T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYA OYMA YAPILARIN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ VE SAYISAL MODELLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Arzu KILIÇ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. İsmail DİNÇER

Jeoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2019
NEVŞEHİR

T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYA OYMA YAPILARIN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ VE SAYISAL MODELLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Arzu KILIÇ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. İsmail DİNÇER

Jeoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2019
NEVŞEHİR

KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. İsmail DİNÇER danışmanlığında **Arzu KILIÇ** tarafından hazırlanan **"Kaya Oyma Yapıların Mühendislik Jeolojisi ve Sayısal Modellenmesi"** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

24/06/2019

JÜRİ

Başkan : Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN

Üye : Doç. Dr. İsmail DİNÇER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 17/07/2019...tarih ve 43-429... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

17/7/2019

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Şahlan ÖZTÜRK

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Arzu KILIÇ



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan danışman hocam sayın Doç. Dr. İsmail DİNÇER'e,

Desteklerinden dolayı, Doç. Dr . Mutluhan AKIN'a, Doç. Dr. Feyza DİNÇER'e, Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet ORHAN'a, Dr. Öğr. Üyesi. Ayşe ORHAN'a ve Arş. Gör. M. Yasin CANBOLAT'a

Desteklerinden dolayı, Y.Mimar Faruk SAĞCAN'a,

Teknik ve idari yardımlarından dolayı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, Jeoloji Bölüm Başkanlığı'na ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi BAP Birimi'ne,

Çalışmalarımda maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen, her zaman yanımda olan eşim Hüseyin Avni KILIÇ' a ve değerli AİLEME, teşekkür ederim.

KAYA OYMA YAPILARIN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ VE SAYISAL MODELLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Arzu KILIÇ

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Kapadokya, sahip olduğu jeolojik yapı ve farklı amaçlar için oluşturulan kaya oyma yapılara sahip olmasından dolayı dünyanın en önemli doğal ve tarihi miraslarından biridir. Söz konusu yapıların büyük bir bölümü günümüzde hala otel, restoran, dükkân vb. amaçlar için kullanılmaktadır. Bu çalışmada söz konusu yapıların tipik örnek niteliğinde bir kaya oyma yapı mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Bu amaç için Ürgüp ilçesinin güneyinde ve Mustafapaşa Köyü merkezinde yer alan ve 10 farklı kayadan oyma boşluklardan oluşan kayadan oyma yapı seçilmiştir. Yapı düşük birim hacim ağırlığa ve düşük dayanıma sahip İgnimbirit kaya kütleleri içinde yer almaktadır. Son 40 yıldır kullanılmayan yapı oldukça deforme olmuş durumdadır. Çalışma kapsamında bir dizi saha ve kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek için laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kaya oyma yapının rölöve projeleri kullanılarak yapıyı karakterize eden 5 farklı kesit boyunca sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Sayısal modeller için sonlu elemanlar yöntemine göre analizler gerçekleştiren RS^2 9.0 yazılımı kullanılmıştır. Kaya oyma boşluklar etrafında gerilme deformasyon davranışları incelenmiştir. Buna göre maksimum düşey gerilme 1.40 MPa olarak belirlenirken, maksimum toplam deformasyon ise 0.732 mm olarak hesaplanmıştır. Gerilme dağılımına bağlı bir stabilite problemi beklenmemesine rağmen, kaya oyma yapının üst bölümünde geniş açıklığa sahip süreksizlikler problem oluşturabilecek niteliktedir. Bundan dolayı süreksizlikler için yalıtım ve güçlendirme gibi çalışmaların yapılması önerilir.

Anahtar Kelimeler: ***Kaya Oyma Yapı, Jeoteknik, Sayısal Modelleme, Kapadokya***
Tez Danışmanı : Doç. Dr. İsmail DİNÇER
Sayfa Adedi : 53

ENGINEERING GEOLOGY OF ROCK HEWN STRUCTURES AND THEIR NUMERICAL MODELLING

(M. Sc. Thesis)

Arzu KILIÇ

UNIVERSITY OF NEVSEHIR HACI BEKTAS VELI
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

Cappadocia is one of the most important natural and historical heritages of the world due to its geological structure and rock hewn structures are built for different purposes. Most of these rock hewn structures have been used for hotel, restaurant, shop etc. In this study, a typical rock hewn structure is examined in terms of engineering geology. For this aim, rock hewn structure which consists of 10 different caves is selected. The rock hewn structure is located in Mustafapaşa village where is southern of Ürgüp. The rock hewn structure is located in ignimbrite rock mass with low unit weight and very low strength. The structure, which has not been used for the last 40 years and it is very deformed. Field and laboratory works were carried out to determine the physical and mechanical properties of rock mass in this study. Numerical analyses were performed in 5 different sections that characterize the rock hewn structure by using RS^2 9.0 geotechnical software that performs analysis based on finite element method. According to this, maximum vertical stress was determined as 1.40 MPa and maximum total deformation was calculated as 0.732 mm. Although a stability problem due to stress distribution is not expected, discontinuities with a large opening in the upper part of the rock hewn structure may cause stability problem. Therefore, it is recommended to perform insulation and reinforcement works in this part of rock hewn structure.

Key words: ***Rock-Hewn Structures, Geotechnic, Numerical Modelling, Cappadocia***
Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İsmail DİNÇER
Page Number: 53

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI i

TEZ BİLDİRİM SAYFASI ii

TEŞEKKÜR iii

ÖZET iv

ABSTRACT v

İÇİNDEKİLER vi

TABLOLAR LİSTESİ ix

ŞEKİLLER LİSTESİ x

RESİMLER LİSTESİ xi

HARİTALAR LİSTESİ xii

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ xiii

1. BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Kaya Oyma Yapılar 4

1.1.1 Kapadokya Bölgesi 6

1.1.2 Kayadan Oyma Mekânların Genel Karakteristikleri 7

1.1.2.1 Tarihi Kaya Oyma Mekânlar 7

1.1.2.2 Güncel Kaya Oyma Mekânlar 9

2. BÖLÜM 11

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 11

3. BÖLÜM 13

MATERYAL VE YÖNTEM 13

3.1 Materyal 13

3.2 Yöntem 13

3.2.1 Literatür Taraması 13

3.2.2 Arazi Çalışmaları 13

3.2.3 Laboratuar Çalışmaları 15

3.2.3.1 Kuru ve Doğal Birim Hacim Ağırlıklarının Tespiti 15

3.2.3.2 Tek Eksenli Basınç Dayanımının Tespiti 16

3.2.3.3 Elastisite Modülü ve Poisson Oranı 16

3.2.3.4 İndirek Çekme Dayanımı Tespiti 17

3.2.4 Büro Çalışmaları 18

4. BÖLÜM 19

BULGULAR VE TARTIŞMA 19

4.1.1 Tuzköy Formasyonu (Tt) 20

4.1.2 Kavak üyesi (Tük) 20

4.1.3 Damsa Bazaltı (Tüd) 21

4.1.4 Güncel Alüvyon 21

4.2 Mühendislik Jeolojisi 22

4.2.1 Kaya Oyma Yapının Genel Özellikleri 22

4.2.2 Kaya Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri 29

4.2.3 Kaya Kütle Özellikleri 31

4.3 Kaya Oyma Yapının Sayısal Modellemesi 32

4.3.1 Kesit-1 33

4.3.2 Kesit-2 35

4.3.3 Kesit-3 38

4.3.4 Kesit-4 40

4.3.5 Kesit-5 41

5. BÖLÜM 44

SONUÇLAR VE ÖNERİLER 44

6. KAYNAKLAR 45

EKLER 48

ÖZGEÇİMİŞ 55

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1 İnceleme alanından alınan numunelerden elde edilen laboratuar sonuçları 30

Tablo 4.2 Sayısal modelleme analizlerinde kullanılan girdi parametreleri..... 33

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1 Çalışma alanı rölöve projesi zemin kotu 23

Şekil 4.2 Çalışma alanı rölöve projesi birinci kat kotu 24

Şekil 4.3 İgnimbirit için modül oranının sınıflamasına göre belirlenmesi 31

Şekil 4.4 Rölöve projesi ön cephe görünüşü 32

Şekil 4.5 Kesit 1 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri 34

Şekil 4.6 Kesit 1 çekme gerilmelerinin dağılımı 34

Şekil 4.7 Kesit 1'de oluşan deformasyonların dağılımı 35

Şekil 4.8 Kesit 2 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri 36

Şekil 4.9 Kesit 2'de oluşan gerilmelerin dağılımı 37

Şekil 4.10 Kesit 2'de oluşan çekme gerilmelerinin dağılımı 37

Şekil 4.11 Kesit 3 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri 38

Şekil 4.12 Kesit 3'de oluşan gerilmelerin dağılımı 39

Şekil 4.13 Kesit 3'de oluşan deformasyonların dağılımı 39

Şekil 4.14 Kesit 4 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri 40

Şekil 4.15 Kesit 4'de oluşan çekme gerilmelerinin dağılımı 41

Şekil 4.16 Kesit 4'de oluşan deformasyonların dağılımı 41

Şekil 4.17 Kesit 5 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri 42

Şekil 4.18 Kesit 5'de oluşan çekme gerilmelerinin dağılımı 42

Şekil 4.19 Kesit 5'de oluşan deformasyonların dağılımı 43

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1.1 İnceleme alanındaki kaya oyma yapılara ait genel görünüm 1

Resim 1.2 Kayadan oyma kilise örneği 7

Resim 1.3 Yamaç ve yarı-yeraltı kaya oyma yapıların genel görünümü..... 8

Resim 1.4 Kapadokya yöresinde yeraltı şehirleri..... 8

Resim 1.5 Kayadan oyma güvercinlik genel görünümü..... 9

Resim 1.6 Kayadan oyma otel, restoran ve müze genel görünümleri 10

Resim 1.7 Kayadan oyma depo genel görünümü..... 10

Resim 3.1 (a) Araziden karot alımı,(b) Araziden alınan karot örnekleri..... 14

Resim 3.2 Schmidt çekici ile arazide yüzey sertliğinin belirlenmesi..... 14

Resim 3.3 Birim hacim ağırlık deneyleri için hazırlanan örnekler 15

Resim 3.4 Tek eksen sıkışma deneyi..... 16

Resim 3.5 Örnekler üzerine srain gauge yerleştirilmesi..... 17

Resim 3.6 Brazillian deneyi..... 18

Resim 4.1 İnceleme alanı jeolojik birimi..... 22

Resim 4.2 201 nolu oda genel görünümü 25

Resim 4.3 202 nolu oda genel görünümü 26

Resim 4.4 203 nolu oda genel görünümü 26

Resim 4.5 204 nolu oda genel görünümü 27

Resim 4.6 204 nolu oda tavan bloğunda yer alan açıklığın genel görünümü 28

Resim 4.7 204 nolu odad tavan ve duvarında yer alan açıklığın genel görünümü... 29

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası 2

Harita 4.1 İnceleme alanı ve yakın çevresi jeoloji haritası 19

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

ISRM	:	Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu (International Society of Rock Mechanics)
γ	:	Birim hacim ağırlık
w	:	Su içeriği
σn	:	Normal gerilim
UCS	:	Tek eksenli basınç dayanımı (Uniaxial Compressive Strength)
UNCCD	:	Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi
Lm	:	Nemlilik İndisine karşılık gelen Thornthwaite iklim tipleri
Im	:	Kuraklık İndisine karşılık gelen Erinç iklim tipleri ve vejetasyon tipleri
Fc	:	Yenilme anındaki yük
D	:	Numunenin çapı
L	:	Numunenin kalınlığı
σ_t	:	Numunenin tek eksenli çekme dayanımı

1. BÖLÜM

GİRİŞ

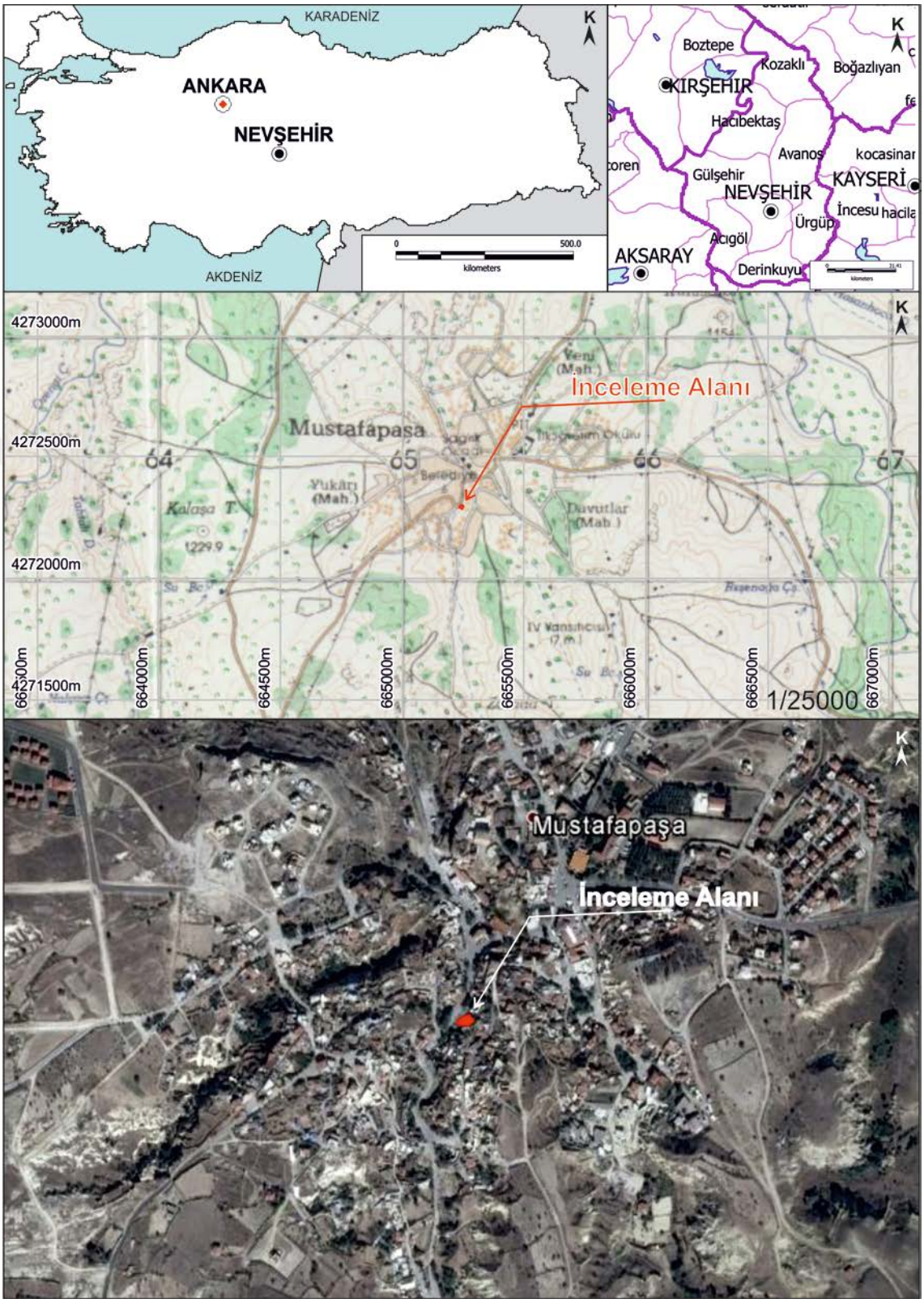
Kapadokya bölgesi korunması gerekli taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları statüsünde yer almaktadır. Bölgenin jeolojik özellikleri, mimari yapısı ve ev sahipliği yaptığı medeniyetler; Kapadokya'nın, UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer almasını sağlamıştır. Bu anlamda bölge jeolojisi ile mimari yapıların etkileşimi ve ilişkisi, özellikle de kaya oyma mekânların stabilitesi önem teşkil etmektedir.

Kapadokya bölgesindeki mevcut kaya oyma mekânlarda, jeoteknik, statik ve mimari sorunlar nedeni ile can ve mal güvenliği açısından risk teşkil eden yapıların kullanıma geri kazandırılması, can ve mal güvenliği risklerinin ortadan kaldırılması, ve ülke ekonomisine katkıda bulunması sağlanabilecektir.

Yapılan çalışmalar, tapu kayıtlarında Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Mustafapaşa Köyü, Köyiçi Mevkii, 43 pafta, 4785 numaralı parselde bulunan kaya oyma yapıda gerçekleştirilmiştir. Yapım tarihi kesin olarak bilinmeyen kaya oyma yapı bölge halkından alınan bilgilere göre konut olarak kullanılmakta olup yaklaşık son kırk senedir yapısal sorunları nedeni ile terk edilmiş ve kullanılmamaktadır (Resim 1.1). İnceleme alanı Mustafapaşa köyünün merkezinde yer almaktadır.



Resim 1.1 İnceleme alanındaki kaya oyma yapılara ait genel görünüm



Harita 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası

Mustafapaşa, Nevşehir ilinin Ürgüp İlçesine bağlı olup Kapadokya olarak tanımlanan

bölgenin bir kasabasıdır. 38^{o} 12' ve 30^{o} 20' kuzey enlemleri ile 34^{o} 11' ve 35^{o} 06' doğu boylamları arasında yer alan kasaba orta Kızılırmak havzasına girmektedir. Ürgüp–Soğanlı (Kayseri) karayolu üzerinde yer alan ve Ürgüp'ün 6 km. güneyinde yer alan Mustafapaşa Nevşehir il Merkezine 26 km. uzaklıktadır [1].

Kapadokya; Niğde-Nevşehir-Kayseri-Kırşehir illerinin sınırları dışına kadar uzanmaktadır. Daha spesifik olarak bakıldığında Kapadokya bölgesi Uçhisar, Ürgüp, Avanos, Göreme, Derinkuyu, Kaymaklı, Ihlara ve çevresinden ibarettir.

Tarih boyunca insan eliyle kayaların oyulması ile farklı amaçlarda kullanıma hizmet vermek için kazanılan alanların oluşturduğu kaya oyma yapılar doğal yaşam ve çevre adaptasyonunu sağlamaya çalışan insanın ihtiyaçları doğrultusunda ortaya çıkmıştır. Bu durum jeolojik unsurlar, iklimsel farklılıklar ve morfolojik yapı gibi doğal parametrelerin kontrolü altındadır. Kaya oyma yapıların ortaya çıkmasında güvenlik ve savunma, ekonomi, zaman, kültür, iklim ve sosyal yapı olmak üzere altı ana etken ön plana çıkmaktadır [2].

Ülkemizde yapıların imarı kapsamında yapılaşma koşullarını belirlemek amaçlı, yapı ve zemin/kaya ilişkisi değerlendirme etütleri yapılmaktadır. Ancak bu uygulamaların tamamı yeni inşa edilecek yapılar ve yapım teknolojilerine göre değerlendirilmektedir. Ayrıca eski eser restorasyon ve onarım çalışmalarında; yapıların daha çok mimari ve statik değerlendirmeleri ön planda iken, jeolojik-jeoteknik çalışmalar uygulama öncesi temel veriler ve değerlendirmeler yeterince dikkate alınmamaktadır. Ancak yeni yapılacak yapılarda değil, eski eser restorasyonu, onarımı ve kaya oyma yapılarda jeolojik ve jeoteknik çalışmalar büyük önem arz etmektedir.

Kapadokya yöresinde yığışan ve kalınlığı yer yer 100 m'yi aşan volkanik plato Kuvaterner'deki aşınımla yarılmış ve söz konusu plato masa şekilli tepeler ile bunlar arasında yer alan kanyon benzeri vadilere dönüşmüştür. Plato ve vadi yamaçlarında tüf, tüfit, ignimbiritik tüf, lahar, kil ve marn ardalanmasının yüzeylendiği bölümlerde seçici aşınımın eseri olarak Kapadokya'ya özgü topoğrafya ve peribacaları gelişmiştir [3].

Bu kaya birimler el aletleri ile işlenmesi kolay yumuşak tüf birimlerden oluşmaktadır. İçerisine eski insanlar tarafından kayadan oyma kiliseler, mağaralar, evler, depolar ve yeraltı şehirleri gibi yapılar inşa edilmiştir. Bu yapıların büyük bölümü ile birebir

etkileşim halinde olan kesme taş yapılarla girift mimari tasarıma sahip mekanlar oluşturulmuştur. Bölgeye özgü bu yapılar günümüzde daha çok turistik amaçla kullanılmaya devam etmekle birlikte depo alanı, doğal soğuk hava deposu , yaşam alanı ve güvercinlik, gibi fonksiyonlarla kullanılmaya devam etmektedir. Mevcut yapılar restorasyon ve sağlıklaştırma çalışmaları ile kullanılmaya devam ederken, ihtiyaçlar doğrultusunda yeni kaya oyma yapılar da halen inşa edilmeye devam etmektedir.

Üst Miyosen-Pliyosen yaşta sedimanter kayalardan; Ürgüp ve çevresinde olan ve geniş bir alanda yüzeyleyen volkanik çökellere, Pasquare tarafından Ürgüp Formasyonu olarak adlandırılmıştır [4]. Bu çalışma Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Mustafapaşa Kasabasındaki; Ürgüp formasyonu altında tanımlanan Kavak üyesi ignimbiritinde açılan, yapım tarihi kesin olarak bilinmeyen kaya oyma yapı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında kaya oyma yapının mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi ve elde edilen verilerle sayısal olarak modellenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç için saha, laboratuar ve büro çalışmalarından oluşan bir çalışma yöntemi izlenmiştir.

1.1 Kaya Oyma Yapılar

Kayadan oyma mekânlar bir kaya kütlesinin çeşitli amaçlara hizmet edecek bir boşluk yaratmak için oyularak şekillendirilmesiyle meydana getirilmektedir. İnsan gücü ile açılmış yeraltı boşlukları kaya oyma yapı sınıfına girerken, doğal yollarla oluşmuş mağaralar veya oyuklar bu sınıfa girmemektedir [5].

Kaya oyma yapılar, farklı jeolojik koşullara ve iklimsel özelliklere sahip dünyanın farklı bölgelerinde inşa edilen bir yapı türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer bir deyişle, bölgenin sahip olduğu fiziksel, kültürel ve sosyal konumu farklı şekillerde kaya oyma yapıların ortaya çıkmasına neden olmuştur [6]. Kaya oyma yapılar ülkemizde başlıca Kapadokya bölgesinde gözlenmekte olup, bunun yanı sıra daha az yaygın olarak diğer bölgelerimizde de yeraltı açıklıkları bulunmaktadır. Öte yandan, farklı kaya türlerinin oyulmasıyla Mısır'da, Kıbrıs'ta, İtalya'da, İran'da, Ürdün'de, Hindistan'da, İspanya'da, Çin'de ve Etiyopya'da farklı amaçlar için kaya oyma mekânlar oluşturulmuştur [5]. Hindistan'da kaya oyma yapılar daha çok mezar ve ibadethane olarak kullanılırken, Çin'in Loess platosu gibi bazı bölgelerinde 40 milyona yakın insan "Yaodong evi " denilen kaya oyma yapıları yaşama alanı olarak kullanmaktadır [7]. Kaya oyma

yapıların genel olarak gelişigüzel bir iç geometriye sahip olmalarına rağmen, özellikle ibadet amaçlı açılan boşluklarda geleneksel mimaride kullanılan kemer, kolon, kubbe, tonoz gibi formların oyularak oluşturulduğu da görülebilmektedir. Kaya oyma mekânların oluşturulmasında, kaya kütlesinin kolay şekillendirilebilme özelliği en önemli etkendir.

Kaya oyma yapıların ortaya çıkmasında güvenlik ve savunma, ekonomi, zaman, kültür, iklim ve sosyal yapı olmak üzere altı ana etken ön plana çıkmaktadır. Erguvanlı ve Yüzer, Kapadokya bölgesindeki kaya oyma yapıların ortaya çıkmasındaki çevresel ve antropojenik faktörleri altı ana grupta değerlendirmişlerdir [8]:

a) Bölgedeki iklimsel koşulların ani değişimleri

b) Kayaçların termal yalıtım özellikleri

c) Kayaların kendi kendini tutma özelliğine bağlı olarak kaya kütlesi içinde kazı imkanı

d) Kayaçların kolay işlenebilir olması

e) Düşman saldırılarına karşı korunma ile saklanma ve kamuflajdan kaynaklanan savunma üstünlüğü

f) Deprem ve volkanizmadan kaynaklanan doğal afetlere karşı korunma

Kaya oyma yapılar işlevlerine göre yaşam ve savunma amaçlı, ibadet mekânı ve mezar yapısı olmak üzere dört ana sınıfa ayrılabilir. Kapadokya'daki Bizans kültürünü yansıtan kaya oyma boşluklar sadece mezar ve kiliselerden değil, aynı zamanda manastır ve yaşam alanlarından da [9]. Kapadokya bölgesinde 1500 yıldan daha yaşlı birçok kaya oyma yapı bulunmakta olup, bunların dış görünümleri doğal morfolojiye uygun bir yapı sergilerken, iç mekânlarında ise oldukça karmaşık ve detaylı bir yapının olduğu gözlenmektedir [10]. Farklı boyut ve şekillerde kazılmış olan bu yeraltı açıklıkları günümüzde de konaklama, yaşam ve depolama amaçlı kullanılmaktadır. Kalın, massif tüfler içerisinde açılmış olan bu yapılar birkaç yüzyıldır ilksel bütünlüklerini korumalarına rağmen, bazı lokasyonlarda kısmi göçmeler ve yenilme izleri gözlenmektedir [10]. Bu yapıların büyük bir kısmının kültürel bir varlık olması nedeniyle korunmaları ve gelecek nesillere aktarılmaları büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı, kaya oyma yapılarda meydana gelen duraysızlıkların neden olduğu afet durumunun iyileştirilmesine yönelik çalışmalar son dönemlerde artış göstermiştir.

1.1.1 Kapadokya Bölgesi

Nevşehir ilinin de yer aldığı Kapadokya bölgesinde Anadolu ve Afrika plakalarının çarpışmasından dolayı Üst Miyosen'den Kuvaterner dönemine kadar yoğun bir volkanik aktivite olmuştur. Bu volkanik aktiviteler sonucunda bölgede çok kalın bir piroklastik malzeme birikimi meydana gelmiştir. Özellikle tüf ve ignimbiritler, kolay işlenebilir olmasından ve termal yalıtım özelliklerinden dolayı kaya oyma mekânların yapılmasında tercih edilmişlerdir.

Bölgede etkin olan volkanizma, platolar, göller ve akarsular üzerinde 100-150 m kalınlığında, farklı renklerde bir piroklastik kaya kütlesi meydana getirmiştir [11]. Bölgede belirlenen 19 volkanik çıkış merkezi bölgedeki jeolojik yapının şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Gölsel akarsu sedimanları ile ara katkılı birim (Ürgüp Formasyonu) yörede geniş bir yayılıma sahiptir ve bölgenin önemli jeolojik ve jeomorfolojik yapıları ağırlıklı olarak bu birim içinde yer almaktadır [12]. Uluslararası literatürde "Central Anatolian Volcanic Province" olarak adlandırılan bölgenin güneyi Toros sıradağları ve batısı Tuz Gölü Fay Zonu ile sınırlandırılmıştır. Bölgenin doğusunda ise Ecemiş Fay Zonu yer almaktadır. Ayrıca bölgenin doğusunda ve batısında Kuvaterner yaşlı Hasandağ ve Erciyes strato-volkanları yer almaktadır [13].

Kapadokya bölgesinde geniş bir yayılıma sahip olan Ürgüp Formasyonu, atmosferik şartlara bağlı olarak kolayca ayrışabildiği ve aşınabildiği gibi, zayıf kaya özelliği göstermesi sebebiyle kolaylıkla kazılabilmektedir. Bu nedenle, Kapadokya bölgesinde tarihsel dönemde önemli medeniyetlerin yaşadığı birçok yeraltı şehri inşa edilmiş olup, bu yerleşimlerin M.Ö. 7-8. yüzyıla kadar dayandıkları belirtilmektedir. Özellikle M.S. 7. yüzyıldan itibaren Anadolu'ya egemen olan Bizans İmparatorluğu'na yapılan Arap saldırıları ve imparatorluğun baskıları yüzünden Hristiyanlar bu bölgeye göç etmişler, peribacalarını ile tüf ve ignimbrit kütlelerini oyarak saklanmışlardır. Bu şekilde yeni bir yerleşme biçimi geliştirerek, Kaymaklı, Derinkuyu ve Özkonak civarında yeraltında korunaklı kentler oluşturmuşlardır [12]. Öte yandan, bu tarihi yeraltı şehirlerinin yanı sıra, günümüzde özellikle depolama amaçlı (patates vb. depolanması) çok sayıda yeraltı deposu Kapadokya yöresinde kazılmaya devam edilmektedir. Son olarak, bölgenin turistik karakterini yansıtan diğer bir yeraltı kazısı da turistik otellerdir. Yerli ve yabancı turistlerin bölgeye geldiklerinde konaklaması amacıyla piroklastik kayaçlar içerisinde

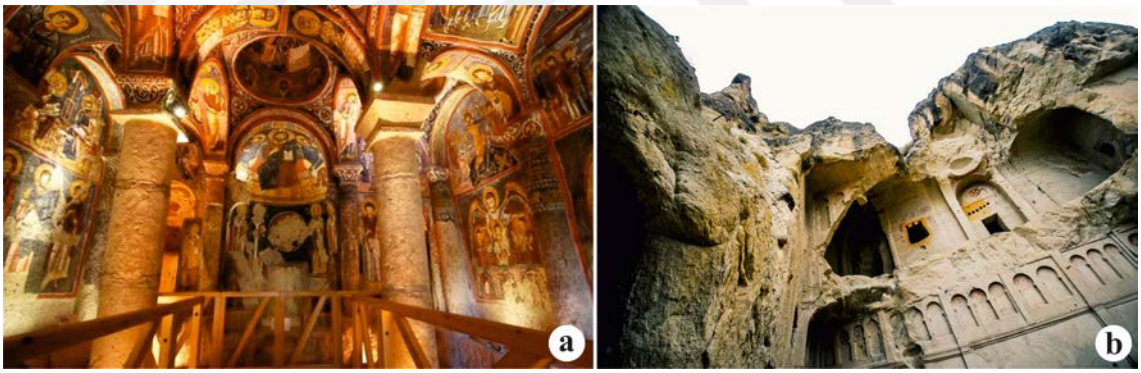
kazılarak inşa edilen turistik (kaya oyma) otellerin sayısı yadsınamayacak oranda fazladır.

1.1.2 Kayadan Oyma Mekânların Genel Karakteristikleri

Kapadokya yöresinde yeralan kaya oyma yapıları tarihi ve güncel olmak üzere 2 ana grupta değerlendirilebilir.

1.1.2.1 Tarihi Kaya Oyma Mekânlar

Kapadokya bölgesinde istiflenen piroklastik kayaçlar tarihi zamanlardan bu yana yörede yaşayan insanlar tarafından farklı amaçlar için kazılarak kullanılmıştır. Özellikle M.S. 7. yüzyıldan itibaren bölgeye göç eden insanlar bu kaya birimlerini barınma (ev), kilise, mahzen, tünel, erzak deposu, ahır, savunma amaçlı olarak kale ve yeraltı şehirleri inşa ederek değerlendirmişlerdir.



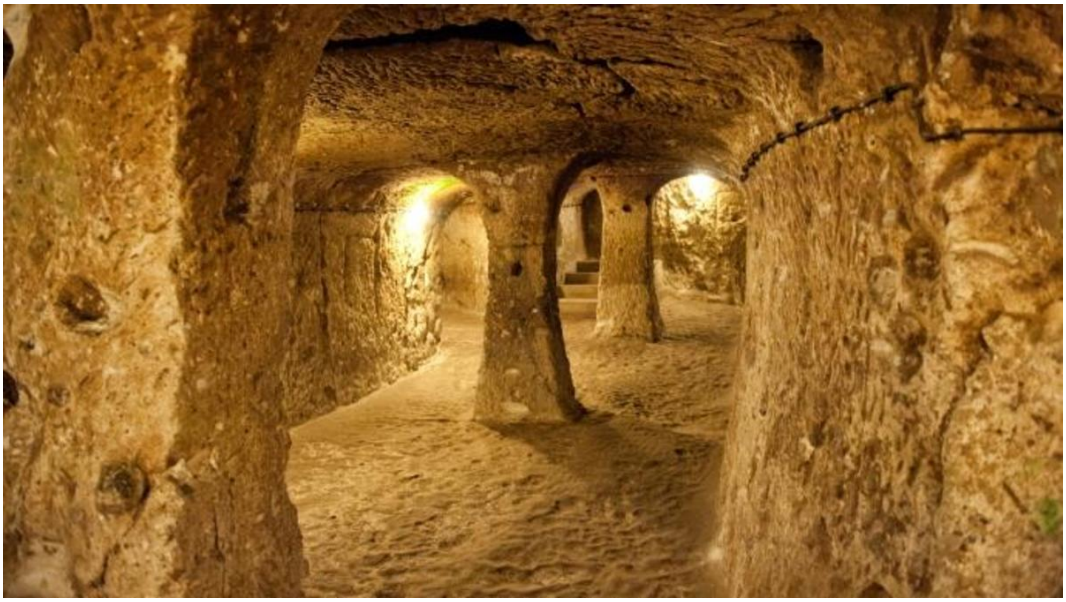
Resim 1.2 Kayadan oyma kilise örneği, iç görünümü (a), dış görünümü (b)

Kapadokya bölgesindeki tarihi kaya yerleşimleri yamaç veya yarı-yeraltı yerleşimleri ve yeraltı yerleşimleri olmak üzere iki ana sınıfa ayrılabilir Yamaç kaya oyma yerleşimleri çoğunlukla dik tepeler ve vadiler boyunca bölgenin orta kesimlerinde Nevşehir, Zelve ve Göreme, güney batıda ise Ihlara Vadisi civarlarında bulunmaktadır [10]. Bu tip yerleşimlerde boşluklar arasındaki bağlantının sağlanması için kaya içerisine oyulmuş koridorlar ve basamaklar da yer almaktadır (Şekil 1.3). Topoğrafyanın eğimli yapısı, yüzey suları ve jeolojik faktörlere bağlı olarak söz konusu yamaç kaya oyma yerleşimleri, çökme, kaya düşmesi gibi nedenlerden dolayı afete duyarlı alanları

oluşturmaktdır. Kapadokya bölgesinde 22 adet büyük ölçekli yeraltı şehri bulunmaktadır [10]. Bu yeraltı şehirleri, bölgedeki evlere gizli geçitler vasıtasıyla bağlanmaktadır. Yeraltı şehirlerindeki yüzlerce oda birbirine uzun koridorlar ve karmaşık tüneller ile bağlanmış durumdadır (Şekil 1.4). Yeraltındaki şehirlerde havalandırma ve haberleşmeyi sağlamak amacıyla yüzey ile bağlantılı düşey şaftlarda mevcuttur. Bu tür yeraltı yerleşimlerinde yeraltı boşluklarını çevreleyen kaya kütlesinde ayrışma ve süreksizlikler bağlı olarak yerel duraysızlıklar gözlenebilmektedir.



Resim 1.3 Yamaç ve yarı-yeraltı kaya oyma yapıların genel görünümü



Resim 1.4 Kapadokya yöresinde piroklastik kayaçlar içinde oyulmuş yeraltı şehirleri



Resim 1.5 Kayadan oyma güvercinlik genel görünümü

Kapadokya binlerce yıllık geçmişinde sıklıkla saldırılara ve akınlara maruz kaldığından, hemen hemen her evin altında tehlike anında gizlenilebilecek odalar ile gizli geçitler bulunmaktadır. Söz konusu yeraltı açıklıklarında zaman içerisinde meydan gelebilecek bir duraysızlık, yeraltı boşluğunun yanı sıra üzerindeki yerleşim amaçlı kullanılan evlerin de tahrip olmasına neden olmaktadır. Bu tip duraysızlıklar halen kullanımda olan konutlarda can ve mal kaybına neden olabilecek bir afet unsurudur.

1.1.2.2 Güncel Kaya Oyma Mekânlar

Günümüzde, bölge halkı kaya oyma yapıların geçmiş dönemlerdeki kullanım şeklini benimsemiştir. Bundan dolayı tarihi yapıları restore ederek veya kaya kütlelerini yeniden kazarak hotel/motel, müze, restoran şeklinde turistik amaçlı olarak kullanıma açmışlardır. Bunun yanında yörede geniş yayılıma sahip olan tüf, tüfit, ignimbirit, volkanik kül, sedimanter birimlerin termal yalıtım özellikleri, bölgede yoğun bir şekilde doğal soğuk hava depoculuk kültürünün gelişmesine imkân sağlamıştır.

Bölgedeki yeraltı depolarının çoğu genelde 100-1000 tonluk bir ya da birkaç galerilik küçük ve orta ölçekli depolar halinde Kavak, Ortahisar, Şahinefendi, Kelah, Kaymaklı, Mazı, Nar ve Çat köyleri mevkilerinde açılmıştır. Son yıllarda ise projeli tesis edilen 5000-20000 ton kapasiteli depolar patates endüstrinin gelişimi ile birlikte artmıştır. Yeraltı depoları, yapısal olarak 2-3 metre kalınlığındaki kolon ve duvarların termal yalıtımı ile duraylı bir depo içi sıcaklığına sahip olup, yıl boyunca yeraltında depolanan

ürünleri 4-10˚C arasında tutmaktadır. Kapadokya bölgesinde yapılmış olan kayadan oyma otel, müze ve restoran örnekleri Şekil 1.6'da, yeraltı deposuna ait bir görünüm ise Şekil 1.7'de verilmektedir.



Resim 1.6 Kayadan oyma otel, restoran ve müze genel görünümleri



Resim 1.7 Kayadan oyma depo genel görünümü

2. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Özata yapmış olduğu çalışmada, yerleşim kültürünün oluşmasında o yörenin doğal özellikleri ve halkın günlük ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik unsurların kaya oyma yapıların oluşturulmasında en önemli unsurlardan biri olduğu belirtilmektedir. Öte yandan, bu doğrultuda Bölge halkının özgün mimariler oluşturduğunu ve Kapadokya bölgesinde yapılan yapıların taş, kerpiç vb. malzemeler kullanılarak yapılardan farklı olarak kaya oyma şeklinde olduğu belirtilmektedir. Kaya oyma yapılar yapılırken kayanın kazılabilirliğinin ve şekil verilebilirliğinin kolay olması önem arz etmekte olduğundan bahsetmektedir [14].

Ulusay ve çalışma arkadaşları, Ürgüp İlçesi, Kayakapı Mahallesindeki kaya düşme potansiyeli taşıyan kaya dokusuna sahip yaklaşık 1200 yapının duraylılığı dahil çevresel ve mühendislik jeolojik problemleri araştırılmış ve yeraltı açıklıklarının yeniden kullanımı için bir envanter hazırlamışlardır. Gözlemlerinde ve deneysel çalışmalarına dayanan değerlendirmelerinde, tüflerin hem dik, hem de tabakalaşmaya paralel olarak önemli değişiklikler göstermediği, süreksizliklerin ve hava şartlarının kaya kesme yapıların stabilitesini kontrol eden daha önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Açıklıkların yeniden kullanılmasını tehdit eden en büyük stabilite sorunlarını ise, yapısal olarak kontrol edilen blok duraysızlıkları, fazla açıklıklar ve tüften yapılmış sütunların aşınması ve kesilmesi olarak ifade etmişlerdir [15].

Aydan ve çalışma arkadaşları, Kapadokya bölgesinde antik ve güncel kaya yapılarının kaya mekaniği açısından değerlendirilmesi hakkında çalışmalarında bölgenin depremselliği, gerilme ortamı, yer altı açıklıkları ve çevresindeki iklimsel koşullar ve çevre kayasının kısa ve uzun süreli davranışı, indeks ve mekanik özellikleri ile su içerisiğinin ve donma çözünme süreçlerinin kaya bozunması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu araştırmalarında elde ettikleri en önemli sonucu olarak; açıklıkların vadiye bakan topuklarında rüzgar, yağmur ve donma çözünme sonucu oluşan aşınma olgusunun etkisini çok büyük olduğunu vurgulaşmışlardır. İçerisinde açıklık bulunan peribacaları için antik kaya yapılarının korunması için özellikle aşınma olgusunun önlenmesi veya yavaşlatılması için önlemlerin alınması gerekliliğini belirtmişlerdir [16].

Aydan ve çalışma arkadaşları, çalışmalarında Kapadokya bölgesindeki Derinkuyu Yer altı Şehrinde çevre koşulları, kaya malzemesi ve kaya kütlesinin özellikleri ile duraylılığı ve uzun süreli davranışı üzerine yapmış oldukları deneysel, gözlemse, kuramsal ve sayısal analiz sonuçlarını sunmuşlardır. Yer altı şehrinin yüzeye yakın kısımlarda iklimsel koşullar, yapılaşma ve trafikten kaynaklanan dinamik yüklemelerden dolayı yerel ölçekte bazı duraysızlık sorunlarının meydana gelebileceği söylemişlerdir. Ancak daha aşağıdaki katlar için bu etkenlerin çevre kayacının özelliklerinde değişimler meydana getirmesini beklemediklerini belirtmişlerdir [17].

Ulusay ve çalışma arkadaşları, Kapadokyada yer altı yerleşimlerinin içinde açıldığı üç farklı tüfün fiziksel, kısa süreli mekanik ve yerindeki özelliklerine ilişkin deneysel bulguları değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, incelenen tüflerin; yüksek poroziteye ve düşük birim hacim ağırlığa sahip olup kaya kütlesi olarak iyi kaya kütlesi şeklinde sınıflandırılmalarına karşın dayanımları açısından zayıf – çok zayıf ve atmosferik koşullara karşı oldukça duyarlı kayalar olduklarını belirtmişlerdir [18].

Yılmazer tarafından yapılan çalışmada; tüf birimlerde açılmış kaya oyma yapılar değerlendirilmiştir. Çalışmada, kalın ve masif lapilli kayaç katmanlarının, insanlar tarafından kolay işlenebilir olması nedeni ile; mağaralar ve mimari anıtsal yapılar oyularak yapılmış, ayrıca boyutlanarak taş ocağı olarak kullanıldığından bahsetmiştir. Bu katmanların RQD değerlerinin % 80'i aştığı, iyi kalitede olduğu ancak zayıf kaya olarak tanımlandığını belirtmiştir [19].

Bilgili, yapmış olduğu çalışmada bozulmaya neden olan iç etmeleri; kayacın bünyesindeki süreksizlikler, malzemeye bağlı özellikler, mekânın oyulduğu kayanın/inşa edilen yapının konumu bozunma sürecini hızlandıran başlıca iç nedenlerdir şeklinde tanımlamıştır, Yapısal ve jeolojik özelliklere bağlı bozulmalarını ise; Kapadokya Bölgesi'nde doğal kayaların içine oyulan kaya mekânlarda meydana gelen bozulmalar doğrudan kaya şev duraysızlıklarıyla ilişkili olarak tanımlamıştır [20].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmaya konu olan kaya oyma yapı tapu kayıtlarında; Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Mustafapaşa Köyü, Köyiçi mevkii; 43 pafta, 4785 parselde yer almaktadır. Ayrıca bu tez çalışmasında pusula, schmidt çekici, fotoğraf makinası söz konusu parselin halihazır durumunu gösteren rölöve projeleri kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

İncelemeye konu olan alanda gerçekleştirilen tez çalışması; literatürün taranması, arazide çalışmaları, laboratuvar deneyleri ve büro çalışmaları olmak üzere dört ana aşamada yürütülmüştür.

3.2.1 Literatür Taraması

Kaya oyma yapılarla ilgili daha önce yapılan jeolojik çalışmaların verilerinin elde edilmesi için literatür derlemeleri yapılmıştır. Çalışma alanı ve benzer kaya oyma yapılar teşikil eden bölgede yapılmış olan tezler, makaleler ve raporlar irdelenmiştir. Bu kapsamda incelenen çalışmaları "Önceki Çalışmalar" başlığı altında verilmiştir.

3.2.2 Arazi Çalışmaları

Arazide kayanın kütle özelliklerini belirleyebilmek adına ana kayacı oluşturan ignimbirit malzemesinden taşınabilir el karot makinasıyla 54 mm çapında 40 cm uzunluğunda 4 adet karot numune alınmıştır. Alan içerisindeki yapı bütününde yer alan mağara odaların duraylılığına etkileyecek olan süreksizlikler tespit edilmiş ve incelenmiştir. Hazırlanmış olan rölöve projesi yerinde incelenerek süreksizlik ve proje detayları yerinde kontrol edilmiştir. İnceleme alanında yer alan 4 farklı mekan içerisinde schmidt çekici deneyi yapılmıştır. Ayrıca arazi çalışmaları kapsamında litolojik ve kaya kütlesi özelliklerinin belirlenmesine yönelik incelemeler yapılmıştır.



Resim 3.1 (a) Araziden karot alımı,(b) Araziden alınan karot örnekleri



Resim 3.2 Schmidt çekici ile arazide yüzey sertliğinin belirlenmesi

3.2.3 Laboratuar Çalışmaları

İncelemeye konu olan alandan alınan karot örnekler alanın fiziksel ve mekanik parametrelerini belirlemeye yönelik laboratuar deneylerine tabi tutulmak için TÜRKAK agreditasyonlu; Limit Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik Sanayi ve Ticaret A.Ş. laboratuarına nakledilmiştir. Laboratuarda numuneler üzerinde; su muhtevası, doğal birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü, poisson oranı, indirek çekme dayanımı deneyleri ISRM (2007) standartlarına uygun olarak yapılmış olup, porozite ve su emme deneyleri TS 699 standartlarına uygun olarak yapılmıştır [21].

3.2.3.1 Kuru ve Doğal Birim Hacim Ağırlıklarının Tespiti

Birim hacim ağırlık deneyi ile alandan alınan karot örneklerin kütlesel biriminin hacimsel ağırlığını ortaya koymayı sağlar. Silindirik karot numuneleri çapı ve boyu, ölçüm kumpası kullanılarak birbirlerine dik iki ayrı yönde ölçülür ve elde edilen değerlerin ortalaması hesaplanır. Karot numunlerinin boyu ve çapından numunenin hacmi hesaplanır. Numune hassas terazide tartılır. Kuru yoğunluk ve kuru birim hacim ağırlık tayinlerinde ise, numune 105^{o}C'de fırında en az 12 saat kurutulmasından sonra ağırlık ölçümü yapılır [21].



Resim 3.3 Birim hacim ağırlık deneyleri için hazırlanan örnekler

3.2.3.2 Tek Eksenli Basınç Dayanımının Tespiti

Tek eksenli basınç dayanımı, kayacın kırıldığı andaki uygulanan yükün birim alana bölünmesiyle elde edilen değerdir. Araziden alınan karot örneklerin uzunluk (L) / çap (D) 2/2,5 ölçülerinde silindir şeklinde hazırlanmıştır. Dikey ve tek eksen üzerinden tatbik edilen yükün altında yenilme limiti ölçülmüştür [21].



Resim 3.4 Tek eksen sıkışma deneyi

3.2.3.3 Elastisite Modülü ve Poisson Oranı

Elastisite modülü ve poisson oranı, alınan karot numunelerinin tek eksenli basınç deneyi sırasında belirlenmiştir. Elastisite Modülü; malzemeye uygulanan gerilmenin, uygulanan gerilmeden dolayı meydana gelen birim şekil değişimine oranıyla elde edilir. Deney yapılırken uygulanan yük manometreden okunurken, oluşan deformasyonlar gerinim ölçer kadranından (strain gauge – elektirksel yöntem) okunmuştur. Poisson Oranı; bir malzemenin elastik bölgede yanal ve eksenel elastik birim şekil değişimlerinin oranı ile elde edilen bir sabittir. Poisson oranının belirlenmesi için eksenel deformasyonun yanında yanal deformasyonun değeri de kayıt edilmiştir [21].



Resim 3.5 Örnekler üzerine srain gauge yerleştirilmesi

3.2.3.4 İndirek Çekme Dayanımı Tespiti

İgnimbrit örneklerinin çekme dayanımı brazilian çekme deneyi ile belirlenmiştir. Numune hidrolik pres ve çelik çeneden oluşan düzenekle yüke maruz kalarak ezilmektedir. Kırılma anında deney parçasına yaklaşık olarak 10^{o}'lik bir açıyla temas eden iki adet çelik çene bulunmaktadır. Kalınlıkları kendi yarıçaplarına eşit olacak şekilde çapları en az 54.7 mm olarak hazırlanan numunelerin yüzeyleri birbirine paralel ve düşey eksene dik olacak şekilde hazırlanmıştır. Hidrolik prese bağlı olarak yük ve deformasyonu otomatik kaydeden programda kaydedilen verilerden numunelerin kırıldığı andaki yük değerleri (Fc) kayıt edilmiştir. Deney yöntemi olarak ISRM (2007)'nin önerdiği yöntemler kullanılmıştır [21]



Resim 3.6 Brazillian deneyi

3.2.4 Büro Çalışmaları

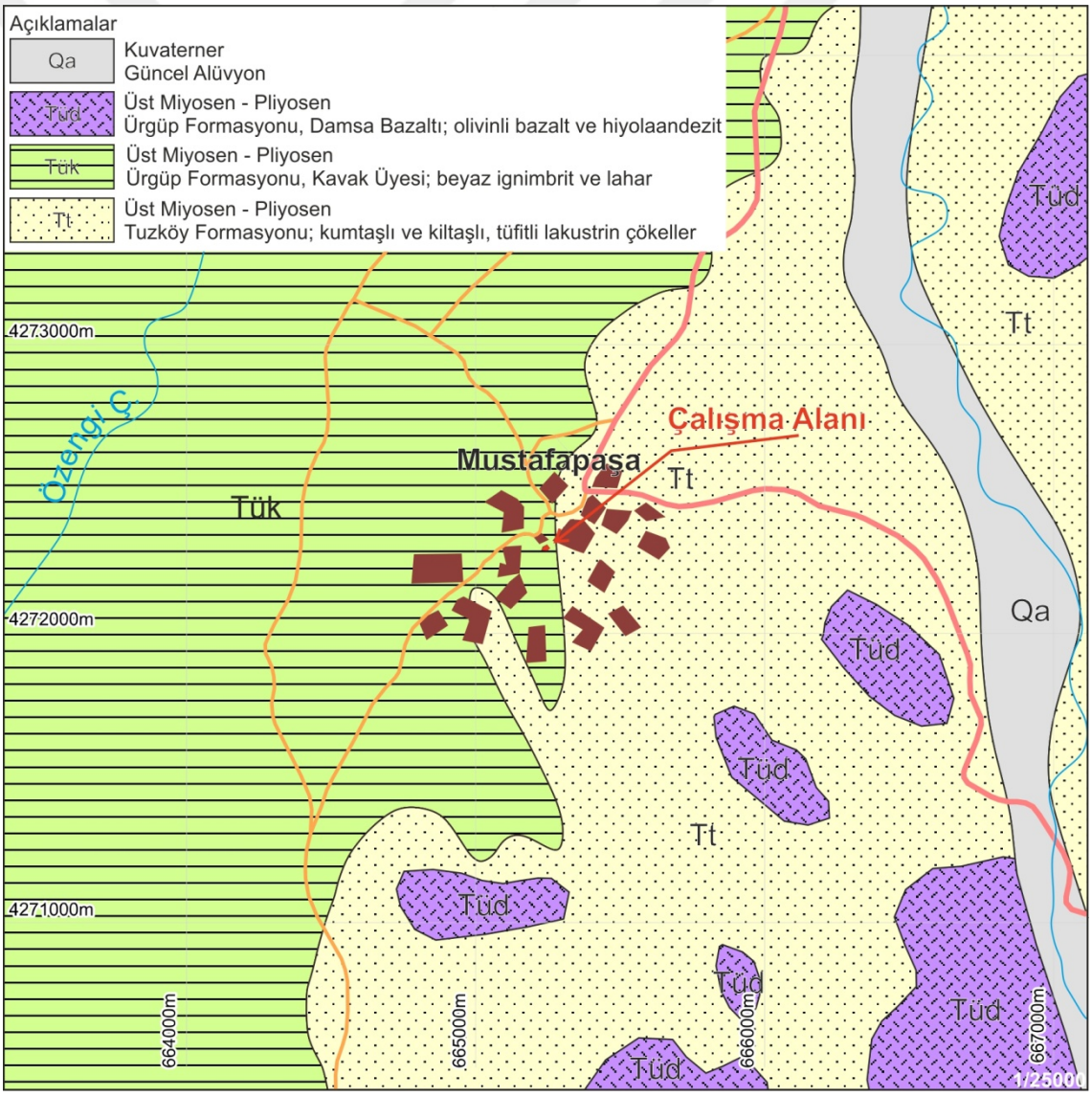
İncelemeye konu olan alanda restorasyon çalışmalarına temel teşkil etmesi için Autocad teknik çizim programında hazırlanmış olan rölöve projelerinden kaya oyma yapıyı karakterize edecek farklı doğrultularda beş farklı kesit oluşturulmuştur. Elde edilen kesitler üzerinde iki boyutlu sonlu elamanlar yöntemine göre çalışan RS^2 9.0 Rocscince (2018) yazılımı ile kaya oyma yapının farklı bölümlerinde oluşan gerilme deformasyon davranışları incelenmiştir [22].

4. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Çalışma Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı ve yakın çevresinde temelden itibaren Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı sedimanter kayalar, volkanik kayalar yer almaktadır. İnceleme alanında, üst miyosen - pliyosen yaşlı Ürgüp Formasyonu Kavak üyesi ignimbiriti ayırt edilmektedir.



Harita 4.1 İnceleme alanı ve yakın çevresi jeoloji haritası

İnceleme alanı ve yakın çevresinde gözlenen birimler ve tanımlı formasyonlardan aşağıda bahsedilmiştir. Formasyon açıklamaları yaşlı birimden genç birime doğru sıralanarak yapılmıştır.

4.1.1 Tuzköy Formasyonu (Tt)

Atabey ve çalışma arkadaşları, tarafından adlandırılan birim çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı ve tüfit ardalanmasından oluşmuştur [23]. Çakıltaşı gevşek çimentoludur ve 10-20 santimetre çapında çakıllar (diyabaz, spilit, granit, andezit, granodiyorit, metamorfik kayaç) içermektedir. Kumtaşı ve kiltaşları, sarımsı kahve renkli; tüf ara düzeyleri ve pomza parçaları içermektedir. Orta düzeylerde 5-6 metre kalınlığında sarımsı renkli, çapraz tabakalı tüfit, üst düzeylerde ise kahve-gri renkli, kalın tabakalı tüfit ve gri renkli ince tabakalı-laminalı kumtaşları yer alır. Birim toplam kalınlığı 100 metre dolayındadır. Birimin yaşı Atabey tarafından Üst Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir [24].

4.1.2 Kavak üyesi (Tük)

İncelenen kaya oyma yapılar, çalışma alanında geniş bir alanda gözlenen Kavak üyesi iglimbiriti içerisinde açılmıştır. Alanda yapılan gözlemlerde ve rölöve projesi çalışmasında yapılan ölçümlerde, birimin 14 metre kalınlığında yüzeylendiği tespit edilmiştir. Alanda gözlenen birim; beyaz, sarımsı beyaz renktedir. Birimin zeminden itibaren ortasında 1.5 metre seviyesinden başlayarak 5.5 metre yüksekliğe kadar ulaşan 20 cm kalınlığında kiltaşı – marn seviyesi bulunmaktadır.

Kaya birimi; açık kahve, beyazımsı renkte homojen ignimbirit ve pomza içerir. Tipik olarak peribacaları şeklinde erozyon şekilleri sunan, beyaz, sarımsı beyaz, sarı, açık gri renklerde ve birkaç faz halinde gözlenen ilk ignimbiritik aktivite ürünleridir. Adını Kavak Beldesi'nden alır. Ancak en iyi Göreme yöresinde izlenir. Gülşehir, Tuzköy, Nevşehir, Cemilköy, Avanos civarlarında yaygındır. Birim, Pasquare tarafından Kavak üyesi [4], Dönmez ve çalışma arkadaşları tarafından ise Kavak ignimbriti adıyla haritalanmıştır [25]. Atabey tarafından haritada Tük simgesi ile [24], Dönmez ve çalışma arkadaşları tarafından ise Tmük simgesi ile gösterilmiştir [25].

Kaya birimi, Alt ve üst Göreme İgnimbiriti olarak ikiye ayrılmıştır. Avcılar'da

(Göreme) her iki ignimbirit birbirinden türbülanslı akıntı çökelleri ile ve 1-2 m kalınlığında küçük laharik çökeller ile ayrılırlar ve her iki kısım 20-25 m kalınlıktadır [26]. Kavak İgnimbiriti genellikle homojen bir yapıya sahip olup, biyotit ve hornblend mineralleri içeren andezit ve dasit türü yabancı kayaç parçalarıyla, matrikste önemli miktarda biyotit içerir [4]. Pomzalar, mineral içermelerinin yanısıra, köpüksü bir yapı gösterir. Karadağ'da alterasyona uğramış ve yer yer silisleşmiştir. Kavak ignimbritinin toplam kalınlığı 10-150 m arasında olup, Göreme'de 93 m'dir [27]. Gerek stratigrafik konumu, gerekse bazı araştırmacılar tarafından yapılan radyometrik yaş tayinlerine dayanılarak Üst Miyosen yaşta aktivite gösteren volkanik etkinlik sırasında oluştuğu bilinmektedir. Bu birime ait tüf akmalarından, biyotitlerde K/Ar yöntemiyle İnnocenti ve çalışma arkadaşları tarafından 8,6 ± 1,7 milyon yıl [28], Temel tarafından 11,2 ± 2,5 milyon yıl [27], Schumacher ve çalışma arkadaşları tarafından 8,96 ± 0,2 milyon yıl ortalama yaşları saptanmıştır [26].

4.1.3 Damsa Bazaltı (Tüd)

Birim, Dönmez ve çalışma arkadaşları tarafından bazalt, bazaltik andezit, piroksen andezit, olivin bazalt olarak tanımlanmıştır [25]. Bazı kesimlerde tamamen piroklastiklerle temsil edilirler (Sarıca köyü). Kül ve blok akmaları şeklindeki bu piroklastikler gri, kırmızı, kahve renkli bazalt, bazaltik andezit parçaları içerir. Atabey, tarafından Damsa Vadisi boyunca yüzeylenen bazaltlar Damsa Bazaltı olarak adlandırılmış ve harita simgesi Tüd olarak gösterilmiştir [24]. Aralarında yer yer lav dilleri mevcuttur. Lavlar, bazı yörelerde (Damsa Vadisi soğansı ayrışmalar ve sulu ortamda çökelme izleri gösterir. Dönmez ve çalışma arkadaşları tarafından haritada Tmüsa simgesi ile gösterilmiştir [25]. Ürgüp ilçesi Damsa Vadisi içerisinde görülür. En iyi gözlendiği yer Sarıca ve Öksüt köyleridir. Volkanizma birçok yerde Ürgüp Formasyonu çökelleriyle ara düzeyli olarak izlenir. Sarımadentepe İgnimbiriti ile Mustafapaşa Üyesi'nin gölsel çökelleri arasında yer alır. Damsa Lavı olarak da bilinen bazaltlarda Temel K/Ar yöntemiyle 8.2 ± 0,2 milyon yıl yaş saptamıştır [27].

4.1.4 Güncel Alüvyon

Çalışma alnının yakın çevresinde yer alan en genç oluşumlar güncel alüvyondur. Kızılırmak Nehri kollarında görülen çakıl, kum, mil ve topraktan oluşmaktadır.



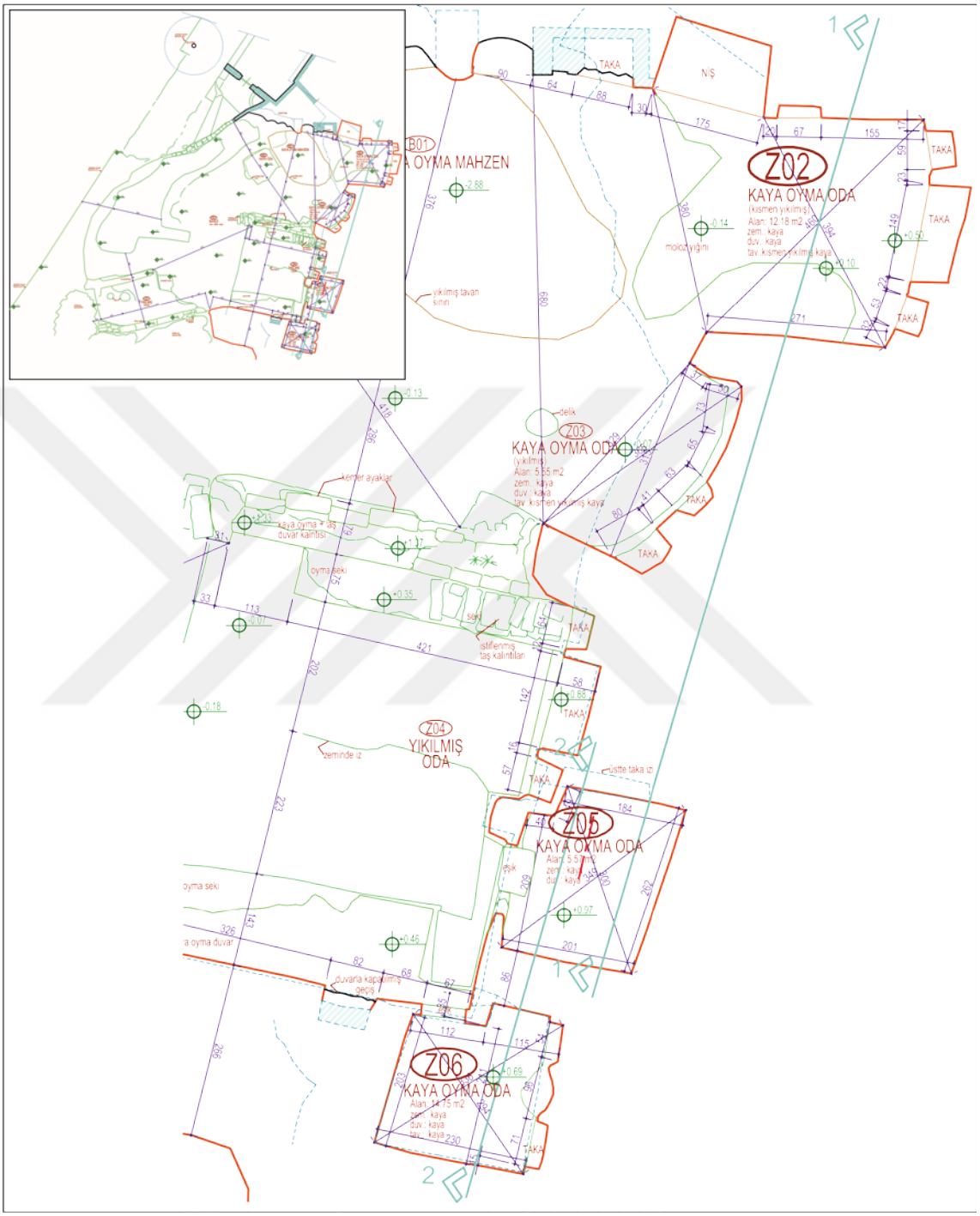
Resim 4.1 İnceleme alanı jeolojik birimi

4.2 Mühendislik Jeolojisi

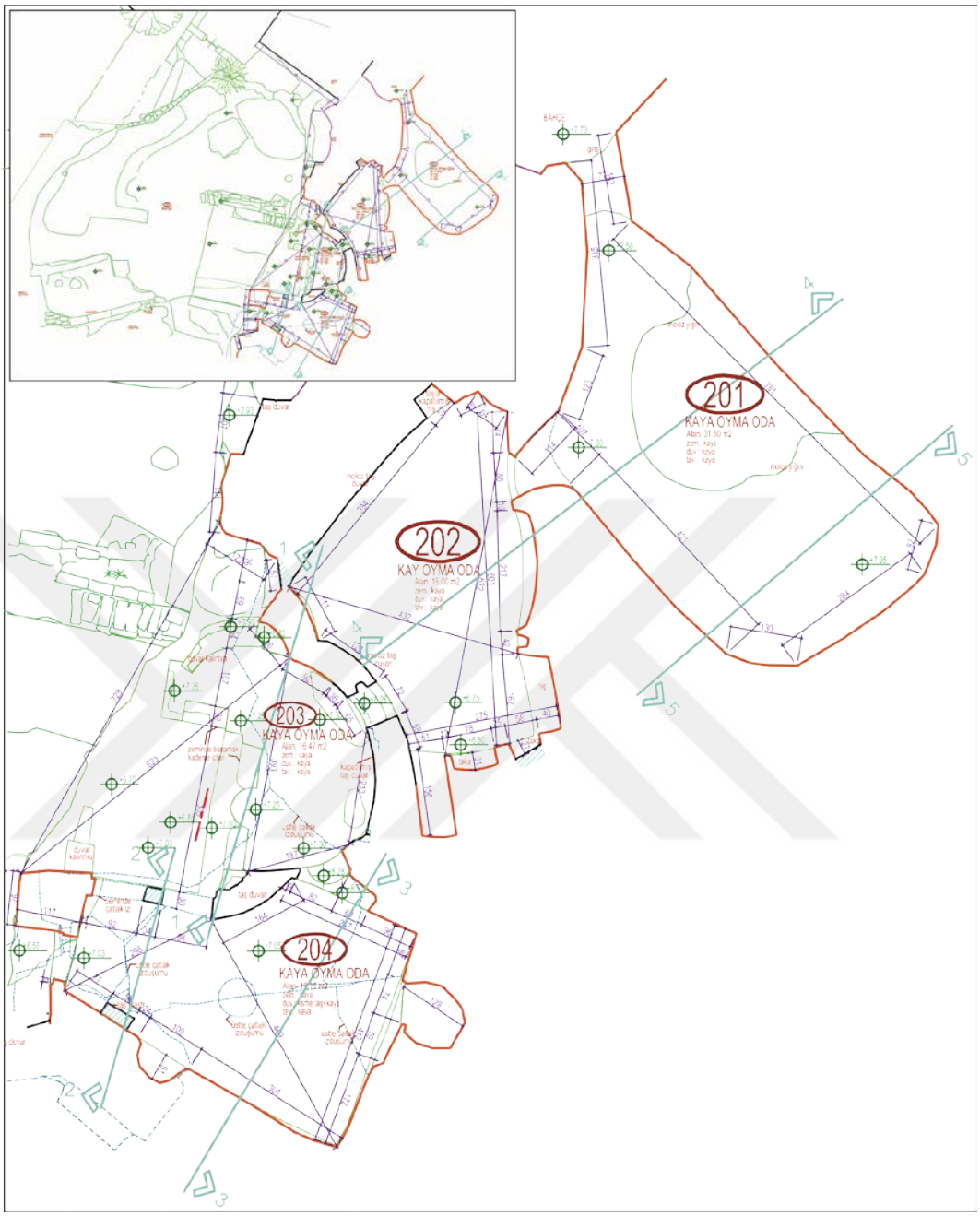
4.2.1 Kaya oyma yapının genel özellikleri

İncelemeye konu olan alandaki kaya oyma yapıların duraylılığı mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmiştir. Alanda Kavak üyesi ignimbriti tek birim olarak ayırt edilmiştir. İncelemesi yapılan kaya oyma mekanlar yaklaşık yol kotundan 10 m yükseklikteki vadi sırtında yüzeylenen ignimbirit birim içerisine açılmıştır. İncelenen kaya oyma yapılar uzun süredir metruk haldedir. Bu süreçte tüm olumsuz dış etkilere karşı korumasız halde kalmıştır.

Yapının incelemesinde ignimbirit birim içerisinde açılan hacimlerin taban, tavan ve taşıyıcı elamanlarını oluşturan duvarlarının da ignimbirit kaya olduğu görülmüştür. Yapılan incelemelerde ve hazırlanan rölöve projesinde mekan adları numaralandırılarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.1 Çalışma alanı rölöve projesi zemin kotu



Şekil 4.2 Çalışma alanı rölöve projesi birinci kat kotu

201 Kaya oyma oda yaklaşık 2 m yüksekliğinde, 4 m genişliğinde ve 7 m uzunluğundadır. Mekanda tavan, taban ve duvarlar ignimbirit kayadır. Mekanın yaklaşık alanı 31.50 m^2 olarak hesaplanmıştır. 202 ve 203 nolu odaların kuzeydoğusunda yer alan mekanın, 202 nolu odası ile kaya içerisine oyulmuş küçük bir geçişe sahiptir. 201 nolu odanın kuzeyinden inceleme alanındaki yapıların üst kotundan dışarı ile bağlantısını sağlayan bir girişi mevcuttur. 201 nolu mekanın içerisinde gözle görülebilir belirgin süreksizlikler gözlenmemiştir. Kaya yüzeylerinde ufalanma ve

kavlaklanma sorunları gözlenmektedir (Resim 4.2).



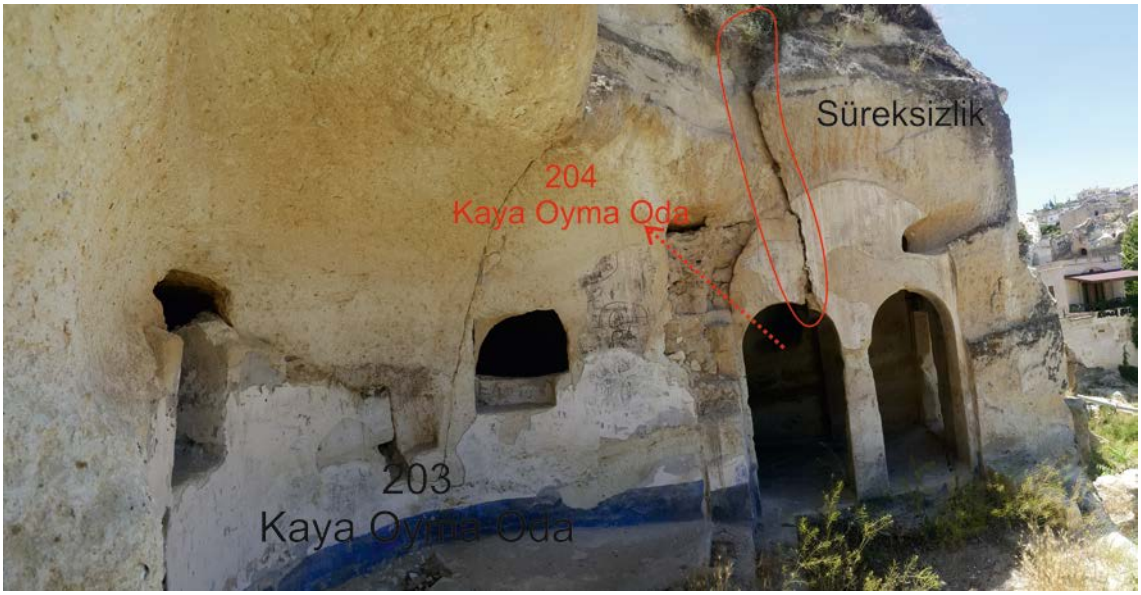
Resim 4.2 201 nolu oda genel görünümü

202 nolu Kaya oyma oda; 203 nolu odanın kuzey doğusunda, 201 nolu odanın ise güney batısında yer almaktadır. Belirli bir forma sahip olmadan oyulan odanın 203 nolu oda ile bağlantısını sağlayan geçiş kesme taş duvar ile örülmüş olup, duvarın dairesel formu 203 nolu mekanı oluşturan dairsel formun dış kasnağı 202 nolu odaya bakmaktadır. Mekanda tavan, taban ve duvarlar ignimbiritdir. Mekanın ortalama uzunluğu 5 m ölçülürken, ortalama genişliği ise 3 metre civarında ölçülmüştür. Mekanın alanı yaklaşık 19 m^2'dir. Mekanda gözle görülebilir süreksizlikler bulunmamaktadır. Yapının duvarında ve tavan bloğunda kavlaklanma sorunları gözlenmektedir (Resim 4.3).



Resim 4.3 202 nolu oda genel görünümü

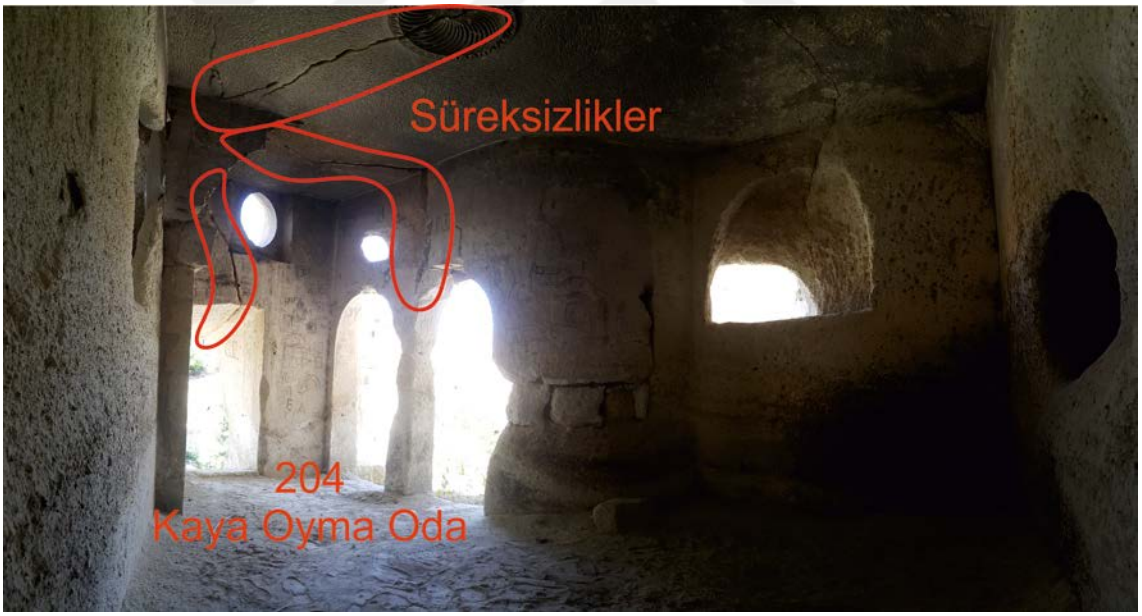
203 nolu oda ignimbirit kaya birim oyularak açılmış olup, doğu kısmı dışında tavan örtüsü bulunmamaktadır. Mekanın duvarları genel itibari ile kaya olup kuzey-doğu komşusu 202 Kaya Oyma Oda ile güney komşusu 204 Kaya oyma oda geçişlerinde kısmı kesme taş örme duvarlar mevcuttur. Oda tabanı kaya et kalınlığı; odanın güney-batı ucunda 1 m ölçülen en düşük taban kaya et kalınlığıdır, odanın iç kısımlarında tabanda yer alan boşluk hacmi olan Z05 Kaya Oyma Oda tavanı hesap edilerek 3 m civarında taban kaya et kalınlığı ölçülmüştür (Resim 4.4).



Resim 4.4 203 nolu oda genel görünümü

203 Kaya Oyma Odada tespit edilen yapısal sorunları 204 Kaya Oyma Oda ile olan geçiş duvar ve kapısında yer alan bölümlerdeki süreksizlikler teşkil etmektedir.

Rölöve projesinde 204 nolu Kaya Oyma Oda olarak tanımlanan hacim ignimbirit birim içerisinde açılmış kısmi kesme taş duvarları da mevcut bir mekandır. Mekanın tavan ve tabanı tamamen kaya olup 203 oda geçişini sağlayan çift kemerli kapı ve ilişiğindeki duvar kesme taş ile örülmüştür. Kaya oyma mekanın tavan et kalınlığı rölöve projesi üzerinden ortalama 1.7 m olarak hesaplanmıştır. Oda tabanında ise odanın batı girişi olan kaya oyma kapı taban kaya et kalınlığı 1 m iken, odanın iç kısımlarında; tabanda Z06 Kaya Oyma Odanın hacmine kadar yaklaşık 4.5 m taban kaya et kalınlığı proje üzerinden hesaplanmıştır. Fakat bu mesafe içinde alanda temizlik yapılmadığı için olması muhtemel kaya oyma hacim gözlenmemektedir (Resim 4.5).



Resim 4.5 204 nolu oda genel görünümü

204 kaya oyma odada en geniş yerinde 6 m uzunluğunda ve 4 m genişliğinde yaklaşık 20 m^2'lik bir tavan açıklığı mevcuttur. 204 nolu kaya oyma mekânı boydan boya kesen süreksizlik ve bununla ilişikli küçük ölçekli çatlaklar tavanda, yan duvarlarda ve tabanda gözlenmektedir. Süreksizliklerin açıklıkları 1.0 cm'ye kadar ulaşabilmektedir. Süreksizlikler genel olarak dolgusuz olup, yer yer küçük ölçekli dolgular gözlenmektedir. Bunlar kaya oyma mekânın kuzey-doğu ucunda yer alan ve 203 odayı

gören pencerenin üzerinde yer alan süreksizliklerde daha belirgindir (Resim 4.6, 4.7).



Resim 4.6 204 nolu oda tavan bloğunda yer alan açıklığın genel görünümü

Ayrıca tavan bloğunda yer alan kırık takımına bağlı kavlaklanma, sökülme, ve alterasyona parsel dışında kalan diğer kaya oyma odalar kadar yoğun bahsedilememesi hatta tavan ve taban kayasının neredeyse bozunmamış olması giriş kısmında oluşan kırıkların daha yeni kırıklar olduğunu doğrular niteliktedir (Resim 4.6, 4.7).

İnceleme sahasında yapılan tespitler sırasında yukarıda bahsi geçen yapı bölümlerinin haricinde gözle görülür yapısal sorun tespit edilememiştir. Ancak yapının uzun süre dış etkilere doğrudan maruz kalmıştır. Kaya yüzeylerindeki kavlaklanma, sökülme, alterasyon gibi fiziksek ve kimyasal, ayrışmalar kaya yüzeyinde yapılacak tespitleri zorlaştırmaktadır. Kaya yüzey temizlikleri yapılmadan olası süreksizliklerin gözlenememiş olması ve tespit edilememesi mümkündür. Ancak incelmeye konu alan gibi Kapadokya bölgesindeki benzer kaya oyma yapıların bulunduğu alanlar koruma amaçlı imar planları içerisinde yer almaktadır. Bu tür alanlarda; hafriyat temizliği ve kaya yüzey temizliği gibi çalışmalar da dahil olmak üzere tüm uygulamalar Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurullarından alınacak izinlere tabidir. Bu nedenle duraylılık sorunlarının sağlıklı tespiti için projelendirme öncesinde alan temizliği ve kaya yüzey temizliklerinin tamamlanması önem taşımaktadır. Kaya temiz yüzeyleri üzerinde yapılacak detaylı ve analitik çalışmalar ile daha doğru sonuçlar elde etmek mümkün olacaktır.



Resim 4.7 204 nolu odad tavan ve duvarında yer alan açıklığın genel görünümü

4.2.2 Kaya Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

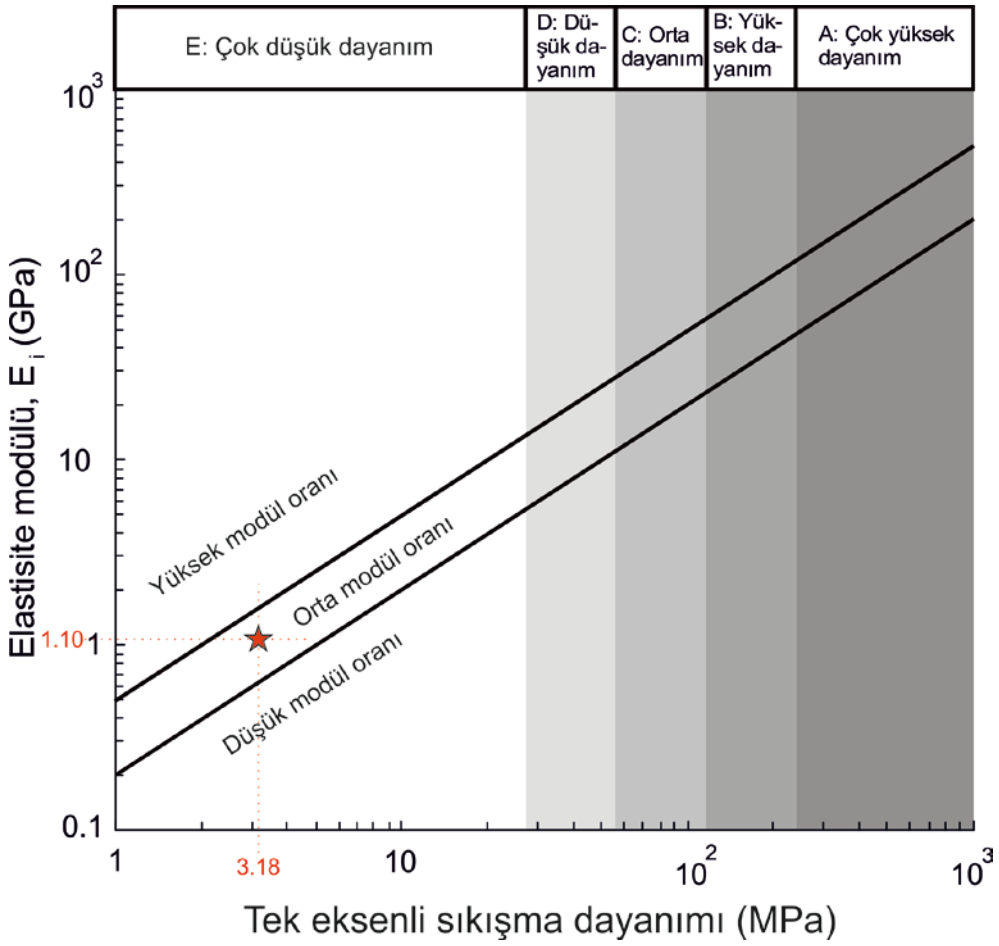
Limit Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik Sanayi ve Ticaret A.Ş. laboratuarında yapılan analiz sonuçlarına göre çalışma alandan alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları tablo 4.1'de verilmiştir. Buna göre ignimbiritlerin su muhtevası ortalama % 17.60 olarak tespit edilmiştir. Kuru birim hacim ağırlık ortalaması 14.16 kN/m3 olarak bulunmuştur Bu değerler NBG'ye göre alandaki ignimbiritlerinin çok düşük birim hacim ağırlığa sahip kaya grubunda olduğunu göstermektedir [29]. Aynı numunelerden elde edilen doğal birim hacim ağırlık ortalaması ise 16.65 kN/m3 çıkmaktadır. Numuneler üzerinde yapılan porozite deneyleri sonucunda ortalama % 37.52 oranı elde edilmiştir. Karot numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyinden ortalama 3.18 MPa değer elde edilmiştir. Elastisite modülü deney sonucuna göre alınan numunelerin ortalama E değeri 1.10 GPa'dır. İncelemeye konu alandan alınan karot numunelerin poission oranı ortalaması 0.29 değerini vermekte olup, indirek çekme dayanımı (Brazilian) deneyi sonuçlarının ortalaması 0.432 MPa olarak bulunmuştur.

Tablo 4.1 İnceleme alanından alınan numunelerden elde edilen laboratuar sonuçları

Deneyin Adı	N-1	N-2	N-3	Ortalama
Su muhtevası - Wn (%)	17.00	17.59	18.20	17.60
Doğal birim hacim ağırlığı - γ_n (kN/m^3)	16.41	16.80	16.74	16.65
Kuru birim hacim ağırlığı - γ_d (kN/m^3)	14.03	14.29	14.16	14.16
Porozite - n (%)	37.09	37.45	38.01	37.52
Su emme - I_v (%)	28.74	28.80	29.88	29.14
Tek eksenli basınç dayanımı - q_u (MPa)	2.86	3.28	3.39	3.18
Elastisite modülü - E (GPa)	0.89	1.35	1.05	1.10
Poission oranı - υ	0.29	0.29	0.28	0.29
İndirek çekme dayanımı (Brazilian) - σ_T (MPa)	0.405	0.437	0.453	0.432

Alandan alınan karot numunelere ait Tablo 4.1'de toplu olarak sunulan; fiziksel ve mekanik değerler irdelendiğinde genel itibariyle, örnek alınan alandaki ignimbiritin NBG'ye göre düşük birim hacim ağırlıklı ve çok yüksek poroziteli kayaç olarak tanımlanmıştır [29]. Bununla birlikte alandaki ignimbiritler çok düşük dayanımlı zayıf kaya olarak tanımlanmıştır [30].

İnceleme sahasındaki ignimbirit, Deere ve Miller tarafından önerilen birleştirilmiş mühendislik sınıflamasına göre değerlendirildiğinde, söz konusu ignimbirit kayasının elastisite modülü değeri açısından "orta" modül oranına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3) [30].

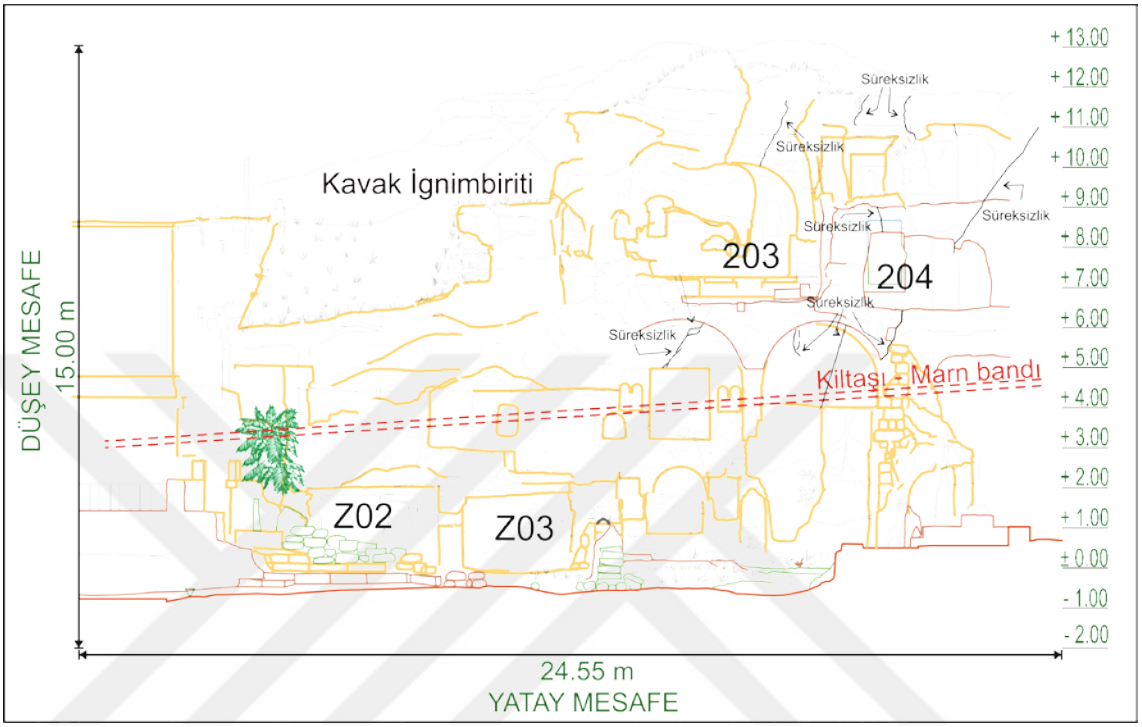


Şekil 4.3 İgnimbirit için modül oranının sınıflamasına göre belirlenmesi.

4.2.3 Kaya Kütle Özellikleri

İnceleme alandaki ignimbirit birim beyaz renkli olup soğuma çatlaklarına bağlı gelişen süreksizlik tipleri görülmektedir. Ayrıca alanda yer alan ignimbirit birim içerisinde kiltaşı-marn bandı bulunmaktadır (Şekil 4.4). Kaya birim vadi yamacı niteliğinde olup, birim içerisinde farklı büyüklüklerde kaya oyma mekanlar oluşturulmuştur. Zaman içerisinde dış etkilere bağlı olarak kaya oyma yapılarda çatlaklar ve kaya yüzeyinde deformasyonlar meydana geldiği görülmektedir. İnceleme alanındaki ignimbirit birimin tek eksenli sıkışma dayanımı ortalama 3.18 MPa olarak bulunmuştur. İgnimbirit kaya birim yüzeyinde gerçekleşen deformasyonlar genel itibari ile ufalanma ve kavlaklanma olarak tanımlanacak niteliktedir. İncelenen boşluklardaki süreksizlik açıklığı çok azdır. Yapılan incelemelerde süreksizliklerin genel itibari ile pürüzlü ve az bozunmuş özellikte olduğu ve ikincil dolgularının bulunmadığı tespit edilmiştir. İncelenen boşluklarda zaman zaman yağış sularına bağlı olarak nemlenme ve buna bağlı deformasyonlar

gözlenmiş olup yapı içerisine doğrudan su girişi söz konusu değildir.



Şekil 4.4 Rölöve projesi ön cephe görünüşü

4.3 Kaya Oyma Yapının Sayısal Modellemesi

Bu bölümde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kaya oyma yapının stabilitesi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sayısal jeoteknik analizler için sonlu elemanlar yöntemini temel alan iki boyutlu (2D) yazılım RS^2 9.0 kullanılmıştır [22]. İki boyunlu sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan analizlerde kullanılan girdi parametreleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Analizlerde Mohr-Coulomb yenilme kriteri dikkate alınmış olup, ağırlıklı olarak tüfden oluşan kaya kütlesinin davranışı elasto-plastik malzeme olarak değerlendirilmiştir. Arazi gerilmeleri ve yerçekiminden kaynaklanan doğal kütle gerilmeleri göz önünde bulundurulmuştur. İncelenen yapı bloğunda 3 farklı kaya oyma odadan 5 farklı kesit analizlerde kullanılmıştır (Şekil 4.1, 4.2). Analizlerde kuru koşullar göz önünde bulundurulmuş olup, sonuçlar maksimum gerilme, toplam deformasyon ve dayanım faktörü (strength factor) olarak verilmiştir.

Tablo 4.2 Sayısal modelleme analizlerinde kullanılan girdi parametreleri

Deneyin Adı	
Birim Hacim Ağırlık	16 kN/m^3
Elastisite Modülü	1,009 σPa
Poission Oranı	0,29
Çekme Dayanımı	0,011 MPa
İçsel Sürtünme Açısı	35
Kohezyon	0,188 MPa

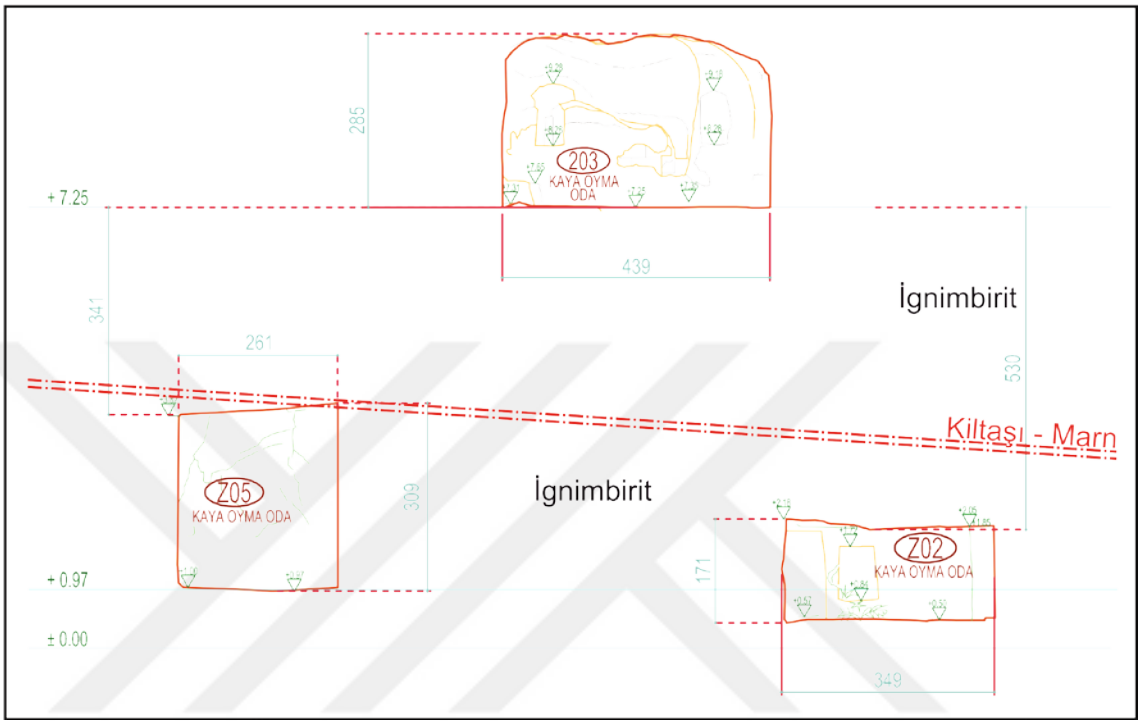
Yapılan deformasyon ve gerilme analizlerinde incelenen alanın homojen bir yapı sunduğu varsayımı ile hareket edilmiştir. Eklem, süreksizlik ve yer altı suyu seviyeleri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

4.3.1 Kesit-1

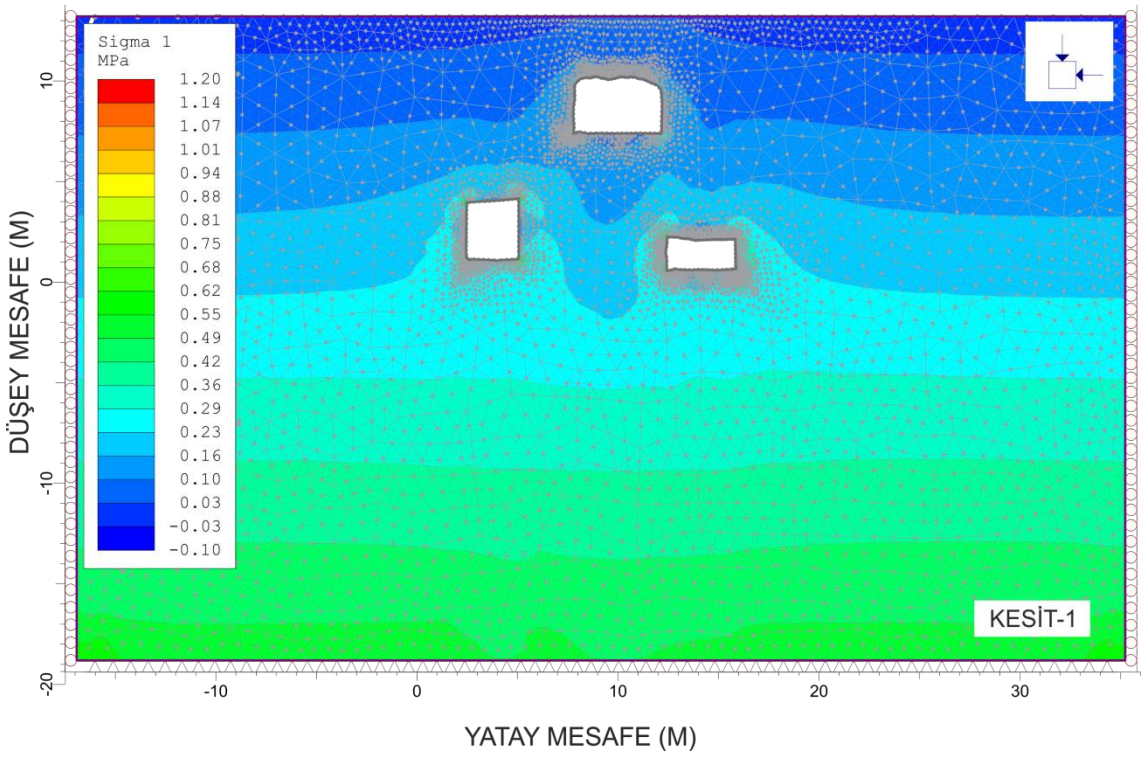
Kesit-1 alt-üst ilişkisi olan üç farklı boşluğun bulunduğu bir kaya oyma yapıyı temsil etmektedir. Söz konusu boşluklar 203, Z05 ve Z02 olarak adlandırılmış olup, Z05 (+0.97 m) ve Z02 (+0.50 m) zemin kotunda yer alırken, 203 nolu boşluk +7.25 metre kotunda yer almaktadır. 203 nolu boşluğun söz konusu kesitte maksimum yüksekliği 2.85 metre iken maksimum genişlik 4.39 m'dir. Z05 olarak adlandırılan boşluğun maksimum yüksekliği ve genişliği sırasıyla 3.09 ve 2.61 metredir. Z02 nolu açıklığın yükseklik ve genişliği 1.71 ve 3.49 metre olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5). Kesit çok düşük dayanımlı ignimbiritler içerisinde yer almakta olup, açıklık içerisinde gözlenen kırık ve süreksizliklerin düzensiz yayılımlara sahip olduğu için sayısal modellerde göz önünde bulundurulmamıştır.

Rs2 9.0 yazılımı ile yapılan analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme değeri 1.20 MPa gerçekleşirken, buna bağlı olarak maksimum deformasyon 0.75 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.6, 4.7). Z02 nolu boşluğun sahip olduğu açıklık genişliği ve üzerindeki örtü kalınlığının fazla olmasına paralel olarak tavan bölümünde en yüksek deformasyon değeri elde edilmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre açıklıkların birbirine uzak ve döşeme kalınlarının 3 metreden fazla olmasından dolayı açıklıklar alt

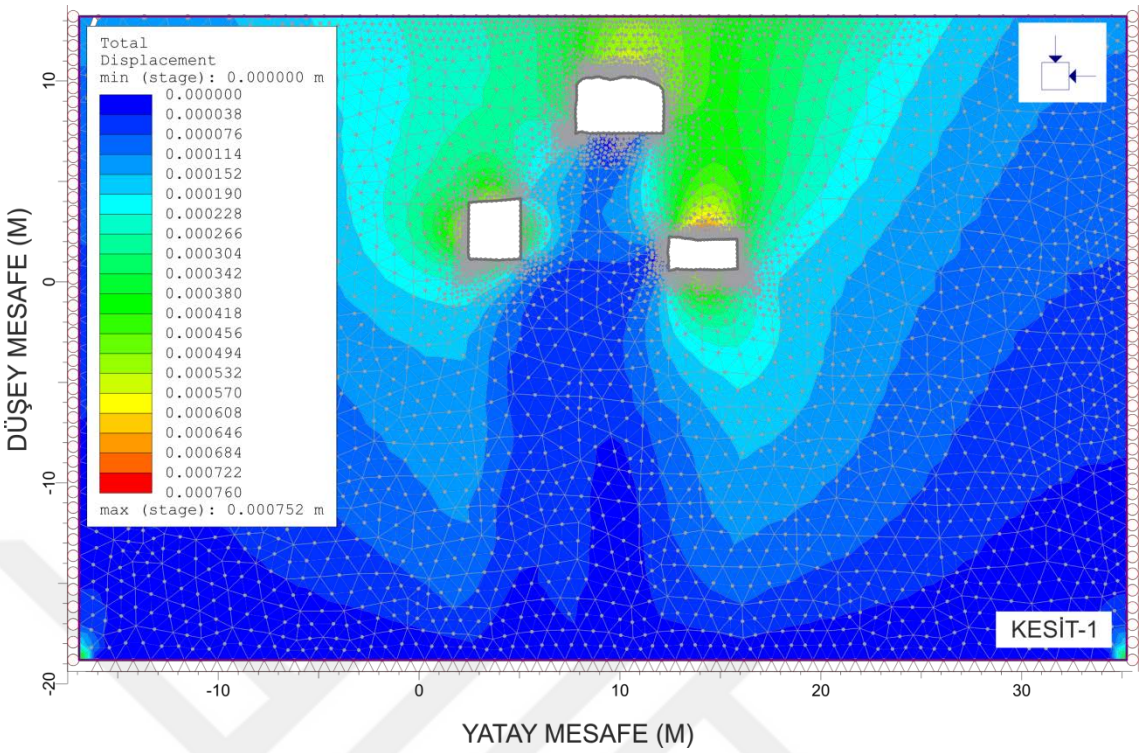
üst ilişkisi olan boşluk varlığından etkilenmemektedir. Ayrıca açıklıklar etrafında meydana gelen çekme gerilmeleri oldukça düşük (<0.1 MPa) olarak gerçekleşmiş, bundan dolayı gerilmelere bağlı bir stabilite problemi bulunmamaktadır



Şekil 4.5 Kesit 1 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri



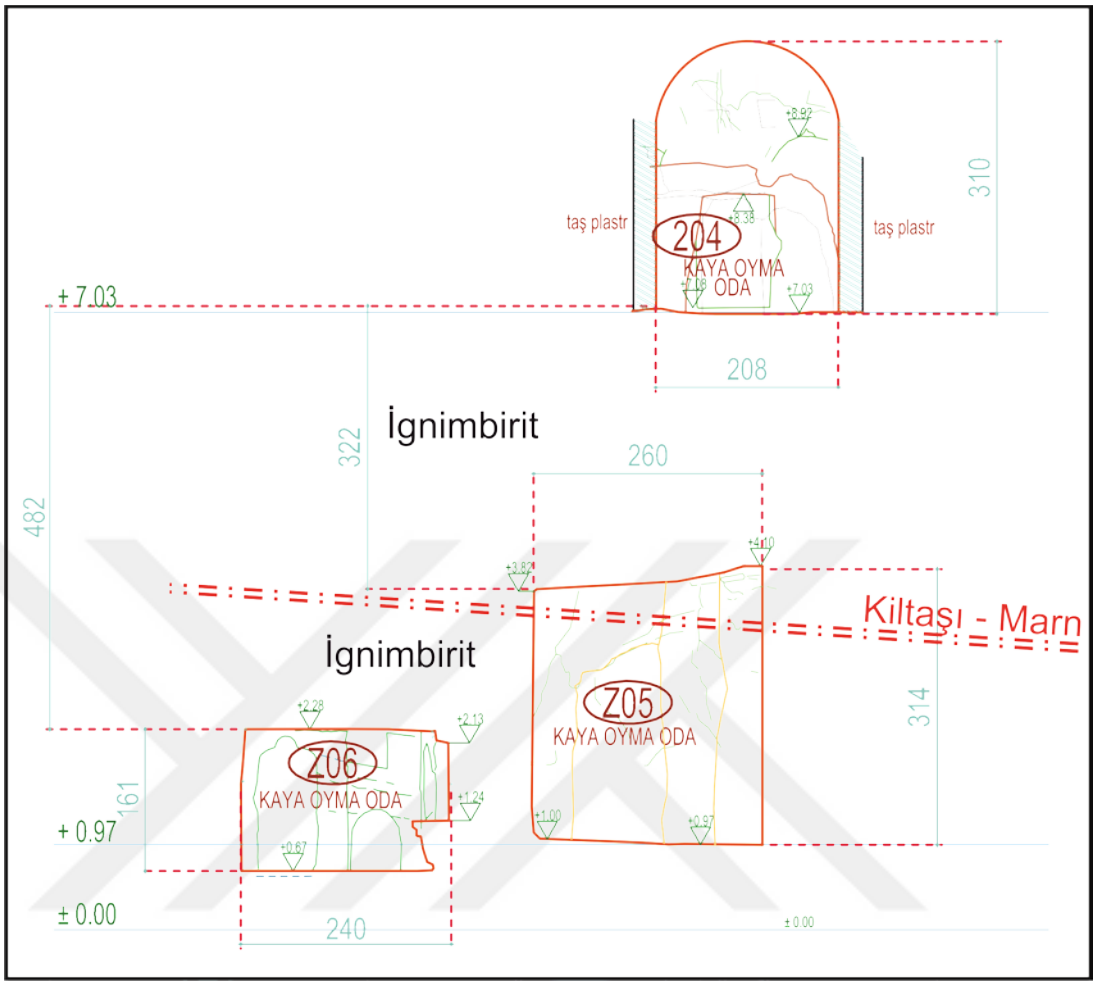
Şekil 4.6 Kesit 1 çekme gerilmelerinin dağılımı



Şekil 4.7 Kesit 1'de oluşan deformasyonların dağılımı

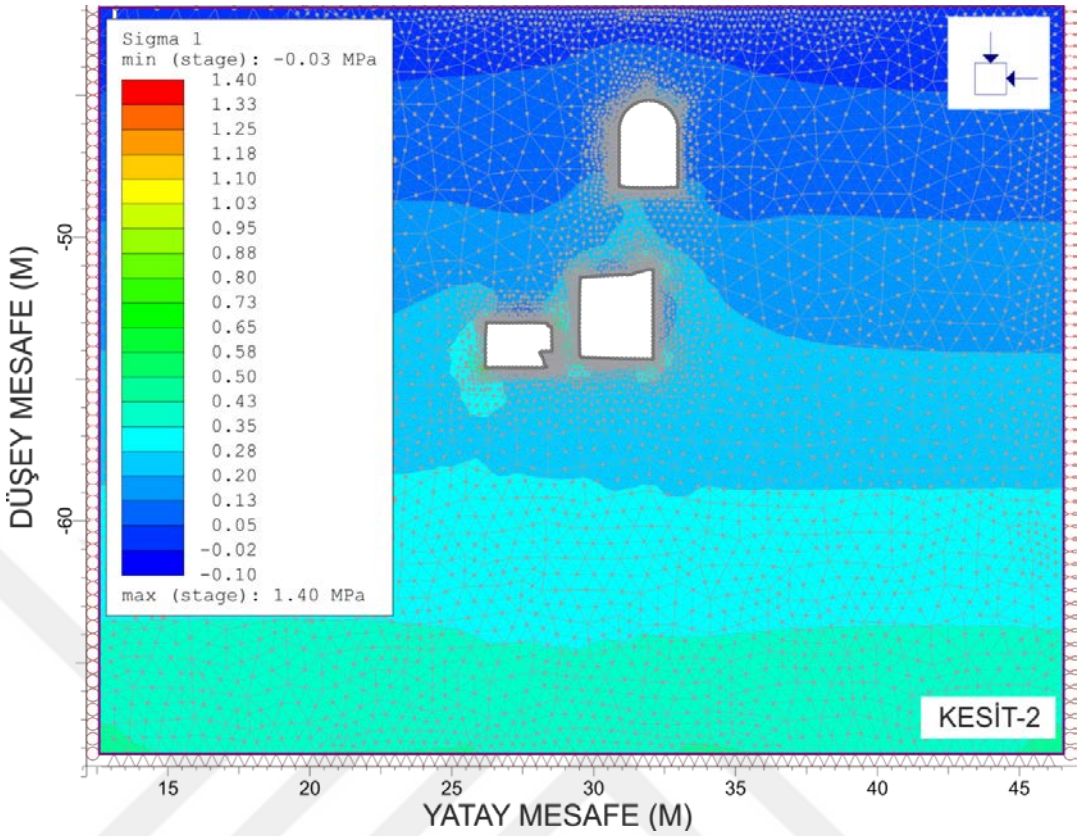
4.3.2 Kesit-2

Kesit-2 alt-üst ilişkisi olan üç farklı boşluğun bulunduğu bir kaya oyma yapıyı temsil etmektedir. Söz konusu boşluklar 204, Z05 ve Z06 olarak adlandırılmış olup, Z05 (+0.97 m) ve Z02 (+0.67 m) zemin kotunda yer alırken, 203 nolu boşluk +7.03 metre kotunda yer almaktadır. 204 nolu boşluğun söz konusu kesitte maksimum yüksekliği 3.10 metre iken maksimum genişlik 2.80 m'dir. Z05 olarak adlandırılan boşluğun maksimum yüksekliği ve genişliği sırasıyla 3.14 ve 2.60 metredir. Z02 nolu açıklığın yükseklik ve genişliği 1.61 ve 2.40 metre olarak ölçülmüştür (Şekil 4.8). Kesit çok düşük dayanımlı ignimbiritler içerisinde yer almakta olup, açıklık içerisinde gözlenen kırık ve süreksizliklerin düzensiz yayılımlara sahip olduğu için sayısal modellerde göz önünde bulundurulmamıştır.

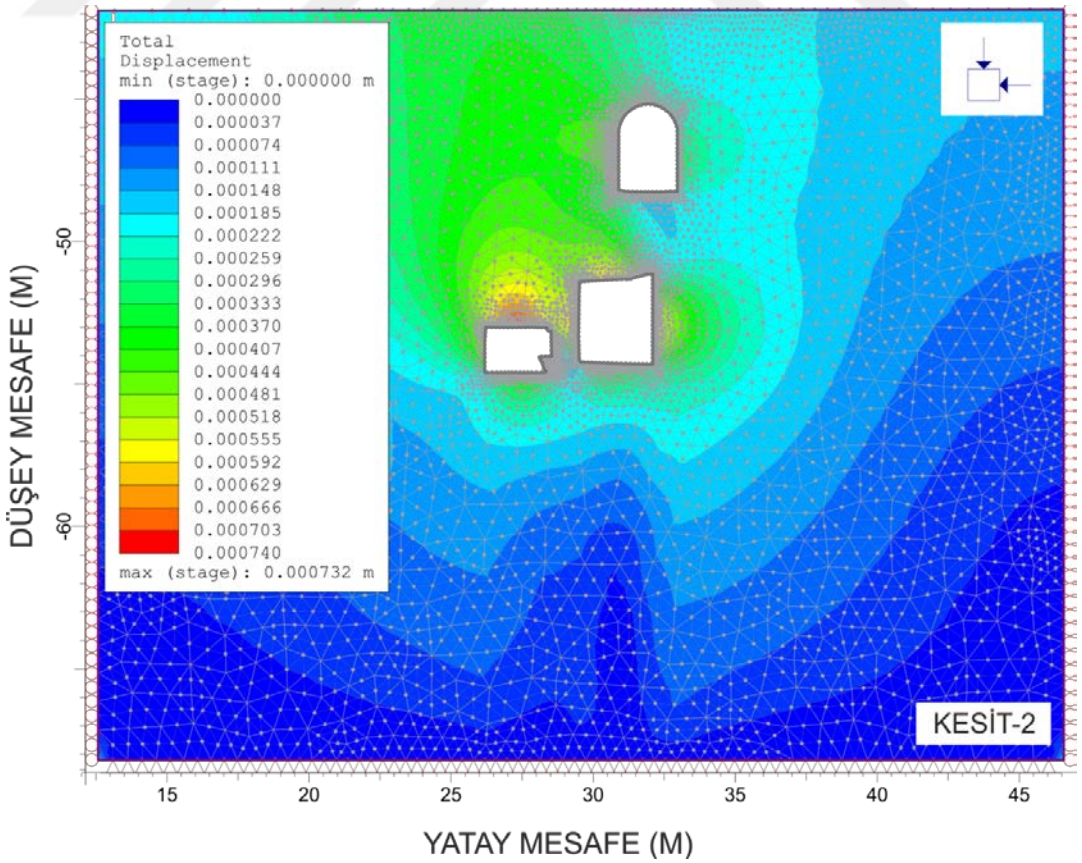


Şekil 4.8 Kesit 2 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri

Rs2 9.0 yazılımı ile yapılan analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme değeri 1.40 MPa gerçekleşirken, buna bağlı olarak maksimum deformasyon 0.732 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.9, 4.10). Z06 nolu boşluğun sahip olduğu açıklık genişliği ve üzerindeki örtü kalınlığının fazla olmasına paralel olarak tavan bölümünde en yüksek deformasyon değeri elde edilmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre açıklıkların birbirine uzak ve döşeme kalınlarının 3.22 metre olmasından dolayı açıklıklar alt üst ilişkisi olan boşluk varlığından etkilenmemektedir. Ayrıca açıklıklar etrafında meydana gelen çekme gerilmeleri oldukça düşük (<0.1 MPa) olarak gerçekleşmiş, bundan dolayı gerilmelere bağlı bir stabilite problemi bulunmamaktadır.



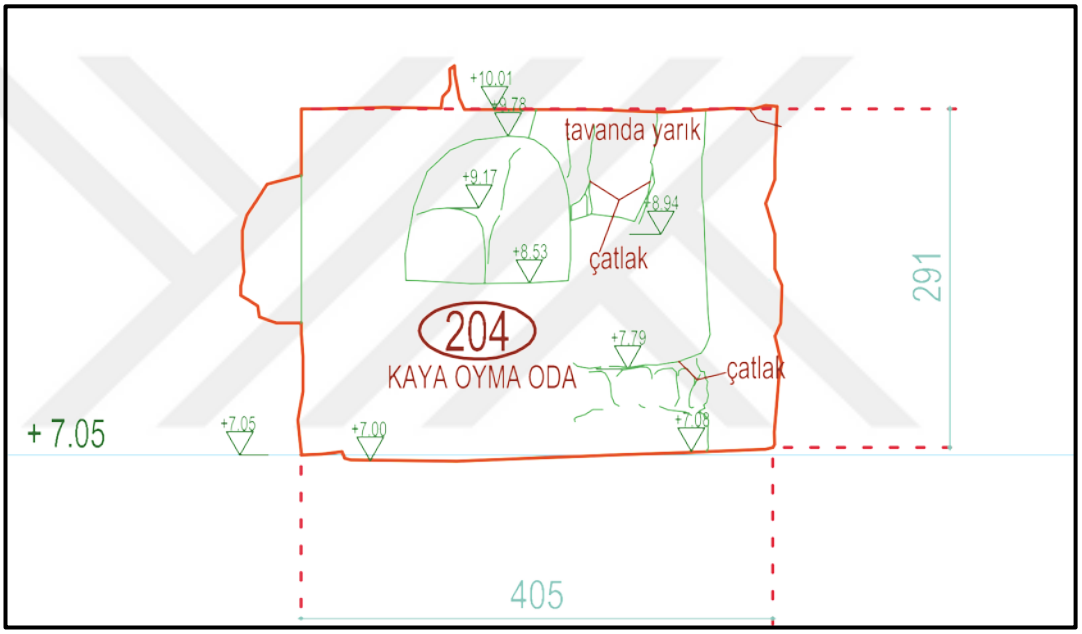
Şekil 4.9 Kesit 2'de oluşan gerilmelerin dağılımı



Şekil 4.10 Kesit 2'de oluşan çekme gerilmelerinin dağılımı

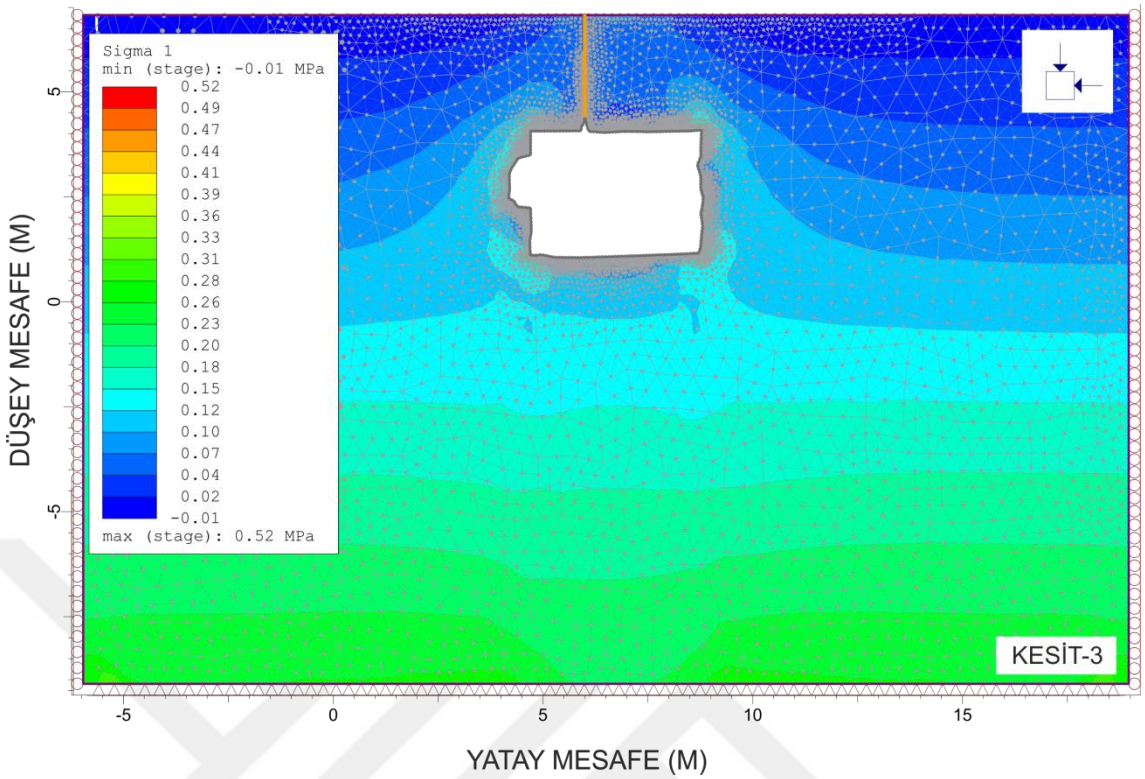
4.3.3 Kesit-3

Kesit-3 204 nolu boşluğun bulunduğu bir kaya oyma yapıyı temsil etmektedir. 204 nolu boşluk +7.00 metre kotunda yer almaktadır. 204 nolu boşluğun söz konusu kesitte maksimum yüksekliği 2.91 metre iken maksimum genişlik 4.05 m'dir (Şekil 4.11). Kesit çok düşük dayanımlı ignimbiritler içerisinde yer almakta olup, tavanda yer alan açıklık dikkate alınarak analize eklenmiştir.

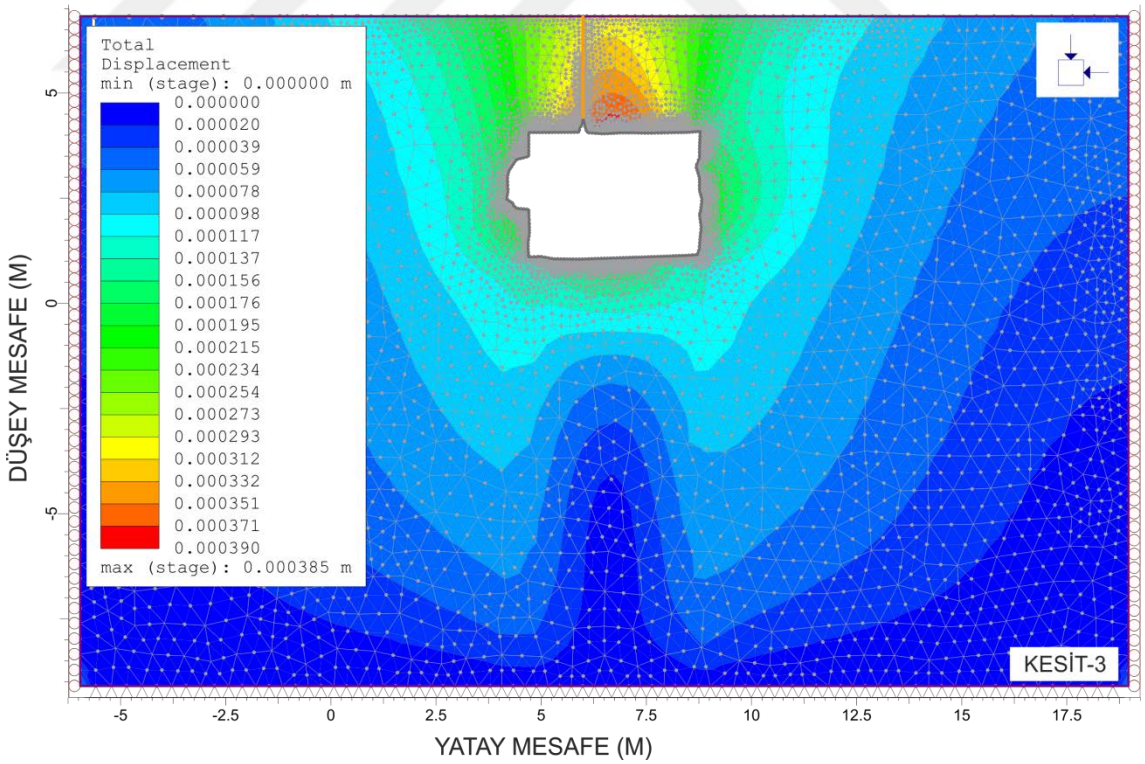


Şekil 4.11 Kesit 3 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri

Rs2 9.0 yazılımı ile yapılan analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme değeri 0.52 MPa gerçekleşirken, buna bağlı olarak maksimum deformasyon 0.385 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.12, 4.13). 204 nolu boşluğun sahip olduğu açıklık genişliğinin fazla olmasına ve tavanında gelişmiş olan açıklığa rağmen üzerindeki örtü kalınlığının az olmasına paralel olarak tavan bölümünde alanda alınan kesitler arasındaki en düşük deformasyon değeri elde edilmektedir. Ayrıca açıklıklar etrafında meydana gelen çekme gerilmeleri oldukça düşük (<0.1 MPa) olarak gerçekleşmiş, bundan dolayı gerilmelere bağlı bir stabilite problemi bulunmamaktadır.



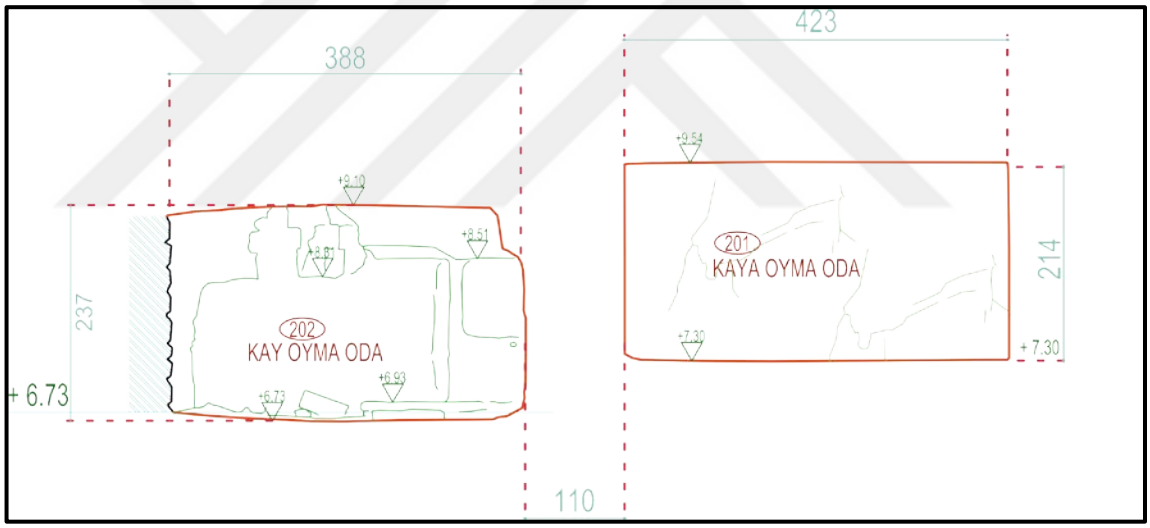
Şekil 4.12 Kesit 3'de oluşan gerilmelerin dağılımı



Şekil 4.13 Kesit 3'de oluşan deformasyonların dağılımı

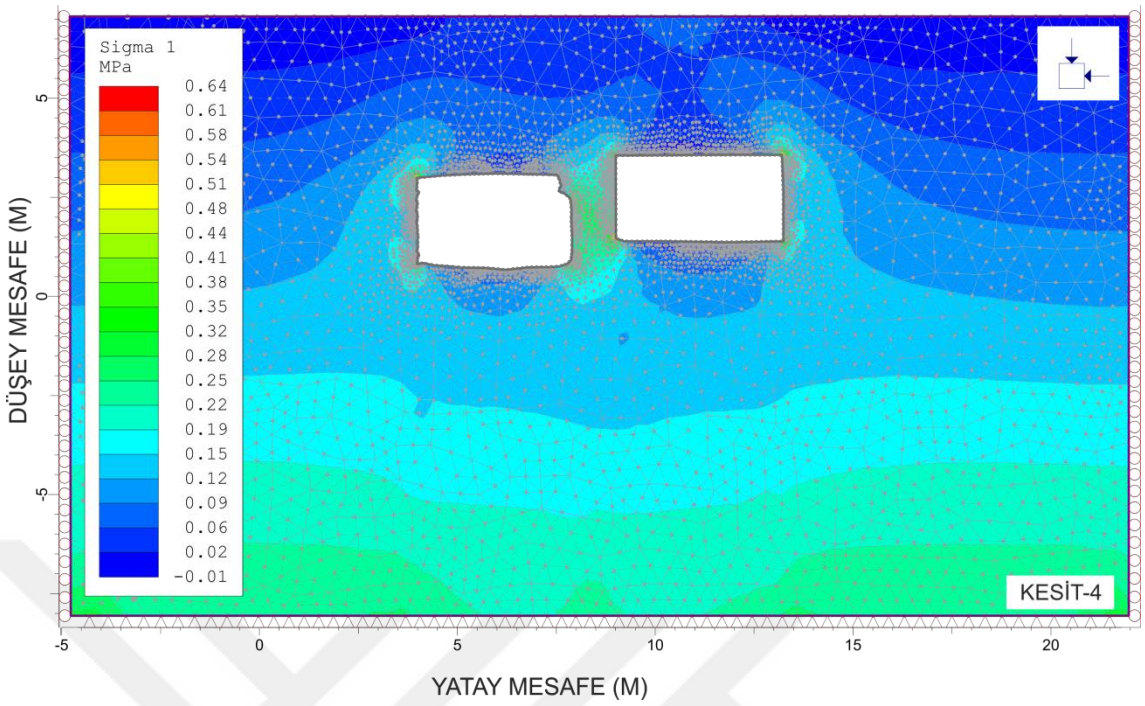
4.3.4 Kesit-4

Kesit-4 birbirine komşu iki farklı boşluğun bulunduğu bir kaya oyma yapıyı temsil etmektedir. Söz konusu boşluklar 201 ve 202 olarak adlandırılmış olup, 202 +6.73 metre kotunda yer alırken, 201 nolu boşluk +7.30 metre kotunda yer almaktadır. 202 nolu boşluğun söz konusu kesitte maksimum yüksekliği 2.37 metre iken maksimum genişlik 3.88 m'dir. 201 olarak adlandırılan boşluğun maksimum yüksekliği ve genişliği sırasıyla 2.14 ve 4.23 metredir (Şekil 4.14). Kesit çok düşük dayanımlı ignimbiritler içerisinde yer almakta olup, açıklık içerisinde gözlenen kırık ve süreksizliklerin düzensiz yayılımlara sahip olduğu için sayısal modellerde göz önünde bulundurulmamıştır.

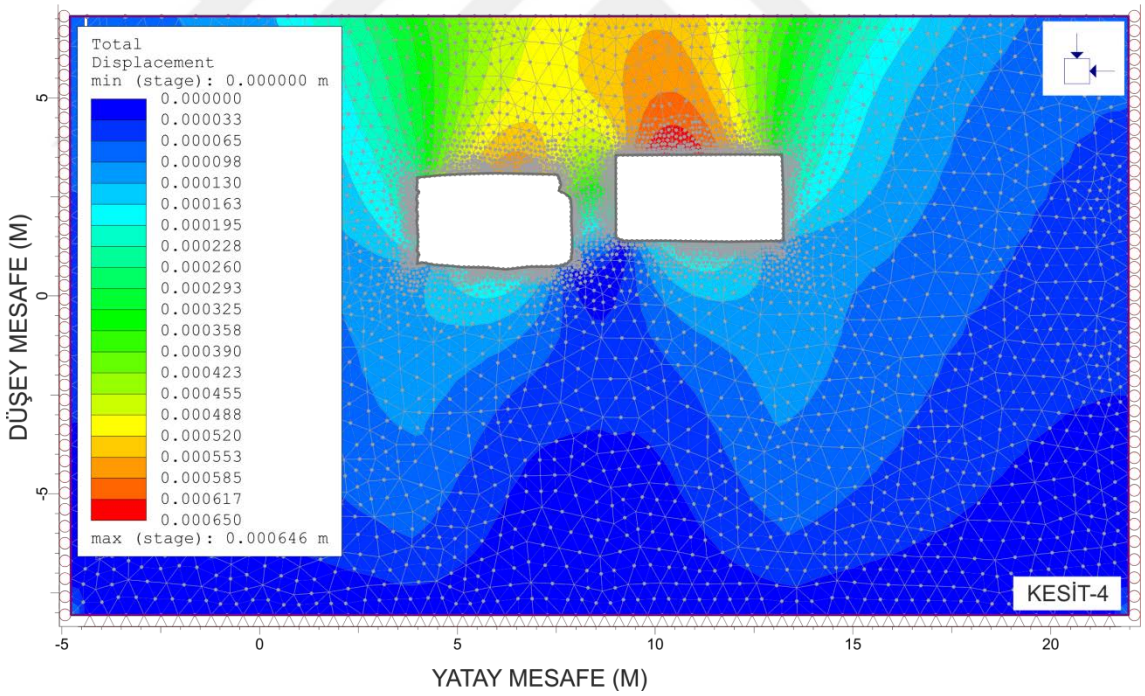


Şekil 4.14 Kesit 4 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri

Rs2 9.0 yazılımı ile yapılan analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme değeri 0.640 MPa gerçekleşirken, buna bağlı olarak maksimum deformasyon 0.646 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.15, 4.16). Açıklıklar etrafında meydana gelen çekme gerilmeleri oldukça düşük (<0.1 MPa) olarak gerçekleşmiş, bundan dolayı gerilmelere bağlı bir stabilite problemi bulunmamaktadır.



Şekil 4.15 Kesit 4'de oluşan çekme gerilmelerinin dağılımı

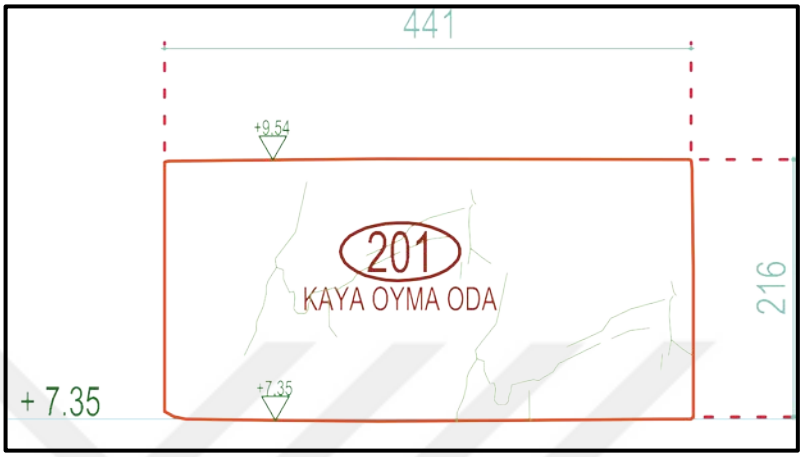


Şekil 4.16 Kesit 4'de oluşan deformasyonların dağılımı

4.3.5 Kesit-5

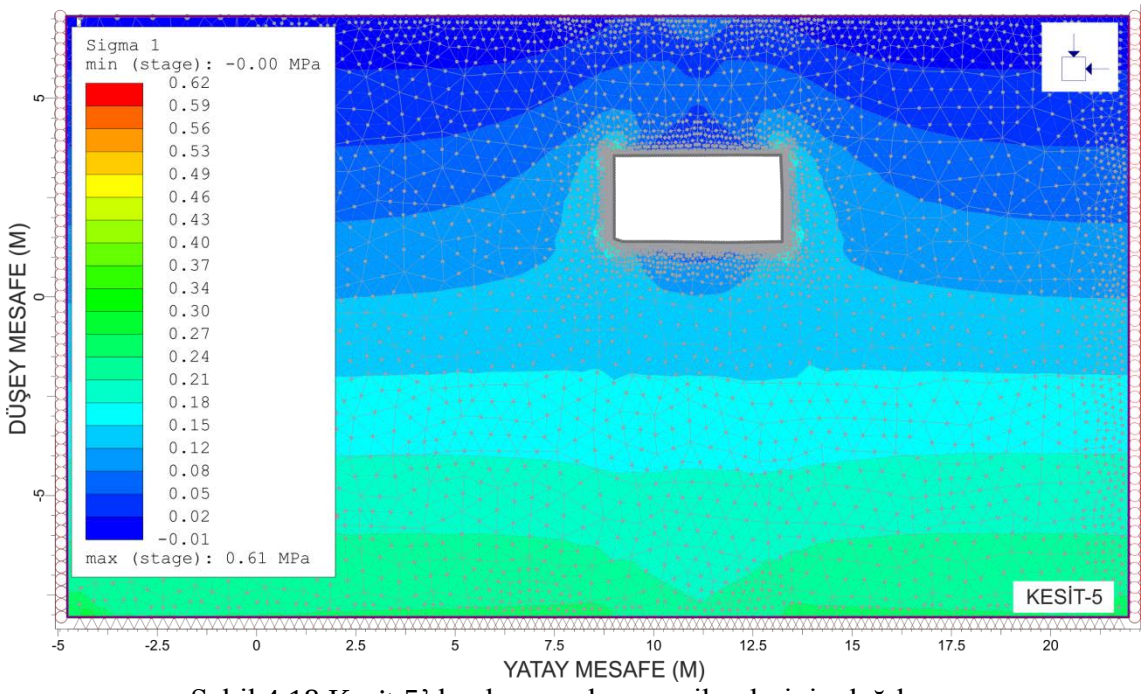
Kesit-5 201 nolu boşluğun bulunduğu tek bir kaya oyma yapıyı temsil etmektedir. Söz 201 nolu kaya oyma mekan +7.35 metre kotunda yer almakta olup mekanın söz konusu kesitte maksimum yüksekliği 2.16 metre iken maksimum genişlik 4.41 m'dir. (Şekil

4.17). Kesit çok düşük dayanımlı ignimbiritler içerisinde yer almakta olup, açıklık içerisinde gözlenen kırık ve süreksizliklerin düzensiz yayılımlara sahip olduğu için sayısal modellerde göz önünde bulundurulmamıştır.

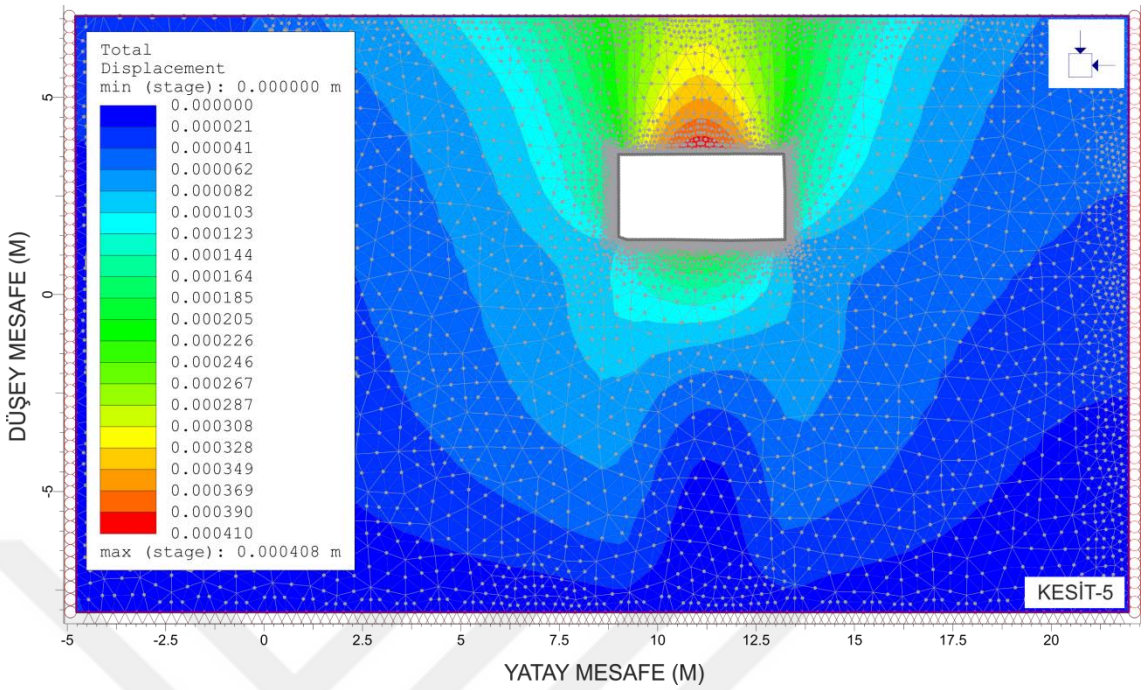


Şekil 4.17 Kesit 5 rölöve projesi üzerinden kesit çizimleri

Rs2 9.0 yazılımı ile yapılan analiz sonuçlarına göre maksimum gerilme değeri 0.61 MPa gerçekleşirken, buna bağlı olarak maksimum deformasyon 0.408 mm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.18, 4.19). Açıklık etrafında meydana gelen çekme gerilmeleri oldukça düşük (<0.1 MPa) olarak gerçekleşmiş, bundan dolayı gerilmelere bağlı bir stabilite problemi bulunmamaktadır.



Şekil 4.18 Kesit 5'de oluşan çekme gerilmelerinin dağılımı



Şekil 4.19 Kesit 5'de oluşan deformasyonların dağılımı

5. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ürgüp ilçesi, Mustafapaşa köyü sınırları içerisinde 4785 parselde yer alan kaya oyma yapıda gerçekleştirilen mühendislik jeolojisi çalışması kapsamında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmanın konusunu oluşturan kaya oyma yapı, katlı bir yapı formunda olup 2 adet zemin kotu altında, 4 adet zemin katında ve 4 adette birinci katta olmak üzere toplam 10 adet farklı boyutlardaki kaya oyma mekanlardır

Çalışmaya konu olan kaya oyma yapı Ürgüp formasyonu Kavak üyesine ait ignimbritler içerisinde yer almakta olup, ignimbiritler orta-az kaynaşmıştır. Birimin doğal birim hacim ağırlığı; 16.41 kN/m^3 ile 16.80 kN/m^3 arasında, porozitesi; %37.09 ile %38.01 arasında değişmektedir. NBG'ye göre düşük birim hacim ağırlığı ve yüksek poroziteli olarak tanımlanmıştır [29]. Ağırlıkça su emme değeri; %28.74 ile %29.88 arasında değişmektedir.

Kaya oyma yanının içerisinde yer aldığı İgnimbritlerin çekme dayanımı 0.405 MPa – 0.453 MPa arasında değişirken, tek eksenli basınç dayanımı 2.86 MPa ile 3.39 MPa arasında değişmektedir. Deere ve Miller'e göre çok düşük dayanımlı zayıf kaya olarak tanımlanmıştır [30]. Çalışma alanında yer alan ignimbiritlerin elastisite modülü 0.89–1.35 GPa arasında bulunurken, poision oranı 0.28 ile 0.29 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Kaya oyma yapıyı oluşturan yer altı açıklıkları stabilitesi 5 farklı kesit boyunca sonlu elemanlar yöntemiyle değerlendirilmiştir. Yapılan 2 boyutlu sayısal analizlere göre maksimum düşey gerilme 0.52 MPa – 1.40 MPa aralığında değişmektedir. Toplam deformasyon 0.385 mm – 0.732 mm aralığında değişmektedir. Meydana gelen gerilme - deformasyon miktarlarına göre mevcut kaya oyma yapıda kütle halinde bir stabilite sorunu beklenmemektedir. Ancak modellemeye tam olarak dahil edilmeyen düzensiz kırık ve çatlaklar boyunca meydana gelebilecek bozunmalar bir takım stabilite problemleri oluşturabilecek niteliktedir. Bunun için gerekli önlemlerin (izolasyon – güçlendirme v.b) alınması önerilir.

6. KAYNAKLAR

1. Özbay, A., "Mustafapaşa-Sinasos Mevcut Durum Raporu ve Eylem Planı", Yerel Gündem 21 Kent Konseyi, *Ekip Grafik*, Ankara, 2005.
2. Erguvanli K., Yuzer E., "Past and present use of under ground openings excavated in volcanic tuff at Cappadocia area. In: Proceedings on Rock storage'', Oslo, Norway, pp. 15–17, 1977.
3. Atabey, E., "Kapadokya'nın tarihi, jeoloji özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri (Karain, Sarıhıdır, Tuzköy örneği)", *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Teknik Gezi Kitapları serisi-2*, s. 36, 2004.
4. Pasquare, G.,; "Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia", Atti Accad.Naz, Lincei Mem., 9., 55-204, 1968.
5. Özata, Ş., "Kapadokya bölgesi kaya oyma yapı sorunları ve çözüm önerileri", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.3-138, İstanbul, 2015.
6. Çorakbaş, F.K., "The comparison of rock-cut architecture sites in Turkey and Italy withspecial emphasis on Cappadocia", *World Applied Sciences Journal 17* (11), 1445-1453, 2012
7. Zhu, X., Liu, J., Yang, L. ve Hu R., " Energy Performance of a New Yaodong Dwelling, in the Loess Plateau of China", *Energy and Buildings* (70): 159–166, 2014.
8. Erguvanli K., Yuzer E., "Past and present use of under ground openings excavated in volcanic tuff at Cappadocia area. In: Proceedings on Rock storage'', Oslo, Norway, pp. 15–17, 1977
9. Bernt-Ersöz, "Phrygian rock-cut shrines structure, function and cult practise'', Brill, Leiden, 2006
10. Aydan, Ö., Ulusay, R., "Geotechnical and geoenvironmental characteristics of man-made underground structures in Cappadocia, Turkey'', *Engineering Geology v.69*, 245-272, 2003

11. Açıkgöz, F., "Öz, M., Nevşehir Ürgüp, Kaymaklı çevrelerinin pomza prospeksiyon raporu", MTA, Ankara, 1980.

12. Dirik, K., "Kapadokya Bölgesi'nin jeolojisi, jeomorfolojisi ve bunların bölgedeki medeniyetler üzerindeki etkisi" 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim-1 Kasım, Ürgüp/ Nevşehir, 2009

13. Aydar, E., Schmitt, A.K., Çubukçu, H.E., Akin, L., Ersoy, O., Şen, E., Duncan, R.A. & Atici, G., "Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 213–214, 83–97, 2012.

14. Özata, Ş., "Kapadokya bölgesi kaya oyma yapı sorunları ve çözüm önerileri", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.3-138, İstanbul, 2015.

15. Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Topal, T., Sönmez, H., Tuncay, E., Ergüler, Z.A. and Kaşmer, Ö., "Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey", *Environmental Geology*, 50, 473-494, 2006.

16. Aydan, Ö., Tano, H., Watanabe, H., Ulusay, R. Ve Tuncay, E., "Kapadokya bölgesinde antik ve güncel kaya yapılarının kaya mekaniği açısından değerlendirilmesi", Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu, 17-20 Ekim 2007 Niğde, Bildiriler Kitabı,s. 1-12, 2007.

17. Aydan, Ö., Tano, H., Ulusay, R., Kumsar, H. ve Yenipınar, H., "Derinkuyu yeraltışehrinin uzunsüreli yapısal duraylılığı ve çevre koşullarının incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma", Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu, 17-20 Ekim 2007 Niğde, Bildiriler Kitabı, s. 24-34, 2007.

18. Ulusay, R. ve Aydan, Ö., "Kapadokya bölgesinde bazı yer altı açıklıklarındaki tüflerin kaya mühendisliği açısından değerlendirilmesi", Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu, 17-20 Ekim 2007 Niğde, Bildiriler Kitabı, s. 13-23, 2007.

19. Yilmazer I., 1995 Engineering geologic factors in the design of a large underground structure in a tuff sequence in Cappadocia, *Engineering Geology*, s. 237

20. Bilgili B., “Kapadokya Bölgesi Nevşehir Yöresi Kültürel Varlıklarının Bozulmalarına Neden Olan Etmenler”, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1) 60-74, 2018.

21. ISRM (International Society For Rock Mechanıcs), 2007. “The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006.Suggested Methods”, Editörleri, R. Ulusay and J.A. Hudson, s. 628 , Ankara, 2007.

22. RocScience. RS2. Toronto, Ontario: RocScience, Inc, 2018.

23. Atabey, E., Tarhan, N., Papak, İ., Akarsu, B. ve Taşkıran, A., “Ortaköy, Tuzköy (Nevşehir)-Kesikköprü (Kırşehir) yöresinin jeolojisi”, MTA Rapor No 8156, Ankara (yayımlanmamış), 1987.

24. Atabey, E., 1989, 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kayseri-H19 paftası, MTA yayını.

25. Dönmez, M., Türkecan. A. ve Akçay, A. E. 2003. Kayseri, Niğde Tersiyer volkanizması, MTA Rapor No: 10575.

26. Schumacher, R., Keller, J. ve Bayhan, H., “Depositional charteristics of in Cappadocia,, Central Anotolia, Turkey: Prroceedings of IESCA Cong. (Ed. Savaşcın and Eronat). Vol 2”, p. 435-449, 1990.

27. Temel, A.; “Kapadokya eksplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri”, Hacettepe Üniversitesi Doktora Tezi, 1992.

28. Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F. and Villari, L., The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area, *Geol. Mag.*, 112 (4), 349-360, 1975.

29. NBG, 1985. Norwegian Rock Mechanics Group: Handbook in engineering geology – rock. Tapir, Trondheim, Norway

30. Deer DU, Miller RP., “Engineering classification and index properties for intact rocks’’. Technical report. Air Force Weapons Lab., New Mexico, No. AFNL-TR, pp 65–116, 1966.

EKLER

EK-1 Deney raporu



limit

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

TÜRKAK

TÜRK AKREDİTASYON KURUMU

TURKISH ACCREDITATION AGENCY

tarafından akredite edilmiş

TÜRKAK

Test
TS EN ISO/IEC 17025
AB-0857-T

LİMİT TEKNİK ARAŞTIRMA PROJE UYG. MÜŞ. SAN. VE TİC. A.Ş.

İvedik OSB, 1354. Cadde, 1395. Sokak, No:1, 06378 Yenimahalle / Ankara / TÜRKİYE
Tel : (90.312) 394 53 63 Fax : (90.312) 394 53 64 e-mail : lab@limitteknik.com

AB-0857-T
LMT18-12-03
14.02.2019

Deney Raporu
Test Report

Firma Adı / Adresi *Company Name / Address*	: AHK MÜHENDİSLİK
Proje Adı *Name of the Project*	: NEVŞEHİR İLİ, ÜRGÜP İLÇESİ, KÖYİÇİ MEVKİİ MUSTAFAPAŞA KÖYÜ - ADA, 4785 PARSEL
Laboratuvar Kayıt No / Rapor No *Lab. Registration No.*	: LMT18-12-03
Numunenin Adı ve Tarifi *Name and description of sample*	: KAROT (KAYA)
Numunenin Geliş Tarihi *Arrival Date Of Sample*	: 13.12.2018
Deneyin Yapıldığı Tarih *Date of Test*	: 18.12.2018 - 03.01.2019
Raporun Sayfa Sayısı *Number of pages of the Report*	: 2
Açıklamalar *Remarks*	: -

Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) deney raporlarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanınma antlaşmasını imzalamıştır.
The Turkish Accreditation Agency (TURKAK) has signed the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the Mutual recognation of test reports

Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir .
The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report

Laboratuvar Sorumlusu / *Lab. Responsible*

Abdullah ZARARSIZ
Jeo.Müh./Geo.Eng.

Lab. Denetçi Mühendisi / *Lab. Supervising Engineer*

Suray EREN
Jeo.Müh./Geo.Eng.
Belge / Certificate No: 29514

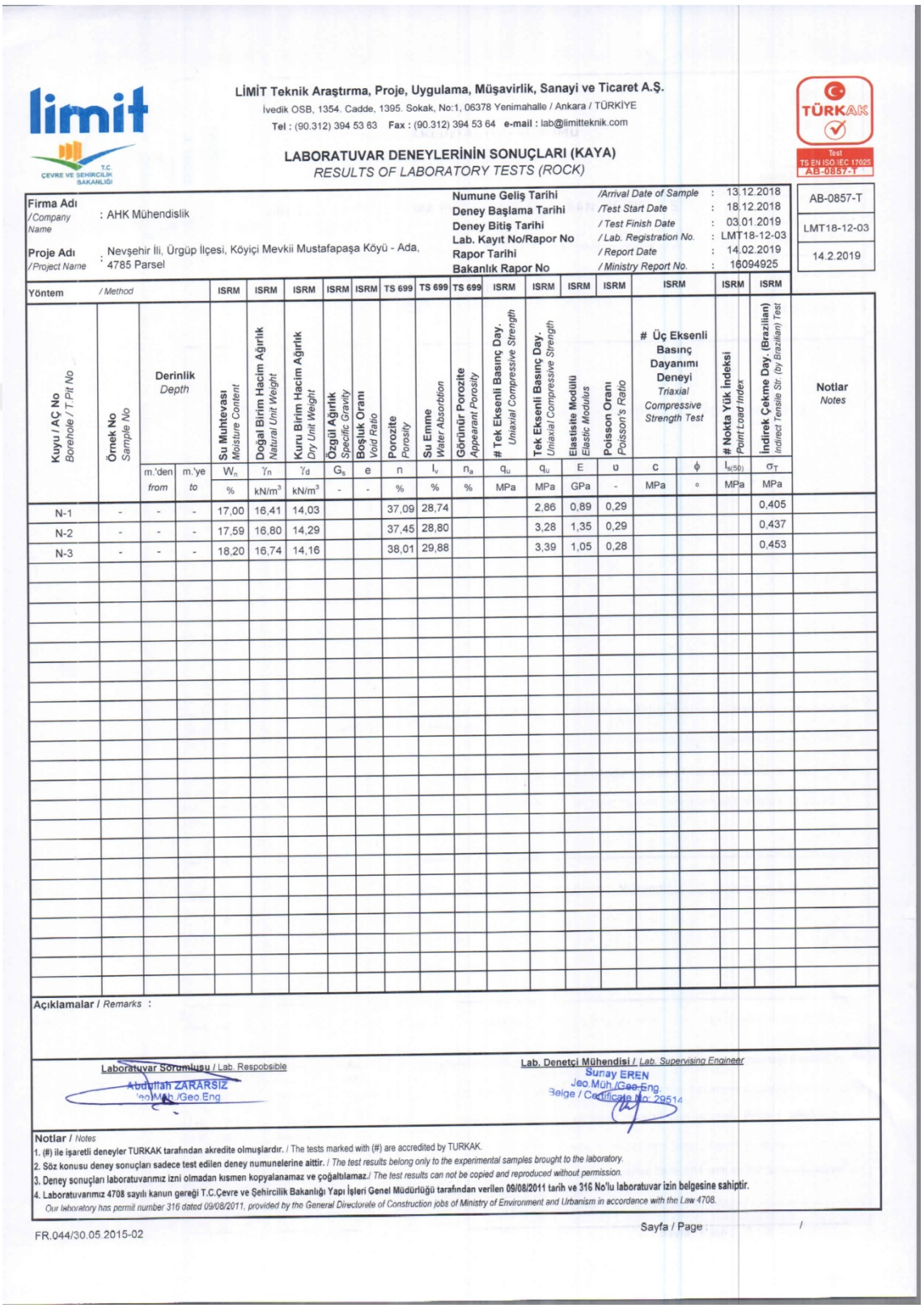
Notlar / *Notes* :

1. **Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmende olsa kopyalanamaz veya çoğaltılamaz.**/ *The test results should not be copied or reproduced even partially without our laboratories 's permission.*
2. **İmzasız ve mührsüz raporlar geçersizdir.**/ *Testing reports without signature and seal are not valid.*
3. **Laboratuvarımızca numune alma işlemi yapılmamaktadır. Bu raporda yer alan bilgiler ve analiz sonuçları, müşteri tarafından alınmış, laboratuvarımıza teslim edilmiş ve tüm bilgileri müşteri tarafından beyan edilmiş olan numunelere aittir.**
Sampling for testing is not performed by our laboratory. The information and results of analysis presented within this report are obtained from the samples collected and brought to our laboratory by our costumer.
4. **Laboratuvarımıza kabul edilen numunelerin TS EN ISO 22475-1 'Jeoteknik etüt ve deneyler - Numune alma yöntemleri ve yeraltı suyu ölçümleri - Bölüm 1: Teknik uygulama esasları' standardına göre alınmış olması gerekmektedir.**
The samples that are accepted by our laboratory must be collected according to the TS EN ISO 22475-1 Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and groundwater measurements - Part 1: Technical principles for execution
5. **Laboratuvarımız 4708 sayılı kanun gereği T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 09/08/2011 tarih ve 316 No'lu laboratuvar izin belgesine sahiptir.**
Our laboratory has permit number 316 dated 09/08/2011, provided by the General Directorate of Construction jobs ofMinistry of Environment and Urbanism in accordance with the Law 4708.

Sayfa / Page : 1 / 2

FR.044/30.05.2015-02

EK-2 Laboratuar deneylerinin sonuçları



limit

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

LİMİT Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik, Sanayi ve Ticaret A.Ş.

İvedik OSB, 1354. Cadde, 1395. Sokak, No:1, 06378 Yenimahalle / Ankara / TÜRKİYE

Tel : (90.312) 394 53 63 **Fax :** (90.312) 394 53 64 **e-mail :** lab@limitteknik.com

TÜRKAK Test TS EN ISO/IEC 17025 AB-0857-T

LABORATUVAR DENEYLERİNİN SONUÇLARI (KAYA)

RESULTS OF LABORATORY TESTS (ROCK)

Firma Adı /Company Name	: AHK Mühendislik	**Numune Geliş Tarihi** /Arrival Date of Sample	: 13.12.2018
		Deney Başlama Tarihi /Test Start Date	: 18.12.2018
		Deney Bitiş Tarihi / Test Finish Date	: 03.01.2019
Proje Adı /Project Name	: Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Köyiçi Mevkii Mustafapaşa Köyü - Ada, 4785 Parsel	**Lab. Kayıt No/Rapor No** / Lab. Registration No.	: LMT18-12-03
		Rapor Tarihi / Report Date	: 14.02.2019
		Bakanlık Rapor No / Ministry Report No.	: 16094925

AB-0857-T | LMT18-12-03 | 14.2.2019

Yöntem / Method			ISRM	ISRM	ISRM	ISRM	ISRM	TS 699	TS 699	TS 699	ISRM	ISRM	ISRM	ISRM	ISRM		ISRM	ISRM	
Kuyu / AÇ No *Borehole / T.Pit No*	Örnek No *Sample No*	Derinlik *Depth*	Su Muhtevası *Moisture Content*	Doğal Birim Hacim Ağırlık *Natural Unit Weight*	Kuru Birim Hacim Ağırlık *Dry Unit Weight*	Özgül Ağırlık *Specific Gravity*	Boşluk Oranı *Void Ratio*	Porozite *Porosity*	Su Emme *Water Absorbtion*	Görünür Porozite *Appearant Porosity*	# Tek Eksenli Basınç Day. *Uniaxial Compressive Strength*	Tek Eksenli Basınç Day. *Uniaxial Compressive Strength*	Elastisite Modülü *Elastic Modulus*	Poisson Oranı *Poisson's Ratio*	# Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi *Triaxial Compressive Strength Test*		# Nokta Yük İndeksi *Point Load Index*	İndirek Çekme Day. (Brazilian) *Indirect Tensile Str. (by Brazilian) Test*	Notlar *Notes*
		m.'den *from* / m.'ye *to*	W_n	γ_n	γ_d	G_s	e	n	I_v	n_a	q_u	q_u	E	υ	c	ϕ	$I_{s(50)}$	σ_T	
			%	kN/m³	kN/m³	-	-	%	%	%	MPa	MPa	GPa	-	MPa	°	MPa	MPa	
N-1	-	- -	17,00	16,41	14,03			37,09	28,74			2,86	0,89	0,29				0,405	
N-2	-	- -	17,59	16,80	14,29			37,45	28,80			3,28	1,35	0,29				0,437	
N-3	-	- -	18,20	16,74	14,16			38,01	29,88			3,39	1,05	0,28				0,453	

Açıklamalar / *Remarks* :

Laboratuvar Sorumlusu / Lab. Respobsible
Abdullah ZARARSIZ
Jeo.Müh./Geo.Eng

Lab. Denetçi Mühendisi / *Lab. Supervising Engineer*
Sunay EREN
Jeo.Müh./Geo.Eng.
Belge / Certificate No: 29514

Notlar / *Notes*

1. (#) ile işaretli deneyler TURKAK tarafından akredite olmuşlardır. / The tests marked with (#) are accredited by TURKAK.
2. Söz konusu deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir. / *The test results belong only to the experimental samples brought to the laboratory.*
3. Deney sonuçları laboratuvarımız izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz./ *The test results can not be copied and reproduced without permission.*
4. Laboratuvarımız 4708 sayılı kanun gereği T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 09/08/2011 tarih ve 316 No'lu laboratuvar izin belgesine sahiptir.
   Our laboratory has permit number 316 dated 09/08/2011, provided by the General Directorate of Construction jobs of Ministry of Environment and Urbanism in accordance with the Law 4708.

FR.044/30.05.2015-02

Sayfa / Page : /

EK-3 Tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü, poisson oranı tayini deney formu

limit

LİMİT Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik, Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İvedik OSB, 1354. Cadde, 1395. Sokak, No:1, 06378 Yenimahalle / Ankara / TÜRKİYE
Tel : (90.312) 394 53 63 **Fax** : (90.312) 394 53 64 **e-mail** : lab@limitteknik.com

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI, ELASTİSİTE MODÜLÜ, POİSSON ORANI TAYİNİ DENEY FORMU (KAYA)
TEST FORM FOR DETERMINATION OF UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH, ELASTIC MODULUS, POISSON'S RATIO (ROCK)

Standart No / *Standard No* : **ISRM** **Yöntem** / *Method* : **Sünme ölçer ile** / *With straingauge*

Firma Adı / *Company Name*	: AHK Mühendislik	**Numune Geliş Tarihi** / *Sample Arrival Date*	: 13.12.2018
		Deney Başlama Tarihi / *Test Start Date*	: 18.12.2018
		Deney Bitiş Tarihi / *Test Finish Date*	: 03.01.2019
Proje Adı / *Project Name*	: Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Köyiçi Mevkii Mustafapaşa Köyü - Ada, 4785	**Laboratuvar Kayıt No** / *Lab. Registration No.*	: LMT18-12-03

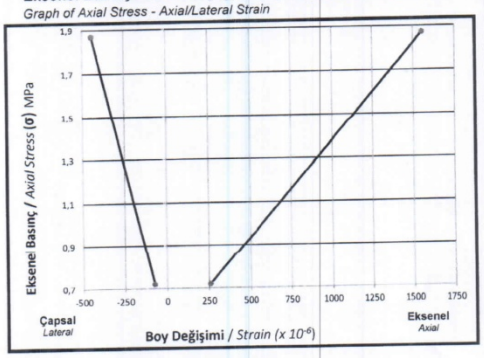
Kuyu / Çukur No / *Borehole / T.Pit No*	: N-1	**Örnek No** / *Sample No*	: -	**Derinlik** / *Depth*	: - - -

Örnek Çapı / *Sample Diameter*	:	54.00	mm	**En Küçük Eksenel Basınç** / *Min. Axial Stress,* σ_{min}	: 0,72	MPa
Örnek Boyu / *Sample Height*	:	136.00	mm	**En Küçük Eksenel Birim Boy Değişimi** / *Min. Axial Strain,* ε_{min}	: 259,00	x 10^{-6}
Örnek Alanı / *Sample Area*	:	22.90	cm^2	**En Küçük Çapsal Boy Değişimi** / *Min. Lateral Strain,* $\varepsilon_{c\text{-}min}$	: -74,00	x 10^{-6}
Yaş Örnek Ağırlığı / *Wet Sample Weight*	:	521.10	gr	**En Büyük Eksenel Basınç** / *Max. Axial Stress,* σ_{max}	: 1,87	MPa
Kuru Örnek Ağırlığı / *Dry Sample Weight*	:	445.40	gr	**En Büyük Eksenel Birim Boy Değişimi** / *Max. Axial Strain,* ε_{max}	: 1553,00	x 10^{-6}
Örnek Hacmi / *Sample Volume*	:	311.47	cm^3	**En Büyük Çapsal Boy Değişimi** / *Max. Lateral Strain,* $\varepsilon_{c\text{-}max}$	: -443,00	x 10^{-6}
Nem İçeriği / *Moisture Content*	:	17.00	%	**Elastisite Modülü** / *Elastic Modulus*	E : 0,89	GPa
Doğal BHA / *Natural Unit Weight*	:	16.41	kN/m^3	**Poisson Oranı** / *Poisson's Ratio*	υ : 0,29	
Kuru BHA / *Dry Unit Weight*	:	14.03	kN/m^3			
Kırılma Yükü / *Failure Load*	:	6.55	kN			
Tek Eksenli Basınç Dayanım / *Uniaxial Compressive Strength*	:	**2,86**	Mpa (N/mm^2)			

Kırılma şekli / *Mode of failure*



Eksenel Basınç - Eksenel/Çapsal Boy Değişimi Grafiği
Graph of Axial Stress - Axial/Lateral Strain



Kırılma Açısı / *Failure Angle* : 20 °

Açıklamalar / *Remarks* :

Laboratuvar Sorumlusu / *Lab. Responsible*
Abdullah ZARARSIZ
Jeo.Müh./Geo.Eng.

Lab. Denetçi Mühendisi / *Lab. Supervising Engineer*
Sunay EREN
Jeo.Müh./Geo.Eng.
Belge / Certificate No: 29514

Notlar / *Notes* :
1. Söz konusu deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir. / *The test results belong only to the experimental samples brought to the laboratory.*
2. Deney sonuçları laboratuvarımız izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz. / *The test results can not be copied and reproduced without permission.*
3. Laboratuvarımız 4708 sayılı kanun gereği T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 09/08/2011 tarih ve 316 No'lu laboratuvar izin belgesine sahiptir.
Our laboratory has permit number 316 dated 09/08/2011, provided by the General Directorate of Construction jobs of Ministry of Environment and Urbanism in accordance with the Law 4708.

DF.K04/08.01.2015-03

EK-4 Tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü, poisson oranı tayini deney formu

limit

LİMİT Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik, Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İvedik OSB. 1354. Cadde. 1395. Sokak, No:1, 06378 Yenimahalle / Ankara / TÜRKİYE
Tel : (90.312) 394 53 63 **Fax :** (90.312) 394 53 64 **e-mail :** lab@limitteknik.com

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI, ELASTİSİTE MODÜLÜ, POİSSON ORANI TAYİNİ DENEY FORMU (KAYA)
TEST FORM FOR DETERMINATION OF UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH, ELASTIC MODULUS, POISSON'S RATIO (ROCK)

Standart No / *Standard No* : **ISRM** **Yöntem** / *Method* : **Sünme ölçer ile** / *With straingauge*

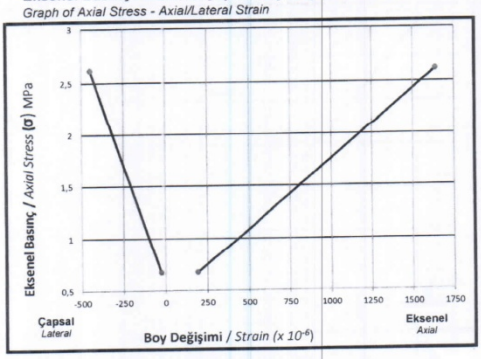
Firma Adı *Company Name*	: AHK Mühendislik	**Numune Geliş Tarihi** *Sample Arrival Date*	: 13.12.2018
		Deney Başlama Tarihi *Test Start Date*	: 18.12.2018
		Deney Bitiş Tarihi *Test Finish Date*	: 03.01.2019
Proje Adı *Project Name*	: Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Köyiçi Mevkii Mustafapaşa Köyü - Ada, 4785 Parsel	**Laboratuvar Kayıt No** *Lab. Registration No.*	: LMT18-12-03
Kuyu / Çukur No *Borehole / T.Pit No*	: N-2	**Örnek No** *Sample No* : -	**Derinlik** *Depth* : - - -

Örnek Çapı *Sample Diameter*	:	54,60	mm	**En Küçük Eksenel Basınç** *Min. Axial Stress,* σ_{min}	: 0,67	MPa
Örnek Boyu *Sample Height*	:	136,00	mm	**En Küçük Eksenel Birim Boy Değişimi** *Min. Axial Strain,* ε_{min}	: 193,00	x 10^{-6}
Örnek Alanı *Sample Area*	:	23,41	cm^2	**En Küçük Çapsal Boy Değişimi** *Min. Lateral Strain,* $\varepsilon_{c\text{-}min}$	: -26,00	x 10^{-6}
Yaş Örnek Ağırlığı *Wet Sample Weight*	:	545,40	gr	**En Büyük Eksenel Basınç** *Max. Axial Stress,* σ_{max}	: 2,62	MPa
Kuru Örnek Ağırlığı *Dry Sample Weight*	:	463,80	gr	**En Büyük Eksenel Birim Boy Değişimi** *Max. Axial Strain,* ε_{max}	: 1638,00	x 10^{-6}
Örnek Hacmi *Sample Volume*	:	318,43	cm^3	**En Büyük Çapsal Boy Değişimi** *Max. Lateral Strain,* $\varepsilon_{c\text{-}max}$	: -447,00	x 10^{-6}
Nem İçeriği *Moisture Content*	:	17,59	%	**Elastisite Modülü** *Elastic Modulus* E	: 1,35	GPa
Doğal BHA *Natural Unit Weight*	:	16,80	kN/m^3	**Poisson Oranı** *Poisson's Ratio* υ	: 0,29	
Kuru BHA *Dry Unit Weight*	:	14,29	kN/m^3			
Kırılma Yükü *Failure Load*	:	7,69	kN			
Tek Eksenli Basınç Dayanım *Uniaxial Compressive Strength*	:	**3,28**	Mpa (N/mm^2)			

Kırılma şekli *Mode of failure*



Eksenel Basınç - Eksenel/Çapsal Boy Değişimi Grafiği
Graph of Axial Stress - Axial/Lateral Strain



Kırılma Açısı *Failure Angle* : 16 °

Açıklamalar / *Remarks* :

Laboratuvar Sorumlusu / *Lab. Responsible*
Abdullah ZARARSIZ
Müh /Geo.Eng

Lab. Denetçi Mühendisi / *Lab. Supervising Engineer*
Sunay EREN
Jeo.Müh /Geo.Eng
Belge / Certificate No: 2951

Notlar / *Notes* :
1. Söz konusu deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir. / *The test results belong only to the experimental samples brought to the laboratory.*
2. Deney sonuçları laboratuvarımız izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz./ *The test results can not be copied and reproduced without permission.*
3. Laboratuvarımız 4708 sayılı kanun gereği T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 09/08/2011 tarih ve 316 No'lu laboratuvar izin belgesine sahiptir.
Our laboratory has permit number 316 dated 09/08/2011. provided by the General Directorate of Construction jobs ofMinistry of Environment and Urbanism in accordance with the Law 4708.

DF.K04/08.01.2015-03

EK-5 Tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü, poisson oranı tayini deney formu

limit

LİMİT Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik, Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İvedik OSB, 1354. Cadde, 1395. Sokak, No:1, 06378 Yenimahalle / Ankara / TÜRKİYE
Tel : (90.312) 394 53 63 **Fax** : (90.312) 394 53 64 **e-mail** : lab@limitteknik.com

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI, ELASTİSİTE MODÜLÜ, POİSSON ORANI TAYİNİ DENEY FORMU (KAYA)
TEST FORM FOR DETERMINATION OF UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH, ELASTIC MODULUS, POISSON'S RATIO (ROCK)

Standart No / *Standard No* : **ISRM** **Yöntem** / *Method* : **Sünme ölçer ile** / *With straingauge*

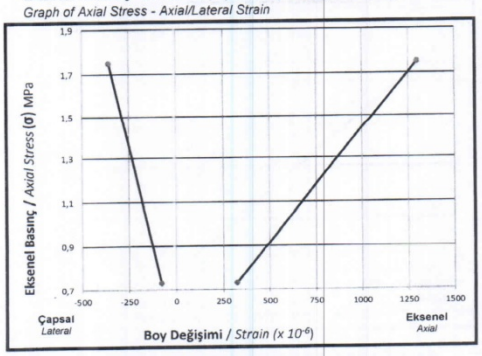
Firma Adı *Company Name*	: AHK Mühendislik	**Numune Geliş Tarihi** *Sample Arrival Date*	: 13.12.2018
		Deney Başlama Tarihi *Test Start Date*	: 18.12.2018
		Deney Bitiş Tarihi *Test Finish Date*	: 03.01.2019
Proje Adı *Project Name*	: Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Köyiçi Mevkii Mustafapaşa Köyü - Ada, 4785 Parsel	**Laboratuvar Kayıt No** *Lab. Registration No.*	: LMT18-12-03
Kuyu / Çukur No *Borehole / T Pit No*	: N-3	**Örnek No** *Sample No* : -	**Derinlik** *Depth* : - - -

Örnek Çapı *Sample Diameter*	:	54,20	mm	**En Küçük Eksenel Basınç** *Min. Axial Stress,* σ_{min}	: 0,73	MPa
Örnek Boyu *Sample Height*	:	132,80	mm	**En Küçük Eksenel Birim Boy Değişimi** *Min. Axial Strain,* ε_{min}	: 322,00	x 10^{-6}
Örnek Alanı *Sample Area*	:	23,07	cm^2	**En Küçük Çapsal Boy Değişimi** *Min. Lateral Strain,* $\varepsilon_{c\text{-}min}$	: -79,00	x 10^{-6}
Yaş Örnek Ağırlığı *Wet Sample Weight*	:	522,90	gr	**En Büyük Eksenel Basınç** *Max. Axial Stress,* σ_{max}	: 1,75	MPa
Kuru Örnek Ağırlığı *Dry Sample Weight*	:	442,40	gr	**En Büyük Eksenel Birim Boy Değişimi** *Max. Axial Strain,* ε_{max}	: 1298,00	x 10^{-6}
Örnek Hacmi *Sample Volume*	:	306,40	cm^3	**En Büyük Çapsal Boy Değişimi** *Max. Lateral Strain,* $\varepsilon_{c\text{-}max}$	: -356,00	x 10^{-6}
Nem İçeriği *Moisture Content*	:	18,20	%	**Elastisite Modülü** *Elastic Modulus* E	: 1,05	GPa
Doğal BHA *Natural Unit Weight*	:	16,74	kN/m^3	**Poisson Oranı** *Poisson's Ratio* υ	: 0,28	
Kuru BHA *Dry Unit Weight*	:	14,16	kN/m^3			
Kırılma Yükü *Failure Load*	:	7,81	kN			
Tek Eksenli Basınç Dayanım *Uniaxial Compressive Strength*	:	**3,39**	Mpa (N/mm^2)			

Kırılma şekli *Mode of failure*



Eksenel Basınç - Eksenel/Çapsal Boy Değişimi Grafiği
Graph of Axial Stress - Axial/Lateral Strain



Kırılma Açısı *Failure Angle* : 18 °

Açıklamalar / *Remarks* :

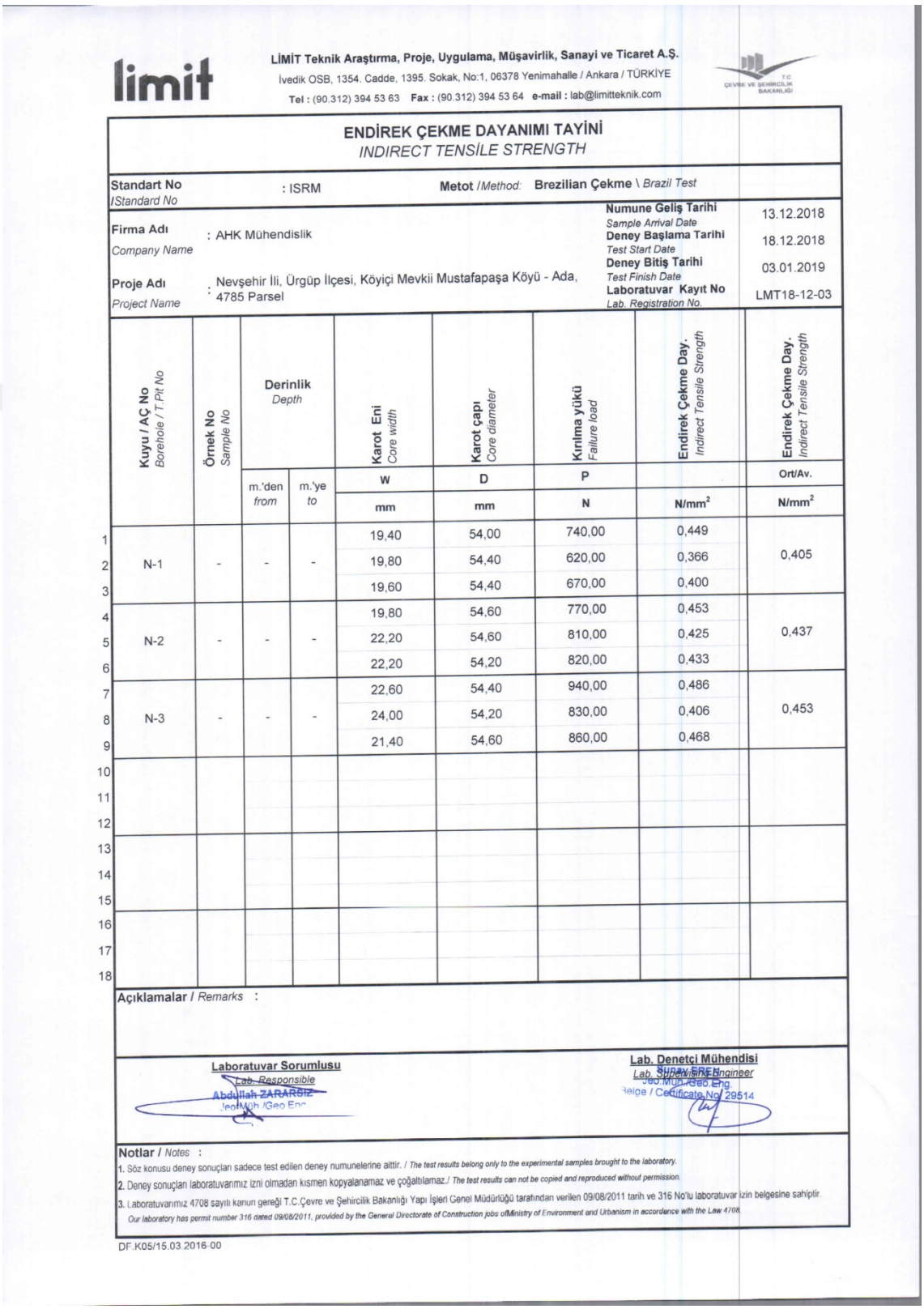
Laboratuvar Sorumlusu / *Lab. Responsible*
Abdullah ZARARSIZ
Müh./Geo Eng.

Lab. Denetçi Mühendisi / *Lab. Supervising Engineer*
Sunay EREN
Jeo.Müh./Geo Eng.
Belge / Certificate No: 29514

Notlar / *Notes* :
1. Söz konusu deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir. / *The test results belong only to the experimental samples brought to the laboratory.*
2. Deney sonuçları laboratuvarımız izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz./ *The test results can not be copied and reproduced without permission.*
3. Laboratuvarımız 4708 sayılı kanun gereği T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 09/08/2011 tarih ve 316 No'lu laboratuvar izin belgesine sahiptir.
Our laboratory has permit number 316 dated 09/08/2011, provided by the General Directorate of Construction jobs ofMinistry of Environment and Urbanism in accordance with the Law 4708.

DF.K04/08.01.2015-03

EK-6 Endirek çekme dayanımı tayini



limit

LİMİT Teknik Araştırma, Proje, Uygulama, Müşavirlik, Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İvedik OSB, 1354. Cadde, 1395. Sokak, No:1, 06378 Yenimahalle / Ankara / TÜRKİYE
Tel : (90.312) 394 53 63 **Fax :** (90.312) 394 53 64 **e-mail :** lab@limitteknik.com

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

ENDİREK ÇEKME DAYANIMI TAYİNİ
INDIRECT TENSİLE STRENGTH

Standart No /*Standard No* : ISRM **Metot** /*Method:* **Brezilian Çekme** \ *Brazil Test*

Firma Adı *Company Name* : AHK Mühendislik

Proje Adı *Project Name* : Nevşehir İli, Ürgüp İlçesi, Köyiçi Mevkii Mustafapaşa Köyü - Ada, 4785 Parsel

Numune Geliş Tarihi *Sample Arrival Date* 13.12.2018
Deney Başlama Tarihi *Test Start Date* 18.12.2018
Deney Bitiş Tarihi *Test Finish Date* 03.01.2019
Laboratuvar Kayıt No *Lab. Registration No.* LMT18-12-03

	Kuyu / AÇ No *Borehole / T.Pit No*	Örnek No *Sample No*	Derinlik *Depth* m.'den *from*	Derinlik *Depth* m.'ye *to*	Karot Eni *Core width* W mm	Karot çapı *Core diameter* D mm	Kırılma yükü *Failure load* P N	Endirek Çekme Day. *Indirect Tensile Strength* N/mm²	Endirek Çekme Day. *Indirect Tensile Strength* Ort/Av. N/mm²
1	N-1	-	-	-	19,40	54,00	740,00	0,449	0,405
2					19,80	54,40	620,00	0,366	
3					19,60	54,40	670,00	0,400	
4	N-2	-	-	-	19,80	54,60	770,00	0,453	0,437
5					22,20	54,60	810,00	0,425	
6					22,20	54,20	820,00	0,433	
7	N-3	-	-	-	22,60	54,40	940,00	0,486	0,453
8					24,00	54,20	830,00	0,406	
9					21,40	54,60	860,00	0,468	
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Açıklamalar / *Remarks* :

Laboratuvar Sorumlusu
Lab. Responsible
Abdullah ZARARSIZ
Jeoloji Müh. /Geo Eng.

Lab. Denetçi Mühendisi
Lab. Supervising Engineer
Suray ERİŞ
Jeo.Müh./Geo.Eng.
Belge / Certificate No: 29514

Notlar / *Notes* :
1. Söz konusu deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir. / *The test results belong only to the experimental samples brought to the laboratory.*
2. Deney sonuçları laboratuvarımız izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz./ *The test results can not be copied and reproduced without permission.*
3. Laboratuvarımız 4708 sayılı kanun gereği T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 09/08/2011 tarih ve 316 No'lu laboratuvar izin belgesine sahiptir.
Our laboratory has permit number 316 dated 09/08/2011, provided by the General Directorate of Construction jobs ofMinistry of Environment and Urbanism in accordance with the Law 4708.

DF.K05/15.03.2016-00

ÖZGEÇMİŞ

Arzu KILIÇ 1981 yılında Adana'da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Adana'da tamamladı. Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2006 yılında mezun oldu. 2015 yılında Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi'ndeki eğitimine hâlen devam etmektedir.

e-posta: k.arzu@hotmail.com.tr