ulvi vd., 2015; Yakar & Doğan, 2017; Yılmaz vd., 2009).

Ulaşılan bulgular kapsamında tarihi Silvan Konağı'nda taş malzeme bozulma türlerinden malzeme kaybı, bitki oluşumu ve çimento kullanımından kaynaklı hatalı onarımlar sorunlarına rastlanmıştır. Yapıda meydana gelen hasarların olası nedenleri arasında kullanıcı kaynaklı bozulmalar ve doğa şartlarının olumsuz etkileri sıralanabilir.

Vurgulanması gereken bir diğer önemli bulgu; konutta hatalı onarım ve bakımsızlık kaynaklı bozulmalar en sık rastlanan sorunlar olduğudur. Bakımsızlık sonucu kaderine terk edilen konakta toprak damın kısmı yerlerde çökmüş olduğu görülmektedir. Üst örtü kesintilerinin olduğu yerlerde yapı suya karşı korunmasız hale gelerek iç mekânlarda daha fazla tahribat oluşmasına neden olmuştur. Yapının ön cephesi olan güney cephesinde suya maruz kalmaktan kaynaklı görülen en fazla sorunun malzeme kaybı ve bitki oluşumu olduğu görülmektedir. Sonradan yapıya eklenen metal yağmur olukları bakımsızlıktan dolayı

tıkanıp, işlevini yerine getiremediğinden yağmur suları çatıda birikmekte ve cephe yüzeyine akmaktadır. Bu bulgu Perry & Duffy(1997); çalışmasında tespit ettiği; özellikle yağmur suyu ile yoğun direkt temasta olan yapılarda gözle görünen aşınmalar gözlemlendiği ve nemi emen taş mineralleri, hacim artışından dolayı taş üzerinde baskı uygulayarak bozulmaya neden olduğu olgusunu desteklemektedir. Yapıda su etkimesi sonucu malzeme kayıplarının en fazla oranda görülen sorun olması literatürde çeşitli çalışmalarda elde edilen taş su etkimesi sonucu taşın yüzeyinde kütle kayıplarının ve mukavemet azalmasının olduğu sonucunu desteklemektedir (Iucolano vd.,2019; Aly vd., 2020; Dursun & Topal,2019; Ergüler & Shakoor, 2009; Beck & Al-Mukhtar, 2014; Bustamante vd.,2020; Germinario vd.,2020; Bonazza vd.,2017; Gulotta vd., 2018)

Cephelerde suya maruz kalan bölgelerde yoğun bitki oluşumları görülmektedir. Bu bulgu Alves vd. (2021) çalışmasında belirttiği yapıları çevredeki malzemeler suyun değişen etkilerine maruz kalmakta ve taşın içine giren sıvı; tuzlar, biyolojik ajanlar ve sudan eriyebilen çeşitli maddeler gibi ajanların taşınması ve değişim etkileri için önemli bir ortam haline geldiği ve yapıyı bitki oluşumu başta olmak üzere çok çeşitli taş bozulma türlerine maruz bıraktığı olgusuna destek vermektedir. Ayrıca bu bulgu De Azcona vd. (2002), çalışmasında vurguladığı; su, taş bileşenleri ile reaksiyona girebilir ve taş içerisinde birikecek olan maddelerin salınımını teşvik edebildiği olgusunu desteklemektedir.

Ayrıca yapıda suya maruz kalan yerlerde belirgin bir malzeme kaybı görülürken, suya maruz kalmayan yerlerde görülmemesi Winkler (1997) çalışmasında taş yapılarda yağmura maruz kalan tarafın belirgin erozyon gösterdiğini, korunan tarafta ise malzemenin korunduğu bulgusunu doğrulamaktadır.

Ayrıca cephelerde malzeme kayıplarını onarım amaçlı yapılan bilinçsizce işlemler olan çimento esaslı harç ile müdahale yapının görsel algısını bozduğu gibi taş malzemeye de zarar verdiği görülmektedir. Elde edilen bu bulgu Duffy vd. (1993) çalışmasında belirttiği, yapının onarımı sırasında özellikle yerel çevresel faktörler veya mikro iklim koşulları dikkate alınmadan ve kullanılacak onarım maddelerinin taş alt tabaka ile uyumluluğunu ve uygunluğunu ve hakim iklimdeki dayanıklılıkları test edilmeden kullanılan maddeler malzemenin daha fazla hasar görmesine neden olabildiği ve özellikle onarım amaçlı kullanılan harçlar yüksek miktarlarda çözünür kalsiyum içerdiklerinden ve binalarda en zararlı tuz olan kalsiyum sülfat oluşumuna yol açabilmekte ve birçok harcın geçirgen kimyası ıslanma, emme ve buharlaşma yoluyla yüksek düzeyde su hareketine maruz bırakarak yapı taşlarına zarar veren maddeleri tutabildiği bulgusuna destek vermektedir. Ayrıca bu bulgu Arroyo ve ark. (2013) Napoli kentindeki taş yapılarla ilgili yaptıkları çalışmada elde ettiği, daha önce onarım amaçlı yapılan restorasyonlarda kullanılan malzeme ve harçların bileşiminin Napoli kentindeki taş yapılarda en büyük bozulma nedeni olduğu bulgusuna, Türkiye'nin Silvan ilçesinde yer alan geleneksel taş konutlar bağlamında da benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ

Yapılan çalışma yersel lazer tarama araştırmalarına dayalı olarak taş cephelerin malzeme bozulmalarını analizi için, lazer taramadan çeşitli tekniklerle elde edilen verileri yerinde incelemeyen elde edilen verilerle birleştirilerek taş cephelerin malzeme bozulmalarının belgelenmesine odaklanan bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma, tarihi yapılardaki özgün malzemelerin korunabilmesi için gerekli olan çalışma etaplarını lazer taramadan elde edilen verilerin ortofotolar haline dönüştürülerek malzeme bozulmalarını belgelemek için bir altlık oluşturulmasının yöntemlerini sistematik olarak örnekleme yönüyle önemlidir.

Tüm sonuçlar doğrultusunda yapılacak müdahaleler kapsamında su ve nem kaynaklı bozulmalar olan malzeme kaybı ve bitki oluşumu bozulmalarına karşın kimyasal uygulama yapılmadan önce kullanıcıların, mutlaka bu alanda uzmanlaşmış kişilerden teknik tavsiye alması gerekmektedir. Araştırma sonuçlarına göre yapıya bakımsızlıktan kaynaklı su etkisi devam etmekte ve bu durum taşın bozulma süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu durumun öncelikle önüne geçilmesi ve taş su ve sulu çözeltilerin nüfuz etmesini önlemek gerekmektedir. Bu kapsamda ise su itici kimyasal uygulamalar taş koruma çalışmaları kapsamında uzmanlar tarafından gerekli görülürse tercih edilebilir.

Ayrıca cephelerde malzeme kayıplarını onarım amaçlı yapılan bilinçsizce işlemler olan çimento esaslı harç ile müdahale yapının görsel algısını bozduğu gibi taş malzemeye de zarar verdiği görülmektedir. Bu kapsamda yapının onarımı sırasında özellikle yerel çevresel faktörler veya mikro iklim koşulları dikkate alınarak ve kullanılacak onarım maddelerinin taş alt tabaka ile uyumluluğunu ve uygunluğunu ve hakim iklimdeki dayanıklılıkları test edilerek kullanılacak harç onarım maddeleri seçilmelidir.

Gelecek çalışmalarda yukarıda belirtilen verilerin bir CBS sistemi ile birleştirilmesi, incelenen yapının sürdürülebilirlik açısından yaşam döngüsünün izlenmesine yardımcı olabilecektir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Silvan Konağı çevre sakinlerine teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Lale Karataş; Metodoloji, Veri Toplama; Yazım. **Aydın Alptekin;** Kontrol.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Alptekin, A. & Yakar, M. (2020a). Kaya Bloklarının 3B Nokta Bulutunun Yersel Lazer Tarayıcı Kullanarak Elde Edilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2 (1), 1-4.
- Alptekin, A. & Yakar, M. (2020b). Mersin Akyar Falezinin 3B modeli. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2 (1), 5-9.
- Alptekin, A. & Yakar, M. (2021). 3D model of Üçayak Ruins obtained from point clouds. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 37-40. DOI: 10.53093/mephoj.939079
- Alptekin, A., Çelik, M. Ö. & Yakar, M. (2019). 3D modelling of mausoleum by using ground laser scanner. *Türkiye Lidar Dergisi*, 1 (1) ,1-4.
- Alptekin, A., Çelik, M.Ö., Doğan, Y. & Yakar, M. (2022). Illustrating of a Landslide Site with Photogrammetric and LIDAR Methods. In: El-Askary, H., Erguler, Z.A., Karakus, M., Chaminé, H.I. (eds) Research Developments in Geotechnics, Geo-Informatics and Remote Sensing. CAJG 2019. *Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham*.
- Altuntas, C., Yildiz, F., Karabork, H., Yakar, M., & Karasaka, L. (2007, October). Surveying and documentation of detailed historical heritage by laser scanning. *In XXI International CIPA Symposium*, 1(6).
- Alves, C., Figueiredo, C. A. M., Sanjurjo-Sánchez, J. & Hernández, A. C. (2021). Effects of water on natural stone in the built environment—A Review. *Geosciences*, 11, 459. doi: <https://doi.org/10.3390/geosciences11110459>.
- Aly, N., Hamed, A., & El-Al, A. A. (2020). The impact of hydric swelling on the mechanical behavior of Egyptian helwan limestone. *Period. Polytech. Civ. Eng.*
- Ambrosini, D., De Rubeis, T., Nardi, I. & Paoletti, D. (2019). The Potential of optical profilometry in the study of cultural stone weathering. *Journal of Imaging*, 5(6), 60. doi:10.3390/jimaging5060060.
- Armesto-González, J., Riveiro-Rodríguez, B., González-Aguilera, D., Teresa Rivas-Brea, M. (2010). Terrestrial laser scanning intensity data applied to damage detection for historical buildings, 37(12), 0–3047. doi:10.1016/j.jas.2010.06.031.
- Arroyo, F. & Villegas-Sánchez, R. (2013). The church of Saint Martin (Trujillo, Spain): Study of the stone degradation. *Journal of Cultural Heritage*, 14(3), 109–112. doi:10.1016/j.culher.2012.10.024.
- Basu, S., Orr, S. A., Aktas, Y. D. (2020). A Geological Perspective on Climate Change and Building Stone Deterioration in London: Implications for Urban Stone-Built Heritage Research and Management. *Atmosphere*, 11, 788.
- Beck, K. & Almkhtar, M. (2014). Cyclic wetting–drying ageing test and patina formation on tuffeau limestone. *Environ Earth Sci*, 71, 2361–2372.
- Bitelli, G., Castellazzi, G., D'altri, A. M., De Miranda, S., Lambertini, A. & Selvaggi, I. (2016). Automated voxel model from point clouds for structural analysis of cultural heritage. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences- ISPRS Archives*, 41, 191-197.
- Bonazza, A., Vidorni, G., Natali, I., Ciantelli, C., Giosuè, C. & Tittarelli, F. (2017). Durability assessment to environmental impact of nano-structured consolidants on Carrara marble by field exposure tests. *Sci. Total. Environ*, 575, 23–32.
- Breccolotti, M., Severini, L., Cavalagli, N., Bonfigli, F. M., Gusella, V. (2018). Rapid evaluation of in-plane seismic capacity of masonry arch bridges through limit analysis. *Earthquake and Structures*, 15(5), 541-553.
- Bustamante, R., Vázquez, P., Rodríguez-Monteverde, P. & Monjo, J. (2020). Adapted ageing tests for the evaluation of alabaster used in the restoration of Bishop's Palace of Tarazona. *Mater. De Construcción*, 70(), 219.
- Comite, V., Álvarez de, B. M., Barca, D., Belfiore, C. M., Bonazza, A., La Russa, M. F., Pezzino, A., Randazzo, L. & Ruffolo, S. A. (2017). Damage monitoring on carbonate stones: Field exposure tests contributing to pollution impact evaluation in two Italian sites. *Construction and Building Materials*, 15, 907–922. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.07.048
- Comite, V., Ricca, M., Ruffolo, S. A., Graziano, S. F., Rovella, N., Rispoli, C., Gallo, C., Randazzo, L., Barca, D., Cappelletti, P. & La Russa, M. F. (2020). Multidisciplinary Approach for Evaluating the Geochemical Degradation of Building Stone Related to Pollution Sources in the Historical Center of Naples (Italy). *Applied Sciences*, 10(12), 4241. doi:10.3390/app10124241
- Corvo, F., Reyes, J., Valdes, C., Villaseñor, F., Cuesta, O., Aguilar, D. & Quintana, P. (2010). Influence of air pollution and humidity on limestone materials degradation in historical buildings located in cities under tropical coastal climates. *Water, air, and soil pollution*, 205(1), 359-375.
- Cundari, C. (2012). *Il Rilievo Architettonico. Ragioni Fondamenti. Applicazioni*. Roma: Kappa.
- D'oubal, J. (2017). The restoration of the Stone Fountain in Kutná Hora: An assessment of the contemporary intervention within the context of repairs throughout history. *Stud. Conserv*, 62, 371–383.
- Dağtekin, E., Payaslı O. G. & Yıldırım, M. (2017). Geleneksel Silvan evlerinin mimari analizi architectural analysis of traditional silvan houses. 5. 96/118.
- De Azcona, M. C. L., Gonzalez, R. F. & Martín, F. M. (2002). La conservación de los materiales pétreos en la Fuente de Cibeles, Madrid (España). *Mater. De Construcción*, 52, 65–75.
- Docci, M. & Maestri, D. (2012). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Bari: Laterza.
- Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 50-55. DOI: 10.26833/ijeg.378257
- Duffv, A. P., Cooner, T. P. & Perrv, S. H. (1993) Reoointina. L / mortars for conservation of a historic stone building in Trinity College Dublin. *Mat. Struct.* 26(), 302-306.

- Dursun, F. & Topal, T. (2019). Durability assessment of the basalts used in the Diyarbakır City Walls, Turkey. *Environ. Earth Sci*, 78, 1–24.
- Erguler, Z. & Shakoor, A. (2009). Relative contribution of various climatic processes in disintegration of clay-bearing rocks. *Eng. Geol.*, 108, 36–42.
- Falchi, L., Orio, E., Balliana, E., Izzo, F. C. & Zendri, E. (2019). Investigation on the relationship between the environment and istria stone surfaces in Venice. *Atmospheric Environment*, 210, 76–85. doi:10.1016/j.atmosenv.2019.04.044
- Fort-González, R., López, H. C. & Mingarro, F. (2002). Assessment of protective treatments based on their chromatic evolution: limestone and granite in the Royal Palace of Madrid, Protection and Conservation of the Cultural Heritage of the Mediterranean Cities. *Balkema*, Lisse, 347e442.
- Galassi, S., Ruggieri, N. & Tempesta, G. (2020). A Novel, Numerical Tool for Seismic Vulnerability Analysis of Ruins in Archaeological Sites. *International Journal of Architectural Heritage*, 14(1), 1-22.
- Genovese, R. A. (2005). Architectural, archaeological and environmental restoration planning methodology: historic researches and techniques of survey aiming to conservation. In: *Proceedings of CIPA XX International Symposium*, Torino, Italy.
- Germinario, L., Oguchi, C. T., Tamura, Y., Ahn, S., Ogawa, M. & Taya, C. (2020). A Buddhist marvel hidden in underground Japan: Stone properties, deterioration, and environmental setting. *Herit. Sci*, 8, 1–20.
- Gibeaux, S., Vázquez, P., De Kock, T., Cnudde, V. & Thomachot-Schneider, C. (2018). Weathering assessment under X-ray tomography of building stones exposed to acid atmospheres at current pollution rate. *Construction and Building Materials*, 168, 187–198. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.120.
- Giuseppina, V., Deidda, M., Dessi, A. & Marras, M. (2012). Laser Scanner Survey To Cultural Heritage Conservation And Restoration. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 589-594. 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B5-589-2012.
- Graue, B., Siegesmund, S., Oyhantcabal, P., Naumann, R., Licha, T. & Simon, K. (2013). The effect of air pollution on stone decay: the decay of the Drachenfels trachyte in industrial, urban, and rural environments—a case study of the Cologne, Altenberg and Xanten cathedrals. *Environmental Earth Sciences*, 69(4), 1095–1124. doi:10.1007/s12665-012-2161-6.
- Gulotta D, Villa F, Cappitelli F & Toniolo L (2018). Biofilm colonization of metamorphic lithotypes of a renaissance cathedral exposed to urban atmosphere. *Sci. Total. Environ*, 639, 1480–1490.
- Güleç, Korumaz, A., Dülgerler, O. N. & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Herrera, L. K., Borgne, S. & Videla, H. (2009). Modern methods for materials characterization and surface analysis to study the effects of biodeterioration and weathering on buildings of cultural heritage. *International Journal of Architectural Heritage*, 3, 74e91.
- Iucolano, F., Colella, A., Liguori, B. & Calcaterra, D. (2019). Suitability of silica nanoparticles for tuff consolidation. *Constr. Build. Mater.* 202(), 73–81.
- Ivaskova, M., Kotes, P. & Brodnan, M. (2015). Air Pollution as an Important Factor in Construction Materials Deterioration in Slovak Republic. *Procedia Engineering*, 108, 131–138. doi: 10.1016/j.proeng.2015.06.128
- Karatas, L. (2022a). Integration of 2D mapping, photogrammetry and virtual reality in documentation of material deterioration of stone buildings: Case of Mardin Şeyh Çabuk Mosque. *Advanced Engineering Science*, 2, 135-146
- Karatas, L. (2022b). Investigating the historical building materials with spectroscopic and geophysical methods: A case study of Mardin Castle. *Turkish Journal of Engineering*, 7(3), 266-278
- Karataş, L. (2016). Mardin Kentsel Sit Alanındaki İbadet Yapılarında Malzeme Kullanımı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma. Master's Thesis, Uludağ University, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 340p (in Turkish).
- Karataş, L. (2022c). Investigating the historical building materials with spectroscopic and geophysical methods: A case study of Mardin Castle. *Turkish Journal of Engineering*, 7 (3), 266-278. DOI: 10.31127/tuje.1145711.
- Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022a). Analytical Documentation of Stone Material Deteriorations on Facades with Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Şanlıurfa Kışla Mosque. *Advanced LiDAR*, 2(2), 36–47.
- Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022b). Creating Architectural Surveys of Traditional Buildings with the Help of Terrestrial Laser Scanning Method (TLS) and Orthophotos: Historical Diyarbakır Sur Mansion. *Advanced LiDAR*, 2(2), 54–63.
- Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022c). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022d). Creating Architectural Surveys of Traditional Buildings with the Help of Terrestrial Laser Scanning Method (TLS) and Orthophotos: Historical Diyarbakır Sur Mansion. *Advanced LiDAR*, 2(2), 54–63.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022e). Detection and documentation of stone material deterioration in historical masonry structures using UAV photogrammetry: A case study of Mersin Aba Mausoleum. *Advanced UAV*, 2(2), 51–64.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022f). Detection of materials and material deterioration in historical buildings by spectroscopic and petrographic methods: *The example of Mardin Tamir Evi. Engineering Applications*, 1(2), 170-187
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022g). Investigation of Molla Hari (Halil) Süleyman Paşa Mosque's material deteriorations. *4th Advanced Engineering Days*, 55-57.

- Karataş, L., Alptekin, A., Kanun, E. & Yakar, M. (2022e). Tarihi kârgir yapılarda taş malzeme bozulmalarının İHA fotogrametrisi kullanarak tespiti ve belgelenmesi: Mersin Kanlıdivane ören yeri vaka çalışması. *İçel Dergisi*, 2 (2), 41-49
- Karataş, L., Alptekin, A., Karabacak, A. & Yakar, M. (2022h). Detection and documentation of stone material deterioration in historical masonry buildings using UAV photogrammetry: A case study of Mersin Sarisih Inn. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4 (2), 53-61. DOI: 10.53093/mephoj.1198605
- Karkaş, Z. S. & Acun, Ö. S. (2021). Tarihi Yapılarda Kagir Yapı Malzemelerinin Koruma Uygulamalarında Kullanılabilecek Bir Yöntem Önerisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25 (3), 564-577.
- Lerma, J. L. & Herráez, J. (1999). Reconocimiento y Cartografiado Automático de Monumentos Arquitectónicos. In: *Proceedings of the XI International Congreso of Graphical Engineering*, Logroño-Pamplona, Spain, 732e740.
- Oruç, M. E. & Baş G. (2021). Kompleks Yapı ve Alanlarda Yersel Lazer Tarama Teknolojisinin Kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 39-47.
- Oruç, M. E. & Öztürk, İ. L. (2021). Usability of Terrestrial Laser Technique in Forest Management Planning. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(1), 17-24.
- Palazzi, N. C., Rovero, L., De La Llera, J. C. & Sandoval, C. (2019). Preliminary Assessment on Seismic Vulnerability of Masonry Churches in Central Chile. *International Journal of Architectural Heritage*. DOI: 10.1080/15583058.2019.1570388.
- Patil, S. M., Kasthurba, A. K., & Patil, M. V. (2021). Characterization and assessment of stone deterioration on Heritage Buildings. *Case Studies in Construction Materials*, 15.
- Perry, S. H. & Duffy, A. P. (1997). The Short-Term Effects Of Mortar Joints On Salt Movement In Stone. *Atmospheric Environment*, 31 (9), 1297-1305.
- Riveiro, B., Morer, P., Arias, P., De Arteaga, I. (2011) Terrestrial Laser Scanning and Limit Analysis of Masonry Arch Bridges, *Construction and Building Materials*, 25 (4): 1726-1735.
- Rovella, N., Aly, N., Comite, V., Randazzo, L., Fermo, P., Barca, D., Alvarez de, B., Monica L. R. & Mauro, F. (2020). The environmental impact of air pollution on the built heritage of historic Cairo (Egypt). *Science of The Total Environment*, 142905-.doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142905.
- Shen, Y., Wang, J., Wei, S., Zheng, D. & Ferreira, V. G. (2019). Accurate extraction of brick shapes in masonry walls from dense terrestrial laser scanning point cloud. *Measurement*, S0263224119305305. doi: 10.1016/j.measurement.2019.05.086
- Tsilimantou, E., Delegou, E. T., Nikitakos, I. A., Ioannidis, C. & Moropoulou, A. (2020). GIS and BIM as Integrated Digital Environments for Modeling and Monitoring of Historic Buildings. *Appl. Sci*, 10, 1078-. <https://doi.org/10.3390/app10031078>
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S. & Mutluoglu, O. (2015). Laser Scanning and Photogrammetric Evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1), 32-36. DOI: 10.18100/ijamec.41690
- Vidal, F., Vicente, R. & Mendes, S. J. (2018). Review of environmental and air pollution impacts on built heritage: 10 questions on corrosion and soiling effects for urban intervention. *Journal of Cultural Heritage*, S1296207418303480-. doi:10.1016/j.culher.2018.11.006.
- Vidorni, G., Sardella, A., De Nuntiis, P., Volpi, F., Dinoi, A., Contini, D., Comite, V., Vaccaro, C., Fermo, P. & Bonazza, A. (2019). Air pollution impact on carbonate building stones in Italian urban sites. *The European Physical Journal Plus*, 134(9), 439-. doi:10.1140/epjp/i2019-12943-0
- Webb, A. H., Bawden, R. J., Busby, A. K. & Hopkins, J. (1992). Studies on the effects of air pollution on limestone degradation in Great Britain. *Atmospheric Environment, Urban Atmosphere*, 26, 165-181.
- Weritz, F., Kruschwitz, S., Maierhofer, C. & Wendrich, A. (2009). Assessment of moisture and salt contents in brick masonry with microwave transmission, spectral induced polarization and laser-induced breakdown spectroscopy. *International Journal of Architectural Heritage*, 3, 126e144.
- Winkler, E. M. (1997). Stone in Architecture. Properties, Durability; 3rd Completely rev. and extended Edition. *Springer*: New York, NY, USA, p. 313.
- Yakar, M. & Alptekin, A. (2021). 3D model of Üçayak Ruins obtained from point clouds. *Mersin Photogrammetry Journal*. doi: 10.53093/mephoj.939079.
- Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54-59.
- Yakar, M., & Doğan, Y. (2017). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 94-101.
- Yakar, M., Yıldız, F., & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, Ö. (2010a). Comparative evaluation of excavation volume by TLS and total topographic station based methods. *Lasers in Eng.*, 19, 331-345.
- Yakar, M., Yılmaz, H., Yıldız, F., Zeybek, M., Şentürk, H. & Çelik, H. (2010b). Silifke-Mersin Bölgesinde Roma Dönemi Eserlerinin 3 Boyutlu Modelleme Çalışması ve Animasyonu. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 101.
- Yılmaz, H. & Yakar, M. (2016a). Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 23-33.
- Yılmaz, H. & Yakar, M. (2016b). Yersel Lazer Tarama Teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 43-48.
- Yılmaz, H. M., Yakar, M., Gulec, S. A. & Dulgerler, O. N. (2007). Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage. 8(4), 428-433. doi:10.1016/j.culher.2007.07.004

Yilmaz, H. M., Yakar, M., Yildiz, F., Karabork, H., Kavurmaci, M. M., Mutluoglu, O. & Goktepe, A. (2009). Monitoring of corrosion in fairy chimney by

terrestrial laser scanning. *Journal of International Environmental Application & Science*, 4(1), 86-91.



© Author(s) 2022.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>