



**T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAHÇELİ ROMA HAVUZU VE KEMERHİSAR SU KEMERLERİNİN
JEOARKEOLOJİK İNCELENMESİ**

SEVİL TOKGÖZ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Ağustos 2008

Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ danışmanlığında **Sevil TOKGÖZ** tarafından hazırlanan “**Bahçeli Roma Havuzu ve Kemerhisar Su Kemerlerinin Jeoarkeolojik İncelenmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mehmet ŞENER (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ümit ATICI (Niğde Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../200..

Prof. Dr. Meysun İBRAHİM

Enstitü Müdürü

ÖZET

BAHÇELİ ROMA HAVUZU VE KEMERHİSAR SU KEMERLERİNİN JEOARKEOLOJİK İNCELENMESİ

TOKGÖZ, Sevil

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Ağustos-2008, 95 sayfa

Bu çalışma ile Niğde ili sınırları içerisinde bulunan Bahçeli Roma Havuzu ve Kemerhisar Kasabasındaki Su Kemerlerinin mühendislik özellikleri ile bu yapılarda kullanılan yapı taşlarının özellikleri belirlenmiştir.

Söz konusu bu yapılardan Roma Havuzu, Niğde'nin 17 km. güneyinde Adana-Kayseri yolunun 1 km. kuzeyinde olup, Bahçeli Kasabasıdır. Roma dönemi mermer sanatının 23x66x2,5 m. boyutundaki ender bir örneğidir. Tamamen toprak altında bulunan havuz, 1960 yılında tesadüfen ortaya çıkarılmıştır. Antik havuzun arkasındaki höyükte yapılan kazılardan çıkan Geç Neolitik döneme ait buluntular, Niğde Müzesinde sergilenmektedir. Gezginci Roma İmparatorlarının önemli bir mesire yeri olan Antik Havuz, bugün ziyaretçilere açıktır. Niğde'nin 20 km. güneyinde Adana-Kayseri yolunun 4 km. kuzeyinde yer alan Kemerhisar Su Kemerleri ise, Roma Havuzunun devamı niteliğindedir. Antik Roma Havuzunun suyunu taşıyan kemerler, Roma İmparatorları Trajan ve Hadrian tarafından yapılmıştır. Yaklaşık 3 km. uzunluğundaki kemerlerin 1,5 km'lik bölümü açıkta, gerisi toprak altında olup, kullanılamaz durumdadır.

Niğde yöresinde geçmişten günümüze kadar, değişik medeniyetler tarafından inşa edilmiş çeşitli kültürel varlıklar bulunmaktadır. Bunların bir kısmı oldukça büyük ve önemli yapılar olup, sanatsal, kültürel ve estetik özellikleri de oldukça ilginçtir. Tarihi alanlardaki jeolojik çalışmalarla ilgili gerek uluslararası gerekse de ülkemizde sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Niğde yöresindeki kültürel alanlarla ilgili henüz kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Oldukça zengin kültürel yapılara sahip olan bölgede, böyle bir çalışmanın yapılması ile bu yapıların oturduğu zeminle ilişkisi ve yapılarda kullanılmış olan taşlara ilişkin jeolojik sorunlar ortaya konularak, bu alanların korunması ve yapının gelecek nesillere aktarılması konusunda önemli bir amaca hizmet edeceği düşünülmektedir.

İncelenen yapılarda traverten ve mermerler yapı taşı olarak kullanılmıştır. Bu tür doğal taşlar, antik çağlardan beri, belirli boyutlarda kesilmiş ve/veya parlatılmış olarak kullanılmıştır. Ülkemizde ve dünyada tarihi yapılarda kullanılan değişik renk ve özelliklerdeki taşların jeomekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ancak, buralarda kullanılan taşların çevreye uyumu ve kullanım alanındaki sorunları ile ilgili özelliklerin kayacın hangi özelliklerinden kaynaklandığı yönünde detaylı araştırmalar oldukça sınırlıdır.

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, yapılar tek tek değerlendirilmiş olup, buralarda kullanılan yapı taşları gözlemsel olarak incelendikten sonra, bunların alındığı eski taş ocakları da belirlenmeye çalışılmıştır. Bu taş ocaklarından taze örnekler alınarak, kullanılan taşların jeomekanik özellikleri ve yapılarda kullanımından kaynaklanan özellikleri ayrıntılı bir şekilde irdelemesi amacıyla, kullanım alanından alınan örneklerin (mümkün olduğunca düşmüş, değiştirilmiş) jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Böylece taze ve kullanılmış taş özellikleri arasındaki değişimlerin belirlenmesine gidilmiştir.

Anahtar sözcükler: Jeoarkeoloji, Niğde, Roma Havuzu, Su Kemerleri, Ayırışma, Jeomekanik özellikler

SUMMARY

GEOARCHAEOLOGICAL INVESTIGATION OF THE BAHCELI ROMA POOL AND KEMERHISAR AQUEDUCTS

TOKGÖZ, Sevil

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa KORKANÇ

August - 2008, 95 pages

With this study, engineering properties of the aqueducts in Kemerhisar and Bahçeli Rome Pool in Niğde region and properties of the building stones used for these buildings were determined.

Roma Pool is situated 17 km south of the Nigde and 1 km north of the Adana-Kayseri road it in Bahçeli district. It is a rare example of the marble art in Rome period that has a dimension of 23x66x2,5 m. The Pool that is wholly burried under soil was exposed coincidentally in 1960. Foundlings belong to the Late Neolithic period found from the diggings in tumulus in the back side of the ancient pool are exhibiting in the Nigde Museum. Ancient Pool that is an important recreation spot for the voyager Roman Emperors is open for the visitors today. Aqueducts situated 20 km South of Nigde and 4 km north of the Adana-Kayseri road are continuation of the Roma Pool. The aqueduct that carries the antique Roma Pool's water was made by the Roman Emperors Trajen and Hadriyen. 1.5 km part of approximately 3 km long aqueducts is apparent, the rest of it is under ground and it is useless.

In Nigde region, various cultural assets were built by different civilizations. A part of these are fairly huge buildings and their cultural, aesthetic and artistic properties are quite interesting. There are limited international or national studies related to geological investigations in historical regions. There are no comprehensive studies about cultural places in Nigde region. With this kind of study which will be done in this region that has quite rich cultural buildings, it is considered that the relations of these buildings with the ground on which these buildings rest and the geological problems related to the stones used in these buildings will be exposed and in the subject of conservation of these regions and transmitting these buildings to the next generations, serve an important aim.

In buildings that are thought to be investigated, travertines and marbles were used as a building stone. Since ancient times, this kind of natural stones have been used as cutted to particular size and/or as brightened. In the world and in our country, various studies have been made to determine the geomechanical properties of stones that have different colors and properties used in historical buildings. But there are limited detailed investigations about which properties of the stones cause the problems in the usage area and the environmentally convenience of the stones that were used in these buildings.

In this study that is prepared for MSc Thesis, buildings were evaluated individually and after the investigation of building stones used for these buildings, the quarries that they were taken from were tried to be determined. Fresh samples were collected from these quarries. Geomechanical properties of the stones used for buildings and properties originated from the usage of these stones for these buildings were investigated in detail and geomechanical properties of the samples (as possible as dropped and changed) collected from the usage area were determined. Thus, changes between fresh and used stones properties were determined.

Keywords: Geoarchaeology, Nigde, Roma pool, Aqueducts, Weathering, Geomechanical properties

TEŞEKKÜR

Çalışmanın başlangıç aşamasından bitimine kadar, gerek konunun seçiminde gerekse de tezin oluşturulmasında, deneysel verilerin yorumlanmasında aydınlatıcı yorumları ve katkıları nedeniyle, Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ'a

Tezin çeşitli aşamalarındaki eleştiri ve önerilerinden dolayı, Doç. Dr. Mehmet ŞENER'e ve Yrd. Doc. Dr. Ümit ATICI'ya,

İnce kesitlerin mikroskop incelemeleri ve XRD analizleri esnasında değerli görüş ve önerilerinden dolayı, Dr. Fikri Zafer ÖZGÜR'e

Laboratuvar çalışmaları sırasında yardımcı olan arkadaşım Jeoloji Mühendisi Yusuf ÖZKAN'a

Bugüne kadar her türlü maddi manevi yönden desteklerini eksik etmeyen aileme ve Ahmet Cemil ÖZTAŞ'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xi
KISALTMA VE SİMGELER.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İnceleme Alanının Tanıtımı.....	3
1.1.1 Yüzey Şekilleri.....	3
1.1.2 Coğrafya.....	3
1.1.3 Akarsu Ağı.....	3
1.1.4 İklim.....	5
1.1.5 Bitki örtüsü.....	5
1.1.6 Yerleşim ve Ulaşım.....	5
1.2. Çalışmanın Amacı.....	6
1.3 Önceki Çalışmalar.....	7
2. MATERYAL METOT.....	11
2.1 Büro Çalışmaları.....	11
2.2 Arazi Çalışmaları.....	11
2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	11
3. BULGULAR.....	13
3.1. Bölgesel Jeoloji.....	13
3.1.1. Niğde Grubu.....	13
3.1.1.1 Gümüşler Metamorfifi.....	13
3.1.1.2 Kaleboynu Formasyonu.....	14
3.1.1.3 Aşıgediği Formasyonu.....	14
3.1.1.4 Üçkapılı Granodiyoriti.....	15
3.1.1.5 Sineksizyayla Metagabrosu.....	15

3.1.1.6 Çamardı Formasyonu.....	16
3.1.1.7 Evliyatepe Formasyonu.....	16
3.1.1.8 Karadağ Volkaniti.....	17
3.1.1.9 Başmakçı Kireçtaşı Üyesi.....	17
3.1.1.10 Çukurbağ Formasyonu.....	18
3.1.1.11 İncesu İğnimbiriti.....	18
3.1.1.12 Çatalca Çakıldaşı.....	19
3.1.1.13 Alüvyon.....	19
3.2. Yapısal Jeoloji.....	20
3.2.1. Paleotektonik Dönem.....	20
3.2.1.1 Metamorfizma Sırasında Gelişen Yapısal Unsurlar.....	20
3.2.1.2 Metamorfizma Sonrası Yapısal Unsurlar.....	21
3.2.2. Neotektonik Yapılar.....	21
3.3. İnceleme Alanının Jeolojisi.....	22
3.3.1 Kaleboynu Formasyonu.....	22
3.3.2 Aşıgediği Formasyonu.....	25
3.3.3 Üçkapılı Granodiyoriti.....	25
3.3.4 Çamardı Formasyonu.....	26
3.3.5 İncesu İğnimbiriti.....	26
3.3.6 Çanaktepe Formasyonu.....	27
3.3.7 Gökbez Formasyonu.....	27
3.3.8 Melendiz Grubu.....	28
3.3.8.1 Melendizdağ Aglomerası.....	28
3.3.8.2 Melendizdağ Tüfü.....	29
3.3.8.3 Melendizdağ Andeziti.....	29
3.3.9 Yamaç Molozu.....	30
3.3.10 Alüvyon.....	30
3.4 Mühendislik Jeolojisi.....	31
3.4.1 Giriş.....	31
3.4.2 Temel Zeminlerine Yönelik Değerlendirmeler.....	31
3.4.3 Yapılarda Kullanılan Taşlar ve Sorunları.....	31
3.4.4 Atmosferik Etkilere Bağlı Olarak Gelişen Sorunlar.....	32
3.5 İncelenen Yapıların Özellikleri ve Bunlara Ait Arazi Gözlemleri.....	32

3.6 Örneklerin Tanıtımı ve Özellikleri.....	45
3.7 İncelenen Örneklerin Petrografik Özellikleri.....	47
3.8 X- ışınları Difraktometre Analiz Sonuçları.....	56
3.9 Jeomekanik Özellikler.....	59
3.9.1 Kuru Birim Ağırlık.....	59
3.9.2 Doygun Birim Ağırlık.....	61
3.9.3 Su Emme.....	62
3.9.4 Porozite.....	64
3.9.5 P-Dalga Hızı.....	65
3.9.6 Schmidt Çekici Sertlik İndeksi.....	66
3.9.7 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi.....	68
3.9.8 Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	70
4. SONUÇLAR	72
KAYNAKLAR.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	4
Şekil 3.1	İnceleme alanının jeoloji haritası.....	23
Şekil 3.2	İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	24
Şekil 3.3	G ₁ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	47
Şekil 3.4	G ₂ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	48
Şekil 3.5	G ₃ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	49
Şekil 3.6	B ₁ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	49
Şekil 3.7	B ₂ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	50
Şekil 3.8	T _{1a} örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	51
Şekil 3.9	T _{1b} örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	51
Şekil 3.10	T _{1c} örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	52
Şekil 3.11	T ₂ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	53
Şekil 3.12	T ₃ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	53
Şekil 3.13	M ₁ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	54
Şekil 3.14	M ₂ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)	54
Şekil 3.15	Bazalt örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X).....	55
Şekil 3.16	G ₁ örneğinin difraktometre analiz sonuçları.....	56
Şekil 3.17	T _{1a} örneğinin difraktometre analiz sonuçları.....	57
Şekil 3.18	M ₂ örneğinin difraktometre analiz sonuçları.....	57
Şekil 3.19	Bazalt örneğinin difraktometre analiz sonuçları.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	İncelenen örneklerin lokasyon tanıtımı ve kayaç özellikleri.....	46
Çizelge 3.2	İncelenen örneklere ait kuru birim ağırlık değerleri.....	60
Çizelge 3.3	İncelenen örneklere ait doygun birim ağırlık değerleri.....	61
Çizelge 3.4	İncelenen örneklere ait ağırlıkça su emme değerleri.....	63
Çizelge 3.5	İncelenen örneklere ait efektif porozite değerleri.....	64
Çizelge 3.6	İncelenen örneklere ait P-dalga hızı değerleri.....	65
Çizelge 3.7	Kemerlerde kullanılan travertenlere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri.....	67
Çizelge 3.8	Roma Havuzunda kullanılan mermere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri.....	67
Çizelge 3.9	İncelenen örneklere ait ıslak kararlılık değerleri.....	69
Çizelge 3.10	İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri.....	70

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 3.1	Roma Havuzunun keşfinden sonra turizme kazandırılmak amaçlı yapılan düzenlemelerle birlikteki önceki görünüşü.....	33
Fotoğraf 3.2	Roma Havuzunun yakın zamanlardaki genel görünüşü.....	34
Fotoğraf 3.3	Havuzunun şimdiki halinin genel görünüşü.....	34
Fotoğraf 3.4	Havuzun kuzeybatı duvarından görünüm.....	35
Fotoğraf 3.5	Havuzun kuzeybatı duvarından görünüm.....	35
Fotoğraf 3.6	Mermerlerde gözlenen süreksizlikler ve kayaçta gözlenen yersel erimeler..	36
Fotoğraf 3.7	Mermerlerde farklı heterojenlikte kısımların bulunması ile kayacın farklı derecede ayrışmaya uğraması.....	36
Fotoğraf 3.8	Mermerlerin bir kısmında erimelerin daha belirgin olduğu kesimden bir görünüm.....	37
Fotoğraf 3.9	Kemerlerin ayakta kalan kesimden görünüm (kuzeye bakan kesim).....	38
Fotoğraf 3.10	Kemerlerde farklı taş işçiliği ve farklı heterojenlikte malzeme kullanımı yersel bozulmalar.....	39
Fotoğraf 3.11	Yapıda kullanılan malzemede farklı derecede ayrışmalara bağlı tahribatın artması.....	40
Fotoğraf 3.12	Farklı özelliklerdeki travertenlerin bir arada kullanılması ve kullanım yerinde ki sorunlar.....	40
Fotoğraf 3.13	Travertenlerde ayrışma ile oluşan pul pul dökülmelerden bir görünüm.....	41
Fotoğraf 3.14	Farklı boşluk yapısına ve dokuya sahip travertenlerden görünüm.....	41
Fotoğraf 3.15	Benzer litolojik ve mühendislik özellikler sunan travertenlerin yapıda taşıyıcı olarak kullanımı.....	42
Fotoğraf 3.16	Travertenlerde kayaç yüzeyini kaplamış olan liken ve karayosunu etkisi.....	43
Fotoğraf 3.17	İri boyutlu travertenden yapılmış kemerlerdeki kilit taşı ve yapının görünümü.....	43
Fotoğraf 3.18	Kemerler üzerinde travertenlerden yapılmış su taşıma kanalının görünümü.	44

KISALTMA VE SİMGELER

G₁	: Örnek no
γ_d	: Kuru birim ağırlık
γ_s	: Doygun birim ağırlık
w_a	: Ağırlıkça su emme
n_e	: Efektif porozite
V_p	: P-dalga hızı
SHV	: Schmidt sertlik değeri
Id₂	: Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi
σ_c	: Tek eksenli basınç dayanımı
ISRM	: Uluslararası kaya mekaniği grubu
TSE	: Türk standartları
NBG	: Norveç kaya mekaniği grubu

BÖLÜM 1

1 GİRİŞ

Niğde yöresinde tarihi dönemlerde inşa edilmiş çeşitli kültürel varlıklar bulunmaktadır. Bunlar, çok çeşitlilik sunmakla birlikte, en önemlileri arasında Roma havuzu ve Kemerhisar su kemerleri gelmektedir. Roma havuzu olarak isimlendirilen yapı, Bahçeli Kasabasında, Su kemerleri ise Kemerhisar Kasabasıdır. Tarihi geçmişi Bizans ve daha öncesi dönemlere ait olan Tyana (Kemerhisar) gerçek bir tarihi hazine özelliğindedir. Su kemerleri ve Roma Havuzu ile ünlenen bölgedeki Tyana (Kemerhisar) Höyüğü, ilk kez 1880-1881 yılları arasında Wilson tarafından keşfedilmiş, daha sonra Ramsey tarafından kesin yer tesbiti yapılmıştır. Hitit ve Asur yazılı tabletlerinde “Tuvanuva” olarak adlandırılan şehir, Romalılar döneminde Tyana adını almıştır. Yörenin Türklere geçmesini takiben kurulan şehre önceleri Kilise Hisar takip eden dönemlerde ise Kemerhisar adı verilmiştir.

Kemerhisar (Tyana) Roma İmparatorluğu döneminde iyice gelişerek sivil, askeri ve adalet kurumları ile donatılmış, önemli yapılardan han, hamam ve aşevleri yapılmıştır. Kalabalıklaşan şehrin su gereksinimi, halen Roma havuzu olarak bilinen yerde bulunan Köşk pınarından yöreye adını veren su kemerleri ile karşılanmıştır.

Arazi yapısı ve verimli toprakları ile tarihin ilk dönemlerinden itibaren önemli bir yerleşim merkezi olan Kemerhisar’da bulunan su kemerleri, Roma İmparatorları Trajen ve Hadriyan tarafından yaptırılmıştır. Çeşitli boyutlarda kesilmiş traverten kullanılarak yapılan bu kemerler, yaklaşık 3 km. uzunluğunda olup, 1,5 km’lik kesimi günümüze kadar korunarak gelmiş, geri kalanının ise toprak altında olduğu belirtilmektedir. Kendilerine has özellikleri ile dünya arkeoloji literatüründe ayrı bir yeri olan bu kültür varlıkları, bakımı iyi yapılamadığından, günden güne yıpranarak mimari, tarihi ve estetik özelliklerini kaybetmektedirler.

Kültür varlıklarının gelecek nesillere aktarılabilmesi için gerekli arkeojeolojik araştırmalar son derece kısıtlı sayıda ve kısıtlı imkanlarla yapılmaya çalışılmaktadır. Özellikle ülkemizdeki tarihi yapıların korunması konusunda yapılan çalışmalar, onların mimari özelliklerinin korunmasını içermektedir. Ancak, yapılarda kullanılan malzemelerin özellikleri, bozunma nedenlerinin belirlenmesi ve bunların incelenmesi sonucu yapılacak müdahaleler (yüzey temizliği veya sağlam olanı ile değiştirme) ve

müdahalelerde kullanılacak malzemelerin özellikleri konusunda çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu nedenle bilinçsiz müdahalelerin önüne geçilebilmesi için kültür varlıklarında kullanılan malzemelerin jeolojik özelliklerinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu gereklilikten hareketle yapılan bu çalışma, tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin korunmasının önemini vurgulaması ve konuyla ilgili çalışma aşamalarını göstermesi açısından önem taşımaktadır.

Oldukça zengin kültürel yapılara sahip olan Niğde yöresindeki kültürel yapılarda kullanılan yapı taşlarının mühendislik özelliklerine ilişkin henüz kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Hazırlanan bu çalışmada kültür varlıklarında kullanılan taşlar belirlenerek, bunların özelliklerinin belirlenmesi ve bu yapıların gelecek nesillere aktarılması konusunda önemli bir amaca hizmet etmesi beklenmektedir. Bu noktadan hareketle, yapılacak bu çalışmada tarihi yapılarda kullanılan taşların mineralojik bileşimlerindeki değişimleri, taşların üretildiği kayaçların orijinal fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri, taşın yapısından ve dış etkilerden kaynaklanan bozunmalar, nedenleriyle birlikte ortaya konulmuştur.

Bu amaç doğrultusunda, yörede değişik amaçlar için yapılan Roma havuzu ve su kemerleri tek tek incelenmiştir. Buralarda kullanılan yapı taşları belirlendikten sonra bunların özelliklerine benzer özellikler sunan yakın alnlardaki taş ocaklarından taze numuneler alınarak, jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Kullanılan bu taşların yapılardaki kullanımındaki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ayrıntılı arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Mümkün olan alanlarda, yapıdaki kullanım alanından düşmüş (bir daha kullanılması mümkün olmayan) bloklardan alınan örneklerin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Yapıda kullanım yerindeki taşlarda gözlenen bozunmalar gözlemsel olarak incelenmiş olup, mekanik özelliklerine yönelik değerlendirmeler için Schmidt sertlik çekici kullanılmıştır. Yapıda kullanım yerinden örnek alımına izin verilmediğinden düşmüş, bir daha kullanılmayan taşlardan örnek derlemesine gidilmiştir. Bu nedenle yapıdan orta ve ileri derecede ayrılmış örnek alınamadığından ayrışma ile taşlarda meydana gelen değişimler yeterince ayrıntılı olarak ortaya konulamamıştır. Yapılarda yerinde yapılmış incelemelerle değerlendirmelere gidilmiştir.

1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı, Orta Anadolu'nun güneyinde Niğde il sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Niğde ili ve Bor ilçesi Türkiye 1/25000 ölçekli topografik haritalarından Kozan M 34-a4 paftası içerisinde yer almaktadır. İnceleme alanında bir dönem Hititlere başkentlik yapmış Kemerhisar (Thyana) ilçesi ile Roma imparatorluğunun parlak dönemlerinde inşa edilmiş Roma havuzu bulunmaktadır. Bölge, Niğde ilinin tarihi sürecindeki en önemli ayrıntıları günümüze değin taşıyan merkezdir.

1.1.1 Yüzey Şekilleri

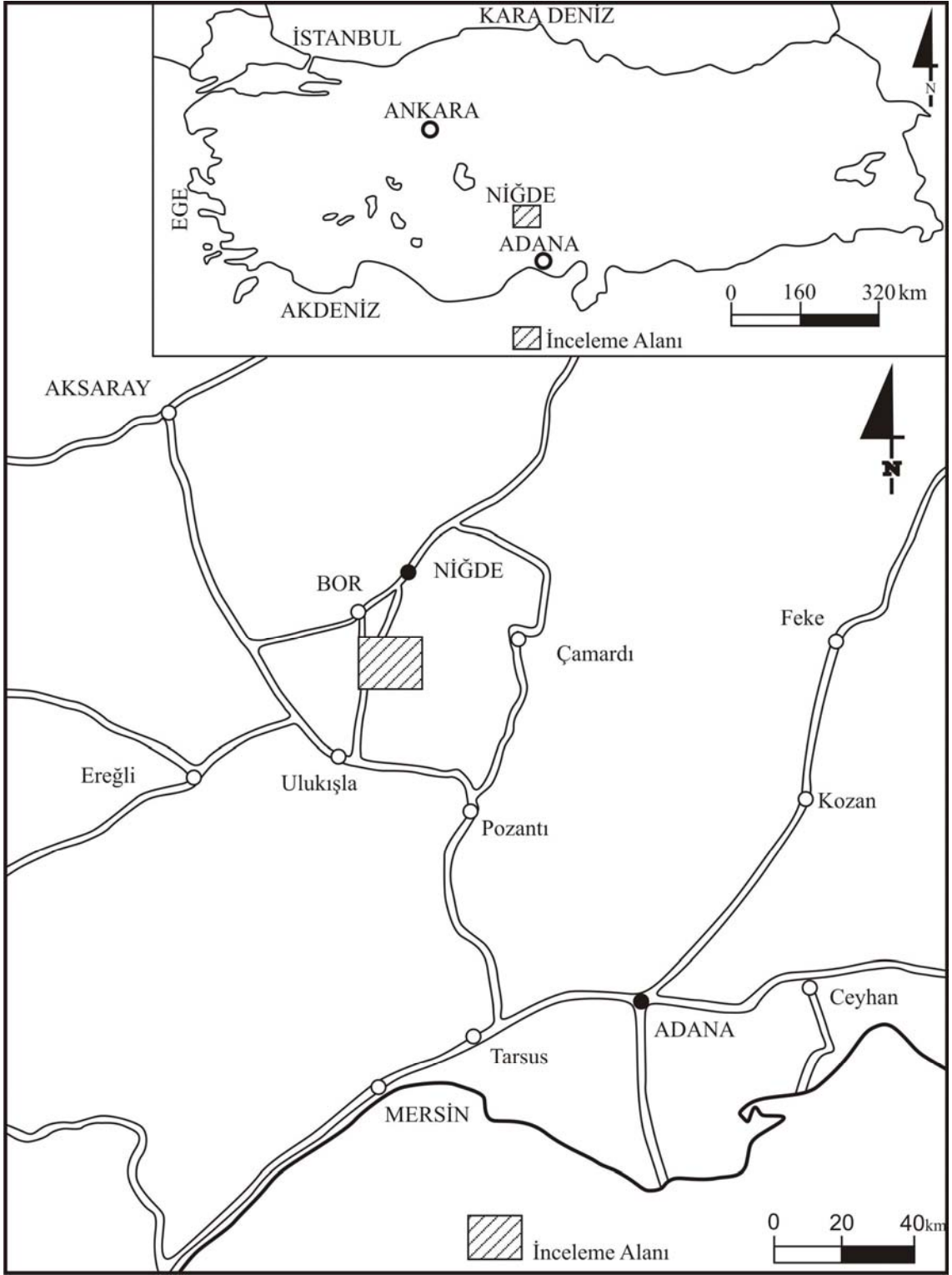
Hasandağı, Melendiz Dağ ve Toroslar'ın çevrelediği inceleme alanı ve civarı, doğuya doğru uzanan bir yayla, güneye ve batıya doğru genişleyip uzayan bir ova konumundadır. Bölgede genellikle düz bir topoğrafya hakim olup, geniş tarım alanları bulunmaktadır.

1.1.2 Coğrafya

İnceleme alanı İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde, Niğde il sınırları içerisinde yer almakta kuzey doğusunda Niğde, şehir merkezi kuzeyinde Bor ve Altınhisar ilçeleri ile yakın köyleri, güneyinde Ulukışla ilçesi ve batısında Bor-Ereğli ovasına ait geniş düzlükler ve burada bulunun (Badak, Bayat, Emen, Bereket, Seslikaya, Kızılca, Çukurkuyu ve Konya iline ait Zengen) köyler yer almaktadır.

1.1.3 Akarsu Ağı

Türkiye ortalamasının altında bir yağış rejimine sahip olan çalışma alanında, iklim şartlarına bağlı olarak gelişmiş akarsu bulunmamaktadır. Buna karşılık yaz aylarında kuruyan, diğer mevsimlerde ise özellikle karların erimesiyle su taşıyan bir kaç dere bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Dikmen dere, Postallı dere, Kırkgeçit ve İmrahor dereleridir.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.1.4 İklim

Çalışma alanında karasal iklim hüküm sürmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı olup, yağışlar çoğunlukla kar şeklindedir. Uzun süre karla kaplı alanlar fazladır. Bölgede gece-gündüz sıcaklık farkı da oldukça fazladır. Kış ayları sıcaklık ortalaması 0 °C, yaz ayları sıcaklık ortalaması ise 23 °C dolayında olan bölge, aynı zamanda Türkiye'nin en az yağış alan bölgesi durumundadır.

1.1.5 Bitki Örtüsü

Çalışma alanında, iklim koşullarının elverişsiz olması nedeniyle, doğal bitki örtüsü, hemen hemen hiç gelişmemiştir. Çalışma alanındaki yerleşim alanlarının çevresinde sebze ve meyve yetiştiriciliği yaygındır. Elma, armut, ceviz, erik, şeftali, kiraz vs. gibi meyvelerin üretimi ön plandadır. Bölgede tarımsal faaliyetler de yoğundur. En çok ekilen tahıl buğdaydır. Tahılla uğraşanlar tahıl tarımı ile hayvancılığı birlikte sürdürmektedirler. Hayvancılık da önemli bir gelir kaynağıdır. Yörede ayrıca şekerpancarı ve lahana üretimi gittikçe yaygınlaşmaktadır.

1.1.6 Yerleşim ve Ulaşım

İnceleme alanı yüzölçümüne göre nüfus yoğunluğunun oldukça az olmasına karşılık, Niğde, Bor ve Kemerhisar bölgenin en yoğun yerleşim alanlarıdır. Bunun yanında Bor ilçesine ait güney ve doğu kesimindeki alanlarda daha yoğun yerleşiminin olmasında, arazinin daha verimli olmasının etkisi oldukça fazladır. Bölgede, belde konumunda olan yerleşim alanları da mevcuttur. Ayrıca çalışma alanında birçok köy ve yayla bulunmaktadır. Bölgede yer alan köylerde son dönemlerde ciddi bir kente göç sorunu yaşanmaktadır.

Bölgede ulaşım ağı genel anlamda oldukça iyi gelişmiştir. Bölgenin en önemli karayolu Kayseri-Niğde-Adana karayoludur. Asfalt olan bu yollar genelde her mevsim trafiğe açıktır. İkinci önemli karayolu ise Niğde-Konya karayoludur. Bölgedeki yolların çoğu asfalt olup, sadece ve yayla yolları stabilize edilmiştir. Yayla yolları kışın çoğunlukla ulaşımına kapalıdır.

Ayrıca ülkemizin kuzeyi ve güneyi ile bağlantıyı sağlayan demiryolu (Kayseri - Niğde - Ulukışla bağlantılı Konya - Adana) çalışma alanından geçmektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Niğde yöresine ait Bahçeli Roma havuzu ve Kemerhisar kasabasındaki su kemerlerinin mühendislik özellikleri ile bu yapılarda kullanılan yapı taşlarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarihi alanlardaki jeolojik çalışmalarla ilgili gerek uluslararası gerekse de ülkemizde sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Niğde yöresindeki kültürel alanlarla ilgili henüz kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Oldukça zengin kültürel yapılara sahip olan bölgede, böyle bir çalışmanın yapılması ile bu yapıların oturduğu zeminle ilişkisi ve yapılarda kullanılmış olan taşlara ilişkin jeolojik sorunlar ortaya konularak, bu alanların korunması ve yapının gelecek nesillere aktarılması konusunda önemli bir amaca hizmet edeceği düşünülmektedir.

İncelenen yapılarda genellikle traverten ve mermerler yapı taşı olarak kullanılmıştır. Bu tür doğal taşlar, antik çağlardan beri belirli boyutlarda kesilmiş ve/veya parlatılmış olarak birçok yörede kullanılmıştır. Ancak, buralarda kullanılan taşların çevreye uyumu ve kullanım alanındaki sorunları ile ilgili özelliklerin, kayacın hangi özelliklerinden kaynaklandığı yönünde detaylı araştırmalar oldukça sınırlıdır. Yapılar tek tek değerlendirilerek buralarda kullanılan yapı taşları gözlemsel olarak incelendikten sonra, bunların alındığı veya benzer özellikler gösteren alanlarda taze örnekler üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu taş ocaklarından taze örnekler alınarak, bunların jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Yapılarda kullanımından kaynaklanan özellikleri ayrıntılı bir şekilde irdelenmesi amacıyla, kullanım alanından alınan örneklerin (mümkün olduğunca düşmüş, değiştirilmiş) jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Böylece taze ve kullanılmış taş özellikleri arasındaki değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, bu yapılarda kullanılan taşlar ve yapıların özellikleri bütün yönleriyle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

Mühendislik jeoloji çalışmaları ile kültürel jeoloji çalışmalarının birlikte yürütüldüğü çalışmalardan olan arkeojeoloji ve/veya jeoarkeoloji konusunda yapılan araştırmalar, ülkemizde son yıllarda kısmen çalışılmaya başlanan konular arasındadır. Bu nedenle bu tür konularda yapılmış Türkçe literatür çalışmaları kısıtlı olup, özellikle de çalışma alanına yönelik henüz kapsamlı bir çalışmaya rastlanamamıştır. Çalışma alanı ve yakın dolayında yapılmış jeolojik çalışmalar ile ülkemiz ve dünyada yapılmış bu konuları kapsayan çalışmaların bir kısmına aşağıda kronolojik olarak değinilmiştir.

[1] Bölgede yapmış olduğu çalışmalarda metamorfizma kavramına açıklık getirmiş, Paleozoyik yaşlı Niğde Masifi metamorfizmasını tüm kütle olarak ele almış, bu kütleli de “Niğde Kompleksi” olarak adlandırmıştır.

[2, 3, 4] Niğde ile Çamardı arasının 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır. Niğde-Çamardı Kristalin Masifi'nin İç Anadolu'nun altında bulunan kristalin temele ait olduğunu belirtmiştir.

[5] Niğde Masifi'nin batı kesiminde yaptığı çalışmalarda Niğde Grubunu, formasyonlar ve kayaç türleri açısından ayırarak inceleme yapmıştır.

[6] Çamardı-Ulukışla arasında yayılım sunan Başmakçı Kireçtaşı'nı ilk defa tanımlanmış, litolojik özellikleri, resifal organizmaların bulunuşu ve bu kalkerlerin resifal karakter ile filiş tipi sedimanların bulunduğundan söz etmiştir.

[7] Bolkardağı kuzeyinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamışlardır. İnceleme alanındaki Ulukışla Formasyonu, Çiftehan formasyonu, Halkpınar Formasyonu, Hasangazi Formasyonu, Gümüş Kireçtaşı Üyesi Bozbeltepe Üyesi, Kabaktepe Evaporit Üyesi ve Aktoprak Formasyonlarını ayıtlamış, oluşum özelliklerini ortaya çıkarmışlardır.

[8] Niğde Masifi'nin batı kesimini ayrıntılı olarak çalışmıştır. Bölgede kaya birimlerini formasyonlara ayırarak tanımlamış, ayrıca bölgedeki metamorfizma evleri açıklamıştır.

[9] Acıgöl ve Göllüdağ volkanitlerinde yaptığı çalışma sonunda, bu volkanitlerin, Arap-Afrika Levhası ile Anadolu Levhasının arasındaki kıta-kıta çarpışma sonunda meydana gelen volkanizmanın türünün olduğu belirtmiştir.

[10] Ulukışla-Çamardı volkanitlerinin petrolojik ve jeokimyasal özelliklerini ve bölgenin Üst Kretase'den günümüze kadar olan tektonik evrimine yönelik değerlendirmeler yapmışlardır.

[11] Ulukışla-Çamardı havzasını bir bütün olarak ele almış, kayaçların oluşumunu, günümüze kadar geçirmiş oldukları evrimleri ve cevherleşme tiplerini incelemiştir. Ulukışla-Çamardı havzasının stratigrafisini, litolojik özellikleri itibariyle birbirine benzemeyen (güney, orta ve kuzey bölüm) üç bölüme ayırarak incelemiştir.

[12] Ulukışla-Çamardı Tersiyer havzası kuzeydoğu kesiminin jeolojisi ve sedimanter özellikleri adlı çalışmasında, Çamardı Formasyonu'nda dokuz, Çanaktepe Formasyonu'nda atlı litofasiyes ayırtlanmış ve buna göre birimlerin çökeltme ortamlarını açıklamıştır.

[13] Torosları çeşitli birliklere ayırmış ve Niğde Masifini ilk kez jeolojik bir birim olarak tanımlamıştır. Yazar bölgede yer alan beyaz ve mavimsi mermer, kuvarsit, amfibolit, mikaşist ve fillattan oluşan kayaların metamorfizma dışında Antitoros'un dizilimini andırdığını öne sürmüştür. Ecemiş Fayı'nın Tersiyer çökelleriyle dolu olan dar bir şeritten ibaret olduğunu ve Niğde Kristalen Kompleksi ile Kilky Torosu'nu Bolkar Dağı'nı, Aladağ'ı birbirinden ayırtlamıştır.

[14] Türkiye'de günümüzde bilinenden çok daha fazla diri fay bulunduğunu savunmuşlar ve bu diri faylardan bazılarının özelliklerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Aynı araştırmacılar, Ecemiş Fay Zonu'nda, (Çamardı'nın 10 km. doğusunda) zonun uzantısına uygun olarak diri bir fayın bulunduğunu, fay düzleminin Aladağ'a doğru eğimli olduğunu, yamaç molozu üzerinde gelişmiş olan akaçlamayı etkilediğinden ve akarsuların yolunu değiştirdiğinden bahsetmişlerdir.

[15] Ecemiş Fay Kuşağı boyunca Çamardı civarının 1/25000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve jeolojisini incelemiştir. Gnays, mermer ve kuvarsitten oluşan birimleri Niğde

Metamorfileri, Maden Kireçtaşını, Aladağ Grubu adı altında, Demirkazık kireçtaşı ve Somatız Radyolarit Üyesi ile Mazmılı Ofiyolitini, Ulukışla Grubu adı altında toplamış, Çamardı Formasyonu, Çukurbağ Formasyonu, Körpınar Alçıtışı Üyesi ve Burç Formasyonlarını ayırtlamış, Kuvaterneri, Çatalca Çakıltası adı altında incelemiştir.

[16] Hasandağ ile Melendizdağı civarında ilk detaylı çalışmayı yapmıştır. Melendiz Dağı, Hasandağ ve Çınarlı bölgesinin en son erüpsiyon fazını meydana getiren Bazaltik lavlar üzerinde petrografik incelemeler yapmıştır. Buna göre, Melendizdağ'ındakilerin ojit-hipersten bazalt, Hasandağı'ndakilerin hornblend - hipersten bazalt ve ovadakilerin olivin bazalt olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca Tuzgözü doğusundaki KB-GD yönlü fayın, Hasandağ bazaltlarını da kestiğini belirtmiştir.

[17] Kore Cumhuriyetinde bulunan Bunhwansa tapınağında yaptıkları çalışmada, yapı yüzeyinin yüksek nem oranına sahip olduğunu ve bu nedenle kullanılan kayaçların etrafında likenler ve karayosunlarının oluştuklarını belirtmişlerdir. Bu liken ve yosunların kayaçtaki kirlenme ve bozunmaların hızlanmasına neden olduğu belirtmişlerdir.

[18] Kapadokya yöresindeki tarihi anıtlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda; kayaç dış yüzeyindeki likenlerin, kayaçta ciddi bozunmaya neden olduğu ortaya koymuşlardır.

[19] Kireçtaşı kökenli kayaçlarla yapılan Almohade anıtında yaptıkları çalışmalarda; kötü hava koşulları ve kayaçların yüzeyinde çözünebilir tuzların etkisiyle kayaçlarda yüzeysel bozunmalar oluşturduğunu ve sonuçta yapı taşlarında pul pul dökülmelerin olduğunu belirtmişlerdir.

[20] Kapadokya yöresi tüfleri üzerinde araştırmalar yapmış olup, tüflerin çok zayıf kaya özelliğinde olduğunu, düşük birim ağırlıkta ve yüksek poroziteye sahip kaya özellikleri sunduklarını belirtmişlerdir. Tüflerin yapısal unsurlarının ve zayıf kaya özellikleri nedeniyle bozunmaya karşı duraylılıklarının düşük olduklarını ortaya koymuşlardır.

[21] Dünya kültür mirası listesinde bulunan Dabotop Pagoda anıtının yapımında küçük boyutlu granitik kayaçların kullanıldığını, bu küçük boyutlu bloklarda nemlenmeler nedeniyle pul pul dökülmelerle önemli hasarların oluştuğunu, yapıya ikincil önemli

hasarı ise alg, mantar, likenler ve karayosunları nedeniyle oluşan biyolojik bozunmaların verdiğini belirtmişlerdir.

[22] Taşların bozulma nedenleri ve koruma yöntemleri adlı eserinde tarihi yapılar da kullanılan malzemelerden; taşların oluşumundan çıkarılmasına, kullanılmasına ve restorasyon uygulamalarına kadar birçok konuda bilgi bulunmaktadır. Taşların bozulma nedenlerinin başında jeolojik oluşuma bağlı olarak gelişen yapısal sorunlar geldiğini belirtmiştir. Ayrıca kullanılacak yere ve amaca uygun doku ve özelliklerde taşların seçilmemiş olması ya da aynı taş ocağından olmasına rağmen farklı ve ktu özellikler gösteren kesimlerden taş seçilmesi ileride karşılaşılacak pek çok bozulmaya neden olacağına yönelik tespitte bulunmuştur. Ayrıca atmosferik etkiler sonucu kayaçlarda bozunmaların hızlanacağına yönelik değerlendirmeler de yer almaktadır

BÖLÜM 2

2 MATERYAL METOT

2007-2008 yılları arasında Niğde ili Bor ilçesi sınırları içerisinde yer alan Kemerhisar ve Bahçeli yöresindeki önemli tarihi yapılardan örnekler üzerinde sürdürülen bu çalışma; büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

2.1 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarına 2007 yılı başından itibaren araştırma konusu ile ilgili literatür derlemeleriyle başlanmıştır. Yapılan gözlem ve deneylerden elde edilen bütün veriler, bilgisayar ortamına aktararak, yapı taşı olarak kullanılan taşlar ile benzer özelliklere sahip taşların jeomekanik özellikleri ve kullanım yerinden kaynaklanan sorunların belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

2.2 Arazi Çalışmaları

2007 yılı yaz döneminde sürdürülen arazi çalışması; bölgedeki taş ocakları ile tarihi yapıların bulunduğu alanların temel özellikleri ile yapılarda kullanılan taşların mühendislik özelliklerini belirlenmesine yönelik çalışmalar şeklinde sürdürülmüştür. Bu çalışmalar sırasında yapı taşlarının; ayrışma, süreksizlik özellikleri, yayılımı, rengi ve diğer özellikleri de belirlenmiştir, farklı bileşim ve dokudaki taşlardan bu değişimine bağlı olarak örnekleme yapılmıştır.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

DeneySEL çalışmalar, araziden standartlara uygun alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler üzerinde yapılan çeşitli inceleme ve analiz sonuçları, uygun sınıflama ve standartlar kullanılarak yorumlanmıştır. Yapı taşı olarak yörede yaygın olarak kullanılan mermer ve travertenler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları, başlıca; mikroskobik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler şeklinde yürütülmüştür.

Saha çalışmalarında derlenen örnekler üzerinde çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan laboratuvar çalışmaları aşağıdaki şekilde yürütülmüştür:

1- Alınan blok örneklerden öncelikle ince kesit hazırlanmış ve kesitler laboratuvarda polarizan mikroskobunda incelenenerek, kayacın dokusal ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Böylece örneklerin; mineralojik bileşimi, minerallerin biçimi, boyutları ve boşlukları saptanmıştır. Bu çalışmalar TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı) laboratuvarları ve Bölümümüz Mineraloji-Petrografi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

2- Çalışmada ayrıca, farklı özellikteki örneklerin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi için XRD analizlerine ihtiyaç duyulmuştur. XRD analizleri için örnekler bölümümüz Kaya Mekaniği laboratuvarında öğütüldükten sonra, TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı) Laboratuvarında XRD çekimleri yapılmıştır.

3- Taşların jeomekanik özelliklerini belirlemek amacıyla iri blok numunelerinden laboratuvar karot makinesi ile karot örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan karot örnekler ait; kuru ve doygun birim ağırlık, su emme, efektif porozite değerleri belirlenmiştir. Ayrıca aynı örnekler ait, tek eksenli basınç dayanımı ve P-dalga hızı belirlenmiştir. Arazide yerinde Schmidt çekici ölçümleri farklı yükseklik kademeleri ile farklı özellik sunan yapı taşlarında kullanım yerinde gerçekleştirilmiştir. Parça örneklerden suda dağılma (Slake-durability) indeksi belirlenmiştir.

BÖLÜM 3

3 BULGULAR

3.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanını kapsayan ve literatürde Orta Anadolu Kristalin Masifi olarak adlandırılan bölgede en yaşlı birim, Ecemiş Fay Kuşağı'nın batısında yer alan Niğde Grubu kayalarından oluşur. Niğde Grubu, Orta Anadolu Kristalin Masifi veya Kızıllırmak Masifi olarak tanımlanan metamorfik kütlelerin güney kısmını oluşturmaktadır [6, 23, 24].

3.1.1 Niğde Grubu

Niğde Grubu altan üste doğru Gümüşler, Kaleboynu ve Aşıgediği metamorfiklerinden oluşur ve bunlar yer yer Üçkapılı Granodiyoriti tarafından kesilir [25]. Bu birimler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1.1.1 Gümüşler Metamorfizi (PzMzg)

İlk kez [5] tarafından adlandırılan birim, Niğde Metamorfiklerinin görünür en alt bölümünü oluşturmakta ve kısmi ergime gösteren sillimanit-biyotit gnays ile başlamaktadır. Mineralojik bileşim ve dokusal özellikleri göz önüne alınarak sillimanit-biyotit-muskovit gnays, kordiyerit-muskovit gnays, almandin-sillimanit-biyotit gnays, bantlı gnays, piroksen-amfibol-granat gnays ve gözlü gnays tipleri ayırtlanmıştır. Gnayslar ile birlikte amfibolit, metatektik amfibolit, amfibollü mermer ve kuvarsit arabantları izlenebilir. Formasyon içerisinde yer yer merceksel konumlu mermerler, kuvarsitler ve amfibolitler de gözlenmektedir [26].

Litolojik olarak, Toros otktan istifindeki Alt-Orta Kambriyen yaşlı birimlerle nisbeten benzerlikleri bulunması nedeniyle, Niğde grubu kayalarının yaşını, Kambriyen yaşlı olarak düşünmek mümkündür. Ancak otkton istifteki birimlerin metamorfizma geçirmemiş olması, Niğde gurubu kayalarının Kambriyenden de yaşlı olabileceği ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle Niğde Grubu'nun yaşlı Alt Paleozoyik olarak belirlenmiştir [26].

3.1.1.2 Kaleboynu Metamorfiji (PzMzk)

İlk kez [8] tarafından adlandırılmıştır. Gnays, mermer, ve kuvarsit ar dalanmasından oluşur. Gümüşler metamorfiji üzerine uyumlu olarak gelir. Gümüşler metamorfiji üstünde kuvarsofeldispatik gnays ve kırmızı renkli kuvarsitler ile başlayan birim gnays, mermer ve kalsilikatlı amfibolit ar dalanmasından oluşur. Mermer, kuvarsit ve gnays ar dalanmasında oluşan birim çalışma alanında sadece mermerlerle temsil edilmektedir. Mermerlerde yer yer karstlaşmalar gözlenmektedir. Gümüşler metamorfiji üzerine uyumlu olarak gelen birim çalışma alanının kuzeybatısında gnayslarla Üçkapılı Granodiyoriti arasında mermerlerden oluşmuş olarak gözlenmektedir. Zirkon U/Pb yöntemi ile yapılan çalışmada [27], Niğde Grubu'nun en alt bölümünü oluşturan gnaysların 2000 my. yaşlı bir temelden kırıntı aldıklarını belirlemiştir. Yine bu çalışmada yaklaşık 460 my. öncesinde kırıntı zirkonlarında Pb sistematijini bozan bir olayın geliştiğini ortaya koymuştur. Birim, Niğde Grubu kayaları içinde konumu itibariyle, Gümüşler Formasyonu'nun üzerinde uyumlu olarak yer alır ve Üçkapılı Granodiyoriti'nin intrüzif olarak kesmesi nedeniyle yaşı Paleozoyik-Mezozoyik (Üst Kretase) olarak kabul edilmektedir.

3.1.1.3 Aşıgediği Metamorfiji (PzMza)

Kaleboynu metamorfiji üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Niğde Masifinin güneybatı ve batı kesimini temsil eder. Birimin anakayacı, orta-kalın katmanlı, beyazımsı-gri dış görünümü renkli, eklemlili, iri kristalli mermerdir. Birimin altında yer alan Kaleboynu metamorfiji ile geçişli dokanak gösterir. Alt kesimde yaklaşık 400m kalınlıkta masif dolomitik mermer yüzeyleyilir. Üst kesim ise kalınlığı 1000m varan kuvars şist bantlı mermerler ile temsil edilir. Meta-karbonatlı bölümün en üstünde pembe renkli, ince taneli mermerler ve manganca zengin, alacalı şist ve gnayslar yer alır. Birimin alt ve orta kesiminin platform karbonatları üst bölümün ise plajik kireçtaşı ve çört kökenli olduğu düşünülmektedir. Birim Paleozoyik- Mezozoyik (Üst Kretase öncesi) yaşlıdır [28].

3.1.1.4 Üçkapılı Granodiyoriti (Mzyü)

En iyi mostrası Üçkapılı Köyü'nde görüldüğünden, [8] tarafından ilk kez Üçkapılı Granodiyoriti diye adlandırılmıştır. Niğde Grubunu kesen granitik kayaçlar Üçkapılı Granodiyoriti adı altında toplanmıştır. Mostra dağılımından hareketle, Üçkapılı köyü ve yakın yöresinde büyük bir yerleşime sahip olduğu öngörülen birim, genelde orta-ince taneli, granoblastik dokulu ve düşük derecede ayrışma göstermektedir. Gümüşler metamorfiği ve Sineksizyayla metagabrosuna ait çeşitli boyutta inklüzyon içerir. Üçkapılı granodiyoritinde yapılan Rb/Sr tüm kaya, Rb/Sr mineral ve K/Ar mineral yaş tayinleri, birimin intrüzyon yaşının 95 ± 11 m.y olduğunu göstermektedir. Birimin yaşı Senomaniyen olarak verilmiştir. Başlangıç Sr değerleri (0.7104), yan kayada izlenen migmatitik zonlar ve yeryer gözlenen sillimanit, kordiyerit ve granat içeriği, birimin S tipi granitoyit olarak yorumlanmasına yol açmıştır. Üçkapılı Granodiyoriti Niğde Metamorfik birimi içine post-metamorfik ve posttektonik olarak yerleşmiştir. Gümüşler metamorfiği'nin kayaları olasılıkla bazik ve felsik kayalar ile kesilmiş, karbonat ara bantlı kırıntılardan kökenlenmektedir [29, 30].

3.1.1.5 Sineksizyayla Metagabrosu (MzWs)

Adını, çalışma alanının dışında bulunan Sineksizyayla Tepe'deki mostradan alan birim, [8] tarafından ilk kez adlandırılmıştır. Gümüşler metamorfiği üzerine tektonik olarak yer alan gabro ve dolorit kökenli metamorfik kayaçlar, Sineksizyayla Metagabrosu olarak ayırtlanmıştır. Bu birimde magmatik dokunun sezilebildiği metagabro-diyoritten amfibolite kadar değişen litolojiler görülür. Mineral bileşimi plajiyoklas, amfibol ve klinopiroksenden ibarettir. Sineksizyayla Metagabrosu, Niğde Grubuyla beraber metamorfizmaya uğramış ve kıvrımlanmıştır. Gabrolar dokusu en çok korunmuş kaya tipini oluşturur. Taze kayaçlar koyu gri-siyah renklidir. Kayaç, amfibol ve plajiyoklastan oluşmuş ve ofitik dokuludur. Paleosen yaşlı Çamardı Formasyonu, birimi uyumsuz olarak örtmektedir. Aşıldığı metamorfiği üst bölümünde bulunan metabazik ve ultramafik kayaçlar, Üst Kretase yaşlıdır [29, 31].

Metamorfik birimlerden, granodiyorit ve Metagabrolardan oluşan Niğde Grubunu oluşturan Metamorfiklerin yaşları tartışmalıdır. Bazı araştırmacılara göre Niğde Grubunun yaşı Alt Paleozoyiktir [8, 26-28]. Üçkapılı Granodiyoritinin yaşı 95 ± 11 my.

'dır. Metamorfitler ve granodiyoritler üzerinde yapılan son araştırmalar [32- 35] önceki araştırmacıların verilerinden farklılıklar göstermektedir. Bu araştırmacılara göre metamorfik birimlerin yaşı Üst Kretase yaşı olup, metamorfizmanın Üst Kretasenin başında başladığı (Turaniyen-Senomaniyen ve Üst Kretasenin sonunda Kampaniyen-Maestrihtiyen) bittiğini belirtmişlerdir. Farklı mineraller üzerinde farklı yöntemler kullanarak yapılan yaş tayinlerinden elde edilen sonuçların farklılığı metamorfizmanın başlangıç ve soğuma zamanlarına karşılık geldiğini belirtmiştir. Üçkapılı Granodiyoritinden yapılan yaş tayinleri ise metamorfizmanın başlangıç aşaması ile uyuma gözlenir.

3.1.1.6 Çamardı Formasyonu (Tc)

İlk olarak [2] tarafından adlandırılan birim; çakıltası, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Kumtaşları ince-orta tabakalı ve yer yer çapraz tabakalanmalıdır; tabaka altlarında akıntı yapıları görülmektedir. Kumtaşları ile killi-kumlu kireçtaşı tabakaları arasında laminalı silttaşı ve lav akıntıları vardır. Çamardı formasyonunun taban kısımları, sığ denizel ortamda hızlı çökelmeyi; orta üstlere doğru ise türbiditik birimler ve pelajik fauna kapsamı, kiltası-marn-çamurtaşı-yastık lav akıntılarının varlığı denizin giderek derinleştiğini göstermektedir. Birimin kalınlığı 200 ile 900 metre arasında değişmektedir [28].

Tabanda, Niğde metamorfitleri üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Evliyatepe formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Bulundurduğu mikro fosillere göre birimin yaşı Üst Paleosen-Lütesiyendir [28].

3.1.1.7 Evliyatepe Formasyonu :

Evliya Formasyonu, Çamardı Çakıltası'nı aşıl uyumsuzlukla üzerler ve bir taban konglomerasıyla başlar. Konglomera, konglomeratik kumtaşı ile araldanmalı olarak alt seviyeleri temsil eder. Orta kısımlarda ise daha baskın hale gelir olarak gözlenir [36 - 39]. Birim üstte doğru kumtaşı ve yer yer silttaşlarıyla arakatkılı olarak gözlenir, daha üst seviyelerde sittaşı, kiltası ve çamurtaşı araldanmaları yağunlaşır ve en üst kesimlerde killi ve siltli kireçtaşlarıyla temsil edilir. Bu birime ait killi ve siltli kireçtaşları, formasyonun Ulukışla Bloğu ile olan dokanakları boyunca düşük dereceli

metamorfizma ve kataklastik deformasyon izlerini taşır. Bu tür dokanakla boyunca killi kireçtaşlarında buruşma ve kink bandı gelişmesi çok belirgin olup, buruşma klivajlarının kıvrım eksenleri genellikle D-B yönlüdür. Killi ve siltli kireçtaşı seviyeleri bol fosilli olup, bu fosil topluluklarından elde edilen yaş verilerine göre birim, Alt-Orta Eosen yaşındadır [37- 40].

3.1.1.8 Karadağ Volkaniti

İlk kez [13] tarafından adlandırılan birim, Paleosen yaşlı volkanizmanın engebeli bir topoğrafyasını oluşturur. Volkanitler aglomera, yastık lav, tuf, dasit, siyenit ve trakiandezit ile temsil edilmektedir. Çamardı Formasyonu fişleri ile yanall ve düşey geçiş gösterir. Birim içerisinde üye mertebesinde Başmakçı Kireçtaşı uyumlu olarak bulunur. Birim üzerine Çukurbağ Formasyonu uyumsuz olarak gelir.

[1], Çiftehan bölgesinde volkanik faaliyetlerin uzunlamasına bir merkezden meydana geldiğini ve 80 km'den fazla uzunlukta bir masif oluştuğunu, volkanizmanın Ecemiş Fay Kuşağı'nın batısından güneye doğru uzadığını ileri sürmüştür. Yörede Andezitik lavların Üst Kretase'de başladığını, Paleosen'de fazlaştığını ve Lütésiyyende en fazla olduğunu belirtmiştir.

[40], bölgede yaptığı çalışmada, Ecemiş Fay Kuşağının batısında, geniş yayımlı olan koyu yeşil, kahverenkli, çoğunlukla spilit karakterinde olan birime Karadağ Spiliti adını vermiş ve yaşını bağıll olarak Paleosen-Alt Eosen olarak açıklamıştır.

3.1.1.9 Başmakçı Kireçtaşı Üyesi (Tçb)

İlk kez [6] tarafından Başmakçı Köyü civarında gözleendiği ve en alt Tersiyerin kalın bir kalkerle başladığını Başmakçı Kalkeri adını verdiği bu kalkerin Üst Kretase'den (Daniyen) en Alt Eosene kadar fosil bulundurduğu ileri sürmüştür. Genelde gri, açık gri, beyazımsı dış görünüşlü, taze yüzeyi grimsi beyazdır. Dayanımı iyi, birbirini kesen sık ve düzensiz çatlaklıdır. Güncel çatlaklar açık, eski çatlaklar ise kalsit dolguludur. Birimde karstik erimeler görülmektedir. Yer yer masif ve yer yer de kalın katmanlanmalıdır. Karadağ volkaniti içinde merceksel konumlu olarak yer alır ve birimin üst kısımlarında yüzeylemektedir. Üzerine Çukurbağ Formasyonu ve Çatalca

Çakıltaşı uyumsuz olarak gelmektedir. Karadağ volkaniti içinde sığ denizel, resifal karakterli, fazla kırıntı türetmeyen volkanik adaların çevresinde çökelmiştir. Makro olarak mercan kavkuları gözlenmiştir. Mercan ve alg fosillerine göre birimin yaşı Üst Paleosen-Lütesiyen'dir [28].

3.1.1.10 Çukurbağ Formasyonu (Tcu)

İlk kez [36] tarafından adlandırılan birim, genellikle kırmızımsı ve yeşilimsi renkli, orta ve büyük ölçekte çapraz tabakalı ve akarsu koşullarında çökelmiş çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması halindedir. Çakıltaşı kötü boylanmalı, kırıklı, eklemlili olup çimentosu karbonattır. Kumtaşları ince tabakalı ve laminalıdır. Birimin kalınlığı 200-700 metre arasında değişmektedir. Tabanda Kurtulmuştepe formasyonu ile uyumlu, daha yaşlı diğer birimler uyumsuzdur. Çukurbağ formasyonu Lütesiyen arasında denizin çekilmesi ve tektonik faaliyetlerle bölgenin kapalı çanak haline gelmesi ve çanağa menderesli akarsu malzemesinin çökmesi ile oluşmuştur [28].

Paleontolojik olarak kesin yaş verecek bulgular olmaması dolayısıyla, birimin yaşı ancak stratigrafik ilişkilere dayanılarak ve bağıl olarak Üst Oligosen-Alt Miyosen kabul edilmiştir [28].

3.1.1.11 İncesu İgnimbiriti

Çalışma alanında gözlenen ignimbiritler ilk olarak [41] tarafından İncesu İgnimbiriti olarak tanımlanmıştır. Birim bölgede Niğde Grubu kayalarının çukurluklarını doldurmuş olarak gözlenmektedir.

İgnimbiritler, uzaktan bakıldığında yatay konumlu bazalt akıntılarının andırmaları ile karakteristiktirler. Eklemlili ve çatlaklı bir yapıya sahip olan ignimbiritler kirlili beyaz, sarımsı, kahverenkli dış görünümü, taze rengi ise sarımsı beyazdır. Dayanımı tüflere göre daha iyidir. Petrografik incelemede vitroklastik dokuda olduğu tespit edilen ignimbiritlerde, volkanik cam parçaları plajiyoklas ve biyotitin volkanik külden oluşmuş bir hamur maddesi içinde yer aldıkları saptanmıştır [42].

İnceleme alanında Niğde Grubu kayalarından gnayslar, mermer ve granodiyoritler üzerinde diskordans olarak bulunmaktadır. Bölgede yer alan alüvyonlar ise birimi diskordans olarak örtmektedir.

Volkanizmanın yaşı ile ilgili olarak [42], ignimbiritlerdeki biyotitler üzerinde K/Ar yöntemiyle yaş tayini yapmış ve $4,9-5,5 \pm 0,2$ my.'lık bir değer elde etmiş ve Alt Pliyosen yaşını vermiştir.

3.1.1.12 Çatalca Çakıltası

İlk defa [36] tarafından adlandırılan birimin kökeni Demirkazık kireçtaşıdır. Daha seyrek olarak da kumtaşı çakılları gözlenmektedir. Yatay ya da yataya yakın tabakalı olması ve düzlükler oluşturması en karakteristik özelliğidir.

Çatalca Çakıltası, Demirkazık Kireçtaşı'nın çoğunlukla köşeli ve az yuvarlak dolomitik kireçtaşıdır. Türeme blok ve çakıl boyutlu malzeme, karbonat çimentolu ve çok kalın tabakalı çakıltıdır. İbaret olup, çok az batıya doğru eğimlidir. Yer yer de karbonat çimentolu kumtaşları içermekte ve Kuvaterner yaşlıdır [26, 36].

3.1.1.13 Alüvyon

Çalışma alanında çok kalın bir alüvyon istifi bulunmamasına karşın, akarsular tarafından taşınan malzemelerin birikmesiyle oluşmuşlardır. Bu materyaller, kaynağın enerjisinin ve eğimin yüksek olduğu kesimlerde blok, enerjinin ve eğimin azalmasına bağlı olarak çakıl-kum-silt ve kilden ibarettir. Bütün alüvyonlar, Kuvaterner yaşlı olarak kabul edilmektedir.

3.2 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı ve yakın dolayında Kaledoniyen-Hersiniyen ve Alp Orojenik hareketlerinin etkisiyle dağ oluşumları, kıvrımlanmalar ve kırılmalar meydana gelmiştir. Paleozoyik yaşlı Niğde Grubu kayaları, Kaledoniyen ve Hersiniyen Orojenezlerinden etkilenmiştir. Alp Orojenezisi ise hem Niğde Grubu'na ait birimleri, hem de tüm genç kayaları etkilemiştir [24].

Yöre Sağ yanal atımlı Tuzgölü ve sol yanal atımlı Ecemiş fay zonlarına ait fayların birbirine çok yaklaşık, yapısal jeoloji bakımından dikkat çekici olayların süre geldiği ve bu nedenle değişik zaman dilimlerinde değişik yapısal elemanların olduğu kritik bir bölgedir [43].

Bu bölge içinde gözlenen yapılar temel ve örtü birimleri birbirleriyle olan ilişkileri bakımından (1) paleotektonik döneme ait yapılar, ve (2) neotektonik döneme ait yapılar olmak üzere iki ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Bu sınıflama Ecemiş ve Tuzgölü Fay zonlarının Orta Eosen-Miyo-Pliyosen aralığı ve Pliyosen sonrası olmak üzere iki ayrı dönemdeki hareketlerine göre yapılmıştır. Bu iki hareketin bölge kayaçları üzerindeki deformasyon etkileri arazide çok iyi gözlenebilmekte ve kolaylıkla ayırdedilmektedir [43].

3.2.1 Paleotektonik Dönem Yapıları

Bunlar Orta Eosen öncesinde gelişmiş yapılar olup (1) metamorfizma öncesi oluşmuş uyumsuzluklar, (2) metamorfizma sırasında gelişen kıvrımlar ve (3) metamorfizma sonrası gelişen yapısal unsurlar olmak üzere üç alt grupta toplanmaktadır [43].

3.2.1.1 Metamorfizma Sırasında Gelişen Yapısal Unsurlar

Orta Anadolu'da en çok Niğde yöresinde gözlenen bu yapılar genelde KD-GB, ve DKD-BGB ile K-G eksen doğrultulu antiklinoryum ve senklinoryumlardan oluşmaktadır. Bu yapıları oluşturan deformasyon fazı sırasında metamorfikler devrik bir şekilde bir kaç kez kıvrımlanmaya maruz kaldıklarından daha kalın bir hale gelmişlerdir [37].

3.2.1.2 Metamorfizma Sonrası Yapısal Unsurlar

Metamorfizma sonrası gelişen ilk yapılar ofiyolit üzerlenmesi ile doğrudan ya da dolaylı yoldan ilişkili yapılardır. Bölgedeki granodiyoritlerin oluşması ve buna bağlı bölgesel domlaşmalar bu tür yapılara örnek teşkil eder [37, 44]. Aynı zamanda ofiyolit üzerlenmesi sırasında oluşan sıkışma rejimini izleyerek, bugün temel üzerinde hemen her yerde gözlenebilen ofiyolit bindirmeleri ve bu bindirmelerin türevleri olan yapılar bu dönemde bölgedeki sıkışma rejimi yapılarından [44]. Orta Eosen sırasında veya hemen sonra, gerilme rejimini izleyen ikinci bir sıkışma rejimi sırasında temelden sıyrılan metamorfik ve ofiyolitik kütleler yeni basenler üzerine ters ya da bindirme fayları boyunca aktarılmış ve daha sonra basen çökelleri üzerine tektonik dilimler halinde yerleşmiştir [43, 45]. Benzer olarak çalışma alanında, Orta Anadolu'daki Tersiyer Basenleri içinde çökelmiş olan Orta Eosen yaşlı Evliyatepe Formasyonu gibi birimlerde bindirme fayları ve bu faylara yakın kesimlerde DKD-BGB ve KD-GB eksen doğrultulu, asimetrik devrik antiklinal ve senklinaller oluşmuştur [39, 46].

3.2.2 Neotektonik Yapılar

Neotektonik yapılar KD-GB, ve BKB-DGD ve ender olarak D-B doğrultusunda gelişmiş normal faylar tarafından temsil edilmektedir. Bu yapılar, Çamardı bölgesinde etkili olmuş paleotektonik dönem yapılarını öteleyen yapılardır. Bu yapılar CBF (Celaller bindirme fayı) ve Pliyosen yaşlı birimleri kesip onları öteleyen genç yapılar olarak da sınıflandırılmaktadır. Bu fayların genel doğrultuları [44] tarafından tanımlanan Hasandağı Fay Seti'nin genel doğrultusuna paraleldir [39]. Dolayısıyla bu fayların Niğde kuzeyinde gözlenen Hasandağı Fay Setinin güneyindeki devamı olduğu kabul edilmektedir.

Neotektonik yapıların en önemlisi ve en yaygın olanı Üçkapılı fayı (ÜF)'dir [38]. Bu faya ait jeolojik oluşumlar özellikle Celaller bindirme fayını ötelemesiyle belirginleşir. Çalışılan alan içinde ve dışında Niğde Masifini kuzeyden güneye öteleyen bu fay boyunca kayaç birimleri yer yer ezilmiş, ufalanmış ve tektonik olarak yanyana getirilmiştir. Örneğin, Aşıgediği Metamorfikleri ile Gümüşler Metamorfikleri Ören köyü civarında tektonik olarak yanyana getirilmiştir. Ayrıca, antimuan minerallerinde Celaller Bindirme Fayı'nı oluşturan tektonizmadan etkilenerek oluşmuş basınç

ikizlenmeleri bu fayı oluşturan tektonizmadan da etkilenerek yeniden deformasyona uğramış ve mikroskopik ölçeklerde ötelenmişlerdir [38].

Üçkapılı Fayı'nın yaşına ilişkin veriler [44]'ün çalışmalarından gelmektedir. Yazarlar çalışmalarında ÜF'nin kuzeyindeki devamı olan Hasandağı Fay Seti'nin Pliyosen yaşlı ignimbiritleri kestiğini belirtmektedir. Bu da fayın Pliyosen sonrası, olası Pliyo-Kuvaterner yaşlı olabileceğini göstermektedir. Bu da Neotektonik döneme ait yapıların Pliyo-Kuvaterner zaman aralığında olmaları gerektiğini göstermektedir.

3.3 İnceleme Alanının Jeolojisi

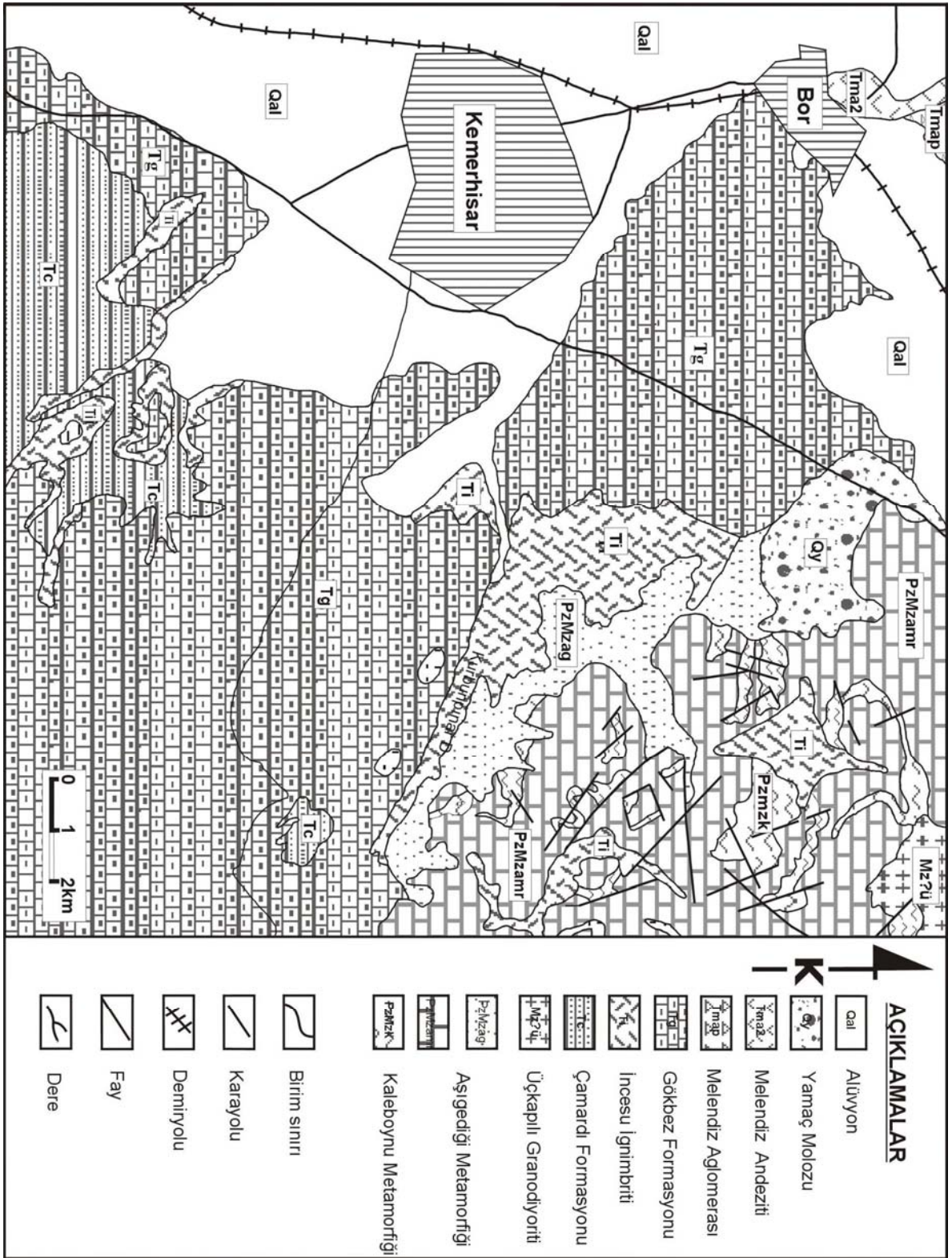
3.3.1 Kaleboynu Metamorfikleri (PzMzk)

a) Adlama: İlk kez [8] tarafından adlandırılan birim, Niğde'nin güneyinde ve genel anlamda Niğde Metamorfik Grubunun kuzeybatı kesimini oluşturmaktadır [Şekil 3.1, 3.2].

b) Litoloji: Genel olarak; mermer, kuvarsit ve gnays araldanmasından oluşan birim çalışma sahası yakın dolayında mermerlerle temsil edilmektedir.

c) Dokanak: Gümüşler metamorfikleri üzerine uyumlu olarak gelen birim çalışma alanının doğusunda Gümüşler metamorfiklerine ait gnayslarla Üçkapılı granodiyoriti arasında yer almaktadır.

d) Yaş: Zirkon U/Pb yöntemi ile yapılan çalışmada [27], Niğde Grubu'nun en alt bölümünü oluşturan gnaysların 2000 my. yaşlı bir temelden kırıntı aldıklarını belirlemiştir. Yine bu çalışma yaklaşık 460 my. öncesinde kırıntı zirkonlarında Pb sistematiğini bozan bir olayın geliştiğini ortaya koymuştur. Birim, Niğde Grubu kayaları içinde konumu itibarıyla, Gümüşler metamorfikleri üzerinde uyumlu olarak yer alır ve Üçkapılı granodiyoritinin intrüzif, olarak kesmesi nedeniyle yaşı Paleozoyik-Mezozoyik (Üst Kretase) olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.1 İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA [28]'den değiştirilerek hazırlanmıştır)

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Litoloji	Açıklamalar	
SENOZOYİK	Kuvaterner				Alüvyon, Yamaç Molozu	
			Melendizdağ Andeziti		Yer yer volkanik breş ve aglomera içeren lav akıntıları	
			Melendizdağ Tüfü		Gri, sarımsı beyazımsı; bazik volkanik kayaç parçalarında volkanik cam bağlayıcıları tüf oluşur.	
			Melendizdağ Aglomerası		Çakıl boyutunda köşeli klastiklerden oluşur. Çakıllar andezitik kökenli ve matriksi oluşturan taneler kum boyutundadır.	
	TERSİYER	Miyosen- Pliyosen		Gökbez		Yeşil, beyazımsı marn ve kireçtaşı ar dalanması. Çalışma alanının batısında iyi laminalı, gri, kahverenkli bitümlü çamurtaşı arakatıkları kapsar.
				Çanaktepe		Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı
				İncesu İgnimbiriti		Pembe kırmızımsı kaynaşmış ignimbirit
		Paleosen Eosen		Çamardı		Birim düşük derecede metamorfzmayaya uğramış çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, silttaşı ve çakıllı kumtaşı ar dalanmasından oluşur.
				ÜÇKAPILI GRANODİYORİTİ		Orta ince taneli, granoblastik dokulu az ayrışmalıdır. Ganyıslar ile dokanağında kordiyerit-muskovit-granat hornfels, karbonatlar ile dokanağında ise diyopsit-hedenbergit-hornfels ve epidot-granat-skapolit hornfel'se rastlanır.
KALEBOYNU		Genel olarak; mermer, kuvarsit ve ganyıslar ar dalanmasından oluşan birim çalışma sahasında sadece mermerlerle temsil edilmektedir.				
			PALEOZOYİK-MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	

Şekil 3.2 İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Ölçeksiz)

3.3.2 Aşıgediği Metamorfikleri (PzMza)

a) Adlama: İlk kez [8] tarafından adlandırılan birim, Kaleboynu metamorfikleri üzerinde uyumlu olarak yer alır. Niğde Masifinin güneybatı ve batı kesimini temsil eder [Şekil 3.1].

b) Litoloji: Aşıgediği metamorfiklerinin anakayası, orta-kalın katmanlı, beyazımsı-gri dış görünümü renkli, eklemli, iri kristalli mermerdir. Meta-karbonatlı bölümün üst seviyede pembe renkli, ince taneli mermerler ve manganca zengin, alacalı şist ve gnayslar yer alır [Şekil 3.2]. Birimin alt ve orta kesiminin platform karbonatları, üst bölümün ise plajik kireçtaşı ve çört kökenli olduğu düşünülmektedir [28].

c) Dokanak: Birimin alt dokanağı Kaleboynu metamorfikleri ile geçişlidir. Birimin kalınlığı, alt kesimlerinde yaklaşık 400 m masif dolomitik mermer, üst kesimlerinde ise 1000 m kuvars şist bantlı mermerler olmak üzere 1400 m'dir [28].

d) Yaş: Birim Paleozoyik- Mesozoyik (Üst Kretase) yaşlıdır [28].

3.3.3 Üçkapılı Granodiyoriti (Mzyü)

a) Adlama: Çalışma alanı dışında en iyi mostrası Üçkapılı Köyü'nde görüldüğünden, [8] tarafından ilk kez Üçkapılı Granodiyoriti olarak adlandırılmıştır.

b) Litoloji: Niğde Grubunun kesen granitik kayalar, Üçkapılı granodiyoriti adı altında toplanmıştır. Birim genelde orta-ince taneli, granoblastik dokulu ve az ayrışmalıdır. Gümüşler metamorfikleri ve Sineksizyayla Metagabrosuna ait çeşitli boyutta inklüzyon içerir. Gnayslar ile dokanağında kordiyerit-muskovit-granat hornfels, karbonatlar ile olan dokanağında diyopsit-hedenbergit hornfels ve epidot-granat-skapolit hornfels'e rastlanır [28].

c) Dokanak: Üçkapılı Granodiyoriti Niğde Metamorfik birimini içine Gümüşler, Kaleboynu ve Aşıgediği metamorfiklerini dayk olarak kesmektedir.

d) Yaş: Üçkapılı granodiyoritinde yapılan Rb/Sr tüm kaya, Rb/Sr mineral ve K/Ar mineral yaş tayinleri birimin intrüzyon yaşının 95 ± 11 m.y olduğunu göstermektedir. Başlangıç Sr değerleri (0.7104), yan kayada izlenen migmatitik zonlar ve yer yer gözlenen sillimanit, kordiyerit ve granat içeriği, birimin S tipi granitoyit olarak yorumlanmasına yol açmıştır [29, 30]. Birim önceki çalışmalara göre Paleozoyik-Mesozoyik (Üst Kretase) yaşlıdır [28].

3.3.4 Çamardı Formasyonu (Tc)

a) Adlana: İlk kez [2] tarafından adlandırılan birim tabanda Ulukışla Formasyonu ile uyumludur. Yanal olarak Başmakçı Kireçtaşı ile yer değiştirir.

b) Litoloji: Çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşan birimde kumtaşları ince-orta tabakalı ve yer yer çapraz tabakalanmalıdır. Yer yer tabaka altı akıntı yapıları görülmektedir. Kumtaşları ile killi-kumlu kireçtaşı tabakaları arasında laminalı silttaşları ve lav arakatkıları bulunmaktadır [28].

c) Dokanak: Yörede Çamardı formasyonu, tabanda Üçkapılı Granodiyoriti ile açılal uyumsuzluk göstermektedir. Çamardı formasyonunun taban kısımları, sığ denizel ortamda hızlı çökelmeyi; orta ve üstlere doğru ise türbititik birimler ve pelajik fauna kapsamı, kiltası-marn-çamurtaşı-yastık lav akıntılarının varlığı denizin giderek derinleştigini göstermektedir [28].

d) Yaş: Bünyesinde bulundurduğu mikro fosillere göre birim, Paleosen-Eosen yaşlıdır [28].

3.3.5 İncesu İgnimbiriti (Ti)

a) Adlana: Çıkış merkezi Kaymaklı Kasabası yakınlarında olan formasyon, ilk kez [41] tarafından adlandırılmıştır.

b) Litoloji: Dış etkenlerle temasta olan yüzeyleri pembe-kırmızımsı, alterasyona ugramamış kısımlar ise açık pembemsi veya beyazımsı, gridir. Genellikle sütunsal bir yapıya ve belirgin bir kaynaklamaya sahiptir. Birim üç seviye halinde bulunmaktadır;

alt seviye pembe tf ve kiremit kırmızısı çamurtaşı ve yörede koyu gri kaynaklı ignimbirit; orta seviyede açık pembe sıkı kaynaklanmış ignimbirit, üst seviye ise açık gri zayıf kaynaklanmış ignimbirit özelliklerindedir [28].

c) Dokanak: İncesu İgnimbiriti, tabanda Çamardı formasyonu ve tavanda Çanaktepe formasyonu ile uyumsuzluk göstermektedir [28].

d) Yaş: İncesu ignimbiritinin biyotitlerden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde 4.9-5, 5±0.2 m.y değerler (st Pliyosen) bulunmuştur [9]. İncesu ignimbiritinin kalınlığı 10 m. dolayındadır.

3.3.6 Çanaktepe Formasyonu (Tça)

a) Adlama: Birim çalışma alanının güneyinde, Bahçeli Kasabası dolaylarında yayılım sunmaktadır. İlk kez [26] tarafından adlandırılmıştır.

b) Litoloji: Birim genel olarak çakıltaşı, kumtaşı ile silttaşından oluşmuştur. Çakıltaşları gevşek tutturulmuş, karbonat çimentolu ve çapraz tabakalı olup, kanal dolgusu çökelleridir. Kumtaşları gevşek tutturulmuş, mercek şeklinde ya da tabakalıdır. Çakıltaşı ve kumtaşları batıya doğru yanal olarak gl kalkerlerine geçerler [28].

c) Dokanak: Tabanda İncesu İgnimbiriti ile açısız uyumsuz ve yanal olarak Gökbez formasyonu ile yanal geçişlidir.

d) Yaş: Birimin yaşı; yanal fasiyesi olan Gökbez Formasyonuna göre st Miyosen-Pliyosen'dir. Kalınlığı 50-100 m arasında değişmektedir [28].

3.3.7 Gökbez Formasyonu (Tg)

a) Adlama: [26] tarafından ilk kez adlandırılan birim; Bor, Kemerhisar, Kılavuz ve Postallı köyleri arasında geniş yayılım göstermektedir [şekil 2]. Birim adını, en iyi görüldüğü yer alan Gökbez Kyden almıştır.

b) Litoloji: Birim yayılım sunduğ alanlardan batı kesiminde, yeşil-beyazımsı marnlar ve kireçtaşı ile aralanımlıdır. Gökbez yöresinde geniş yayılımı olan birim, orta-kalın

tabakalı organizma yaşam izli, gözenekli, gastropodalı kireçtaşından oluşmuştur. Batıda iyi laminalı, gri-kahverenkli bitümlü çamurtaşı ara katkılarından oluşmaktadır [28].

c) Dokanak: Tabanda Çanaktepe formasyonu ile uyumlu olarak gelen birim tavanda Melendiz Aglomerası ile uyumsuz olarak gelmektedir. Tabaka eğimleri yatay ve yataya yakındır ve yörede düz bir topoğrafya görünümü sunar [28].

d) Yaş: Gökbez formasyonu Miyosen-Pliyosen yaştaadır [46]. Kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir.

3.3.8 Melendiz Grubu

Çalışma alanının kuzeybatısında L32-c₂,c₃ ve L33-d₁,d₃,d₄ paftalarında geniş yayılım gösterirler. Melendiz Volkanitlerine ilişkin lavlar daha çok andezitik karakterde olup, porfirik dokuludurlar. Genellikle viskoz yapıda olduğundan pek fazla akma olanağı bulamamışlar, akanlar da üstüste yığılarak kalın örtüler oluşturmuşlardır. Kayaç iri fenokristaller belirgin olup, akma ve soğuma yapıları ile yer yer de anklavlar gözlenmektedir.

3.3.8.1 Melendizdağ Aglomerası (Tma₁)

a) Adlama: İlk kez [16] tarafından adlandırılan birim; Melendizdağ güneyinde yüzeylemektedir [şekil 2].

b) Litoloji: Çakıl boyutundaki köşeli klastiklerden oluşmuştur. Çakıllar andezitik özellikte ve matriksi oluşturan taneler kum boyutundadır [28].

c) Dokanak: Birimin alt dokanağı Gökbez Formasyonu ile üst dokanağında ise Melendizdağ Tüfü ile geçişlidir. Birimde dolgu yapıları gözlenmektedir. Alt kısımları volkanik konglomera olarak tanımlanabilir. Orta büyüklükteki lav çakıllarında derecelenme gözlenir. Üst kısımları kaba konglomera, volkanik breş özelliğinde ve çakılları blok boyutundadır [28].

d) Yaş: Melendizdağ Volkanitlerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde 1.1±0.2 (Kuvaterner) my'lık yaşlar elde edilmiştir [48].

3.3.8.2 Melendizdağ Tüfü (Tmt)

a) Adlama: Niğde ilinin batısı ve kuzeybatısında Koyunlu Kasabası çevresinde görülmektedir. İlk kez [16] tarafından adlandırılan birim haritalama alanında gözlenmemiştir.

b) Litoloji: Birimin gri, sarımsı, beyazımsı renkte, plajiyoklas, piroksen, olivin fenokristallerinin içinde yer aldığı bazik volkanik kayaç parçalarını bağlayan koyu kırmızı, kahverenkli volkanik camdan oluşmuştur [28].

c) Dokanak: Birimin alt dokanağı Melendizdağ aglomerası ile üst dokanağı ise Melendizdağ andeziti ile geçişlidir. Andezitik lav akıntılarının altında yer almaktadır. Birimde limonitleşme ve silisleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Manganez ve kükürt çökelleri kapsar. Kükürt oluşumlarının varlığı, volkanik faaliyette solfator safhasına geçildiğine işaret edebilir [28].

d) Yaş: Melendizdağ Volkanitlerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde 1.1 ± 0.2 (Kuvaterner) my'lık yaşlar elde edilmiştir [48].

3.3.8.3 Melendizdağ Andeziti (Tma₂)

a) Adlama: İlk kez [16] tarafından adlandırılmıştır. Melendizdağ güneyinde yüzeylenmektedir [şekil 2].

b) Litoloji: Genellikle lav akıntıları halinde görülmektedir. İçerisinde yer yer volkanik breş ve aglomera kısımları bulunmaktadır. Aglomera, tüf ve ignimbiritlerin üzerinde yer alan andezitik lav akıntıları, andezit bazalt arası bir özellik gösterir [28].

c) Dokanak: Birimin alt dokanağı Melendizdağ tüfü ile üst dokanağı ise Alüvyon, Yamaç Molozu ile aşıl uyumsuzluk göstermektedir. Alt yüzeyler andezite, üst düzeyler bazalta daha yakındır. Andezitik kısımlar ojit andezit veya hipersten-ojit andezit niteliktedir. Andezitik lav akıntıları oldukça monoton bir görünüme sahiptirler. Porfirik yapıda plajiyoklas ve klinopiroksenler, zaman zaman da ortopiroksen, hornblend ve biyotitler makroskopik olarak görülebilen fenokristallerdir [9].

d) Yaş: Melendizdağ Volkanitlerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde 1.1 ± 0.2 (Kuvaterner) my'lık yaşlar elde edilmiştir [48].

3.3.9 Yamaç Molozu (Qy)

Niğde Grubu kayalarının batısı ile Bor ovası arasında 300 metreden fazla bir kot farkı olması nedeniyle, yamaç eteklerinde yaygın şekilde yamaç molozları birikmiştir. Birim oldukça kalın, gevşek malzemeli ve yer yer zayıf çimento ile tutturulmuştur [28].

3.3.10 Alüvyon (Qal)

Çalışma sahasında yer alan mevsimsel akarsu yataklarında ve düzlük alanlarda gözlenmektedir. Tutturulmamış çakıl, kum, kil, silt ve kilden ibaret olan birimin kalınlığı değişkendir.

3.4 Mühendislik Jeolojisi

3.4.1 Giriş

Yapılan bu çalışmada öncelikle incelenen yapıların temelinde yer alan birimlerin jeolojik özelliklerine yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Daha sonra yapı özellikleri ve yapıda kullanılan taşların mühendislik özelliklerine yönelik değerlendirmelere yer verilmiştir. Bu planda yürütülen çalışmalar başlıklar halinde verildikten sonra, yapıda gözlenebilen sorunlar tartışılacaktır.

3.4.2 Temel Zeminlerine Yönelik Değerlendirmeler

Kemerhisar su kemerlerinin bulunduğu alanda özellikle Kemerhisar bölgesinde temel zemini olarak Gökbez formasyonu yayılım sunmaktadır. Kemerlerin Köşk Pınarı kaynağına yakın olduğu alanlarda ve Kemerhisar'a kadar olan bölgede çoğun temel zemini olarak çeşitli kalınlıklarda alüvyonlar bulunmaktadır. Bölgede yapılan arazi incelemelerinde ayakta kalan kemerler için temel zeminin taşıma gücünün düşüklüğünden kaynaklanan bir sorun gözlenmemiştir. Kemerlerde bazı taşıyıcılarda kullanılan taşlarda yapıda kullanımı esnasında özellikle kemerlerdeki kilit taşı özellikli bağlantı elemanlarında kırılma ve çatlama gözlenmiştir. Buralardaki kırılma ve çatlama seçilen taşların boyutlarının küçük olmasının etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Roma havuzu alanında ise temel zeminini yeşil-beyazımsı marnlar ve kireçtaşı ile ardalanımlı, laminalı gri-kahverenkli bitümlü çamurtaşı ara katkılarında oluşan Gökbez formasyonuna ait birimler oluşturmaktadır. Bu alanda da temel taşıma gücüne yönelik herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Sadece yapıda kullanılan taşlarda, taş seçimine bağlı olarak kullanılan bloklarda yersel bozulmalar söz konusudur. Havuzun güneybatı kesimi sonradan beton ile benzetim yapılarak onarılmıştır. Yapılan işlemlere yönelik herhangi bir sağlıklı rastlanmamıştır.

3.4.3 Yapılarda Kullanılan Taşlar ve Sorunları

Taşların bozulma nedenlerinin başında jeolojik oluşuma bağlı olarak gelişen yapısal sorunlar gelmektedir. Kullanılacak yere ve amaca uygun doku ve özelliklerde taşların

seçilmemiş olması ya da aynı taş ocağında olmasına rağmen farklı ve kötü özellikler gösteren kesimlerden taş seçilmesi ileride karşılaşılabilecek pek çok bozulmaya neden olmaktadır. Ocaktan taşın hatalı çıkarılması, uygulama sırasında hatalı işçilikten kaynaklanan kusurlar veya dıştan gelen diğer olumsuz etkiler ile yapısal bozulmalar da eklediğinde yapıda kullanılan taşlarda önemli oranda bozulmalarla karşılaşılmaktadır [22].

3.4.4 Atmosferik Etkilere Bağlı Olarak Gelişen Sorunlar

Yapıların bulunduğu alanlarda gerek yapıda kullanılan taşta gerekse de temele yönelik atmosferik etkiler sonucu oluşan nem, yapılarda olumsuzluklar oluşturmaktadır. Nem dışında rüzgarın taşıdığı partiküllerle, zayıf taşlarda aşınma ile büyük tahribatlar yaratırken, ısı farklılıkları ve don, nemli ortamlarda ek gerilmeler yaratarak taşlarda parçalanma ve kopmalara yol açabilmektedir. Kirli atmosfer, su ve organizmalar (likener, mantar, bakteri ve yosunlar) etkisiyle kayaçlarda kimyasal erime şeklinde bozulmalara neden olurken, çoğu zaman kayacı kaplayan ince toz tabakası kalınlaşarak yapının bütününe etkileyen kirli bir tabaka oluşturmaktadır. Nemli duvardan suyun atılması için nemin kaynağının anlaşılması ve kayacı etkileme biçiminin tespit edilmesi gerekmektedir [22]. Genel değerlendirmeler bu şekilde yapıldıktan sonra çalışılan yapıların özellikleri ve kullanılan yapı taşlarına yönelik gözlemler şekillerle sunulduktan sonra var olan etkiler açıklanacaktır.

3.5 İncelenen Yapıların Özellikleri ve Bunlara Ait Arazi Gözlemleri

Roma Havuzu Niğde'nin 17 km güneyinde Adana-Kayseri yolunun 1 km. kuzeyinde, yeşilliklerle ve meyve ağaçları ile çevrili Bahçeli Kasabasındadır. Roma mermer sanatının 23x66x2,5 m boyutundaki ender bir örneğidir. Tamamen toprak altındayken 1960 yılında tesadüfen ortaya çıkarılmıştır. Keşfinden önce güneybatı duvarı yıkılmış olup, sonradan beton malzeme ile benzetim olarak restorasyona tabi tutulmuştur. Yapıyla ilgili özelliklere yönelik gözlemsel veriler ve değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

Havuzun yeri keşfedildikten sonra ziyarete açılmak için çeşitli sosyal alanlar inşa edilmiş ve sonradan ağaçlandırılmıştır (Fotoğraf 3.1 ve 3.2). Bölge etrafının bir mesire

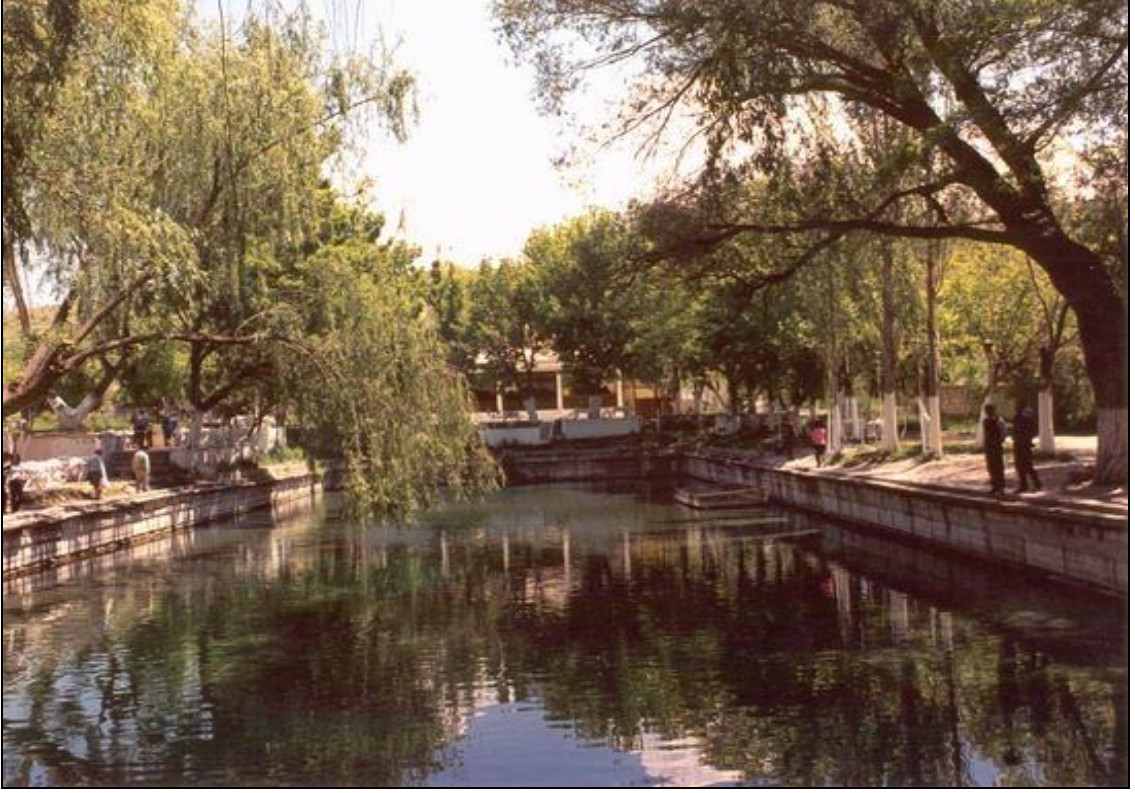
alanı şeklinde dikilen ağaçların köklerinin kama etkisi yaratması ve havuza yakın kesimlerde stabilite sorunu oluşturması sonucu kesilerek şimdiki haline getirilmiştir (Fotoğraf 3.3).

Havuzunun kuzeybatı kesimde stabilite açısından kullanılan taşlarda çok önemli sorun gözlenmemektedir. Bazı taşlarda farklı heterojenlikte mermer malzeme kullanımına bağlı olarak yersel ayrışma ve erimeler söz konusudur (Fotoğraf 3.4).

Havuzunun güneybatı kesimdeki duvarda kullanılan yapı taşlarının stabilitesi açısından önemli bir sorun gözlenmemekle birlikte, bazı blokların farklı özelliklerdeki mermerlerden seçilmesi ile yersel erimeler söz konusudur (Fotoğraf 3.5, 3.6, 3.7, 3.8).



Fotoğraf 3.1 Roma Havuzunun keşfinden sonra turizme kazandırılmak amaçlı yapılan düzenlemelerle birlikteki önceki görünüşü



Fotoğraf 3.2 Roma Havuzunun yakın zamanlardaki genel görünüşü



Fotoğraf 3.3 Roma Havuzunun şimdiki halinin genel görünüşü



Fotoğraf 3.4 Havuzun kuzeybatı duvarından görünüm



Fotoğraf 3.5 Havuzun güneybatı kesiminde beton malzeme ile benzetim yapılan alandan görünüm



Fotoğraf 3.6 Mermerlerde gözlenen süreksizlikler ve kayaçta gözlenen yersel erimeler



Fotoğraf 3.7 Mermerlerde farklı heterojenlikte kısımların bulunması ve kayaçta farklı derecede ayrışma



Fotoğraf 3.8 Mermerlerin bir kısmında erimelerin daha belirgin olduğu kesimden bir görünüm

Niğde'nin 20 km. güneyinde Adana-Kayseri yolunun 4 km. kuzeyinde yer alan kemerler, Roma Havuzunun devamıdır. Antik Roma Havuzunun suyunu bu kente taşıyan kemerler I. ve II. yüzyılda Roma İmparatorları Trajen ve Hadriyan tarafından yapılmıştır. Yaklaşık 3 km. uzunluğundaki kemerlerin 1,5 km'lik bölümü açıkta, gerisi toprak altındadır.

Kemerlerde yapı taşı olarak kullanılan travertenlerde; özellikle yapının üst kesimlerinde (kemerde), daha küçük boyutlu olarak kullanılmasına bağlı olarak gelişen yenilmelerle birlikte erime ve çökelme sonucu yüzey malzemedeki ayrışmanın etkin olması yanında kuzeye bakan kesimlerde karayosunları ve likenlerin gelişimi sonucu biyolojik ayrışma etkileri belirgin olarak gözlenmektedir (Fotoğraf 3.9).



Fotoğraf 3.9 Kemerlerin ayakta kalan kesimden görünüm (kuzeye bakan kesim)

Ayaktaki su kemerlerinin çoğu kesimlerinde herhangi bir yapısal sorun olmamakla birlikte bazı kesimlerde özellikle stabilitenin uygun olmadığı alanlarda yersel hareketlenmeler gözlenmektedir (Fotoğraf 3.10).



Fotoğraf 3.10 Kemerlerde farklı taş işçiliği ve farklı heterojenlikte malzeme kullanımı ile yersel bozulmaların görünümü

Kemerlerde ve taşıyıcı ayaklarda malzeme seçiminde ve seçilen malzemedeki ayrışmanın etkin olmasına bağlı olarak bazı kesimlerde tahribatın hızlanması söz konusudur. Bu da kemerlerde çökmelerin olmasına neden olduğu düşünülmektedir (Fotoğraf 3.11, 3.12, 3.13, 3.14).



Fotoğraf 3.11 Yapıda kullanılan malzemede farklı derecede ayrışmalara bağlı tahribatın artması



Fotoğraf 3.12 Farklı özelliklerdeki travertenlerin bir arada kullanılması ve kullanım yerindeki sorunlar



Fotoğraf 3.13 Travertenlerde ayrışma ile oluşan pul pul dökülmelerden bir görünüm



Fotoğraf 3.14 Farklı boşluk yapısına ve dokuya sahip travertenlerden görünüm

Benzer dokusal ve mühendislik özellikler sunan traverten örneklerinin yapıda birlikte kullanılması sonucu genel anlamda taşıyıcı ayaklarda ve kemerlerde genel anlamda önemli sorunlar gözlenmemiş olup yapı ayakta kalmış ve günümüze kadar gelmiştir (Fotoğraf 3.15)



Fotoğraf 3.15 Benzer litolojik ve mühendislik özellikler sunan travertenlerin yapıda taşıyıcı olarak kullanımı

Travertenlerde özellikle yüzey pürüzlülüğünün fazla olduğu kesimlerde ve kuzeye bakan üst kesimlerde liken ve karayosununa bağlı biyolojik ayrışma etkisi belirgindir. Bu da aynı blokta farklı yüzeylerde ayrışmanın farklı olmasına ve kayaçta sonuçta davranışların değişmesine neden olmaktadır (Fotoğraf 3.16).



Fotoğraf 3.16 Travertenlerde kayaç yüzeyini kaplamış olan likenler

Kemerlerde ayakta kalan kesimlerde yapılan incelemelerde özellikle kilit taşlarının daha büyük boyutlu malzeme ile yapılmış olan kesimlerde yapının ayakta kaldığına yönelik gözlemler söz konusudur (Fotoğraf 3.17).



Fotoğraf 3.17 İri boyutlu travertenden yapılmış kemerlerdeki kilit taşı ve yapının görünümü

Bölgede sonradan yapılan kurtarma kazıları ve onarımlarda yapı üst kesimine konan ve yine travertenden yapılmış su yapıları yerine sonradan konulmuştur. Bunların sonradan konulduğuna yönelik en önemli gözlem biyolojik ayrışmanın yapı üstündeki belirtisidir (Fotoğraf 3.18).



Fotoğraf 3.18 Kemerler üzerinde travertenlerden yapılmış su taşıma kanalının görünümü

3.6 Örneklerin Tanıtımı ve Özellikleri

İncelenen lokasyonda jeolojik araştırmaların yapıldığı Roma Havuzu ve Kemerhisar Su Kemerlerinin bulunduğu alanda öncelikle gözlemsel incelemeler yapılmıştır. Kullanılan kayaç tipi, bunlardaki yersel ve taşa bağlı bozulmalar, yerinde taşın kullanımından kaynaklanan sorunlar vb. yukarıda açıklanmıştır. Bu yapılarda kullanılan taşların özelliklerinin belirlenebilmesi için yapıdan düşmüş, bir daha kullanılması mümkün olmayan örneklerin alımına gidilmiştir. Yeterince farklı ayrışma etkisi gözlenebilen örnek alımına izin verilmediğinden kayaçların üzerinde meydana gelen ayrışma etkileri tam olarak belirlenememiş olup, gözlemsel özellikler ile yörede yayılımı bulunan kayaçların benzer olanlarından örnekleme yapılmış ve farklı dokusal ve yapısal özellikler sunan örneklerin derlenmesine gidilmiştir. Arazide yapılan incelemelerde yapıdan ve yöredeki güncel ocaklardan blok örnekler derlenmiştir. Bu blok örneklerden laboratuvarında yapılacak çalışmalar için yeter sayıda örnek hazırlanmasına gidilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları esnasında alınan örneklerin yerlerine ve kayaç özelliklerine ilişkin tanımlamalar aşağıda sunulmuştur (Çizelge 3.1). Bundan sonraki bölümlerde örnek koduna göre açıklamalar yapılacaktır.

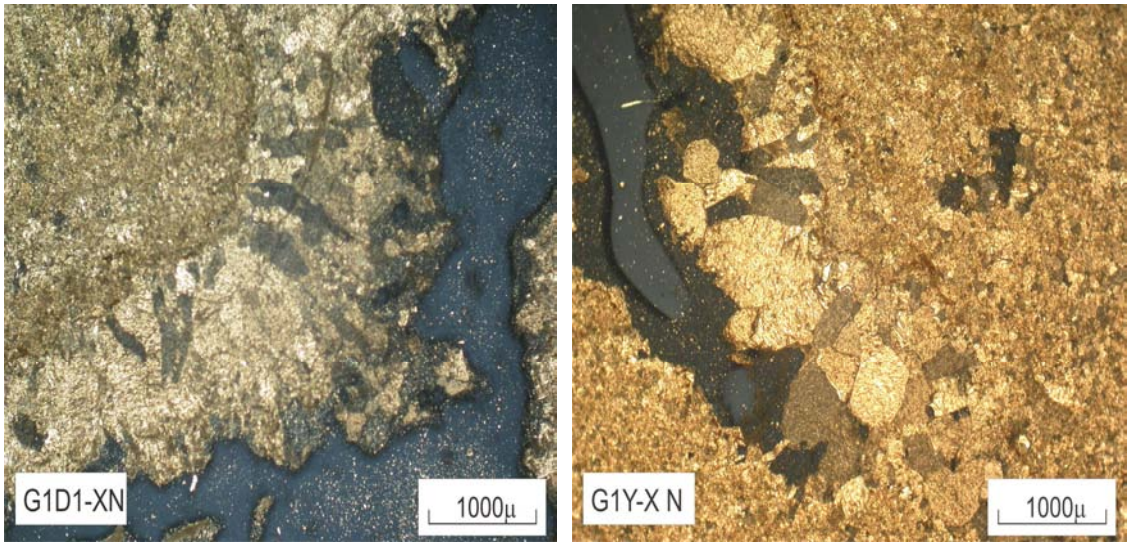
Çizelge 3.1 İncelenen örneklerin lokasyon tanıtımı ve kayaç özellikleri

Örnek kodu	Formasyon	Örnekleme Yeri	Kaya Adı	Açıklamalar
G ₁	Gökbez	Gökbez Köyü Güncel taş ocağı	Traverten	Krem sarımsı gri renkli, aynı ocaktan farklı seviyelerden derlenen örneklerle nazaran daha yüksek oranda düzenli ve düzensiz erime boşlukludur. Boşlukların büyük bir kısmı açık, bir kısmı kalsit dolguludur. Örnekte ayrışma düşük olup, yanal ve düşey yönde devamlılığı düşüktür.
G ₂	Gökbez	Gökbez Köyü Güncel taş ocağı	Traverten	İnce taneli, genelde masif yapılı, açık gri renklidir. Büyük boyutlu düzenli ve düzensiz erime boşlukludur. Boşluk kenar duvarlarında ince taneli ikincil kalsit oluşumları yaygın olup, çoğun açık boşlukludur. Ocakta izlenebilen en yaygın örnektir.
G ₃	Gökbez	Gökbez Köyü Güncel taş ocağı	Traverten	Açık gri renkli, genelde ince taneli, masif yapılıdır. Kayada düzenli ve düzensiz erime boşluğu G ₁ örneğine göre düşük olup, G ₂ örneğine göre nispeten yüksektir. Bu boşluklar kısmen ikincil kalsit kristalleri ile dolguludur. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izleri belirgindir.
B ₁	Gökbez	Bor-Kemerhisar arası Güncel taş ocağı	Traverten	Gri renkli yer yer düzenli erime boşluklu, boşluklar açık haldedir. İnce taneli genelde masif yapılı, düşük oranda ayrışma etkisi gözlenmektedir. Boşluklar iri taneli ikincil kalsit dolguludur. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izleri mevcuttur.
B ₂	Gökbez	Bor-Kemerhisar arası Güncel taş ocağı	Traverten	Gri renkli, ince taneli, düzenli ve düzensiz erime boşluklu, boşluklar genel anlamda açık olup, yer yer ikincil kalsit dolguludur.
T _{1a}	Gökbez	Yapıda kullanılmış örnek	Traverten	Açık gri renkli, yer yer düzenli genel olarak düzensiz erime boşluklu, boşluk kenar duvarları ikincil kalsit dolguludur. İnce taneli masif yapılı, bitki sap ve kök kalıp izleri yer yer belirgindir.
T _{1b}	Gökbez	Yapıda kullanılmış örnek	Traverten	Koyu gri renkli, düzenli, ve düzensiz erime boşluklu, ince taneli genelde masif yapılı, kısmen bitki sap ve kök kalıp izleri gözlenmektedir. Örneklerde genel olarak düzensiz yapılı, ikincil kalsit kristal dolgusu gözlenmektedir.
T _{1c}	Gökbez	Yapıda kullanılmış örnek	Traverten	Açık gri renkli, yer yer düzenli, genel anlamda düzensiz erime boşluklu, ince taneli masif yapılıdır. Örnekte boşlukların farklı olduğu alanlarda düzensiz ikincil kalsit birikimleri gözlenmektedir.
T ₂	Gökbez	Yapıda kullanılmış örnek	Traverten	Açık gri renkli, düzensiz dağılımış kısmen daha küçük boyutlu erime boşlukları belirgindir. İnce taneli masif yapılıdır. Örneklerin boşlukları ikincil iri taneli kalsitler ile dolmuştur.
T ₃	Gökbez	Yapıda kullanılmış örnek	Traverten	Mavimsi gri renkli, genelde ince taneli, yer yer iri taneli birincil kalsitler ile düzensiz erime boşlukludur. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izleri belirgindir.
M ₁	Niğde Metamorfikleri	Yapıda kullanılmış örnek	Mermer	İri kristalli, masif yapılı, beyaz renkli, yer yer renkli mineral bantlı, M ₂ örneğine göre ayrışma kısmen daha belirgindir. Yapı kenarından alınmıştır.
M ₂	Niğde Metamorfikleri	Yapıda kullanılmış örnek	Mermer	Beyaz renkli, M ₁ örneğine göre daha iri kristalli, masif yapılı, ayrışma kısmen belirgindir. Yapı kenarından alınmıştır.
Bazalt	Melendiz ?	Gereç olarak kullanılmış örnek	Bazalt	Koyu kahvemsî siyah renkli, cüruf karakterli, vesiküler dokulu, oldukça boşluklu, boşluklarda ikincil kalsit kristalleri belirgin olup, orta derecede ayrışma gözlenmektedir. Kemerlere yakın alandaki eski yerleşimlerde el gereci olarak kullanılmıştır.

3.7 İncelenen Örneklerin Petrografik Özellikleri

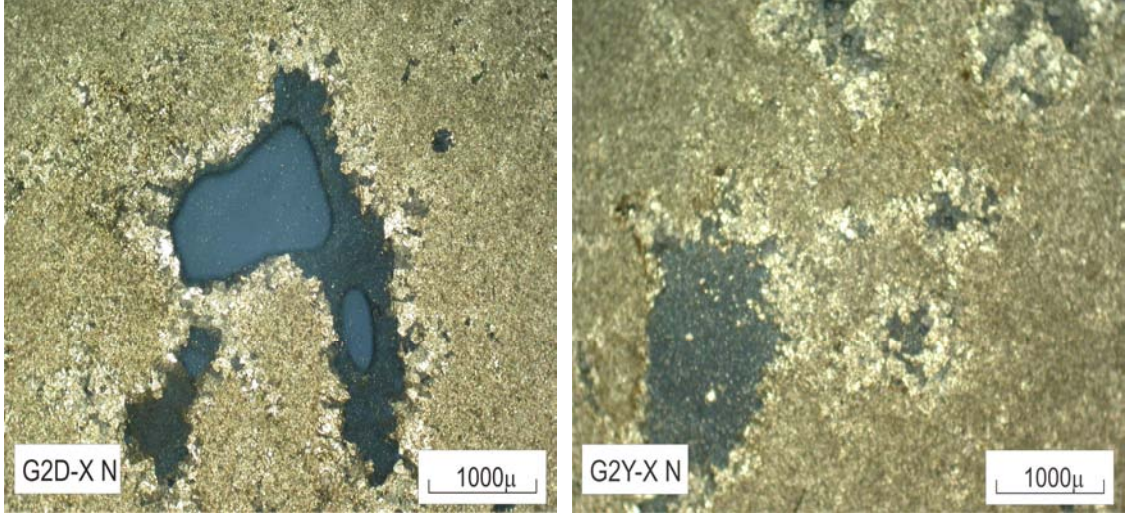
Travertenler kısa mesafede, yanal ve düşey yönde sıkça değişen karmaşık bir iç mimariye sahiptirler. Traverten örnekleri mikroskop altında kristalin, farklı tane boyutlu olarak gözlenmiştir. Çoğun düzensiz erime boşluklu yapıda olup, ikincil kalsit kristalleri ile kısmen dolguludur. Örneklerde ikincil kalsitler dışında farklı mineral veya kayaç parçasına rastlanmamıştır. Bölgeden alınan kullanılmış ve taze blok örneklerden hazırlanan örneklerin mikroskop incelemelerine ait değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

Gökbez formasyonuna ait G₁ örneklerinin gözlendiği taş ocağından alınan örneğin iki yönde hazırlanmış kesitlerinin mikroskop incelemelerinde, örneğin kısmen iri taneli mikritik özellikler sunduğu, boşluklarının iri taneli sekonder kalsitler ile kısmen dolgulu olduğu gözlenmiştir. El örneklerinde ayrışma etkilerinin düşük ya da hiç belirtisinin olmamasına karşın, ince kesitlerinde ayrışma etkilerinin varlığı gözlenmiştir. Kayaçta bulunan boşluklarda sadece iri taneli kalsit oluşumları ikincil kökenli olup, çeşitli kayaç parçaları ve farklı mineral gözlenmemiştir. Arazi gözlemlerinde bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar, yer yer gözlenebilmekle birlikte, hazırlanan ince kesitlerde bu yapılarla rastlanmamıştır. Kayacın boşluk oranı diğer traverten örneklerine nazaran nispeten yüksek değerler sunmaktadır (Şekil 3.3).



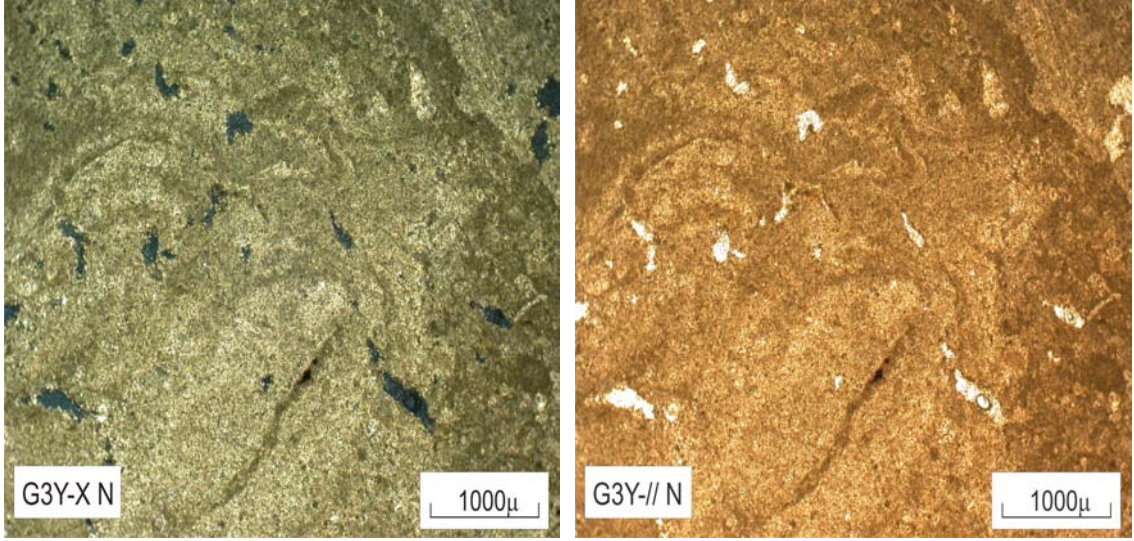
Şekil 3.3 G₁ örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

Taş ocağından alınan G₂ el örneklerinden kesilerek iki yönde hazırlanan ince kesitlerde, örneğin ince taneli mikritik özellikler sundukları belirlenmiştir. Örneklerin ince kesitlerinde ayrışmanın etkinliği belirgin olarak gözlenmektedir. Kayaçta bulunan çatlak ve erime boşlukları kısmen dolgusuz olup, yer yer iri taneli ikincil kalsit oluşumları ile dolgulanma söz konusudur. Kayacın ince kesitlerinde izlenebilen boşlukları nispeten yüksek değerlerdedir (Şekil 3.4).



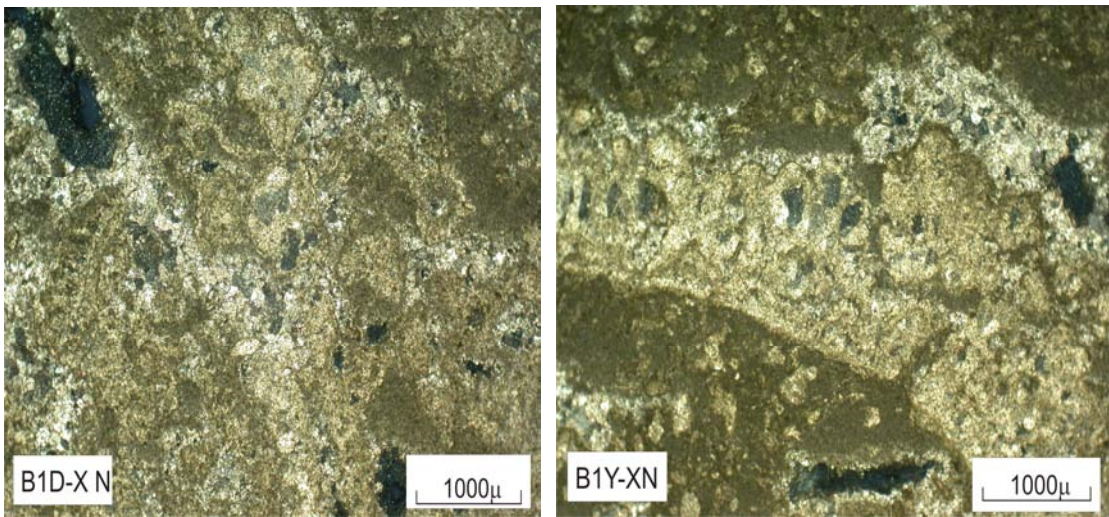
Şekil 3.4 G₂ örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

Gökbez formasyonuna ait G₃ örneklerinin taş ocaklarından derlenen el örneklerinden hazırlanan ince kesitlerinde, ince taneli mikritik özellikler sundukları belirlenmiştir. Örneklerin ince kesitlerinde düşük oranda ayrışma etkilerine maruz kaldıkları gözlenmektedir. Kayaçta bulunan çatlak ve boşluklar nispeten ince taneli sekonder kalsitler ile doldurulmuştur. Kalsit mineralleri dışında farklı mineral ve kayaç parçaları gözlenmemiştir. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar yer yer belirgin olarak gözlenmektedir. Kayacın boşlukları nispeten daha düşük değerler sunmaktadır (Şekil 3.5).



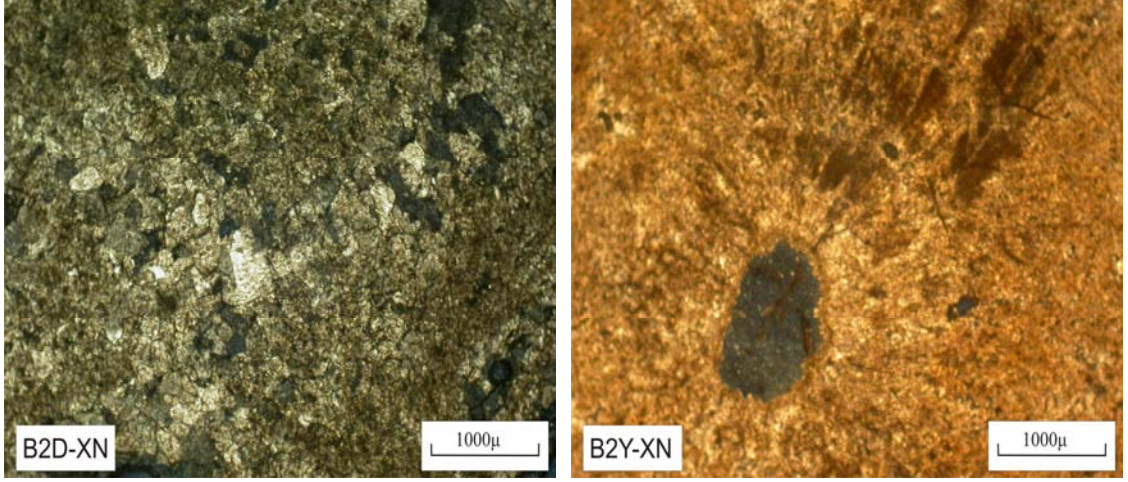
Şekil 3.5 G₃ örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

Gökbez formasyonunun yayılım sunduğu alandan Bor yöresi taş ocaklarından alınan el örneklerinden kesilerek iki yönde hazırlanan B₁ örneğinin ince kesitlerinde, ince taneli mikritik özellikler sundukları belirlenmiştir. Örnekler ince kesitlerinde ayrışmanın etkin olduğu gözlenmekle birlikte, el örneklerinde bu etkinin belirgin olmadığı gözlenmiştir. Kayaçta bulunan çatlaklar iri taneli sekonder kalsitler ile dolmuş olup, çeşitli kayaç parçaları ve farklı mineral gözlenmemiştir. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar, yer yer gözlenmektedir. Kayacın boşluk oranı nispeten düşük değerlerdedir (Şekil 3.6).



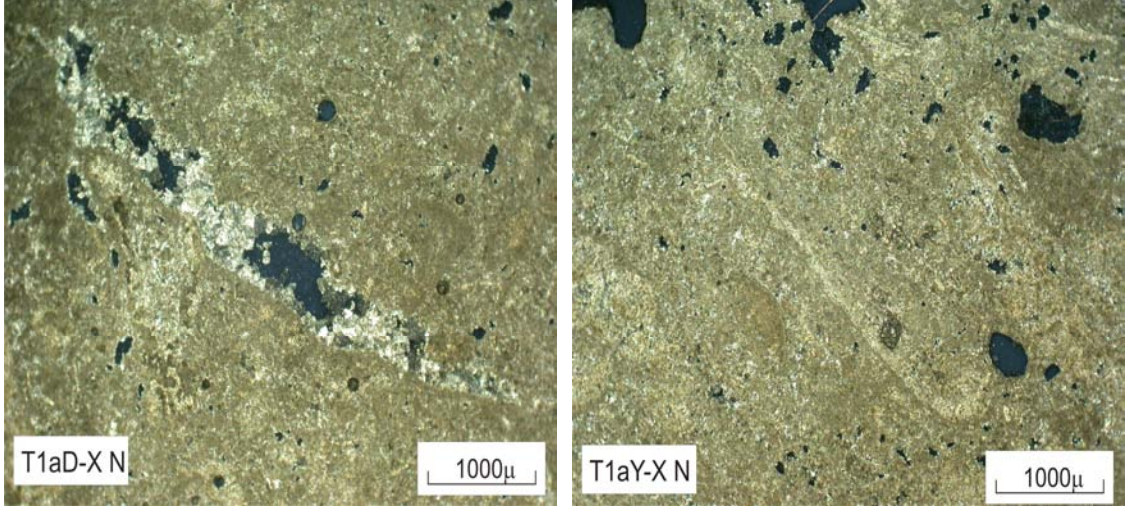
Şekil 3.6 B₁ örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

Bor ocaklarından alınan B₂ örneklerinden hazırlanan ince kesitlerde kayaç, genel anlamda ince taneli mikritik özellikler sunmaktadır. İnce kesitlerinde ayrışma nispeten düşük oranda etkin olup, el örneklerinde bu etki belirgin değildir. Kayaçta bulunan boşluklar iri taneli sekonder kalsitler ile sonradan dolgulanmıştır. Kayacın erime boşlukları genel anlamda düzenlilik arz etmektedir (Şekil 3.7).



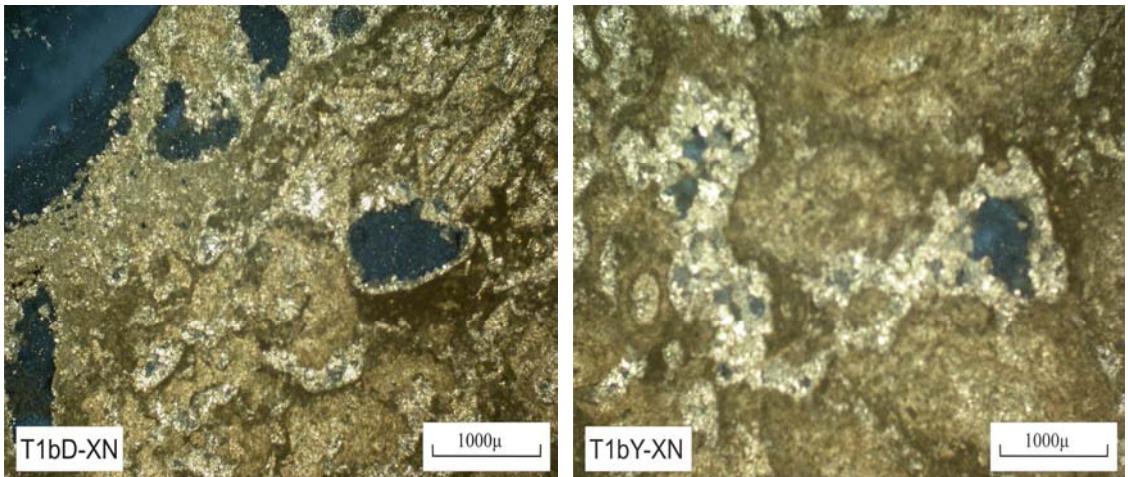
Şekil 3.7 B₂ örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)

Yapıda kullanılmış travertenlerden alınan T_{1a} örneklerinin iki yönde hazırlanan ince kesitlerinde düzensiz erime boşluklu yapısı ile belirgin oldukları ortaya konmuş olup, bu boşluklar kısmen ikincil kalsitlerle dolgulanmıştır. Kayaç genel anlamda mikritik özellikler sunmaktadır. Kayaçta düşük oranda ayrışma etkileri gözlenmektedir. Kalsit mineralleri dışında farklı mineral ve kayaç parçaları gözlenmemiş fakat yer yer alg yumruları gözlenmiştir. Ayrıca kesitte iri taneli anedral sparitik kalsitler yer yer belirgindir. Örneğin ince kesitlerinde bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar belirgin olarak gözlenmemiş olmakla birlikte, el örneklerinde kısmen belirgindir. Kayacın boşlukları nispeten yüksek orandadır (Şekil 3.8).



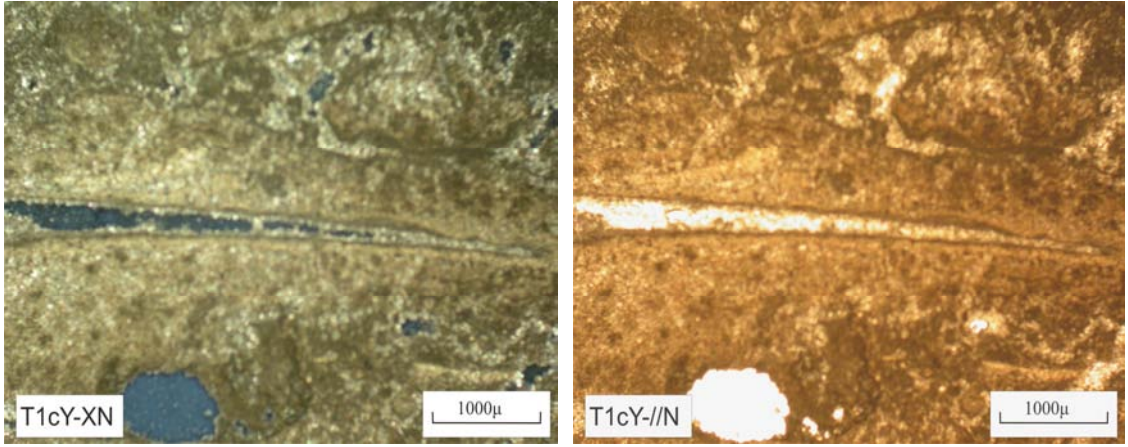
Şekil 3.8 T_{1a} örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

Yapıda kullanılmış travertenlerden alınan T_{1b} örneklerinden hazırlanan ince kesitlerin petrografik incelemelerinde kayacın düzensiz erime boşluklu yapısı ile belirgin olduğu, boşlukların bir kısmının iri taneli ikincil kalsitlerle dolgulu olduğu gözlenmiştir. Kayaç genel anlamda düzensiz bir yığılım yapısı sunmaktadır. Kayaçta nispeten yüksek oranda ayrışma etkileri gözlenmektedir. Kalsit mineralleri dışında farklı mineral ve kayaç parçaları gözlenmemiştir. Örneğin ince kesitlerinde bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar belirgin olarak gözlenmemekle birlikte el örneklerinde kısmen belirgindir. Kayacın erime boşlukları nispeten yüksek değerlerdedir. Kayaçta yer yer pizolitik yumralar belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 3.9).



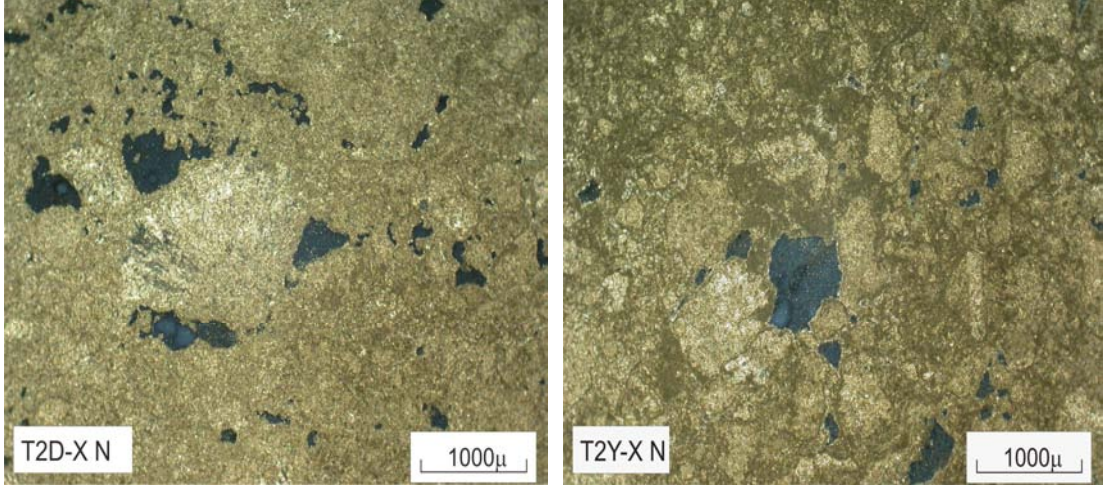
Şekil 3.9 T_{1b} örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

Yapıdan düşmüş traverten bloklarından alınan T_{1c} örneklerinden hazırlanan ince kesitlerin mikroskop incelemelerinde; kayacın, nispeten düşük oranda erime boşlukları bulunduğu ve bu boşlukların özellikle kenar kısımları kısmen ince taneli ikincil kalsitlerle dolgulu olduğu gözlenmiştir. Kayaç genel anlamda mikritik yapı sunmaktadır. Kayaçta ayrışma nispeten yüksek orandadır. Kalsit mineralleri dışında farklı mineral ve kayaç parçaları gözlenmemiştir. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar yer yer belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 3.10).



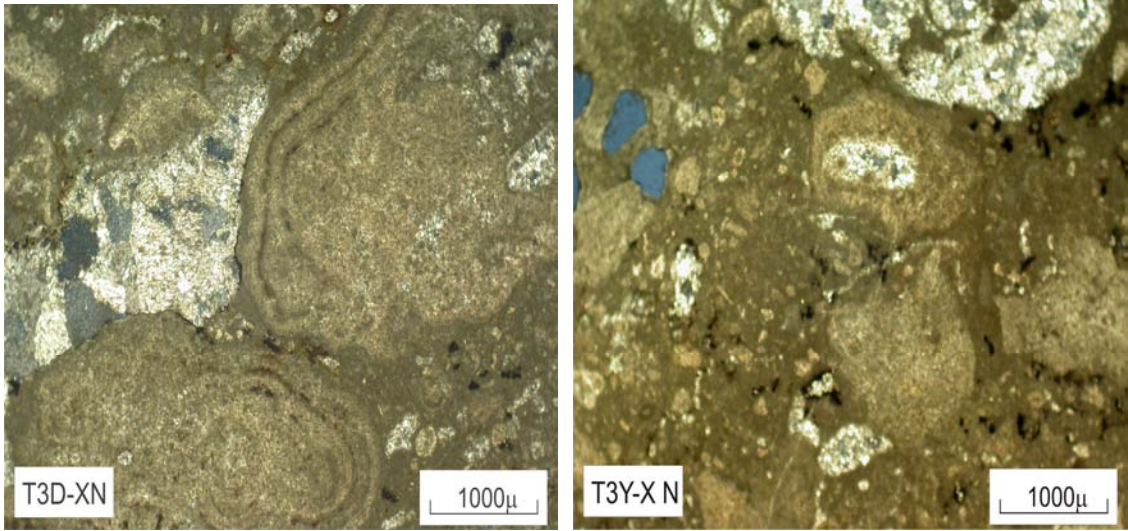
Şekil 3.10 T_{1c} örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)

Yapıdan düşmüş travertenlerden alınan T₂ örneklerinin iki yönlü olarak hazırlanan ince kesitlerinin mikroskop incelemelerinde kayacın düzensiz erime boşluklu yapıda olduğu gözlenmiştir. Kayaç genel anlamda mikritik yapı sunmakla birlikte diğer örneklerle oranla birincil kalsitler daha büyük boyutludur. Boşlukların özellikle kenar kısımları kısmen iri taneli ikincil kalsitlerle dolgulu olduğu gözlenmiştir. Kayaçta ayrışma nispeten yüksek orandadır. Kalsit mineralleri dışında farklı mineral ve kayaç parçaları gözlenmemiştir. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar belirgin olarak gözlenmemiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 T₂ örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

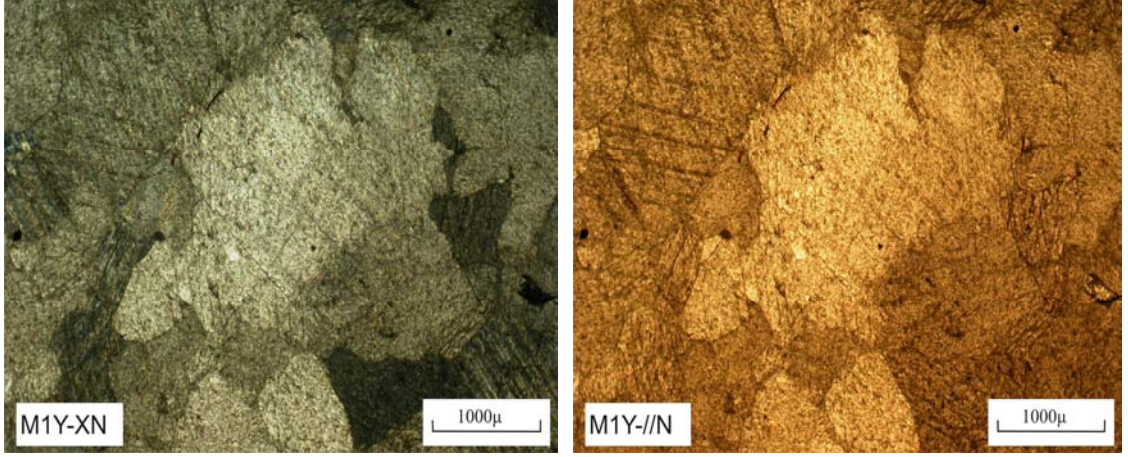
Yapıda kullanılmış örneklerden alınan T₃ örneklerinin iki yönlü olarak hazırlanan ince kesitlerinin mikroskop incelemelerinde kayacın pizolitik yapısının belirgin olduğu gözlenmiştir. Kayaç iri taneli polisentetik ikizlenmeli ve holokristalin dokulu olup, kesit tamamen kalsitten oluşmuştur. Kayaçta ayrışma nispeten yüksek orandadır. Boşlukların özellikle kenar kısımları kısmen iri taneli ikincil kalsitlerle dolguludur. Kalsit mineralleri dışında farklı mineral ve kayaç parçaları gözlenmemiştir. Örnekte bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar belirgin olarak gözlenmemiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 T₃ örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)

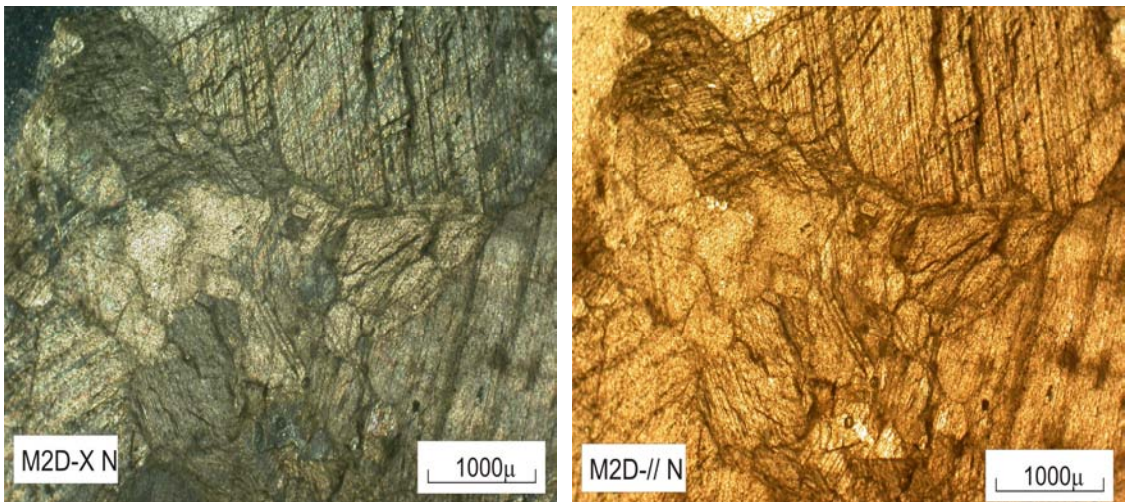
Roma Havuzu yapımında Niğde metamorfiklerine ait mermerler kullanılmıştır. Bu yapıdan düşmüş ve bir daha kullanılması mümkün olmayan mermer örneklerinden alınan M₁ örnekleri, ince kesitlerinde M₂ örneğine oranla daha küçük taneli olup,

tamamen kalsit kristallerinden oluşmuştur. Kalsitler polisentetik ikizlenme göstermekte ve kayaç holokristalin doku sunmaktadır. Örnekteki ayrışma, M_2 örneğine göre kısmen daha etkindir. Kayaç tamamen kristalli yapıda olup, düzenli ya da düzensiz boşluklar ince kesitlerinde belirgin değildir (Şekil 3.13).



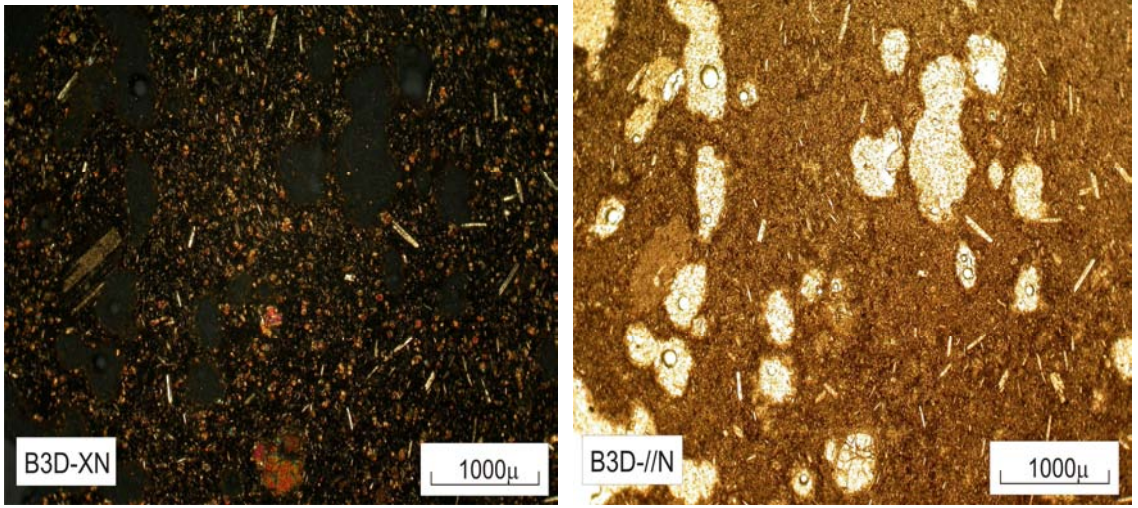
Şekil 3.13 M_1 örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)

Yapıda kullanılmış ve Niğde metamorfiklerine ait M_2 örneklerinden hazırlanan ince kesitlerinin, orta ve iri taneli oldukları, polisentetik ikizlenme gösterdikleri ve kayacın holokristalin dokulu oldukları belirlenmiştir. Kayaç tamamen kalsit kristallerinden oluşmuştur. Örneklerin ince kesitlerinde ayrışmanın kısmen etkin olduğu gözlenmiştir. Kayacın tamamen kristalli yapıda olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 M_2 örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)

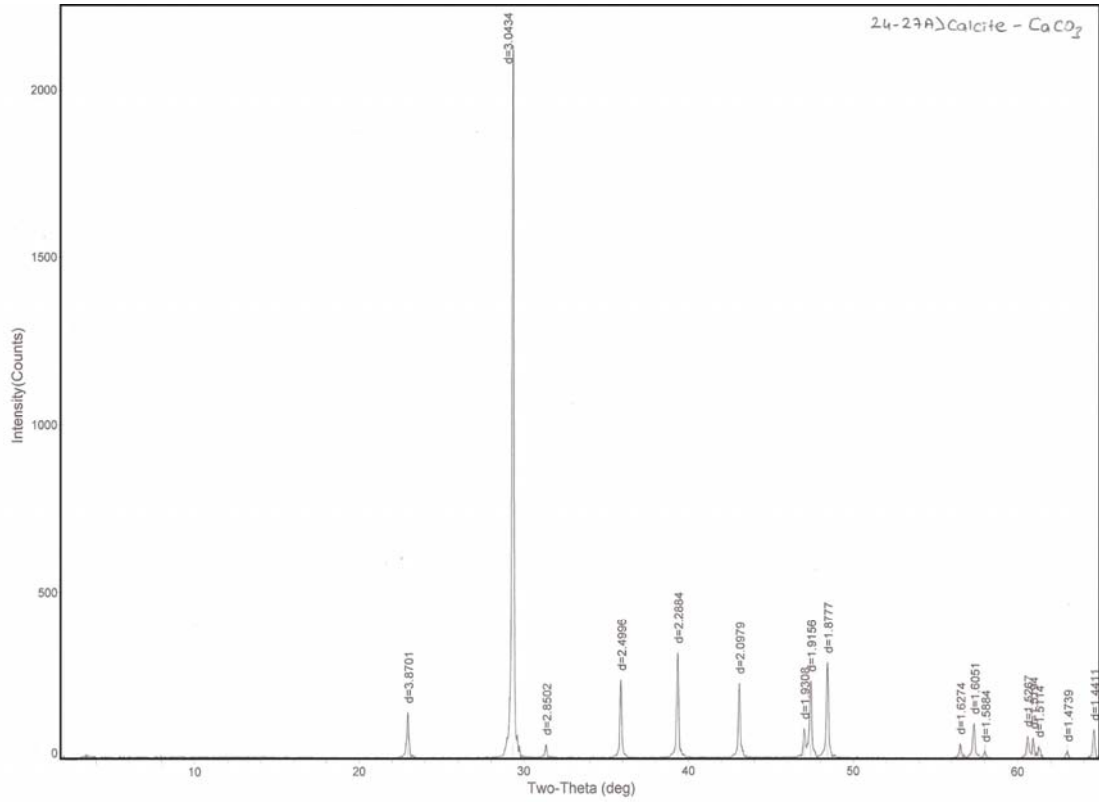
Bölgede incelenen yapılarda yapı taşı olarak kullanılmayan fakat araç-gereç olarak kullanıldığı belirlenen bazalt örneklerinin iki yönde hazırlanan ince kesitlerinin mikroskop incelemelerinde; kayacın, piroksen ve plajiyoklas fenokristallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Fenokristal olarak gözlenen minerallerin hamurda yönlenmiş olduğu ve kayacın holokristalin porfirik dokusu ile belirgin olduğu ortaya konmuştur. Hamur maddesini mikrolitik plajiyoklaslar oluşturmaktadır. Hamurda akma dokusu belirgin olup, kayacın ayrışma nispeten yüksek değerlerdedir. Ayrıca kayacın mikroskop incelemelerinde hemen hemen benzer boyutlu boşluklu yapıda olduğu ve genel anlamda boşlukların çoğunlukla bir biri ile bağlantılı olmadıkları belirlenmiştir (Şekil 3.15).



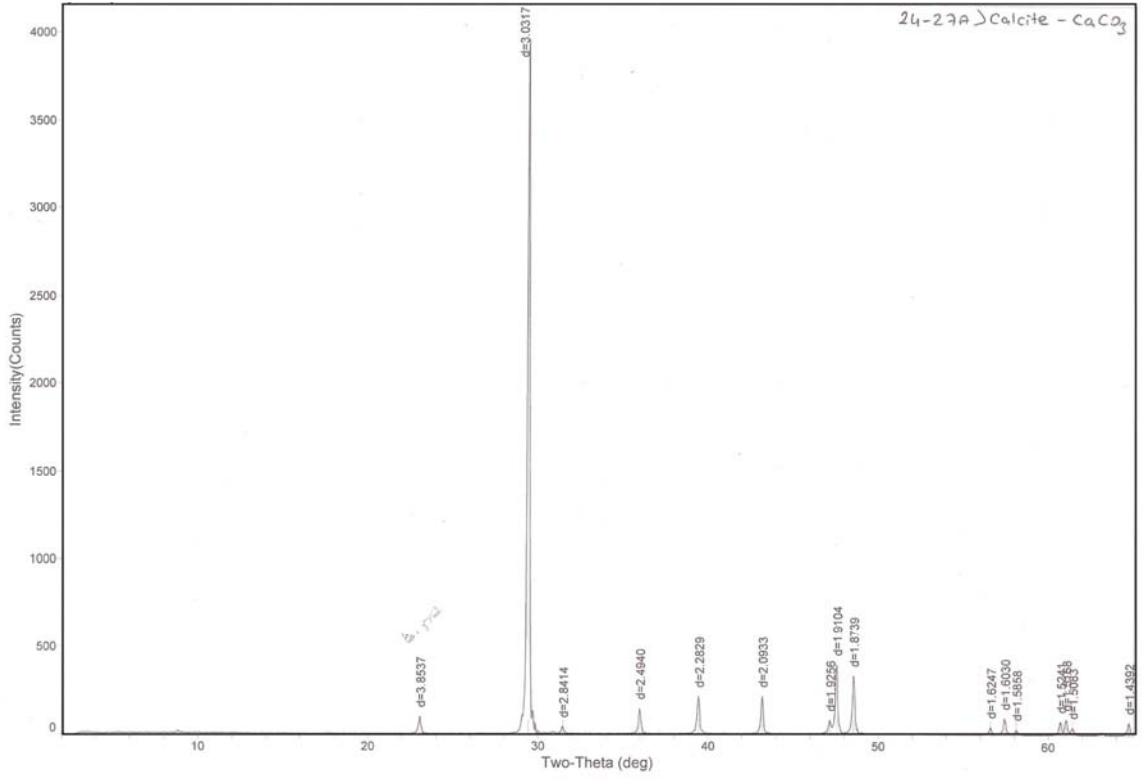
Şekil 3.15 Bazalt örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)

3.8 X-Işınları Difraktometre Analiz Sonuçları

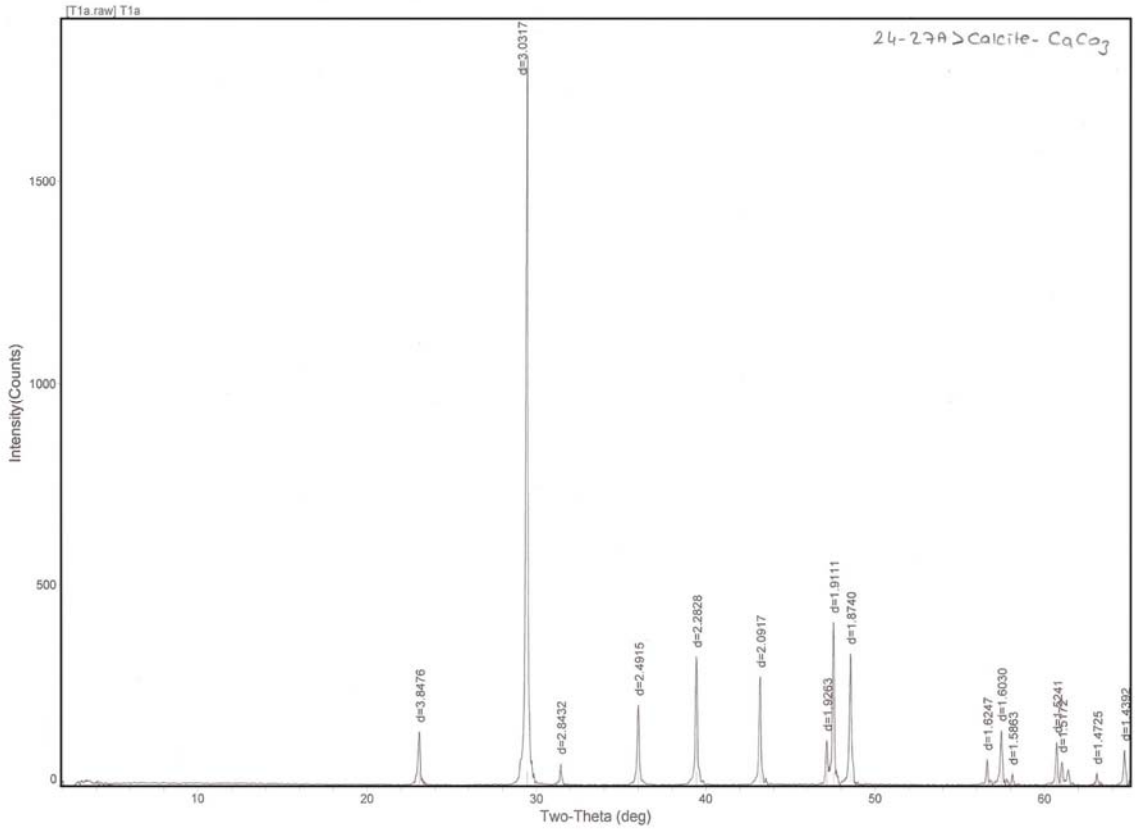
XRD yöntemi ile yapılan incelemelerde bütün traverten ve mermer G₁, T_{1a} ve M₂ örneklerinin sadece kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiş olup, bazalt örneğinde ise albit, anortit, kristobalit ve dolomit mineralleri tespit edilmiştir. Bunlardan sadece G₁, T_{1a} ve M₂ örneklerine ait çekimlerin tez içine konulması düşünülmüştür. Bunlara ait sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19).



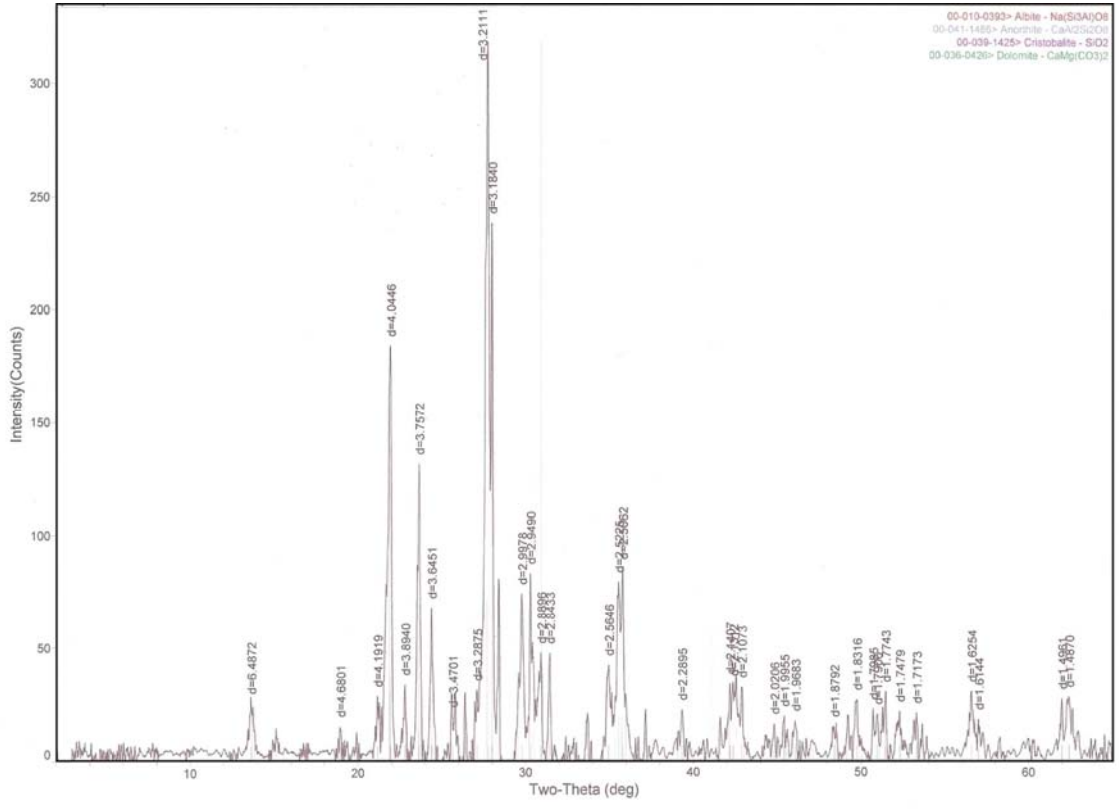
Şekil 3.16 G₁ örneğinin difraktometre analiz sonuçları



Şekil 3.17 T_{1a} örneğinin difraktometre analiz sonuçları



Şekil 3.18 M₂ örneğinin difraktometre analiz sonuçları



Şekil 3.19 Bazalt örneğinin difraktometre analiz sonuçları

3.9 İncelenen Örneklerin Jeomekanik Özellikleri

Kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi, gerek mekanik özelliklerini kontrol etmesi, gerekse de yapı malzemesi olarak kullanım niteliğini değiştirmesinden dolayı uygulamada oldukça önemlidir. Bu araştırmada, incelenen tarihi yapılardan düşmüş bir daha kullanılması mümkün olmayan örnekler ile yörede bu yapılarda kullanılan örneklerle benzerlikler sunan travertenler incelenmiştir. İncelenen tarihi yapılardan Roma havuzunda kullanılan mermerlerden alınan örnekler; yapıda düşmüş, bir daha kullanılması mümkün olmayan örneklerdir. Ayrıca çeşitli araç gereç amaçlı kullanılan bazalt örneğine ait jeomekanik özellikler de belirlenmiştir. Bu kapsamda yukarıda belirtilen farklı örnekler için; kuru ve doymuş birim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif porozite ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile P-Dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. ISRM [49] tarafından önerilen yöntemler esas alınarak yapılan deneyler için araziden blok örnekler derlenmiş, daha sonra bu numunelerden laboratuvarında karot ve parça numune hazırlanmıştır. Deneylerden elde edilen jeomekanik özelliklere ait veriler, aşağıda başlıklar halinde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

3.9.1 Kuru Birim Ağırlık

İnceleme alanında yer alan su kemerleri ve Roma havuzu yapılarında kullanılan örnekler ile yörede bu yapıda kullanılan örneklerle benzerlikler sunan traverten, mermer ve çeşitli araç gereç amaçlı kullanılan bazalt örneklerine ait kuru birim ağırlık deneyleri, ISRM [49] tarafından önerilen yöntem esas alınarak beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 İncelenen örneklere ait kuru birim ağırlık değerleri

Kuru Birim Ağırlığı, γ_d (kN/m³)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G₁	5	20,71	22,84	21,51	1,15
G₂	5	24,43	25,71	24,77	0,40
G₃	5	22,09	24,90	23,48	1,41
B₁	5	24,57	25,10	24,88	0,23
B₂	5	22,99	24,97	24,58	0,34
T_{1a}	5	23,57	24,57	24,34	0,23
T_{1b}	5	24,25	24,70	24,41	0,25
T_{1c}	5	23,37	24,24	23,90	0,46
T₂	5	22,87	23,94	23,45	0,54
T₃	5	24,56	24,89	24,73	0,17
M₁	5	26,11	26,32	26,30	0,03
M₂	5	26,00	26,54	26,18	0,03
Bazalt	5	19,75	20,13	20,00	0,13

Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi, araştırılan örneklerden elde edilen ortalama, en yüksek kuru birim ağırlık değeri 26,30 kN/m³ olup, Roma Havuzunda kullanılmış mermer örneğine aittir. En düşük değer ise 20,00 kN/m³ olup, yapıda kullanıldığı belirlenememiş olup, araç-gereç yapımında kullanıldığı sanılan boşluklu bazalt örneğinden elde edilmiştir.

Kuru birim ağırlık değeri kayaların bileşim ve dokusu ile yakından ilgilidir. Kayaçların birim ağırlık değerlerindeki değişim; kayanın kimyasal bileşimine, boşluk yapısına, boşluk miktarına ve ayrışmasına bağlıdır. Pratikte birim hacim ağırlıkları yüksek olan kayalar genellikle düşük poroziteli, düşük su emme ve yüksek özgül ağırlık değerlerine sahiptir [50].

Gökbez Formasyonuna ait G₁ örneklerinin birim ağırlık değerlerinin diğer traverten örneklerine göre nispeten düşük olmasında, bu örneklerin boşluklarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

NBG [51]’e göre yapılan değerlendirmeler sonucunda, bölgeden elde edilen farklı bileşim ve dokudaki travertenler, birim ağırlık değerlerine göre, “düşük - orta

yoğunluklu kaya” sınıfında yer almaktadır. Yapı taşı olarak kullanılan traverten örneklerinin birim hacim ağırlıklarının TS-11143 [52]’e göre 23,00 kN/m³’den fazla olması gerekmektedir. Yapıda kullanılmış örnekler standartta verilmiş olan bu limiti karşılayacak ölçüdedir. Mermer örneklerinin birim ağırlıklarına yönelik TS-10449 [53] standartlarında limit değerlendirmelere ilişkin, 25,50-28,00 kN/m³ arasında değişebildiğine yönelik yorumlar bulunmaktadır. Standartlarda farklı kökenli kayalar için limit değerler az çok değişse de genel anlamda yapı taşı olarak kullanılacak kayaların kuru birim ağırlıklarının yüksek olması istenmektedir.

3.9.2 Doygun Birim Ağırlık

Suya doymuş kayaların, birim ağırlıklarında gözlenen değişim kayada bulunan efektif gözenekleri sayesinde. Kayaların birim ağırlık değerini önemli ölçüde denetleyen unsurların başından kimyasal bileşimi ve boşluk yapısı gelmektedir. Ayrıca kayanın özgül ağırlığının değişken olması da doymuş birim ağırlığını etkilemektedir [54].

Doygun birim ağırlık deneyleri, ISRM [49] tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Çizelge 3.3’de sunulmuştur.

Çizelge 3.3 İncelenen örneklere ait doymuş birim ağırlık değerleri

Doygun Birim Ağırlık, γ_s (kN/m ³)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G ₁	5	21,44	23,32	22,09	1,07
G ₂	5	24,58	25,84	24,93	0,38
G ₃	5	22,71	25,09	23,86	1,19
B ₁	5	24,80	25,32	25,11	0,21
B ₂	5	23,37	25,19	24,85	0,30
T _{1a}	5	23,91	24,88	24,57	0,28
T _{1b}	5	24,48	24,89	24,63	0,22
T _{1c}	5	23,85	24,43	24,19	0,31
T ₂	5	23,64	24,41	24,05	0,37
T ₃	5	24,98	25,23	25,11	0,13
M ₁	5	26,14	26,37	26,35	0,02
M ₂	5	26,03	26,56	26,21	0,04
Bazalt	5	20,26	20,55	20,48	0,09

Yapıda kullanılmış örnekler ile ocaklardan alınmış traverten örneklerinden elde edilen doygun birim ağırlık değerleri, ortalama 24 kN/m^3 civarındadır. Yapıda kullanılmış mermer örneklerinde $26,00 \text{ kN/m}^3$ 'den yüksek doygun birim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Boşluklu bazalt örneğine değerler ise nispeten düşük değerdedir (Çizelge 3.3). Örneklerden elde edilen sonuçlara göre, kuru birim ağırlık değeri yüksek olan örneklerin doygun birim ağırlık değerleri de yüksek değerdedir.

Doygun birim ağırlık değeri, kayanın birim ağırlık değerlerinden biri olup, kayanın bünyesinde bulunan suyun etkisiyle kuru birim ağırlık değerinden fazladır. Dolayısıyla sınıflama açısından düşünüldüğünde, farklı özelliklerdeki incelenen örneklerin birim ağırlık değerleri açısından NBS [51]'e göre "düşük-orta yoğunluklu kaya" sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

3.9.3 Su Emme

Kayacın su emme değeri, atmosferik etkilerden etkilenme açısından belirlenmesi gereken ve düşük olması istenen bir parametredir. Yapı malzemesi olarak kullanılan kayaların bu değerlerinin özellikle don etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Yörelerden alınan örnekler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla ağırlıkça su emme değeri belirlenmiş olup, bu değer kayacın boşluklarının durumunu belirlenmesi ve bu boşlukların birbiri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Kayalarda su emme değerinin değişiminin belirlenmesi ile dona ve termik genişlemeye karşı dolaylı bilgi sağlanmaktadır [55].

Bölgeden derlenen örneklerin ağırlıkça su emme deneyleri, ISRM [49] tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 İncelenen örneklere ait ağırlıkça su emme değerleri

Ağırlıkça Su Emme, w_a (%)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G₁	5	2,10	3,50	2,71	0,54
G₂	5	0,49	0,70	0,61	0,11
G₃	5	0,76	2,83	1,69	1,05
B₁	5	0,86	1,13	0,92	0,09
B₂	5	0,90	1,67	1,11	0,18
T_{1a}	5	0,68	1,45	0,96	0,28
T_{1b}	5	0,65	1,11	0,89	0,20
T_{1c}	5	0,77	2,03	1,24	0,69
T₂	5	1,76	3,34	2,56	0,79
T₃	5	1,34	1,71	1,54	0,19
M₁	5	0,12	0,24	0,20	0,06
M₂	5	0,08	0,16	0,11	0,04
Bazalt	5	2,07	2,66	2,41	0,30

Çizelge 3.4’de görüldüğü gibi, incelenen traverten örneklerinden ortalama en yüksek ağırlıkça su emme değeri G_1 örneğinden elde edilmiştir. En düşük ağırlıkça su emme değeri ise G_2 örneklerinden elde edilmiştir. Mermer örneklerinden elde edilen su emme değerleri ise ortama % 0,20’den daha düşüktür. Boşluklu bazalt örneğinden elde edilen ağırlıkça su emme değeri nispeten traverten ve mermer örneklerine göre yüksek değerlerdedir. Bölgedeki traverten örneklerinin ağırlıkça su emme değerleri çok değişken olmamakla birlikte, kayacın petrografik ve dokusal niteliklerinin yanı sıra boşluk oranının bu değişimde etkin olduğu düşünülmektedir.

Yapı taşı olarak kullanılan mermerlerin TS-10449 [53]’e göre değerlendirilmesinde ağırlıkça su emme değerleri en fazla % 0,40 olmalıdır. İncelenen mermer örneklerinden elde edilen ağırlıkça su emme değerleri, limit değerler içerisindedir. Yapı taşı olarak kullanılan traverten örneklerinin TS-11143 [52]’de ağırlıkça su emme değerlerinin en yüksek % 3 olması istenmektedir. İncelenen örneklerdeki su emme değerleri limit değerleri altında bulunmuş olup, G_1 örneği üst limit değere nispeten yakın sonuçlar vermiştir.

3.9.4 Porozite

İncelenen örneklerin porozite değerleri için suda doyurma yöntemi esas alınarak efektif porozite değerleri cinsinden belirlenmiş olup, deneyler için ISRM [49] tarafından önerilen yöntem esas alınarak her bir deney beş numune üzerinde tekrarlanmıştır. Elde edilen efektif porozite değerleri Çizelge 3.5’de sunulmuştur.

Çizelge 3.5 İncelenen örneklere ait efektif porozite değerleri

Efektif Porozite, n_e (%)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G ₁	5	4,89	7,39	5,90	0,91
G ₂	5	1,26	1,76	1,54	0,26
G ₃	5	1,93	6,37	3,95	2,25
B ₁	5	2,21	2,86	2,33	0,21
B ₂	5	2,29	4,05	2,77	0,42
T _{1a}	5	1,69	3,48	2,38	0,72
T _{1b}	5	1,62	2,75	2,20	0,47
T _{1c}	5	1,91	4,84	2,99	1,61
T ₂	5	4,31	7,78	6,10	1,74
T ₃	5	3,39	4,28	3,88	0,46
M ₁	5	0,31	0,65	0,55	0,17
M ₂	5	0,21	0,43	0,30	0,11
Bazalt	5	4,25	5,42	4,90	0,60

Bölgedeki farklı özelliklere sahip travertenlerin, efektif porozite değerleri oldukça değişken sonuçlar sunmuştur. Travertenlerden elde edilen ortalama en yüksek efektif porozite değeri, yapıda kullanılmış T₂ örneklerinden (% 6,10), Niğde Metamorfiklerine ait mermerlerden elde edilen en yüksek değer ise M₁ örneğinden elde edilmiştir. Ortalama en düşük porozite değerleri traverten örneklerinden G₂ örneğinden, mermerden ise M₂ örneğinden elde edilmiş olup, bazalt örneğinden elde edilen değer ise nispeten yüksek değerlerdedir (Çizelge 3.5).

Kayacın oluşumları esnasında veya ikincil olarak oluşan boşluklar, kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişmesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalar; porozitenin artması sonucu, kayanın mukavemetinin azalmasına ve kaya içinde

gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin artması kayanın düşük yoğunluk kazanmasını sağlamakta, kayanın ısı ve ses iletkenlikleri üzerinde etkili olmaktadır [56].

Yapı taşı olarak kullanılan kayaçların porozite değerlerine ilişkin TSE standartlarında, değerlendirme için belirli bir hüküm yer almamaktadır. Travertenlerin toplam porozite değeri açısından Moos-Quervain [57] ve NBG [51]'e göre sınıflandığında, “orta-yüksek boşluklu kaya” sınıfında yer almaktadır.

3.9.5 P-Dalga Hızı

P-dalga hızı, kayanın dayanım özelliklerine yaklaşım sağlaması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, kayanın ayrışma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır. Deney, ISRM [49] tarafından önerilen yöntemin esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde Pundit cihazı kullanılarak P-dalga hızı ölçülerek yapılmıştır. Deneylerden elde edilen P-dalga hızları Çizelge 3.6’da sunulmuştur.

Çizelge 3.6 İncelenen örneklere ait P-dalga hızı değerleri

P-Dalga Hızı Değeri, V_p (m/sn)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G₁	5	3936,94	4254,23	4168,88	132,33
G₂	5	5785,05	6009,65	5921,42	104,99
G₃	5	5371,13	5762,43	5628,36	159,31
B₁	5	5689,22	5731,20	5702,44	17,67
B₂	5	4754,78	5181,74	4928,45	168,44
T_{1a}	5	5304,38	5643,70	5508,78	140,51
T_{1b}	5	5205,42	5444,56	5336,18	89,33
T_{1c}	5	5490,57	5667,08	5560,93	71,99
T₂	5	5103,86	5383,26	5207,04	120,72
T₃	5	5358,15	5625,97	5489,92	126,30
M₁	5	3341,03	3469,27	3390,56	54,74
M₂	5	3936,94	4254,23	4168,88	132,33
Bazalt	5	5785,05	6009,65	5921,42	104,99

İncelenen traverten, mermer ve bazalt örneklerinin P-dalgası hız değerleri oldukça değişkendir. Travertenlerden elde edilen ortalama en düşük değer, G_1 fasiyesindeki örneklerden (4168,88 m/sn), ortalama en yüksek değer ise G_2 fasiyesine ait travertenlerden elde edilmiştir (5921,42 m/sn). Niğde Metamorfiklerine ait yapıda kullanılmış mermerlerden alınan M_1 örneğinde ortalama P-dalga hızı 3390,56 m/sn, M_2 örneğinden ise 4168,88 m/sn değerleri bulunmuştur. Örneklerin nispeten düşük P-dalga hızı değerleri sunmasında kayada meydana gelen ayrışmanın ve porozitenin yüksek olmasının etkin olduğu düşünülmektedir.

Yapılan P-dalga hızı deneylerinin değerlendirilmesi sonucunda incelenen farklı özelliklerdeki örneklerin yüksek standart yapma değeri sunmalarında, kaya içerisindeki boşlukların değişken, homojenliğinin düşük ve bazı örneklerde ayrışmanın etkin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İncelenen örnekler, NBG [51]'e göre “orta - yüksek sismik hıza sahip kaya” grubunda yer almaktadır.

3.9.6 Schmidt Çekici Sertlik İndeksi

Başlangıçta betonun dayanımını tahmin etmek amacıyla geliştirilen Schmidt sertlik çekici, kayaların dayanımlarının özellikle arazide kısa süre içerisinde dolaylı yoldan tahmin edilmesi için uzunca bir süreden beri kullanılmaktadır. Deney, arazide kayanın gözlemlendiği aynalarda, ayırık bloklarda ve karotlar üzerinde kolaylıkla uygulanabilmektedir [59].

Ölçümler, arazide tarihi yapıların kullanım yerindeki yapı taşlarında yerinde yapılan ölçümler şeklinde yapılmıştır. Arazide su kemerlerinin dış yüzeyinde ve Roma Havuzunun kuzey, güney ve doğu duvarlarından (batı duvarı restorasyon çalışmaları sırasında beton malzeme ile restore edilmiştir) ölçülmüştür. Ölçümler L-tipi çekiç kullanılarak, ISRM [49]'e göre yapılmıştır. Eserlerde kullanılan çeşitli boyutlardaki yapı taşlarının farklı yüzeylerinden alınan ölçümlere ait sertlik çekici geri tepme değerleri Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8'de sunulmuştur.

Çizelge 3.7 Kemerlerde kullanılan travertenlere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri

Schmidt Çekici Sertlik İndeksi, SHV (L-tipi)					
Ölçüm yeri	Ölçüm Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Kemerden alt seviye kuzey duvar	10	52	57	54,8	1,92
Kemerden alt seviye kısmen ayrılmış kuzeye bakan duvar	10	46	56	50,6	3,71
Kemerden orta seviye kısmen ayrılmış kuzeye bakan duvar	10	47	55	51,2	3,03
Kemerden üst seviye kısmen ayrılmış kuzeye bakan duvar	10	50	55	52,4	2,07
Kemerden orta seviye güneye bakan duvar	10	51	58	54	2,91
Kemerden üst seviye güneye bakan duvar	10	51	59	55	3,16
Üst seviye güneye bakan, ayrışma nispeten yüksek	10	39	46	42,2	3,11
Kemer en üst seviye kuzeye bakan duvar	10	48	63	52,6	6,02
Kemer en üst seviye güneye bakan duvar	10	53	61	56	3,16
Kemerler üzerinde su taşıyan kanal amaçlı traverten	10	49	57	52,6	3,64

Çizelge 3.8 Roma Havuzunda kullanılan mermere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri

Schmidt Çekici Sertlik İndeksi, SHV (L-tipi)					
Ölçüm yeri	Ölçüm Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S.Sapma
Kuzey Duvar 1 nolu ölçüm alanı	10	55	60	57,2	1,92
Kuzey Duvar 2 nolu ölçüm alanı	10	53	61	57,6	2,96
Kuzey Duvar 3 nolu ölçüm alanı	10	49	61	55,4	5,12
Kuzey Duvar 4 nolu ölçüm alanı, kısmen ayrılmış	10	48	55	51,8	2,58
Doğu Duvar 1 nolu ölçüm alanı	10	57	63	60,6	2,30
Doğu Duvar 2 nolu ölçüm alanı	10	60	65	62,6	2,07
Doğu Duvar 3 nolu ölçüm alanı, ayrışma kısmen etkin	10	42	55	48,0	4,84
Doğu Duvar 4 nolu ölçüm alanı, kısmen ayrışma etkin	10	52	61	56,0	3,87
Güney Duvar 1 nolu ölçüm alanı	10	53	58	55,8	1,92
Güney Duvar 2 nolu ölçüm alanı	10	52	60	55,4	3,20

Yapılan ölçümler sonucunda yapıda kullanılmış traverten ve mermer bloklarının sertlik indeks değerlerinde kayaçlar ayrı ayrı düşünüldüğünde genel anlamda yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte, özellikle su kemerlerinde kemerin kuzeye bakan kesimlerinde nispeten ayrışmanın etkin olduğu alanlarda nispeten düşük değerler elde edilmiştir. Kemerlerde alınan ortalama en düşük sertlik indeks değeri üst seviyede güneye bakan duvarda, ayrışmanın nispeten yüksek olduğu alandan elde edilmiştir. En yüksek değerler ise genelde kemer üst kotlarında ayrışmanın az olduğu güney duvarlardan elde edilmiştir. Roma havuzundan alınan farklı duvardaki mermerlerde iri kristalli ve kısmen ayrışmanın etkin olduğu alanlarda daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir. Roma havuzuna ait ölçümlerde elde edilen ortalama en düşük sertlik indeks değeri, doğu duvarda 3 nolu ölçüm alanından elde edilmiş olup, örnekte ayrışma kısmen etkindir. En yüksek sertlik değerleri ise ince taneli ayrışma etkisi belirgin olmayan örneklerden elde edilmiştir.

Bilindiği gibi kayaçların sertliği; litoloji türüne, kayaların içerdiği mineral tür ve miktarına, kristallenme ya da çimentolanma tür ve derecesine göre, ayrışma derecesine bağlı olarak değişmektedir [59].

Günümüzde yapılan araştırmalarda, Schmidt çekici sertlik indeksleri sınıflama parametresi olarak yaygın kullanıma sahiptir. Yapıda kullanılan travertenlere ait örneklerin yerinde yapılan ölçümlerinde elde edilen Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri ISRM [49]'e göre sınıflandığında, “çok sert kaya” sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. Roma havuzunda kullanılan mermer örneklerinin sertlik değeri açısından sınıflandığında ise “çok sert kaya” sınıfında yer aldığı gözlenmiştir.

3.9.7 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi

Özellikle yapı taşı olarak kullanılan tuf, marn ve kil içeren zayıf kayaların ıslanma ve kuruma sonucunda parçalanma ve zayıflamaya karşı gösterdiği direnci belirlemek amacıyla, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneylerinin yapılması önerilmektedir. Bu çalışmada bu deneyin yapılmasındaki amaç ayrışma etkisinde kalan traverten ve mermer örneklerinin suya karşı davranışlarını belirlemesi hedeflenmiştir.

İncelenen örneklerin suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyleri, ISRM [49] tarafından önerilen yöntem esas alınarak, iki tekrarlı olarak iki çevrim şeklinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.9’da sunulmuştur.

Çizelge 3.9 İncelenen örneklere ait ıslak kararlılık değerleri

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, I_{d2} (%)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G₁	2	96,97	97,96	97,46	0,35
G₂	2	97,79	97,89	97,84	0,04
G₃	2	97,46	98,28	97,87	0,29
B₁	2	97,11	98,24	97,68	0,40
B₂	2	93,43	95,00	94,21	0,56
T_{1a}	2	97,97	98,33	98,15	0,13
T_{1b}	2	95,79	97,61	96,70	0,65
T_{1c}	2	97,40	97,90	97,65	0,18
T₂	2	97,67	96,35	97,01	0,46
T₃	2	96,03	96,43	96,23	0,14
M₁	2	97,92	98,65	97,92	0,51
M₂	2	96,23	97,52	96,87	0,46
Bazalt	2	97,82	98,28	98,05	0,16

Çizelge 3.9’de görüldüğü gibi, araştırılan örneklerden elde edilen ortalama en yüksek suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değeri % 98,15 ile boşluklu bazaltlardan, en düşük değer ise % 94,21 ile B₂ fasiyesine ait travertenlerden elde edilmiştir. Örneklerin 2 çevrim sonucu suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından [58]’e göre “yüksek derecede duraylı” kaya sınıfında yer almaktadır.

Elde edilen suda dağılmaya karşı duraylılık değerleri yapıda kullanılmış nispeten ayrışma etkisinde kalmış örneklerde belirgin kayıp gözlenmemiş olup, kayaç önemli derecede suda dağılmaya karşı yüksek duraylılık gösterdikleri belirlenmiştir.

3.9.8 Tek Eksenli Basınç Dayanımı

İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımını belirlemek amacıyla, 3 karot örneği üzerinde gerçekleştirilen deneyler için, ISRM [49] tarafından önerilen yöntem esas alınarak, boy çap oranı 2.5-3 cm olarak karot örnekler kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen basınç dayanımı değerleri Çizelge 3.10'da sunulmuştur.

Çizelge 3.10 İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Tek Eksenli Basınç Dayanımı, σ_c (kg/cm ²)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
G ₁	3	202	208	206	3
G ₂	3	282	381	327	50
G ₃	3	389	526	454	69
B ₁	3	698	815	757	59
B ₂	3	318	385	341	38
T _{1a}	3	395	556	460	85
T _{1b}	3	561	694	630	67
T _{1c}	3	643	675	659	16
T ₂	3	328	471	392	72
T ₃	3	498	560	530	31
M ₁	3	578	619	599	20
M ₂	3	514	538	523	13
Bazalt	3	505	557	531	26

İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı, ortalama 206- 757 kg/cm² arasında olup, en yüksek basınç dayanım değeri Bor ocağından alınan B₁ örneğine ait travertenlerden, en düşük dayanım ise Gökbez Köyü güncel ocaktan alınan oldukça boşluklu G₁ örneğine ait travertenlerden elde edilmiştir (Çizelge 3.10). Bor yakınındaki ocaktan alınan B₁ örneği diğer örneklere oranla oldukça homojen bir yapı sunmaktadır. Boşlukların düşük, ayrışma etkisinin az olması ve dokunun masif, ince taneli olması ile travertenlerin tek eksenli basınç dayanımlarının yüksek çıkmasında önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Ayrıca örneklerin bileşim ve dokuları ile birlikte, deney şartları

(yükleme hızı, numunenin standartlara uygun hazırlanması vb.) tek eksenli basınç dayanımlarını önemli oranda kontrol etmektedir [60].

İncelenen traverten, mermer ve bazalt örnekleri; tek eksenli basınç dayanımları açısından ISRM, [49] tarafından yapılan değerlendirmelere göre, “orta-yüksek dayanımlı kaya” [61]’e göre, “düşük-orta dirençli kaya” özelliğindedir.

4 SONUÇLAR

İnceleme alanı ve yakın dolayında, Niğde Masifine ait birimler ile Paleosen-Eosen yaşlı Çamardı Formasyonu, Miyosen-Pliyosen yaşlı Gökbez Formasyonu, İncesu İgnimbiriti ve Çanaktepe Formasyonu yayılım sunmaktadır. Çalışma alanı kuzeyinde Melendizdağ volkanizmasına ait piroklastik ve lavlar yaygın şekilde gözlenmektedir. Bölgede genç oluşumlardan yamaç molozu ve alüvyonlar gözlenmektedir.

İnceleme alanında bulunan tarihi yapılardan Roma Havuzu mermerler kullanılarak yapılmış olup, Kemerhisar su kemerleri ise tamamen farklı özelliklerde ve dokuda traverten kullanılarak yapılmıştır. Roma havuzunda kullanılan mermerlerin yapı taşı özelliklerini belirlemek için yapıda kullanılmış 2 mermer örneği kullanılmıştır. Kemerhisar kemerlerinde kullanılan travertenlerin mühendislik özelliklerini belirlemek için yapıda kullanılmış değişik doku ve yapı gösteren 5 örnek ile taze kayaç özelliklerinin tanımlanması amacıyla da 5 taze örnek derlenmiş ve bunlar üzerinde ayrıntılı incelemeler yapılmıştır.

Çalışma alanından gerek taş ocaklarından gerekse de yapıda kullanılmış taşlardan alınan örneklerin ince kesit incelemeleri sonucunda; travertenlerin kısa mesafede, yanal ve düşey yönde sıkça değişen karmaşık bir iç yapıya sahip olduğu ve mikroskop altında kristalin oldukları farklı tane boyutlu olarak gözlenmiştir. Çoğun düzensiz erime boşluklu yapıda olup, ikincil kalsit kristalleri ile kısmen dolguludur. Örneklerde ikincil kalsitler dışında farklı mineral veya kayaç parçasına rastlanmamıştır. Arazi gözlemlerinde bitki sap ve kök kalıp izlerine ait yapılar, yer yer gözlenebilmekle birlikte hazırlanan ince kesitlerde belirgin olarak gözlenememiştir. Roma Havuzunda kullanılan mermerler ince taneli, tamamen kalsit kristalli ve boşluksuz yapıları ile belirgindir. Yapıda kullanılan mermerlerde kısmen ayrışmanın etkisi ile renk değişimi ve düzensiz erimeler gözlenmektedir. Yapıda kullanılmayan fakat araç-gereç yapımında kullanıldığı gözlenen boşluklu yapıdaki bazaltların ince kesitlerinde porfirik dokuda oldukları, kayaçta ayrışmanın nispeten yüksek değerde ve kayaç bünyesindeki boşlukların genel anlamda birbiri ile bağlantılı olmadıkları gözlenmiştir.

Traverten ve mermerlerin kendi içlerinde XRD analizlerinde benzer kimyasal bileşime sahip olduğu belirlendiğinden ayrıca bu örnekler üzerinde kimyasal analiz yapılmaya

gerek olmadığı düşünölmüştür. Traverten ve mermer örneklerinin tamamen kalsit mineralinden oluştukları belirlenmiştir. Bazalt örneğinde ise en fazla albit, anortit, kristobalit ve dolomit minerallerinin varlığı belirlenmiştir.

İncelenen yapılarda kullanılan ya da benzer özellikler sunan traverten, mermer ve bazaltların kuru birim ağırlık deneyleri sonucunda; ortalama, en yüksek kuru birim ağırlık değeri $26,30 \text{ kN/m}^3$ ile Roma Havuzunda kullanılmış mermer örneğine aittir. En düşük değeri ise $20,00 \text{ kN/m}^3$ olup, yapıda kullanıldığı belirlenememiş olan, bazalt örneğinden elde edilmiştir. İncelenen örneklerin NBG [51]'a göre yapılan değerlendirmeler sonucunda “düşük - orta yoğunluklu kaya” sınıfında yer almaktadır. Yapı taşı olarak kullanılan traverten örneklerinin birim hacim ağırlıklarının TS 11143 [52]'e göre $23,00 \text{ kN/m}^3$ 'den fazla olması gerekmektedir. İncelenen örnekler bu limit değeri karşılamaktadır.

Araştırılan travertenler üzerinde doygun birim ağırlık deneyleri sonucunda ortalama 24 kN/m^3 civarında değerler elde edilmiştir. Yapıda kullanılmış mermer örneklerinde ise $26,00 \text{ kN/m}^3$ 'den yüksek doygun birim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Boşluklu bazalt örneğine değerler ise nispeten düşük değerdedir. İncelenen travertenler NBG [51]'a göre “düşük-orta yoğunluklu kaya” sınıfında yer almaktadır.

Traverten ve mermerlerin su emme deneylerinde ortalama en yüksek ağırlıkça su emme değeri, G_1 örneğinden elde edilmiştir. En düşük ağırlıkça su emme değeri ise, G_2 örneklerinden elde edilmiştir. Mermer örneklerinden elde edilen su emme değerleri ise ortama % 0,20'den daha düşüktür. Yapı taşı olarak kullanılan mermerlerin ağırlıkça su emme değerleri TS 10449 [53]'e göre en fazla % 0,40 olması yönünde değerlendirmeler bulunmaktadır. İncelenen mermer örneklerinden elde edilen ağırlıkça su emme değerleri, limit değerler içerisindedir. Yapı taşı olarak kullanılacak travertenlerin ağırlıklarının TS 11143 [52]'de ağırlıkça su emme değerleri için % 3'ü geçmemesi istenmektedir. İncelenen traverten örneklerinden G_1 örneği üst limit değere nispeten yakın sonuçlar vermiş olup, diğer örneklerin su emme değerleri açısından uygun değerler sunmaktadır.

İncelenen travertenler efektif porozite değerleri açısından oldukça değışken sonuçlar sunmuştur. Travertenlerden elde edilen ortalama en yüksek efektif porozite değeri,

yapıda kullanılmış T_2 örneklerinden (% 6,10), mermerlerden elde en yüksek değer ise M_1 örneğinden (% 0,17) elde edilmiştir. Ortalama en düşük porozite değerleri traverten örneklerinden G_2 örneğinden, mermer örneklerinden ise M_2 örneğinden elde edilmiştir. Bazalt örneğinden elde edilen porozite değeri ise nispeten yüksek değerler sunmaktadır. Travertenlerin toplam porozite değeri açısından NBG [51] ve Moos-Quervain [55]'e göre sınıflandığında, “orta-yüksek boşluklu kaya” sınıfında yer almaktadır.

İncelenen traverten, mermer ve bazalt örneklerinin P-dalgası hız değerleri oldukça değişkendir. Travertenlerden elde edilen ortalama en düşük değer, G_1 fasiyesindeki örneklerden (4168,88 m/sn), ortalama en yüksek değer ise G_2 fasiyesine ait travertenlerden elde edilmiştir (5921,42 m/sn). Yapıda kullanılmış mermerlerden M_1 örneğinde ortalama P-dalga hızı 3390,56 m/sn, M_2 örneğinden ise 4168,88 m/sn'dir. İncelenen farklı özellik ve litolojideki örneklerin P-dalga hızı açısından NBG [51]'e göre değerlendirilmesi sonucu “orta-yüksek sismik hıza sahip kaya” grubunda yer aldıkları anlaşılmıştır.

Bölgede incelemeleri yapılan tarihi yapılarda kullanılan traverten ve mermerlerin yerinde yapılan Schmidt sertlik değerlerinde genel anlamda yakın geri tepme değerleri elde edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, özellikle su kemerlerinde kemerin kuzeye bakan kesimlerinde nispeten ayrışmanın etkin olduğu alanlarda, düşük değerler elde edilmiştir. En yüksek değerler ise genelde kemer üst kotlarında ayrışmanın az olduğu güney duvarlardan elde edilmiştir. Roma Havuzunda yapılan farklı duvarlardaki ölçümlerde belirgin olarak iri kristalli ve kısmen ayrışmanın etkin olduğu mermerlerde daha düşük geri tepme değerleri elde edilmiştir. En yüksek geri tepme değerleri ise ince taneli ayrışma etkisinin belirgin olmadığı örneklerden elde edilmiştir. Travertenler ve mermerlerden elde edilen Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri bakımından ISRM [49]'e göre sınıflandığında, “çok sert kaya” sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

Kayaçların nispeten ayrışma etkilerinin ve suya karşı hassasiyetlerinin belirlenmesinde kullanılan deneylerden biri olan suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri açısından yapıda kullanılan traverten ve mermerlerin 2 çevrim sonucu suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından Franklin ve Chandra [58]'e göre “yüksek derecede duraylı” kaya sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı, ortalama 206- 757 kg/cm² arasındadır. Elde edilen en yüksek basınç dayanım değeri, Bor ocağından alınan oldukça homojen bir yapı sunan B₁ örneğine ait travertenlerden elde edilmiştir. En düşük dayanım ise Gökbez Köyü ocağından alınan oldukça boşluklu G₁ örneğine ait travertenlerden elde edilmiştir. İncelenen traverten, mermer ve bazalt örnekleri; tek eksenli basınç dayanımları açısından ISRM [49] tarafından yapılan değerlendirmelerde, “orta-yüksek dayanımlı kaya”, Deere ve Miller [61]’e göre yapılan değerlendirmelerde, “düşük-orta dirençli kaya” özelliğinde olduğu ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında incelenen Roma Havuzu ve Su kemerleri örneklerinin temel zeminlerinin taşıma gücünün düşüklüğünden kaynaklanan herhangi bir sorun olmadığı düşünülmektedir.

Yapılan incelemelerde yapıda kullanılan taşlarda taş seçiminden ve işlenmesinden kaynaklanan sorunlar ile atmosferik etkilere bağlı taş bozunmaları gözlenmiştir. Bilindiği gibi taşların bozulma nedenlerinin başında jeolojik oluşuma bağlı olarak gelişen yapısal sorunlar gelmektedir. Kullanılacak yere ve amaca uygun doku ve özelliklerde taşların seçilmemiş olması ya da aynı taş ocağında olmasına rağmen farklı ve kötü özellikler gösteren kesimlerden taş seçilmesi ileride karşılaşılabilecek pek çok bozulmaya neden olmaktadır. Yapıların bulunduğu alanlarda gerek yapıda kullanılan taşa gerekse de temele yönelik atmosferik etkiler sonucu oluşan nem, yapılarda olumsuzluklar oluşturmaktadır. Nem dışında rüzgarın taşıdığı partiküllerle, zayıf taşlarda aşınma ile büyük tahribatlar yaratırken, ısı farklılıkları ve don, nemli ortamlarda ek gerilmeler yaratarak taşlarda parçalanma ve kopmalara yol açabilmektedir. Kemerlerde liken ve karayosunlarının etkilerine bağlı olarak 1-2 cm kalınlıklarında yersel ayrışmalar gelişmiştir. Özellikle kemerlerin üst kesimlerde kuzeye bakan kesimlerinde bu etkiler daha yaygındır.

Kemerlerde kilit taşlarının küçük boyutlu seçilmesi sonucu kayada gerilme ve atmosferik etkilerden kaynaklanan sorunlarla taşa yıpranmalar gözlenmiştir. Özellikle kilit taşlarında bu olumsuz etkiler sonucu, süreksizliklerde artma ve kayada dökülmeler gözlenmiştir. Kemerlerde kilit taşı düştükten sonra kemerlerde kullanılan diğer taşlar da tek tek dökülmüştür. Bunun dışında insani etkilerle kemerlerde kullanılan taşların büyük kısmının alınması sonucu, kemerlerin yıkılmasının hızlanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Blumenthal, M.N., Toroslarda yüksek Aladağ silsilesinin coğrafyası stratigrafisi ve tektoniği hakkında yeni etütler, M.T.A. yayımları, Seri D, No:6, Ankara, 1952.

[2] Kleyn, Van Der P. H., Recommendation in the Niğde-Çamardı Masif M.T.A. Raporları, Rapor No:4345, Ankara, 1968.

[3] Kleyn, Van Der P. H., Recommendation of Exploration for mineralizations in the SW part of the Niğde-Çamardı Massif, M.T.A. Raporu, Rapor No: 4325, Ankara, 1970.

[4] Kleyn, Van Der P. H., Geologie reconnaissance mapping in the Aladağlar, M.T.A. Rap., 1971.

[5] Göncüoğlu, M.C., Niğde Masifinin batı yarısının jeolojisi M.T.A. Raporları, Rapor No: 1858, Ankara, 1985.

[6] Blumenthal, M.N., Yüksek Bolkardağın kuzey kenar bölgesinin ve batı uzantılarının jeolojisi, M.T.A.Yayımları, Seri D, No:7, Ankara, 1956.

[7] Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sanlı, D. Y., Selim, M. ve Turhan, N., Bolkardağlarının jeolojisi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, M.T.A. Özel Yayını, 42-57. Ankara, 1973.

[8] Göncüoğlu, M.C., Niğde Masifinin jeolojisi, M.T.A. Yayınları, Derleme Raporu No: 7856, Ankara, 1977.

[9] Batum, İ., Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin jeokimyası ve petrolojisi, Yerbilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı:1-2, 70-78, Ankara, 1978.

[10] Baş, H., Ayhan, A. ve Atabey E., Ulukışla-Çamardı (Niğde) volkanitlerinin bazı petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 26, 27-36, Ankara, 1986.

[11] Çevikbaş, A., Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer havzasının jeodinamik evrimi ve maden yatakları yönünden önemi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1990.

[12] Keskin Ş., Ulukışla-Çamardı Tersiyer havzası kuzeydoğu kesiminin jeolojisi ve sedimanter özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997

[13] Blumenthal, M. M., Niğde ve Adana vilayetleri dolayındaki Torosların jeolojisine umumi bir bakış, M.T.A. Yayınları, Seri B, No. 6, 1941.

[14] Arpat, E. ve Şaroğlu, F., Türkiye'deki bazı genç tektonik olaylar, TJK Bülteni, No: 18, 91-101, 1975.

[15] Yetiş, C., Çamardı (Niğde İli) yakın ve uzak dolayının jeolojik incelemesi ve Ecemiş yarılım kuşağının Maden Boğazı-Kamışlı arasının özellikleri, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1978.

[16] Beekman, P.H., The Pliocen and Quaternary volkanism in the Hasandağı-Melendizdağı region, M.T.A. Bull. 66, 99-106, Ankara, 1966.

[17] Chan, H. L. and Jeong, E. Y., Weathering damage evaluation of rock properties in the Bunhwangsa temple stone pagoda, Gyeongju, Republic of Korea, Environmental Geology, 52-6, 1193-1205, 2007.

[18] Gorcia-Valles, M., Topal, T. and Vendrell – Saz , M., Lichenic growth as a factor in the Physical deterioration or protection of Coppodocian monuments, Environmental Geology, 43-7, 776-781, 2003.

[19] Zaouia, N., Elwartiti, M. and Baghdad, B., Superficial alteration and soluble salts in the calcarenite weathering. case study of almohade monuments in Rabat: Morocco, 48-6, 742-747, 2005.

[20] Topal, T. and Doyuran, V., Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff, Engineering Geology, 47, 175-187, 1997.

- [21] Chan, H.L., Myeong, S. L., Mancheol, S. and Seok-Won, C., Weathering and deterioration of rock properties of the Dabotap pagoda (World Cultural Heritage), Republic of Korea, 47-4, 547-557, 2004.
- [22] Küçükkaya, G., Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [23] Ketin, İ., Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). MTA Bull. 66, 23–34, 1966.
- [24] Göncüoğlu, M. C., Niğde masifinin jeolojisi, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, TJK 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 16-19, 1981.
- [25] Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, V., Olgun, E., Yalınız, K., Kuşcu, İ. ve Köksal, S., Kızılırmak Tersiyer baseninin jeolojik evrimi, TPAO Raporu, Rapor No: 3313, Ankara, 1981.
- [26] Atabey, E. ve Ayhan, A., Niğde-Ulukışla-Çamardı-Çiftahan yöresinin jeolojisi, MTA Raporu, Rapor No: 957, 1986.
- [27] Göncüoğlu, M. C., Niğde masifi paragnayslarında zirkon U/Pb yaşları, TJK Bülteni, 25-1, 61-66, 1982.
- [28] Atabey, E., Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1/100 000 ölçekli açınısıma nitelikli Türkiye jeoloji haritalar serisi No: 33 Kozan - J 19 Paftası, 1986.
- [29] Göncüoğlu. M.C., Orta Anadolu masifinin güney ucundan jeokronolojik yaş bulguları, MTA Dergisi, 105-106, 111-124, 1986.
- [30] Göncüoğlu, M.C., Geology and geodynamic evolution of the Central Anatolian Masif, MEGS, Abstracts, 40, 1987.
- [31] Göncüoğlu, M.C., Niğde masifinin jeolojisi; TÜBİTAK birinci jeotravers projesi bildirimleri, 1986.

- [32] Whitney, D.L. and Dilek, Y., Core complex development in central Anatolia, *Geology*, 25, 1023-1026, 1997.
- [33] Whitney, D.L. and Dilek, Y., Metamorphism during crustal thickening and extension in central Anatolia: the Niğde metamorphic core complex, *Journal of Petrology*, 39, 1385-1403, 1998.
- [34] Whitney, D.L. and Dilek, Y., Andalusite-sillimanite-quartz veins as indicators of low-pressure-high-temperature deformation during late-stage unroofing of a metamorphic core complex, Turkey, *Journal of Metamorphic Geology*, 18, 59-66, 2000.
- [35] Whitney, D.L., Teyssier, C., Dilek, Y. and Fayon, A.K., Metamorphism of the Central Anatolian crystalline complex, Turkey: Influence of orogen-normal collision vs. wrench dominated tectonics on P-T-t paths, *Journal of Metamorphic Geology*, 19, 411-432, 2001.
- [36] Yetiş, C., Ecemiş Yarılim Kuşağı'nın Maden Boğazı-Kamışlı arasındaki özellikleri ve batı-doğu bloklarının stratigrafik korelasyonu, Ç.Ü. Temel Bilimler Fakültesi, 1-32, 1981.
- [37] Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşcu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., Orta Anadolu Masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney kesim. ODTÜ-AGUDÖS, 140 s., Ankara, 1991.
- [38] Kuşcu, İ., Geology of the Çamardı (Niğde) region, and the Madsan antimony deposit, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri enstitüsü, Ankara, 1992.
- [39] Kuşcu, İ., Erler, A. and Göncüoğlu, M.C., Geology of the Çamardı, Niğde-Turkey region, *Geosund* 23:1-15, 1993.
- [40] Yetiş, C., Geology of the Çamardı (Niğde) region and the characteristics of the Ecemiş Fault Zone between Maden Boğazı and Kamışlı, İstanbul Üniv., Fen Fakültesi. *Mecm. B/43*, 41-61, 1978.

[41] Pasquare, G., Geology of the Senozoic volcanic area of Central Anotolia, Atti della Acad. No. delince; memorie serie VIII, Vol, IX s. 55-204 Roma, 1968.

[42] Batum, İ., Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi, *Yerbilimleri*, 4/1-2, 50-69, 1978.

[43] Göncüoğlu, M.C. and Toprak, V., Neogene and Quaternary volcanism of Central Anatolia: A volcano-structural evaluation, *Bulletin de La Section Volcanologie*, 26, 1-6, 1993.

[44] Kuşcu, İ., Çamardı (Niğde) dolayısındaki yapısal elemanların sınıflaması Niğde Üniversitesi, Müh-Mim Fak., Ecemiş Fay Kuşağı Çalışma Grubu Workshop-I Bildiriler, 138-149, 2001.

[45] Kuşcu, İ. and Erler, A., Deformation of stibnites and pyrites in the Madsan Antimony deposit (Niğde, Turkey): Implications for pressure-temperature conditions of local deformation, *Tr. J. of Earth Sciences*, 8, 57-66, 1999.

[46] Dirik, K. and Göncüoğlu, M.C., Neotectonic characteristics of Central Anotolia, *International Geology Rev.* 38, 807-817, 1996.

[47] Oktay, F. Y., Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi, *TJK Bülteni*, Cilt 25, 12-23, 1982.

[48] Türkecan, A., Akçay, A. E., Satır, M., Dönmez, M. ve Ercan, T., Melendizdağ Dağları (Niğde) volkanizması, 56. Türkiye Jeoloji kurultayı, *Bildiri Özleri Kitabı*, 16-17, 2003.

[49] ISRM (International Society for Rock Mechanics), Rock characterization, testing and monitoring: ISRM Suggested methods. E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, 211 pp., 1981.

[50] TS 2513, Doğal yapı taşları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1977.

[51] Norwegian Group for Rock Mechanics (NBG), Engineering Geology and Rock Engineering, Handbook No 2, pp. 249, 1985.

[52] TS-11143, Traverten-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1993.

[53] TS-10449, Mermer-Kalsiyum karbonat esaslı-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, T1/2004.

[54] Devecioğlu, A., Biçer, Y. ve Kavak, E., Diyarbakır Karacadağ taşının bazı fiziksel özellikleri, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, II. GAP ve Sanayi Kongresi 29-30 Eylül 2001, Şanlıurfa, 2001.

[55] TS-699, Tabii yapı taşları muameye ve deney metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987.

[56] Tahran, F., Mühendislik Jeoloji Prensipleri, KTÜ. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi yayını, No:41, Trabzon, 1996.

[57] Moos, A. V. and Quarvan, F. De., Technische Gesteinkunde, S.8-11,52-53 Birkhauser Basel, 1948.

[58] Franklin, J.A. and Chandra, R., The slake durability test, Int. J. Rock mech. and Mining Sci, 9, 325-341, 1972.

[59] Kahraman, S., Fener, M. and Günaydın, O., Predicting the Schmidt hammer values of in-situ intact rock from core sample values, Int. J. Rock mech. and Mining Sci. 39, 395-399, 2002.

[60] Goodman, R. E., Introduction to Rock Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1989.

[61] Deere, D. U. and Miller, R. P., Engineering classification and index properties for intact rock, Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air force Base, 308, 1966.