T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİ KORUMADA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANIMININ KAYSERİ KURU KÖPRÜ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Adeoti Akinni Gerard Leger OKE

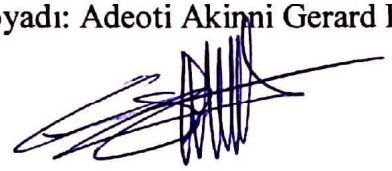
Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Hale KOZLU
İkinci Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Levent ÇORUH

OCAK 2019
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Adeoti Akinni Gerard Leger OKE

İmza : 

YÖNERGEYE UYGUNLUK

"**Mimari Korumada Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kullanımının Kayseri Kuru Köprü Üzerinden Değerlendirilmesi** " adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Adeoti Akinni Gerard Leger OKE

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi H. Hale KOZLU

Mimarlık ABD Başkanı

Doç. Dr. Kemal DEMİR

KABUL VE ONAY

Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Hale KOZLU danışmanlığında **Adeoti Akinni Gerard Leger OKE** tarafından hazırlanan "**Mimari Korumada Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kullanımının Kayseri Kuru Köprü Üzerinden Değerlendirilmesi**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

...08.../.01../ 2019..

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi H. Hale KOZLU .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi M. Caglar BAYDOĞAN .....

Üye : Dr. ÖĞR. ÜYESİ TUĞAN TÜRE .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 12/02/2019 tarih ve 2019/01-07 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....12/02/2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Türkiye'ye gelmemi imkân veren Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı'na teşekkür etmek isterim. Siz olmadan bu deneyimi olmazdı.

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Hale KOZLU'ya ve Dr. Öğr. Üyesi Levent ÇORUH'a teşekkür ederim.

Çalışma boyunca destekleriyle yanımda olan aileme, hocalara ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

MİMARİ KORUMADA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANIMININ KAYSERİ KURU KÖPRÜ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Adeoti A. Gerard L. OKE

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2019

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Hayriye Hale KOZLU

İkinci Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Levent ÇORUH

ÖZET

Artırılmış Gerçeklik (AG), tıptan mimarlığa kadar birçok farklı alanda kullanılan bir iletişim aracıdır. Mimari koruma alanında AG, kültür varlığı ve kullanıcı arasında bir köprü olup sanal restorasyon, sanal anasytlosis, sanal rekonstrüksiyon veya arkeolojik sitlerin sanal yeniden yaratımında görselleştirme için bir araç olarak düşünülebilmektedir. Dünya çapında bu alanda çeşitli yöntemlerle birçok örnek çalışma geliştirilmiştir. Mimari koruma alanında kurgulanan bu çalışmalara bir katkıda bulunmak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri için fotogrametri ve bilgisayarlı modelleme yardımıyla 3B modelleri ve dokuları hazırlanmış, Roma-Bizans Dönemi'nden 2017 yılına kadar yapının geçirdiği önemli dönemlerin sanal rekonstrüksiyonlarını içeren modeller ve dokular, 3B motor artırıcı ve AG geliştirme platformu ile stereoskopik ve sürükleyici olmayan iki uygulama olarak tasarlanmış, AG uygulamalarının oluşturulması ve AG dosyaları Google Drive içine yüklenmesi aşamaları kurgulanmıştır. Hazırlanan bu uygulamalar ile Anadolu'da yeni tanınmaya ve kullanılmaya başlayan bu teknolojinin yaygınlaştırılması ve tanıtılmasına katkıda bulunulması, onarımı henüz gerçekleşmeyen, yarı yıkık yapıların farklı bir yöntem ile de değerlendirilebileceğinin ve tanıtılabileceğinin farkındalığının oluşturulması, kültürel mirasın tanıtımı ve diğer tarihi yapılar için altlık oluşturulması ve uygulama alanında literatüre katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Mimari Koruma, Kayseri Kuru Köprü, Su Kemerleri, Artırılmış Gerçeklik

USE OF AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL CONSERVATION AN ASSESSMENT BASED ON THE CASE STUDY OF AQUEDUCT KURU KÖPRÜ

Adeoti A. Gerard L. OKE

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, January 2019

Supervisor: Dr. Hayriye Hale KOZLU

Second Supervisor : Dr Levent ÇORUH

ABSTRACT

Augmented Reality (AR) is a communication tool that is used in several fields from medicine to architecture. As a bridge between the cultural heritage and the users, AR is mainly used in the field of architectural conservation for the visualization of virtual restoration, virtual anasytlosis, virtual reconstruction and the recreation of archeologic sites. Based on these purposes there are several case studies that are developed around the world. In this study which is designed to contribute to the previous studies in the architectural conservation's field, a method laid in 3D modeling, texturing, development of AR applications and upload AR applications folders to Google Drive is used to develop an immersive and an non immersive AR application. Developed AR applications are used to visualize the virtual reconstructions of the aqueduct Kuru Köprü from the Roman-Byzantine period to the year 2017 that are prepared thanks to photogrammetry, Computer Aided Design, AR game engine and AR Software Development Kit. This study aims with the developed applications to contribute to the dissemination and the promotion of AR technology in Turkey, to create awareness of a different method for evaluation and the presentation of the semi-collapsed buildings, to serve as base for the presentation of cultural heritage and others historical buildings and to contribute to the literature in the specific field of application.

Keywords: Architectural Preservation, Kayseri Kuru Köprü, Aqueducts, Augmented Reality

İÇİNDEKİLER

MİMARİ KORUMADA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANIMININ KAYSERİ KURU KÖPRÜ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
KABUL VE ONAY iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
GİRİŞ 1
Amaç ve kapsam 2
Materyal ve yöntem 3
Literatür özeti 6

1. BÖLÜM

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

1.1. AG Kavramı 10
1.2. Artırılmış Gerçekliğin tarihsel gelişimi 12
1.2.1. 1980 öncesindeki dönem 12
1.2.2. 1980 yılından 90'lı yılların ortasına kadar AG temel araştırmalar dönemi. 14
1.2.3. 90'li yılların ortasından-2007 yılına kadar AG donanımları ve uygulamalarının geliştirilme dönemi 14
1.2.4. 2007 yılından bugüne kadar AG ticari uygulamalarının geliştirilme dönemi 16
1.3. AG için çalışma mantığı ve kullanılan çevre birimleri 19
1.3.1. AG çalışma mantığı 20
1.3.2. AG donanımları 22

1.3.3. Artırılırmış Gerçeklik yazılımsal altyapısı 26
1.3.4. AG türleri (AR types) 27
1.3.5. AG etkileşim yöntemleri 28
1.4. AG sınırlamaları 30
1.4.1. Teknolojik sınırlamalar 31
1.4.2. Mahremiyet ile ilgili sınırlamalar 32
1.4.3. AG sosyal kabulü ile ilgili sınırlamaları 33
1.5. AG uygulamalarının değerlendirme yöntemleri 33
1.6. Mimaride AG Kullanımı 34
1.6.1. Tasarımda AG Kullanımı 35
1.6.2. Yapı inşası aşamasında AG kullanımı 38
1.6.3. Var olan yapılar üzerinde AG kullanımı 42

2. BÖLÜM
KORUMA VE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN KORUMA ALANINDAKI KULLANIMI

2.1. Mimari Koruma İlkeleri ve Teknikleri 46
2.2. Güncel Koruma İlkeleri ve Yasalarında Artırılmış Gerçekliğin Yeri 52
2.3. Miras iletişimi ile ilgili tüzükler 59
2.4. Korumada AG uygulamaların kullanım alanları 62

3. BÖLÜM
KAYSERİ KURU KÖPRÜ SU KEMERİ ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARI

3.1. Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri'nin tarihçesi 78
3.2. Kuru Köprü Su Kemeri'nin Mimari Özellikleri ve Güncel Durumu 80
3.3. Kuru Köprü su kemeri Artırılmış Gerçeklik uygulamalarını oluşturma süreci 83
3.3.1. 3D Modelleme 86
3.3.2. Doku oluşturulması 93
3.3.3. Artırılmış GerçekliK uygulamalarının oluşturulması 103
3.3.4. Artırılmış Gerçekliğin dosyaları Google Drive içine yüklenmesi ve uygulamaların kullanım kılavuzu 108

4. BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

KAYNAKLAR **116**

EKLER **127**

EK-1. KurukopruAR uygulama işaretçi **127**

EK-2. Bluetooth kullanma menüsü **128**

EK-3. KurukopruAR dil seçimi menüsü **128**

EK-4. KurukopruAR İngilizce Giriş menüsü **129**

EK-5. KurukopruAR Roma-Bizans dönemi menüsü **130**

EK-6 KurukopruAR Selçuklu-Osmanlı dönemi menüsü **131**

EK-7. KurukopruAR Yakın dönem menüsü **133**

EK-8. KurukopruAR 2016 yılında menüsü **134**

EK-9. KurukopruAR 2017 yılında menüsü **136**

EK-10.KurukopruAR son menü **137**

EK-11. KurukopruB Broşürü **139**

EK-12. KurukopruB broşüründeki Roma-Bizans Dönemi marker üzerinde görüntülen model **144**

EK-13. KurukopruB broşüründeki Selçuklu-Osmanlı-Dönemi marker üzerinde görüntülen model **145**

ÖZGEÇMİŞ **149**

KISALTMALAR

ABD:	Amerika Birleşik Devletleri
AG:	Artırılmış Gerçeklik
AR:	Augmented Reality
BIM:	Building Information Modeling
CAD:	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
GPS:	Global Positioning System
GT:	Giyilebilir Teknoloji
ICOMOS:	International Council on Monuments and Sites
KKVKBK	Kayseri Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu
MIT:	Massachusetts Institute of Technology
SDK:	Software Development Kit
SfM:	Structure from Motion
SG:	Sanal Gerçeklik
UNESCO:	United Nations Organization for Education, Science and Culture
2B:	2 Boyutlu
3B:	3 Boyutlu
4B:	4 Boyutlu

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1: AG uygulama geliştirme platformları 27
Tablo 1.2: AG değerlendirme kontrol listesi 34

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Milgram süreklilik diyagramı 11
Şekil 1.2 Sensorama sistemi (a) ; Sutherland'ın AG sistemi (b)..... 13
Şekil 1.3 başa takılan gösterici takan bir pilot (a); başa takılan göstericiden görülen sanatsal bir görüş (b) 13
Şekil 1.4: 2B İşaretçi (a); ARQuake oyunda oyuncunun arayüzü (b) 16
Şekil 1.5: Archeoguide uygulaması: (a) yapının bugünkü durumu; (b) Archeoguide uygulamasından görülen yapının tamamlaması) 16
Şekil 1.6: Wikitude arayüzü 17
Şekil 1.7: 6.His (a ve b) ; Hololens gözlüğü (c) 18
Şekil 1.8: Tavşan göz 19
Şekil 1.9: Nokia City lens uygulamasında restoranlar ile ilgili bilgi eklenmektedir (a) ; Dinozor gösteren bir AG uygulaması (b ve c) 20
Şekil 1.10: İşaretçi tabanlı AG basit sistemi 21
Şekil 1.11: AG işleyişinin prensibi 21
Şekil 1.12: WRAP 1200AR (a) ; STAR 1200 XL (b) göstericiler..... 23
Şekil 1.13: Tablet göstericisi bir örnek 23
Şekil 1.14: Edwin Van Der Heide tarafından Glow Işık ve Mimarlık Forumu için tasarlanan LSP uzaysal gösterici örneği 24
Şekil 1.15: Arabada ekran gösterici ile AG kullanımı 24
Şekil 1.16: Phantom'un arayüzü 29
Şekil 1.17: Studierstube işbirlikçi AG arayuzü 29
Şekil 1.18: Hibrit AG arayüzü örneği 30
Şekil 1.19: Shared Design Space sistemi 36
Şekil 1.20: VTT grubu tarafından geliştirilen Yerinde (İn situ) AG uygulaması 37
Şekil 1.21: İç mekân tasarımında AG uygulaması kullanımı 38
Şekil 1.22: Christchurch City CCDU AG Uygulaması 38
Şekil 1.23: The Port Botany MAR Demonstrator 40
Şekil 1.24: BIMevoke AG uygulaması 40
Şekil 1.25: MAR to plan Virtual Construction Work Sites 41

Şekil 1.26: D4R Uygulaması (Kırmızı: tarihinden önce inşa edilmesi gereken kısım, Yeşil: tarihinde inşa edilmesi gereken kısım, Koyu yeşil: tarihine göre erken inşa edilen kısım) 42
Şekil 1.27: AR Measure (a) ; Magic plan (b) 43
Şekil 1.28: Sarrebruck şehri için geliştirilmiş AG uygulaması 44
Şekil 1.29: Kopenhag havalimanında AG rehberlik uygulaması 44
Şekil 2.1: Kültürel mirasın sınıflandırılması 49
Şekil 2.2: Koruma eylemlerinin sınıflandırılması 54
Şekil 2.3: 4K kamera ve 3-Axis Gimbal taşıyan DJI Phantom 3 Professional insansız hava aracı (Pasif tarayıcı) (a) ; sağdaFaro focus 3B lazer tarayıcı (aktif tarayıcı) (b) 56
Şekil 2.4: Xiao Ling avlu holünün 3B dijital replikası 57
Şekil 2.5: Mimari koruma bağlamında dijital kültürel mirasın korunmasının süreci 58
Şekil 2.6: Tiyatronun 3B rekonstrüksiyonu sürecinde (a), Arazide AG deneyimi (b) .. 63
Şekil 2.7: AG uygulamasının çalışma prensibi 64
Şekil 2.8: In-Situ analizi için geliştirilen AG uygulaması 65
Şekil 2.9: Amfitiyatro modeli ve kaplanması 65
Şekil 2.10: Thysdrus AG uygulamaları 66
Şekil 2.11: Nanchang tapınağı 3B dijital replikasi oluşturma süreci 67
Şekil 2.12: AG ortamında işaretçi üzerindeki 3B dijital model (a); SG ortamında panoramik görüntü (b) 68
Şekil 2.13: 3D modelden elden edilen ortofoto ve ortofotodan çizilmiş cephe 69
Şekil 2.14: Castra Praetoria AG uygulamaları: (a) in situ uygulaması, (b) kağıt üzerinde (işaretli) uygulama) 70
Şekil 2.15 : Projektörlerin simülasyonu (a); dijital ortamda heykelin 1896 yılındaki restitüsyonunun simülasyonu (b) 71
Şekil 2.16: Projeksiyon denemesi (a); Projeksiyon sonucu (b) 72
Şekil 2.17:Münire Sultan Sarayı zemin ve birinci kattaki işaretçilerin konumu 73
Şekil 2.18: İşaretçi (a); senaryo 1 (Girişin mevcut durumu ve özgün durumu) (b). 73
Şekil 2.19: İn situ fotoğraf (a) ; fotogrametrik teknik ile dijital 3D replika (b) 75
Şekil 2.20:Parion Tiyatrosu AG uygulaması 75
Şekil 3.1: Kayseri Kuru Köprü Su Kemerinin konumu 79
Şekil 3.2: Kuru Köprü Roma Su Kemeri güney (memba) cephe 1. Dönem (Roma-Bizans Dönemi) restitüsyonu 80

Şekil 3.3: Yapının ayrılmış üç parçası (Ağustos 2018).....82
Şekil 3.4: Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri mevcut durumunda bozulmalar 83
Şekil 3.5: Kuru Köprü Su Kemeri'nin AG uygulamalarının oluşturulması için izlenen yöntem şeması.....85
Şekil 3.6:Plan rölöve ve restitüsyon çizimleri.....87
Şekil 3.7: Güney cephe rölöve ve restitüsyon çizimleri.....88
Şekil 3.8: Kuzey cephe rölöve ve restitüsyon çizimleri.....89
Şekil 3.9: Rölöve ve restitüsyon çizimi kesitleri.....90
Şekil 3.10: Bütün Planların, kesitlerin ve cephelerin çakıştırılması 91
Şekil 3.11: Roma-Bizans Dönemi 3B model 91
Şekil 3.12: Güney cephe fotoğraf setindeki fotoğraflar 94
Şekil 3.13: Nokta bulutu (a) ve Orto-doku (b).....95
Şekil 3.14: Köprünün 2.dönem 3B modelinde doku koordınatları (ön plan).....95
Şekil 3.15: Dönemlere göre hazırlanmış kaplama haritaları 97
Şekil 3.16: Roman-Bizans dönemi dokulu restitüsyon modeli 98
Şekil 3.17: Selçuklu-Osmanlı dönemi dokulu restitüsyon modeli.....99
Şekil 3.18: Yakın dönem dokulu restitüsyon modeli 100
Şekil 3.19: 2016 yılında dokulu restitüsyon modeli (üstten aşağıya: güney, kuzey, 3. ve 4. kemerden perspektif).....101
Şekil 3.20: 2017 yılında dokulu restitüsyon modeli (üstten aşağıya: güney, kuzey, 3. ve 4. kemerden perspektif).....102
Şekil 3.21: KurukopruAR uygulamasının teknik yapısı 106
Şekil 3.22: KurukopruB uygulamasının teknik yapısı 108

GİRİŞ

Mimari koruma, bilimsel çalışmaları 19. yüzyılda başlayan, çeşitli yasa ve tüzüklerle sürekli güncellenen önemli bir alandır. Temel olarak mimari korumada, uluslararası ve ulusal düzeyde belli ölçütlerle nitelendirilen korunacak değerlerin fiziksel olarak sürdürülmesi, kurtarılması, yaşatılması ve onarımı hedeflemektedir [1]. Mimari koruma sürecinde disiplinler arası bir ekip tarafından araştırma, belgeleme, çözümleme, yorumlama, teşhis, koruma yaklaşımını belirlenmesi, müdahalelerin tanımlanması ve izleme gibi faaliyetler gerçekleştirilmektedir [2]. United Nations Organization for Education, Science and Culture (UNESCO) ve International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) gibi uluslararası örgütlerin yayınladığı tüzük, bildirge ve yönergelerde geleneksel mimari koruma yöntemlerine bağlı olarak; koruma konusunda halkın bilinçlendirilmesi, eğitimler verilmesi, korunacak değerlerin bilgilerinin arşivlenmesi gibi gereksinimler de ortaya konmaktadır. Bu gereksinimleri gerçekleştirmek için bilişim teknolojilerinin en uygun araç olduğu düşünülmektedir. Son yıllarda popüler olmaya başlayan bu teknolojilerden biri de Artırılmış Gerçekliktir (AG).

Bilişim teknolojisi alanında yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde AG, gerçekliğin ve sanallığın kavuştuğu bir yer olarak tanımlanmakta olup, gerçeklik üzerine uygun bir şekilde sanal verilerin eklenip, kullanıcın bütün hislerine hitap edilmesi hedeflenmektedir [3] [4]. Mimari koruma alanında, AG sanal restorasyon, sanal anastylosis, sanal rekonstrüksiyon ve sitlerin sanal yeniden yaratımı için bir görselleştirme aracı olarak değerlendirilebilmektedir. AG; sağladığı etkileşim özelliğinin avantajlarıyla, kültürel mirasa yönelik bir bilinç ve farkındalık oluşturma, turistik potansiyelin arttırılması ve bilgilere erişimin kolaylaştırılması gibi amaçlar için faydalanabilecek bir araçtır.

Amaç ve kapsam

Günümüzde bilişim teknolojilerinin yaygınlaşması ve bireylerin iletişim araçlarının bu teknolojik gelişmelerle birlikte değişimi, görsel materyalin önemini artırmaktadır. Bu görsel materyaller, farklı yöntemler aracılığıyla çeşitli alanlarda bilginin aktarılmasında kullanılmaktadır. Bu durum, mimari koruma alanında geçmiş dönemlerde kullanılan tekniklerin çeşitlenmesi ve gelişmesini sağlamakta, özellikle bütünleme, rekonstrüksiyon, canlandırma gibi alanlarda dijital teknolojilerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Korumanın temel amaçlarından birinin, kültüre ait verilerin kültürel miras aracılığıyla yeni nesillere aktarılması ve eserlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması olduğu düşünüldüğünde, dijital teknolojilerin bu süreci kolaylaştırdığı görülmektedir. Mimari koruma alanında bilgi aktarımında kullanılan bir araç olarak tanımlanan AG uygulamaları "ICOMOS Kültürel Sitlerin Yorumlanması ve Anlatımı Tüzüğü", "Londra Kültürel Mirasın Bilgisayar Tabanlı Görselleştirilmesi Tüzüğü" ve "Sevilla Sanal Arkeoloji Tüzüğü" gibi belgeleri altlık olarak kullanmaktadır. Bu tüzüklerin belirlediği genel prensiplere dayanarak, farklı ülkelerde mimari koruma alanında birçok örnek geliştirilmektedir.

AG uygulamalarının tarihi bir su kemeri üzerindeki kullanım alternatiflerini gösteren bu çalışma ile, ülkede çok sayıda bulunan ama yeterince değerlendirilemeyen tarihi yapı stoğuna bu yol ile dikkat çekilmesi, Anadolu'da yeni tanınmaya ve kullanılmaya başlayan bu teknolojinin yaygınlaştırılması ve tanıtılmasına katkıda bulunulması, onarımı henüz gerçekleşmeyen, yarı yıkık yapıların farklı bir yöntem ile de değerlendirilebileceğinin ve tanıtılabileceğinin farkındalığının oluşturulması, geliştirilen uygulamaların kültürel mirasın tanıtımı ve diğer tarihi yapılar için altlık oluşturulması ve bu alanda ağırlıklı olarak uygulama alanında literatüre katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda, örneklem yapı olarak seçilen Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri için iki AG uygulaması geliştirilmiştir. Roma-Bizans döneminde Kayseri'de yaptırılan en önemli su yapısı olarak nitelendirilen Kuru Köprü Su Kemeri [5], önemli bir mimari miras ögesi olmasına rağmen yeterince korunamamış, farklı dönemlerdeki izleri de günümüze taşımakla birlikte yok olma tehlikesi altında olan bir yapıdır. 2011 yılına kadar kendi haline terkedilen yapıda, bu tarihte başlayan araştırma kazıları ve 2012 yılında tamamlanan Restorasyon projesine rağmen hala bir onarım çalışması başlatılmamıştır.

Restorasyon Projesi kapsamında hazırlanan rapora göre, "*yapıda tamamlamalar sınırlı düzeyde tutulmuştur. İlk yapılışındaki işlevini yitirmiş, tekrar kullanılamayacak durumda olan arkeolojik yapıların tamamlanması söz konusu değildir. Arkeolojik kalıntıların sağlamlaştırılarak korunması daha uygun bir yaklaşımdır"* [6] ifadeleri ile, yapının mevcut durumunun sağlamlaştırılarak korunması, bütünleme çalışmalarının minimum düzeyde tutulmasının hedeflendiği anlaşılmaktadır. İleride tamamlanacak olan bu restorasyon uygulamalarının ardından, kullanıcılar, araştırmacılar, bölge halkı ve turistler için yapının özgün hali, geçirdiği farklı dönemlerdeki müdahaleleri ve restorasyon sonrası durumunun karşılaştırılması açısından da bu çalışma kapsamında hazırlanan AG uygulamalarının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda AG ortamında hazırlanan ve yapının 5 farklı dönemini temsil eden sanal rekonstrüksiyon modelleri; Roma-Bizans Dönemi, Selçuklu-Osmanlı Dönemi, Yakın Dönem, 2016 ve 2017 yıllarındaki hallerini baz alarak hazırlanmıştır.

Tez çalışması; araştırma, uygulama ve sonuç olarak üç temel bölümden oluşmaktadır. Öncelikle AG kavramı ve uygulamaları kapsamlı bir şekilde incelenmiş, tarihi, kavramsal yapısı, çalışma mantığı, değerlendirme yöntemleri , kullanım alanları ele alınmıştır. İkinci aşamada AG mimari koruma alanında kullanımı, yapılmış çalışmalar üzerinden detaylı bir şekilde incelenmiş, son aşamada ise Kuru Köprü Su Kemeri özelinde iki AG uygulaması yapılmış ve yapım aşamaları gösterilmiştir. Sonuç bölümünde ise elde edilen tüm veriler yardımıyla, yapılan uygulama değerlendirilmiş ve çeşitli saptamalarda bulunulmuştur.

Materyal ve yöntem

Tez çalışması kapsamında AG ortamında Kuru Köprü Su Kemeri'nin geçtiği önemli dönemlerinin sanal rekonstrüksiyonları sunulmaktadır. AG uygulamalarının geliştirilmesi için yöntem; modelleme, doku oluşturulması, AG uygulamaları hazırlanması ve sunum aşamalarını içermektedir.

- Modelleme aşamasında Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri'nin sanal dönemlik restitüsyonları oluşturulmaktadır. Bunun yapılabilmesi için Talas Belediyesi'nden elde edilen ve müellifinden kullanımı için izin alınan, "Kuruköprü Su Kemeri Rölöve-Restitüsyon-Restorasyon Projeleri ve Raporları" altlık olarak kullanılmaktadır. 2012

- yılında, 434 -27.11.2012 karar ile [7] Kayseri Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu (KKVKBK) tarafından onaylanan Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri projesi; rölöve çizimleri, hasar analizi ve müdahale paftaları, restitüsyon, restorasyon projeleri ve raporları içermektedir. Ancak tez kapsamında sadece rölöve ve restitüsyon çizimleri kullanılmaktadır. Rölöve çizimleri yapının 2011 yılındaki durumunu göstermektedir. Restitüsyon projesinde ise sırasıyla Roma/Bizans Dönemi, Selçuklu Dönemi ve Yakın Dönem ekleri ele alınmıştır. Restorasyon projesi raporuna göre Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri "*Anadolu'da inşa edilmiş su kemerleri ile karşılaştırma yapıldığında Bizans (Doğu Roma) İmparatorluğu'nun Kayseri'deki hâkimiyeti döneminde yapıldığı anlaşılmaktadır. Selçuklular Dönemi'nde su bendi oluşmasını sağlamak amacıyla bütün kemerlerin içleri kesme taşlarla örülerek doldurulduğu düşünüldüğü kaynaklarda geçmekle beraber, bu durumun sadece dere yatağının doğusundaki üç kemer için geçerli olduğu söylenebilir. Su kemerinin kuzey ve güney cepheleri arasındaki 3.40 m'ye varan kot farkı, bu kısımlarda arazinin eğiminin az oluşundan dolayı sel taşkınlarının yaşanmış olduğu, bu nedenle kemer içlerinin duvar örülerek kuzey cepheden toprak kotunun yükseltilmek suretiyle duvarın desteklendiği söylenebilir*. " Yakın dönemde ise kuzey cephesine muhdes taş yapı ve briket duvarlar eklendiği belirtilmektedir [6].

  Çalışma kapsamında öncelikle rölöve ve restitüsyon çizimleri Autodesk Autocad yazılımdan Autodesk 3DStudio Max (3DS Max) yazılıma aktarılmıştır. 3DS yazılımında rölöve ve restitüsyon çizimlerinde bulunan plan, kesit ve cepheler dönemlere göre çakıştırılmış, çokgen model yöntemiyle Roma Dönemi, Selçuklu Dönemi ve Yakın Dönem ölçekli 3D modeller hazırlanmıştır. 2016 ve 2017 yıllarındaki 3 Boyutlu (3B) modellerin oluşturulmasında arazi gezilerindeki gözlemler ve 2011 yılındaki rölöve çizimi kıyaslanmış, 2011 ve 2016 yılları arasında yapıda önemli bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Bu nedenle rölöve çizimleri altlık olarak kullanarak çokgen modelleme tekniği ile 2016 yılı modeli hazırlanmıştır. 2016 yılındaki model kopyalanarak ve düzeltilerek gözlemlere göre 2017 yılının modeli hazırlanmış, modelleri canlandırmak için kaplama dokuları hazırlanmıştır.

Modellerin kaplama dokusunun mümkün olduğunca gerçek olması için köprünün günümüzdeki mevcut dokularının kullanımı tercih edilmiştir. Köprünün uzunluğundan dolayı dokuların oluşturulması için birçok fotoğraf çekilmiştir. Çekilen fotoğraflardaki deformasyonun (ing. Distorsion) düzeltmesi için fotoğrafların yönü ve konumu dikkate alınarak fotoğraflardaki ortak pikseller matematiksel algoritma ile işlenmiş, dijital olarak köprünün dokusunun oluşturulması için fotogrametri tekniği kullanılmıştır.

- Doku oluşturulma aşamasında öncelikle fotogrametri işlemi gerçekleştirilmiştir. Fotogrametri işleminde şekil, kalıp, ton ve doku gibi fotografik görüntü özelliklerine göre nesneler tanımlanmakta ve niteliksel olarak nitelenmektedir. Büyüklük, yön, konum gibi nesnelerin niceliksel özellikleri, çekimi yapan fotoğraf makinesinin görüntü düzleminde ölçülen görüntülerin konumlarından belirlenmektedir [8]. Başka bir deyişle fotogrametri, nesnelerin fiziksel teması olmadan yüzeylerin ve nesnelerin özellikleri hakkında güvenilir bilgi edinme ve bu bilgiyi ölçme ve yorumlama sağlayan bilimdir [9]. Tez kapsamında yapılan fotogrametri işlemleri 2017 yılında arazide Canon 1100D dijital fotoğraf makinesi ile yapılan fotoğraf çekimi ile başlamıştır. Dijital fotoğraf makinesi ile yapılan fotogrametri dokümantasyonu, lazer tarayıcıdan daha az hassasiyette olmasına rağmen görselleştirme için istenen doku hassasiyeti ve donanımın maliyeti açısından çalışma için yeterli görülmüştür. Araziden çekilen fotoğraflar güçlü bir grafik kartı ve işlemciye sahip olan bir bilgisayarda (Tulpar T7 V16.1 Monster oyun bilgisayarı) kurulan fotogrametri yazılımında işlenip orto-dokular elde edilmiştir. Orto-dokular, modellere hassas olarak nasıl ve nereye atanması gerektiğini belirlemek üzere, modellere UVWrap komutu uygulanarak her model için bir doku kaplama koordinatları oluşturulmuştur. Oluşturulan her doku kaplama koordinatları ile orto-dokulara atanmıştır. Arazide köprünün ulaşılamadığı bölümler (kısmen üst bölüm ve kuzey cephe) ve yapıdaki bozulmalardan dolayı doku kaplama koordinatlarına orto-dokular atanmasından ardından her dönem için dokuların eksiklerinin tamamlanması işlemi yapılmıştır. Bu işlemin sonucunda her dönem için bir doku haritası oluşturulmuştur.
- Üçüncü aşamada AG uygulamaları geliştirilmiştir. Doku haritaları ve modeller perfomans artırıcı motor aracı olarak Unity yazılımına aktarılmıştır. Unity yazılımı, AG kütüphanesi olarak tanımlanan Vuforia Software Development Kit

(SDK) ile ilişkilendirilmiştir. Bunun yanı sıra geliştirilen her uygulama için bir lisans anahtarı ve veritabanı oluşturulmuştur. Uygulamaların geliştirimesinde izlenen önemli adımlar: sahne oluşturulması (her doku haritası uygun modele uygulanması, modeller işaretçilere hizalanması, sahneye ışık eklenmesi, menülerin organizasyonu vb.), bilgi elemanları eklenmesi (yapıya ait bilimsel çalışmaların değerlendirilmesi sonucu ortaya konan bilgilerin eklenmesi), etkileşim mekanizmaları oluşturulması (birinci uygulamaya kodlamalar, ikinci uygulamaya zoom in, zoom out, rotate gibi mekanizmaların eklenmesi) ve derlemedir. Derleme aşamasında her uygulama için bir .akp dosyası oluşturulmuştur.

- Son aşamada derlemeden sonra elde edilen .akp dosyaları, hazırlanan işaretçi ve tanıtım broşürü iki ayrı klasörde kaydedilip Google Drive içine yüklenmiştir. Kullanıcılar, Google Drive'den erişim linkleriyle klasörleri indirip kendi telefonlarına uygulamaları kurabilmektedir.

Literatür özeti

Mimari koruma alanında AG kullanımı konusunda bilimsel yayın, dergi, kitap, makale, internet siteleri vb. materyaller genellikle uluslararası çalışmalardır. Türkiye'de yapılmış çalışmalar ise genellikle yüksek lisans ve doktora tezlerinden oluşmaktadır. Tez çalışmaları kapsamında yararlanılan kaynaklar; AG kavramı üzerindeki çalışmalar, koruma kavramına yönelik çalışmalar, mimari koruma alanında geliştirilen AG örnekleri ve Kayseri Kuru köprü üzerindeki bilimsel çalışmalar olmak üzere dört ana başlık altında gruplandırılabilmektedir.

AG kavramının anlaşılabilmesi ve analiz edilmesi için incelenen çalışmaların bazıları şunlardır:

- Töre (2017). *Mimari koruma bağlamında artırılmış mêkan uygulamalarının kullanımı ve değerlendirilme ölçütleri '' @rkademi'' uygulaması*
- Chatzopoulos vb. (2017). *Mobile Augmented Reality Survey: From where we are to where we go;*
- İçten ve Bal (2017). *Artırılmış Gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi;*
- Billinghurst vb. (2015). *A survey of Augmented Reality;*

- Kipper ve Rampolla (2012). *Augmented Realtiy: An emerging Technologies guide to Augmented Reality;*
- Guimaraes ve Martins (2014). *A checklist to evaluate Augmented Reality Applications;*
- Siltanen (2012). *Theory and applications of marked-based augmented Reality*
- Furht (2011). *Handbook of Augmented Reality*

Sözü geçen çalışmalarda, AG kavramının açıklanmasının yanı sıra AG teknolojisi, tarihi, donanımsal ve yazılımsal altyapısı, uygulamaları, geliştirilme metotları, değerlendirilme teknikleri ve teknolojinin kısıtlamaları ile ilgili bilgi verilerek birçok alanda AG uygulamaları örneklenmektedir. Bütün çalışmalarda AG, "gerçeklik ve sanallığın kavuştuğu bir yer" olarak tanımlansa da bazı çalışmalarda Sanal Gerçekliğin (SG) bir türü olarak da nitelendirilmektedir. Öncü bilimsel çalışmalarda AG ve SG bir bütün olarak incelenmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte son yıllarda yapılan çalışmalarda ise AG ve SG iki bağımsız teknoloji olarak ele alınmıştır. Çalışmaların ortaya koyduğu örnekler incelendiğinde AG'in, çeşitli alanlarda insanlar ve alanlar arasında, profesyonel ve profesyonel olmayan kişiler arasında bir iletişim köprüsü olduğu görülmektedir. AG kullanılan alanlardan birisi de mimari korumadır.

Mimari koruma alanında AG kullanım kılavuzunun anlaşılabilmesi için, öncelikle koruma kavramı irdelenmiştir. Bu doğrultuda koruma kavramını anlatan bilimsel çalışmalar ve koruma bağlamındaki uluslararası belgeler incelenmiştir. İncelenen belge ve yayınların bazıları:

- *ICOMOS (2008) Kültürel Sitlerin Yorumlanması ve Anlatımının Tüzüğü*
- *Londra Kültürel Mirasın Bilgisayar Tabanlı Görselleştirilmesi Tüzüğü (2009);*
- *Sevilla Tüzüğü (2011)*
- *Ahunbay (2017); Tarihi çevre koruma ve restorasyon;*
- *Töre (2010) Sanal Gerçeklik ve Mimari Koruma (anlatım ve sunum bağlamında bir değerlendirme);*
- *Venedik tüzüğü (1964),*
- *ICOMOS Türkiye (2013) mimari mirası koruma bildirgesi,*
- *Arkeolojik Mirasın Korunması ve Yönetimi Tüzüğü (1990)* vb. belgelerdir.

Bu çalışmalarda geleneksel koruma müdahalelerin yanı sıra disiplinler arası çalışma, korumaya yönelik toplumsal bilinçlendirme, koruma değerinin aktarılması ve korunacak değerlerin sürdürülebilmesi gibi kavramlar ön plana çıkarılmaktadır. Bu kavramlar, mimari koruma alanında geliştirilen AG uygulamalarının da asıl hedefleri olarak düşünülebilmektedir.

Mimari koruma alanında geliştirilen AG uygulama örneklerinin bazıları aşağıdaki bilimsel çalışmalarda gözlemlenebilmektedir.

- Canciani vd. (2016) *3D Survey and Augmented Reality for Cultural Heritage.The case study of Aurelian Wall at caestra praetoria in Rome*;
- Binan vd. (2013). *Mimari koruma alanında AG kullanımı ve değerlendirilmesi Mimar Sinan Güzel Sanatalar Üniversitesi örneği ;*
- Younes vd. (2017). *Virtual and Augmented reality for rich interaction with cultural heritage sites: A case study from the Roman Theater at Byblos* ;
- Schaper vd. (2018). *Learning about the past through situatedness, embodied exploration and digital augmentation of cultural heritage sites*;
- Nofal vd. (2018). *Communicating the spatiotemporal transformation of architectural heritage via an in-situ projection mapping installation* ;
- Cazorla vd. (2015). *From the representation to the experience. Augmented Reality fort the interpretation of the monument heritage in ''La Lonja'' of Valencia* ;
- Chionna vd. (2015). *Integrating Building Information Modeling and Augmented Reality to Improve Investigation of Historical Buildings*;

Çalışmalarda ele alınan AG örnekleri incelendiğinde profesyonel kullanıma odaklı uygulamaların, konvansiyonel çalışma yöntemlerinin tamamlayıcı aracı olarak değerlendirilebildiği görülmektedir. AG yöntemi, teknik bilgilere sunarak bilgi yönetimi, araştırma ve bina denetimi gibi işleri desteklemektedir. Bununla birlikte literatürde incelen örneklerin çoğu, profesyonel olmayan kişilere yöneliktir. Bu örneklerde in situ veya ex-situ uygulamalarda binaların eski fotoğrafları, sanal rekonstrüksiyonları veya sitlerin yeniden yaratım modelleri sunularak mimari mirasın iletimi ve anlatımı kolaylaştırılmaktadır. Gerek profesyonel odaklı örneklerde gerekse de profesyonel olmayanlara odaklı uygulamalarda kullanılan sistemlerde kimi zaman

projektör sistemler, kimi zaman ise basit işaretçi tabanlı sistemler kullanılmıştır. AG sistemlerinin seçiminde araştırmaların teknik bilgi yeterliliği, uygulamanın hedefi ve bütçesinin önemli kriterler olduğu görülmektedir. Ayrıca, AG uygulamalarının içeriklerinin teknik ve bilimsel tabanlı olmaları gerekmektedir.

Bu örneklerde tercih edilen yapılar, uluslararası ve yöresel ölçütlerle nitelendirilmiş taşınır ve taşınmaz kültür varlıklarıdır. Konutlar, anıtsal yapılar, su köprüleri, antik şehirler vb. eserler AG konusu olabilmektedir. Bu bağlamda Kayseri ili Talas ilçesinde bulunan Kuru Köprü Su Kemeri, farklı dönemlere ait izleri barındırması, Kayseri ve civarında ait olduğu yapı türü ve dönemi içerisinde az rastlanan bir örnek olması ve hızla yok olma tehlikesi altında olması nedeniyle AG uygulamasına örneklem olarak seçilmiştir.

1. BÖLÜM
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

1.1. AG Kavramı

Bilişim teknolojisi alanındaki gelişmeler, insan ve bilgisayar arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri de değiştirmektedir. Son yıllarda kullanılan AG uygulamaları, bahsi geçen teknolojik imkânlar sonucu değişen etkileşimlerdendir.

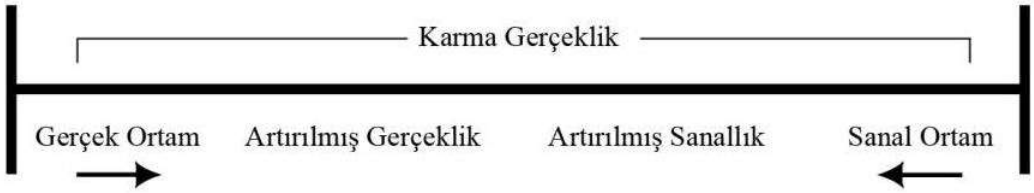
Webster vd.'e [3] göre AG, başa takılan göstericinin arayüzü aracılığıyla, bir kişinin doğal, görsel ve işitsel algılarına grafik ve ses eklenmesini ifade etmektedir. Kişi hareket ederken kafasının konumu ve uyumu izlenmekte, böylece, eklenen grafikler fiziksel dünyaya hizalanmaktadır. Bu tanımlama, güncel AG uygulamalarıyla karşılaştırıldığında başa takılan göstericinin yanı sıra görme ve duyma duyularımıza da hitap edildiği görülmektedir. [3]

2009 yılından beri teknolojik gelişimler nedeniyle en çok tercih edilen AG arayüzü göstericisi mobil telefondur [10]. Geliştirilen AG uygulamalarının çoğu görme duyusuna odaklansa da AG ile bütün duyu organlarına hitap edilmesi mümkündür [4]. Mesela dokunma ile ilgili (haptik) çevre birimleriyle dokunma duyusuna hitap edilebilmektedir [11]. DextrES birimi, dokunma duyusunun kullanıldığı birimlere bir örnektir. Eldiven ve bir elektronik birimle oluşturulan bu hafif sistem ile kullanıcı elleriyle sanal nesnelere ''dokunabilmekte'' ve bu nesnelerin ağırlığını hissedebilmektedir [12] .

Azuma [13] konuya başka perspektiften bakarak, artırılmış gerçekliği Sanal Gerçekliğin (SG) bir varyasyonu olarak tanımlamıştır. SG ya da sanal ortam, bilgisayar tarafından üretilen etkileşimli, uzaysal (3B) ve saran bir çevredir [14]. SG uygulamaları kullanılırken kullanıcı, etrafındaki "Gerçek Dünya"yı görememektedir.

Bu durumun aksine AG ile kullanıcı, Gerçek Dünya ve onu hizalayan sanal nesneleri görebilmektedir. Azuma, AG teknolojisinin üç özelliğini; gerçek ve sanal kombinasyonu, eş zamanlı etkileşim ve 3 Boyut hizalanması ile nitelendirmektedir [13].Aynı mantıkla Azuma'nın tanımlaması genişletilerek, AG'in, direkt ya da endirekt olarak eş zamanlı ''Artırılmış'' fiziksel Gerçek Dünya görünümü olduğu ifade edilebilmektedir. Bu tanımlama ile Gerçek Dünya, bilgisayar ortamında üretilmiş veriler tarafından artırılmaktadır [15].

SG ve AG arasındaki ilişkiler ağında Milgram'ın Gerçeklik-Sanallık sürekliliği (Şekil 1.1) önemlidir. Milgram, Gerçek Ortam ve Sanal Ortam arasında bir süreklilik tanımlar. Bu sürekliliğin bir ucunda herhangi bir donanım kullanmadan çıplak gözle algıladığımız bir dünya yer alırken, diğer ucunda tamamen bilgisayar üretimi bir dünya bulunmaktadır. Ara geçişler ise gerçek ve sanal ortam nesnelerinin bir arada sunulduğu Karma Gerçeklik (ing. Mixed Reality) olarak tanımlanmıştır. AG'te gerçek ortam sanal ortama göre daha baskın durumdadır. SG'ten farklı olarak AG, kullanıcının sanal objelerle birleştirilmiş gerçek dünyayı algılamasına izin verir [16].



Şekil 1.1 Milgram süreklilik diyagramı [16]

Craig [17] ise Understanding Augmented Reality kıtabında, AG'i bir teknoloji değil; insanlar ve bilgisayarlar, insanlar ve insanlar, bilgisayarlar ve insanlar aralarındaki fikirlere aracılık eden bir iletişim aracı olarak tanımlamaktadır. Başka bir deyişle AG iletişim aracı olarak üzerindeki bilgileri fiziksel dünyaya ekleyip hizalamaktadır. AG deneyiminin etkileşimli olması, kullanıcının Gerçek Dünyaya eklenmiş bilgiler üzerinde değişiklikler yapabilmesine imkân vermektedir. Etkileşim düzeyi, perspektif değiştirilmesinden yeni bilgilerin oluşturulmasına kadar değişebilmektedir.

Bazı AG sistemlerinde, sanal nesnelerin gerçek ortama eklenmesi yerine gerçek ortamdaki nesneler kaldırılabilmektedir [4]. Buna ‘’Azaltılmış’’ ya da ‘’Düşürülmüş’’ Gerçeklik ismi verilmektedir [15].

Yapılan araştırmalara göre; AG’ın tek bir tanıma sahip olmadığı görülmektedir. Bu doğrultuda AG kavramının halen geliştirme sürecinde olduğu düşünülebilmektedir. Bununla birlikte AG ifadesinin herkes tarafından kabul edilmediği vurgulanmalıdır. Eleştiricilere göre Gerçeklik değil, kullanıcının algısı artırılmaktadır [18].

Tez kapsamında uygulaması gerçekleştirilen AG, bilgisayar ortamında üretilen verilerin (görüntü, video, 3B model) uygun şekilde (konum, ölçek, uyum, perspektif vb.) dünyaya hizalanarak eş zamanlı ve etkileşimli şekilde kullanıcının doğal algılarını (görme, işitme, dokunma, tatma, koklama) arttıran bir teknoloji olarak tanımlanabilmektedir. Bu bağlamda, dijital ortamda üretilen verileri gerçek dünyada görmek için görünüm cihazları kullanılmalıdır.

1.2. Artırılmış Gerçekliğin tarihsel gelişimi

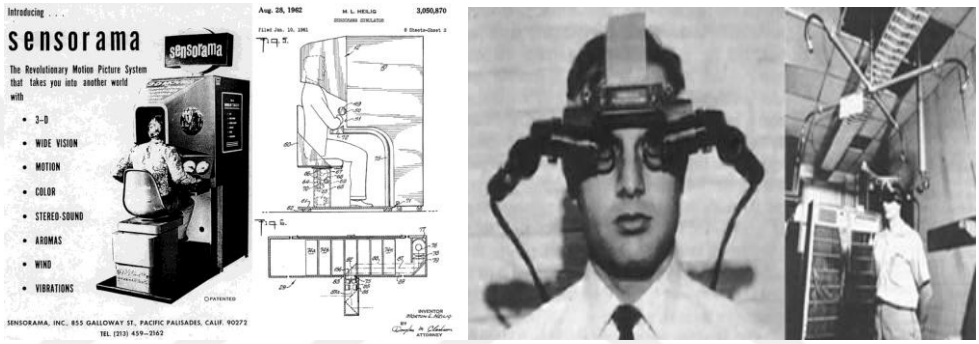
AG gelişiminde dört ana dönem: 1980 öncesindeki ilk AG deneyimleri ve kavramın tanımı dönemi, 1980’den-90’lı yılların ortasına kadar AG üzerindeki temel araştırmalar dönemi, 90’li yılların ortasından-2007 yılına kadar AG donanımları ve uygulamalarını geliştirme dönemi ve 2007 yılından bugüne kadar AG ticari uygulamalarını geliştirme dönemi olarak sınıflandırılabilir [19].

1.2.1. 1980 öncesindeki dönem

1980 yılı öncesinde, AG’in kavramsal tanımı ve ilk deneyimleri gerçekleştirilmiştir [19]. Bu dönemde önemli adımlar şu şekildedir:

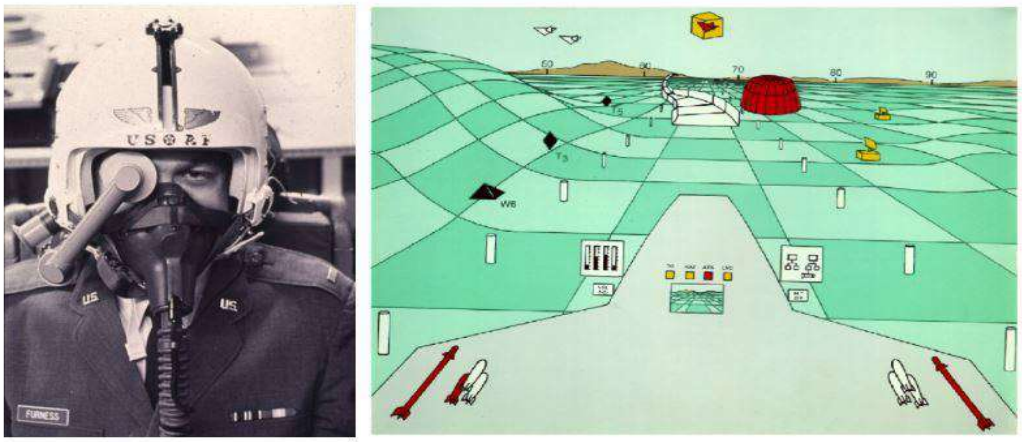
- AG ortaya koyan ilk deneyim, 1956 yılında film yapımcısı Morton Heilig tarafından geliştirilen Sensorama’dır [15]. Sensorama, Cinerama’dan esinlenerek bütün duyu organlarına hitap eden bir görüntüleme sistemidir (Şekil 1.2a) [20].
- 1963 yılında MIT’te Ivan Sutherland, Sketchpad adlı dünyanın ilk interaktif grafik uygulamasını gelişmiştir (Şekil 1.2b) [19].

- 1975 yılında Myron Krueger tarafından Videoplace geliştirilmiştir. Videoplace, sanal nesnelerle kullanıcının etkileşimine imkân veren ilk ortamdır [15].
- 70'lı yılların ortasından 80'li yılların ortasına kadar Furness ve çalışma arkadaşları, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Hava Kuvvetleri (US Air Force) Super-Cockpit Program kapsamında, pilotların doğal algısal, bilişsel ve devinişsel becerilerini kullanarak, yeni bir yöntemle karmaşık uçuş detayları sunmak için bir prototip meydana getirmiştir (Şekil 1.3) [19].



(a) (b)

Şekil 1.2 Sensorama sistemi (a) ; Sutherland'ın AG sistemi (b) [18]



(a) (b)

Şekil 1.3 başa takılan gösterici takan bir pilot (a); başa takılan göstericiden görülen sanatsal bir görüş (b) [19]

1.2.2. 1980 yılından 90'lı yılların ortasına kadar AG temel araştırmalar dönemi

1980'lı yılların sonuna doğru, teknolojinin gelişimiyle akademik ve endüstriyel AG çalışmaları yürütülebilmiştir. Bu süreçte bazı önemli dönüm noktaları bulunmaktadır.

- 1989 yılında Furness,. Frederick Brooks'un grubu AG çerçevesinde Başa Takılan Gösterici (MHD), kayıt ve takipçi sistemi ve tıbbi uygulamalara yönelik ilk araştırmaları yürütmüştür. Feiner'in grubu, etkileşim yöntemleri üzerindeki çalışmaları dışında AG alanındaki ilk Mobil sistemi ve KARMA olarak adlandırılan ilk AG akademik çalışmalarından birini dünyaya tanıtmıştır [19]. Milgram ise 90'lı yılların ortasında AG sürekliliğini bilim camiasına sunmuştur [15].
- Endüstriyel sektörde Tom Caudell, AG teknolojisini kullanarak uçaklarda elektrik kablolarının yerleştirilmesine yardımcı olmak amacıyla, başa monte edilen bir dijital görüntüleme sistemi geliştirmiştir [21]. Ayrıca Tom Caudell akademik çalışmalarda ''Artırılmış Gerçeklik'' kavramını ilk kullanan kişi olarak kabul edilmektedir [19].

1.2.3. 90'li yılların ortasından-2007 yılına kadar AG donanımları ve uygulamalarının geliştirilme dönemi

90'lı yılların ortasından 2007 yılına kadar süren dönemde, AG donanımları ve uygulamalarını geliştirmeye yönelik yoğun çalışmalar yapılmıştır.

- 1996 yılında, Jun Rekimoto, Navi Cam adlı AG prototipini geliştirerek 2 Boyutlu (2B) işaretçi (ing. Marker) (Şekil 1.4a) fikrini geliştirmiştir. İşaretçiler, bilgisayarlardaki sanal bilgilerin gerçek ortamda nereye yansıtılacağını tanımlama amacıyla kullanılmıştır [4].
- 1997 yılında araştırmacı Ronald Azuma, AG konusunda ilk incelemeyi yazmıştır [15]. Azuma, sanal ortamın bir varyasyonu olarak tanımladığı AG'i "gerçek ve sanal nesnelerin birleşimi, gerçek zamanlı bir etkileşim sunma ve sanal nesnelerle gerçek nesneleri 3B ortamda bir arada kullanma" olarak nitelendirmiştir [13].
- 1999 yılında, Hirokazu Kato tarafından üretilen ARToolKit yazılımıyla AG uygulamaları için açık kaynak kodlu bir platform oluşturulmuştur. ARToolKit, kullanıma sunduğu açık kaynak kütüphanesi ile AG uygulamalarının

yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamıştır. AG uygulamalarının üretilebildiği ilk yazılımlardan olan ARToolKit, açık kaynak kodlu olması ve AG uygulamalarının hızlı yayılmasına imkân sunması nedeniyle AG tarihi açısından önemli bulunmaktadır. Günümüzde çoğu Flash tabanlı AG, ARToolKit kullanılarak üretilmiştir [21].

- 2000 yılında, Bruce Thomas tarafından geliştirilen ilk dış mobil AG oyunu olan AR Quake (Şekil 1.4b), Uluslararası Giyilebilir Bilgisayar Sempozyumunda sunulmuştur [15].
- 2001 yılında Reitmayr ve Schmalstieg tarafından çoklu kullanıcılı mobil bir AG sistemi geliştirilmiştir. Bu tasarım, ilk çoklu kullanıcılı AG sistemi olması açısından önemli bulunmaktadır.
- 2001 yılında Vlahakis ve arkadaşları tarafından turizm ve eğitim için kullanılabilecek Archeoguide isminde bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Archeoguide uygulamasının, navigasyon sistemi kullanan ilk uygulamalardan olduğu için önemli olduğu düşünülmektedir. Sistemde, Olimpia'da bulunan tarihi tapınakların, heykellerin ve çeşitli insan figürlerinin 3B modellerine yer verilmiştir (Şekil 1.5).
- 2001 yılında Kooper ve MacIntyre tarafından geliştirilen The Real-World Wide Web, ilk AG tarayıcısı olarak kabul edilmektedir. Bu mobil sistem, klasik web tarayıcılarının AG versiyonu olarak değerlendirilmektedir. RWWW tarayıcısında, web sayfaları ve sanal medya içerikleri fiziksel çevrede gerçek lokasyonlarda görüntülenmektedir [21].
- 2004 yılında, Mohring ve Bimber tarafından ilk mobil telefon AG uygulaması sunulmuştur [19]. Ayrıca Mohring, 3B işaretçi izleyebilen ilk mobil telefon sistemini geliştirmiştir. Bu gelişim, çeşitli 3B işaretçilerin tespiti ve farklılaşmasına imkân vererek canlı yayında video üzerine 3B nesnelerin eklenmesini sağlamıştır [4]. Mobil telefonlarda ARToolkit kullanılması, milyonlarca kullanıcının uygulamaya erişebilmesini sağlamaktadır [19].2006 yılında Nokia, mobil telefonlarda çoklu-sensör kullanarak AG rehberlik uygulamasını geliştirmiştir [4].



(a) (b)

Şekil 1.4: 2B İşaretçi (a); ARQuake oyunda oyuncunun arayüzü (b) [4]



(a) (b)

Şekil 1.5: Archeoguide uygulaması: (a) yapının bugünkü durumu; (b) Archeoguide uygulamasından görülen yapının tamamlaması) [22]

1.2.4. 2007 yılından bugüne kadar AG ticari uygulamalarının geliştirilme dönemi

2007 yılından bugüne kadar oyun, tıp, mobil ve pazarlama gibi sektörlerde birçok farklı AG uygulaması geliştirilmiştir [19]. Mesela 2008 yılında Mobilizy şirketi, AG ile Wikitude World Browser (Dünya Tarayıcısı)'nı pazara sunmuştur (Şekil 1.6). Bu uygulama Global Positioning System (GPS), pusula verileri ve Wikipedia girdilerini

kombine ederek akıllı telefonların kamera görüntüsü üzerine gerçek zamanlı bilgiler eklemektedir [4].



Şekil 1.6: Wikitude arayüzü [23]

Ayrıca bu dönemdeki yeni teknolojik gelişmelerle AG kullanım alanlarının değiştiği söylenebilmektedir. Giyilebilir Teknolojiler (GT)'in geliştirilmesi, Sixth Sense (6.His) ve akıllı gözlükler başta olmak üzere, AG teknolojisi üzerindeki önemli bir etki sağlamıştır.

Sixth Sense, 2009 yılında Massachusetts Institute of Technology (MIT) laboratuvarlarında Pranav Mistry tarafından geliştirilmiş bir GT'tir [24]. El hareketleri ve beden dili (büyütme, küçültme, sürükle-bırak) ile kontrol edilebilen ayna, kamera, mobil cihaz, renkli belirteçler ve projeksiyondan oluşan cihazlarıyla duvar veya kâğıt gibi herhangi bir yüzeyi, hatta kendi avuç içini ara yüz olarak kullanabilen giyilebilir cihazlara verilebilecek en önemli örneklerdendir (Şekil 1.7a,b) [25].

Diğer bir gelişme ise akıllı gözlüklerdir. 2013 yılında sınırlı sayıda kullanıcının kullanımına izin verilen Google Glass gözlüğü, küçük ve giyilebilir bir ürün olma, ses komutları ile fotoğraf çekebilme, video kaydedebilme, kablosuz ağa bağlanabilme, metin mesajı gönderebilme, GPS kullanabilme gibi özellikleri tanıtıldığı zaman büyük ilgiyle karşılaşmıştır. Buna karşın, sesli komutlara hemen cevap verememesi, elektromanyetik alan oluşturması, ciddi veri akışının beyin ve göz sağlığı açısından zararları, etik, gizlilik ve güvenlik gibi nedenlerle Google Glass gözlüğünün üretiminin durdurulabileceği söylenmektedir. Ancak Google firması da dâhil olmak üzere akıllı gözlük alanında ürün geliştirmek isteyen şirketlerin ARGE çalışmaları devam etmekte ve zamanla kullanılabilir akıllı gözlüklerin sayısında artış olmaktadır [25]. Akıllı

gözlüklere diğer bir örnek Hololens'tir. Hololens, Windows 10 işletim sistemine entegre edilmiş bir gözlüktür (Şekil 1.7c). Temel olarak Windows 10 işletim sistemi için holografik bir yansıtıcı görevi üstlenmektedir. Gözün önüne yansıyan holografik Windows10 işletim sistemi, kullanıcıyla aynı zamanda sesli iletişime geçmekte ve sesli komut alabilmektedir. Kullanıcının parmağı, gözlüğün önüne getirilip mouse görevi üstlenebilmektedir. Hololens ile Computer Aided Design (CAD) uygulamaları, bir kaleme ihtiyaç duymadan yönetilebilmekte, mouse görevi gören kullanıcı parmağı ile çizimler yapılıp, objeler taşınabilmektedir. Bu işlemler sırasında kullanıcının sabit durması gerekmemektedir. Hololens objenin taşındığı yeri kaydetmekte ve kullanıcı gözünü başka tarafa çevirip tekrar oraya dönünce objeyi eski yerinde bulabilmektedir. Ayrıca, gözlük ile yapılan çizimlerin 3D yazıcıdan da çıktısı alınabilmektedir [26].

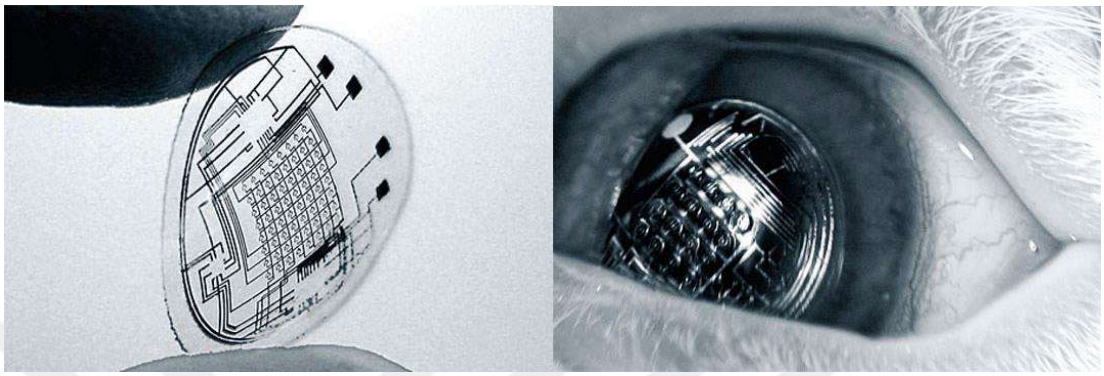


(a) (b) (c)

Şekil 1.7: 6.His (a ve b) ; Hololens gözlüğü (c) [25]

AG ve GT'in bir arada kullanımı pazarlama, eğitim, sağlık, imalat, oyun, spor ve eğlence gibi birçok alanda rekabeti daha da arttırmaktadır. Rekabetin sebebinin; pazarlama alanında ürünün tanıtımı, eğitim alanında bilgiye hızlı ulaşma isteği, sağlık alanında hastanın bakım, kontrol ve tedavi işlemi, otomotiv alanında imalat ve montaj süreçlerini iyileştirmesi gibi durumlardan kaynaklı olduğu belirlenmiştir. GT kullanan giyilebilir sınırdaki AG cihazları, Akıllı Gözlükler (Glasses), Akıllı Saatler (Smartwatches), Kulaklıklar (Headsets), Lensler (Lenses) ve Aynalardır (Glass). Lensler, Washington Üniversitesinde çalışan Babak A. Parviz ve öğrencilerinin entegre kontrol devreleri, iletişim devreleri ve minyatür antenler içeren, iOptik sistemi ve baş üstü görüntüleme (HUD) birimiyle bağlantılı çalışabilen Tavşan göz (Rabbit Eye) olarak ifade edilen giyilebilir kontak lens cihazı olarak tanımlanabilir (Şekil 1.8). Bu

cihazın göz merceklerine olan etkileri değerlendirilmiş ve cihazın göz sağlığına verdiği etkiden dolayı en fazla 20 dakika süreyle giyilmesinin uygun olduğu belirtilmiştir [25].



Şekil 1.8: Tavşan göz [27]

1.3. AG için çalışma mantığı ve kullanılan çevre birimleri

Sanal nesneleri gerçek dünya ile uyumlu şekilde hizalayan AG teknolojisi, gerçeklik ve sanallık arasında bir köprüdür [28]. AG sisteminin altyapısı, donanımlar ve yazılımlardır.

Billinghurst, Azuma'nın belirttiği üç AG özelliğini tümdengelim bir yaklaşımla üç çeşit donanımla tanımlamaktadır. Bunlar; gerçek ve sanal görüntüyü birleştiren cihaz, gerçek zamanda veri girişlerine karşılık veren ve etkileşimli grafik üreten bilgisayar sistemi ve en sonunda kullanıcının bakış noktasını tespit eden, gerçek dünya ile sanal görüntüyü hizalayabilen bir takip (izleme) sistemidir [19].

Kipper vd.'e [4] göre AG sisteminin donanımsal cihazları bir bilgisayar/mobil cihaz, bir monitör/gösterici, bir kamera, takip ve algılama sensörleri (GPS, pusula, ivmeölçer), bir ağ altyapısı ve bir işaretçidir. Yazılım programlarında ise içerik sunucusu, internet servisleri ve yerel işlemcide çalışan bir AG uygulaması veya programı öne çıkmaktadır. Ancak bu çalışmada genel olarak kabul edilen AG sisteminin elemanları: göstericiler, girdi cihazları, takip sensörleri ve işlemciler olarak ele alınacaktır [29].

1.3.1. AG çalışma mantığı

AG sistemi mobil ve sabit sistem olarak iki kategoriden oluşmaktadır. AG mobil sisteminde kullanıcı uygulamayı kullanarak serbest olarak hareket edebilmektedir. Buna karşın sabit AG uygulamasında hareket imkanı yoktur. AG sistemi (mobil veya sabit sistem); gerçekliğin algısının arttırılması ve yapay ortamın oluşturulması olarak iki ana işleve sahiptir. Gerçekliğin algısının arttırılması için Gerçek Dünya'da var olan nesneler dijital nesnelerle zenginleştirilmektedir (Şekil 1.9a). AG rehberlik uygulaması buna iyi bir örnektir. Öteki işlev ise, Gerçek Dünya'da görülemeyen (yapının çökmüş kısmı, çizgi film karakterleri, ilk çağ hayvanları vb.) objelerin oluşturulmasını sağlamaktadır (Şekil 1.9b,c) [4]. Colosseum AG uygulaması veya Pokemon gibi uygulamalar, bu tür AG uygulamalarına örnektir.



(a) (b) (c)

Şekil 1.9: Nokia City lens uygulamasında restoranlar ile ilgili bilgi eklenmektedir (a) ; Dinozor gösteren bir AG uygulaması (b ve c) [17]

Genelde AG uygulaması iki basit aşama gerçekleştirilmektedir:

1. Gerçek ve sanal dünyaların durumlarını belirlemek
2. Gerçek dünyayı hizalayan sanal dünyayı görselleştirmek [17]

Bu aşamaların alt aşamaları sahne yakalaması (ing. Scene capture), sahne tanımlaması, sahne işlemesi ve görselleştirmesidir. Bu aşamaların her birinin gerçekleştirilmesi için girdi cihazları, göstericiler, takip sistemleri ve işlemciler kullanılmak zorundadır [15]. Bazı araştırmacılar, takip sistemleri ve girdi cihazlarını sensör teriminin altında toplayıp üç alt yapıyı sensörler, göstericiler ve işlemciler olarak tanımlamaktadır. Sensörler AG uygulamasının gerçekleştirildiği fiziksel ortamın durumunu tespit eden aygıtlardır. İşlemci sensörlerden gelen verileri değerlendirerek gösteriye iletilmek için gereken

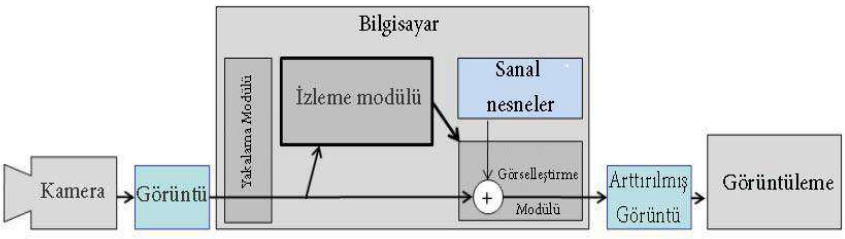
sinyali oluşturmaktadır. Gösterici gerçek ve sanal dünyaları birbirine entegre ederek olduğu gibi yansıtmaktadır [17].

AG sistemi basit etkileşimin (mesela basit sistemlerde kişisel düzeyde ve görsel olarak kullanıcının algısı arttırılır) haricinde ileri düzeydeki etkileşimleri de kapsayabilmektedir. İleri seviyedeki etkileşimler Somut AG arayüzleri, işbirlikçi (collaborative) AG ara yüzleri, hibrit (karma) AG ara yüzleri, multimodal (çoklu modlu) AG ara yüzleri olarak sınıflandırılabilmektedir [4].

Basit AG sisteminde bir kamera, bir bilgisayar birimi ve bir gösterici yeterlidir. Kamera bir görüntü yakaladıktan sonra sistem o görüntü üzerine sanal nesneler ekleyip göstericide göstermektedir. Aşağıdaki fotoğraf işaretçi tabanlı AG sisteminin bir örneğidir (Şekil 1.10). AG sistemi çevrenin görüntüsünü yakalamakta, işaretçi kameranın konumunu ve uyumunu belirleyip görüntünün üzerine sanal nesneyi ekleyerek göstericinin ekranına yansıtmaktadır [30]. Şekil 1.11 AG işleyişinin prensibi sunmaktadır.



Şekil 1.10: İşaretçi tabanlı AG basit sistemi [30]



Şekil 1.11: AG işleyişinin prensibi [30]

1.3.2. AG donanımları

AG donanımsal altyapısı; göstericiler, girdi cihazları, takip sistemi ve bilgisayarlardır (işlemciler) [15].

1.3.2.1. Göstericiler

AG sistemlerinde görüntüleme birimleri, optik, elektronik ve mekanik bileşenlerden faydalanarak, kullanıcının bakış noktası ile sanal verilerin yansıtılacağı nokta arasında bir yerde konumlanan görüntü oluşturma birimleridir [21]. Başka bir deyişle kameradan gelen görüntüyü kullanıp işlemciden gelen sanal görüntüyle birleştiren veya direkt ortam üzerine sunan görüntüleme elemanlarıdır [16]. AG temel göstericileri başa takılan göstericiler, elde taşınan göstericiler (handheld displays) ve uzaysal göstericilerdir [15].Bazı araştırmacılar bu sınıflandırmayı mobil elde taşınan göstericiler, video uzaysal göstericisi, uzaysal AG göstericisi ve giyilebilir göstericiler olarak değerlendirmektedir [4]. Diğer başka bir sınıflandırma ise göstericilerin içindeki sanal ve gerçek dünya kombinasyon yöntemine göredir. Bu sınıflandırmaya göre video-tabanlı göstericiler, optik ‘’içinden gören’’ (ing. Optical see-through) göstericiler, fiziksel yüzeyde yansıtma göstericileri ve çoğullamalı göz (ing. Eye multiplexed) sayılmaktadır [19]. Bu çalışmada bir sonraki bölümlerde belirtildiği gibi göstericilerin kullanım şekillerine göre başa takılan göstericiler, tablet göstericiler, uzaysal göstericiler ve ekran göstericilere odaklanılmaktadır.

- **Başa takılan göstericiler (Head mounted displays)**

Göstericinin seyirci gözüne takılarak kullanıldığı ekipmanlardır. Bu göstericinin önemli avantajlarından biri kullanıcının serbestliğidir. Kullanıcı ellerini serbest bırakır veya dönerse görme alanına göre sanal ve gerçek bilgiler uygun bir şekilde kombine edilmektedir. Göstericiler kapalı ve açık görüş sağlayan iki grupta toplanabilmektedir. Kapalı görüş sağlayan sistemler video formatında gerçek ortamın görüntüsünü sanal görüntüyle sunmaktadır. Diğer sistem ise, gerçek ortamı gözlemleme fırsatı sunarken, optik ve video teknolojileri ile sanal görüntünün gösterici üzerine düşürülmesini sağlamaktadır. Örneğin Vuzix firması tarafından üretilen WRAP 1200AR başa takılan göstericileri kapalı görüş sunarken, STAR 1200XL başa takılan göstericileri açık görüş görüntü vermektedir [16] (Şekil 1.12).



(a) (b)

Şekil 1.12: WRAP 1200AR (a) [31] ; STAR 1200 XL (b) [32] göstericiler

- **Tablet göstericiler (Handheld displays)**

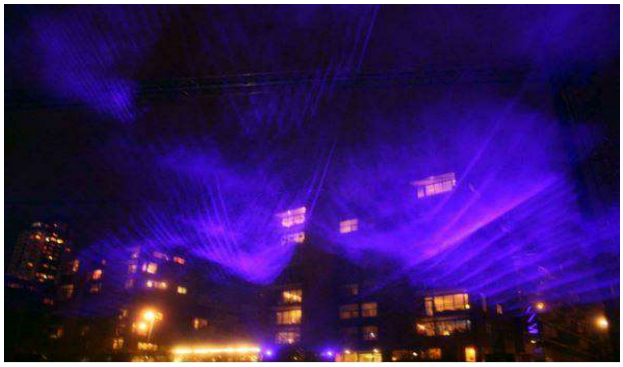
Tablet göstericiler taşınabilir olmaları, yaygın kullanıma sahip olmaları ve kolay erişebilmeleri açısından akıllı telefonların ve tablet cihazların oluşturduğu, en çok tercih edilen gösterici türüdür. Bununla birlikte, ekran ebatlarının sınırlı olması ve elle tutma zorunlulukları, bu göstericinin kısıtlamalarıdır [16] (Şekil 1.13).



Şekil 1.13: Tablet göstericisi bir örnek [16]

- **Uzaysal göstericiler (Spatial displays)**

Uzaysal göstericiler bilgisayar tarafından üretilen görüntüyü direkt ortam üzerine yansıtmaktadır. Teknik olarak görüntü herhangi bir yüzey üzerinden sunulabilmekle birlikte, sis ya da yüksek basınç altında verilen mikron boyutlarındaki su damlacıklarıyla tanımlanmış hacimler kullanılarak da oluşturulabilir. Uzaysal göstericilerin en büyük avantajı herhangi bir donanım tutmadan takılabilmesidir (Şekil 1.14) [16].



Şekil 1.14: Edwin Van Der Heide tarafından Glow Işık ve Mimarlık Forumu için tasarlanan LSP uzaysal gösterici örneği [16]

- **Ekran göstericiler (Heads-up displays)**

Ekran göstericiler, birbirine bağlı sabit transparan ekranlar sayesinde bilgisayar grafik bilgisini ortama veren göstericilerdir. Askeri alanda savaş uçaklarının kokpitlerinde kullanılmaktadır. Ekran göstericiler olarak adlandırılmasında pilotların kokpit panelinde belirli referans kontrollerini, yükseklikleri ve hareketleri daima takip etmek zorunda olmaları ve kokpit camında görmesi gerekliliği etkili olmuştur [16] (Şekil 1.15).



Şekil 1.15: Arabada ekran gösterici ile AG kullanımı [33]

1.3.2.2. AG girdi cihazları

AG sisteminin özelliklerinden biri etkileşimdir. Etkileşim olması için AG sistemine kullanıcının istedikleri ve verileri ileten bir araç bulunması gerekmektedir. Kullanıcının istediklerini ya da verileri kaydederek ileten aracın, girdi cihaz olduğu söylenebilmektedir. Örneğin 2B işaretçi kullanan AG sisteminde, kullanıcının telefonunu işaretçiye göstermesini gerekmektedir. Böylece AG sistemi, işaretçiyle bağlantılı olan sanal içeriğin (3B model, video vb.) görüntülenmek istendiğini

anlamaktadır. Bu örnekte telefonun girdi cihazı olduğu söylenebilmektedir. Diğer bir örnek hareket girdi cihazlarının kullanımı olmaktadır. Hareket girdi cihazlarının kullanımında kullanıcının hareketleri tespit edildikten sonra AG sistemi uygun olan karşılığı vermektedir.

AG sistemi için çeşitli girdi cihazları vardır. Bazı sistemlerde Reitmayr ve arkadaşları tarafından geliştirilen AG mobil sisteminde eldiven kullanılırken bazı sistemlerde ise Kablosuz ağ (Wi-fi) bilekliği kullanılmaktadır. Akıllı telefonların kendileri de girdi cihazı olarak kullanılabilmektedir [15].

AG girdi sistemleri klasik veya ileri aygıtlar, gösterme veya yazım aygıtları, sabit veya mobil aygıtlar gibi parametreler göz önünde bulundurarak sınıflandırılmaktadır. Klasik sistemlerde düğmeler (küçük keypad, fare düğmeleri …), klavyeler (küçük klavyeler, katlanabilir klavye vd.), 2B gösterme, seçme aygıtı(imleç denetim topu, tablet ve kalem), konuşma (konuşma tanıması, komutlar) bulunmakta, ileri sistemlerde ise 2B gösterme, seçme aygıtları (el ve eldiven konumu ve uyumu), 3B gösterme, seçme aygıtları (6 Serbestlik Derecesi sensörleri, 3 Serbestlik Derecesi fareleri), Vücut sensörü (eldiven, vücut sensörleri, beyin dalgası sensörleri) ve video tabanlı somut arayüzler (ing. Tangible İnterfaces Video) kullanılmaktadır [34].

1.3.2.3. Takip sistemi

Takip ya da kayıt, gerçek nesneler tanımak ve bunları AG sisteminde kaydetmek için AG sistemi tarafından kullanılan yöntemdir. Bu gerçek nesneler izlenebilir sanal nesnelerle çakışmaktadır [34]. Takip sistemleri dijital kameralar veya diğer optik sensörler, GPS, ivmeölçer, katı hal pusulası, kablosuz sensörler gibi teknolojiler içermektedir. Geliştirilecek sisteme göre bu teknolojilerin her biri farklı doğruluğa sahiptir. AG takip sisteminin mekanik, magnetik duyarlı, GPS, ultrasonik, eylemsiz (inertia) ve optik olması gerekmektedir [15].

1.3.2.4. İşlemciler

AG sisteminin merkezinde sensörlerın girdileri analize ve koordine eden, verileri hafızaya alan ve geri alan, AG uygulamasının görevlerini yerine getiren (ing. carry out)

ve göstericide gösterecek uygun sinyal meydan getiren bir işlemci olmaktadır. AG işlemcileri akıllı telefonlar ve tabletler gibi basit tablet cihazlarından (handheld devices) bilgisayar, masaüstü bilgisayar, iş istasyonlarına kadar değişebilmektedir. Bazı durumlarda, tablet cihazları uzakta olabilecek güçlü bir sunucu ile iletişim içindedir. Herhangi bir işlem (düğmeye basma, tabletin konumunun değiştirilmesi, bakış açısının değiştirilmesi vb…) yapılınca belirgin bir gecikme veya duraksama olmaksızın gerçek ve sanal dünyaların kombine edilmesi için, işlemcinin gücünün yeterli olması gerekmektedir [17].

1.3.2.5. Diğer donanımlar

Oluşturulacak AG sistemi için gerekli verinin görsel yollardan alınmadığı durumlarda farklı donanımlar kullanılması gerekir. Bu donanımlar örneğin dokunma duyusuyla alakalı olarak kol bandı, eldiven vb. veri alınmasını sağlayan araçlardır [16].

1.3.3. Artırılırmış Gerçeklik yazılımsal altyapısı

AG sistemlerinin yazılımsal altyapısı modelleme aracı, işaretçi aracı, performans artırıcı motor aracı ve mobil uygulama aracından oluşmaktadır. Sistemi çalıştırmak için birçok AG geliştirme platformu (SDK, Software Development Kit) geliştirilmiştir. Wikitude, LayAR, Kudan, FaceSDK, ARToolkit, Vuforia, Augment ve DroidAR gibi platformlar örnek olarak gösterilebilir. (Tablo 1.1: AG uygulama geliştirme platformları). Ücretli ve ücretsiz olarak iki kategoride sınıflandırılabilecek AG SDK'leri birçok yazılım dili destekleyip kamera ve fiziksel işaretçi konumunu hesaplayıp işaretçi üzerine istenen 3B modeli görüntülemektedir.

Modelleme aracı AG sisteminde kullanılacak 3B model tasarımına imkân sağlayan programlardır. Blender, Unity 3d, 3DS Max , Gooogle SketchUp gibi X,Y ve Z koordinat sistemine göre çalışan programlar örnek olarak gösterilebilir.

Performans artırıcı motor ise AG sisteminde modelleme araçlarıyla modellenmiş 3B modellerin çalışmasına sağlamaktadır. Örnek olarak Papervision3D, Away3D, Sandy3D, WebGL ve Unity 3D gösterilebilir. Ayrıca 3B modellere ek olarak artırıcı motor programlarında ses, resim, grafik veriler de eklenebilmektedir [25].

Tablo 1.1: AG uygulama geliştirme platformları [25]

AR Frameworks	Vuforia	ARToolKit	WikiTude	LayAR	Kudan
Şirket	PTC	DAQRI	Wikitude GmbH	BlippAR Grp	Kudan Limited
Lisans	Ücretsiz ve Ücretli	Ücretsiz	Ücretli	Ücretli	Ücretli
Desteklenen Platformlar	Android, IOS,Unity	Android, IOS, Windows, Linux, Mac OS X, SGI	Android, IOS, Google Glass, Epson Moverio, ,Optinvent ORA1, PhoneGap, Xamarin	IOS, Android, BlackBerry	Android, IOS, Unity

1.3.4. AG türleri (AR types)

AG türleri sayısı sınıflandırılma kriterlerine göre değişmektedir. Teknolojik altyapısına atıfta bulunulduğunda konum tabanlı ve görüntü tabanlı olmak üzere iki AG türü ortaya konabilmektedir. Görüntü Tabanlı AG; işaretçi tabanlı (ITAG) ve işaretçi tabanlı olmayan (ITAOAG) olmak üzere iki kategori altında toplanabilmektedir. Referans ölçütü AG izleme metotları olduğunda, yansıtma (Projection based AR), tanılama (Recognition based AR), konum (Location based AR) ve anahat (Outlinining) tabanlı AG türleri değerlendirilebilmektedir [25].

1.3.4.1. Konum tabanlı AG (KTAG) sistemleri

KTAG sistemlerinde küresel Konumlama (GPS), Kablosuz Yerel Alan Ağı (WLAN) veya Radio Frekanslı Tanımlama (RFID) gibi teknolojiler kullanarak kullanıcı konumu tespit edildikten sonra gerçek ortam üzerine sanal veriler eklenip zenginleştirilmektedir. KTAG sistemleri taşınabilir cihazlara uyumlu olup açık hava uygulamalarındaki etkinliğinin avantajlı olduğu söylenmektedir. Buna bağlı olarak “eğitim’’, ‘’mimari’’, “turizm’’, tarih ve coğrafya’’ gibi alanlarda kullanılması önerilmektedir [25].

1.3.4.2. Görüntü tabanlı AG (GTAG) sistemleri

En çok geliştirilmiş AG türü olarak tanımlanan Görüntü Tabanlı AG sistemleri, belirlenmiş fiziksel işaretçiyi (resim, grafik, logo, fotoğraf, hareket ve ses algılama) tanımlayıp üzerinde belirlenen noktalara göre sanal veriler (Ses, 3B/2B nesneler, grafikler) eklemektedir [25].

İşaret Tabanlı AG Sistemleri: Öncelikle sisteme görüntülenmesi istenen nesne ile ilişkilendirilmiş işaretçi yüklenmesi ve tanıtılması gerekmektedir. Bu veri, yoldaki veya kitaptaki bir görüntü (tanılama tabanlı) veya iki işaretçinin birbirleri arasındaki konumla ilişkili olabilir. Bu sistemin önemli avantajları; geliştirme aşamalarının kolaylığı, birden fazla yazılım desteği ve GPS, ivmeölçer, RFID, hızölçer gibi ek donanım ihtiyacının duyulmamasıdır [25].

İşaret Tabanlı Olmayan AG Sistemleri: Bu sistemde işaretçi yerine takip sistemi olarak bir nesnenin hareketi (ör. El hareketi) veya bir yüzeye AG yapısının yansıtılması söz konusudur. Sistemin önemli avantajı, modelin gösterileceği yerin sabit olmamasıdır [25].

1.3.5. AG etkileşim yöntemleri

AG özelliklerinden biri etkileşimdir. AG platformlarında geliştirilen etkileşim arayüzleri Somut AG arayüzleri, İşbirlikçi (collaborative) AG arayüzleri, Hibrit (karma) AG arayüzleri, Multimodal (çoklu modlu) AG arayüzleridir.

1.3.5.1. Somut AG arayüzleri

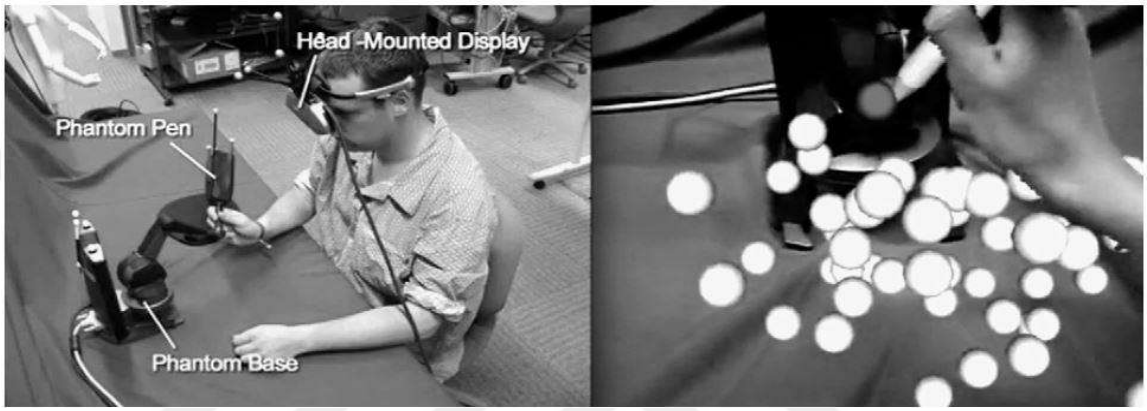
Somut AG arayüzlerinde gerçek ve sanal nesneler karıştırılarak (ing. mix) dijital verilere fiziksel algısı verilmesi amaçlanmaktadır. Aslında AG sistemi tarafından oluşturulmuş dünyanın ‘’arttırılmış’’ görüntüsü dokunsal geri besleme platformu ile birleştirilince kullanıcının algısı ve sanal nesnelerle etkileşimi artırılmaktadır [4].

İyi bir somut AG arayüzü geliştirmek için birkaç prensip göz önünde bulundurmalıdır. Bunlar:

- Sanal içerikleri kontrol etmek için fiziksel kontrol aleti (eng physical controllers) kullanımı
- Uzaysal 3B etkileşim teknikleri destekleme (nesnelerin yakınlığının kullanımı gibi)
- Çoklu etkileşim destekleme
- Nesnenin fiziksel kısıtlamalarını görev gereksinimleriyle eşleştirme
- Birden çok nesneyle paralel etkinliği destekleme olanağı

- Birden fazla katılımcının işbirliğini sağlama [35]

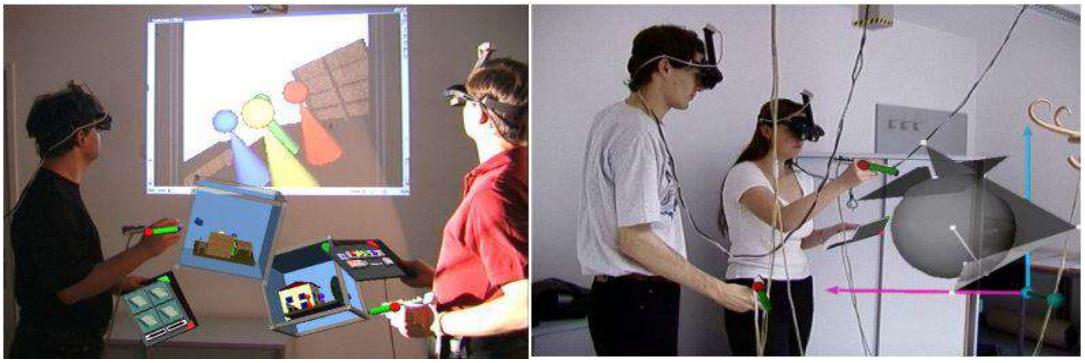
Örneğin Magic Vision Laboratuvar tarafından geliştirilen görsel ve dokunsal Phantom isimli arayüzüde, kullanıcıların aynı uzay, zaman ve konumda sanal nesneleri görmesini ve bunlara dokunması sağlanmaktadır. Phantom'un güç geri bildirim kalemi (eng. Force feedback pen) kullanılarak sanal nesnelerin üzerinde çizim yapılabilmektedir [4] (Şekil 1.16).



Şekil 1.16: Phantom'un arayüzü [4]

1.3.5.2. İşbirlikçi (collaborative) AG arayüzleri

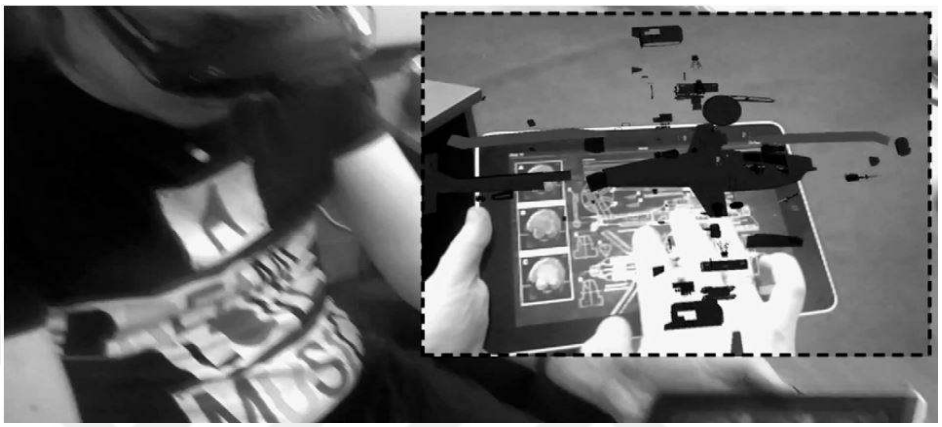
İşbirlikçi arayüzleri birden fazla gösterici kullanarak uzak paylaşımı, uzak etkileşimi veya eş konumlu faaliyetleri sağlamaktadır. Studierstube buna tipik bir örnektir. Studierstude'da, işbirlikçi AG kullanarak birden fazla kullanıcı, kapsam, uygulama, 3B pençeleri, sağlayıcıları, gösterim platformları ve iletişim sistemlerini birbiri ile ilişkilendirmek amaçlanır [4] (Şekil 1.17).



Şekil 1.17: Studierstube işbirlikçi AG arayuzü [36]

1.3.5.3. Hibrit (karma) AG arayüzleri,

Hibrit AG arayüzleri, kullanıcının AG içeriği ile çeşitli yollarla etkileşimini sağlayan farklı ama tümleyen arayüzler kombine etmektedir (Şekil 1.18). Hibrit arayüzünün amacı gündelik hayatın farklı ihtiyaçlarına cevap verebilecek esnek bir platform sağlamaktadır [4].



Şekil 1.18: Hibrit AG arayüzü örneği [4]

1.3.5.4. Multimodal (çoklu modlu) AG arayüzleri

Multimodal AG arayüzleri, kombine edilmiş çoklu etkileşim yöntemini kapsamaktadır. Bu arayüzler, konuşma, dokunma, gözünü dikme (ing. Gaze) ve el hareketleri gibi ifade biçimi ve hareketlerle gerçek nesnelerle etkileşime geçmektedir. Örneğin MIT'in 6. his uygulamasında kullanıcı el hareketleri, kol hareketleri ve bazen göz kırpma kullanarak yüzeylerde, duvarlarda veya diğer nesnelerin üzerinde yansıtmış bilgilerle etkileşime girebilmektedir [4].

1.4. AG sınırlamaları

AG sistemlerinde halen aşılması gereken sınırlamalar yer almaktadır. Bu sınırlamalar, stereofonik görüş sorunları, renk derinliğinin, parlaklığın, yüksek çözünürlüğün, karşıtlığı, netlik derinliği, görüş alanının kısıtlamaları gibi büyük bir alanı kapsamaktadır [37]. Bu sınırlamalar teknolojik sınırlamalar, güvenlik ve mahremiyet alakalı sınırlamalar ve sosyal kabul alakalı sınırlamalar olmak üzere üç kategoride sınıflanabilmektedir [38].

1.4.1. Teknolojik sınırlamalar

Teknolojik sınırlamalar kapsamında GPS, takip sistemi, donanımlar, bağlantı ve yazılımların sınırlamalarına odaklanılmaktadır.

1.4.1.1. GPS sınırlamaları

AG sistemlerinde kullanıcının konumunu belirlemek önemlidir. Akıllı telefon kullanımında GPS verilerinde hata olduğunda kullanıcının konumunun belirlenmesinde büyük sıkıntı ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu çözmek için akıllı telefonlara yüksek seviye GPS (Surveyor grade GPS) yüklenmesi gerekmektedir. Diğer başka çözüm ise GPS özelliğini kullanmak yerine telefonun kamerasının kullanılarak objelerin ve görüntülerin veri tabanlarından kontrollü eşleştirilmesidir [16].

1.4.1.2. Takip sınırlamaları

AG teknolojisinin iyi çalışabilmesi için takip sistemi iyi olmalıdır. Mesela akıllı telefonlardaki sensörlerin jiroskop, pusula ve akselerometresi yeterince duyarlı olmazsa uygulama, yönümüzün nereye dönük olduğunu, hangi açı ile bakmakta olduğumuzu ve başımızın aynı anda hangi konumda olduğunu algılayamayabilir. Mobil AG durumunda akıllı telefonlardaki sensörlerin iyileştirilmesi, yükseltilmesi gerekmekle birlikte mobil AG donanımları geliştikçe aşama aşama bu sınırlamalar da kalkacaktır. Kameralar ise sadece görüntüyü almayı sağlayıp herhangi bir algıya sahip olmadığından uygulamaya tanımlı işaretçiler aracılığı ile bilgisayar üretimi, grafikler ile kaplanmaktadır. Takip sisteminin diğer sıkıntısı ise hareket durumundayken de gerçek zamanlı olarak durumun okunması ve sonuç görüntünün sunulmasıdır [16].

1.4.1.3. Donanım sınırlamaları

AG teknolojisinde rastlanan önemli donanım kısıtlamaları şunlardır:

- *Bataryaların tükenmesi:* Mobil cihazlardaki bataryalar, ara ara internet kullanımı ve fotoğraf çekimi için üretilmektedir. AG teknolojisinin donanımları olarak bilinen kamera, GPS ve internet birlikte kullanılınca bataryaların ömrünün azaltmasına neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için daha güçlü bataryalar üretilmesi gerekmektedir [38].

- *Taşıma ve dışarıda kullanım:* Bazı AG sistemlerinde AG donanımlarının ağırlığı kullanıcının yorulmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bu donanımların bazıları dış çevredeki özelliklerden dolayı iyi çalışmamaktadır [37].
- *Gecikme:* AG sisteminin iyi çalışabilmesi için çok kısa zaman içerisinde gerçek ve sanal görüntüler hizalanmalıdır. Gecikme olunca gerçek ve sanal görüntülerin hizalama zamanı fazla olmaktadır. Bu durum kullanıcının deneyimini bozabilmektedir. Gecikme sorununu çözmek için AG sisteminin her donanımı dikkatlice seçilmelidir [37].

1.4.1.4. Bağlantı sınırlamaları

Birçok AG uygulamasında veriler internet üzerinden edinilmektedir. Wifi ya da 3G bağlantı yavaş olunca uygulamalardan, özellikle geniş ölçekte veriye ihtiyaç duyanlarda sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Bu kısıtlamanın önüne geçmek için 4G bağlantı sistemi yürütebilen cihazlar kullanılmalıdır. Aksi takdirde uygulamaların ihtiyacı olan verilerin birçoğunun kurulum esnasında cihaza kurulumuyla bu durumun üstesinden gelinebilmektedir [16].

1.4.1.5. Yazılım sınırlamaları

Yazılım sıkıntıları kullanıcının arayüzündeki eksiklerde tespit edilebilmektedir. Bu sorunların giderilmesi için arayüz tasarımında arayüzün kullanabilirliği önemsenmelidir. Birçok araştırma grubu yazılım sınırlamalarına çözüm üretmek üzere özellikle üniversite tabanlı projelerde çalışmaktadır [16].

1.4.2. Mahremiyet ile ilgili sınırlamalar

AG uygulamalarında özellikle Mobil AG uygulamalarında büyük güvenlik ve mahremiyet açıkları meydana gelebilmektedir. Mobil AG uygulamalarının çoğu, kullanıcıya hizmet sağlamak için konum bilgilerini toplamaktadır. Aslında istemci sunucusunda (ing. Client-server) kullanıcının konumu tespit edilip üçüncü sunucuya iletilmektedir. Üçüncü sunucu kullanıcının konumunu izlemek ve incelemek için kullanılsa bile, zaman içerisinde bu konum bilgilerini toplayarak kullanıcının etkinliğini takip edebilmektedir. İşbirlikçi platformlarında, kullanıcıların kendi bilgileri birbirleriyle paylaşıldığı için özel bilgiler korunmasızdır. Mahremiyeti korumak için

AG uygulamalarında kullanıcıların bilgilerine ulaşmak için bir onay sistemi oluşturulmalıdır [38].

1.4.3. AG sosyal kabulü ile ilgili sınırlamaları

AG teknolojisinin sosyal kabulü güvenlik, mahremiyet ve aygıtların özel hayata müdahalesi (ing. Device intrusion) gibi nedenlerle problem olabilmektedir. Mesela ilk çağ AG aygıtlarının büyüklüğünden dolayı AG, özel hayat ihlal eden bir teknoloji olarak algılanmaktadır. AG teknolojisinin toplum tarafından kolaylıkla kabul edilmesi için küçük ve göze çarpmayan bir ekipman olarak tasarlanmalıdır [38].Bu açıdan mobil ve giyilebilir AG aygıtlarının daha uygun olduğu düşünülmektedir.

1.5. AG uygulamalarının değerlendirme yöntemleri

Yapılan tüm bu araştırma ve değerlendirmeler sonucunda AG değerlendirme tipleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

- İnsan algısı ve bilişini değerlendiren deneyler.
- Kullanıcı görev performansını değerlendiren deneyler.
- Kullanıcılar arasında işbirliğini değerlendiren deneyler.
- Sistem kullanılabilirliği ve sistem tasarım değerlendirmeleri [39].

Bu amaçlarla geliştirilen deneylerin kullandıkları yöntemler ise nicel ölçümler, soyut ölçümler, nitel ölçümler, kullanıcı odaklı olmayan değerlendirme yöntemleri ve enformel testler olarak kategorize edilebilmektedir [39]:

Sistem kullanılabilirliği ve sistem tasarım değerlendirmeleri konusunda örnek olarak 2014 yılında Guimaraes M. ve Martins V. (2014) tarafından geliştirilen kontrol listesinden bahsedilebilmektedir. Bu kontrol listesi, ISO 9241-11 ve Nielsen'in* buluşsal yöntemini kullanarak AG sistem kullanılabilirliğinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

* Nielsen (2012) web sitelerinin kullanılabilirliğini tartıştığı çalışmasında kullanılabilirliği beş bileşene ayırmıştır: öğrenilebilirlik, etkinlik, hatırlanabilirlik, hatalar (kaç tane, ne ölçüde) ve tatmin. Bunların yanında önemli bir diğer özellik olarak "yararı (utility)-kullanıcının ne isteği" sayar. Nielsen'e göre basit olarak kullanım testi temsili bir kullanıcı grubundan belirli görevlerin yapılmasının istenmesidir. Nielsen deneklerin ne söylediğine yerine ne yaptığının incelenmesinin gerektiğini belirtir (Nielsen, 2012).

ISO 9241-11 standart kullanılabilirlik terimini tanımlayıp, kullanılabilirliğin üç temel parametresini; uygulamanın kullanım hedeflerini, kullanım bağlamını ve kullanılabilirliğin ölçülerini belirtmektedir. Bu standart kullanılabilirliğin ölçüleri olarak etkililik, verimlilik ve memnuniyet değişkenlerini tanımlamaktadır. Etkililik, doğru ve tamamlanmış şekilde sistemin hedeflerinin gerçekleşmesini ölçmektedir. Verimlilik donanımların performanslarını ölçmektedir. Memnuniyet ise uygulamanın kullanımında kullanıcının davranışı ve konforunu ölçmektedir. AG uygulamaları bağlamında, adı geçen değişkenlerin değerlendirmesi için Nielsen buluşsal liste ve AG özel buluşsal liste göz önünde bulundurulmaktadır [40]. Sonuçta geliştirilen kontrol listesi modeli şu şekildedir (Tablo 1.2):

Tablo 1.2: AG değerlendirme kontrol listesi [40]



Ek olarak, birçok alana özgün değerlendirme yöntemleri de geliştirilmektedir. Örneğin sanal miras ortamlarının değerlendirilmesinde uzman değerlendirilmesi, içerik ve ortam karşılaştırılma çalışmaları, fizyolojik değerlendirme, görev performansı değerlendirmesi, anket ve tespitler ve etnografik değerlendirme gibi yöntemler de geliştirilmiştir [39].

1.6. Mimaride AG Kullanımı

AG teknolojisiyle geliştirilen uygulamalar en çok eğitim ve eğlence [41] alanlarında bulunsa da mimarlık, üretim, tasarım, pazarlama, görselleşme, askeri, spor, turizm, tıp

gibi diğer alanlar da etkilenmektedir [4,13,19,25,30,34,38, 42-46].

Mimarlık, insanların yaşamını kolaylaştırmak ve barınma, dinlenme, çalışma, eğlenme gibi eylemlerini sürdürebilmelerini sağlamak üzere gerekli mekânları, işlevsel gereksinimleri ekonomik ve teknik olanaklarla bağdaştırarak estetik yaratıcılıkla tasarlama ve inşa etme sanatı; başka bir tanımlamayla, yapıları ve fiziksel çevreyi tasarlama ve inşa etme sanat ve bilim; yapı ve mekân tasarımı; kısaca, yapı eyleminin sanata dönüşmesidir [47]. Mimarlık yalnızca bir yapı tasarımı ve inşa edilmesi ile sınırlı değil; eskiyen ve yıpranan yapıların, sokakların ve alanların onarılması, yeniden işlevlendirilmesi, restorasyonu ve yenilenmesi ile de kente önemli değerler katmaktadır [48]. Mimarlığın tanımı göz önünde bulundurulduğunda, mimari pratiği üç başlık ile: yapının tasarlanması, inşa edilmesi ve var olan yapı üzerindeki müdahaleler olarak özetlenebilmektedir. Mimari pratiği ile paralel bir yaklaşım kullanarak mimarlıktaki AG kullanımı; yapı tasarımı, inşa edilmesi ve var olan yapılar üzerindeki müdahaleler açısından değerlendirilebilmektedir.

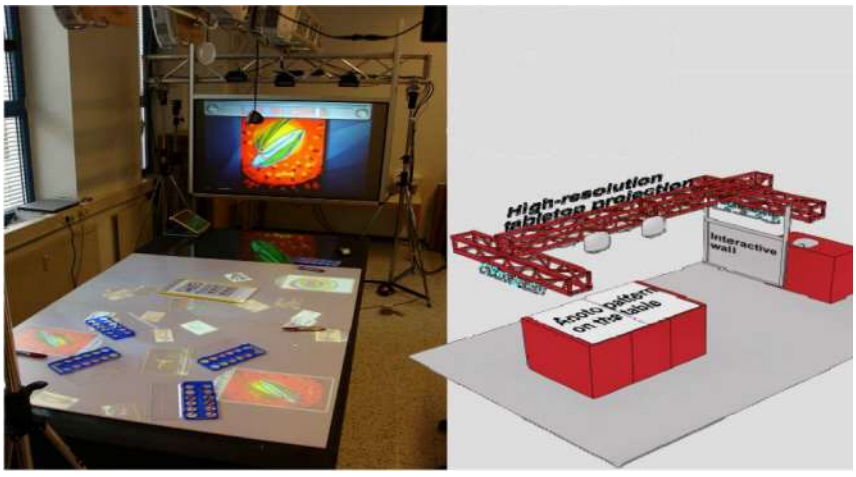
1.6.1. Tasarımda AG Kullanımı

Tasarım bir sanat eserinin, yapının veya teknik ürünün ilk taslağı, tasar çizim, dizayn olarak tanımlamaktadır [49]. Başka bir deyişle tasarım alışılagelmiş günlük nesnelerden, mobilyadan, mimarlık ve peyzajdan kentsel planlamaya kadar uzanan ve insan yaratıcılığına dayalı olarak çevreye estetik bir uyum getirmeyi amaçlayan üretim etkinliğidir [47]. Mimari tasarımda yaygın yöntem olarak belli başlı parametreleri (kentsel planlama bağlamı, peyzaj bağlamı, yapı alanının tarihsel gelişimi, kullanıcı ve kullanım gereksinimleri, benzer bağlamları ve benzer işlevleri olan başka binalar) ayrıntılı olarak inceleyip bir çözüm, bir yapım projesi üretmektedir [50]. Tasarım çalışması : ‘’şematik tasarım’’ ve ‘’tasarım geliştirilmesi’’ olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Şematik tasarımda gereken analizler ve gereksinimler (bağlam, bütünlük, malzeme ve strüktür, işlev) dikkate alarak eskizler ve ön proje hazırlanmaktadır. Ön proje çeşitli mimari ifade yöntemlerle (fiziksel maketler, 2B ve 3B çizimler vb) müşteriye sunulmaktadır. Tasarım geliştirilmesi aşamasında avan proje üzerindeki düzeltmeler göz önünde bulundurularak uygulama projesi hazırlanmaktadır. Uygulama projesi hazırlama aşamasında birçok farklı disiplinin müdahalesi gerekmektedir. Ayrıca

genelde şantiye açılmadan önce uygulama projesinin, gereken makamlara sunulup izin alınması gerekmektedir [51].

Bir tasarımın başarısının analizlerin kalitesine, disiplinler arasındaki işbirliğinin koordine edilmesine ve proje sahibi tarafından iyi ifade edilmesine bağlı olduğu söylenebilir. Mimari ifade yöntemi olarak AG, tasarımın başarısı için önemli katkıda bulunabilmektedir. Tasarım aşamasında AG kullanımı şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Tasarım stüdyosunda bir proje üzerinde çalışan tasarımcıların veya uzmanların koordine edilmesi için AG platformlarında çeşitli çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümlerden biri ‘’ Shared Design Space’’ adlı AG işbirlikçi platformudur. Shared Design Space sistemi dört tavan, bir yansıtma duvarı ve büyük ‘’canlı’’ ve etkileşimli masadan oluşmaktadır. Kullanıcılar, kendi bilgisayarları veya çizimleri ile masanın etrafında oturup dijital kalemler kullanarak sanal nesnelerle (3B Model, çizim vb) etkileşime girebilmektedir. Kullanıcılara dijital kalemlerle, masadaki marker olan gerçek kâğıt üzerinde sanal veriler görüntületilmektedir. Merkezileştirilmiş bir sistem ve bir telsiz ağı vasıtasıyla sanal veriler bilgisayarlardan masaya aktarılabilmekte ve böylece model eş zamanda düzeltilebilmekte, yansıtma duvarda görüntülenmektedir [52] (Şekil 1.19). AG sadece bir stüdyo içinde değil aynı zamanda arazide de kullanılabilmektedir. Mimar, arsada arazi ile doğrudan temas halinde olup daha doğru analizler ve tasarım seçenekleri sunabilmektedir [51].



Şekil 1.19: Shared Design Space sistemi [53]

- Yerinde tam ölçekli tasarımın görselleştirilmesinde yapının 3B modelinin, parselde tam ölçekli olarak görüntülenmesi hedeflenmektedir. Bazı AG uygulamalarında da yapının içi gezilebilmektedir. Bu tür uygulamalar büyük kentsel projeler için de uygundur. Aslında halk, bu tür uygulamalarla projelerin karmaşıklığını iyi bir şekilde anlayabilmektedir. Örneğin 2011 yılında Finlandiya'da bir kompleks hotel projesinin onaylanması için VTT araştırma grubu tarafından mobil AG uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama konum tabanlı olup arsada inşa edilecek yapının görüntülenip yapının içini gezebilmek için rehberli tur yapma imkânı sağlamaktadır (Şekil 1.20) [51].



Şekil 1.20: VTT grubu tarafından geliştirilen Yerinde (İn situ) AG uygulaması [51]

- Yerinde tam ölçekli yapının bir kısmının veya bir nesnenin görselleştirilmesi ve çarpışma noktalarının tespiti için yerinde ve tam ölçekte yapının bir kısmı ya da bir nesnenin görselleştirmesi amaçlanmaktadır. Bu uygulamalar iç mekân tasarımı veya tadilatı için daha uygundur. Ayrıca nesneler tam ölçekte yerinde oturtulduğunda yerindeki gerçek nesnelerle herhangi bir çarpışma veya çakışma sorunu varsa tespit edilebilmektedir (Şekil 1.21) [51].



Şekil 1.21: İç mekân tasarımında AG uygulaması kullanımı [51]

- Fiziksel mimari iletişim araçlarının artırılması yoluyla gerçekleştirilecek projelerin proje sahibi, yetkili makamlar ve halk tarafından daha iyi anlaşılmasını amaçlamaktadır. Bu hedefe varmak için çizimler ya da maketler gibi fiziksel mimari ifade araçları üstüne sanal veriler eklenmektedir. Örneğin plan çizimleri marker olarak kullanılıp üstünde yapının 3B modeli, zaman içinde gölgeleme, rüzgâr akışı, trafik akışı, yapının strüktürü, mekanik ve hidrolik sistemler görüntülenebilmektedir. Örneğin Christchurch City CCDU App uygulamasında Christchurch şehrinin imar planları işaretçi olarak kullanılarak üzerine inşa edilecek binaların 3B modeli eklenmektedir [51] (Şekil 1.22).



Şekil 1.22: Christchurch City CCDU AG Uygulaması [51]

1.6.2. Yapı inşası aşamasında AG kullanımı

Şantiyelerde geleneksel yöntemlerin neden olduğu yanlışlıklar, kâğıt üzerindeki veri yetersizliği, ek harcamalar, verilerin arşivlenme sorunları ve yapı verilerinin yönetilme

sıkıntılarını gidermek için AG kullanımı tercih edilebilmektedir. Aslında bir yapı inşa ederken proje üzerinde değişiklikler olabilmektedir. Bu değişiklerden dolayı çizimler yeniden yazdırılıp ek harcamalara sebep olmaktadır. Buna ek olarak kâğıt çizimler zaman içinde sağlam olarak muhafaza edilmeyebilmektedir. Bu durumda yapı üzerinde onarım veya sağlamlaştırma gibi müdahaleler yapılacaksa yapının tekrar rölövesinin alınması gerekebilmektedir [11]. AG ve Yapı Bilgi Sistemi (ing. Building Information Modeling) birlikte kullanılarak geleneksel yöntemlerin kısıtlamalarının giderilebilmesinin yanı sıra şantiyelerde AG kullanımı mimar ve inşaatçı arasındaki bilgi aktarma işlemini kolaylaştırabilmektedir. Ayrıca bu teknoloji sayesinde şantiye şefi kolay şekilde şantiyenin ilerlemesini takip edebilmektedir. Bununla birlikte bir şantiye birçok disiplinin çalıştığı bir alan olduğu için aşağıdaki listelenen AG kullanım başlıkları sadece mimarlara odaklanmayıp, şantiyede uygulamaya dahil olan tüm disiplinler (elektrik, inşaat, mekanik, su tesisatçılığı vb.) için geçerli olmaktadır.

- Şantiyede Building Information Modeling (BIM) verilerinin Jeo-yerleştirmesi (ing. Geo-locating): bu tür uygulamalarda BIM verileri şantiye arazisi üzerine eklenmektedir. Bunun amacı:
    - ✓ Yapının henüz inşa edilmemiş kısmının görüntülenmesi
    - ✓ Yer altındaki bölümler gibi görülmeyen bölümlerin incelenmesi
    - ✓ Görünmeyen nesnelerin (akslar, irtifaklar vb.) görüntülenmesidir [51]

Laing O'Rourke Sydney's Engineering Excellence Group tarafından geliştirilen ''The Port Botany MAR Demonstrator''mobil AG uygulaması örneğinde kullanıcı, tablet gösterici kullanarak inşa alanında BIM verilerini (elektrik, hidrolik sistemleri, kanalizasyon vb.) görüntüleyebilmektedir. Kullanıcı, arazide kendi jeo-yerleştirme yorumlarını sisteme yükleyebilmektedir. Eklediği bilgiler, tüm ekip üyeleri tarafından erişilebilen bir veri deposuna iletilmektedir [51] (Şekil 1.23).



Şekil 1.23: The Port Botany MAR Demonstrator [51]

- Görev destekleyen araç; karmaşık montajlar için işçilere talimatlar veren AG uygulamalarıdır [51].Örneğin BIMevoke şirketi tarafından geliştirilen AR uygulamasıyla karmaşık montajlar basit aşamalarla anlatılmakta ve inşaat alanında anime edilmiş videolarla pompa tamiri gibi işler yapılabilmektedir [54] (Şekil 1.24).



Şekil 1.24: BIMevoke AG uygulaması [54]

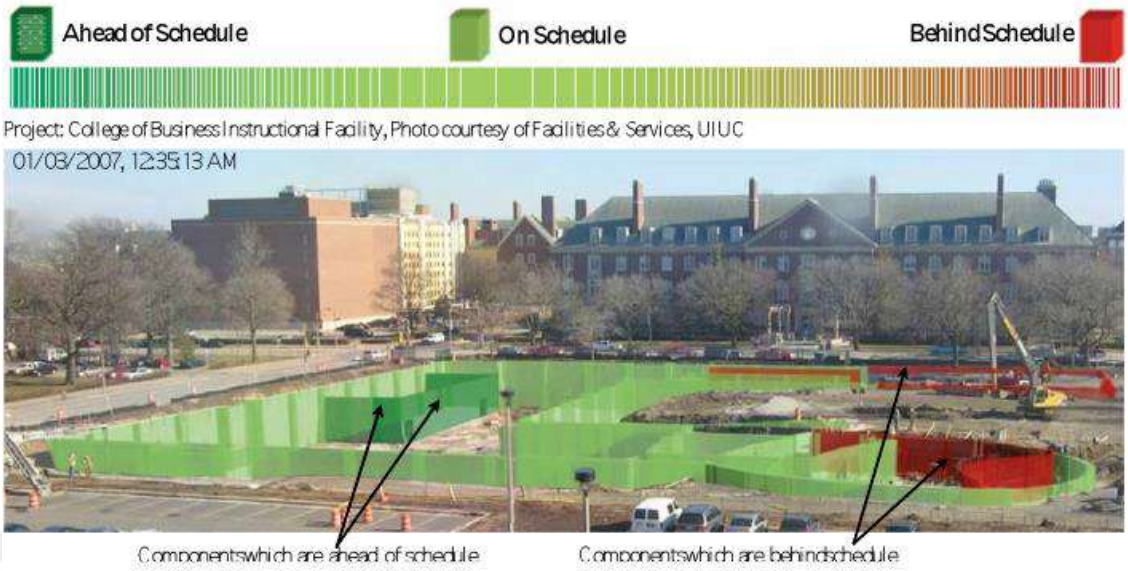
- Şantiyelerin 4 Boyutlu (4B) aşamalı programlanması: Şantiyelerde AG uygulamasıyla projenin 4B programlanması ve şantiye lojistiği planlaması sunulabilmektedir. Kağıt çizim üzerinde sanal nesneler üst üste getirilerek şantiyenin dinamik bölümlerinin davranışı analize edilebilmekte veya arsaya sanal nesneler ekleyerek inşaat makineleri ve gerçek elemanlar arasındaki çarpışma noktaları belirlenebilmektedir. MAR to plan Virtual Construction Work Sites örneğinde inşaatçılara, uzmanlara ve planlamacılara arazide gerçekleştirebilen çarpışmalar, makinelerin hareketleri ve inşa edilecek yapının

zaman içinde ilerlemesini görüntülemek üzere kağıt planlar üzerinde anime edilmiş 3B nesneler eklenmiştir [51] (Şekil 1.25).



Şekil 1.25: MAR to plan Virtual Construction Work Sites [51]

- Yapı inşasının ilerlemesi ile eş zamanlı raporlama ve denetim: Şantiyede AG uygulamasında yapı inşası takvimi entegre edilerek planlanan inşa ilerlemesi ve arazide yapılmış çalışmalar kıyaslanarak eş zamanlı çalışma ilerleme raporu elde edilebilmektedir [51]. Örneğin D^4R uygulamasında, inşa edilmekte olan yapının 4B modeli (3B model + zaman içinde inşa ilerleme takvimi) üstüne belli bir konumdan çekilen şantiye fotoğrafı getirilmektedir. Yapının 4B modeli ‘’takvime göre’’ ilerleme tahmini sunduğunda, şantiye fotoğrafı ibelli bir tarih için ‘’şantiyede yapı inşasının durumu” bilgisini sunmaktadır. İki bilgi kıyaslandığında planlamaya göre yapının inşa edilip edilmediği izlenebilmektedir [55] (Şekil 1.26).



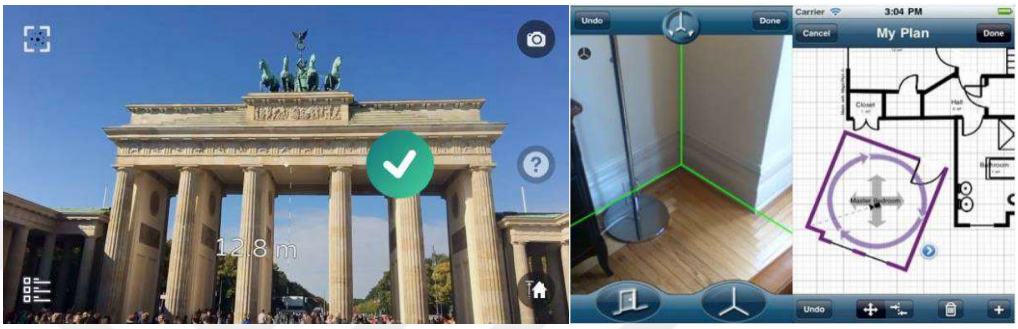
Şekil 1.26: D4R Uygulaması (Kırmızı: tarihinden önce inşa edilmesi gereken kısım, Yeşil: tarihinde inşa edilmesi gereken kısım, Koyu yeşil: tarihine göre erken inşa edilen kısım) [55].

1.6.3. Var olan yapılar üzerinde AG kullanımı

Zaman içinde yapılar doğal afetler, iklimsel, biyolojik veya insan kaynaklı nedenlerle hasarlı hale gelebilmektedir. Hasarların ağırlığına göre koruma, bakım, onarım, bütünleme, yenileme, iyileştirme veya rekonstrüksiyon gibi müdahaleler gerekebilmektedir [56]. AG ve BIM sistemleri birlikte kullanılarak zaman içinde yapıda gerçekleşmekte olan hasarlar izlenip doğru zaman müdahale kararı alınabilmektedir. Bunun dışında AG, kültürel miras alanında yapıların veya alanların mimari özelliklerini anlatım aracı olarak da kullanılabilmektedir [51]. Var olan yapılar üzerindeki AG kullanımı şu şekilde özetlenebilir:

- Yapı ölçüsü elde etmek: AG, bazı durumlarda sistemin doğruluğu ve takip sistemi açısından Totalstation veya diğer ölçme araçları yerine geçebilmektedir [57]. AR Measure (Şekil 1.27a) uygulamasıyla mobil telefon yüksek doğruluk ölçüm bandı olarak kullanılabilmektedir [58]. Aynı mantıkla Magic plan uygulaması (Şekil 1.27b) ile herhangi başka bir alet kullanmadan, hızlı bir şekilde mekânın ölçüsünün alınması ve planın oluşturulması hedeflenmektedir. Uygulama girişi ile arayüz ekranından kameraya yönlendirilen sistem, koordinat ekseninin istenilen herhangi bir köşeye tutulması ile plan oluşturulmaya

başlamaktadır. Köşe noktalarına odaklanıldığında, ekrana tıklanarak nokta yön değiştirmektedir. Her köşe noktasında oluşan kareleme (grid) sistemi, sadece o köşeden bir sonraki köşe noktasına kadarki mesafeyi algılamaktadır. Böylece köşe noktalarından yola çıkarak çizgisel duvarları birleştirip, planı oluşturmaktadır. Mekân bazında oluşturulan planların birleşimi kullanıcı tarafından yapılarak kolaylıkla tüm planın oluşturulmasını sağlamaktadır [59].



(a) (b)

Şekil 1.27: AR Measure (a) [60]; Magic plan (b) [59]

- Kültürel mirasın dijital aktarımı ve miras iletişimi: AG, var olan yapı ya da mimari detaylar üzerine sanal nesneler ekleyip kullanıcıya hem yapının özelliklerini iletmekte hem de yapının eksik kısımlarının görsel olarak tamamlanmasını sağlamaktadır. Mimari koruma alanında yok olmuş yapıların kalıntıları üzerinde sanal rekonstrüksiyon görüntületilmektedir. Ayrıca bu tür uygulamalarla kullanıcı gerçek tarihi eserlere dokunmadan ve bozulmadan eserlerin dijital modelleriyle etkileşime girebilmektedir. Bu doğrultuda 2013 yılında Sarrebruck şehrinde 1950li yıllarda inşa edilmiş yapılar üzerinde yanlış kullanım ve kötü yenileme müdahalelerini önlemek amacıyla Layer Vision AG platformu kullanarak özel bir mobil AG uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama, işaretçi tabanlı olup binaların cephelerine 1950'deki mimarı detayları eklenmiştir. Ayrıca kullanıcı, binaların konumunda 1950 yılında çekilen fotoğrafları telefon ekranında görüntüleyip zaman içinde binaların değişiklerini kıyaslayabilmektedir [61] (Şekil 1.28).



Şekil 1.28: Sarrebruck şehri için geliştirilmiş AG uygulaması [51]

- Mimari rehberlik: AG ve Coğrafi Bilgi Sistemi verileri birleştirilerek gerçek çevreye rehberlik bilgileri eklenebilmektedir. Karmaşık şantiyelerde sirkülasyon alanı yönetmek amacıyla da aynı teknik kullanılabilmektedir (Şekil 1.29) [51].



Şekil 1.29: Kopenhag havalimanında AG rehberlik uygulaması [51]

2. BÖLÜM

KORUMA VE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN KORUMA ALANINDAKI KULLANIMI

Koruma, tarih ya da sanat değeri taşıyan yapıların, doğal değerlerin ya da kent parçalarının yaşamlarını sürdürebilmeleri için muhafaza, onarım ve bakımına ilişkin gerekli önlemleri almaktır [47]. Tanım 19.yüzyılda başlayan ve halen devam eden bir sürecin özetidir. Koruma tarihi, 1789 yılındaki Fransız Devriminde ortaçağ şatoları, saraylar ve kiliselerin yıkılmasıyla birlikte bilimsel olarak ele alınmaya başlamıştır. Yıkılmış yapılar uzun süre bakımsız kaldıktan sonra, 19.yüzyılda Eugene Emmanuel Viollet Le Duc tarafından geliştirilen üslup birliğine varma (Stilistik rekompozisyon) kuramının ilkeleri ile ayağa kaldırılmaya başlamıştır. Bu ilkelere göre "*bir yapıyı restore etmek, onu korumak, onarmak veya yeniden yapmak değil, belirli bir zamanda, hiç var olmadığı biçimiyle tam bitmiş bir yapı haline getirmek*" demektir. Yapının veya yapı elemanın görünüş olarak değil, strüktürel olarak da ait olduğu dönemin üslubunda restore edilmesi gerektiğini savunur. Kuramın tatbik edilmesinde zaman içinde özgün ortaçağ yapılara ilave edilen ekler yıkılmıştır. Bu nedenle özellikle John Ruskin başta olmak üzere stilistik rekompozisyon kuramına karşı bir görüş geliştirilmiştir. Romantik akım veya konservasyon teorisi olarak bilinen bu akımın öncülerinden olan Ruskin'e göre anıt, zamanın etkilerine dayanabildiği sürece ayakta tutulmalı, fakat onursuz, sahte bir kopyanın onun yerini almasına izin verilmemelidir. 1880-1890 tarihleri arasında stilistik rekompozisyon ve romantik görüşü orta noktada birleştirmeye çalışan iki yeni yaklaşım olarak ''tarihi restorasyon'' ve ''çağdaş restorasyon'' akımları ortaya çıkmıştır. Tarihi restorasyon ilkesine göre anıtlar, tarihi belgelerden sağlanacak verilere dayanılarak restore edilmelidir [62]. Çağdaş restorasyon akımının temel ilkeleri ise:

- *"Anıtlar tüm insanlığın tarihini belgelerler. Bu nedenle onlara saygılı davranılması gerekir. Yapılacak herhangi bir değişiklik yanıltıcı sonuç ve hükümlere yol açabilir;*

- *Mimari anıtlara müdahale edilmesi zorunlu olabilir; ancak sağlamlaştırma onarımdan, onarım ise restore etmekten daha iyidir. Yenileme ve eklerden kaçınılmalıdır;*
- *Eğer strüktürel aksaklıklar, güvenlik gibi nedenlerle anıta ek yapılması gerekirse, bunlar somut verilerle dayandırılmalı; yapının görsel bütünlüğüne ve biçimine saygı gösterilerek başka malzeme ve özellikle gerçekleştirilmelidir. Yapılan restorasyon tarihi bir işaret veya rakamla belirtilmelidir;*
- *İlk tasarımdan sonra, değişik dönemlerde yapılan ekler anıtın bir parçası olarak kabul edilmeli; başka bir öğeyi kapatma, ya da bozma gibi zararlı etkileri olmadığı takdirde korunmalıdır;*
- *Restorasyon* sırasında yapılan işlemler rapor çizim ve fotoğraflarla dikkate belgelenmelidir" [63].

Dünya savaşlarından sonra kültür varlıklarının korunmasının endişesi, nüfus arttırılması dinamiği ile birlikte korumanın yeni prensipleri ve şehirlerin rekonstrüksiyonunun ilkeleri tartışılmaya başlamıştır [64] [39]. Bu ilkeler ile birlikte geleneksel malzemenin korunması, tarihi yapı ve çevrelerin çağdaş yaşam içindeki yerleri ve kültürel kimliğin tanımına katkıları gibi konular UNESCO, ICOMOS ve Avrupa Konseyi gibi uluslararası örgütler tarafından sıkça gerçekleştirilen toplantılarda tartışılmaktadır. Toplantılar sonucu ortaya çıkan sözleşmeler, bildirgeler ve tüzükler, dünya çapında farklı ülkelerin veya bölgelerin özelliklerine göre adapte edilebilmektedir [63].

2.1. Mimari Koruma İlkeleri ve Teknikleri

Mimari koruma teknikleri, korunacak eserin bozulma nedenleri ve dereceleri, kullanım durumu, mali yeterlilikler, bölgesel kanunlar gibi birçok etkene bağlı olmakla birlikte, eserin kültür mirası olma özelliğinden dolayı tüm ülkelerde geçerli bazı temel ilkelere göre şekillendirilirler. 1931 yılında Atina'da gerçekleştirilen 1. Uluslararası Tarihi Anıtlar Mimar ve Teknisyenlerin Kongresi öncesinde, çoğunlukla dini, ulusal veya ideolojik simge olan, toplumun iradesiyle yaygın beğeni kazanan ve yaptıran kişinin maddi kaynaklarıyla yaşatılmaya çalışılan anıtsal yapıların korunduğu görülmektedir. 1964 yılında Venedik'te gerçekleştirilen 2. Uluslararası Tarihi Anıtlar, Mimar ve

Teknisyenlerin Kongresi sonrası imzalanan Venedik tüzüğü, restorasyon çalışmalarının daha bilimsel yapılması gereğini vurgulayarak restorasyonun çerçevesi genişletmiştir [63]. Venedik Tüzüğü'nde de açıklandığı gibi tarihi anıt kavramı sadece bir mimari eseri değil, belli bir uygarlığın, önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan kentsel ya da kırsal bir yerleşmeyi de kapsamaktadır. Bu kavram yalnız büyük sanat eserlerini değil, ayrıca zamanla kültürel anlam kazanmış daha basit eserleri de kapsamaktadır. Venedik Tüzüğü[1]'ne göre anıtlarda uygulanacak temel koruma ve onarım ilkeleri şu şekilde özetlenebilir:

- Anıtların korunmasının temel amacı yapıların kalıcı olması, sürekliliğinin sağlanmasıdır;
- Yapının plan şeması, kütle özellikleri ya da bezemeleri değiştirilmeksizin, yararlı bir toplumsal amaç için anıtlara yeni işlevler tasarlanabilir;
- Anıtların kütlesi ve renk ilişkilerini bozabilecek herhangi bir müdahaleye izin verilmemelidir;
- Anıtların ve parçalarının korunabilmesi için zorunlu durumlar dışında bir anıtın parçası veya tamamlayıcı öğeleri başka bir yere taşınmamalıdır;
- Anıtların onarımında geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda, koruma ve inşa için bilimsel veriler ve deneylerle geçerliliği saptanmış herhangi çağdaş bir teknik kullanılarak anıt sağlamlaştırılabilir;
- Stilistik rekompozisyon ilkesinin aksine, anıtın taşıdığı dönem izlerine saygı gösterilmelidir. Ancak bazı özel durumlarda, anıtta daha eski dönemlere ait, önemli tarihi, arkeolojik, estetik değer taşıyan parçaların çıkarılması amacıyla anıtın bazı malzemelerinin kaldırılmasına izin verilebilir.
- Eksik kısımlar tamamlanırken, bütünüyle uyumlu olmalı, ancak aynı zamanda sanatsal ve tarihi tanıklığı yanlış bir biçimde yansıtmaması için, özgününden ayırt edilebilecek bir teknikle yapılması gereklidir;
- Eklemelere, ancak yapının özgün bölümlerine, geleneksel konumuna, kompozisyonuna, dengesine ve çevresiyle olan bağlantısına zarar gelmediği durumlarda izin verilebilmektedir;
- Kazılar uluslararası ilkelere göre yapılmalıdır

[1] ICOMOS Türkiye sitesinde yayımlanan, Prof. Dr. Cevat Erder'in Türkçe çeviri metni altlık olarak kullanılmıştır.

- Koruma, onarım ve kazı işlerinde yapılan tüm çalışmalar, kabul edilen müdahalelerin yaklaşımları rapor biçimine getirilip raporun yayınlanması önerilmektedir [65].

1972 yılında Paris'te imzalanan Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunması Sözleşmesinde, korunacak değerler ''kültürel miras'' ve ''doğal miras'' kavramları altında belirtilmiştir.

Kültürel miras, anıtlar, yapı toplulukları ve sitleri içerir. Anıtlar tarih, sanat veya bilim açısından istisnaî evrensel değerdeki mimari eserler, heykel ve resim alanındaki eserler, arkeolojik alanlardaki yapı kalıntıları veya yapılar, kitabeler, mağaralar gibi eserlerdir. Yapı toplulukları ise mimarileri, uyumlulukları veya arazi üzerindeki yerleri nedeniyle tarih, sanat veya bilim açısından istisnaî evrensel değere sahip ayrı veya birleşik yapı topluluklarıdır. Son olarak sitler tarihsel, estetik, etnolojik veya antropolojik bakımlardan istisnaî evrensel değeri olan insan ürünü eserler veya doğa ve insanın ortak eserleri ve arkeolojik yerleşimleri kapsayan alanlardır. [66].

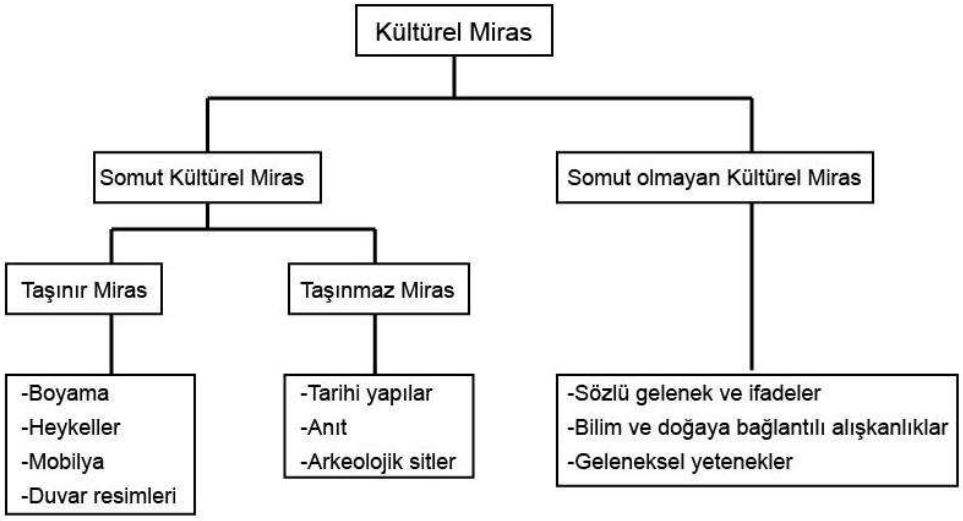
Doğal miras, estetik veya bilimsel açıdan istisnaî evrensel değeri olan, fiziksel ve biyolojik oluşumlardan veya bu tür oluşum topluluklarından müteşekkil doğal anıtlar; jeolojik veya fizyolojik oluşumlar ve tükenme tehdidi altındaki hayvan ve bitki türlerinin yetiştiği kesinlikle belirlenmiş doğal alanları içerir [66].

Bazı çalışmalarda kültür varlıkları, ''taşınır'' ve ''taşınmaz'' kültür varlıkları olarak iki ana bölümde incelenmektedir. Taşınır kültür varlıkları, resim, heykel, ikona, seramik, kaplar, çini, cam, metal, deri eşya, dokumalar, mobilya, mücevher, sikke, elyazması kitap ve taşınmaza ait olan ama yerlerinde korunmayacak duruma gelen duvar resmi (fresk), mozaik, heykel, alçı pencere ve ocak yaşmağı gibi eserleri içerir. Taşınmaz kültür ve doğa varlıkları sınıfında her tür yapı/yapı grubu ve sitler yer almaktadır. [63]

Sitler; doğal sit (doğal oluşumlar, ya da insan eliyle yapılan düzenlemeler sonucu korunacak değere sahip olan doğa parçaları), tarihi sit (önemli bir tarihi olayla ilgili olan, ya da önemli tarihi olayların geçtiği alanlar), arkeolojik sit (ilk çağlardan Endüstri Devrimi sonrasına kadar uzanan dönemlere ait kalıntıların bulunduğu alanlar), kentsel sit (eski kentlerin uyumlu düzeni, mimari bütünlüğü ve donatılarını koruyabilmiş sokaklar, mahalleler ve alanlar), kırsal sit (yerleşme düzeni ve boyutları, dokuyu oluşturan yapıların türü ve yapım tekniği, malzemesiyle köy, bağ niteliği taşıyan

alanlar) ve karma sit (en az iki sit özelliğine sahip olan alanlar) olarak sınıflandırılmaktadır. [63].

UNESCO korunacak değerleri somut ve somut olmayan miras olarak sınıflandırmaktadır [67] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Kültürel mirasın sınıflandırılması [68]

ICOMOS, Venedik tüzüğü gibi öncül çalışmalar ile korunabilecek değerlerin her birinin özelliklerini göz önünde tutarak tüzüklerde spesifik koruma ilkeleri ve teknikleri belirlemiştir. Bu doğrultuda Tarihi Kentlerin ve Kentsel Alanların Korunması Tüzüğü, Arkeolojik Mirasın Korunması ve Yönetimi Tüzüğü, Sualtı Kültür Mirasının Korunması ve Yönetimi Tüzüğü, Ahşap Mimari Mirasın Korunması İçin İlkeler, Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü, Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler, Tarihi Kent ve Kentsel Alanların Korunması ve Yönetimi için Valetta ilkeleri gibi farklı kapsamlarda koruma ilkelerini detaylandıran Tüzükler yayınlanmaktadır.

Türkiye'de, uluslararası tüzükler ve Kültür Bakanlığı'na bağlı Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından alınan kararlara istinaden korunacak değerler iki ana grupta sınıflandırılmıştır. Birinci grup yapılar; evrensel, ulusal ya da yöresel düzeyde mimari değere sahip; ''tarihi anı ve estetik nitelikleriyle korunması zorunlu'' yapılardır. Antik ve ortaçağ yapıları, dini ve askeri mimarlık örnekleri, su yapıları, saraylar, plan düzeni, strüktürü, bezemesi ve malzemesiyle korunması gereken

konutlar bu gruptadır. İkinci grupta kentsel çevreyi oluşturan, yöreye karakter veren, geleneksel yapım tekniğiyle yapılmış binalar, ufak iç değişikliklerle yeni bir kullanıma uyarlanabilecek binalar ve 19. ve 20. yüzyıl konutları yer almaktadır [63].

Korunacak değerlerin seçilmesi için ulusal ve uluslararası boyutta farklı ölçütler ortaya konmuştur. Kiesow'a göre korunacak varlıklar, tarihi belge niteliği, eskilik özelliği ve estetik değeri; Hessen Eyaleti Anıt Koruma Müdürlüğü'nce ise varlıklar sanat tarihi değeri, şehircilik yönünden önemi, tarihi önemi ve teknik önemi gibi ölçütlere göre seçilmelidir [63]. 2013 ICOMOS Türkiye mimarı koruma bildirgesi[2]'ne göre koruma ölçütleri; özgünlük değeri, bütünlük değeri, tarihsel değer, belgesel değer, estetik ve sanatsal değer, teknik ve teknolojik değer, enderlik değeri, grup değeri, kullanım değeri ve folklorik değer olarak tanımlamıştır [2].

Mimari mirasın korunmasına yönelik süreç belgeleme, araştırma, çözümleme, yorumlama, teşhis ve koruma yaklaşımının belirlenmesi; uygulamaya yönelik müdahale tanımlarının yapılması, uygulama ve izleme faaliyetlerinden oluşmaktadır [2]. Belgeleme aşamasında korunacak anıtın mevcut durumu; rölöve çizimi (üçgenleme, koordinat sistemi, fotogrametri, lazer tarama gibi tekniklerle elde edilen, binanın mevcut durumunun ölçekli çizimi), fotoğraflar, videolar v.b. tekniklerle ayrıntılı olarak belgelenmektedir. Araştırma aşamasında anıt, tarihi, teknik ve yasal açılardan incelenmektedir [63]. Farklı disiplinlerden uzmanlar tarafından gerçekleştirilen bu araştırmalar sonucunda elde edilen veriler ile analitik rölöve çizimleri, restitüsyon çizimleri ve raporlar hazırlanmaktadır. Tarihi yapının özgün tasarımı hakkında bilgi vermek amacıyla çizilen restitüsyon çizimleri, sonradan değişikliğe, kısmen yıkılmış ya da yok olmuş öğelerin, yapıların veya yerleşmelerin ilk tasarımdaki, ya da belirli bir tarihteki durumlarının, arşiv kayıtlarından, yapı üzerindeki izlerden, yapıya, yerleşmeye ait çizim, fotoğraf gibi belgelerden yararlanarak plan, kesit, görünüş ve 3B çizimlerle, ya da maketle anlatımıdır. Restorasyon çizimleri ise tarihi yapının bozulma nedenleri araştırıldıktan ve teşhis edildikten sonra (rölöve çizimleri üzerine hasar ve bozulmaların belirlenmesi) bozulmanın durdurulması ve eğer varsa strüktürel aksaklıklarının giderilmesi için gerekli müdahaleleri belirleyen bir çalışmadır [63]. Restorasyon çalışmaları ile eş zamanlı olarak yürütülen veya öncesinde tamamlanan Konservasyon Projesinde ise yapının özgün malzeme özelliklerinin ve hasarlarının tespiti ve malzeme

[2] ICOMOS Türkiye sitesinde yayımlanan Türkçe metni kullanılmaktadır.

bozulmalarına yönelik çizimler ve raporlar yer almaktadır. Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon, Konservasyon, Statik ve Tesisat Projelerinin tamamlanması ve ilgili kurumlardan onaylanarak gerekli izinlerin alınmasının ardından uygulama aşamasına geçilmektedir.

Yapıların onarımı için verilecek olan müdahale kararlarında dikkat edilmesi gereken temel ilkeler şunlardır:

- *"Mimari mirasın korunmasına yönelik müdahalelerde yapının özgünlüğünün tüm boyutlarıyla korunması esastır.*
- *Müdahaleler yapıya zarar vermemeli; tarihi belge niteliği olan izlerin yok olmamasına ve değiştirilmemesine dikkat edilmeli; yapının bütünlüğü korunmalıdır.*
- *Herhangi bir kültürün (veya dönemin) verisi, zorunlu olmadıkça diğer bir kültürün verilerinin açığa çıkarmak için ortadan kaldırılmamalıdır. Bu konuda girişilecek eylemler, uzmanların ortak mutabakatı ile gerçekleştirilmelidir.*
- *Müdahaleler, daha sonra gerçekleştirilecek araştırma ve çalışmaları yanıltmamalı, özgün yapıya olabildiğince zarar vermeden kaldırılabilir ve/veya yenilenebilir tekniklerle yapılmalıdır.*
- *Özgün malzeme ve tekniklerle birlikte kullanılması zorunlu olan yeni malzeme ve teknikler, ilgili proje özelinde tanımlanacak testler yapılmadan ve bilimsel verilerle uygunluğu ortaya konulmadan kullanılmamalıdır.*
- *Uygulama sürecinde ve sonrasında yapılan müdahalelerin etkinliğini belirleyecek şekilde, ölçüme dayalı ve düzenli izleme yapılacak mekanizmalar tanımlanmalıdır.*
- *Mimari mirasın korunması ile ilgili olarak proje hazırlama, uygulama ve denetleme süreci, bu sisteme özgü geliştirilecek yasal çerçeve (ihale kuralları-koşulları ve fiyatlandırma sistemi) kapsamında ele alınmalıdır.*
- *Uygulamanın her aşaması belgelenmeli ve bu belgeler, sürecin başlangıcında hazırlanacak diğer belgelerle birlikte arşivlerde bulundurulmalıdır. Bu arşivler, telif haklarının gerektirdiği koşullar saklı kalarak, tüm uzmanların inceleme ve kullanımına açık tutulmalıdır.*
- *Her kültür varlığının kendine özgü sorun ve potansiyeli olduğu göz önüne alındığında, evrensel ve ulusal yaklaşımlara uyulmak koşuluyla projelendirme*

ve uygulamada değişik değerlendirme ve çözümler gerekebileceği kabul edilmelidir. Bu kabulün doğal sonucu olarak, bu çok zengin ve çeşitlilik gösteren kültürel mirasın belgelenmesi, değerlendirilmesi ve uygulamaya yönelik müdahalelerin belirlenmesinde genellemelerden kaçınılmalıdır" [2].

Anıtın onarımı için genel olarak uygulanan müdahaleler sağlamlaştırma, bütünleme, yenileme, yeniden yapma (rekonstrüksiyon), temizleme ve taşımadır [63].

-Sağlamlaştırma; kültür varlığının bozulma sürecinin engellenmesi/ yavaşlatılması amacıyla malzemesinin ve/veya taşıyıcı sisteminin dayanımının arttırılması, mevcut fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi işlemleridir. [2].

-Bütünleme-Reintegrasyon; kısmen hasar görmüş veya bazı bileşenleri yok olmuş bir yapının eksik bölümlerinin özgün veya çağdaş malzeme kullanılarak tamamlanması işlemidir. [2].

-Yeniden yapma; kültür varlığı değerini taşıyan ve toplumsal hafızada güncelliğini korumakla birlikte herhangi bir nedenle yitirilmiş olan yapının, gerek kültür varlığı niteliği, gerekse kültürel çevreye olan tarihsel katkıları ve toplumsal açıdan vazgeçilmezliğinin tanımlanması durumunda yeniden yapılmasıdır. Yapının içinde bulunduğu kentsel bağlamın değişmemiş, bu değişikliğin toplumsal hafızada yer bulmamış olduğu, eldeki mevcut belgelerin varsayımları en aza indirgeyecek düzeyde olduğu durumlarda (yapı kalıntısı, rölöve, fotoğraf, her türlü özgün yazılı - sözlü, görsel arşiv belgesi vb.) kapsamlı restitüsyon etüdüne dayalı ve kendi parselinde daha önce bulunduğu yapı oturum alanında, özgün mimarisi, malzeme ve yapım tekniğiyle ilk durumuna uygun olarak projelendirilmesi ve uygulanmasıdır [2].

-Temizleme/Ayıklama anıtların ve kentsel sitlerin, genel etkisini bozan, tarihi ve estetik değer taşımayan eklerden arındırılması işlemidir [63].

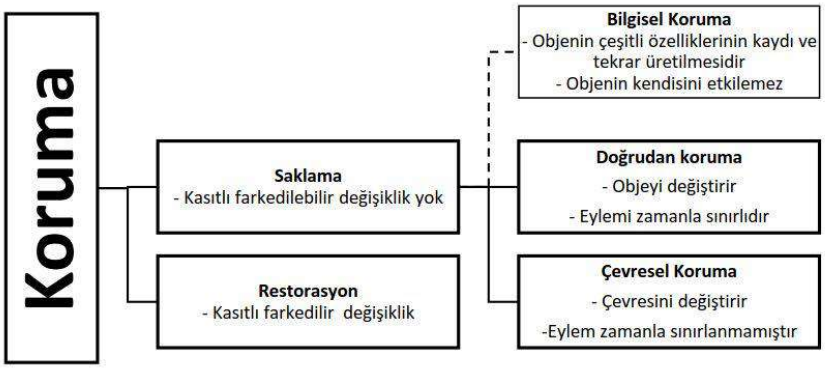
-Taşıma, taşınmaz kültür varlıkları ve parçalarının, zorunlu durumlarda yaşamını sürdürebilmesi için bulundukları yerlerden başka yere nakledilmesidir [63].

2.2. Güncel Koruma İlkeleri ve Yasalarında Artırılmış Gerçekliğin Yeri

Koruma alanında AG'in ve diğer bilişim teknolojilerinin kullanımı ''Sayısal Miras'' kavramı ile bağlantılıdır. Sayısal miras, UNESCO tanımında bilgi ve insanın ifade

edilmesi alanlarında sayısal bir tarzda oluşturulan ve analog tarzdan sayısal tarza dönüştürülen kültürel, bilimsel, eğitimsel, yönetsel, teknik, tıbbi ya da herhangi bir alanda eşsiz kaynaklardır. Tanımlamaya göre sayısal mirasın kapsamı, çeşitli elektronik formatlar, metinler, veri tabanları, sabit ve canlandırılmış resimler, sesli ve grafiksel kayıtlar, yazılımlar ve web sayfaları gibi verileri içermektedir [69]. Günümüzdeki uzaktan algılama teknolojileri ve sanal teknikler aracılığıyla kültürel miras içeriklerinin ve bu alandaki çalışmaların dijitalleştirilmesi ve 3B basımı; AG, SG gibi ortamlarda kültürel mirasın iletimi ve yayılması; arkeolojik araştırmalar için dijital çalışmaların kullanımı gibi alanlar, kültürel mirasın korunması ve tanıtılmasındaki temel çalışmalar olarak nitelendirilebilir.

Konvansiyonel koruma ve dijital kültürel mirasın korunması kavramları arasındaki bağlantılara yer veren araştırmacılardan biri Muñoz Viñas'tır. Muñoz Viñas, koruma kavramını koruma/muhafaza/saklama (ing. Preservation) ve restorasyon olarak iki grupta değerlendirmektedir (Şekil 2.2). Muhafaza eyleminde korunacak değerlerin üzerinde gerçekleştirilen müdahaleler mümkün olduğunca fark edilmez derecede iken restorasyon eylemindeki müdahaleler fark edilebilmektir. Muhafaza eylemi doğrudan koruma ve çevresel koruma olarak sınıflandırılmaktadır. Doğrudan koruma, objeye fark edilmeyecek şekilde yapılan müdahaleler; çevresel koruma ise objenin çevresinde ona zarar veren etmenlerin önleyici koruma yöntemleri ile ortadan kaldırılmasıdır. Doğrudan koruma ve çevresel koruma eylemlerine, son dönemlerde direkt bağlantılı olmayan ''bilgisel koruma'' kavramı eklenmiştir. Bilgisel koruma, objenin kendisi ile doğrudan bağlantılı olmayan fakat içerdiği özellikleri, formu, kompozisyonu gibi bilgiler incelenerek bunların objeden bağımsız şekilde korunduğu bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Bilgisel koruma eylemi koruma uzmanlık dalı olarak sınıflandırılmamasına rağmen ''doğrudan koruma'' ve 'çevresel koruma'' alanına destek olarak ihtiyaç duyulmaktadır [39].



Şekil 2.2: Koruma eylemlerinin sınıflandırılması [39]

‘’Bilgisel koruma’’ eylemi, korunacak objenin çeşitli özelliklerinin sanal ortamda kaydedilmesi yolu ile dijital kültürel mirasın korunmasının bir biçimi olarak değerlendirilmektedir. Böylece bilgisel koruma, dijital kültürel mirasın korunmasının bir yolu ve konvansiyonel koruma çalışmalarına tamamlayıcı bir araç olarak kabul edilebilmektedir. Töre’ye göre gerek konvansiyonel koruma eylemlerinin etkinliğini artırıcı bir araç olarak kullanılan sayısal çalışmalar gerekse özgün değerlerin iletişimine yönelik gerçekleştirilen yorum çalışmaları bilgisel koruma yöntemleri olarak değerlendirilmelidir [39].

Kültürel mirasın korunmasında dijital yöntemlerin kullanılmasının çeşitli avantajları bulunmaktadır:

- *Tehdit altında olan mirasın dijital korunması ve tekrar inşa edilmesi:* Dünya çarpında savaş gibi nedenlerle tehdit altında olan eserler, ‘’en azından’’ dijital ortamda korunabilmektedir. Örneğin 1882 yılında Uganda’da yer alan Kasubi mezarları yangın nedeniyle yok edilmiştir. 2010 yılında arşivlenen, yapının o dönemdeki belgelerine dayanarak gerçekleştirilen dijital 3B replikası 2014 yılında yeniden inşa edilmiştir [70];
- *Arkeolojik çalışmalar*: Arkeologlar taranmış (sayısallaştırılmış) yüksek doğruluklu 3B modelleri inceleyerek gizli geçişler veya mühendisliğin inceliklerini bulabilmektedir [70];

- *Özgün değerin daha iyi korunması*: Dijital ortamda oluşturulan özgün eserlerin kopyaları aracılığıyla gerçek eser üzerinde gerçekleşen gereksiz müdahaleler azaltılmaktadır [71];
- *Kültürel varlığın erişiminin kolaylaştırılması*: Özgün değerlerin sayısal modellerine öğrenciler, araştırmacılar vb. kullanıcılar uzaktan erişebilmektedir. Bu avantaj ile eş zamanlı modellerin analizi, incelenmesi ve yorumlanması yapılabilmektedir [71];
- *Eserlerin 3B modellerinin, 3B yazıcılar ile yazdırılabilmesi:* 3B olarak yazdırılmış modeller çeşitli araştırmalar için faydalı olabilmektedir [71].
- *Değerlerin korunmasında halkın katılımı*: Dijital yolla kültürel mirasın korunması ve tanıtılması yoluyla bu yöntemler halkın farkındalık aracı olarak kullanılabilmektir.

Literatürde geçen ve mimari koruma alanında SG ve AG oluşturulması için izlenen aşamalar şu şekildedir:

1. Veri toplanması
2. Veri işlenmesi
3. Sunum [72] [73]

Veri toplanması, kültürel mirasın korunmasının amaçlarına ulaşmak için gereken temel bilgiler ve verilerin toplanması işlemidir. Toplanan veriler; görüntüler, videolar, modeller, arşivlenmiş belgeler, eskizler, lazer tarama verileri, fotogrametri (görüntü tabanlı) verileri ve alan dışında (ing. off site) tarama verileri vb. olabilmektedir [74]. Yerinde gerçekleştirilen veri toplama çalışmalarının yerine 3B tarama ismi altında toplanan aktif (ör: laser tarama) (Şekil 2.3b) ve pasif (ör: fotogrametrik) taramalar. (Şekil 2.3a) kullanılabilmektedir. 3B tarama, gerçek çevredeki nesnelerin geometrik strüktürü ve biçimini dijital olarak elde etmek için kullanılmaktadır. Genelde tarama sonunda elde edilen ‘’nokta bulutu’’ adlı noktalar kümesi, sanal ortamda, üçgenleme yöntemiyle kafesli (ing. mesh) bir yüzey oluşturmaktadır [75]. Pasif teknikler ya da başka isimle görüntü tabanlı yöntemler prensibinde özgün değerlerin birçok fotoğrafı çekilip Structure from Motion (SfM) adlı matematiksel algoritmalarla fotoğrafların üzerindeki 2B bilgiler, 3B bilgilere dönüştürülmektedir. Özgün detayların belgelenmesi için dijital kameralar (ing: terrestrial digital cameras veya aerial cameras)

kullanılabilmektedir. Kameranın seçilmesi taranan nesnenin ebatları, yerel kısıtlamalar ve taramanın asıl hedefine bağlıdır. Aktif tarayıcılarla mirasın 3B bilgileri doğrudan kaydedilmektedir [72]. Tanımlanan en önemli aktif tarayıcılar Laser Triangulation, Structured Light Scanner ve Time of Flight'tir [75].



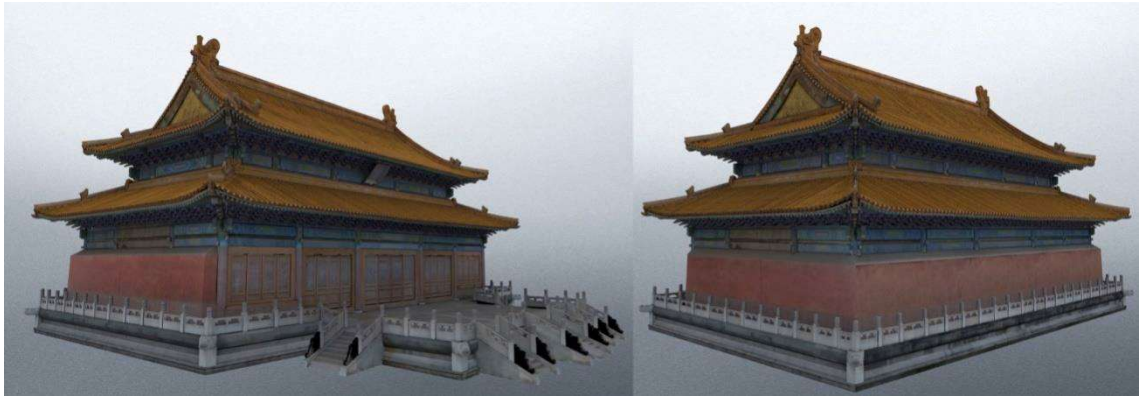
(a) (b)

Şekil 2.3: 4K kamera ve 3-Axis Gimbal taşıyan DJI Phantom 3 Professional insansız hava aracı (Pasif tarayıcı) (a) ; sağdaFaro focus 3B lazer tarayıcı (aktif tarayıcı) (b) [72]

İkinci aşama tanımlanan verilerin işlenmesi, 3B dijital rekonstrüksiyon (replika) ve sunulacak bilgilerin düzenlenmesi olarak iki gruba ayrılabilmektedir. Gruplar birbirine bağlı olabilmelerine rağmen, bazı örneklerde özellikle veri toplanması aşamasında 3B tarama yapılmayınca verilerin işlenmesi aşamasında objenin 3B dijital replikası oluşturulamamaktadır.

Kültürel mirasın 3B dijital replikasının oluşturulması, sanal ortamda gerçek nesnenin 3B kopyasının oluşturulma işlemidir. 3B dijital replikanın oluşturulması için kullanılan yöntemler; görüntü tabanlı modelleme, silsile tabanlı modelleme (ing: range-based modeling), görüntü tabanlı render, fotogrametrik modelleme ve görüntü tabanlı- silsile tabanlı modellemenin kombinasyonudur (Şekil 2.4).Genel olarak görüntü tabanlı modelleme, mimari nesnelerin geometrik yüzeyleri veya kesin arazi modellemesi için kullanılmaktadır. Tekniğin asıl hedefi, yapının, pasif tekniklerle çekilen fotoğraflarından 3B dijital modeller oluşturmaktadır. Bunun için matematiksel bir algoritma kullanarak 2B görüntülerin ebatlarından ya da 2B görüntü üzerindeki gölge, doku, yansıtıcılık, kontur ve köşelerin meyilleri gibi bilgilerden 3B veriler oluşturmaktadır. Silsile tabanlı modellemede ise aktif tarayıcılar ile toplanan 3B geometrik veriler işlenmektedir. Bu pahalı tekniğin önemli avantajı taramadan gelen 3B

geometrik verilerin yüksek doğruluğu, dezavantajlı yönü ise dokuların eksiklikleridir. Bununla birlikte dokuların eksikliğini gidermek için aktif tarayıcılar yanında bağımsız dijital kameraların kullanımı tercih edilebilmektedir. Görüntü tabanlı render tekniğinde ise görüntüler, modelleme ve render alma temelli olarak kabul edilmektedir. Tekniğin amacı daha gerçekçi ve hızlı render alınması ve modelleme işlemlerinin kolaylaştırılmasıdır. Görüntü tabanlı render tekniği, genellikle kısıtlı görüntüleme kullanılan uygulamalarda tercih edilmektedir. Tekniğin başarısı için birbirlerine yakın birçok fotoğraf kullanılması gerekmektedir [76]. Fotogrametri ise görüntü tabanlı önemli tekniklerden biridir. Bu teknikte yüksek randımanlı görüntüleme ve uzaktan algılama kullanılarak karmaşık 2B ve 3B nesneler algılanıp ölçülendirilerek kaydedilmektedir. Buna ek olarak fotogrametri, görüntülerin işlenmesi için en iyi teknik olarak değerlendirilmektedir. Herhangi uygulama ölçeğinin doğruluğunda ölçülü ve 3B detaylı bilgi verebilen fotogrametrik teknikler ile nesnelerin hem geometrisi hem de dokusu elde edilebilmektedir. Kullanılan görüntüler pasif tarayıcılarla çekilen fotoğraflardır. Teknolojinin gelişimiyle pasif tarayıcı olarak telefon gibi standart dijital fotoğraf araçları kullanılabilmektedir. Böylece kısa zaman süresinde kısıtlı fotoğraf sayısı ile kesin ve yoğun 3B veriler elde edilebilmektedir [72].Son olarak büyük eserler için görüntü ve silsile tabanlı tekniklerin kombinasyonunun kullanılması gerekebilmektedir. [76].

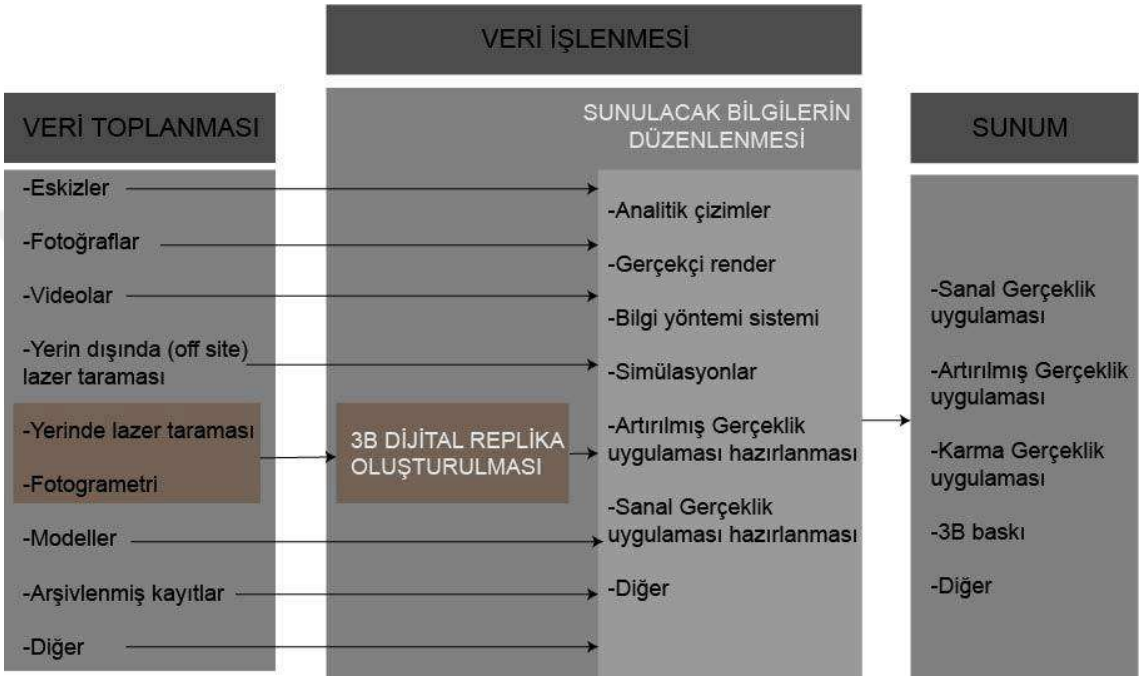


Şekil 2.4: Xiao Ling avlu holünün 3B dijital replikası [77]

Verilerin işlenmesinin ikinci aşaması olarak tanımlanan; sunulacak bilgilerin düzenlenmesinde, kültürel mirasın 3B dijital replikasına veya toplanan diğer verilere analitik çizimler, gerçekçi renderler, bilgi yönetim sistemi, simülasyonlar, AG ve SG

sistemleri ilişkilendirilebilmektedir [75]. Bu aşamada AG sistemi örneği alındığında, uygulama arayüzü ve gösterilecek katmanlar organize edilmektedir [73].

Sunum aşamasında SG ve AG gibi ortamlarda bir önceki aşamalardan hazırlanmış veriler uzmanlara ve uzman olmayanlara sunulmaktadır. Bu kapsamda, dijital kültürel mirasın korunması süreci, aşağıdaki şemada (Şekil 2.5) özetlenebilmektedir:



Şekil 2.5: Mimari koruma bağlamında dijital kültürel mirasın korunmasının süreci

(Danilo Di Mascio ; 3D Digital Reconstructions of Lost Buildings'in ve 2016, Özer ve diğerleri; Augmented reality (AR) of historic environments: Representation of Parion Theater, Biga, Turkey'de hazırlanan yöntemler altlık olarak kullanılmıştır.)

AG, kültürel mirasın dijital korunması sürecinde sunum aşamasında yer aldığı için korunacak değerler ve kitle arasında bir arabulucu olarak değerlendirilebilmektedir. Bu düşünceye dayanarak Pramartha Cokorda [78] sayısal mirasın korunmasının asıl hedefinin, gelecekte bilim insanları tarafından kullanılabilecek, gelecek nesillere aktarabilen kültürel kaynakların toplanması, düzeltilmesi, sürdürülmesi ve paylaşılması olduğunu vurgulamıştır. AG aracılığıyla, uluslararası belgelerin sunduğu gereksinimlere: özgün değerin sürdürülmesi ve aktarılması, toplumsal farkındalık (AG sistemleri aracılığıyla kültürel varlığın değerinin algılanması) ve değerin korunması

(gereksiz şekilde özgün değerlerin zedelenmemesi) yoluyla ulaşılabileceği düşünülebilmektedir.

Bu süreç incelendiğinde AG'in, özellikle dijital korumanın veri işlenmesi aşamasında işlenen verilerin sunum aracı olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda AG, kültürel mirasın iletişim aracı olarak değerlendirilebilmektedir.

2.3. Miras iletişimi ile ilgili tüzükler

Miras ve iletişim kelimelerinin tanımı göz önünde bulundurulduğunda, mimari koruma alanında miras iletişimi, mimari mirasın değerinin, bilgilerinin akla gelebilecek her türlü yolla başkalarına aktarılması, bildirimi veya iletilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Silberman miras iletişimini klasik yorumlama, mirasın önemi, kırılganlık ve korumanın gereksinimini açıklamak üzere yerel veya merkez hükümet görevlilerinin hareketleri olarak tanımlamaktadır [79]. Mirasın iletişiminde, mirasa atfedilen değerler ve mirasın çok katmanlı fiziksel özellikleri göz ardı edilmemelidir. Miras iletişimi ile ilgili önemli tüzükler ICOMOS Kültürel Sitlerin Yorumlanması ve Anlatımı Tüzüğü, Londra Kültürel Mirasın Bilgisayar Tabanlı Görselleştirilmesi Tüzüğü ve Sevilla Sanal Arkeoloji Tüzüğüdür [39].

2008 yılında ICOMOS tarafından hazırlanan Kültürel Sitlerin Yorumlanması ve Anlatımı Tüzüğü[3], mirasın korunması çabalarının uzmanlar, araştırmacılar ve halk tarafından değerlendirilmesi ve anlaşılması için temel ilkeleri belirlemektedir [80]. Töre, tüzükte belirlenen 7 prensibi; erişim ve anlatım, bilgi kaynakları, çevre ve bağlama gösterilen özen, özgünlüğün korunması, araştırma, eğitim ve değerlendirme olarak özetlemektedir. Tüzüğün temel ilkeleri: [81].

- Yorumlama ve sunum programları ile halka yönelik çalışmalarda kültürel mirasın ve sitlerin fiziksel ve entelektüel erişimi kolaylaştırılmalıdır;
- Yorumlama ve sunum, kabul edilen bilimsel araştırma yöntemleri ve canlı kültürel gelenekleri altlık olarak kullanmalıdır;

[3] 2008 yılında ICOMOS tarafından hazırlanan Kültürel Sitlerin Yorumlanması ve Anlatımı Tüzüğü'nün Fransızca versiyonundan çevrilmiştir.

- Mirasın yorumlanması ve sunumunda eserin sosyal, kültürel, tarihsel ve doğal çevresi arasındaki ilişkileri belirtilmelidir;
- Kültürel mirasın yorumlanması ve sunumu Nara Belgesinde (1994) belirlenen özgünlük prensibine uymalıdır;
- Bir mirasın yorumlama planında kültürel ve doğal çevre dikkate alınmalıdır. Uzun vadede planın sürdürülebilirliği sosyal, ekonomik ve çevresel açılardan önemli bir hedeftir;
- Kültürel mirasın yorumlanması ve sunumu, uzmanlar, ilişkili topluluk ve diğer ilgili kimseler arasındaki verimli işbirliğinin sonucu olmalıdır;
- Mirasın yorumlanması ilerici ve evrimsel bir iş olduğu için sürekli araştırma, eğitim ve değerlendirme faaliyetleri gerekmektedir [80].

Bu alandaki diğer bir önemli belge olan Londra Kültürel Mirasın Bilgisayar Tabanlı Görselleştirilmesi Tüzüğü[4]'nün asıl hedefi; dijital kültürel mirasın görselleştirilmesi için entelektüel ve teknik titizlik sağlamak üzere temel ilkelerin oluşturulmasıdır. Tüzükte uygulama, hedefler ve yöntemler, araştırma kaynakları, belgeleme, sürdürülebilirlik ve erişim olmak üzere 6 prensip yer almaktadır [82].

- Bilgisayar tabanlı görselleştirme, kültürel mirasın yayımlaması veya araştırması uygulamalarında bu tüzüğün prensipleri geçerlidir;
- Bilgisayar tabanlı görselleştirme yöntemi, amaca en uygun yöntem olduğuna kanaat getirildiğinde kullanılabilmektedir;
- Bilgisayar tabanlı görselleştirme yöntemlerinin ve sonuçlarının entelektüel bütünlüğü sağlamak üzere konu ile ilgili araştırma kaynakları yapılandırılmalı, belgelenen şekilde tanımlanmalı ve değerlendirilmelidir;
- Bilgisayar tabanlı görselleştirme yöntemlerinin ve sonuçlarının kapsamlar ve amaçlar çerçevesinde anlaşılması ve değerlendirilmesi için yeterince bilgi toplanmalı ve yayımlanmalıdır;
- Bilgisayar tabanlı görselleştirme uzun vadede kültürel mirasın sürdürebilirliğini sağlamak üzere stratejiler planlanmalı ve uygulanmalıdır;

[4] Tüzüğün İngilizce metni : "The London Charter for the computer based visualisation of cultural heritage" altlık olarak kullanılmıştır.

- Bilgisayar tabanlı görselleştirmenin oluşturulması ve yaygınlaştırılması, kültürel mirasın incelenmesi, anlaşılması, yorumlanması, korunması ve yönetimi için mümkün olan faydanın sağlanmasını sağlayacak şekilde planlanmalıdır [82].

Sevilla Sanal Arkeoloji Tüzüğü ile, Arkeolojik Miras alanında Londra Tüzüğü'nün uygulanabilirliğinin arttırılması amaçlanmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için, Londra Tüzüğü'nde belirtilen hedeflere yeni hedefler eklenmiştir. Yeni eklenmiş hedefler şu şekildedir:

- Uzmanlar (bilgisayar uzmanı, arkeolog, mimar, mühendis, genel yönetici vb.) için kolay anlaşabilen ve uygulanabilen ölçütler sağlamak;
- Hedef kitlesinin, yapılmakta olan arkeoloji çalışmalarını daha iyi anlayabilmeleri ve bu çalışmalara ilgilerini artırmak üzere kılavuzlar oluşturmak;
- Sanal arkeoloji alanında yapılan projelerin kalitesini ölçmek üzere ilkeler ve ölçütler oluşturmak;
- Arkeolojik mirasın kapsamlı yönetimi için yeni teknolojilerin sorumlu kullanımını teşvik etmek;
- Yeni teknolojiler ile şimdiki arkeolojik mirasın araştırması, korunması ve yayılımı işlemini geliştirmek;
- Arkeolojik araştırma, koruma ve yayılım alanında dijital yöntemler ve teknikler uygulamak için yeni kapılar açmak;
- Büyüyen sanal arkeoloji alanında, dünya çapında uyumlu çabalar sarf etme ihtiyacı konusunda, uluslararası bilimsel topluluğun farkındalığını arttırmak [83]

Sanal arkeoloji, arkeolojik miras, kapsamlı miras yönetimi, sanal restorasyon, sanal anastylosis, sanal rekonstrüksiyon ve sanal yeniden yaratım (virtual recreation) kavramlarına yer veren Sevilla Tüzüğü "Disiplinlerarasılık" "amaç", "tamamlayıcılık", "özgünlük", "tarihsel titizlik", "etkinlik", "bilimsel şeffaflık" ve "eğitim ve değerlendirme" olmak üzere 8 maddeden oluşmaktadır [83]. Prensipler şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Disiplinlerarasılık ilkesi: arkeolojik miras alanında yapılan bilgisayar tabanlı görselleştirme, çeşitli bilim dallarından uzmanlar tarafından yapılmalıdır;

- Amaç ilkesi: Herhangi bir bilgisayar tabanlı görselleştirme projesi başlamadan önce projenin amacının daima net olması gerekmektedir. Bu nedenle çeşitli ayrıntı düzeyi, çözünürlük ve doğrululuk tespitleri gerekebilmektedir;
- Tamamlayıcılık ilkesi: Bilgisayar tabanlı görselleştirme uygulaması, diğer geleneksel ama eşit olarak etkili yönetim araçların tamamlayıcısı olarak kullanılmalıdır;
- Özgünlük ilkesi: Genelde bilgisayar tabanlı görselleştirme tarihi yapıların, nesnelerin ve çevrelerin geçmişte olduğu gibi rekonstrüksiyonları veya yeniden yaratımlarını sunmaktadır. Bu nedenle gerçek veya özgün elemanlar ayırt edilmelidir. Özgünlük herhangi bir sanal arkeoloji projesinde, temel çalışma kavramı olmalıdır.
- Tarihsel Titizlik ilkesi: Optimal tarihsel titizlik ve doğruluk sağlamak üzere, geçmiş dönemlerin bilgisayar tabanlı görselleştirmesi; araştırma, tarih ve arkeolojik belgeleme altlığı olarak kullanmalıdır;
- Etkinlik ilkesi: Bilgisayar tabanlı görselleştirme projelerinde ekonomik ve teknolojik sürdürebilirlik sağlamalıdır;
- Bilimsel Şeffaflık ilkesi: Bilgisayar tabanlı görselleştirmenin şeffaf olması şarttır. Geçerliliği, kapsamı ve sonuçları diğer araştırmacı ve uzmanlar tarafından test edilmelidir;
- Eğitim ve Değerlendirme ilkesi: Arkeolojik mirasın kapsamlı yönetimi ile ilgilenen sanal arkeoloji biliminin spesifik dili ve teknikleri mevcuttur. Bu nedenle özel eğitim ve değerlendirme programları gerekmektedir [83].

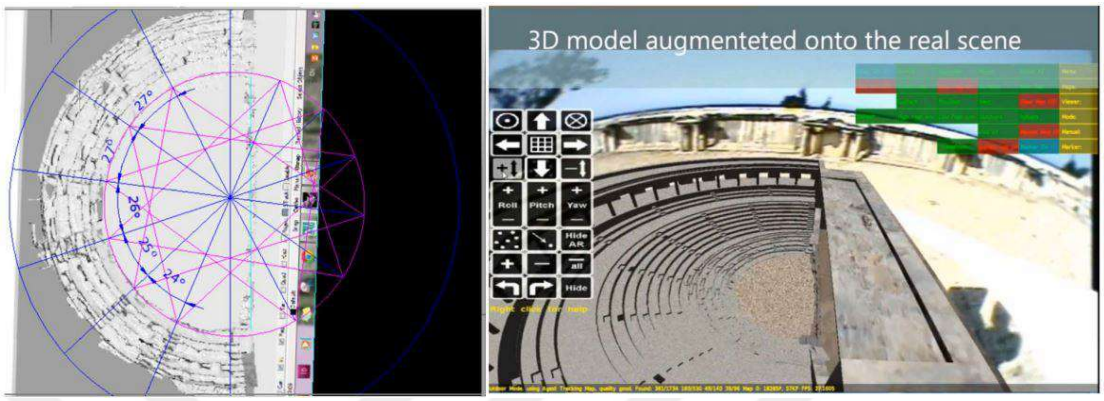
2.4. Korumada AG uygulamaların kullanım alanları

Koruma alanında birçok dijital uygulama geliştirilmektedir. Bu bölümde incelenen uygulama örnekleri, kullanılan AG teknolojisinin çeşitliliği, uygulamanın geliştirildiği yer ve yılı, uygulama içerikleri gibi ölçütlere göre belirlenmiştir.

- Byblos şehrindeki Roma Tiyatrosu AG uygulaması

M.S. 218 yılına ait Roma Byblos Tiyatrosu'nun değerinin ve geçmiş dönemlerdeki kullanımının turistler tarafından daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Tarihsel, arkeolojik ve mimari araştırmaları temel olarak kullanarak

Byblos Tiyatro'nun ilk hali (rekonstrüksiyon) dijital olarak modellenmiştir. Hazırlanan model, AG ortamında Byblos Tiyatro'nun kalıntıları ile çakıştırılıp turistlere sunulmaktadır (Şekil 2.6) [84].

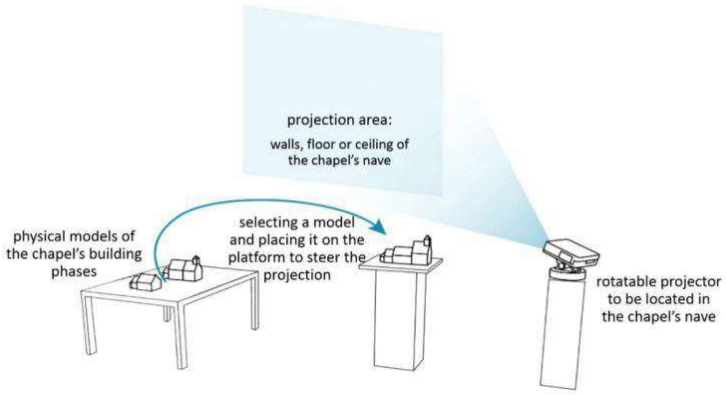


(a) (b)

Şekil 2.6: Tiyatronun 3B rekonstrüksiyonu sürecinde (a), Arazide AG deneyimi (b) [84]

- Nofal vd. (2018) tarafından Graethem Kilisesi için gerçekleştirilen AG uygulaması;

Bu çalışma kapsamında AG ile 12 yüzyıla ait Graethem kilisesinin zaman içinde geçtiği değişiklikler sunularak turistlere mirasın mimari değerlerinin iletilmesi amaçlanmaktadır. Kilisenin geçirdiği önemli 8 dönemin dijital rekonstrüksiyonu, bilimsel çalışmalara dayanarak modellenip 3B baskıya gönderilmiştir. Yazdırılan her model ayrı bir Radyo Frekansı ile Tanımlama (ing. RFİD) etiketiyle ilişkilendirilmektedir. RFID ile bağlanan her model, RFID okuyucusu üstüne konduğunda spesifik sinyal bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayardan gelen sinyal yardımıyla bir projektör kilisenin duvarlarına ve tavanına, yapının farklı dönemlerine ait duvar resimlerinin rekonstrüksiyonlarını yansıtmaktadır [85] (Şekil 2.7).



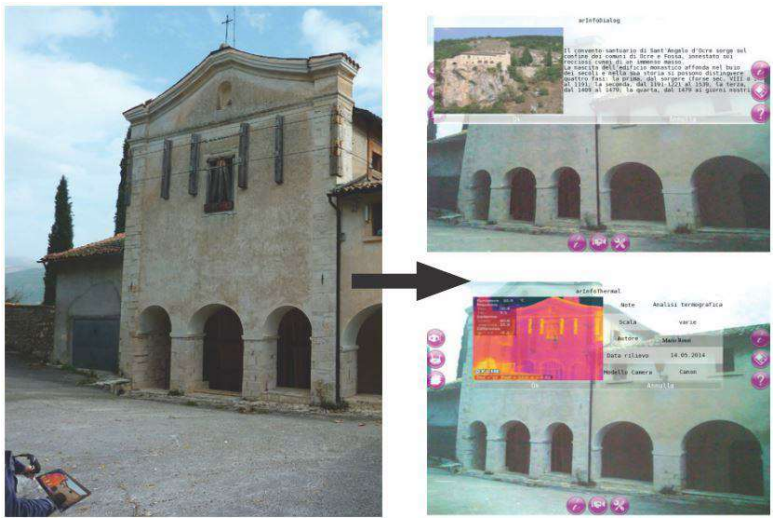
Şekil 2.7: AG uygulamasının çalışma prensibi [85]

- Chionna vd. (2015) tarafından Fortezza Manastırı için gerçekleştirilen AG uygulaması;

Bu çalışmada geliştirilen sistem içinde:

- Tarihi yapının BIM modeline veriler entegre edilmekte;
- BIM verileri okuyabilen yazılım modülü geliştirilmekte;
- AG modülü geliştirilerek BIM belgeleri ile tarihi binanın bölümlerinin spesifik özellikleri görselleştirilmektedir.

Örneklem yapı olarak seçilen Fortezza Manastırı BIM ortamında modellenmiştir. Noninvazif analizler (termografi, radar taraması vb.) yapıldıktan sonra analizlerden elde edilen 2B görüntüler manastırın modelleriyle ilişkilendirilmiştir. Arazide, işaretçi tabanlı AG uygulaması ile mimarlar ve mühendisler yapının bilgilerine (analiz bilgileri ve BIM verileri) ulaşabilmektedir [86] (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: In-Situ analizi için geliştirilen AG uygulaması [86]

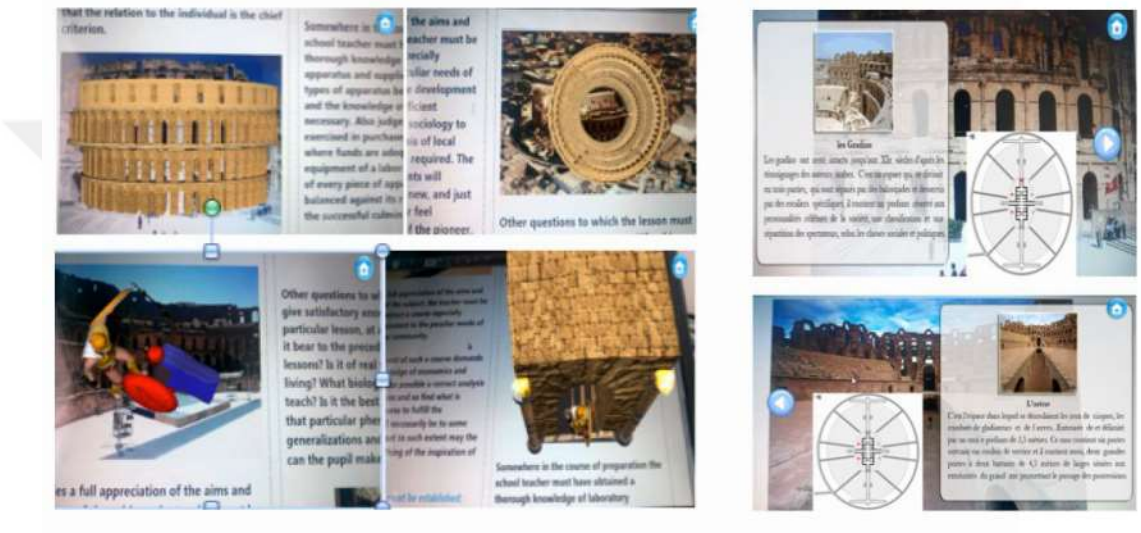
- Antik Roma şehri Thysdrus'ta geliştirilen AG uygulamaları

Tunus'ta yer alan Thysdrus şehri, Roma döneminde Afrika'nın en büyük antik şehirlerinden biridir. Thysdrus'un en büyük yapısı 36 m yüksekliğinde antik bir amfitiyatrodur. Bu yapının özgün halinin sunulması ve hedef kitlenin ilgisinin artırılması için iki farklı AG uygulaması geliştirilmiştir. Birincisinde amfitiyatro yerinde (in situ) deneyimlenebilmekte, diğerinde ise kâğıt üzerinde uygulanabilmektedir. Genel anlamda uygulamaların oluşturulmasının ilk aşaması yapının dijital modellenmesidir. Bu uygulamada yapı sayısal ortamda eski planlar ve yerinde yapılan ölçümlere dayanarak modellenmiştir. Modelleme aşamasından sonra model uygun dokularla kaplanmıştır [87] (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Amfitiyatro modeli ve kaplanması [87]

Modelleme ve kaplama işlerinin tamamlanmasının ardından model gerekli AG geliştirme platformlarına aktarılmıştır. Kullanıcının algıları, beklentileri ve öğrenme eğrisi gibi özelliklerine göre AG uygulamalarının içeriği hazırlanmıştır. Kullanıcı Thysdrus amfitiyatrosunun yerindeki ayarlanmış noktalarda, telefonunun kamerasına yapı ile ilgili bilgiler yansıtabilmektedir. İkinci AG uygulamasında ise 2B işaretçiye göre amfitiyatroya 3B modeli veya kavga eden iki gladyatör modeli veya da gladyatörlerin geçiş galerisi yansıtılmaktadır [87] (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Thysdrus AG uygulamaları [87]

- Çin'de Nanchang ve Guangji Tapınakları Karma Gerçeklik uygulaması

Nanchang ve Guangji tapınakları Karma Gerçeklik projesi kapsamında, 3B dijital replika, AG ve SG teknolojileri birleştirilerek akıllı telefonlar ve Google Cardboard birlikte (akıllı telefonlar ve Google Cardboard birlikte kullanıldığında AG deneyimi daha kapsamlıdır) kullanımıyla Çin'in ikonik tarihsel yapıların korunması ve yapılar ile ilgili bilgilerin aktarılması amaçlanmaktadır. Bunun için hem Nanchang tapınağı hem de Guangji tapınağı için iki içerik: AG ile tapınakların 3B dijital replikası sunumu ve SG ile tapınakların sanal turu hazırlanmıştır.

Bu uygulama alan çalışmalarıyla başlamaktadır. Alan çalışmaları tarama ve panorama foto çekim çalışmalarıdır.. Bu surecin ardından hem fotogrametriden hem de panoramik çalışmalardan elde edilen veriler dijital üretim aşamasında işlenmiştir. Fotogrametri

tekniğiyle çekilmiş fotoğraflar Pix4D adlı fotogrametri yazılım programına aktarılıp işlenmiştir. Fotoğrafların işlenmesinde elde edilen nokta bulutundan tapınakların 3B dijital replikaları oluşturulmuştur [72] (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: Nanchang tapınağı 3B dijital replikasi oluşturma süreci [72]

Karma Gerçeklik (AG + SG) geliştirme aşamasında Cardboard Unity SDK 0.5.0 ve Vuforia 5 SDK kullanılmıştır. Uygulamanın kullanım kılavuzu şu şekildedir:

- Ana menüde kullanıcı Nanchang ve Guangji tapınakları arasından birini seçmelidir;
- Kullanıcı, seçtiği tapınağın sahnesine girdikten sonra ‘’AG ortamında 3B model görüntüleme’’ veya ‘’ SG ortamında panoramik sanal tur’’ seçeneklerini seçmelidir. Bununla birlikte herhangi bir seçim yapıldıktan sonra kullanıcı kendi bakışları ile öteki seçime geçebilmektedir. Örnek olarak AG görüntüleme seçiminde tapınağın 3B modeli gerçek 2B işaretçi ile hizalanmaktadır. Görüntülenen 3B dijital modelin ebatları 2B işaretçi boyutlarına orantılı olarak değişmektedir. Prototipte 1x 1,5m ölçekli bir işaret kullanıldığında görüntülenen modelin boyutları 1x1,5x1,2m’dır. Böyle büyük bir model ile kullanıcı, modelin detaylarını görebilmektedir. Ayrıca kullanıcı herhangi bir açıdan, model etrafında yürürken 3B modeli, 2B işaretçi ile hizalanmış şeklinde görebilmektedir. Buna ek olarak kullanıcı, tapınağın 3B dijital modelinin önündeki sarı etikete baktığında etiketin rengi yeşile geçip 1 saniye sonra SG sahne aktive edilmektedir. SG sahnesinde tapınağın dış ve iç panoramik görüntüleri (sanal tur) sunulmaktadır. Kullanıcı Google Cardboard’deki mıknatıs düğmesini düşürürken bir panoramik sahneden başka panoramik sahneye geçebilmektedir [72] (Şekil 2.12).



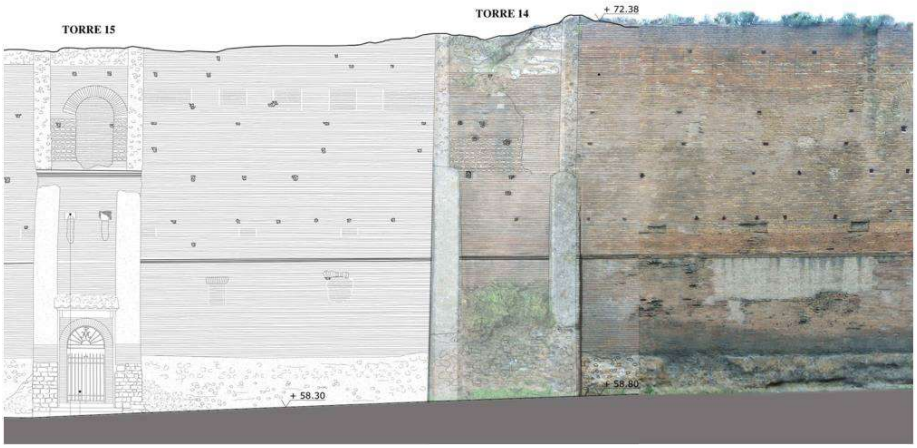
(a) (b)

Şekil 2.12: AG ortamında işaretçi üzerindeki 3B dijital model (a); SG ortamında panoramik görüntü (b) [72]

- Aurelian Surları'ndaki Castra Praeteria kısmı için geliştirilen AG uygulamaları

M.S. 270-275 tarihleri arasında inşa edilen Aurelian surları Roma şehrindeki en büyük sur yapısı olmasına rağmen uzun zaman ihmal edilmiştir. Aurelian Surları'nın sanal müzesinin geliştirilmesi, var olan ama dağınık şekilde olan anıtın bilgilerinden envanter ve katalog oluşturulması, surların ayağa kaldırılmış halinin gözlenmesi ve öncelikli müdahalelerin belirlenmesi için etkinliklerin ve yöntemlerin listesinin oluşturulması, anıtın yönetimi için bir teknik kılavuz geliştirilmesi ve AG geliştirilmesi için gerekli araçları ortaya koymaktadır [88].

AG uygulamaları yapılmadan önce veri toplanma işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilerin elde edilmesi için direkt, topografik ve fotogrametrik teknikleri kapsayan bütünleşmiş rölöve tekniği (ing. İntegrated survey) kullanılmıştır. Fotogrametri tekniğiyle cepheler birkaç sektöre bölünmüştür. Nikon D3000 (10.2 Megapiksel) fotoğraf makinesiyle 72 fotoğraf serisi ve 1500'dan fazla fotoğraf çekilmiştir. Rölöve çalışmaları sonrasında surların 3B dijital replikası oluşturulmuştur. Fotogrametrik modelden 1/10 ölçeğinde ortofotolar çıkartmıştır. Ortofotolara dayanarak duvarların cepheleri çizilebilmiştir (Şekil 2.13). [88].



Şekil 2.13: 3D modelden elden edilen ortofoto ve ortofotodan çizilmiş cephe [88]

AG aşamasındaki iki farklı uygulamadan biri yerinde (in situ) işaretsiz görüntü tabanlı, diğeri ise işaretli görüntü tabanlı uygulamalardır. Uygulamalar, yok edilmiş kuzey kapının sanal rekonstrüksiyonun sunumunu amaçlamaktadır. Bu hedefe ulaşmak için (1) fotogrametrik 3B modelden ortofotolar ve kesitler çıkartılmış (2) fotogrametrik 3B model çeşitli sanal rekonstrüksiyon hipotezleriyle karşılaştırılmış (3) geometrik 3B model seçilmiş (4) fotogrametrik 3B modelden tekstür alınıp geometrik 3B modele atanmış ve (5) doku ile kaplanmış geometrik 3B model Augment adlı AG platformuna yüklenmiştir. Yerinde (in situ) işaretsiz görüntü tabanlı uygulama çalışabilmek için sitte belirlenmiş farklı noktalardan ve farklı ışık koşuluyla sur fotoğrafları çekilmiştir. Çekilen her fotoğraf Augment platformunda ‘’işaret’’ olarak kaydedilip her fotoğraf doku ile kaplanmış ve geometrik 3B model ile hizalanmıştır. Belirlenmiş noktalardan ziyaretçiler, turistler, teknisyenler veya herhangi kullanıcı, Augment uygulamasını indirip kendi telefonunun kamerasını sura doğru yönlendirirken ekrandaki sur görüntüsü üzerine hizalanmış şekilde kuzey kapının 3B modelinin rekonstrüksiyonu eklenmiştir. İşaretli görüntü tabanlı uygulamada Augment platformunda belirlenmiş işaretler (kağıt poster, plan vb.) üzerinde kuzey kapının 3B modeli görüntülenebilmektedir [88] (Şekil 2.14).



(a) (b)

Şekil 2.14: Castra Praetoria AG uygulamaları: (a) in situ uygulaması, (b) kağıt üzerinde (işaretli) uygulama) [88]

- Vitoria'daki Santa Maria Katedrali restorasyon çalışmalarında geliştirilen AG uygulaması

13. ve 14. yüzyıllar arasında inşa eden Santa Maria gotik katedrali İspanya'daki Vitoria-Gasteiz şehrinin eski merkezinde yer almaktadır [89]. Santa Maria katedralinin restorasyonu esnasında ziyaretçilerin, şantiyenin rehberli turunda, mimarlar, mühendisler ve arkeologların çalışmalarına bakarak çeşitli bilgiler edinmesi amacıyla bir AG uygulaması geliştirilmiştir [90]. AG teknolojisi kullanarak katedralin portiğinin sanal restorasyonu sunulmaktadır. Sanal restorasyonun amacı, projeksiyon tekniği kullanarak portikteki Meryem Ana heykeli üzerinde dijital ortamda modellenmiş çok renkli (ing. Polychromatic) bir model göstermek ve ziyaretçilere heykelin geçmişteki halini sunmaktır. Uygulamanın geliştirilmesi için aşağıda listelenen beş aşama izlenmiştir:

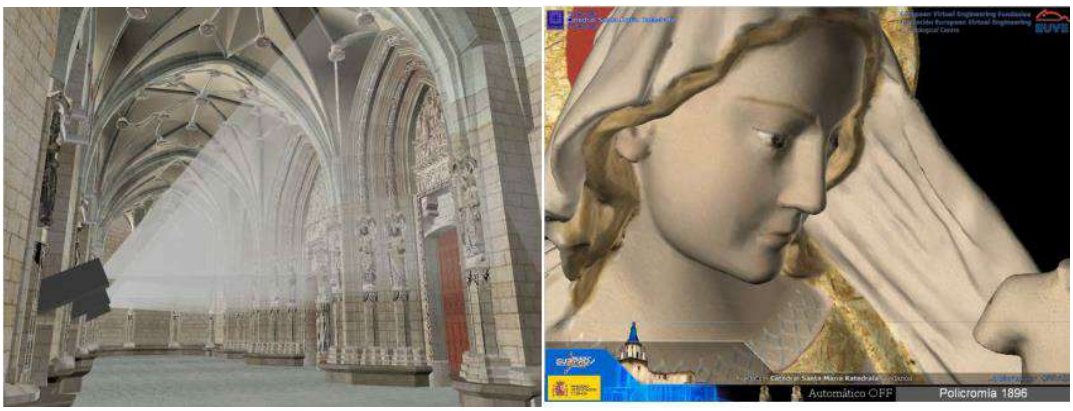
- Heykelin 3B replikasının oluşturulması
- Projektör ile ilgili ön çalışma yapılması
- Projektörlerin konumunun 3B ortamda incelemesi
- Çok renkli modelin görüntüleme modülünün belirlenmesi
- Projeksiyon ve etkileşim ortamının ayarlanması [91]

3D model oluşturma aşamasında yapılan çalışmalar tarama, modelleme ve kaplamadır. Portik, fotogrametrik teknik ve laser tarayıcı (MINOLTA VIVID 910) aracılığıyla dijital ortamda modellenmiştir. Modelleme için üç farklı teknik kullanılmıştır. ''Displacement maps'' adlı teknikle alınlık tablaları, fotogrametriden elden edilen

‘’CAD-Polylines’’ tekniğiyle heykeller, Autocad ile diğer bölümler modellenmiştir. Model hazır olduğunda düzgün taş dokusu ile kaplanıp boyanmıştır [91].

Projektör ile ilgili ön çalışma aşamasında teknik açıdan sistemin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Bunun için 3B modelin yansıtılacağı düzensiz yüzey, projektörlerin teknik özellikleri, kullanıcı konumu analiz edilmiştir. Bu analizin sonunda kullanılacak projektör sayısı belirlenmiştir. Kullanılacak projektör sayısının optimize edilmesi için virtools 3.0 aracıyla etkileşimli 3B uygulama simülasyon yapılmıştır (Şekil 2.15) [91].

Özel etkileşimli uygulamada heykelin 3B modelinde yapılmış boyama çalışmaları restoratörler tarafından onaylanmıştır. Restoratörler polykromları değiştirip uygulamada değişiklikleri canlı olarak uygulamıştır. Böylece sayısal ortamda heykelin tamamlanmış modeli elde edilmiştir. Son etapta heykelin 3B modeli gerçek heykelin üstüne yansıtılmıştır (Şekil 2.16). Ayrıca projeksiyon sunumu esnasında ziyaretçilerin deneyimini artırmak için ışık derecesi, renklerin animasyonu gibi unsurlar değiştirilebilmektir [91].



(a) (b)

Şekil 2.15 : Projektörlerin simülasyonu (a); dijital ortamda heykelin 1896 yılındaki restitüsyonunun simülasyonu (b) [91]



(a) (b)

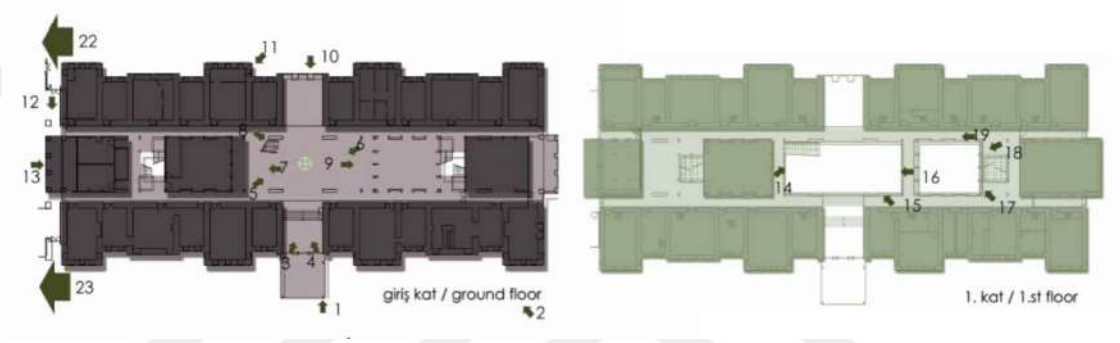
Şekil 2.16: Projeksiyon denemesi (a); Projeksiyon sonucu (b) [91]

- Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı yerleşkesindeki Çifte Saraylar @rkademi uygulaması

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (MSGSÜ) tarafından geliştirilen @rkademi adlı AG Deneyimi, MSGSÜ Fındıklı yerleşkesinde bulunan Çifte Saraylarda ele alınmıştır. Projenin amacı AG araçlarının, mekân algısı ve mimari koruma alanında uygulanabilirliğini araştırmak ve bu araçların, kullanıcıların mekâna ve koruma nesnesine bakışlarını nasıl etkileyeceğini niteliksel ve niceliksel araştırma yöntemleri ile tespit etmektir [92].

Sarayların dönüşümü esnasında özellikle 1970-74 yılları arasında Münire Sultan Sarayı'nda yapılan yenileme çalışması fotoğrafları dikkate alınarak AG teknolojisyle bir sergi düzenlenmiştir. Hedefe ulaşmak için çeşitli arşivlerden faydalanarak 25 senaryo ile kampüs ve çevresinin zaman içinde geçirdiği değişim anlatılmıştır. Metao firması tarafından tasarlanan yardımcı araçlar (Metaio Toolbox ve Metaio Creator) ile Android ve İos işlemcilerine dayanan mobil bir AG uygulaması geliştirilmiş; belli noktalarda numaralandırılmış işaretçiler okutularak mobil araçların ekranında belli senaryolar (eski fotoğraf, eskizler…) gösterilmiştir (Şekil 2.17). Planlanan 25 senaryo, girişlerin dönüşümü, Mimar Sinan Holü'nün dönüşümü, strüktürel dönüşüm ve çevrenin dönüşümü olarak 4 grupta ayarlanmıştır. Örneğin girişlerin dönüşümü grubundaki senaryolarda 1948 yılı öncesi toplu fotoğraflar, giriş cephesi ile birlikte binanın

panoramik görünüşü (Şekil 2.18); Mimar Sinan Holü'nün dönüşümü senaryolarında salon döşemesinden kaldırılmış merdivenlerin eski fotoğrafları, orta sofanın ahşap tavan kaplaması, yenileme projesi için çizilmiş eskizler; strüktürel dönüşüm senaryolarında Cemile ve Münire Sultan Sarayları'nın arasına inşa edilen Kütüphane bloğundan Münire Sultan'a bakış, yenileme çalışmalarında çekilen fotoğraflar ve çevrenin dönüşümünde 1974 yılında Münire Sultan Sarayı'nın yenilenmesinin ardından yapılan, bugün Sedad Hakkı Eldem Oditoryumu olarak anılan oditoryumun temelleri ile binanın cephesinin birlikte gösterilmesi gibi senaryolar ele alınmıştır [92].



Şekil 2.17:Münire Sultan Sarayı zemin ve birinci kattaki işaretçilerin konumu [92]



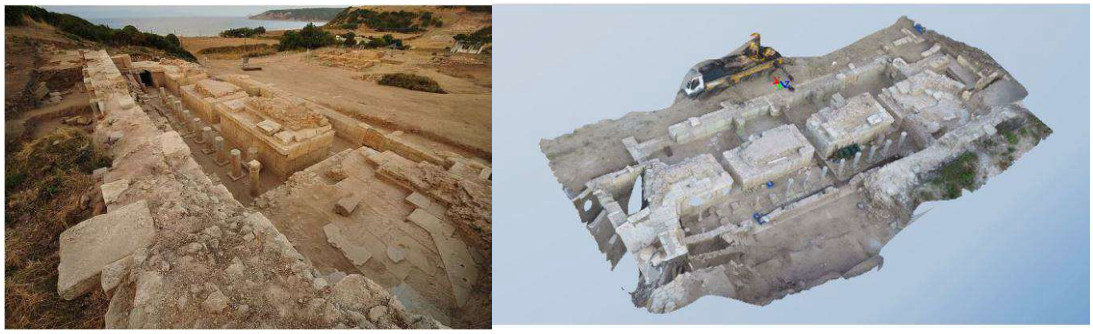
(a) (b)

Şekil 2.18: İşaretçi (a); senaryo 1 (Girişin mevcut durumu ve özgün durumu) (b) [92].

- AG ile Parion tiyatrosunun görselleştirmesi

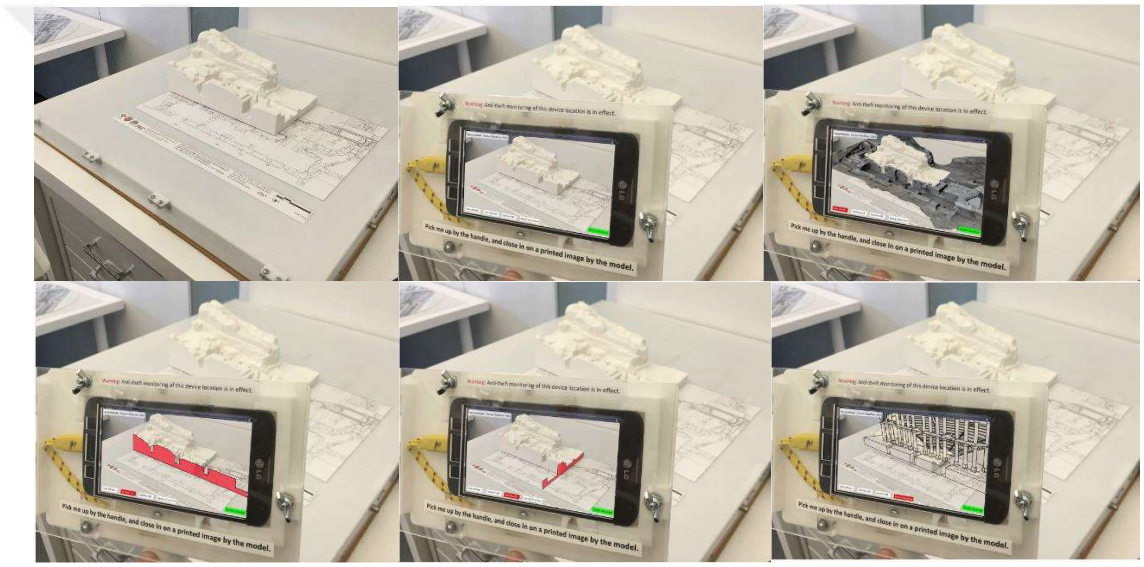
Projenin amacı fotogrametri ve AG yöntemlerini kullanarak sayısal ortamda Kemer Parion antik kenti tiyatrosunun dijital olarak korumasını gerçekleştirmek ve yapının değerini tarihçiler, arkeologlar, mimarlar, turistler ve herhangi bir kullanıcı ile paylaşmak ve sunmaktır. Projenin hedeflerine ulaşmak adına belgelendirme, bilgi işleme ve sunum olmak üzere 4 temel aşama izlenmiştir [73].

Belgelendirme sürecinde fotogrametrik teknikler kullanılmıştır. Bu aşamada fotoğraf makinesi, elle taşınır (ing. Handheld) kamera ve vinç yardımıyla gölgeleme, fotoğraflar birbirine üst üste bindirme, kameraların çekim açısı gibi kısıtlamalar dikkate alınarak yeterli sayıda fotoğraf çekilmiştir. Fotoğraflar, işlenmeleri için Autodesk 123d Catch adlı fotogrametri uygulamasına aktarılmıştır. Autodesk 123d Catch programında, fotoğrafların bindirme noktalarıyla tiyatronun dijital 3B replikası oluşturulup .3dp formatında kaydedilmiştir. Dijital 3B replika, sitten alınan bir ‘’referans’’ ölçüme göre ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirme işleminin ardından elde edilen model hem doku hem de yapının kütlesi açısından tamamen arazideki yapının sayısal kopyasıdır (Şekil 2.19). Fotogrametrik model Rhinoceros uygulamasına aktarılmıştır. Modeldeki çokgen sayısı fazla olduğu için Autodesk 3DS Max’te çokgen sayısı azalttırılıp tekrar Rhinoceros’a aktarılmıştır. Model kontrol edildikten sonra (modelin kapatılması) .stl formatına gönderip modelin kısmen beyaz renkli 3B baskısı yapılmıştır. Sonraki aşamada Rhinoceros programında hazırlanmış AG modelleri, kesit ve planlar Unity programında işlenmiştir. Bunun ardından gerekli dosyalar Android işletim sistemi dayanan MULTIRAMA arayüzünde kurulmuştur. Prosesin sonunda elde edilen parion_AR_v1.apk dosyası Android mobil aracında kurulup AG uygulaması hazır haline getirilmiştir. AG uygulamasının kullanılması için kullanıcı kendi telefonunun kamerasını beyaz renkli 3B baskısı ile hazırlanmış sahneye doğru yönlendirip sahnedeki işaretçileri okutup telefon ekranında sitin replikası, aa kesiti, bb kesiti ve üsteki strüktürü görebilmektedir [73] (Şekil 2.20).



(a) (b)

Şekil 2.19: İn situ fotoğraf (a) ; fotogrametrik teknik ile dijital 3D replika (b) [93]



Şekil 2.20:Parion Tiyatrosu AG uygulaması [93]

Mimari koruma alanında AG kullanımı, hedef ve kullanıcı kitlesi açılarından değerlendirilebilmektedir. Tüzüklerde belirtilen ilkeler ve bu bölümde yer alan örnekler dikkate alarak mimari koruma alanında AG kullanımının hedefi şu şekilde özetlenebilmektedir:

- *Nesnelerin 3B dijital replikası sunulması:* Dijital ortamda 3B dijital replikalar çeşitli amaçlarla, özellikle eğitim ve bilgilendirme için AG sistemlerinde sunulmaktadır.
- *Yapıların dijital bütünlemelerinin sunulması (virtual restoration, rekonstrüksiyon)*: Nesnelerin hasarlı veya yok olmuş kısımlarının dijital ortamda

tamamlanmasıdır. Ar-Media platformunda geliştirilen Coliseum AG örneğinde, yerinde (in situ) gerçek Coliseum ile dijital ortamda üretilen, yapının yok olmuş kısımları hizalanmıştır;

- *Arkeolojik sitlerde sosyal veya doğal çevre simülasyonu (sanal yeniden yaratım)*: Geçmiş yaşamlara dair izlerin ve senaryoların gerçek çevre üzerinde modellenmesi yoluyla, bölgedeki toplumsal yapının gözlemlenmesi sağlanabilmektedir. Örnek olarak Archeoguide uygulaması ile antik Olimpia stadyumunda atletleri simgeleyen 3B modeller yarıştırılmaktadır;
- *Bilimsel kullanımda sentetik modeller üzerinde restorasyon tekniklerini prova yapmak*: Nesnelerin yok olmuş kısımları üzerine hipotezleri incelemek ve eserler üzerinde yapılabilecek müdahaleleri yerinde analize etmektir [94].

Literatürde incelen dokümanlara dayanarak mimari koruma alanında geliştirilen AG hedef kitlelerinin profesyoneller ve turistler olduğu görülmektedir. Profesyonel kullanımda AG uygulamaları uzmanlara teknik bilgiler sunarak araştırmacıların ve uzmanlarını işi kolaylaştırılabilmektedir. Turistlere ise AG kültürel mirasın sanal rekonstrüksiyonları gibi içerikler sunularak mirasın iletişimi, anlamı ve mekan algısı geliştirilmektedir. AG'in mimari koruma alanında kültür varlığı ve kitle (profesyonel ve profesyonel olmayan hedef kitle) arasında bir araç olduğu görülmektedir. AG ortamında mimari mirasın 3D replikasının sunulması, verilerinin dijital ortamda kaydedilip iletilmesi, mirasın verilerinin tanıtılması, saklanması ve korunmasına katkıda bulunmaktadır.

3. BÖLÜM

KAYSERİ KURU KÖPRÜ SU KEMERİ ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARI

Geleneksel yapı türleri arasında sıklıkla rastlanan ve geçmişte su taşıma sistemlerinin bir parçası olan su kemerleri, üzerinde su yolu bulunan, genellikle kemerli strüktür sistemleriyle geniş açıklıkların geçilmesinin sağlandığı köprülerdir [95] Eski ve karmaşık su taşıma sistemlerinin küçük bir parçası olarak nitelendirilmektedirler. Su taşıma sisteminin en önemli geliştiricisi olarak tanımlanan Romalılar, bu taşıma sistemine ‘’suyun taşınması’’ anlamına gelen‘’aquaeductus’’ ismini vermiştir [96]. Su kaynağının bulunmasının ardından su, izohipslere dayanarak yeraltında oyulmuş kanallardan veya yer üstünde inşa edilen kanallardan (genelde kapalı kanallar) akmıştır. Kanallar tonozla, düz plakayla ve bazen kiremit ile örtülmektedir. Kanalların yatağı, genelde çakıl taşları ve pişmiş toprak parçalarının kille şekillendirilmesiyle oluşturan kalın bir tabakadır [97]. Arazi koşullarına göre su, hidrolik merdiven prensibi [98] veya bileşik kaplar sisteminden faydalanılarak kemerli köprü (su kemeri) üzerine taşımaktadır [96]. Su kente ulaşıldığı zaman ana sarnıçtan haznelere, çeşmelere, hamamlara ve özel konutlara dağıtılmıştır [98].

Anadolu’da tespit edilen en eski su kemeri, Efes’te yapılan ve M.Ö. 14. yüzyıla ait ‘’Sextilio Polio’’ su kemeridir [6]. Birçok eski uygarlığa ev sahibi olduğu bilinen Anadolu geleneğinde, çeşitli su kemeri örnekleri bulunmaktadır. İstanbul’daki Kırkçeşme Su Yolu içinde bulunan 33 tane su kemerinden biri olan Mağlova Kemeri 2 katlı ve 16 gözlü, Kovukkemer 3 katlı ve 47 gözlü, Güzelce kemer 2 katlı ve 19 gözlü, Paşa Kemeri 2 katlı ve 13 gözlü ve Uzun Kemer ise 2 katlı ve 97 gözlü bir strüktür sistemi ile şekillendirilmiştir. Anadolu’daki diğer kemerlerde de benzer bir özen söz konusudur. Bu durum, su kemerlerinin sadece işlevsel değil yapım tekniği olarak da gelişmiş birer yapı olduğunu göstermektedir. [99].

Kayseri ve civarındaki iller incelendiğinde, Kayseri il sınırları içerisinde yer alan su kemerleri içerisinde günümüze sadece Kuru Köprü Su Kemeri'nin ulaşabildiği görülmektedir [6]. Bölgedeki en yakın su kemerleri ise Mersin'de bulunmaktadır. Mersin şehrinde Uzuncaburç Su Kemeri, Ayaş Su kemeri ve Tarsus Su Kemeri (10 x 3m ebadında, 12m. yüksekliğinde, içi moloz taşlardan harç kullanılarak yapılmış, yüzeyi ise tuğla ile düzgün bir şekilde inşa edilmiştir) örnekleri izlenebilmektedir [99]. Bu durum, Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri'nin, bölgedeki enderlik değeri açısından da önemli bir yapı olduğunu göstermektedir.

3.1. Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri'nin tarihçesi

Kuru Köprü Su Kemeri, Talas ilçesine bağlı Kuruköprü köyü içinde, K35-d 09-b Pafta/ 1073-1074 parselde yer almaktadır (Şekil 3.1). Köyün tarihçesi ile ilgili fazla bilgi bulunmamakla birlikte en erken tarihli yerleşiminin 17.yüzyılın ilk çeyreğinden önce olduğu tahmin edilmektedir.

Kayseri tarihi M.Ö. 3000 yılının ortalarına kadar uzanmaktadır. Kayseri ovasındaki Karahüyük Köyü'nün sınırları içinde yer alan ve geçmişte önemli ticaret noktası olan Kültepe Höyüğü'nde Asur, Hitit, Frig dönemlerinden Roma dönemine kadar izler bulunmaktadır. M.Ö. 11.yüzyıl ortalarından sonra Kültepe'ye paralel olarak yöredeki Tabal Krallığı'nın kurulduğu yer Mazaka daha çok önem kazanmıştır. Tabal Krallığı'nın yıkılmasının ardından bölge Kilikya, Med ve Pers yönetimine girmiştir. M.Ö. 550 yılında bütün Anadolu Pers yönetime girdikten sonra Mazaka, Kapadokya'nın büyük krallığının merkezi yapılmıştır. Makedonyalı İskender yönetiminden sonra yörede kurulan Kapadokya Krallığı döneminde adı "Eusebia" olarak değiştirilmiş, M.Ö. 1.yüzyılda Kapadokya'nın Roma'ya bağlanmasından sonra İmparator Augustus zamanında Mazaka'ya "Caeseria" (Kaisareia) ismi verilmiştir [6]. İmparator şehri anlamına gelen Kaisareia ismi Araplarca Kaysariya şeklinde kullanılmıştır. Türkler şehre Kayseriye adını vermiş; Cumhuriyet Döneminde ise bu ad Kayseri olmuştur [100].

M.S. 3. yüzyılda Kayseri nüfusu 400.000 civarındaydı. Bu dönemde imparator Theodosius'un Roma anıtlarını tahrip ettirmesi yüzünden şehir büyük zarar görmüştür. Fakat Justinianus zamanında şehir tekrar büyük bir imar görmüş, Roma dönemi surları daraltılarak yeni surlarla çevrilmiştir. 1463 yılında Osmanlı hâkimiyetine giren şehir, öncesinde Araplar, Selçuklular, Eratna Beyliği, Dulkadiroğluları, Kadı Burhanettin ve

Karamanoğulları dönemlerini yaşamıştır [6]. 16. yüzyılın ortalarından 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar Kayseri, sırayla Karaman vilayeti, Bozok eyaleti ve Ankara vilayetine bağlanmıştır. 1924 yılındaki Anayasa çerçevesinde vilayet statüsü kazanan Kayseri [100], bugün Büyük Şehir statüsünde 16 ilçe ile 17193.07 km^2 araziye sahiptir [101].

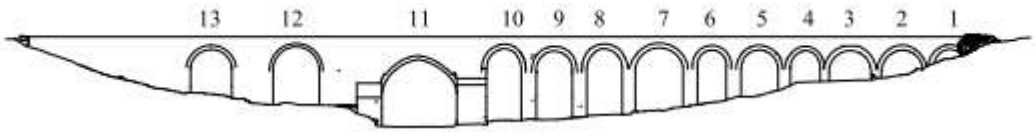


Şekil 3.1: Kayseri Kuru Köprü Su Kemerinin konumu [102]

Çalışma kapsamında ele alınan su kemerinin Roma veya Bizans Dönemi'nde inşa edildiği tahmin edilmektedir. Literatürdeki ağırlıklı yaklaşım, yapının 8. yüzyılda inşa edildiğine yöneliktir. Bu nedenle yapıya ait ilk dönemler, Roma-Bizans Dönemi olarak ele alınmıştır.

Yapı, Kayseri'nin su ihtiyacını karşılayan Gürpınar (Salguma) Köyü'nden çıkan suyun Kayseri'ye ulaştırılması amacıyla inşa edilmiştir. Günümüzde büyük bölümü ayakta olan taş köprü, Gömüderesi olarak adlandırılan vadiyi birbirine bağlayan dere yatağının içinde yer almaktadır. Doğu-batı istikametinde 172 m. uzunluğunda ve dere yatağının olduğu kısım olan en yüksek yerinde ortalama 16 m. yüksekliğindedir. Kemerler üzerinde boydan boya uzanan, yaklaşık 70-80 cm. genişliğindeki su kanalının yarım metre olan yan duvarları çoğu yerde yıkılmıştır [103]. Çalışma kapsamında dijital replikaların oluşturulabilmesi için, tarihsel dönemler ve mimari müdahaleler göz önünde bulundurularak Roma-Bizans dönemi, Selçuklu-Osmanlı dönemi, Yakın dönem, 2016 yılı ve 2017 yılı olmak üzere beş dönem ele alınmıştır.

- Roma-Bizans döneminde yapının ilk halinde 1 sivri kemer 12 yuvarlak kemer olmak üzere 13 kemer bulunmaktadır (Şekil 3.2) . Selçuklu-Osmanlı Dönemi'nde su bendi oluşmasını sağlamak amacıyla bütün kemerlerin içlerinin kesme taşlarla örülerek doldurulduğu düşünüldüğü kaynaklarda geçmekle beraber, bu durumun sadece dere yatağının doğusundaki üç kemer için geçerli olduğu söylenebilmektedir. Su kemerinin kuzey (mansap) ve güney (memba) cepheleri arasındaki 3.40 m'ye varan kot farkı, bu kısımlarda arazinin eğiminin az oluşundan dolayı sel taşkınlarının yaşanmış olduğu, bu nedenle kemer içlerinin duvar örülerek kuzey cepheden toprak kotunun yükseltilmek suretiyle duvarın desteklendiğini göstermektedir. Bu görüşün kapatılan tüm kemerler için geçerli olduğunu söylemek zordur. Diğer kapatılan kemerlerin yıkılmaya karşı tedbir amaçlı olarak içlerinin örülmüş olması ihtimaldir. Dere yatağındaki sivri kemerin doğusunda kalan kemer taşlarından çok az bir kısmının güney cepheden görüldüğü dördüncü kemerin (kemer 7) içi doldurulmuş, kuzey tarafı da payanda duvarı ile desteklenmiştir. 6. ve 7. kemerler tamamen kapatılmış olup, 7. kemerin kemer taşlarının bir bölümü görülebilmektedir 5., 6. ve 7. kemerlerin kuzey cepheleri ise tamamen kapatılmış, kademeli duvarlarla su kemeri desteklenmeye çalışılmıştır [6].
- Yakın dönemlerde su kemerinin kuzeyine muhdes bir taş yapı ve briket duvarlar eklenmiştir. O zamandan bugüne kadar doğal etkenler nedeniyle köprü yıkılmaya devam etmektedir [6].



Şekil 3.2: Kuru Köprü Roma Su Kemeri güney (memba) cephe 1. Dönem (Roma-Bizans Dönemi) restitüsyonu [6].

3.2. Kuru Köprü Su Kemeri'nin Mimari Özellikleri ve Güncel Durumu

İlk yapıldığı dönemlerde su taşıma sistemi, Gürpınar (Salguma) Köyünden çıkan su ile başlamakta, su, kayaların içerisine oyulan kanallardan geçerek Gömüderesi vadisine ulaşmakta, vadinin iki yamacını birbirine bağlayan köprünün (Kuru Köprü) üstündeki

oluktan vadinin karşı yamacına geçerek bazen kayaların oyulmasıyla yapılmış kanallardan, bazen de kesme taştan yapılmış kanallardan akıtılarak Mazaka'ya iletilmekteydi [6].

172 metre uzunluğunda ve ortalama 16 metre yüksekliğinde olan Kuru Köprü, farklı duvar örüm teknikleri ve taş cinsleri ile inşa edilmiştir. Ortalama 150 cm. kalınlıkta yapılandırılan duvar cidarlarında kesme taş ve yer yer kaba yonu taş kullanılmış, iki cidarın arası sandık duvar tekniğine uygun şekilde moloz taşlarla doldurulmuştur. Kesme taş duvarlarda çoğunlukla pembe, yer yer gri andezit tüfleri kullanılırken kaba yonu taş duvarlarda ve iç kısımdaki moloz taş dolguda pembe gri andezit ve bazalt tüfleri tercih edilmiştir. Kuzey cephedeki payandalar da yine aynı malzemeler ve örüm teknikleri ile inşa edilmiştir. Selçuklu döneminde uygulan kemer kapatma işlemlerinde kesme taş kullanılmıştır. Bu taşlar birkaç cm. içeride kalacak ve çerçeve oluşturacak şekilde yontulmuştur [104].

Köprünün diğer önemli kısmı olarak tanımlanan su kanalı ile ilgili fazla bilgi bulunmamaktadır. Kanal duvarının üzerindeki sıva tabakasının varlığı görülebilmekle beraber, kanal döşemesinin kaplamasına dair herhangi bir kalıntı bulunmamaktadır. Kanal duvarının döşeme hizasındaki bitiminde moloz taş doku bulunması, kanal döşemesinin de sıvalı olabileceği, zaman aşımı ve atmosferik etkilerle sıva tabakasının yüzeyden ayrılmış olduğu düşüncesini meydana getirmektedir [6].

Yakın dönemde eklenmiş muhdes taş yapı ve briket duvar haricinde yapının özgünlüğü korunsa da doğal etkenler ve insan kaynaklı nedenlerden dolayı günümüzde köprünün bir kısmı yıkık durumdadır. Taşların yüzeylerinde tabakalanma ve renk değişimleri görülmektedir. Duvar, payanda ve kemerlerde farklı ölçüde yüzey kayıpları, derz boşalmaları olmuştur. Kanal döşemesinde bulunması gereken sıva katmanının kaybolduğu görülebilmektedir. Ayrıca kanal kısmında ve kuzey cephesindeki birçok payanda duvarında bitki oluşumları mevcuttur. 1. ve 2. kemerde yer yer insanlar tarafından yakılan ateşlerden gelen is lekeleri ve duvarlarda özellikle güney cephesinde grafitiler görülmektedir. 2016 yılında 12. ve 23. kemerin tamamen yıkıldığı görülmekte olup, büyük ölçüde yıkılmış olan 3. ve 4. kemer arasından asfalt bir yol geçmektedir. Ayrıca kemerlerin üstünden geçen su kanalı 2017 yılında 3. ve 4. kemer arasında yıkılmıştır. Günümüzde 3.,4.,12. ve 13. kemerin yıkılmasıyla beraber köprü üç bölüme ayrılmış bir görünüm sergilemektedir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).



Şekil 3.3: Yapının ayrılmış üç parçası (Ağustos 2018)



İs lekeleri



Grafitiler



Yüzey kaybı sonucu ortaya çıkan duvar dolgusu



Taş kayıpları



Taşlarda biyolojik bozulmalar ve renk değişimi



Kuzey duvarı



Briket duvar



Payandada bitkilenme



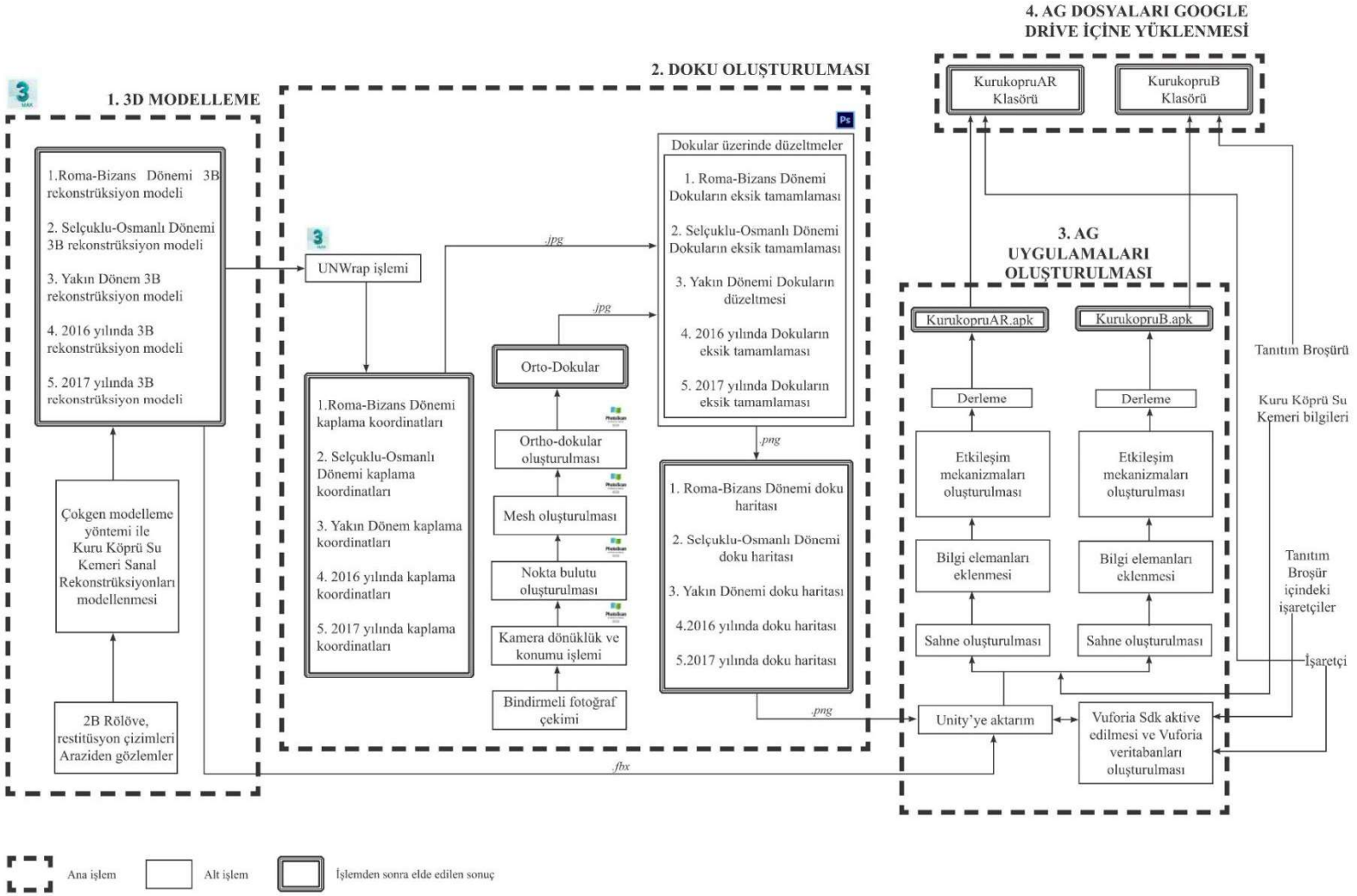
Su kanalında bozulma

Şekil 3.4: Kayseri Kuru Köprü Su Kemeri mevcut durumunda bozulmalar

3.3. Kuru Köprü su kemeri Artırılmış Gerçeklik uygulamalarını oluşturma süreci

Kuru Köprü su kemeri AG uygulamaları oluşturma sürecinde 3D Modelleme, doku oluşturulması, AG uygulamalarının oluşturulması ve AG dosyalarının Google Drive

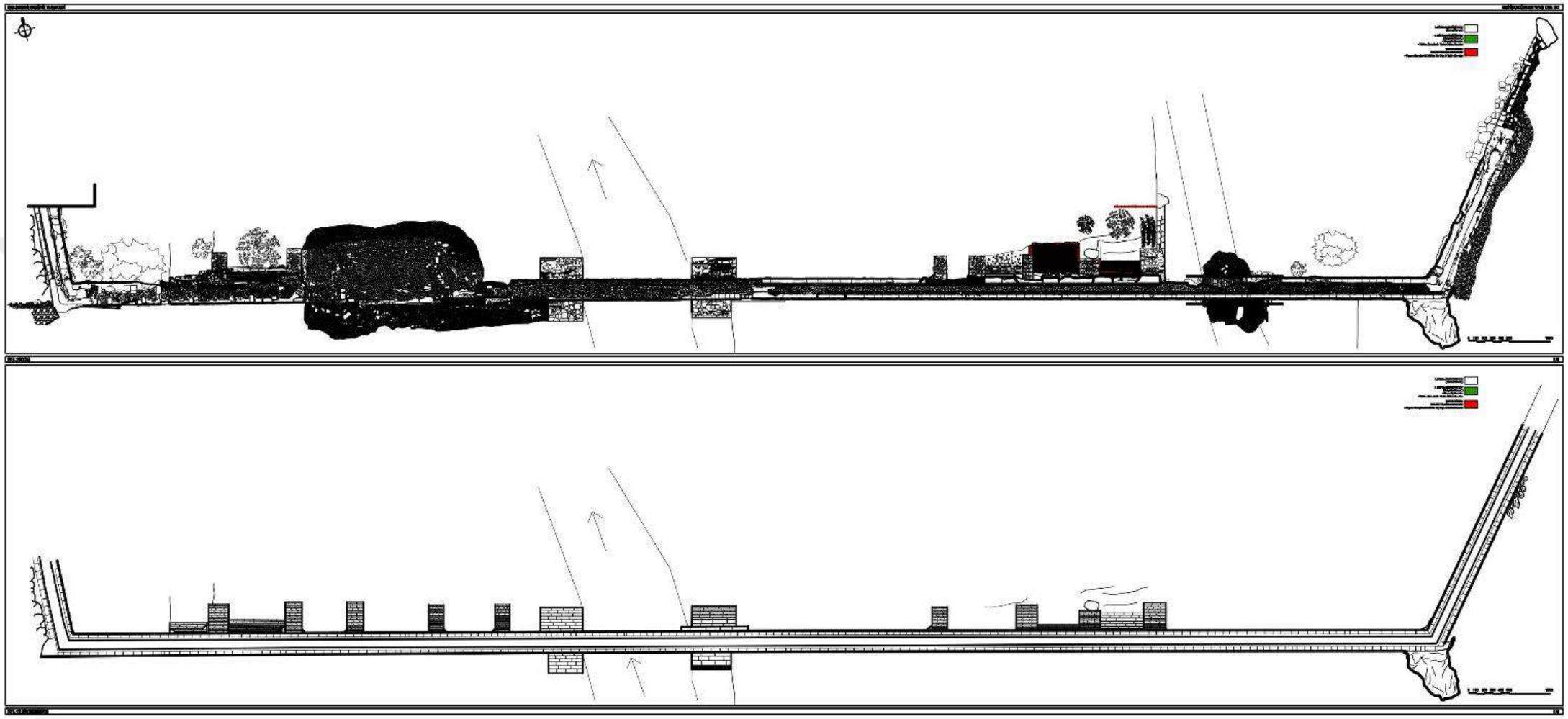
içine yüklenmesi olmak üzere dört temel adım izlenmiştir. Bu süreç aşağıdaki şema ile özetlenmektedir (Şekil 3.5):



Şekil 3.5: Kuru Köprü Su Kemeri'nin AG uygulamalarının oluşturulması için izlenen yöntem şeması

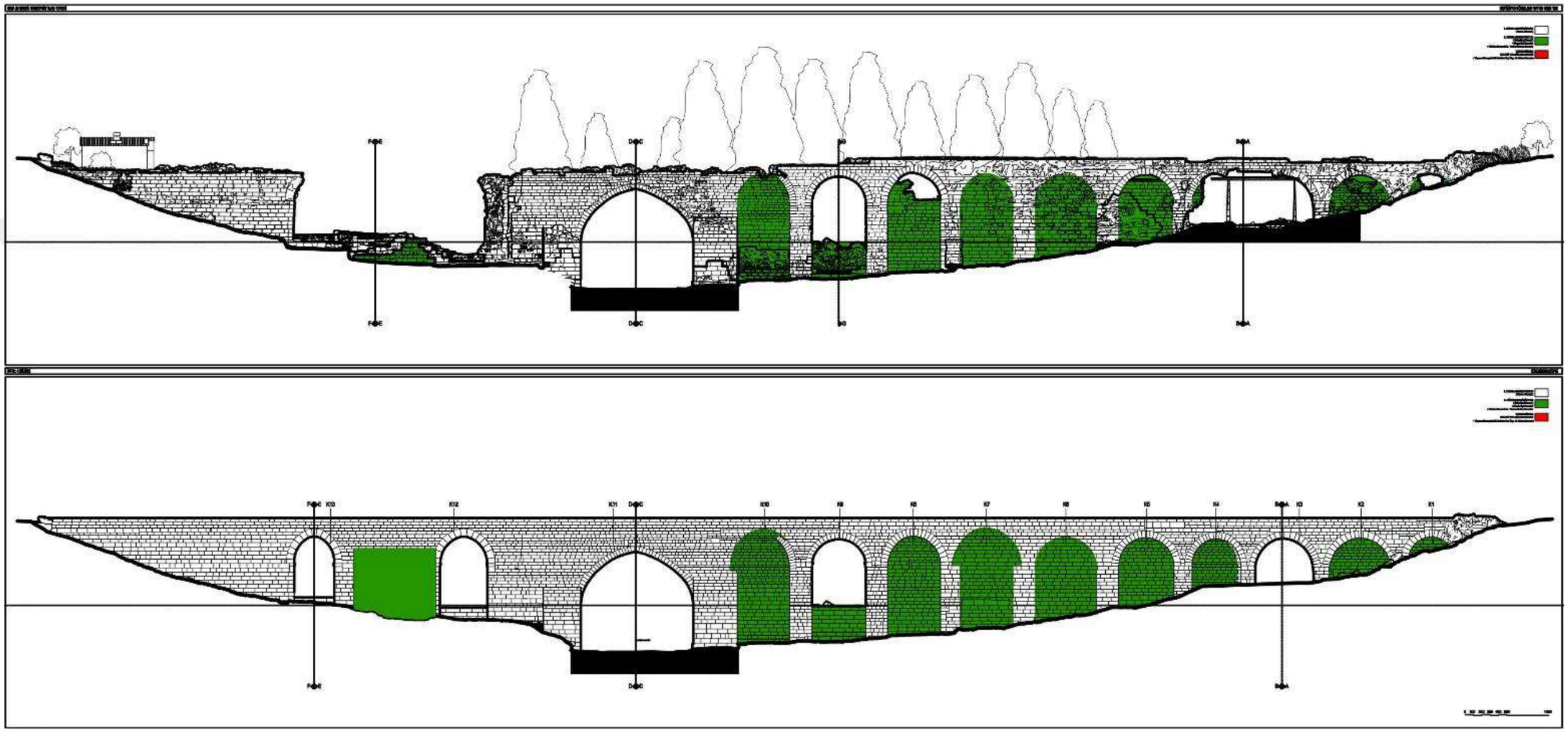
3.3.1. 3D Modelleme

3D modelleme aşamasında Kuru Köprü Su Kemeri'nin farklı dönemlerde geçirdiği yapısal aşamalar sanal olarak modellenmiştir. Başka bir deyişle bu adım Kuru Köprü'nün sanal rekonstrüksiyonlarını oluşturma aşamasıdır. Roma-Bizans dönemi, Selçuklu-Osmanlı dönemi, Yakın dönem, 2016 yılında ve 2017 yılında olmak üzere 5 sanal rekonstrüksiyon modellenmiştir. Modelleme için 2012 yılında mimar Mustafa Sezer'in hazırladığı .dwg formatında rölöve ve restitüsyon çizimleri ve 2016 ve 2017 yıllarında yapılan arazı gezileri altlık olarak kullanılmıştır. Rölöve çizimleri 2011 yılında köprünün durumunu, restitüsyon çizimleri ise Roma-Bizans ve Selçuklu-Osmanlı dönemi restitüsyonları sunmaktadır (Şekil 3.6-Şekil 3.9). Çizimler 3DS max yazılımında açılarak tek dosya içinde restitüsyonlar modellenmiştir. Modelleme başlamadan önce modeller, restitüsyon ve rölöve çizimi arasında ölçek uyumu sağlamak üzere 3DS Max yazılımda birimler "cm" olarak ayarlanmış, ardından planlar, kesitler ve cepheler çakıştırılmıştır (Şekil 3.10). Çizimler dönemlere göre ve tiplerine (plan, kesit gibi) göre ayrı katmanlara (ing. Layer) kaydedilmiştir. Katmanlar, modellenecek restitüsyon dönemine göre gerekli katmanlarda açılabilmektedir.



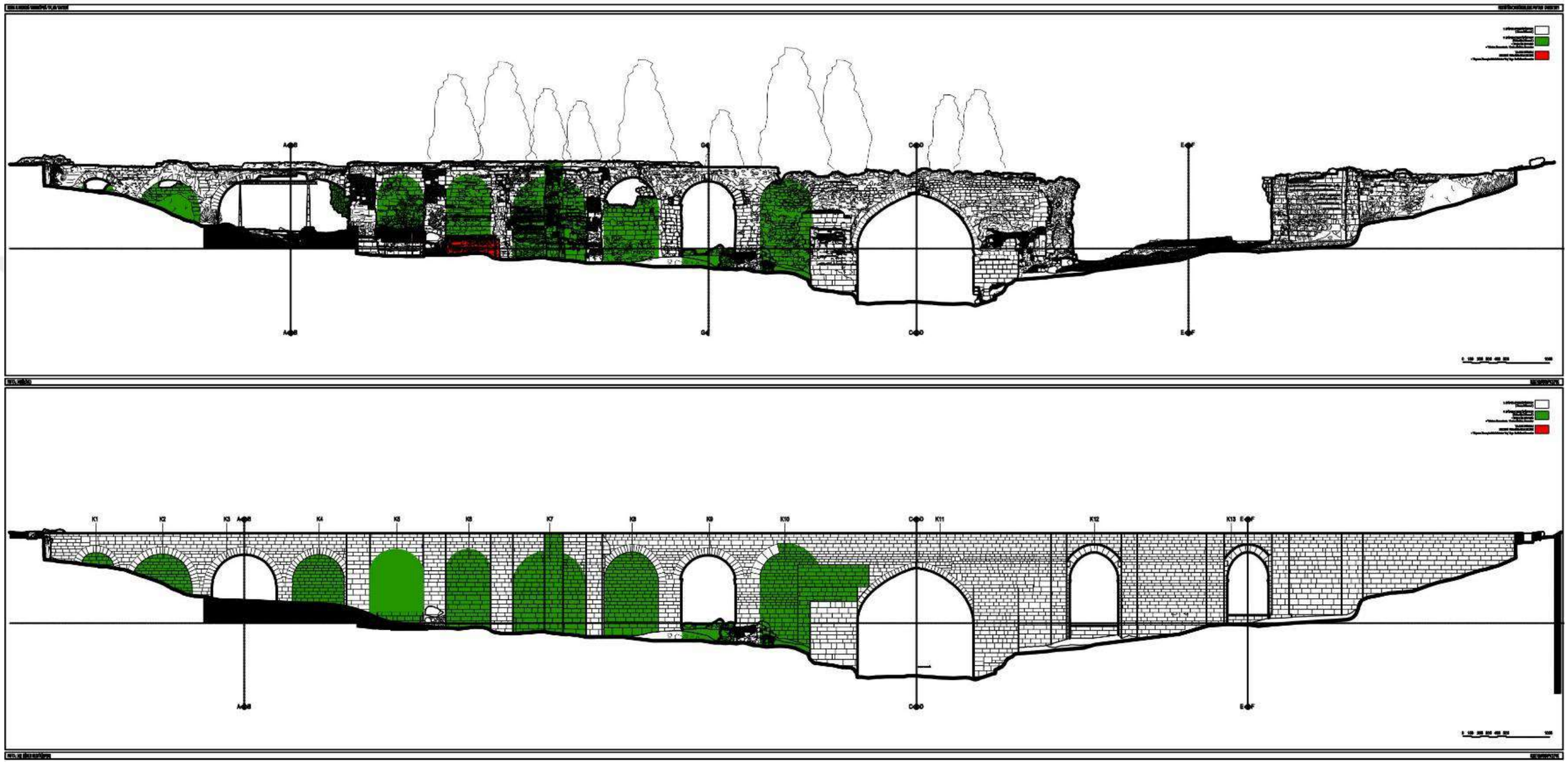
Şekil 3.6:Plan rölöve ve restitüsyon çizimleri (kaynak: Mimar Mustafa Sezer)

Lejant: Siyah: Roma Dönemi, Yeşil: Selçuklu-Osmanlı Dönemi, Kırmızı: Yakın Dönem



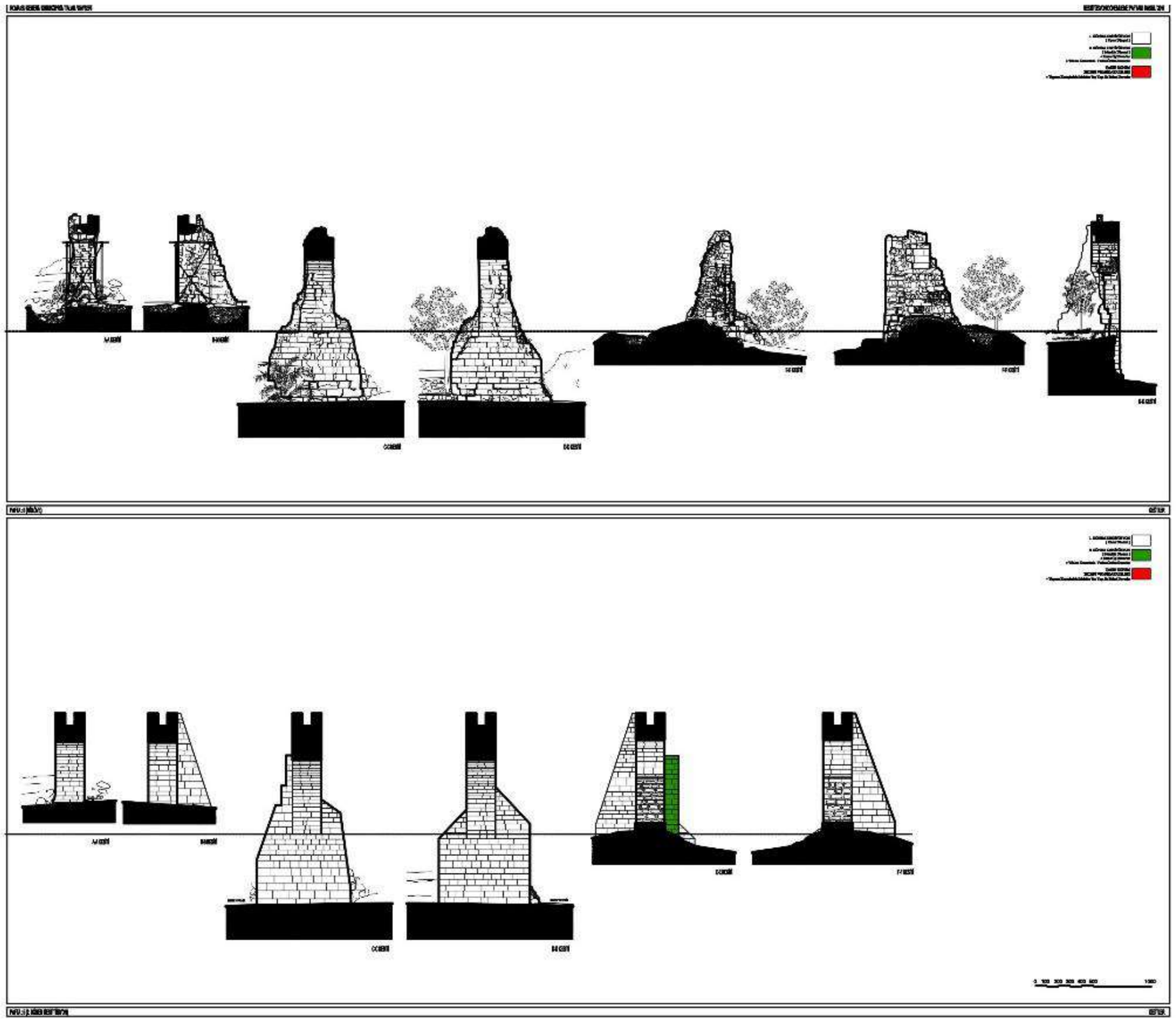
Şekil 3.7: Güney cephe rölöve ve restitüsyon çizimleri (kaynak: Mimar Mustafa Sezer)

Lejant: Siyah: Roma Dönemi, Yeşil: Selçuklu-Osmanlı Dönemi, Kırmızı: Yakın Dönem



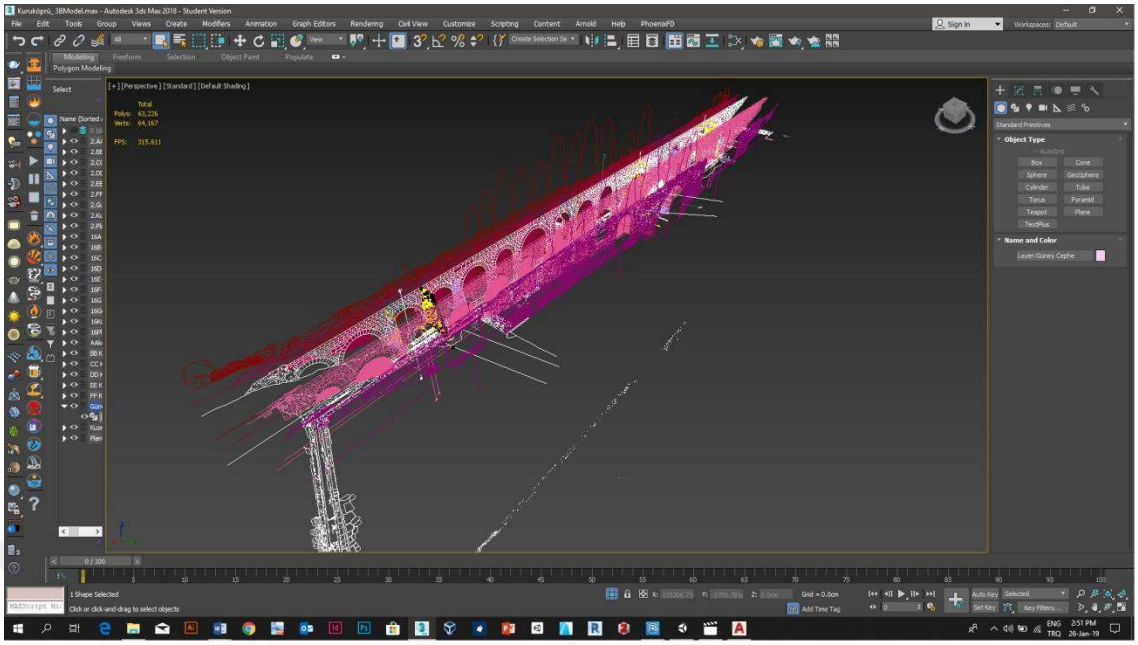
Şekil 3.8: Kuzey cephe rölöve ve restitüsyon çizimleri (kaynak: Mimar Mustafa Sezer)

Lejant: Siyah: Roma Dönemi, Yeşil: Selçuklu-Osmanlı Dönemi, Kırmızı: Yakın Dönem



Şekil 3.9: Rölöve ve restitüsyon çizimi kesitleri (kaynak: Mimar Mustafa Sezer)

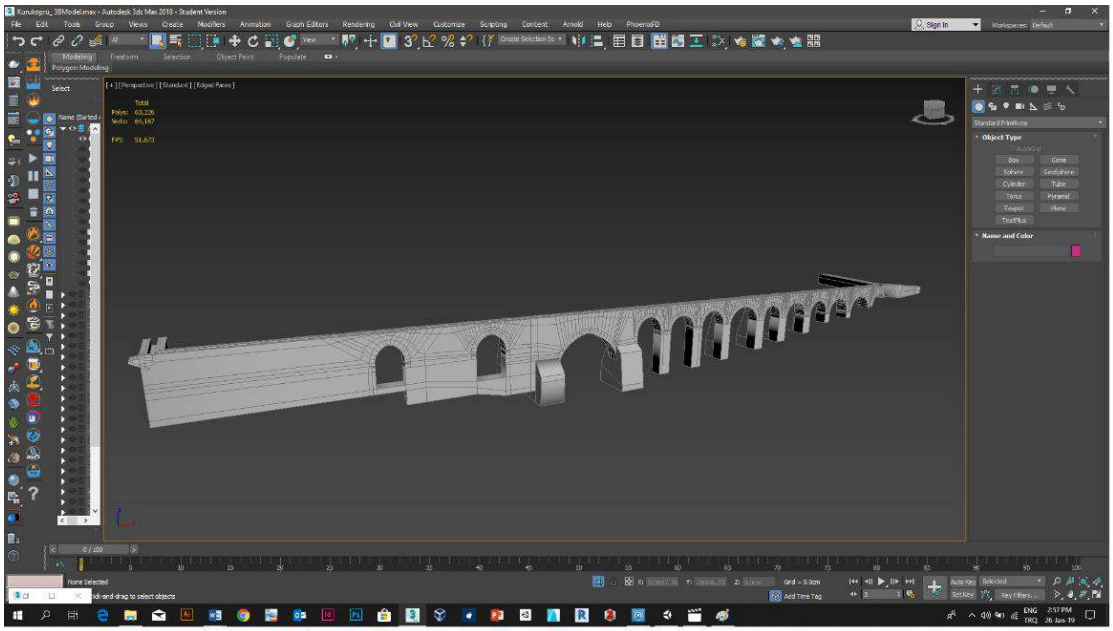
Lejant: Siyah: Roma Dönemi, Yeşil: Selçuklu-Osmanlı Dönemi, Kırmızı: Yakın Dönem



Şekil 3.10: Bütün Planların, kesitlerin ve cephelerin çakıştırılması

Roma Bizans dönemi sanal rekonstrüksiyon modelinin oluşturulması için:

- Roma-Bizans Dönemi restitüsyon çizimleri açılmıştır.
- Plan, kesitler ve cepheler dikkate alınarak çokgen modelleme yöntemiyle köprünün bölümleri (duvar ve su kanalı, payanda, kemer ve sütunlar) ayrı olarak modellenmiştir;
- Bölümler tek grup haline getirerek Roma-Bizans dönemi modeli olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.11)



Şekil 3.11: Roma-Bizans Dönemi 3B model

Selçuklu-Osmanlı dönemi sanal rekonstrüksiyon modelinin oluşturulması için

- Kuru Köprü'nün Roma-Bizans dönemi 3B modeli kopyalanmıştır.
- Selçuklu-Osmanlı Dönemi'nde yapılan müdahaleler gösteren restitüsyon çizimleri açılmıştır.
- Kopyalanan Roma-Bizans dönemi 3B modeli, Selçuklu-Osmanlı Dönemi'nde olan müdahalelere göre çokgen modelleme yöntemiyle düzeltilerek Selçuklu-Osmanlı Dönemi 3B modeli oluşturulmuştur.

Yakın dönem modelin oluşturulması için, Selçuklu-Osmanlı Dönemi 3B modeli kopyalanmış; yakın dönemdeki ekler modellenip kopyalanan modele entegre edilmiştir. 2016 yılı modeli için:

- Rölöve çizimleri altlık olarak kullanılmıştır.
- Yakın dönem modeli kopyalanmıştır.
- Kopyalanan yakın dönem modeli rölöve çizimleri dayanarak çokgen modelleme yöntemiyle bozulmuş ve 2016 yılı modeli oluşturulmuştur.

2016 yılında ve 2017 yılındaki modellerin farklılığı, 3. ve 4. kemerin üstündeki su kanalının yıkılmasıdır. 2017 yılındaki modelin oluşturulması için 2016 yılındaki model kopyalanıp 3. ve 4. kemerin üstündeki su kanalı silinmiştir.

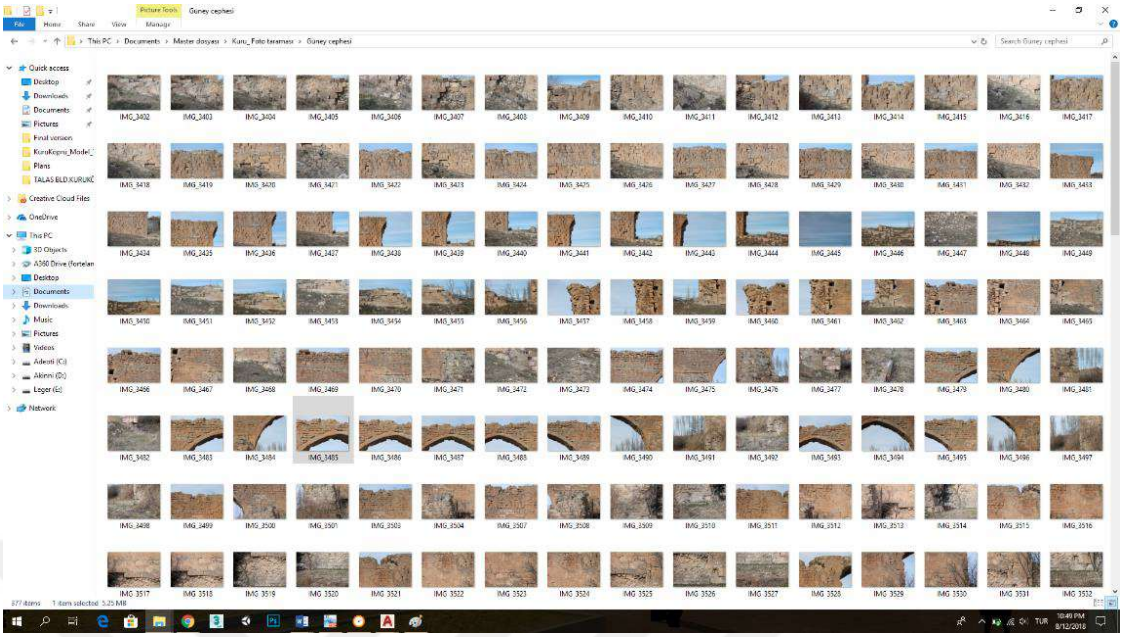
Köprünün modellerine ek olarak arazinin modellemesi gerçekleştirilmiştir. Arazinin modellenmesi için rölöve çizimlerindeki arazi kot bilgileri, Global Mapper yazılımıyla oluşturulan izohipsler ve arazının kuş bakışı görüntülerine dayanarak hazırlanmıştır. Hazırlanan iki arazi modelinden birincisi Roma-Bizans döneminden Yakın döneme kadar olan köprü modelleri için ve ikincisi 2016 ve 2017 yılı için hazırlanan köprü modelleri içindir.

AG uygulamasının ağır olmaması için modeldeki ‘’vertex’’ ve ‘’Polys’’ sayısının az olması gerekmektedir. Mobil uygulamaları için vertex sayısının 100000'i geçmemesi önerildiği için [105] toplamda 63226 polys ve 64167 vertex kullanılmıştır. Modellerin canlandırılması için, fotogrametri ve doku harita yöntemi kullanılarak kaplama dokuları oluşturulmuştur.

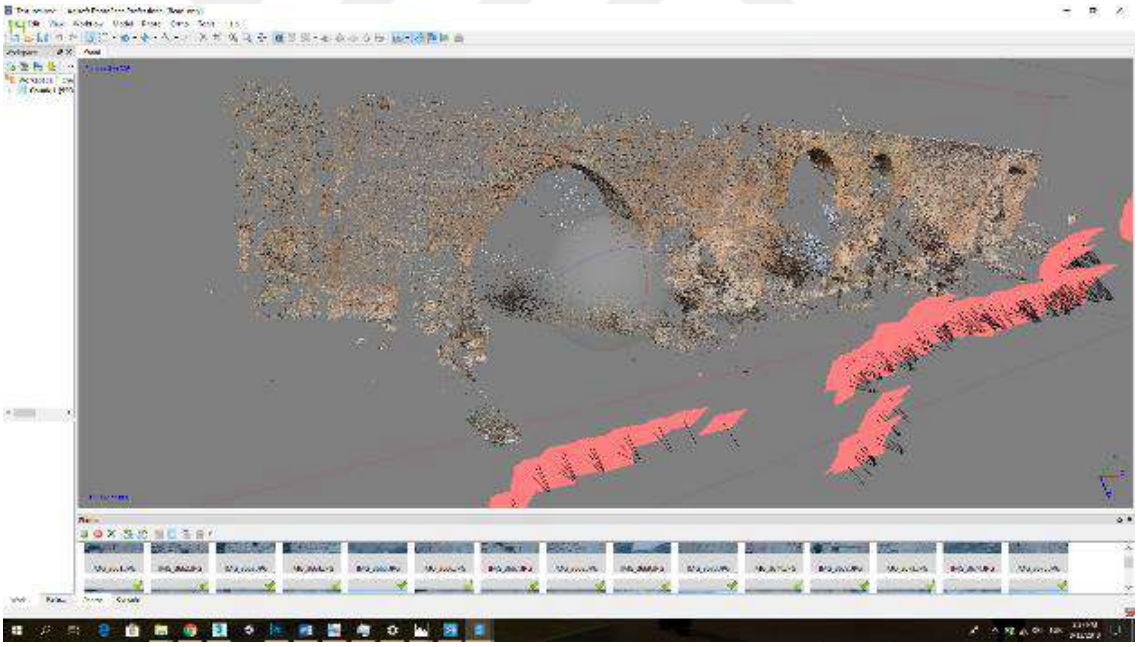
3.3.2. Doku oluşturulması

Modellerin canlandırılması için köprünün gerçek dokuları kullanılmıştır. Gerçek dokuların oluşturulması ise fotogrametri tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Fotogrametrinin ilk adımı fotoğraflarla veri toplamasıdır. Fotogrametrik işlemi başarılabilmesi için araziden çekildiği doku fotoğrafları üzerinde her hangi gölgeleme bulunmamalıdır. Bu durum dikkate alınarak fotoğraf çekimi açık hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çekilmiş fotolar birbirleri üzerine en az %60 oranında bindirilmiştir (Şekil 3.12) . Bunun nedeni fotogrametri programında fotoğraflar arasındaki ortak piksellerin analiz edilerek ve hizalanarak cephelerin dokularının oluşturulmasına yardımcı olmaktır. Ayrıca bu işlemi başarabilmek için fotoğraflar aynı odak uzaklığı ile çekilmiştir. Arazi ve hava şartları dikkate alınarak Canon 1100D makinesi ile çekilen fotoğraflar 55mm odak uzaklığı özelliği ile nitelendirilmiştir. Kuzey cephe, güney cephe, su yolu ve diğer elemanlar (payandalar kemerler vd.) olmak üzere 4 bindirmeli fotoğraf seti elde edilmiştir. Ancak, kuzey cephe önünde büyük ağaçlar olduğu için cephedeki dokuların büyük bir kısmı çekilememiştir. Aynı şekilde köprünün üst bölümüne çıkma tehlikesinden dolayı o bölümün dokularının bir kısmı çekilememiştir. Toplamda yaklaşık 1500 fotoğraf kullanılmıştır. Çekilen her fotoğraf seti SfM algoritması ile çalışan Agisoft Photoscan yazılımda işlenmiştir. Fotoğraf setlerinin işlenmesi şu şekilde özetlenmektedir:

- Bindirmeli fotoğraf setleri Agisoft Photoscan yazılımda açılmıştır.
- Bu aşamada fotoğraflardaki bükülme düzeltilerek ve fotoğrafların çekildiği kamera yönü ve konumu analiz edilerek setteki fotoğraflar hizalanmıştır.
- Hizalanmış fotoğraflar işlenerek nokta bulutu elde edilmiştir (Şekil 3.13a),
- Nokta bulutundan yüzey (ing. mesh) oluşturulmuştur.
- Yüzeyden orto-dokular oluşturulmuştur (Şekil 3.13b) .



Şekil 3.12: Güney cephe fotoğraf setindeki fotoğraflar



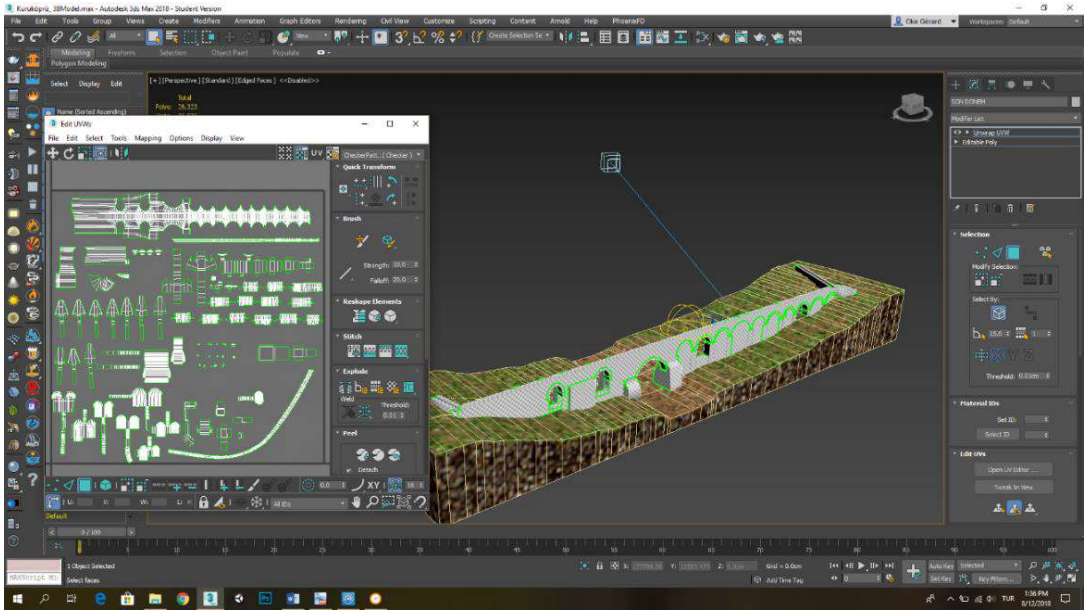
(a)



(b)

Şekil 3.13: Nokta bulutu (a) ve Orto-doku (b)

Bu işlemin sonucunda cephelerin, üst bölümün ve diğer elemanların orto-dokuları oluşturulmuştur. Orto-dokular, modellere hassas olarak nasıl iz düşürüleceğini ve bu izdüşümün çıkartma (ing. decal), döşeme (ing. tile) veya aynalama (ing. mirrored) olup olmayacağını belirlemek üzere 5 kaplama koordinatı hazırlanmıştır. Modellerin kaplama koordinatları yanında arazi için de iki kaplama koordinatı oluşturulmuştur. Kaplama koordinatları, modellere UVWrap komutu uygulanarak aktarılmıştır (Şekil 3.14). Oluşturulan her kaplama koordinatı 10000 x 10000 piksel olan kare şeklindedir. Kaplama koordinatları Photoshop yazılımında açılıp üzerlerine orto-dokular atanmıştır.

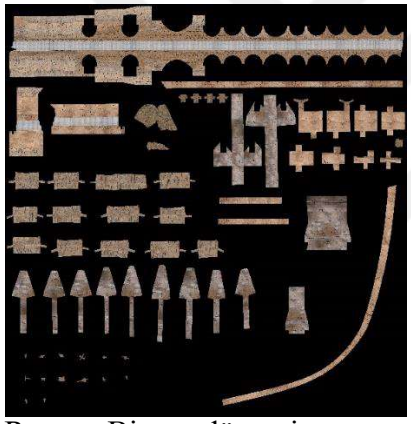


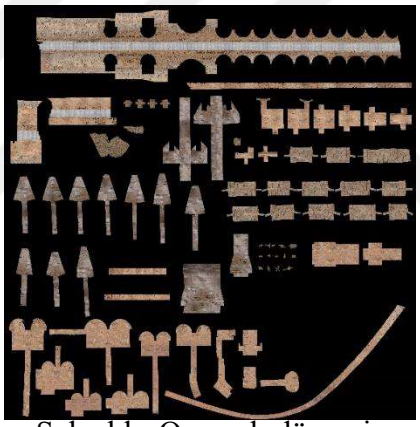
Şekil 3.14: Köprünün 2.dönem 3B modelinde doku koordınatları (ön plan)

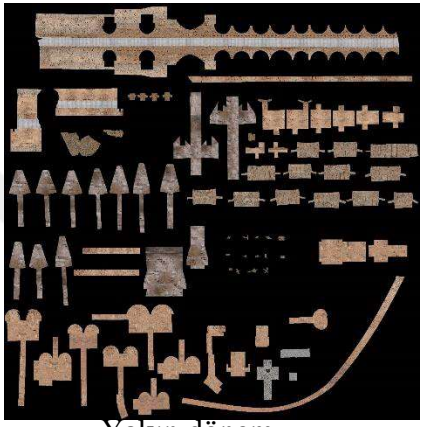
Kuru Köprü hasarlı olduğu için ve araziden bazı bölümlerin dokuları çekilmediği için kaplama koordinatlarına orto-dokular atandıktan eksik dokular olduğu gözlenmiştir. Bu problemin çözülebilmesi için orto-dokular üzerinde düzeltmeler yapılmıştır:

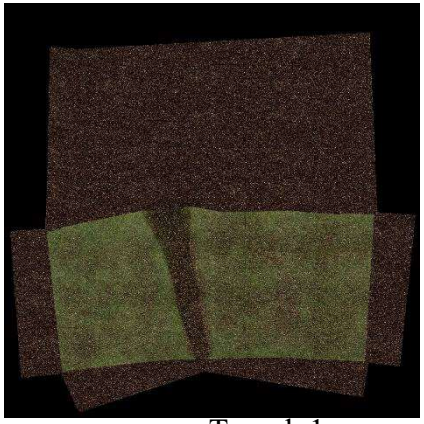
- Roma-Bizans Dönemi'ne ait belge ve bilgi bulunmadığı için o döneme ait eksik dokular oluşturulurken, günümüzdeki dokudan faydalanılıp, bozulmalar ve eksiklikler mevcut duruma göre tahmini olarak tamamlanmıştır.
- Günümüzde, Selçuklu-Osmanlı döneminde kapatılan kemerlerin bazı taşları kayıptır. Bu taşların tamamlanması için hâlen var olan kapatılmış kemerlerin dolgu taşlarından faydalanılmıştır;
- Arazide yakın döneme ait dokuların bir kısmında yapısal bozulmalar mevcuttur (renk değişimi, bitkileme). Bozulmuş kısımlar düzeltilememiştir.
- 2016 ve 2017 yılındaki modeller için arazide ulaşılamayan bölümlerin dokusu, var olan dokulardan faydalanıp yeniden oluşturulmuştur.
- Arazi doku haritaları için internetten indirilen "çimen" ve "toprak" kaplamalarından faydalanılmıştır.

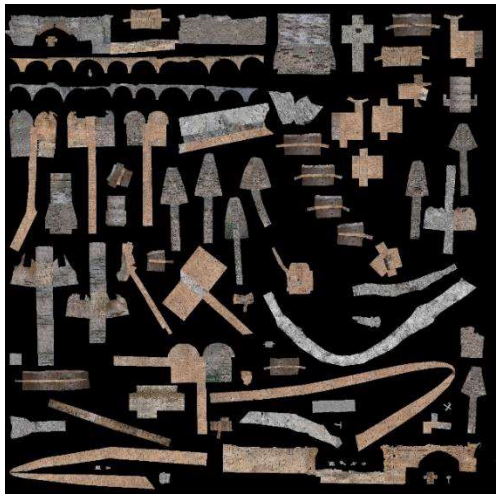
Bu işlemin sonunda köprü için 5 kaplama doku haritası ve arazi için 2 kaplama doku oluşturulmuştur (Şekil 3.15). Doku haritaları modellere uygulandığında Kuru Köprü Su Kemeri'nin canlandırılmış sanal rekonstrüksiyonları elde edilmiştir (Şekil 3.16-Şekil 3.20). Bir sonraki adımda doku haritaları ve modellere AG artırıcı motor yazılımı aktarılmıştır.

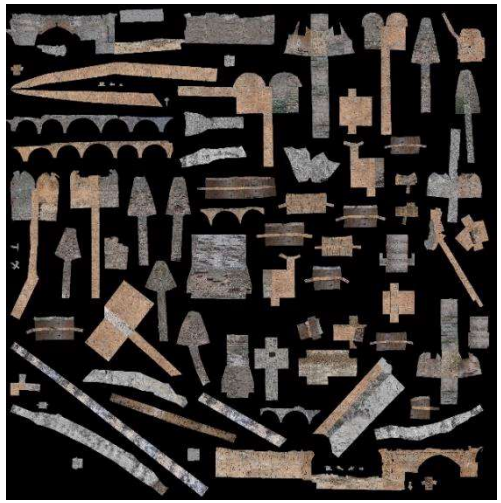

Roman-Bizans dönemi

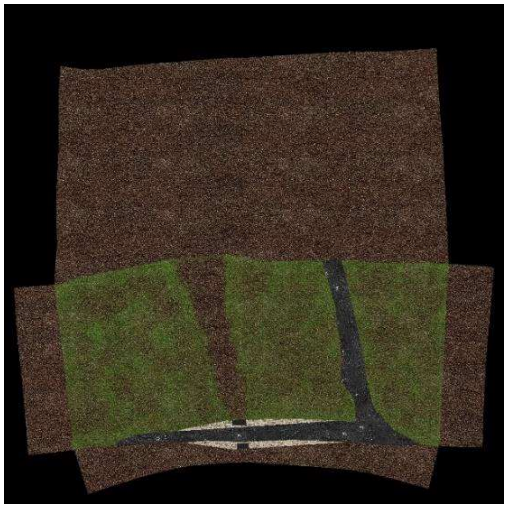

Selçuklu-Osmanlı dönemi


Yakın dönem


Toprak 1


2016 yılında


2017 yılında


Toprak 2

Şekil 3.15: Dönemlere göre hazırlanmış kaplama haritaları



Güney perspektif



Kuzey perspektif

Şekil 3.16: Roman-Bizans dönemi dokulu restitüsyon modeli



Güney perspektif



Kuzey perspektif

Şekil 3.17: Selçuklu-Osmanlı dönemi dokulu restitüsyon modeli



Güney perspektif



Kuzey perspektif

Şekil 3.18: Yakın dönem dokulu restitüsyon modeli



Şekil 3.19: 2016 yılında dokulu restitüsyon modeli (üstten aşağıya: güney, kuzey, 3. ve 4. kemerden perspektif)



Şekil 3.20: 2017 yılında dokulu restitüsyon modeli (üstten aşağıya: güney, kuzey, 3. ve 4. kemerden perspektif)

3.3.3. Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının oluşturulması

Yapı için geliştirilen iki AG uygulaması, işaretçi tabanlı uygulamalardır. Kullanıcı hazırlanan işaretçileri okuttuğunda köprünün geçirdiği önemli beş dönemin sanal rekonstrüksiyonları görüntületilmektedir. Her döneme ait bilgileri okuyarak kullanıcı köprüyü daha iyi anlayabilmektedir. Geliştirilen iki uygulamadan KurukopruAR adlı birincisi stereoskopik ortamda köprünün sanal rekonstrüksiyonlarını sunmaktadır. Stereoskopik 3D (ing. Stereoscopic 3D - S3D) bir 2B resmin derinlik illüzyonudur. Bu illüzyon, aynı nesneye farklı açılardan odaklanmış iki resmin, beyni aldatarak, söz konusu resmin 3B algılanmasını sağlayan görsel içeriğin tanımıdır [106]. KurukopruB adlı ikinci uygulamada sanal rekonstrüksiyonlar Kuru Köprü tanıtım broşürü içindeki işaretçilerle bağlanmaktadır.

Birinci uygulamada görüntülenen ve tanıtım broşürü içinde yazılan dönemlik bilgiler şu şekildedir:

- Roma- Bizans dönemi

Kuruköprü farklı örüm teknikleri ve taş cinsleri ile sandık duvar tekniğiyle inşa edilmiştir. Ortalama 150cm. kalınlıkta yapılandırılan duvarlarda, dış cidarda çoğunlukla kesme taş, yer yer kaba yonu taş kullanılmış, arası moloz taşlar ve puzolanik kireç harçla doldurulmuştur. Kesme taş duvarlarda çoğunlukla pembe, yer yer gri andezit tüfleri kullanılırken kaba yonu taş duvarlarda ve iç kısımdaki moloz taş dolguda ise pembe- gri andezit ve bazalt tüfleri tercih edilmiştir.

Gürpınar (Salguma) Köyünden çıkan su, kayaların içerisine oyulan su kanallarından geçerek Gömüderesi vadisine ulaşmaktadır. Vadinin iki yamacını birbirine bağlayan köprünün (Kuruköprü) üstündeki oluktan vadinin karşı yamacına geçerek bazen kayaların oyulmasıyla yapılmış kanallardan, bazen de kesme taştan yapılmış kanallardan akarak Mazaka'ya (Kayseri) taşınmaktadır. Kemerler üzerinde boydan boya uzanan, yaklaşık 70-80 cm. genişliğindeki su kanalının yarım metre olan yan duvarları üzerinde bir sıva tabakası gözlemlenmekle beraber, kanal döşemesinin kaplamasına dair herhangi bir kalıntı bulunmamaktadır. Kanal duvarının döşeme hizası bitimindeki moloz taş doku, kanal döşemesinin de sıvalı olabileceğini, zaman aşımı ve atmosferik etkilerle sıva tabakasının yüzeyden ayrılmış olabileceğini düşündürmektedir.

- Selçuklu-Osmanlı Dönemi

Köprüde farklı yükseklik ve genişliklerde 1 sivri kemer, 12 yuvarlak kemer bulunmaktadır. Su bendi oluşmasını sağlamak amacıyla köprünün bütün kemerlerinin kesme taşlarla örülerek doldurulduğunun düşünüldüğü kaynaklarda geçmekle beraber, bu durumun sadece dere yatağının doğusundaki üç kemer için geçerli olduğu söylenebilmektedir. Su kemerinin kuzey ve güney cepheleri arasındaki 3.40 m'ye varan kot farkı, bu kısımlarda arazinin eğiminin az oluşundan dolayı sel taşkınlarının yaşanmış olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle kemer içlerine duvar örülerek kuzey cephedeki toprak kotunun yükseltilmesi, böylece duvarın desteklenmesi olasıdır. Ancak bu görüşün kapatılan tüm kemerler için geçerli olduğunu söylemek zordur. Diğer kapatılan kemerlerin yıkılmaya karşı tedbir amaçlı olarak doldurulmuş olduğu tahmin edilmektedir.

- Yakın Dönem

Yakın dönemde, belirlenemeyen bir tarihte köprünün kuzey cephesindeki briket duvar ve muhdes taş yapı eklenmiştir

- 2016 yılında

2016 yılında, doğal etkenler ve insanların hatalı kullanımları nedeniyle Kuruköprü Su Kemeri'nin yarı yıkık durumda olduğu görülmektedir.

  - 12. ve 13. kemerin yıkılması ile beraber köprü iki bölüme ayrılmıştır
  - 3.ve 4. kemer büyük ölçüde yıkılmıştır. Bu kemerlerin üstünden su kanalı geçmektedir. İki kemer ve su kanalı, çelik malzeme ile desteklenmiştir.
  - İki kemer arasından asfalt yol geçmektedir.

- 2017 Yılında
  - 3. ve 4. Kemer üstündeki su kanalı yıkılmıştır;
  - Kanal duvarlarında yıkılma, çatlaklar, kanal döşeme kaplamasında kayıplar, taşlarda yosunlanma, bitkilenme, tabakalanma, erime, yüzey kaybı, yüzey kirlenmeleri, islenme, renk değişimi, derz boşalmaları, sıva tabakalarının kaybı ve parça düşmesi gibi bozulmalar gözlemlenmektedir.

Genel anlatımda her AG uygulamasının geliştirilmesi için şu adımlar izlenmiştir:

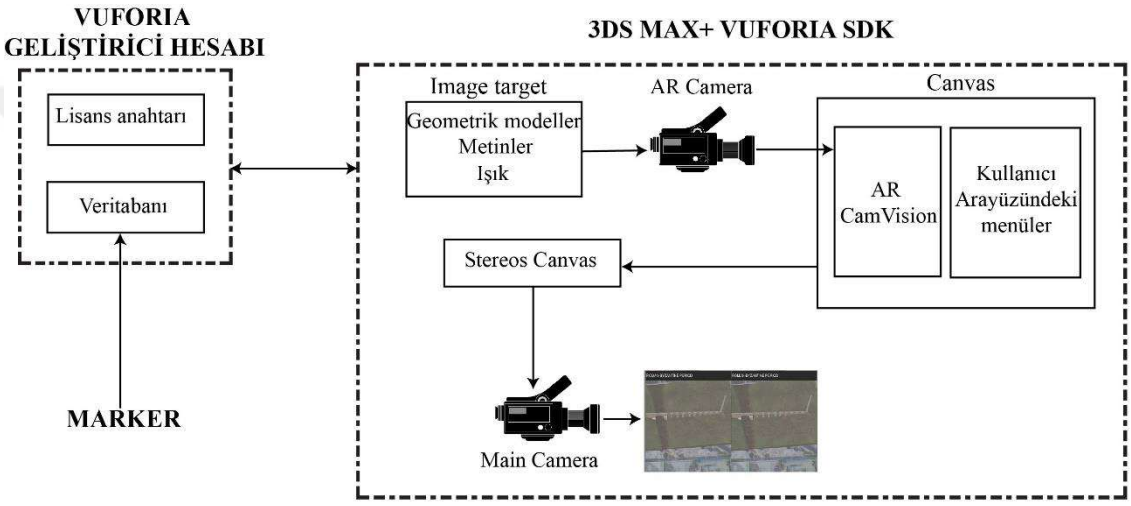
- Hazırlanan kaplama doku haritaları .png formatında, modeller .fbx formatında AG artırıcı motor olarak kullanılan Unity yazılımına aktarılmıştır. Her modele, uygun bir doku haritası atanmıştır. AG uygulamalarında doku haritalarının ağır olmaması için doku kalitesi 10000 piksel'den 4096 piksele düşürülmüştür.
- Unity Yazılımı AG geliştirme platformu olarak tanımlanan Vuforia SDK ile ilişkilendirilmiştir.
- Uygulamanın sahnesi oluşturulmuştur.
- Dönem bilgileri eklenmiştir.
- Etkileşim mekanizmaları oluşturulmuştur.
- Derleme yapılmıştır.
- Uygulamanın .apk (Android dosyası) elde edilmiştir.

Daha spesifik olarak KurukopruAR geliştirilmesi şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Bir işaretçi oluşturulmuştur. İşaretçi, Vuforia sitesinde oluşturulan veri tabanına eklenmiştir. Veri tabanı ve uygulama için alınan anahtar 3DS Max yazılım ile ilişkilendirilmiştir.
- Sahne oluşturulmasında modeller işaretçiye göre boyutlandırılmıştır. Sahneye kemerlerin numarası ve genel ışık eklenmiş, ayrıca kullanıcı arayüzleri hazırlanmıştır.
- Etkileşim kısmında modellerin görüntüleme sırası, kullanıcı arayüzündeki menülerin düzenlenmesi gibi ayarlamalar yapılmış, bunun için C# yazılım dilinde aşağıdaki kodlar yazılmıştır:
  - "InputManager" : Sisteme gönderilen giriş verilerini yönetmektedir. Uygulama giriş aracı olarak Bluetooh kumanda kullanıldığı için bu kodlama kumandadaki düğmelerin karşılığıdır. Başka bir deyişle, kullanıcı kumandaki düğmelerden birine bastığında uygulamanın cevabı yönetilmektedir.
  - "Language": uygulamada görüntülenecek metinler (Türkçe ve İngilizce) deposudur;

- “UIController’’ Kullanıcı arayüzünün içeriğini yönetmektedir. Mesela, Language kodundan alınan metnin spesifik bir menü içinde görüntülemesini sağlamaktadır;
- “MainController” Menülerin ve Modellerin görüntüleme sırasını yönetmektedir.

Uygulamanın teknik yapısı bu şekilde özetlenebilmektedir (Şekil 3.21):



Şekil 3.21: KurukopruAR uygulamasının teknik yapısı

- AR camera ismiyle tanımlanan AG kamerası, modellerin görüntüsü ARCamRenderTexture isimli bir texture’a aktarmaktadır.

  ARCamRenderTexture, Canvas (kullanıcı arayüzü) içinde ARCamVision isimli bir resim olarak bulunmaktadır. Canvas içinde aynı zamanda yazılar, gri renkli paneller de bulunmaktadır;

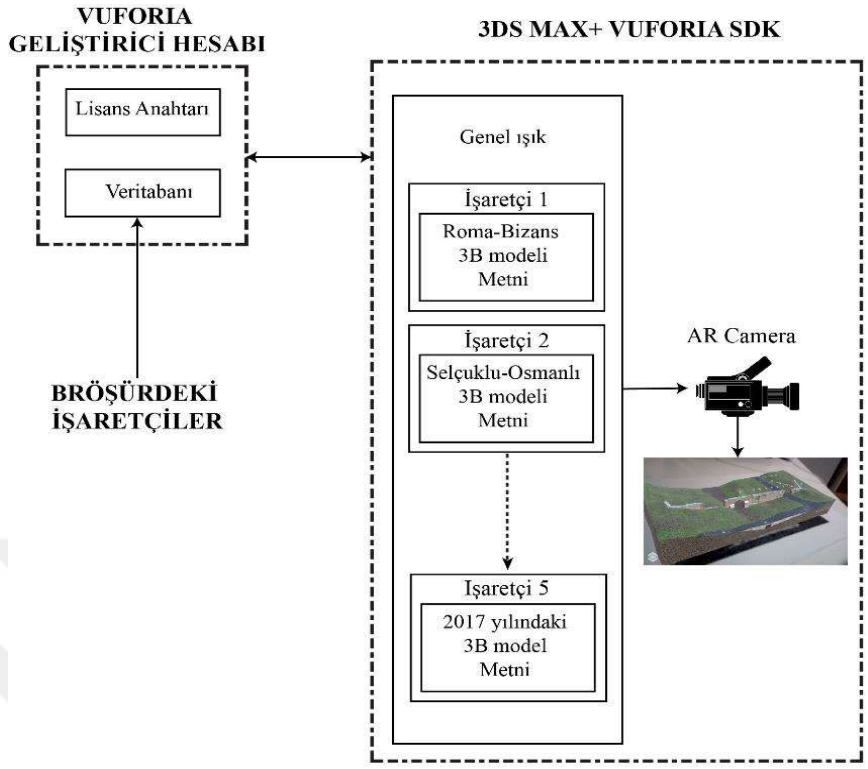
- StereoCanvas Canvas’tan gelen görüntüyü ikiye bölüp birini kaydetmektedir. Bu görüntü kopyalanarak Main camera önünde iki görüntü olarak yansımaktadır

- Derleme yapıldıktan sonra KurukopruAR.apk dosyası oluşturulmuştur.

KurukopruB adlı ikinci uygulamanın geliştirilmesi, daha spesifik olarak şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Kuru Köprü için bir tanıtım broşür hazırlanmıştır. Broşürde yukarıda belirtilen Kuru Köprü bilgileri hem Türkçe hem de İngilizce olarak verilmektedir. Broşür içinde her dönem için ayrı bir işaretçi hazırlanmıştır. Hazırlanan işaretçiler Vuforia sitesinde oluşturulan veri tabanına eklenmiştir. Veri tabanı ve uygulama için alınan anahtar 3DS Max yazılım ile ilişkilendirilmiştir.
- Sahne oluşturulmasında her model bir işaretçi ile ilişkilendirilmiş, sahneye kemerlerin numarası ve genel ışık eklenmiştir.
- Etkileşim kısmında modellere uzaklaştırma, yakınlaştırma, döndürme gibi seçenekler eklenmiştir. Bunun için:
  - Kemerlerin numarasına “LookAt” kodu uygulanmıştır. Bu kodlama ile, kemerlerin numaraları kullanıcı hareketlerine göre döndürebilmektedir;
  - Lean Touch plus asset içinde bulunan kodlar kullanarak her modele ‘’uzaklaştırma’’ ‘’yakınlaştırma’’ ve ‘’döndürme’’ gibi özellikler uygulanmıştır;

Uygulamanın teknik yapısı şu şekilde özetlenebilmektedir (Şekil 3.22)



Şekil 3.22: KurukopruB uygulamasının teknik yapısı

- AR Camera işaretçiye bağlı model ve metni kaydedip kullanıcının ekranına yansıtmaktadır.

- Derleme aşamasında KurukopruB.apk dosyası oluşturulmuştur

3.3.4. Artırılmış Gerçekliğin dosyaları Google Drive içine yüklenmesi ve uygulamaların kullanım kılavuzu

AG uygulamalarının geliştirilme sürecinde oluşturulan .apk dosyaları, işaretçiler ve tanıtım broşürü iki ayrı klasörde toplanıp Google Drive içine yüklenmiştir. KurukopruAR klasöründe işaretçi ve kurukopruAR.apk dosyası bulunurken, KurukopruB klasöründe ise KurukopruB.apk ve tanıtım broşür bulunmaktadır. Ömür boyu depolama sağlanan Google Drive vasıtasıyla, kullanıcı dünyanın her tarafından uygulamalara erişebilmektedir. Google drive'den klasörlerin indirme linkleri aşağıda verilmektedir.

KurukopruAR uygulaması için:
https://drive.google.com/drive/folders/19vqg1_8vXWnoS3-ndeJULC__Ew-_Tv3Z?usp=sharing

Kurukopru B uygulaması için:
https://drive.google.com/drive/folders/1eaKYOt_3_ehICPI--KEWOm-FWj0FlaaR?usp=sharing .

KurukopruAR uygulaması kullanım kılavuzu şu şekildedir:

- İşaretçi basılı şekilde hazırlanır.
- Uygulama akıllı telefonda kurulduktan açılır.
- Bluetooth kumanda ve telefondaki bluetooth açılıp bağlanılır.
- Telefon Google Cardboard içine yerleştirilir.
- Ekranın 1. Menüsünde program içinde kumanda tuşlarının kullanım kılavuzu açıklanmaktadır;
- 2. Menüde kullanıcı Türkçe ve İngilizce arasında bir dil seçer.
- 3.Menüde giriş bölümü bulunmaktadır. Bu menüden kullanıcıya köprünün genel bilgileri sunulmaktadır;
- 4. Menü Roma-Bizans dönemi menüsüdür. Kullanıcı işaretçiyi okutup ekranına Roma-Bizans dönemi modelini getirebilmektedir. Kumandadaki C tuşuna basıp o dönemdeki bilgiler okunabilmektedir;
- 5. Menü Selçuklu-Osmanlı dönemi menüsüdür. Kullanıcı işaretçiyi okutup ekranına Selçuklu-Osmanlı dönemi modelini getirebilmektedir. Kumandadaki C tuşuna basıp o dönemdeki bilgiler okunabilmektedir;
- 6. Menü Yakın Dönem menüsüdür. Kullanıcı işaretçiyi okutup ekranına yakın dönem modelini getirebilmektedir. Kumandadaki C tuşuna basıp o dönemdeki bilgiler okunabilmektedir;
- 7. Menü 2016 yılı menüsüdür. Kullanıcı işaretçiyi okutup ekranına 2016 yılındaki modeli getirebilmektedir. Kumandadaki C tuşuna basıp o dönemdeki bilgiler okunabilmektedir;
- 8. Menü 2017 yılı menüsüdür. Kullanıcı işaretçiyi okutup ekranına 2017 yılındaki modeli getirebilmektedir. Kumandadaki C tuşuna basıp o dönemdeki bilgiler okunabilmektedir;
- 9. Menü sonuç menüdür. Bu menüde uygulamanın hangi kapsamda hazırlandığı açıklanmaktadır.

KurukopruB kullanım kılavuzu şu şekildedir:

- Uygulama kullanıcı telefonuna kurulur.
- Türkçe ve İngilizce dilinde yazılmış Kuru Köprü tanıtım broşürü basılı olarak elde edilir.
- İlk sayfalarda uygulama oluşturma kapsamı, Kuru Köprü konumu ve genel bilgileri sunulmaktadır;
- 6. sayfada Roma-Bizans döneminde yapının durumu anlatılmaktadır. 7. sayfada ise Roma-Bizans dönemi işaretçisi mevcuttur (Şekil 4.20 a). Kullanıcı telefonuyla işaretçiyi okuttuğunda o dönemdeki köprü modeli ekrana gelmektedir;
- 8. sayfada Selçuklu-Osmanlı döneminde yapının durumu anlatılmaktadır. 9. sayfada ise Selçuklu-Osmanlı dönemi işaretçisi mevcuttur. Kullanıcı telefonuyla işaretçiyi okuttuğunda o dönemdeki köprü modeli ekrana gelmektedir;
- 10. sayfada yakın dönemde yapının durumu anlatılmaktadır. 11. sayfada ise yakın dönemde işaretçi mevcuttur. Kullanıcı telefonuyla işaretçiyi okuttuğunda o dönemdeki köprü modeli ekrana gelmektedir;
- 12. sayfada 2016 yılında yapının durumu anlatılmaktadır. 13. sayfada ise 2016 yılındaki işaretçi mevcuttur. Kullanıcı telefonuyla işaretçiyi okuttuğunda o dönemdeki köprü modeli ekrana gelmektedir;
- 14. sayfada 2017 yılında yapının durumu anlatılmaktadır (Şekil 4.20 b) . 14. sayfasında 2017 yılındaki işaretçi mevcuttur. Kullanıcı telefonuyla işaretçiyi okuttuğunda o dönemdeki köprü modeli ekrana gelmektedir;
- 15. sayfada 1. uygulamanın nasıl indirebileceği ile ilgi bilgi verilmektedir.

4. BÖLÜM
DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

AG, gerçeklik ve sanallığı bir araya getiren bir teknolojidir. AG'de, gerçek dünyaya sanal veriler eklenerek kullanıcının bütün duyu organlarına hitap edilmesi potansiyeli mevcuttur. Tıptan mimari koruma alanına birçok farklı alanda kullanılan AG, mimari koruma alanında kültür varlığı ve kullanıcı arasında bir iletişim aracı olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcılar koruma profesyonelleri ve diğer kullanıcılar olarak gruplandırılabilmektedir. Uygulamalar, koruma profesyonellerine yönelik uygulamaların genelinde koruma sürecinde araştırma ve teşhis aşamalarında yer almaktadır. AG ile arazideki kültür varlığına sanal olarak teknik bilgiler ekleyerek yapının teşhisine bir katkıda bulunulmaktadır. Bununla birlikte korumada daha sık kullanılan AG uygulamaları profesyonel olmayanlara yöneliktir. Bu tür uygulamalarda kültürel mirasın sanal restorasyonu, sanal anastylosis, sanal rekonstrüksiyon ve sitlerin sanal yeniden yaratımı sunulmaktadır. AG, profesyonel olmayanlar için (turistler, öğrenciler vb.) mirasın algısını artırarak, mirasın dijital erişimi ve anlatımı, özgünlüğün korunması ve farkındalığa katkıda bulunulmaktadır.

Mimari koruma alanında uzmanlara yönelik geliştirilen AG uygulamalarının daha az olduğu düşünüldüğünde, gelecekte geliştirilecek AG uygulamalarının uzmanlara daha fazla odaklanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle araştırma ve teşhis aşamaları dışında AG'in, restorasyon şantiyelerinde büyük bir potansiyele sahip olabileceği düşünülmektedir. Örneğin Noninvazif teknikler ve BIM teknolojisi katkısı ile birlikte restorasyon şantiyelerinde "işçilerin yaptıkları iş" ve "projede planlanan iş''in kıyaslanmasına imkan vererek uygulama hataları daha erken düzeltilebilecektir. Ayrıca çok spesifik işleri için işçilere uygun AG içerikleri oluşturulabilmektedir. Bu uygulamalar işçilere bu spesifik işlerin uygulanma aşamalarını sunarak restorasyon hatalarının da azaltmasına yardımcı olabilecektir.

Farklı dönemlere ait birçok medeniyetin ev sahibi olarak tanımlanan Türkiye sınırlarında çeşitli sit alanları, mimari miras örnekleri ve UNESCO Dünya Kültür Mirası listesinde yer alan birçok eser bulunduğu için AG uygulamaları, değerlendirilmesi gereken büyük bir fırsat olarak görülmelidir. In situ ve Ex Situ AG uygulamaları geliştirilmesi yoluyla Türkiye'deki kültür varlıklarına olan ilginin artırılabileceği düşünülmektedir. Bu ilginin getirisi olarak araştırmacılar farklı çalışma alanlarına yönlenebilecek, koruma uygulamaları daha sağlıklı gerçekleştirilebilecek, turizm sektörü canlanacak, uzun vadede Türkiye ekonomisi olumlu şekilde etkilenecektir. Bu bağlamda, çeşitli uygulama örneklerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır.

Literatür çalışmalarında bu konu ile ilgili çok sayıda kuramsal çalışma olduğundan, bu tez kapsamında uygulama alanına ağırlık verilmiştir. Bu kapsamda, örneklem yapı olarak seçilen Kayseri Kuru Köprü Su kemeri için 2 adet AG uygulaması geliştirilmiştir. AG uygulamaları; köprünün sanal rekonstrüksiyon ve bilgilendirmelerini içermektedir. Uygulamalarda köprünün geçirdiği 5 önemli dönemin restitüsyonları (Roma-Bizans Dönem, Selçuklu-Osmanlı Dönemi, Yakın Dönem, 2016 yılı, 2017 yılı) sunulmaktadır. Bu kapsamda öncelikle mimari incelemeler, tarihi araştırmalar, rölöve, restitüsyon, restorasyon projeleri ve raporlara dayanarak köprünün modelleri hazırlanmıştır. Fotogrametri ve kaplama doku harita tekniği ile oluşturulan dokular modellere atanmış, bu etapta elden edilen dokulu modeller, sanal rekonstrüksiyonlar olarak değerlendirilmiştir. Unity 3D motor ve Vuforia yazılımlarında dokulu modellere dönem bilgileri ve etkileşim mekanizmaları eklenerek Android işletimi sistemi için derleme yapılmıştır. Birinci uygulama; stereoskopik ortamda modeller ve mimari özellikleri sunarken ikinci uygulamada ise köprünün tanıtım broşürüne yerleştirilen 5 işaretçiye rekonstrüksiyon modeller bağlanmaktadır. Her uygulama ayrı bir klasörde Google Drive içine yüklenmiştir.

Hazırlanan uygulamalar ile giriş bölümünde belirtilen amaçlara bu şekilde ulaşılmaktadır:

- *Anadolu'da yeni tanınmaya ve kullanılmaya başlayan bu teknolojinin yaygınlaştırılması ve tanıtılmasına katkıda bulunulması*

Bu çalışma kapsamında geliştirilen uygulamalar klasör halinde Google Drive içine yüklendiği için hem profesyoneller (mimar, arkeolog, mühendis, akademisyen, tarihçi v.b.) hem de diğer kullanıcılar (turistler, öğrenciler vb.) tarafından kolay şekilde indirilebilmektedir. Uygulamaların kolay erişimi ile, bu teknolojinin yaygınlaştırılması ve tanıtılmasına bir katkıda bulunulmaktadır. KurukopruB için hazırlanan tanıtım broşürünün turizm merkezlerinde dağıtımı, yapının ve uygulamanın tanıtımı ve yaygınlaştırılması için de faydalı olacaktır.

- *Onarımı henüz gerçekleşmeyen, yarı yıkık yapıların farklı bir yöntem ile de değerlendirilebileceğinin ve tanıtılabileceğinin farkındalığının oluşturulması*

Çalışma kapsamında hazırlanan uygulamalar, yapının yerinde ziyaret edilerek görsel karşılaştırmaların yapılabilmesini ve yapıya ait malzeme ve yapı elemanları hakkında bilgiler edinilmesini sağlamaktadır. Kullanıcı köprünün mevcut durumu ve önceki hallerini kıyaslayarak yapıyı değerlendirebilmekte ve korunmasının önemi hakkında bir farkındalık oluşturulmaktadır.

- *Kültürel mirasın tanıtımı ve diğer tarihi yapılar için altlık oluşturulması*

Bu çalışmada oluşturulan AG uygulamaları, kültürel mirasın tanıtımı ve diğer tarihi yapılar için altlık olabilmesi amacıyla uluslararası düzeyde bilimsel topluluklar tarafından onaylanan ölçütleri uymaktadır. Geliştirilen uygulamalar, arkeolojik mirasın dijital tabanlı görselleştirilmesi için referans belgesi olarak tanımlanan Sevilla Tüzüğü'nün prensipleri ile kıyaslandığında, ağırlık olarak amaç, tamamlayıcılık, özgünlük, tarihsel titizlik, etkinlik ve bilimsel şeffaflık prensibini karşıladığı görülmektedir.

➢ Amaç: Hazırlanan çalışmada mimarlar, arkeologlar, araştırmacılar, öğrenciler veya herhangi bir kullanıcıya Kuru Köprü'nün geçirdiği önemli dönemlerin modelleri ve özellikleri sunulmakta, uygulama içerisinde amaç açıklanmaktadır. Bu çalışmalar, eğitim alanında ve kültür turizmi alanında kullanılabilir niteliktedir.
➢ Tamamlayıcılık: Kuru Köprü Su Kemeri günümüzde oldukça hasarlı durumdadır. Yapının bazı kemerleri yıkılmış, bazı kemerlerinin arası doldurulmuş, zamanın ve yanlış kullanımların etkisiyle özgün hali ve dönem eklerinin ilişkisi karmaşıklaşmıştır. Bu çalışma ile yapının farklı dönemleri hakkında bilgiler

verilmekte, böylece yapıyı yerinde ziyaret eden kullanıcılar için görsel bir tamamlama algısı sağlanmaktadır

- Özgünlük: Modellerin dokusu gerçek dokulardan elde ettiği için yapının özgün dokusu mümkün olduğunca kullanıcıya iletilmektedir.
- Tarihsel Titizlik : Hazırlanan AG uygulamalarında, Kayseri Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü tarafından incelenmiş ve onaylanmış olan Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projeleri kullanılmış olup tarih araştırmaları ve bilimsel çalışmaların değerlendirilmesi aracılığıyla, kullanılan bu belgeler doğrulanmıştır.
- Etkinlik: Uygulamaların geliştirilmesinde sadece yarı-profesyonel fotoğraf makinesi ve dizüstü bilgisayar kullanılmaktadır. Kullanılan teknoloji ve materyal maliyeti arasında bir denge olduğu görülebilmektedir. Ayrıca uygulan AG uygulamalarının tasarımı ve kullanılan AG geliştirme platformu (Vuforia) oldukça yaygın olduğu için uygulamaların güncellenmesi veya düzeltilmesi kolay olabilmektedir.
- Bilimsel Şeffaflık*:* Geliştirilen AG uygulamalarında kullanılan tüm veriler ve yöntemler, tez çalışması kapsamında şeffaflıkla ve detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

- *Uygulama alanında literatüre katkıda bulunulması*

Bu çalışma kapsamında kültürel mirasın tanıtımı ve uygulamanın diğer tarihi yapılar için altlık oluşturulması açısından literatüre bir katkıda bulunulmaktadır. Ayrıca bu yapı hakkında daha önce detaylı bir bilimsel çalışma ve AG uygulaması yapılmadığından, çalışma bu alanda da literatüre katkı sağlamaktadır. Uygulamalar içinde köprünün kendi dokuları kullanıldığı için, köprünün özgünlüğü korunmakta ve saklanmaktadır. Dahası, restorasyon daha uygulanmadığı için uygulamalarda yüklenen son yılların durum bilgileri, belgeleme açısından önemlidir.

Kuru Köprü Su Kemeri için geliştirilen AG uygulamaları ile belirlenen amaçlara ulaşılmasına rağmen, ilerideki çalışmalarda geliştirilebilecek bazı imkanlar da mevcuttur. Örneğin grup deneyleri oluşturulup geri dönen eleştirilerle mevcut uygulamalar geliştirilebilmektedir. Bunun yanında uygulamalardaki etkileşimin

çeşitlendirilmesi, in-situ AG deneyimlerinin oluşturulmasında da faydalı olabilmektedir.

Uygulamaların kısıtlı yönleri şu şekilde değerlendirilebilmektedir:

- Roma –Bizans dönemi, Selçuklu-Osmanlı Dönemi ve Yakın Dönem restitüsyon modeli için hazırlayan arazi (çevre) 3B model, somut verilere ve belgelere dayanarak oluşturulamamaktadır. Bunun sebebi, literatürde ve arşiv taramalarında o tarihlerdeki çevre durumunu gösteren bilgilere ulaşılamamasıdır;
- Arazide ulaşılamayan bölümlerin (üst bölüm ve kısmen kuzey cephe) dokusu, diğer bölümlerin dokusu kopyalayarak oluşturulmaktadır. Bu nedenle modelde bazı dokular tıpatıp arazide olduğu gibi olmamaktadır.

Tüm bu değerlendirmeler göz önünde bulundurulduğunda; günümüzde iletişim ve aktarım teknolojilerinin değişimi ve yeni nesillerin bu alandaki beklentilerinin karşılanması açısından AG uygulamalarının önemli bir araç olduğu görülmektedir. Mimari koruma alanında da bu uygulamalar giderek yaygınlaştırılmakta olup gelecek teknolojilerde bu uygulamaların birer altlık ve deney objesi olma ihtimali olasıdır. Bu tür uygulamaların farklı yapı türleri, uygulama teknikleri ve farklı amaçlar için kullanılması, avantaj ve dezavantajların karşılaştırılması açısından önemlidir. Bu çalışmanın, günümüzde mimari mirasın tanıtımı ve yaygınlaştırılmasına ve bölgeye bu teknolojinin tanıtılmasına olan katkısının yanı sıra gelecekte geliştirilebilecek yeni teknolojilere katkıda bulunulması açısından da önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Asatekin, G.,2014. Kültür Ve Doğa Varlıklarımı Neyi, Niçin, Nasıl Korumalıyız. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara,188s.

2. ICOMOS Türkiye, 2013. ICOMOS Türkiye mimari koruma bildirgesi. (Web sayfası:**http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_0623153001387886624.pdf**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

3. Webster, A., Feiner, S., Macintyre, B., Massie, W., Krueger, T., 1996. Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation, pp.913-919 **ASCE Third Congress on Computing in Civil Engineering,** 17-19 Temmuz 1996, Kaliforniya.

4. Kipper, G., Rampolla,J., 2013. Augmented Reality An Emerging Technologies Guide to AR, Syngress, Waltham,144s.

5. Çayırdağ, M., 2017. Kayseri'nin tarihi su yolları, pp.116-123. *In*: Düşünen şehir. Kayseri Büyükşehir Belediyesi, Kayseri.

6. Sezer ,2012. Rölöve,Restitüsyon-Restorasyon Projeler Raporları Kayseri İli-Talas İlçesi Kuru Köprü/ Roma Su Kemeri K35-d 09-b Pafta/ 1073-1074 Parsel. Kayseri, 45s

7. Kayseri Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü, 2012. Karar 434 , 27 ekim 2012, Kayseri.

8. The University of Arizona, 1993. Principles of photogrammetry. (Web sayfası: **https://www.lpl.arizona.edu/hamilton/sites/lpl.arizona.edu.hamilton/files/courses/ptys551/Principles_of_Photogrammetry.pdf**) (Erişim tarihi: Ocak 2019).

9. Schenk, T., 2005. Introduction To Photogrammetry, Columbus: The Ohio State University,Columbus,100 s.

10. Maubon, G., 2010. C'est quoi la réalité augmentée ? **(**Web sayfası: **http://www.augmented-reality.fr/cest-quoi-la-realite-augmentee/**) (Erişim tarihi: Ekim 2017).

11. Landrieu, J., 2013. Apports Des Réalités Virtuelles Et Augmentées Dans La Planification Et Le Suivi In Situ De Travaux De Renovation. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Doktora Tezi, Cluny, 168 s.

12. Hinchet, R., Vechev, V., Shea, H., Otmar, H. 2018. DextrES: wearable haptic feedback for grasping in VR via a thin form-factor electrostatic brake, pp. 901-912. **Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology,** 14-17 Ekim 2018, Berlin.

13. Azuma, R., 1997. A survey of augmented reality. **Teleoperators and Virtual Environments, 6** (4) : 355-385

14. Brogni, B., Avizzano, C., Evangelista, C., Bergamasco, M., 1999. Technological approach for cultural heritage: augmented reality, 206-212. **8th IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction *RO-MAN '99 (Cat. No.99TH8483)*,** 1999, Pisa.

15. Carmigniani, J., Furht,B. 2011. Augmented reality: an overview, pp.3-45. *In*: Handbook of Augmented Reality (Eds. B. Furht) Springer, Florida.

16. Ünal, F., 2013. Artırılmış Gerçeklik Kullanımıyla Mimarlık Rehberi: Eindhoven Kenti Üzerinden Değerlendirilmesi. Istanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul, 121 s.

17. Craig, A., 2013. Understanding Augmented Reality.Elsevier, Waltham, 296 s.

18. Le Magazine de la Réalité Virtuelle et Augmentée. Définition réalité augmentée-qu'est ce que la RA. **(**Web sayfası: **https://www.realite-virtuelle.com/definition-realite-augmentee)** (Erişim tarihi: Ekim 2017).

19. Billinghurst, M., Adrian, C., Lee, G. 2014. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends in Human-Computer, 8** (2-3) :73-272.

20. Çoruh, L., 2011. Sanat Tarihi Dersinde Bir Öğrenme Modeli Olarak Sanal Gerçeklik Uygulamasının Etkililiğinin Değerlendirilmesi (Erciyes Üniversitesi Mimarlık Ve Güzel Sanatlar Fakülteleri Örneği Uygulaması). Gazi Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 207 s.

21. Akdağ, F., 2017. Artırılmış Gerçekliğin Mimarlık Eğitiminde Bir İfade Aracı Olarak Kullanımınının Değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri. 225 s.

22. Vlahakis, V., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Almeida, L., Stricker, D., Gleue, T., Christou, I., Carlucci, R. ve Ionnidis, N., 2001. Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites **(**Web sayfası: **https://www.researchgate.net/publication/220955275_ARCHEOGUIDE_first_results_of_an_augmented_reality_mobile_computing_system_in_cultural_heritage_sites)** (Erişim tarihi: Eylül 2018).

23. Hutchinson, R., 2011. Geeky gadgets. **(**Web sayfası:**https://www.geeky-gadgets.com/wikitude-augmented-reality-browser-now-offers-android-honeycomb-tablet-support-28-06-2011/)** (Erişim tarihi: Aralık 2017).

24. Parte, K., 2016. Sixth Sense - a wearable gestural interface. **International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 5** (4): 578-581.

25. İçten, T., Bal, G., 2017. Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi. **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 5** (2) : 111-136.

26. Gümüş, F., 2015. Mühendis beyinler. **(**Web sayfası: **https://www.muhendisbeyinler.net/hololens-nedir/) (**Erişim tarihi: Ekim 2017).

27. Yoneda, Y., 2010. Inhabitat solar powered augmented contact lenses cover your eye with 100s of LEDs. (Web sayfası: **https://inhabitat.com/solar-powered-augmented-contact-lenses-cover-your-eye-with-100s-of-leds/**) (Erişim tarihi Aralık 2017).

28. Tahoon, D., 2016. Simulating egyptian cultural heritage by augmented reality, case Study: pyramids and Giza Plateau cultural heritage site, pp. 1-11. **1st BUE Annual Conference and Exhibition-BUE ACE** *1,* 8-10 Kasım 2016, Egypt.

29. Lai, Y, 2017. Augmented Reality Visualization Of Building Information Model. The Ohio State University , Yüksek Lisans Tezi, Columbus, 68 s.

30. Siltanen, S., 2012. Theory And Applications Of Marker-Based Augmented Reality. Julkaisija-utgivare-publisher, Espoo, 250 s.

31. Melanson, D., 2013. Engadget. (Web sayfası: **https://www.engadget.com/2013/02/12/vuzix-wrap-1200ar-augmented-reality-glasses/)** (Erişim tarihi: Aralık 2017).

32. Horsey, J., 2011. Geeky gadgets. (Web sayfası:**https://www.geeky-gadgets.com/vuzix-star-1200-augmented-reality-glasses-06-06-2011/)** (Erişim tarihi: Aralık 2017).

33. Boeriu, H., 2011. BMW blog head-up display 2.0 – augmented reality. (Web sayfası: **https://www.bmwblog.com/2011/10/07/head-up-display-2-0-augmented-reality/**) (Erişim tarihi: Aralık 2017).

34. Antoniac, P., 2005. Augmented Reality Based User Interface For Mobile Applications And Services. Oulu University Press, Oulu, 181 s.

35. Billinghurst, M., Kato, H., Myojin, S., 2009. Advanced interaction techniques for augmented reality applications, pp. 13-22. **Virtual and Mixed Reality: Third International Conference, Held as Part of HCI International 2009,** 19-24 Temmuz 2009*,* San Diego, 5622 s.

36. Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., Hesina, G., Szalavari, Z., Encarnaçao, M., Gervautz, M. , Purgathofer, W., 2003. The studierstube augmented reality project. (Web sayfası: **http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.147.801&rep=rep1&type=pdf**) (Erişim tarihi: Aralık 2017).

37. Agarwal, C., Thakur, N., 2014. The evolution and future scope of augmented reality. **IJCSI International Journal of Computer Science Issues, 11**(6) : 59-66.

38. Chatzopoulos , D., Bermejo, C., Huang, Z., Hui, P., 2017. Mobile augmented reality survey: from where we are to where we go. **IEEE Access 5** : 6917-6950.

39. Töre, T., 2017. Mimari Koruma Bağlamında Artırılmış Mekan Uygulamalarının Kullanımı Ve Değerlendirilme Ölçütleri "@RKADEMİ" Uygulaması. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Doktora Tezi, Istanbul, 232 s.

40. Guimares, M., Martins, V.,2014. A checklist to evaluate augmented reality applications, pp.45-52. **XVI Symposium on Virtual and Augmented**

Reality, 12-15 Mayıs 2014, Salvador, IEEE

41. Gimeno, J, Morillo, P., Casas, S., Fernandez, M., 2011. An Augmented Reality (AR) CAD system at construction sites, pp. 15-32. *In:* Augmented Reality-Some Emerging Application Areas (Eds: A. Nee) Intech, Croatia.

42. Klinker, G., Stricker, D., Reiners, D., 2001. Augmented Reality for Exterior Construction Applications, 1-52. *In:* Augmented Reality and Wearable Computers. Lawrence Erlbaum Press.

43. van Krevelen, D., 2007.Augmented reality: technologies, applications, and limitations. (Web sayfası: **https://www.researchgate.net/publication/292150312_Augmented_Reality_Technologies_Applications_and_Limitations**) (Erişim tarihi: Aralık 2017).

44. Dehais, C., 2008. Contributions Pour Les Applications De Réalité Augmentée. Suivi Visuel Et Recalage 2D. Suivi D'objets 3D Représentés Par Des Modèles Par Points. Université de Toulouse, Doktora Tezi, Toulouse, 153 s.

45. Thomas, V., 2011. Modélisation 3D Pour La Réalité Augmentée, Une Première Expérimentation Avec Un Téléphone Intelligent. Université Laval, Yüksek Lisans Tezi, Québec, 171 s.

46. Alkhamisi, O. ve Monowar, M., 2013. Rise of augmented reality: current and future applications areas. **International Journal of Internet and Distributed Systems, 1** : 25-34.

47. Hasol, D., 2016. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, Istanbul, 522 s.

48. TMMOB Mimarlar odası. Türkiye mimarlık politikası hayata geçiyor. (Web sayfası:**http://www.mimarlarodasi.org.tr/?sayfa=belge&sub=list&bid=61&mid=61**) (Erişim tarihi: Mart 2018)

49. Türk Dil Kurumu. Türk Dil Kurumu. (Web sayfası: **http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5aae686d224517.33657443)** . (Erişim tarihi: Mart 2018).

50. Bielefeld, B., El Hhouli, S., 2011. Adım Adım Tasarım Fikirleri. Yapı Endüstri

Merkezi Yayınları, Istanbul, 85 s.

51. Abboud, R., 2014. Architecture in an age of augemnted reality: opportunuities and obstacles for mobile AR in design,construction and post-completion. (Web sayfası: **http://www.codessi.net/sites/codessi/files/IWDS2013%20AR%20PAPER%20-%20R%20ABBOUD%20-%20MARCH.pdf**) (Erişim tarihi: Mart 2018).

52. Belcher, D., 2008. Augmented Reality, Architecture And Ubiquity: Technologies, Theories And Frontiers. University Of Washington, Yüksek Lisans Tezi, Washington, 85 s.

53. Haller, M., Leithinger, D., Leitner, J., Seifried, T., Brandl, P., Zauner, J. , Billinghurst, M., 2006. The shared design. (Web sayfası: **https://www.researchgate.net/publication/29488913_The_Shared_Design_Space**) (Erişim tarihi: Mart 2018).

54. Heimgartner, J., 2016. Augmented reality for architects and civil engineers. (Web sayfası: **https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/12233/Augmented-Reality-for-Architects-and-Civil-Engineers.aspx**) (Erişim tarihi: Mart 2018).

55. Golparvar-Fard, M., Pena-Mora, F. ve Savarese, S., 2009. Application of D4R a 4-Dimensional augmented reality model for automating construction progress monitoring data collection, processing and communication. **Journal of Information Technology in Construction, 14** :129-153.

56. Zakar, L., 2013. Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul, 208s.

57. Barista, D., 2013. Building design + construction. (Web sayfası: **https://www.bdcnetwork.com/augmented-reality-12-applications-design-and-construction-professionals**) (Erişim tarihi: Mart 2018).

58. Quintal,B., 2017.Archdaily this accurate, augmented reality virtual ruler is pretty impressive. (Web sayfası: **https://www.archdaily.com/875773/this-accurate-augmented-reality-virtual-ruler-is-pretty-**

impressive/?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (Erişim tarihi: Mart 2018).

59. Gür, E., 2014. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Mimari Tasarım Uygulama Sürecinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Model. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul, 131 s.

60. Product Hunt, 2017. AirMeasure The ultimate augmented reality measuring toolkit. (Web sayfası: **https://cards.producthunt.com/cards/posts/108924?v=1**) (Erişim tarihi: Mart 2018).

61. Höhl, W., Broschart, D., 2015. Augmented reality in architecture and urban planning,. (Web sayfası: **https://www.researchgate.net/publication/283859147_Augmented_reality_in_architecture_and_urban_planning**) (Erişim tarihi: Mart 2018).

62. Jokilehto, J., 1986. A History Of Architectural Conservation. The University of York, Doktora Tezi, York, 1986, 466 s.

63. Ahunbay, Z., 2014. Tarihi Çevre Koruma Ve Restorasyon. Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, Istanbul, 212s.

64. Sürücü, O., 2017. Sanal Gerçekliğin Kültürel Mirası Kullanımı Salih Bozok Villası Örneği. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 90 s.

65. ICOMOS. Venedik tüzüğü. (Web sayfası: **http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_0612886001496825607.pdf)** (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

66. Teftiş Kurulu Bakanlığı. Dünya kültürel ve doğal mirasın korunması sözleşmesi. **(**Web sayfası: **http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR,14269/dunya-kulturel-ve-dogal-mirasin-korunmasi-sozlesmesi.html**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

67. UNESCO. Patrimoine culturel immatériel. Qu'est-ce que le patrimoine culturel immatériel ?. **(**Web sayfası:**https://ich.unesco.org/fr/qu-est-ce-que-le-patrimoine-culturel-immateriel-00003**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

68. Kurniawan, H., Salim, A., Suhartanto, H., Hasibuan, Z., 2011. E-cultural

heritage and natural history framework: an integrated approach to digital preservation, pp.177-182. **International Conference on Telecommunication Technology and Applications,** 20-21 Ekim 2011, Singapore, IACSIT Press

69. UNESCO, 2003. Actes de la conférence générale, 32e session, Paris. (Web sayfası: **http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001331/133171f.pdf#page=89**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

70. Scientific American, 2016. 3-D Digital modeling can preserve endangered historic sites forever. (Web sayfası: **https://www.scientificamerican.com/article/3-d-digital-modeling-can-preserve-endangered-historic-sites-forever/**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

71. Galeazzi, F., Di Franco, P., Matthews, J., 2015. Comparing 2D picture with 3D replicas for the digital preservation and analysis of tangible heritage. **Museum Management and Curatorship**, **30** (5): 462-483

72. Zhang, Y., 2016. Virtual Tourism-Digital Scanning, Augmented Reality And Virtual Reality As A Holistic Approach To Chinese Historic Building Preservation. OCAD University, Yüksek Lisans Tezi, Toronto,123 s.

73. Özer,D., Nagakura, T., Vlavianos N., 2016. Augmented Reality (AR) of hictoric environments: representation of Parion Theater, Biga,Turkey. **ITU AZ***,* **2016, 13** (2) : 185-193.

74. Di Mascio, D., Chiuni, M. ve Fillwalk, J., 2016. 3D Digital reconstructions of Lost Buildings. **eCAADe 34 -Digital Heritage***,* **2** : 511-520.

75. Allegra, D., Gallo, G., Inzerillo, L., Lombardo, M., Milotta, F., Santagati, C. , Stanco, F., 2017. Hand held 3D scanning for cultural heritage: experimenting low cost structure sensor scan, pp.475-499. *In:* Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage (Eds: A. Ippolito)**.** IGI Global, pennsylvania.

76. Noh, Z., Sunar, M. ve Pan, Z., 2009. A Review on augmented reality for virtual heritage system, pp.50-61. *In:* Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development (Eds: M. Chang, R. Kuo, Kinshuk, C.

Gwo-Dong , Hirose) Springer, Berlin.

77. CYARK, 2012. Cyark Eastern Qing Tombs. (Web sayfası: **http://www.cyark.org/projects/eastern-qing-tombs)** (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

78. Pramartha , C., Davis, J. ve Kuan, K., 2017. Digital preservation of cultural heritage: an ontology-based approach, pp.1-11. Australasian Conference on Information Systems, 4-6 Aralık 2017, Hobart.

79. Silberman, N., 2013. Heritage interpretation as public discourse, pp.21-34. *In:* Understanding Heritage: Perspectives in Heritage Studies (Eds: M. Albert, R. Bernecker, B. Rudolff). De Gruyter, Berlin.

80. ICOMOS, 2008. Charte ICOMOS pour l'interprétation et la présentation des sites culturels patrimoniaux. (Web sayfası: **http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_03978120013536711 58.pdf**) (Erişim tarihi: Ekim 2018).

81. Töre, T., 2010. Sanal Gerçeklik Ve Mimari Koruma (Anlatım Ve Sunum Bağlamnında Bir Değerlendirme). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul, 69s.

82. The London Charter, 2009. The London Charter, february 2009. (Web sayfası: **http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_ charter_2_1_en.pdf**) (Erişim tarihi: Ocak 2019).

83. The Spanish Society of Virtual Archaeology, 2011. Principles of Seville. (Web sayfası:**http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/FINAL-DRAFT.pdf**) (Erişim tarihi: Aralık 2018).

84. Younes, G., Kahil, R., Jallad, M., Asmar, D., Elhajj, I., Turkiyyah, G. ve Al-Harithy, H., 2017. Virtual and augmented reality for rich interaction with cultural heritage sites: A case study from the Roman Theater at Byblos. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 5** : 1-9.

85. Nofal, E., Stevens, R., Coomans, T. ve Moere, A., 2018. Communicating the spatiotemporal transformation of architectural heritage via an in-situ projection mapping installation. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage***,* **11** (e00083) :1-15.

86. Chionna, F., Argese, F., Palmieri, V., Spada, I. ve Colizzi, L., 2015. Integrating Building information modeling and augmented reality to improve inverstigation of historical buildings. **Conservation Science in Cultural Heritage**, **15** (1) : 133-163.

87. Makram, M., 2015. La réalitée virtuelle et augmentée dans la valorisation du patrimoine culturel tunisien: site de Thysdrus. (Web sayfası: **https://www.researchgate.net/publication/307905746_La_realite_virtuelle_et_augmentee_dans_la_valorisation_du_Patrimoine_Culturel_Tunisien_site_de_Thysdrus_ElJem_Virtual_and_augmented_reality_in_the_valuation_of_the_Tunisian_Cultural_Heritage_Applicati**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

88. Canciani, M., Conigliaro, E., Del Grasso, M., Papalini, P. ve Saccone, M., 2016. 3D survey and Augmented Reality for Cultural Heritage. The case study of Aurelian Wall at Castra Praetoria in Rome. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, **XLI-B5**: 931-937

89. EUSKADI Pays Basque, 2015. Cathédrale Santa Maria. (Web sayfası: **https://tourisme.euskadi.eus/fr/patrimoines-culturels/cathedrale-santa-maria/aa30-12375/fr/**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

90. TV5 Monde , 2017. Vitoria-Gasteiz : en direct de la restauration de la cathédrale Santa María. (Web sayfası: **http://voyage.tv5monde.com/fr/vitoria-gasteiz-en-direct-de-la-restauration-de-la-cathedrale-santa-maria**) (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

91. Peral, R., Sagasti, D. , Sillaurren, S., 2005. Virtual restoration of cultural heritage through real-time 3D models projection, pp.1-4. **The 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST.**

92. Binan, D., Töre, T., Kut, S., 2013. Mimari Koruma Alanında Artırılmış Gerçekliğin Kullanımı Ve Değerlendirmesi Mimar Sinan Güzel Sanatalr Üniversitesi Örneği. Mimar Sinan Güzel Sanatalar Üniversitesi, Istanbul, 44s.

93. Özer, D. Academic projects. (Web sayfası: **https://www.deryagulecozer.com/academic-projects)** (Erişim tarihi: Mayıs 2018).

94. de la Fuente Prieto, J., Perea, E. ve Arroyo, L., 2017. Augmented reality in architecture: rebuilding archaeological heritage, **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII** (2/W3**) :** 311-315.

95. Türk Dil Kurumu, 2018. Türk Dil Kurumu. (Web sayfası: **http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5b6d08caec8c32.40680796)** (Erişim tarihi: Ağustos 2018).

96. Puthod, M.; Burdy, J., Association L'Araire; Chantier BT, 1989. L'eau dans la ville romaine (Web sayfası: **https://www.icem-pedagogie-freinet.org/sites/default/files/aqueduc2.pdf)** (Erişim tarihi: Ağustos 2018).

97. Litaudon, J., 2004. Les aqueducs antiques conduire l'eau. (Web sayfası: **http://www.traianvs.net/pdfs/2004_03_litaudon.pdf)** (Erişim tarihi: Ağustos 2018).

98. Vitrivius, 2005. Mimarlık Üzerine On Kitap. Yapı Endüstri Merkezi Yayınları,Istanbul, 255 s.

99. Kozanoğlu, H., 2013. Anadolu'da Suyun İzi. Aski Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 144s.

100. Kayseri Valiliği, 2018. Tarih. (Web sayfası: **http://www.kayseri.gov.tr/tarih.**) (Erişim tarihi: Ağustos 2018).

101. CBS, 2018. İlçe / Mahalle-Muhtar Bilgileri. (Web sayfası: **https://cbs.kayseri.bel.tr/kayseri-ilce-mahalle-muhtar-bilgileri**) (Erişim tarihi: Ağustos 2018).

102. Google, 2018. Google Earth.

103. GEEAYK, 1988.No 177 onaylı Tescil fişi, Kayseri..

104. Kozlu, H., 2010. Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu Ve Onarım Harçlarının Özellikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, 2010, İstanbul, 363 s.

105. Unity, 2018. Unity documentation. (Web sayfası: **https://docs.unity3d.com/Manual/OptimizingGraphicsPerformance.html**) (Erişim tarihi: Ekim 2018).

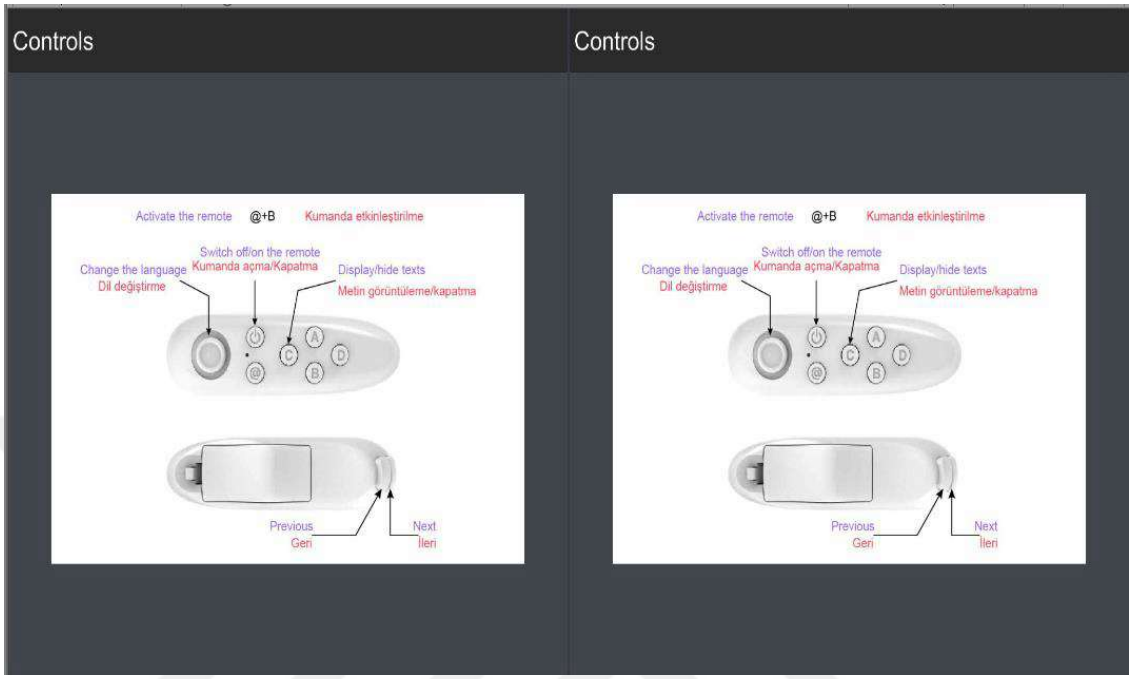
106. Boyut Dijital, 2018. Stereoskopik 3D (Stereoscopic 3D - S3D) Nedir? (Web safasi:**https://www.boyutdijital.com/Stereoskopik-3D-Stereoscopic-3D-S3D-Nedir,DP-19.html**) (Erişim tarihi: Ekim 2018).

EKLER

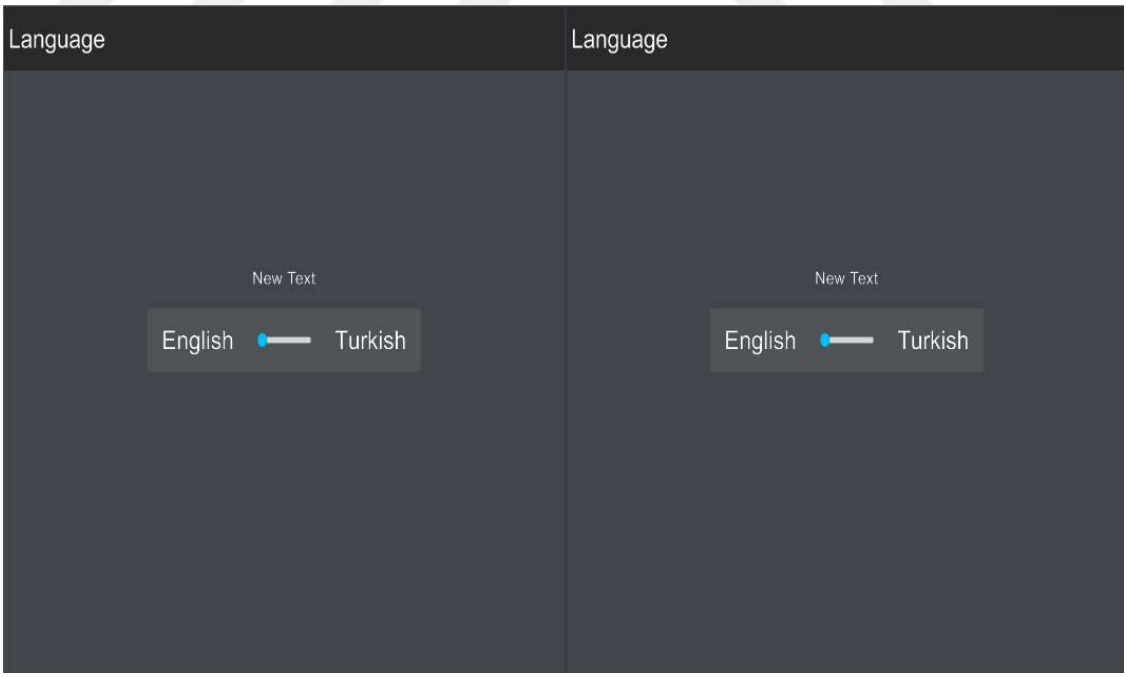
EK-1. KurukopruAR uygulama işaretçi



EK-2. Bluetooth kullanma menüsü



EK-3. KurukopruAR dil seçimi menüsü



EK-4. KurukopruAR İngilizce Giriş menüsü

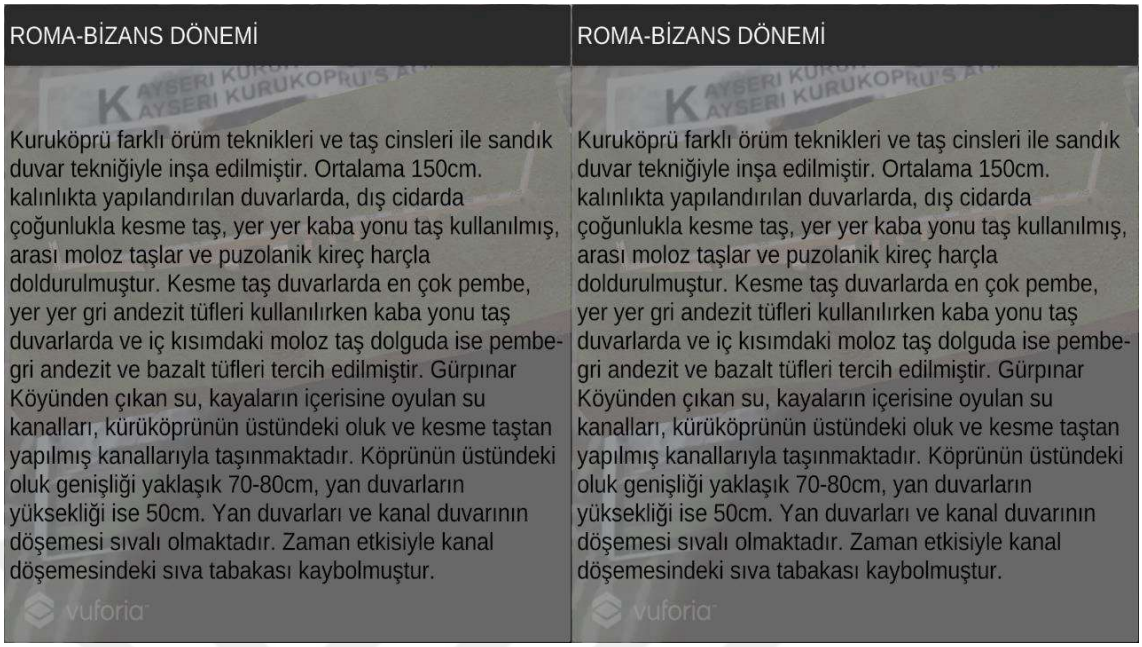
Introduction	Introduction
Built in the eighth century during the Roman Period, Kurukopru's Aqueduct is nowadays located on the sheet K35-d 09-b /parcels 1073-1074 of kurukopru's neighborhood which depends on the Kayseri Talas district. As an important element of ancient Kayseri 's water supply system, Kurukopru's Aqueduct was used to transit water that came from Gurpinar Village. The stone aqueduct is erected in Gomurderesi Valley with 176m length in the East-West axis and a maximal height of 16m. Built with 01 three pointed arche and 12 round arches, the artifact during his evolution had been modified several times. During the Seljuk/Ottoman period, some arches had been covered and during the Recent Period inappropriate stone and briquette wall was added. With time, natural factors generated the collapse of some aqueduct's parts and the development of many deteriorations: formation of plants, the color change of the stones, deterioration of joints, etc. In addition at some spots fire imprint and graffiti could be observed.	Built in the eighth century during the Roman Period, Kurukopru's Aqueduct is nowadays located on the sheet K35-d 09-b /parcels 1073-1074 of kurukopru's neighborhood which depends on the Kayseri Talas district. As an important element of ancient Kayseri 's water supply system, Kurukopru's Aqueduct was used to transit water that came from Gurpinar Village. The stone aqueduct is erected in Gomurderesi Valley with 176m length in the East-West axis and a maximal height of 16m. Built with 01 three pointed arche and 12 round arches, the artifact during his evolution had been modified several times. During the Seljuk/Ottoman period, some arches had been covered and during the Recent Period inappropriate stone and briquette wall was added. With time, natural factors generated the collapse of some aqueduct's parts and the development of many deteriorations: formation of plants, the color change of the stones, deterioration of joints, etc. In addition at some spots fire imprint and graffiti could be observed.

Giriş	Giriş
Kuruköprü su kemeri, Kayseri Talas ilçesine bağlı Kuruköprü mahallesi içinde, K35-d 09-b Pafta/1073-1074 parselde yer almaktadır. Şehrin ihtiyacını karşılayan ve Gürpınar (Salguma) Köyü'nden çıkan suyun Kayseri'ye ulaştırılması amacıyla Roma Dönemi'nde yapıldığı belirlenen su kemeri, M.S. 8. yüzyıla tarihlendirilmektedir. Günümüzde büyük bölümü ayakta olan taş köprü, Gömü Deresi olarak adlandırılan vadiyi birbirine bağlayan dere yatağının içine inşa edilmiştir Doğu-batı istikametinde 172 m. uzunluğunda olan köprü, dere yatağının en yüksek yerinde yaklaşık 16 m. yüksekliğindedir. Köprüde yer alan 1 sivri kemer ve 12 yuvarlak kemerin bir bölümü Selçuklu/Osmanlı döneminde taşlarla kapatılmış; yakın dönemde ise muhdes taş yapılar ve briket duvarlar eklenmiştir. Zamanla doğal etkenler nedeniyle bazı bölümleri yıkılan yapının taşlarında bitkilenme, tabakalanma, renk değişimi, erime ve derz boşalmaları gibi hasarlar, ayrıca duvarlarda grafiti ve is lekeleri gibi vandalizm etkileri gözlemlenmektedir.	Kuruköprü su kemeri, Kayseri Talas ilçesine bağlı Kuruköprü mahallesi içinde, K35-d 09-b Pafta/1073-1074 parselde yer almaktadır. Şehrin ihtiyacını karşılayan ve Gürpınar (Salguma) Köyü'nden çıkan suyun Kayseri'ye ulaştırılması amacıyla Roma Dönemi'nde yapıldığı belirlenen su kemeri, M.S. 8. yüzyıla tarihlendirilmektedir. Günümüzde büyük bölümü ayakta olan taş köprü, Gömü Deresi olarak adlandırılan vadiyi birbirine bağlayan dere yatağının içine inşa edilmiştir Doğu-batı istikametinde 172 m. uzunluğunda olan köprü, dere yatağının en yüksek yerinde yaklaşık 16 m. yüksekliğindedir. Köprüde yer alan 1 sivri kemer ve 12 yuvarlak kemerin bir bölümü Selçuklu/Osmanlı döneminde taşlarla kapatılmış; yakın dönemde ise muhdes taş yapılar ve briket duvarlar eklenmiştir. Zamanla doğal etkenler nedeniyle bazı bölümleri yıkılan yapının taşlarında bitkilenme, tabakalanma, renk değişimi, erime ve derz boşalmaları gibi hasarlar, ayrıca duvarlarda grafiti ve is lekeleri gibi vandalizm etkileri gözlemlenmektedir.

EK-5. KurukopruAR Roma-Bizans dönemi menüsü

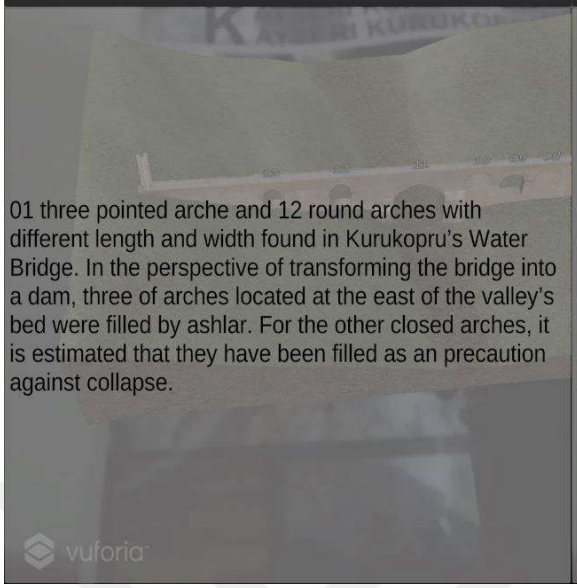
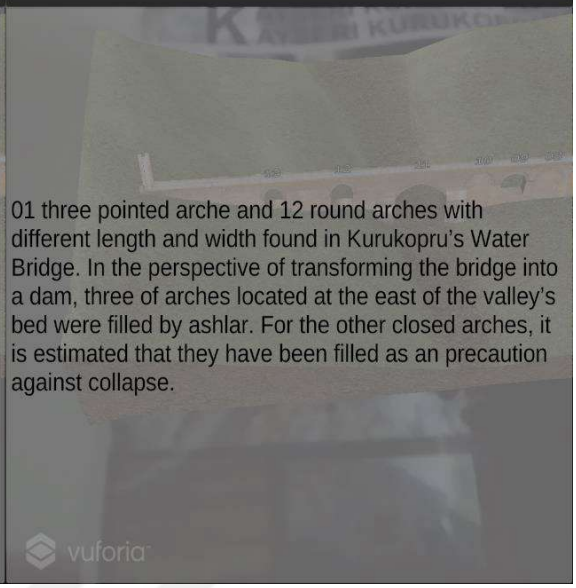


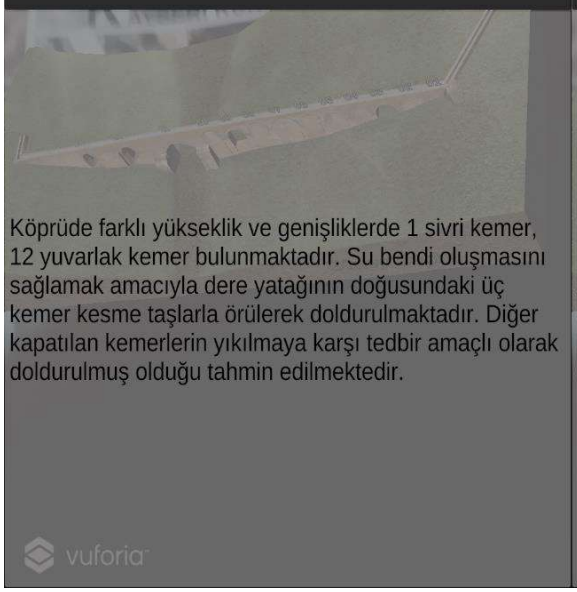
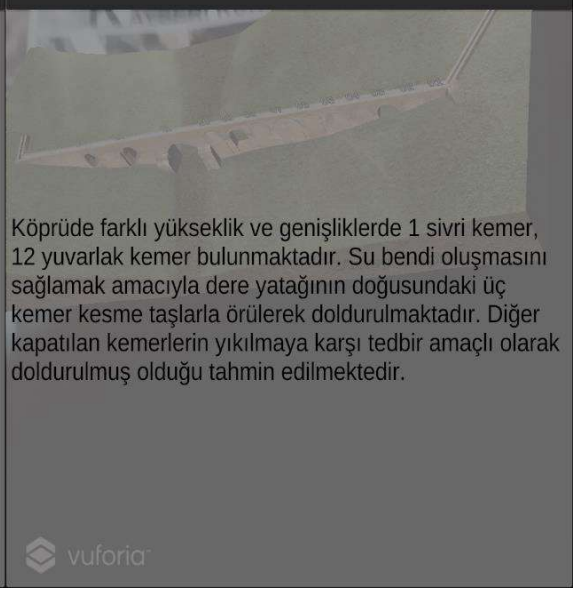




EK-6 KurukopruAR Selçuklu-Osmanlı dönemi menüsü



SELJUK-OTTOMAN PERIOD	SELJUK-OTTOMAN PERIOD
	
01 three pointed arche and 12 round arches with different length and width found in Kurukopru's Water Bridge. In the perspective of transforming the bridge into a dam, three of arches located at the east of the valley's bed were filled by ashlar. For the other closed arches, it is estimated that they have been filled as an precaution against collapse.	01 three pointed arche and 12 round arches with different length and width found in Kurukopru's Water Bridge. In the perspective of transforming the bridge into a dam, three of arches located at the east of the valley's bed were filled by ashlar. For the other closed arches, it is estimated that they have been filled as an precaution against collapse.

SELÇUKLU-OSMANLI DÖNEMİ	SELÇUKLU-OSMANLI DÖNEMİ
	
Köprüde farklı yükseklik ve genişliklerde 1 sivri kemer, 12 yuvarlak kemer bulunmaktadır. Su bendi oluşmasını sağlamak amacıyla dere yatağının doğusundaki üç kemer kesme taşlarla örülerek doldurulmaktadır. Diğer kapatılan kemerlerin yıkılmaya karşı tedbir amaçlı olarak doldurulmuş olduğu tahmin edilmektedir.	Köprüde farklı yükseklik ve genişliklerde 1 sivri kemer, 12 yuvarlak kemer bulunmaktadır. Su bendi oluşmasını sağlamak amacıyla dere yatağının doğusundaki üç kemer kesme taşlarla örülerek doldurulmaktadır. Diğer kapatılan kemerlerin yıkılmaya karşı tedbir amaçlı olarak doldurulmuş olduğu tahmin edilmektedir.

EK-7. KurukopruAR Yakın dönem menüsü

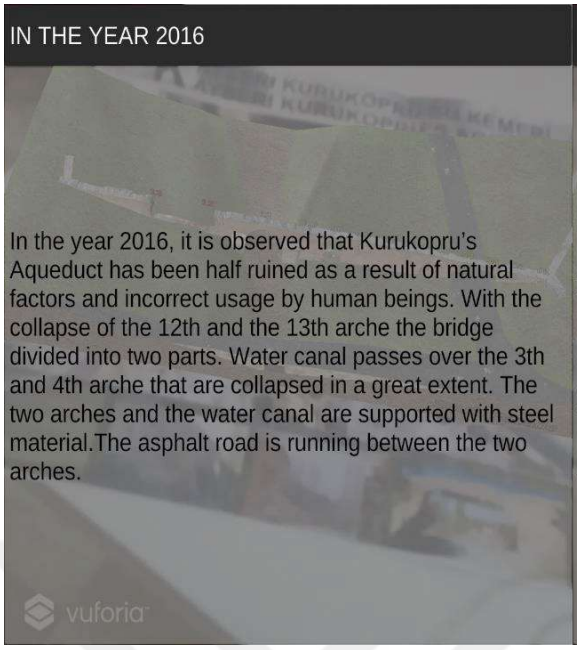


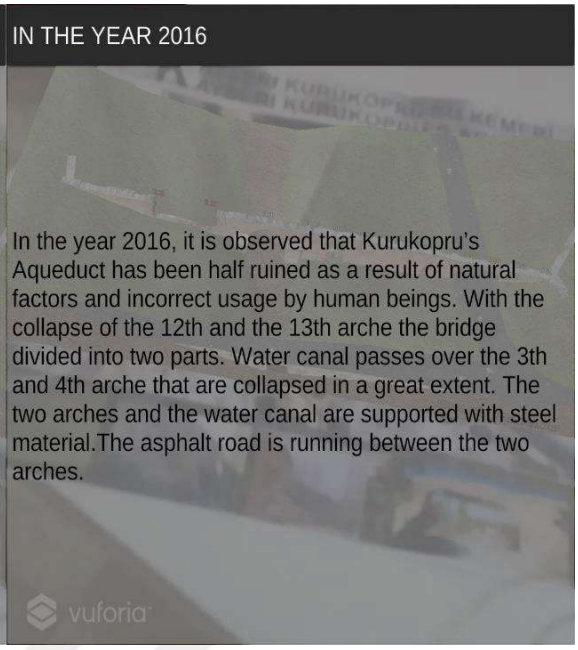


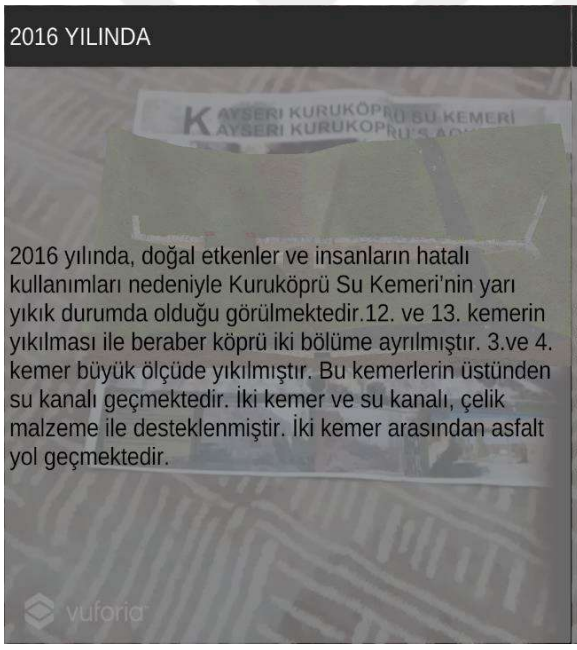


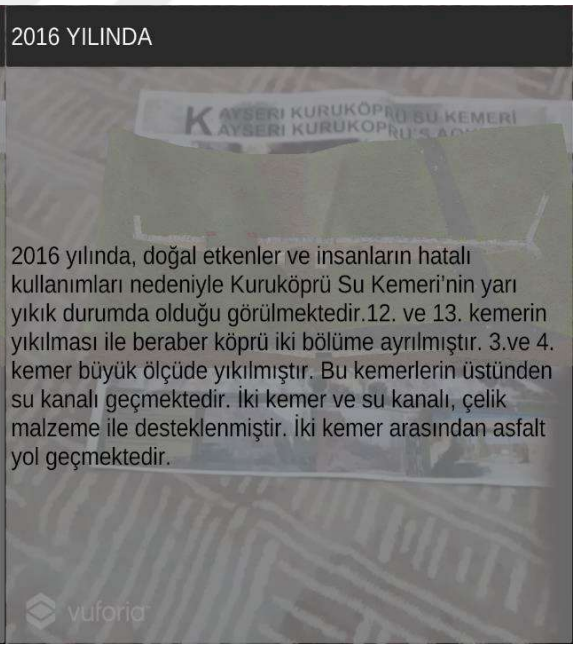
EK-8. KurukopruAR 2016 yılında menüsü




IN THE YEAR 2016
In the year 2016, it is observed that Kurukopru's Aqueduct has been half ruined as a result of natural factors and incorrect usage by human beings. With the collapse of the 12th and the 13th arche the bridge divided into two parts. Water canal passes over the 3th and 4th arche that are collapsed in a great extent. The two arches and the water canal are supported with steel material.The asphalt road is running between the two arches.
vuforia

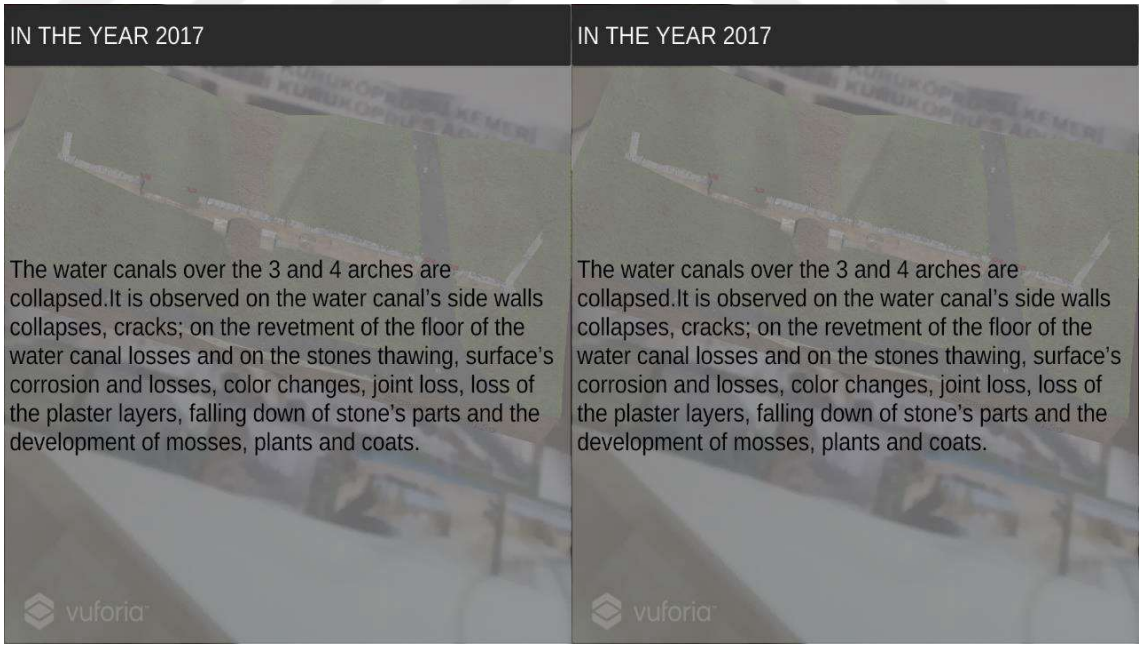

IN THE YEAR 2016
In the year 2016, it is observed that Kurukopru's Aqueduct has been half ruined as a result of natural factors and incorrect usage by human beings. With the collapse of the 12th and the 13th arche the bridge divided into two parts. Water canal passes over the 3th and 4th arche that are collapsed in a great extent. The two arches and the water canal are supported with steel material.The asphalt road is running between the two arches.
vuforia

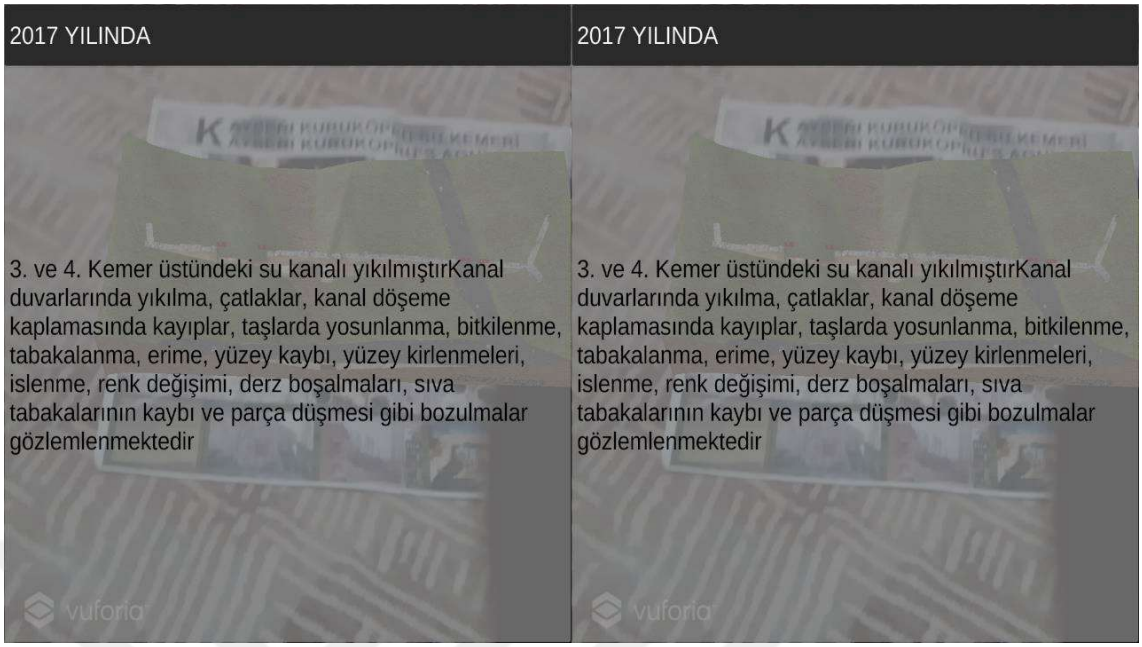

2016 YILINDA
2016 yılında, doğal etkenler ve insanların hatalı kullanımları nedeniyle Kuruköprü Su Kemeri'nin yarı yıkık durumda olduğu görülmektedir.12. ve 13. kemerin yıkılması ile beraber köprü iki bölüme ayrılmıştır. 3.ve 4. kemer büyük ölçüde yıkılmıştır. Bu kemerlerin üstünden su kanalı geçmektedir. İki kemer ve su kanalı, çelik malzeme ile desteklenmiştir. İki kemer arasından asfalt yol geçmektedir.
vuforia


2016 YILINDA
2016 yılında, doğal etkenler ve insanların hatalı kullanımları nedeniyle Kuruköprü Su Kemeri'nin yarı yıkık durumda olduğu görülmektedir.12. ve 13. kemerin yıkılması ile beraber köprü iki bölüme ayrılmıştır. 3.ve 4. kemer büyük ölçüde yıkılmıştır. Bu kemerlerin üstünden su kanalı geçmektedir. İki kemer ve su kanalı, çelik malzeme ile desteklenmiştir. İki kemer arasından asfalt yol geçmektedir.
vuforia

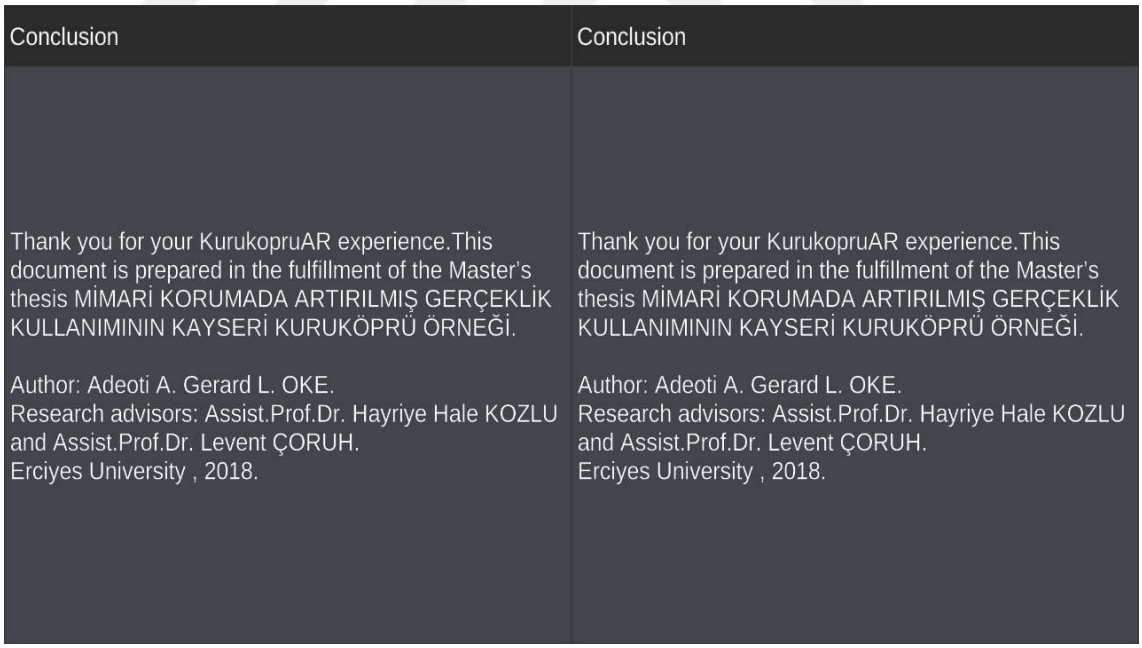
EK-9 .KurukopruAR 2017 yılında menüsü





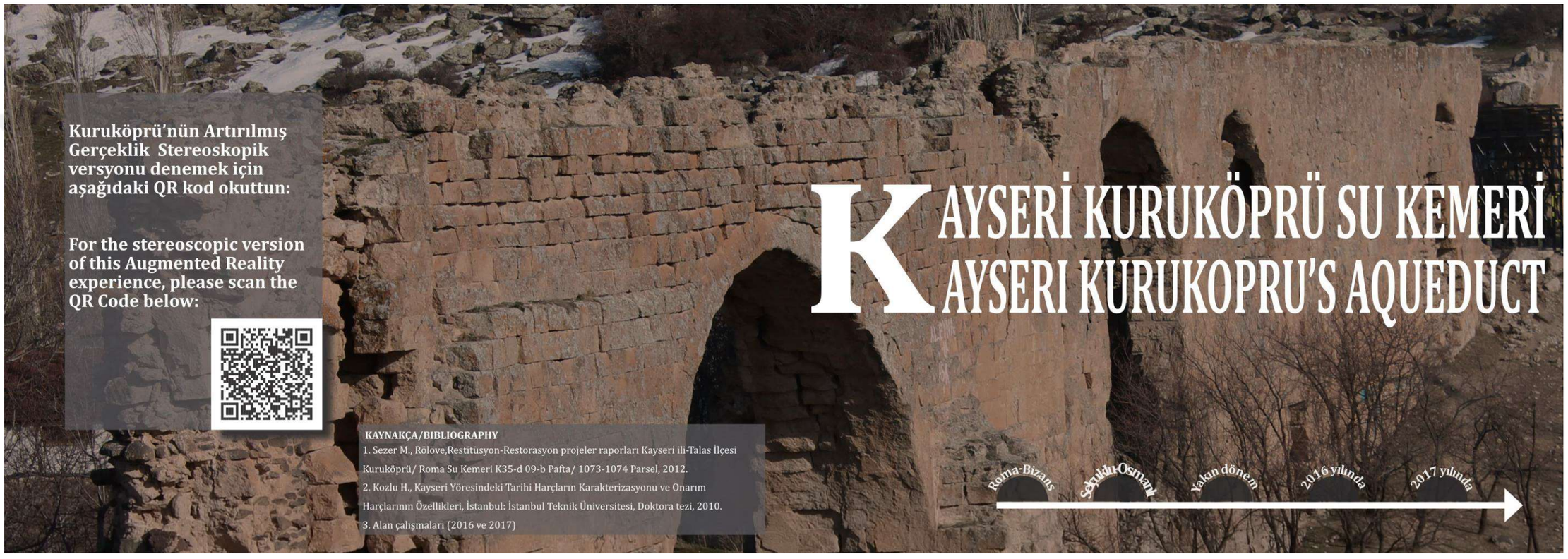


EK-10. KurukopruAR son menü



Sonuç	Sonuç
KurukopruAR deneyiminiz için teşekkür ederiz.Bu çalışma MİMARİ KORUMADA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANIMININ KAYSERİ KURUKÖPRÜ ÖRNEĞİ adlı yüksek lisans tez kapsamında hazırlanmıştır. Yazar: Adeoti A. Gerard L. OKE. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Hale KOZLU ve Dr. Öğr. Üyesi Levent ÇORUH. Erciyes Üniversitesi, 2018.	KurukopruAR deneyiminiz için teşekkür ederiz.Bu çalışma MİMARİ KORUMADA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANIMININ KAYSERİ KURUKÖPRÜ ÖRNEĞİ adlı yüksek lisans tez kapsamında hazırlanmıştır. Yazar: Adeoti A. Gerard L. OKE. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Hale KOZLU ve Dr. Öğr. Üyesi Levent ÇORUH. Erciyes Üniversitesi, 2018.

EK-11. KurukopruB Broşürü



Bu çalışma MİMARİ KORUMADA ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANIMININ KAYSERİ KURUKÖPRÜ ÖRNEĞİ adlı yüksek lisans tez kapsamında hazırlanmıştır.

This document is prepared in the fulfillment of the Master's thesis MİMARİ KORUMADA ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANIMININ KAYSERİ KURUKÖPRÜ ÖRNEĞİ

HAZIRLAYAN: AUTHOR: ***Adeoti A. Gerard L. OKE***

DANIŞMAN : RESEARCH ADVISORS: ***Assist.Prof.Dr. Hayriye Hale KOZLU / Assist.Prof.Dr. Levent ÇORUH***

ERCİYES UNIVERSITY, 2018

Broşür kullanım kilavusu

1. Yukarıdaki QR Kod okutun
2. KurukopruB.apk indirin ve kurun
3. Uygulamayı açın
4. Broşürde olan işaretçiler AG uygulamasıyla okutun
5. Telefon ekranında görüntülenen model üzerinde şu el haraketleri kullanın

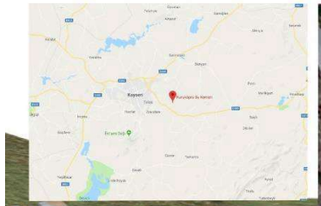
Yakınlaştırma Uzaklaştırma Döndürme

How to use this document

1. Scan the QR Code above
2. Download and install the KurukopruB.apk file
3. Open the application
4. Scan this brochure's markers with the application
5. Use the following fingers' gestures on the models appear on your smartphone's screen

Zoom Out Zoom In Rotate

1. KURUKÖPRÜ SU KEMERİ KONUMU



1. LOCALISATION OF KURUKÖPRÜ'S AQUEDUCT



2. KURUKÖPRÜ SU KEMERİ GENEL BİLGİLERİ

Kuruköprü su kemeri, Kayseri Talas ilçesine bağlı Kuruköprü mahallesi içinde, K35-d 09-b Pafta/1073-1074 parselde yer almaktadır. Şehrin ihtiyacını karşılayan ve Gürpınar (Salguma) Köyü'nden çıkan suyun Kayseri'ye ulaştırılması amacıyla Roma Dönemi'nde yapıldığı belirlenen su kemeri, M.S. 8. yüzyıla tarihlendirilmektedir. Günümüzde büyük bölümü ayakta olan taş köprü, Gömü Deresi olarak adlandırılan vadiyi birbirine bağlayan dere yatağının içine inşa edilmiştir Doğu-Batı istikametinde 172 m. uzunluğunda olan köprü, dere yatağının en yüksek yerinde yaklaşık 16 m. yüksekliğindedir. Köprüde yer alan 1 sivri kemer ve 12 yuvarlak kemerin bir bölümü Selçuklu/Osmanlı döneminde taşlarla kapatılmış; yakın dönemde ise muhdes taş yapılar ve briket duvarlar eklenmiştir. Zamanla doğal etkenler nedeniyle bazı bölümleri yıkılan yapının taşlarında bitkilenme, tabakalanma, renk değişimi, erime ve derz boşalmaları gibi hasarlar, ayrıca duvarlarda grafiti ve is lekeleri gibi vandalizm etkileri gözlemlenmektedir.

2. GENERAL INFORMATIONS ABOUT KURUKOPRU'S AQUEDUCT

Built in the eighth century during the Roman Period, Kurukopru's Aqueduct is nowadays located on the sheet K35-d 09-b /parcels 1073-1074 of kurukopru's neighborhood which depends on the Kayseri Talas district. As an important element of ancient Kayseri 's water supply system, Kurukopru's Aqueduct was used to transit water that came from Gurpinar Village. The stone aqueduct is erected in Gomurderesi Valley with 176m length in the East-West axis and a maximal height of 16m. Built with 01 three pointed arche and 12 round arches, the artifact during his evolution had been modified several times. During the Seljuk/Ottoman period, some arches had been covered and during the Recent Period inappropriate stone and briquette wall was added. With time, natural factors generated the collapse of some aqueduct's parts and the development of many deteriorations: formation of plants, the color change of the stones, deterioration of joints, etc. In addition at some spots fire imprint and graffiti could be observed.

3. ROMA -BİZANS DÖNEMİ

Kuruköprü farklı örüm teknikleri ve taş cinsleri ile sandık duvar tekniğiyle inşa edilmiştir. Ortalama 150cm. kalınlıkta yapılandırılan duvarlarda, dış cidarda çoğunlukla kesme taş, yer yer kaba yonu taş kullanılmış, arası moloz taşlar ve puzolanik kireç harçla doldurulmuştur. Kesme taş duvarlarda en çok pembe, yer yer gri andezit tüfleri kullanılırken kaba yonu taş duvarlarda ve iç kısımdaki moloz taş dolguda ise pembe-gri andezit ve bazalt tüfleri tercih edilmiştir.

Gürpınar (Salguma) Köyünden çıkan su, kayaların içerisine oyulan su kanallarından geçerek Gömüderesi vadisine ulaşmaktadır. Vadinin iki yamacını birbirine bağlayan köprünün (Kuruköprü) üstündeki oluktan vadinin karşı yamacına geçerek bazen kayaların oyulmasıyla yapılmış kanallardan, bazen de kesme taştan yapılmış kanallardan akarak Mazaka'ya (Kayseri) taşınmaktadır. Kemerler üzerinde boydan boya uzanan, yaklaşık 70-80 cm. genişliğindeki su kanalının yarım metre olan yan duvarları üzerinde bir sıva tabakası gözlemlenmekle beraber, kanal döşemesinin kaplamasına dair herhangi bir kalıntı bulunmamaktadır. Kanal duvarının döşeme hizası bitimindeki moloz taş doku, kanal döşemesinin de sıvalı olabileceğini, zaman aşımı ve atmosferik etkilerle sıva tabakasının yüzeyden ayrılmış olabileceğini düşündürmektedir.

3. ROMAN -BYZANTINE PERIOD

Kurukopru's water-bridge was built with the caisson wall's technique by using various masonry techniques and different types of stones. With a thickness of about 150 cm, the walls are characterized by ashlar and partly pitch-faced stones' external leaves. The space between the leaves is filled with quarry stone and pozzolanic lime mortar. The ashlar is essentially pink and gray andesite tuffs; in case of pitch-faced and rubble stones pink-gray andesite and basalt tuffs have been preferred.

The water coming out of the salguma village reaches Gomurderesi Valley by flowing through the water conduits that are carved into the rocks. The water passes through the water canal of Kurukopru's Aqueduct that connects the two slopes of the valley, afterward flowing sometimes through rock carved water conduits and sometimes through ashlar made canals reaches Kayseri. The bridge's water canal is characterized by a wideness about 70-80 cm and by 50 cm side walls. If a plaster layer is seen on the side walls conversely there is no residue of the revetment of the channel floor. The quarry stone texture at the floor level of the water channel suggests that the canal flooring may also be plastered and that the plaster coat may be isolated with time and atmospheric effects.

AŞAĞIDAKI RESİM OKUTUN

SCAN THE IMAGE BELOW



Roma-Bizans Dönemi

Roman-Byzantine Period

4. SELÇUKLU -OSMANLI DÖNEMİ

Köprüde farklı yükseklik ve genişliklerde 1 sivri kemer, 12 yuvarlak kemer bulunmaktadır. Su bendi oluşmasını sağlamak amacıyla köprünün bütün kemerlerinin kesme taşlarla örülerek doldurulduğunun düşünüldüğü kaynaklarda geçmekle beraber, bu durumun sadece dere yatağının doğusundaki üç kemer için geçerli olduğu söylenebilmektedir. Su kemerinin kuzey ve güney cepheleri arasındaki 3.40 m'ye varan kot farkı, bu kısımlarda arazinin eğiminin az oluşundan dolayı sel taşkınlarının yaşanmış olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle kemer içlerine duvar örülerek kuzey cephedeki toprak kotunun yükseltilmesi, böylece duvarın desteklenmesi olasıdır. Ancak bu görüşün kapatılan tüm kemerler için geçerli olduğunu söylemek zordur. Diğer kapatılan kemerlerin yıkılmaya karşı tedbir amaçlı olarak doldurulmuş olduğu tahmin edilmektedir.

4. SELJUK -OTTOMAN PERIOD

01 three pointed arche and 12 round arches with different length and width found in Kurukopru's Water Bridge. In the perspective of transforming the bridge into a dam, three of arches located at the east of the valley's bed were filled by ashlars. At that place, the elevation difference up to 3.40 m between the north and south façades of the aqueduct suggests that the floods occurred due to the low slope of the terrain. By filling arches the soil level on the northern façade was increased thus supporting the wall. For the other closed arches, it is estimated that they have been filled as an precaution against collapse.

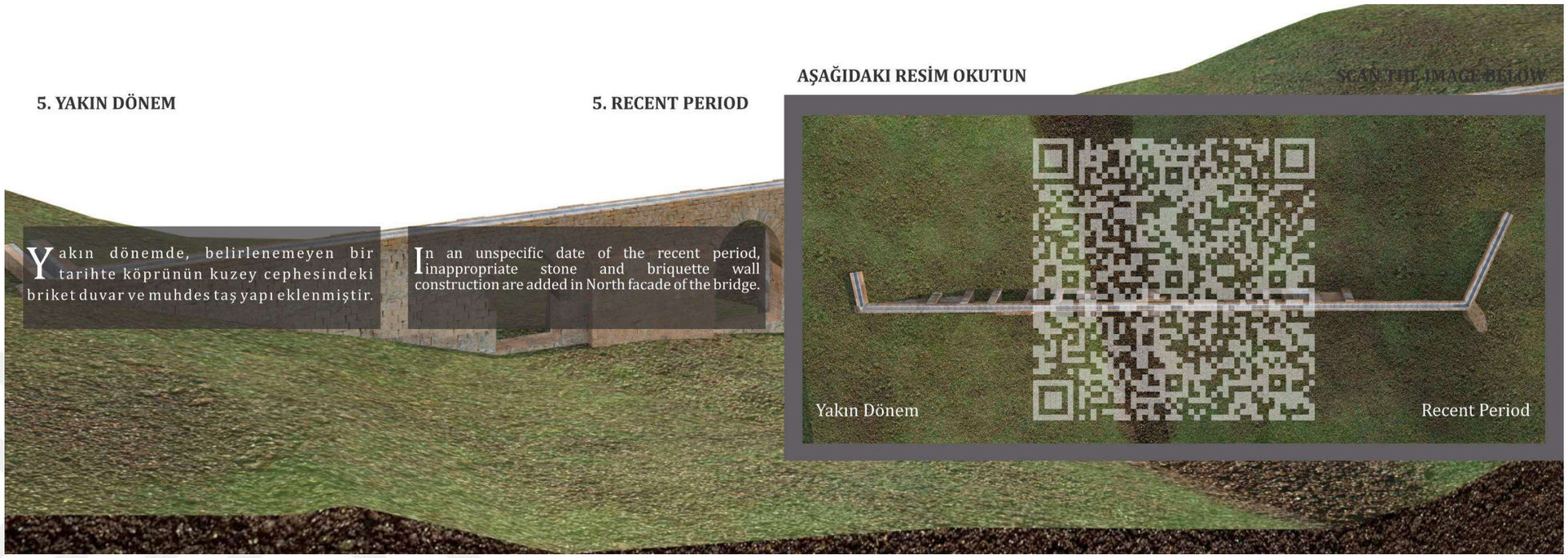
AŞAĞIDAKI RESİM OKUTUN

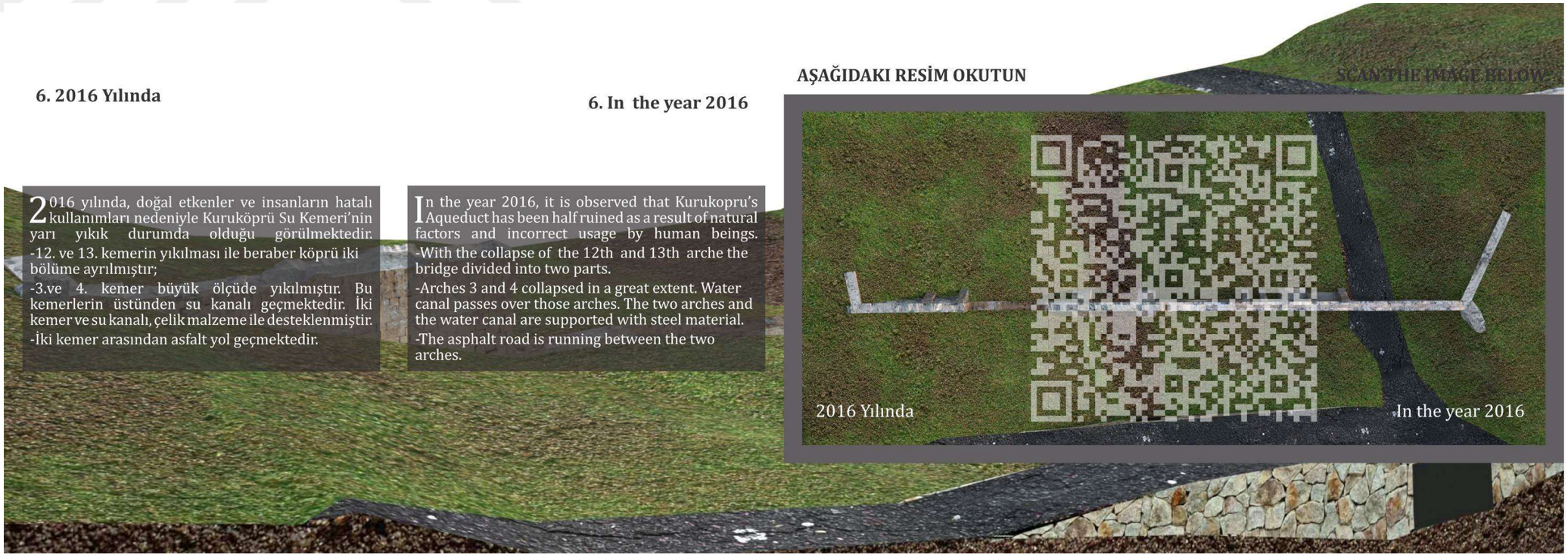
SCAN THE IMAGE BELOW



Selçuklu-Osmanlı Dönemi

Seljuk-Ottoman Period


5. YAKIN DÖNEM
Yakın dönemde, belirlenemeyen bir tarihte köprünün kuzey cephesindeki briket duvar ve muhdes taş yapı eklenmiştir.
5. RECENT PERIOD
In an unspecific date of the recent period, inappropriate stone and briquette wall construction are added in North facade of the bridge.
AŞAĞIDAKI RESİM OKUTUN
SCAN THE IMAGE BELOW
Yakın Dönem
Recent Period


6. 2016 Yılında
2016 yılında, doğal etkenler ve insanların hatalı kullanımları nedeniyle Kuruköprü Su Kemeri'nin yarı yıkık durumda olduğu görülmektedir.
-12. ve 13. kemerin yıkılması ile beraber köprü iki bölüme ayrılmıştır;
-3.ve 4. kemer büyük ölçüde yıkılmıştır. Bu kemerlerin üstünden su kanalı geçmektedir. İki kemer ve su kanalı, çelik malzeme ile desteklenmiştir.
-İki kemer arasından asfalt yol geçmektedir.
6. In the year 2016
In the year 2016, it is observed that Kurukopru's Aqueduct has been half ruined as a result of natural factors and incorrect usage by human beings.
-With the collapse of the 12th and 13th arche the bridge divided into two parts.
-Arches 3 and 4 collapsed in a great extent. Water canal passes over those arches. The two arches and the water canal are supported with steel material.
-The asphalt road is running between the two arches.
AŞAĞIDAKI RESİM OKUTUN
SCAN THE IMAGE BELOW
2016 Yılında
In the year 2016

7. 2017 Yılında

3. ve 4. Kemer üstündeki su kanalı yıkılmıştır. Kanal duvarlarında yıkılma, çatlaklar, kanal döşeme kaplamasında kayıplar, taşlarda yosunlanma, bitkilenme, tabakalanma, erime, yüzey kaybı, yüzey kirlenmeleri, islenme, renk değişimi, derz boşalmaları, sıva tabakalarının kaybı ve parça düşmesi gibi bozulmalar gözlemlenmektedir.

7. In the year 2017

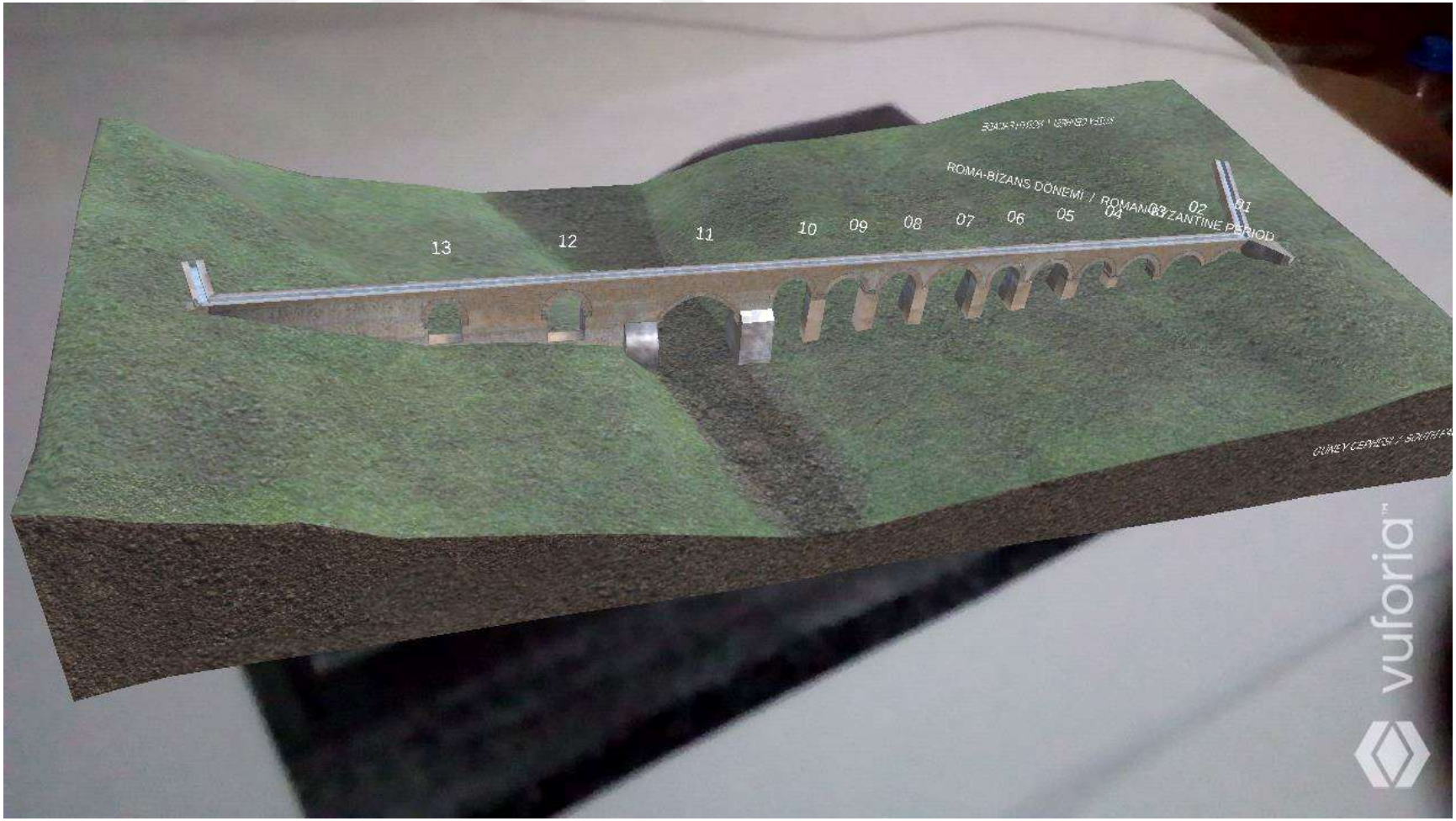
The water canals over the 3th and the 4th arche are collapsed. It is observed on the water canal's side walls collapses, cracks; on the revetment of the floor of the water canal losses and on the stones thawing, surface's corrosion and losses, color changes, joint loss, loss of the plaster layers, falling down of stone's parts and the development of mosses, plants and coats.

AŞAĞIDAKI RESİM OKUTUN

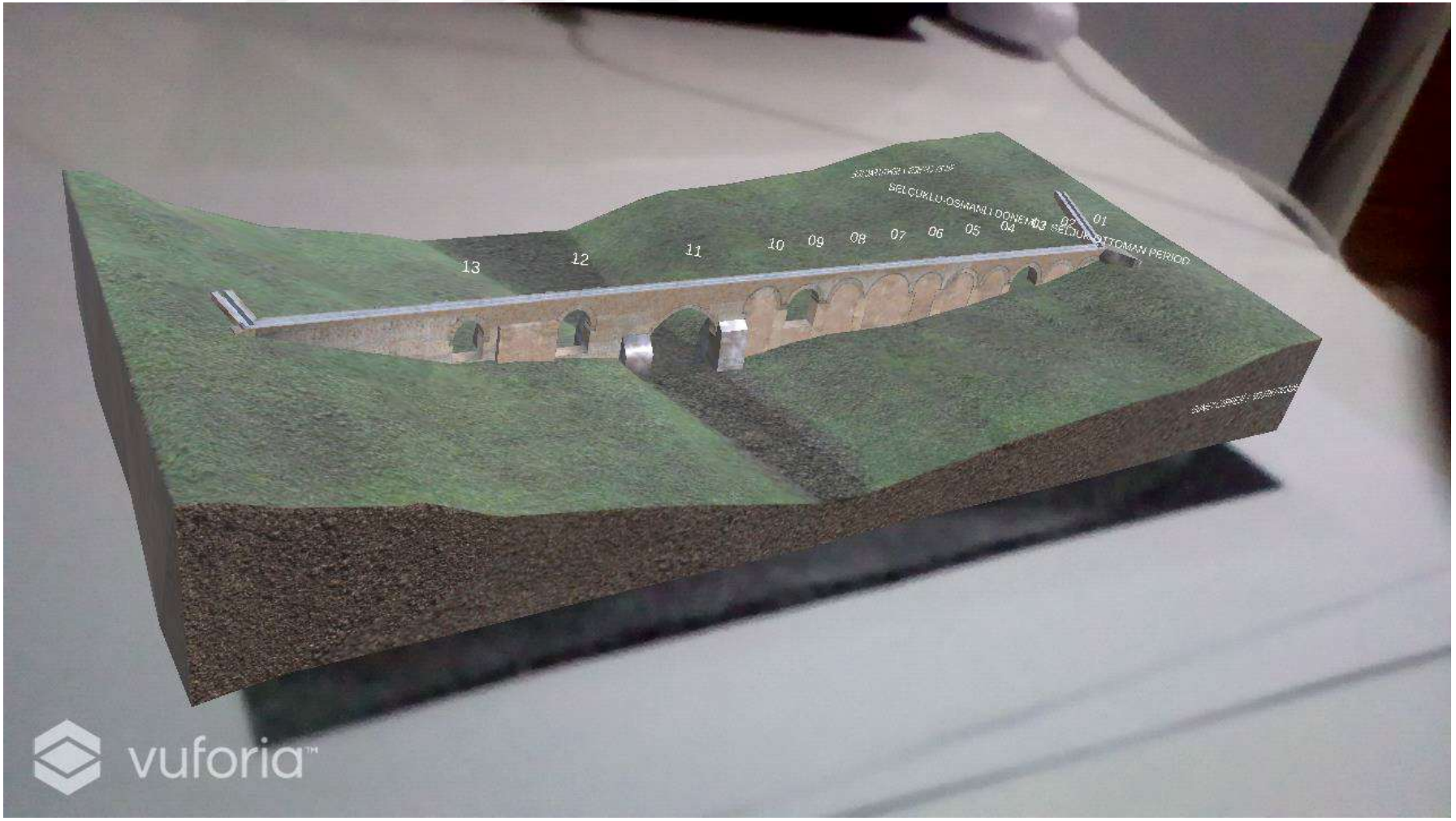
SCAN THE IMAGE BELOW



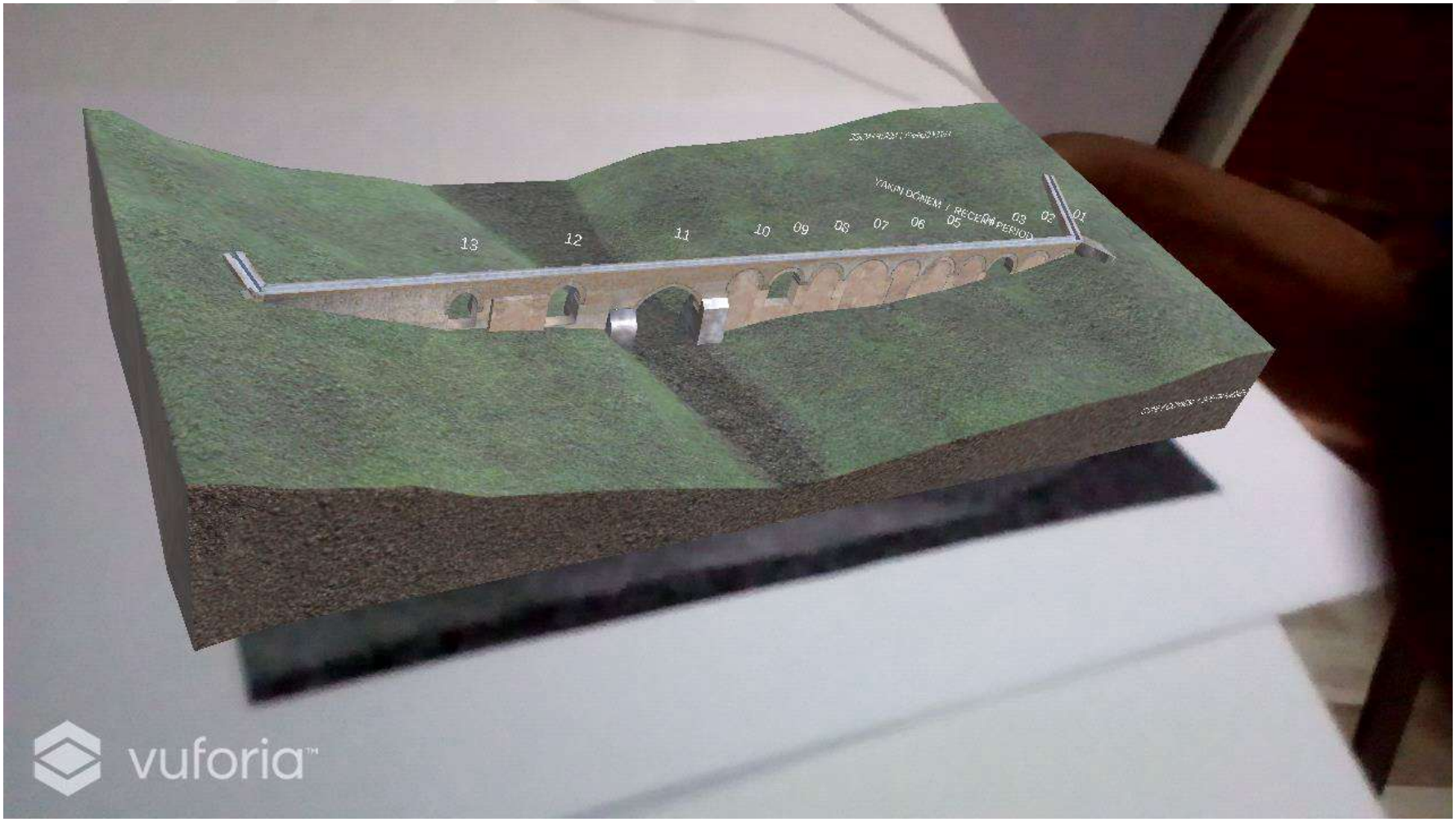
EK-12. KurukopruB broşüründeki Roma-Bizans Dönemi marker üzerinde görüntülen model



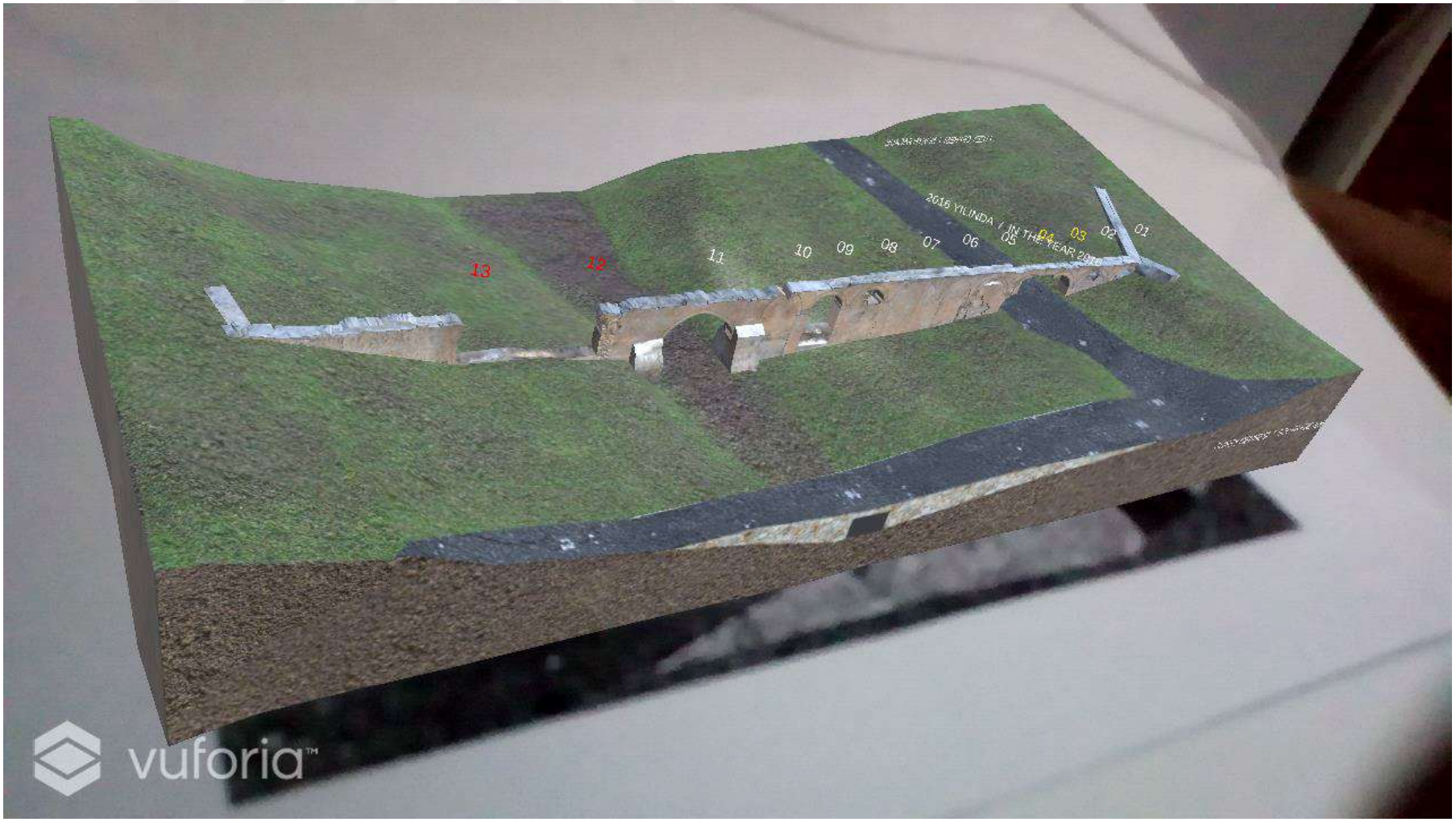
EK-13. KurukopruB broşüründeki Selçuklu-Osmanlı-Dönemi marker üzerinde görüntülen model



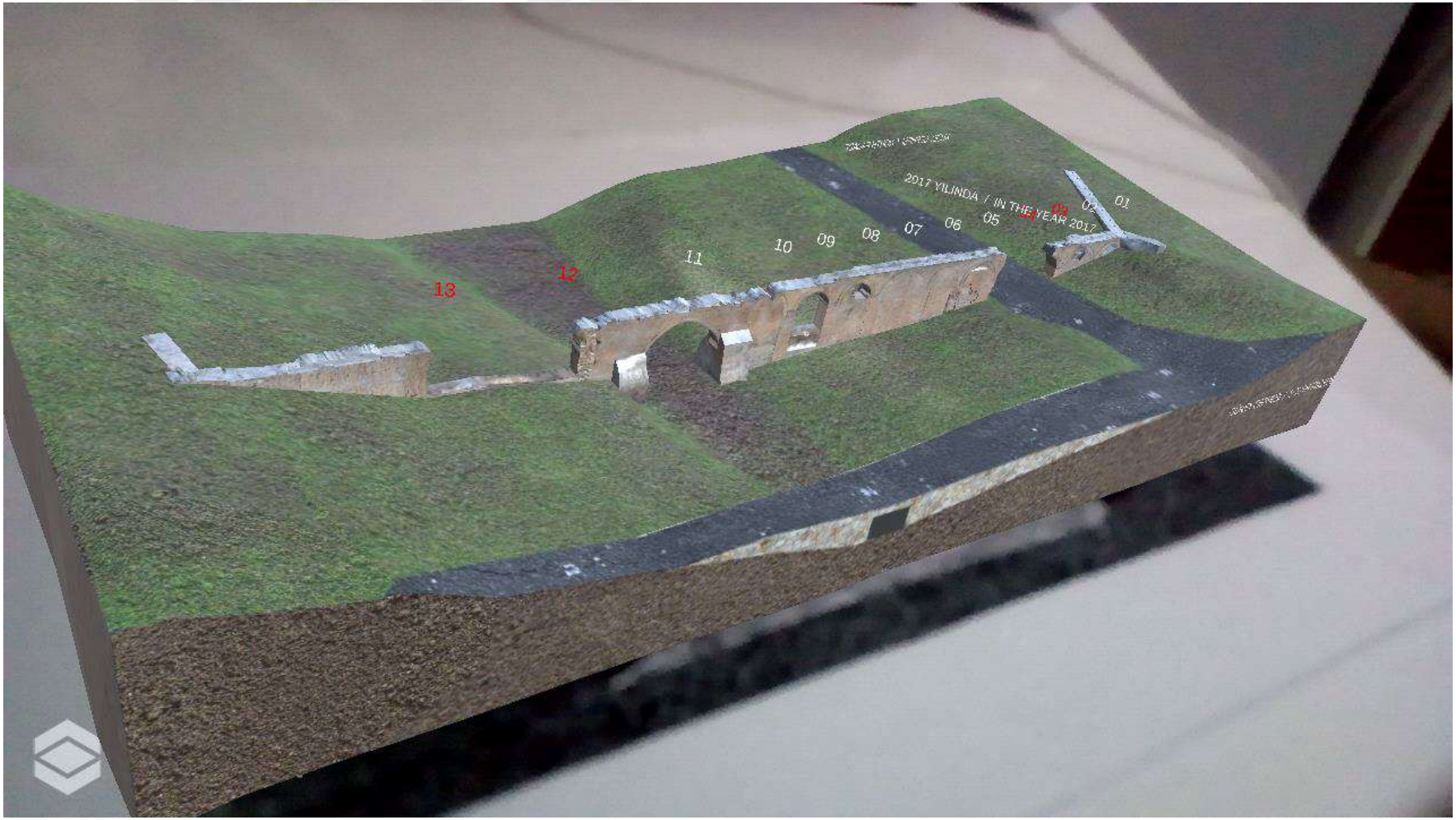
EK-14. KurukopruB broşüründeki Yakın-Dönemi marker üzerinde görüntülen model



EK-15. KurukopruB broşüründeki 2016 yılında içim marker üzerinde görüntülen model



EK-16. KurukopruB broşüründeki 2017 yılında içim marker üzerinde görüntülen model



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Adeoti Akinni Gerard Leger OKE
Uyruğu: Benin
Doğum Tarihi ve Yeri: 03 Ekim 1992, Porto-Novo
Tel: +90 534 311 81 88
email: fortelance@hotmail.fr
Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü 38039 Talas/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimler Enstitüsü	2019
Lisans	UNSTIM-ESTBR	2014

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014-2015	Urb-Alpha Mimarlık ve Şehircilik Ofisi	Teknik Kontrol

YABANCI DİL

İngilizce, Fransızca