

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİR-SELÇUK BELEVİ SİYAH
MERMERLERİNİN ANİZOTROPİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI



Utku GESER

Ekim, 2019

İZMİR

İZMİR-SELÇUK BELEVİ SİYAH MERMERLERİNİN ANİZOTROPİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı

Utku GESER

Ekim, 2019

İZMİR

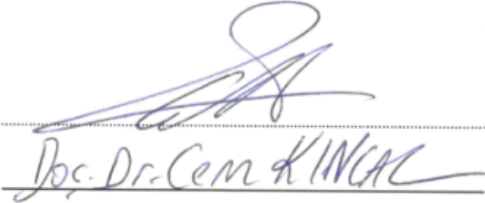
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

UTKU GESER, tarafından PROF.DR. A. BAHADIR YAVUZ yönetiminde hazırlanan “İZMİR-SELÇUK BELEVİ SİYAH MERMERLERİNİN ANİZOTROPİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

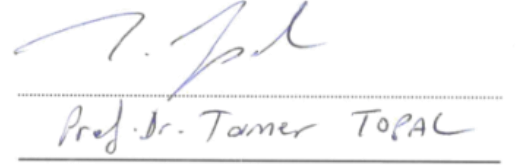


Prof. Dr. A. Bahadır YAVUZ

Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sekiz aylık bir laboratuvar çalışması sonucu hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan kaya blokları İzmir İli Selçuk ilçesi'nde halihazırda blok nmermer üretimi yapılmakta olan mermer ocağından temin edilmiş, numuneler Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Zemin Mekaniği Laboratuvarında hazırlanmış ve deneylerin büyük bir bölümü aynı laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışmam süresince bana her zaman destek olan değerli hocam Prof. Dr. Ali Bahadır YAVUZ' a saygı ve teşekkürlerimi sunarım. XRD değerlendirmeleri için Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK'a teşekkürlerimi, tavsiyeleri ve teşvikleri için çalışmalarına yardımcı olan Araştırma görevlisi Seher Aloğlu SARI ve iş arkadaşlarım Mustafa ÖZKAYHAN ve Özgür AKYÜREK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, her zaman beni teşvik eden, sınırsız yardım ve desteğini benden esirgemeyen annem Zekiye GESER ve babam Yunis GESER başta olmak üzere sevgili aileme teşekkür ederim.

Utku GESER

İZMİR-SELÇUK BELEVİ SİYAH MERMERLERİNİN ANİZOTROPİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

İzmir İli, Selçuk ilçesi, Belevi Köyünün 2 km kuzeyinde, İzmir-Aydın karayolunun 1 km doğusunda bulunan ve Aydın Linyit Maden ve Mermercilik A.Ş. tarafından işletilmekte olan mermer ocağından belirgin foliasyon sunan siyah renkli mermerlerden blok üretimi yapılmaktadır.

Bu çalışmada ilksel tabakalanma düzlemlerine paralel konumlu foliasyon düzlemleri, kalsit bant ve mercekleri gözlenen Belevi siyah mermerin anizotropik özellikleri ile bu özelliklerin kayacın durabilitesi üzerindeki etkisi araştırılmaktadır.

İzmir-Selçuk Belevi siyah mermerleri'nin üretildiği mermer ocağından alınan kaya bloklarından kayacın içerdiği foliasyon düzlemlerine bağlı olarak 0°, 45° ve 90° açılarında deney standartlarına uygun toplamda 411 adet numune üretilmiş ve deneyler bu numuneler üzerinde yürütülmüştür.

Minerolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri saptanan Belevi siyah mermerin anizotropik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yönlü numuneler üzerinde yürütülen deneylerle mermerin tek eksenli basınç, nokta yükü dayanım indeksi, brazilian (indirekt) çekme direnci ve böhme aşınma kaybı gibi mekanik özellikleri ve bu özelliklerin yükleme yönü ile foliasyon açısı arasındaki ilişkiye bağlı olarak değişimi saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, ıslanma-kuruma, termal şok, donma-çözülme, tuz kristallenmesi ve ısınma-soğuma deneyleri gibi hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri uygulanarak, kayacın değişik çevresel aşındırıcı etkiler altındaki davranışları

incelenmiş ve bu değişimlerin foliasyon yönüne göre farklılıkları, başka bir deyişle durabilite üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında kayacın durabiliteleri kuru ve suya doymuş tek eksenli basınç direnci oranı, doygunluk katsayısı, ve statik kaya durabilite indeksi gibi değişik yöntemler ile belirlenmiş ve bu inceleme sonrası kayacın durabilitesi ile anizotropik özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Belevi, siyah mermer, anizotropi, durabilite, tek eksenli basınç direnci, tuz kristallenmesi, ıslanma-kuruma, termal şok, donma-çözülme, ısınma-soğuma

THE INVESTIGATION OF ANISTROPIC PROPERTIES OF BELEVİ BLACK MARBLES FROM SELÇUK-İZMİR

ABSTRACT

The marble quarry which is located 2 km north of Belevi Village of Selçuk/Izmir and 1 km east of İzmir-Aydın highway, is operated by Aydın Lignite Mining and Marble Corporation in which block production is made from black colored marbles that offer prominent lineation.

This study investigates the anisotropic features of the Belevi black marble, which has prominent lineation, and the effect of these features on the durability of the rock.

A total of 411 samples were produced from rock blocks taken from the marble quarry where İzmir-Selçuk Belevi black marbles were extracted, depending on the foliation planes contained in the rock, as applicable to the test standards at 0°, 45° and 90° angles and the tests were carried out on these samples.

In the experiments in order to determine the anisotropic features of the Belevi black marble whose mineralogical, chemical and physical features have been detected, mechanical properties of the marble such as uniaxial pressure, point load strength index, brazilian (indirect) tensile strength and Bohme abrasion resistance and the change of these features depending on the relationship between loading direction and foliation angle were established.

In the second stage of the study, accelerated weathering tests such as wetting-drying, thermal shock, freezing-thawing and heating-cooling tests were applied and the behaviors of the rock under different environmental corrosive effects were investigated and the differences of these changes according to the direction of foliation, in other words the durability were investigated.

At the last stage of the study, the durability of the rock was classified by various methods such as dry and water saturated uniaxial compressive strength ratio, saturation coefficient, static rock durability index, and the relationship between the durability and anisotropic properties of the rock was investigated.

Keywords: Belevi, black marble, anisotropy, durability, uniaxial compressive strength, salt crystallization, wetting-drying, thermal shock, freeze-thawing, warming-cooling



İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xvii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Amaç ve Yöntem	1
--------------------------	---

BÖLÜM İKİ - GENEL JEOLojİ..... 6

2.1 Bölgenin Genel Jeolojisi ve Stratigrafi	6
2.1.1 Menderes Masifi.....	9
2.1.1.1 Selçuk Bölgesindeki Menderes Metamorfikleri.....	9
2.1.1.2 Bayındır Formasyonu	10
2.1.1.3 Kayaaltı Formasyonu	10
2.1.1.4 Selçuk Formasyonu	11

BÖLÜM ÜÇ - BELEVİ SİYAH MERMERİN MİNEROLOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ..... 12

3.1 Minerolojik Özellikler.....	12
3.2 Kimyasal Özellikler	15

BÖLÜM DÖRT - BELEVİ SİYAH MERMERLERİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ 16

4.1 Giriş.....	16
4.1.1 Anizotropi.....	17
4.2 Fiziksel Özellikler	18
4.2.1 Özgül Ağırlık.....	18
4.2.2 Porozite.....	19
4.2.2.1 Görünür (Etkin) Porozite.....	20
4.2.2.2 Toplam Porozite	21
4.2.3 Birim Hacim Ağırlık	22
4.2.4 Ağırlıkça Su Emme	24
4.2.5 Boşluk Oranı	25
4.2.6 Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği	26
4.3 Mekanik Özellikler	29
4.3.1 Tek Eksenli Basınç Direnci.....	29
4.3.2 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi	33
4.3.3 Brazilian (İndeirekt) Çekme Direnci.....	37
4.3.4 Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	39

BÖLÜM BEŞ - DURABİLİTE ÖZELLİKLERİ VE ANİZOTROPİNİN ETKİSİ..... 41

5.1 Giriş.....	41
5.2 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Belevi Siyah Mermerlerinin Fiziksel Özellikleri.....	42
5.2.1 Islanma-Kuruma Deneyi	42

5.2.1.1 Isınma-Kuruma Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler	43
5.2.1.2 Isınma-Kuruma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı.....	48
5.2.1.3 Isınma-Kuruma Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği .	50
5.2.2 Donma-Çözülme Deneyi.....	51
5.2.2.1 Donma-Çözülme Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler.....	52
5.2.2.2 Donma-Çözülme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı	58
5.2.2.3 Donma-Çözülme Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği .	59
5.2.3 Tuz ($MgSO_4$) Kristallenmesi Deneyi	60
5.2.3.1 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Fiziksel Özellikler	61
5.2.3.2 Tuz Kristallenmesi ($MgSO_4$) Deneyi Sonrası Kütle Kaybı.....	65
5.2.3.3 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Ultrasonik Hız Değişikliği .	66
5.2.4 Termal Şok Direnci Deneyi.....	66
5.2.4.1 Termal Şok Direnci Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler	67
5.2.4.2 Termal Şok Direnci Deneyi Sonrası Kütle Kaybı.....	72
5.2.4.3 Termal Şok Direnci Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği	74
5.2.5 Isınma-Soğuma (Oda sıcaklığı).....	74
5.2.5.1 Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler.....	75
5.2.5.2 Isınma-Soğuma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı	80
5.2.5.3 Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği ...	82
5.3 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Belevi Siyah Mermerlerinin Mekanik Özellikleri	83
5.3.1 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Tek Eksenli Basınç Dayanımı	83
5.3.2 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Nokta Yükleme Dayanım İndeksi	87

5.3.3 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Brazilian (İndirekt) Çekme Dayanımı	89
--	----

BÖLÜM ALTI - DURABİLİTE SINIFLANDIRMA TESLERİ VE ANİZOTROPİNİN ETKİSİ..... 93

6.1 Giriş.....	93
6.2 Kuru ve Suya Doygun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı.....	93
6.2 Doygunluk Katsayısı.....	95
6.3 Statik Kaya Durabilite İndeksi.....	96

BÖLÜM YEDİ – DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR 99

KAYNAKLAR 102

EKLER..... 107

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Google Earth programında hazırlanmış yerbulduru haritası	1
Şekil 1.2	Belevi siyah mermer ocağının görünümü.....	2
Şekil 2.1	Belevi mermer sahası yakın çevresinin jeoloji haritası.	7
Şekil 2.2	Çalışma alanının ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve Belevi mermer sahası yakın çevresinin jeoloji haritası.....	8
Şekil 3.1	Belevi siyah mermerinin genel görünümü ve kayacın içerdiği yönlenmeler	12
Şekil 3.2	Belevi siyah mermerlerinin polarizan mikroskop altındaki foliasyona dik görünümü.....	13
Şekil 3.3	Belevi siyah mermelerinin XRD grafiği.....	14
Şekil 4.1	Yönelim açısı (β)'nın gösterimi.....	17
Şekil 4.2	Belevi siyah mermerin farklı yönelim açılarında kuru ve doymun ultrasonik ses hızı iletkenliği	28
Şekil 4.3	Tek eksenli basınç direnci cihazı.....	30
Şekil 4.4	Belevi siyah mermerinin foliasyona 0°, 45° ve 90° yönelim açılarında kuru ve doymun tek eksenli basınç direnci	33
Şekil 4.5	Belevi siyah mermerin kuru ve doymun numunelerin tek eksenli basınç direnci deneyi sonrası görünümü.....	33
Şekil 4.6	Belevi siyah mermerin kuru nokta yükleme indeksi ve suya doymun nokta yükleme indeksi değişimi	35
Şekil 4.7	Brazilian indirekt çekme direnci deneyi aleti	37
Şekil 4.8	Belevi siyah mermerinin foliasyona 0°, 45° ve 90° yönelim açılı kuru ve suya doymun brazilian (indirekt) çekme direnci değişimi	39
Şekil 5.1	Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlıklarındaki değişimi	44
Şekil 5.2	Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince doymun birim hacim ağırlıklarındaki değişimi	45
Şekil 5.3	Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince görünür porozitesindeki değişimi.....	46

Şekil 5.4 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince boşluk oranı değişimi	47
Şekil 5.5 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince ağırlıkça su emme değişimi.....	48
Şekil 5.6 Belevi siyah mermerin ıslanma-kuruma deneyi süresince kütle kaybı değişimi	51
Şekil 5.7 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince foliasyona farklı yönelim açılarında kuru ve doymuş ultrasonik iletkenlik hızlarındaki değişimi	51
Şekil 5.8 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme süresince kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi	53
Şekil 5.9 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi	54
Şekil 5.10 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince görünür porozitesindeki değişimi.....	55
Şekil 5.11 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince boşluk oranındaki değişimi	56
Şekil 5.12 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince ağırlıkça su emme değişimi.....	57
Şekil 5.13 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince kütle kaybı değişimi.	59
Şekil 5.14 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince foliasyona farklı yönelim açılarında kuru ve suya doymuş koşullardaki ultrasonik ses hızı iletkenliği.....	60
Şekil 5.15 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi sonrası porozitelerindeki değişimi	62
Şekil 5.16 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi.....	63
Şekil 5.17 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi sonrası doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi.....	63
Şekil 5.18 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi sonrası boşluk oranındaki değişimi	64

Şekil 5.19 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi sonrası ağırlıkça su emme değişimi	64
Şekil 5.20 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası farklı yönelim açılarında kuru ve doymuş ultrasonik hız iletkenliği değişimi.....	66
Şekil 5.21 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi	68
Şekil 5.22 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi	69
Şekil 5.23 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince porozite değişimi.	71
Şekil 5.24 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince boşluk oranındaki değişimi	71
Şekil 5.25 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince ağırlıkça su emme değişimi.....	72
Şekil 5.26 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince kütle kaybı değişimi	73
Şekil 5.27 Belevi siyah mermerinin numunelerinin termal şok direnci deneyi süresince farklı yönelim açılarında kuru ve doymuş ultrasonik hız iletkenliği değerlerindeki değişimi	74
Şekil 5.28 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi.....	76
Şekil 5.29 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi	77
Şekil 5.30 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince porozite değerlerindeki değişimi.....	78
Şekil 5.31 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince boşluk oranındaki değişimi.....	79
Şekil 5.32 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince ağırlıkça su emme değerindeki değişimler	80
Şekil 5.33 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kütle kaybı değişimi.....	82

Şekil 5.34 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince farklı yönelim açılarında kuru ve suya doygun koşullardaki ultrasonik ses hızı iletkenliği değişimi.....	83
Şekil 5.35 Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası tek eksenli basınç direnci değişimi	85
Şekil 5.36 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası tek eksenli basınç direnci kaybı değişimi	86
Şekil 5.37 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası nokta yükleme dayanım indeksi değişimi.....	88
Şekil 5.38 Belevi siyah mermerinin çevresel ayrıştırıcı deneyler sonrası nokta yükleme dayanım indeksi kaybı değişimi.....	89
Şekil 5.39 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrışma deneyleri sonrası brazilian (indirekt) çekme direnci değişimi	91
Şekil 5.40 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrışma deneyleri sonrası brazilian (indirekt) çekme dayanımı kaybı değişimi	92
Şekil 6.1 Belevi siyah mermerinin farklı yönlerdeki kuru ve suya doygun tek eksenli basınç direnci değişimi	95

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Çalışma süresince yapılan laboratuvar deneyleri ve deneylerde uyulan standartlar	4
Tablo 3.1 Belevi siyah mermerinin minerolojik özellikleri	13
Tablo 3.2 Selçuk Belevi siyah mermerin içerdiği ana elementler	15
Tablo 4.1 Belevi siyah mermerinin özgül ağırlığı	19
Tablo 4.2 Belevi siyah mermerinin su emdirme yöntemiyle belirlenen görünür (etkin) porozite değeri	20
Tablo 4.3 Kayaçların görünür porozitelerine göre sınıflandırmaları	21
Tablo 4.4 Belevi siyah mermerinin toplam porozite değeri.	22
Tablo 4.5 Belevi siyah mermerinin kuru birim hacim ağırlığı ve suya doygun birim hacim ağırlığı değerleri.....	23
Tablo 4.6 Kayaçların kuru birim ağırlığına göre sınıflanması.....	24
Tablo 4.7 Belevi siyah mermerinin ağırlıkça su emme değeri.....	25
Tablo 4.8 Belevi siyah mermerinin boşluk oranı değeri.....	26
Tablo 4.9 Belevi siyah mermer numunelerinin farklı yönelim açılarındaki suya doygun ve kuru ultrasonik ses hızı değerleri	27
Tablo 4.10 Kayaçların ultrasonik hız değerlerine göre anizotropi sınıflamaları	28
Tablo 4.11 Belevi siyah mermerin farklı yönelim açılarında kuru ve suya doygun tek eksenli basınç dayanımı değerleri.....	31
Tablo 4.12 Kayaçların tek eksenli basınç direnci değerlerine göre sınıflaması	32
Tablo 4.13 Belevi siyah mermerin nokta yükleme dayanım indeksi değerleri.....	35
Tablo 4.14 Kayaçların nokta yükleme dayanım indeksi sınıflaması	36
Tablo 4.15 Belevi siyah mermerinin brazilian (indirekt) çekme direnci değerleri	39
Tablo 4.16 Belevi siyah mermerinin böhme aşınma kaybı değerleri.....	39
Tablo 5.1 Hızlandırılmış ayrıştırma deneylerine tabi tutulan numune sayıları.....	42
Tablo 5.2 Belevi siyah mermerlerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlık değerleri.....	43

Tablo 5.3 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince doygun birim hacim ağırlık değerleri.....	44
Tablo 5.4 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince görünür porozite değerleri.....	45
Tablo 5.5 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince boşluk oranı değerleri.....	46
Tablo 5.6 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri	47
Tablo 5.7 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince gelişen kütle kaybı değerleri	49
Tablo 5.8 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince kuru birim hacim ağırlık değerleri.....	53
Tablo 5.9 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince doygun birim hacim ağırlık değerleri.....	54
Tablo 5.10 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince görünür porozite değerleri	55
Tablo 5.11 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince boşluk oranı değerleri	56
Tablo 5.12 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri	57
Tablo 5.13 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince gelişen kütle kaybı değerleri.....	58
Tablo 5.14 Belevi siyah mermerinin tuz kristallenmesi deneyi sonunda fiziksel özellik değerleri	62
Tablo 5.15 Belevi siyah mermerinin tuz kristallenmesi deneyi sonunda gelişen kütle kaybı değerleri	65
Tablo 5.16 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresinde kuru birim hacim ağırlık değerleri	67
Tablo 5.17 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince doygun birim hacim ağırlık değerleri	68
Tablo 5.18 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince porozite değerleri	69

Tablo 5.19 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince boşluk oranı değerleri	70
Tablo 5.20 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri	71
Tablo 5.21 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince gelişen kütle kaybı değerleri	73
Tablo 5.22 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlık değerleri	75
Tablo 5.23 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince doygun birim hacim ağırlığı değerleri	76
Tablo 5.24 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince porozite değerleri	77
Tablo 5.25 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince boşluk oranı değerleri	78
Tablo 5.26 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri	79
Tablo 5.27 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kütle kaybı değerleri	81
Tablo 5.28 Hızlandırılmış ayrıştırma deneylerine tabi tutulan Belevi siyah mermerinin farklı yönelim açılarındaki tek eksenli basınç direnci değerleri	84
Tablo 5.29 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası tek eksenli basınç direnci kaybı değerleri.....	85
Tablo 5.30 Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre nokta yükleme dayanım indeksi değerleri.....	87
Tablo 5.31 Belevi siyah mermerinin çevresel ayrıştırıcı deneyler sonrası nokta yükleme indeksi kaybı değerleri	88
Tablo 5.32 Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre brazilian (indirekt) çekme direnci değerleri.....	90
Tablo 5.33 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrışma deneyleri sonrası brazilian (indirekt) çekme direnci kaybı değerleri.....	91

Tablo 6.1 Kayaların kuru ve suya doymun tek eksenli basınç direnci oranına göre durabilite sınıflaması	93
Tablo 6.2 Belevi siyah mermerinin farklı yönlerdeki kuru ve suya doymun tek eksenli basınç direnci oranları	94
Tablo 6.3 Belevi siyah mermerinin atmosferik şartlar altında ve vakum altında ağırlıkça su emme değerleri ve doymunluk katsayısı.....	96
Tablo 6.4 Kayaçların statik durabilite indekslerine göre sınıflandırılmaları	97
Tablo 6.5 Belevi siyah mermerinin statik kaya durabilite indeksi değerleri	98



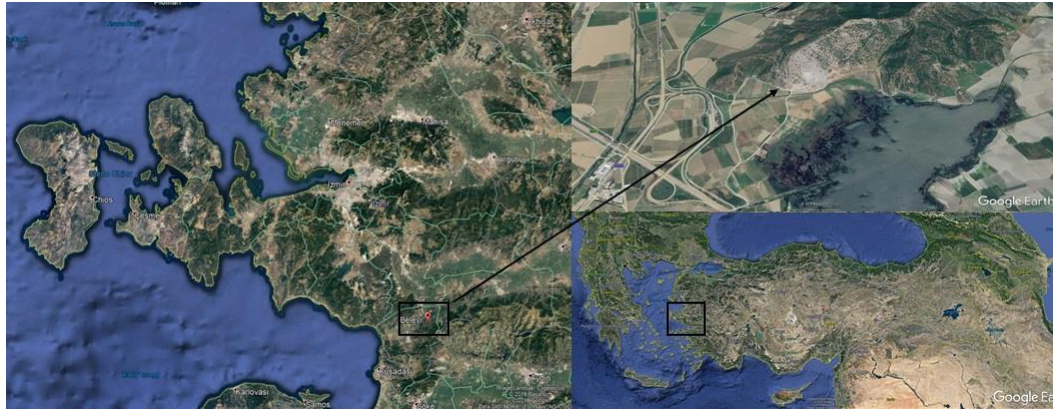
BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Amaç ve Yöntem

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Yüksek Lisans Programı kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan numuneler, İzmir ili Selçuk ilçesi Belevi Köyü'nün 2 km kuzeyinde, İzmir-Aydın karayolunun 1 km doğusunda, Küçük Menderes ovasını oluşturan alüvyon düzlüklerinin etrafını çevrelediği, Belevi boğazındaki İntepe siyah mermer ocağından alınmıştır. Aydın Linyit Maden ve Mermercilik A.Ş. tarafından işletilmekte olan mermer ocağındaki siyah mermerlerden elde edilen kaya numuneleri üzerinde laboratuvar çalışmaları yürütülmüştür. Ocaktan alınan kaya numuneleri kullanılarak Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Zemin Mekaniği Laboratuvarında, siyah mermerlerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve anizotropik özelliklerinin çevresel ayrıştırıcı koşullar altında değişimi belirlenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında Selçuk ilçesinin Belevi köyündeki mermer ocağı tespit edilmiştir ve mermer ocağının güncel üretim bölgelerinden kaya blokları alınarak laboratuvar deneylerinde kullanılmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Google Earth programından hazırlanmış çalışmanın yerbulduru haritası

Belevi siyah mermerinin dayanım anizotropisinin cinsi, oranı ve derecesinin belirlenmesi için, kayacın içerdği anizotropi düzlemlerine bağlı olarak yükleme yönü ile anizotropi düzlemleri arasında 0° , 45° , 90° olmak üzere foliasyona 3 farklı yönelim açısında boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapında, boy/çap oranı 1 ve boy/çap oranı 0,5 olan silindirik şekilli kaya numuneleri elde edilmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Belevi siyah mermer ocağının görünümü (Kişisel arşiv, 2019)

Laboratuvar çalışmalarında, mermer ocağından alınan kaya numuneleri üzerinde yapılan çalışmalar ile mermerlerin mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Mermer ocağından alınan kaya bloklarından üretilen deney standartlarına uygun boyuttaki kaya numuneleri üzerinde yürütülen laboratuvar deneyleri ile siyah mermerlerin birim hacim ağırlık, görünür ve toplam porozite, ağırlıkça su emme, boşluk oranı gibi fiziksel özellikleri saptanmıştır. Daha sonra kayacın içerdği foliasyon düzlemleri ile yükleme yönü arasında 0° , 45° ve 90° lik açılar olacak şekilde üretilmiş kaya numuneleri üzerinde yürütülen çalışmalarla bu kayaçların

ultrasonik ses hızı iletkenliği ile tek eksenli basınç dayanımı, brazilian (indirekt) çekme dayanımı, nokta yükleme dayanım indeksi ve Böhme yüzeysel aşınma kaybı gibi mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmanın sonraki aşamasında 0°, 45° ve 90° yönelim açılarındaki numuneler üzerinde yürütölen ıslanma-kuruma, donma-çözölme, termal şok, tuz kristallenmesi ve ısınma-soğuma (oda sıcaklığı) gibi hızlandırılmış yaşlandırma deneyleri ile mermerlerin değişik çevresel ayrıştııcı etkiler altında davranışları incelenmiştir. Bu deneyler süresince yapılan ara ölçümler ile mermerlerin fiziksel özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Daha sonra hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulan numunelerin tek eksenli basınç dayanımı, brazilian (indirekt) çekme dayanımı, nokta yükleme dayanım indeksi ve Böhme yüzeysel aşınma kaybı gibi mekanik özellikleri belirlemiştir.

Çalışmanın son aşamasında Belevi siyah mermerinin durabilitesi; kuru-doygun tek eksenli basınç direnci oranı, doygunluk katsayısı ve statik kaya durabilitesi gibi durabilite sınıflandırma yöntemlerine göre sınıflandırılmış ve anizotropinin durabilite sınıfları üzerinde etkisi araştırılmıştır. Selçuk Belevi siyah mermerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile durabilitesini belirlenmek için laboratuvar deneyleri Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Faköltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Zemin Mekaniği Laboratuvarında, X ışınları kırınım desenleri (XRD) Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Faköltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarında yapılmıştır.

Tez kapsamında yürütölen arazi çalışmaları ile mermer ocaklarından alınan kaya numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ve uyulan standartlar Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1 Çalışma süresince yapılan laboratuvar deneyleri ve deneylerde uyulan standartlar

Analiz	Deney Türü	Uyulan Standartlar
Kimyasal Analiz	Atomik Absorpsiyon	-
Fiziksel Özellikler	Gerçek Yoğunluk	TS EN 1936
	Görünür Yoğunluk	TS EN 1936
	Toplam Porozite	TS EN 1936
	Görünür (Etkin) Porozite Su Emdirme Yöntemi	TS EN1936
	Görünür (Etkin) Porozite Civalı Porozimetre	ASTM D 4404
	Kuru Birim Hacim Ağırlık	TS 699
	Doygun Birim Hacim Ağırlık	TS 699
	Ağırlıkça Su Emme	TS 13755
	Boşluk Oranı	TS 699
	Ses Dalgası (Vp) İletkenliği	ISRM 1981
Mekanik Özellikler	Tek Eksenli Basınç Direnci	TS 1926
	Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	TS 1341
	Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci	TS 7654
	Nokta Yük Dayanım İndeksi (Is ₅₀)	ISRM 1985
Durabilite Sınıflandırma	Donma-Çözülme Sonrası Kütle Kaybı	TS 699
	Tuz Kristallenmesi Sonrası Kütle Kaybı	TS EN 12370
	Islanma-Kuruma Sonrası Kütle Kaybı	TS 699
	Doygunluk Katsayısı	RILEM 1980
	Termal şok	TS EN 14066

Tablo 1.1 devamı

	Isınma-Soğuma (Oda sıcaklığı-Etüt)	
	Tek Eksenli Basınç Direnci (Doygun)	TS 1926

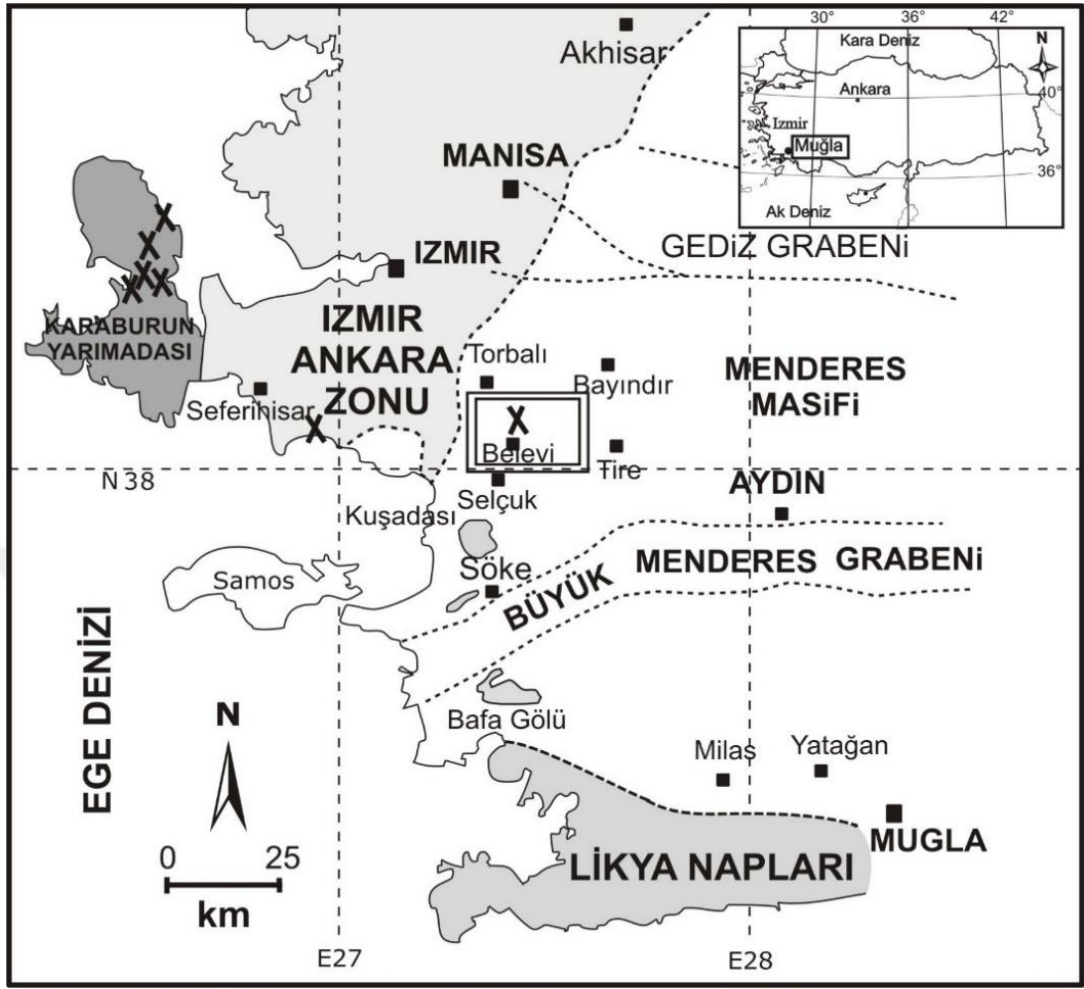
BÖLÜM İKİ

GENEL JEOLojİ

2.1 Bölgenin Genel Jeolojisi ve Stratigrafi

Menderes metamorfikleri stratigrafik olarak en üstte metaofiyolitik bloklı yapıdaki kalın bir metasedimenter istif ile temsil edilmektedir (Güngör, 1998). Bölgede üç ana kaya grubu ayırtlanmıştır. İlk grubu Menderes Masifi'nin örtü serileri olarak adlandırılan çeşitli bileşimlerde şist ve mermerler oluşturur. İkinci grupta örtü serileri ile aynı zamanda metamorfizmaya uğramış ofiyolitik topluluğa ait gabro, diyabaz ve serpantinitle bulunur. Neojen yaşlı karasal sedimanter kayalar ve volkanitler bu seriler uyumsuz üstlenmektedir. Bölge İzmir – Ankara Zonuna paralel uzanan Paleo-Melanj kuşağı karakterindedir (Candan ve Kun, 1989).

Gnays, mikaşist ve mermer gibi bölgesel metamorfik kayalardan oluşan Menderes Masifi Batı Anadolu'da KD-GB yönünde bir zon boyunca geniş bir yayılım sunmaktadır. Masifin kuzeyi İzmir Ankara zonu ile, güneyini ise Likya Napları sınırlamaktadır (Güngör ve Erdoğan, 2002; Yavuz, Elçi ve Topal, 2007).

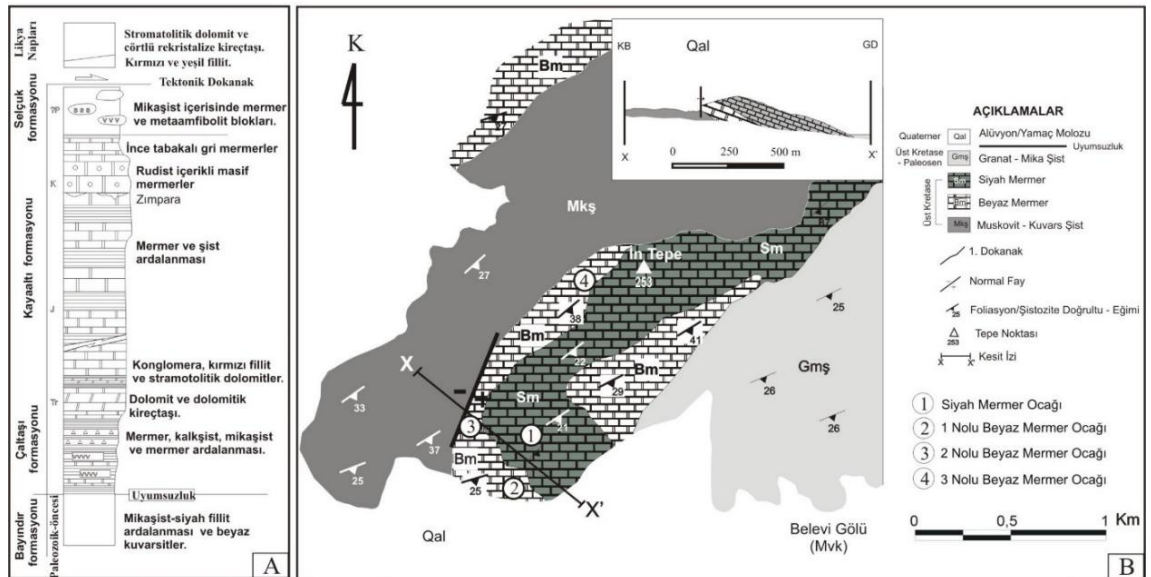


Şekil 2.1 Belevi mermer sahası yakın çevresinin jeoloji haritası (Güngör ve Erdoğan, 2002; Yavuz ve diğer., 2007)

Bu çalışmalar ışığında Selçuk ve yakın çevresinde Paleozoik yaşlı Menderes Masifi'nin örtü serileri ve Triyas yaşlı olan ofiyolitik topluluk, masifin değişik birimlerini verrev olarak örter konumdadır. İzmir – Ankara zonuna ait karmaşıkların napları ile Neojen yaşlı genç sedimanter kayalar ve Kuvaterner yaşlı oluşuklar inceleme alanında yüzlek veren diğer birimlerdir (Güngör, 1998).

Selçuk bölgesinde Menderes Masifi yaklaşık 4 km kalınlığında metasedimanter kayalar ile temsil edilir (Güngör ve Erdoğan, 2002). Masifin alt bölümünde yer alan ve yer yer ince gri ve siyah mermer mercikleri içeren Bayındır formasyonu

kuvarşist, mikaşist ve fillit türü kayaların ardalanması ile oluşmaktadır. Bu seviyenin üstünde mikaşist, kalkışist, mermer, ince tabakalı çört ve mafik volkanik kayalardan oluşan Çaltaşı formasyonu yer almaktadır (Güngör ve Erdoğan, 2002). Çaltaşı formasyonu alt, orta ve üst olmak üzere üç ayrı bölümde incelenen Kayaaltı formasyonu tarafından örtülmektedir. Formasyonun alt bölümü belirgin tabakalanma gözlenen yeşil ve kahve renkli ince mermer mercikleri içeren mikaşistten oluşmaktadır. Kayaaltı formasyonunun orta bölümü 50-60 m kalınlık ve 200-300 m uzunluk sunan mermerler ile kalkışist ardalanmasından oluşmuştur. Birimin üst bölümü ise zımpara ve kötü korunmuş rudist fosilleri içeren masif mermer platformu ile temsil edilmektedir (Schlung, 1962; Durr, 1975; Konak, 1987). Selçuk yöresinde zımpara içeren masif mermerler, ince tabakalı ve çörtlü kireçtaşları ile örtülmüştür. Bu birim, Selçuk formasyonu olarak bilinen ofiyolit blokları ve zımparalı mermerler içeren mikaşist birimi ile örtülmüştür. Selçuk formasyonunun üzerinde de tektonik bir dokanakla gelen Likya Napları yer almaktadır (Güngör ve Erdoğan, 2002). Çalışma alanının ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve Belevi mermer sahası yakın çevresinin jeoloji haritası Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de sunulmuştur.



Şekil 2.2 Çalışma alanının ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve Belevi mermer sahası yakın çevresinin jeoloji haritası (Güngör ve Erdoğan, 2002; Yavuz ve diğer. 2007)

2.1.1 Menderes Masifi

Menderes Masifi, Batı Anadolu’da çok geniş bir bölgede yüzlek veren Türkiye’nin sayılı masiflerinden biri olma özelliğini taşımaktadır. Genel tanımlamalar şeklindeki ilk çalışmalar 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarında Hamilton ve Strickland (1840), Tchihatcheff (1869) ve Philippson (1911) tarafından gerçekleştirilmiştir. Philippson (1911)’un “Lydisch – Krische Mosse” olarak adlandırdığı masife daha sonraları Egeran – Yener (1914) tarafından bugünkü adı olan ‘Menderes Kristalen Masifi’ adı verilmiştir. Masif kuzeyden güneye başlıca dört ana bölüme ayrılmıştır. Bunlar; Eğrigöz, Demirci Gördes, Ödemiş Kiraz ve Çine asmasifleri olarak adlandırılır.

Masifteki çalışmalar günümüze kadar artan bir hızla devam etmiştir. Fakat yapılan tüm çalışmalara rağmen Masif’in çekirdek ve örtü birimlerine ait kayaçların ilksel kökeni ve yaşları, etkilediği metamorfizma sayısı ve yaşları gibi temel konularda araştırmacılar henüz kesin bir görüş birliğine varamamışlardır. Menderes Masifi’ne ait istif genel olarak, metavolkanit (leptit), örtü serisi denilen şist ve masifin güney kanadına oldukça kalın bir seri oluşturulan mermerler şeklinde verilebilir.

2.1.1.1 Selçuk Bölgesindeki Menderes Metamorfikleri

Bu bölge, Menderes Metamorfikleri’nin güneybatı ucunu oluşturur; Bayındır, Tire, Selçuk, Kuşadası ve Ahmetbeyli’yi içine alır. Menderes metamorfikleri eksenini KD – GB uzanımlı ve GB ya dalımlı bir antiklinal yapısı sunar (Bayındır Antiklinali) ve bu yapı boyunca çok kalın bir metamorfik istif yüzeyler. Bu yapının daha güneydoğusunda ve antiklinal kadar belirgin olmamasına rağmen onun uzantısına paralel bir senklinal yer alır (Selçuk Senklinali). Selçuk bölgesinde en yaşlı metamorfik birim olarak Bayındır formasyonu adı altında tanımlanan mikaşistler yer alır. Mikaşistlerin üzerine mermer – şist aralanması ile masif mermerlerden oluşan Kayaaltı formasyonu adı verilen birim gelir ve en üstte ise masif mermerlerden oluşan

Kayaaltı formasyonu adı verilen birim gelir ve en üstte is mafik volkanitler ile metaserpantinitle içeren kirli şistler bulunur. Masifin en üst birimini oluşturan bu kayalar Selçuk formasyonu adı altında incelenmiştir (Erdoğan ve Güngör, 1992).

2.1.1.2 Bayındır Formasyonu

Bu birim, Mahmut Dağı ile Bayındır arasında büyük bir antiklinalin çekirdeğini oluşturur (Şekil 2.1). Bayındır formasyonu tekdüze mikaşistler, muskovit ve biyotit şistler, granatlı mika şistlerden meydana gelmiştir. Mika şistlerin içinde ince mermer mercekleri bulunur. Ayrıca bu birimin içerisinde ender olarak 20 – 30 m kalınlıklara erişen mafik metavolkanit ve amfibolit mercekleri yer alır. İnceleme alanında 2000 m'nin üzerinde kalınlık sunan mikaşistlerin altında farklı bir birim yüzeylenmez. Birim düşey ve yanal karbonat kayalarının baskın olduğu Kayaaltı formasyonu ile geçişlidir. Bu birimin yaşı Paleozoik veya daha yaşlı olarak belirtilmiştir (Erdoğan ve Güngör, 1992).

2.1.1.3 Kayaaltı Formasyonu

Kayaaltı Formasyonu, Bayındır ile Kuşadası arasında geniş bir alanda yüzeyleyen mermer-şist ardalanması ve zımparalı masif mermerlerden oluşan birime bu isim verilmiştir. Bu birim Selçuk bölgesinde yaklaşık 1500-2000 m kalınlıktadır ve alt kısmı mermer şist ardalanmasından meydana gelmiştir. Birimin üst kısmı, masif iç yapılı ve zımpara mercekleri içeren merceklerden oluşmaktadır. Altta yer alan ve tamamen mikaşistlerden oluşan Bayındır formasyonunun üzerindeki mermer şist ardalanması ve oradan da daha üstteki zımparalı masif mermerlere geçiş düşey ve yanal girikler şeklindedir. Kayaaltı Formasyonu'nun tabanına yakın olarak, Mahmut Dağı çevresinde, mercek şeklinde kırmızı mor renkli fillitler ve laminalı dolomitlerden oluşan bir düzey yer alır. Kayaaltı Formasyonu tedrici bir dokanak boyunca Selçuk Formasyonuna geçer. Birimin yaşı Triyas-Geç Kretase'dir (Erdoğan ve Güngör, 1992).

2.1.1.4 Selçuk Formasyonu

Bu birim Menderes Metamorfikleri'nin Selçuk bölgesinde stratigrafik olarak üst bölümünü oluşturur. Selçuk formasyonu, yeşil, koyu renkli mikaşistler ile bunlarla ardalanmalı mafik metatüfler ve ince laminalı mermer düzeylerinden oluşmuştur. Toplam kalınlığı 500 m üzerinde olan birimin içerisinde boyu kilometreye varan zımparalı mermer ve serpantin blokları yer alır. Bu birim içerisinde mikaşistler baskındır ve bunlar koyu gri yeşil renklerde muskovit-kuvars şistler, granatlı muskovit biyotit şistlerden oluşmuştur. Selçuk Formasyonu içinde 40-50 m kalınlıklara varan koyu gri renkli ince-orta tabakalı mermer mercekleri, birkaç düzey halinde bulunur ve mermerler, yanal yönde şistlere geçişler gösterir. Selçuk Formasyonu'nun değişik düzeylerinde metaserpantinitle yaygındır. Selçuk Formasyonu'nun tabanı, Belevi Köyü kuzeyinde, açık mostralarda izlendiği gibi, altında yer alan Kayaaltı Formasyonu'na geçişlidir. Birimin yaşı Geç Kretase (Kampaniyen-Maestrihtiyen) olarak belirtilmiştir (Güngör, 1998).

BÖLÜM ÜÇ

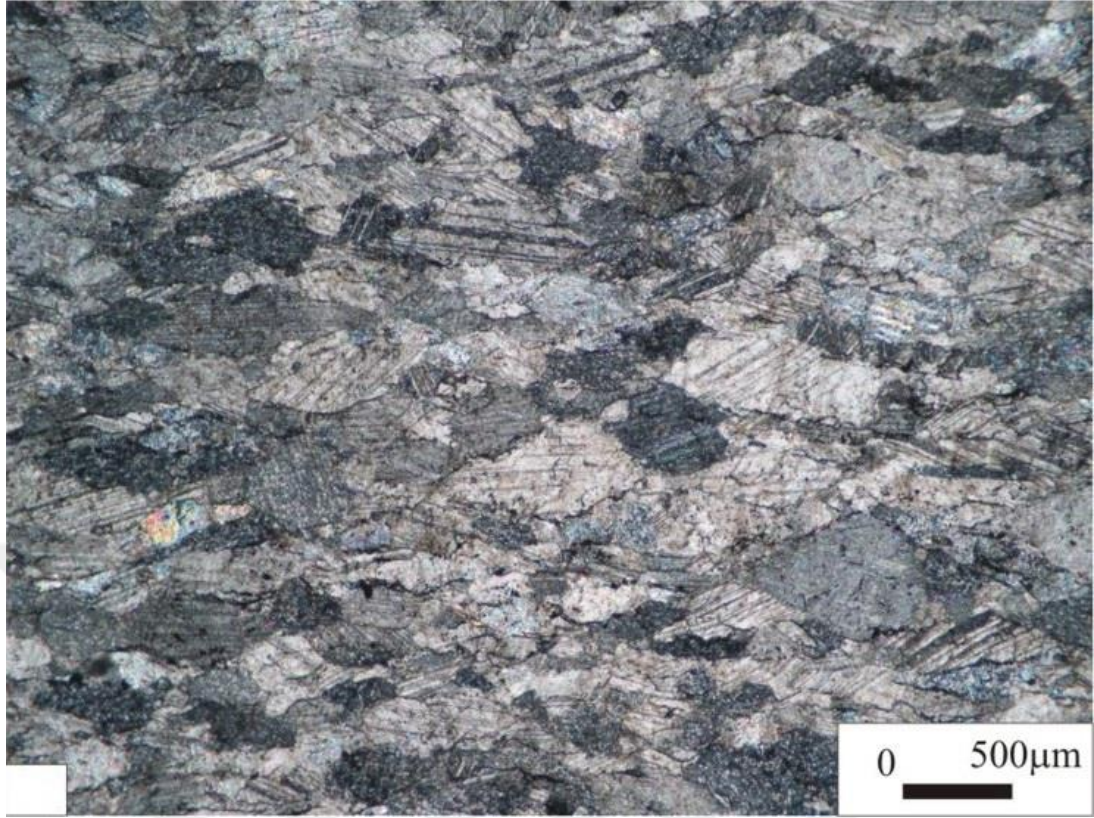
BELEVİ SİYAH MERMERİN MİNEROLOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

3.1 Minerolojik Özellikler

Belevi siyah mermerinin minerolojik özellikleri, Belevi siyah mermer ocağından alınmış taze kaya numuneleri üzerinde, mermer numunelerinin içerdiği yönlenmelere paralel ve dik konumlarda olmak üzere iki adet ince kesit yapılmış ve ince kesitleri polarizan mikroskop altında incelenerek mermerlerin dokusal özellikleri ile mineral yüzdelerini belirlenmişlerdir. Belirgin yönlenme gözlenen Belevi mermerinin, kalsit minerallerinin yanı sıra %1 albit+kuvars ve %6 oranında da opak mineral içerdiği belirlenmiştir. Granoblastik dokudaki siyah mermerlerin ortalama kristal boyutu $562\pm159\mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2, Tablo 3.1) (Yavuz ve diğer., 2007).



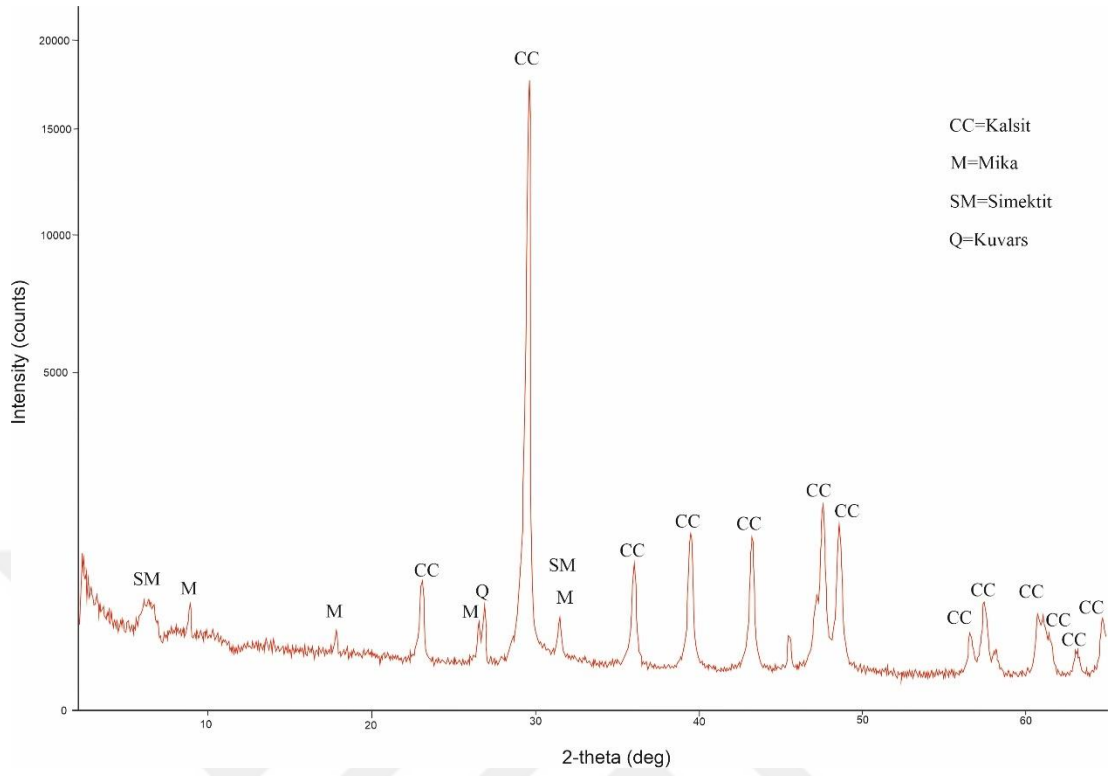
Şekil 3.1 Belevi siyah mermerinin genel görünümü ve kayacın içerdiği yönlenmeler (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 3.2 Belevi siyah mermerinin polarizan mikroskop altındaki foliasyona dik görünümü (Yavuz ve diğer., 2007)

Tablo 3.1 Belevi siyah mermerinin minerolojik özellikleri (Yavuz ve diğer., 2007)

Kaya Türü	Doku	Mineral boyutu (μm)	Mineral bileşimi
Belevi siyah mermeri	Granoblastik	562 ± 159	%93 Kalsit, %6 Opak, %1 Albit+Kuvars



Şekil 3.3 Belevi siyah mermelerinin XRD grafiği

Ayrıca, Belevi siyah mermerin XRD analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya laboratuvarında yapılmıştır. Ölçümlerde bakır hedefli X-ışınları tüpü, X-ışınının monokromatize olmasını sağlamak için nikel filtre kullanılmıştır. Yapılan XRD analizi sonuçlarında kalsit, mika, simektit ve kuvars pikleri saptanmıştır (Şekil 3.3).

Belevi siyah mermerleri kırıldığı zaman oldukça yüksek miktarda koku yaymaktadır. Önceki çalışmalarda Belevi siyah mermerinin hidrokarbon içeriğinin araştırılması için, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı laboratuvarında kimyasal analizleri yapılmıştır. Rock-Eval 2 cihazı kullanılarak ve IFP (institute du Petrole) standardına uygun olarak yapılan analiz sonucunda Belevi siyah mermerinin %0,12 oranında toplam organik karbon (TOC) içerdiği saptanmıştır (Yavuz ve diğer., 2007).

3.2 Kimyasal Özellikler

Selçuk Belevi bitümlü siyah mermerin kimyasal analizleri ALS Laboratuvar hizmetleri LTD. ŞTİ.'nin İrlanda şubesinde yaptırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre %54,6 CaO, %1,09 SiO₂, %0,61 MgO, %0,35 Al₂O₃, %0,12 Fe₂O₃, %0,09 K₂O, %0,02 SrO, %0,01 TiO₂, %0,01 P₂O₅, %<0,01 Na₂O, BaO ve MnO oranlarında ana elementler belirlenmiştir. Ayrıca %43,1 kızdırma kaybı analiz sonuçları elde edilmiştir (Tablo 4.1, Ek 1).

Tablo 3.2 Selçuk Belevi siyah mermerin içerdiği ana elementler

Element	%
SiO ₂	1,09
Al ₂ O ₃	0,35
Fe ₂ O ₃	0,12
MgO	0,61
CaO	54,6
Na ₂ O	<0,01
K ₂ O	0,09
TiO ₂	0,01
P ₂ O ₅	0,01
MnO	<0,01
Cr ₂ O ₃	<0,02
SrO	0,02
BaO	<0,01
Kızdırma Kaybı (%)	43,1
Toplam (%)	100

BÖLÜM DÖRT

BELEVİ SİYAH MERMERLERİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK

ÖZELLİKLERİ

4.1 Giriş

Çalışmanın bu bölümünde Belevi siyah mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri ve bu özelliklerin yükleme yönü ile foliasyon açısı arasındaki ilişkiye bağlı olarak değişimi saptanmıştır. Çalışma süresince laboratuvar deneyleri Tablo 1.1 de belirtilen standartlara uygun olarak yapılmıştır.

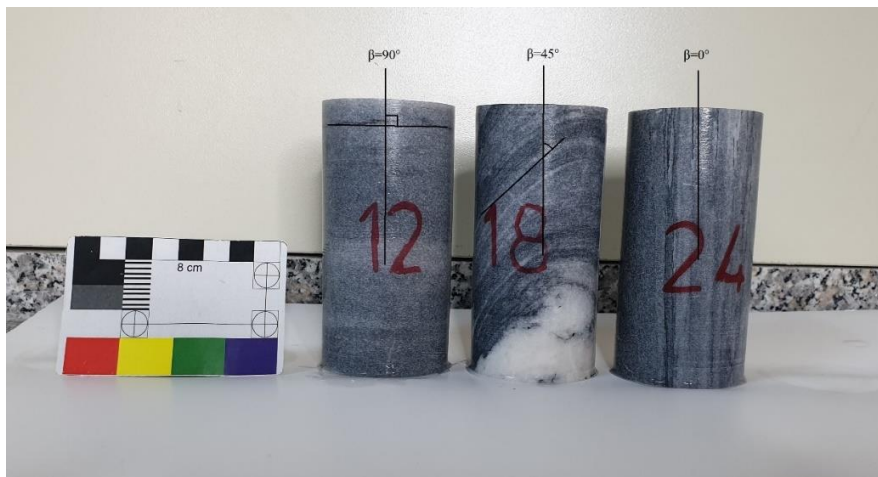
Aydın Linyit Maden ve Mermercilik A.Ş. tarafından işletilen siyah mermer ocağındaki güncel üretim bölgelerinden ve yakın çevresinde bulunan pasa yığınlarından alınan kaya blokları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Zemin Mekaniği Laboratuvarı'na getirilmiş ve bu kaya bloklarından deneylerde kullanılmak üzere ilgili standartlarda belirtilen ve kaya içerisinde gözlenen yönlenmelere göre değişik açılar oluşturacak şekilde (0°, 45°, 90°), uygun boyutlarda yatay, dik ve eğik yönlerde silindirik kaya numuneleri elde hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde laboratuvar ortamında yapılan çeşitli deneylerle, Belevi siyah mermerinin kuru ve suya doymun birim hacim ağırlık, görünür porozite, toplam porozite, özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, boşluk oranı, su emme kapasitesi ve ultrasonik ses iletkenlik hızı gibi fiziksel özellikleri saptanmıştır.

Kayacın mekanik özelliklerinin saptanması amacıyla yapılan kuru tek eksenli basınç direnci, doymun tek eksenli basınç direnci, nokta yükleme indeksi, brazilian (indirekt) çekme direnci ile böhme aşınma kaybı gibi deneyler, Belevi siyah mermerinin içerdiği yönlenmelere bağlı olarak anizotropik özelliklerinin olup olmadığının saptanması amacıyla, yönlü numuneler üzerinde uygulanmıştır.

4.1.1 Anizotropi

Bir kayacın sahip olduğu mekanik ve dinamik özelliklerin yönlerle bağı olarak farklılıklar göstermesi anizotropi olarak tanımlanır. Bozunmamış yani sağlam kaya, nadiren izotropik özellik göstermektedir. Genel olarak sağlam metamorfik kayalar magmatik ve sedimanter kayalardan daha yüksek anizotropik davranış gösterirler. Sedimanter kayaların depolanma esnasında gelişen farklı tabakalarda farklı mineral içeriğine ve oluşumuna bağı olarak gelişen özellikler nedeni ile anizotropik yapı kazanırlar. Metamorfik kayalar ise basınç ve ısı altında oluşumları süresince kazandıkları foliasyon vb. gibi yapılar nedeniyle anizotropik yapı kazanır ve daha fazla anizotropik özellik sunarlar. Magmatik kayalar ise oluşumları süresince kazandıkları mineral dizilimlerine bağı olarak anizotropik özellik sunabilirler (Ramamurthy, 1993).

Jeager ve Cook (1976), kayalar hiçbir süreksizlik düzlemi içermeseler bile, oluşumları süresince kazandıkları özelliklere bağı olarak anizotropik özellik gösterebilirler. Anizotropinin tanımlanması için kaya dayanımının yükleme konumu açısına göre değişiminin saptanması gerekmektedir. Anizotropi düzlemlerinin düşey ile yaptığı dar açı, yönelim açısı (β) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Yönelim açısı (β)nin gösterimi (Kişisel arşiv, 2019)

4.2 Fiziksel Özellikler

Belevi siyah mermerinin fiziksel özellikleri, Aydın Linyit Maden ve Mermercilik A.Ş. tarafından işletilen mermer ocağından ve yakın çevresinde bulunan pasa yığınlarından alınan kaya bloklarından Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarında hazırlanan boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapındaki 155 adet silindirik şekli yönlü kaya numunesi üzerinde yönlenme açısı dikkate alınmadan yürütülen laboratuvar deneyleri ile belirlenmiştir.

Siyah mermerlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kaya numuneleri üzerinde yapılan deneyler ve uyulan standartlar Tablo 1.1' de verilmiştir.

4.2.1 Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık, kayacın tane birim hacim ağırlığının +4°C deki saf suyun birim hacim ağırlığına oranıdır. Deney, TS 699 standardına uygun olarak 0,063 mm boyutuna getirilmiş toz numuneler üzerinde piknometre yardımıyla yapılır. Deney sonrasında numunenin özgül ağırlığı aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 4.1, Tablo 4.1).

$$Gs = \frac{(W2-W1)}{(W4-W1)-(W3-W4)} \quad (4.1)$$

Gs: Özgül ağırlık

W1: Piknometre ağırlığı (gr)

W2: Piknometre +numune ağırlığı (gr)

W3: Piknometre +numune ağırlığı +suyun ağırlığı (gr)

W4: Piknometre +suyun ağırlığı (gr)

Tablo 4.1 Belevi siyah mermerinin özgül ağırlığı

Kaya Türü	Numune sayısı	Özgül Ağırlık
Belevi siyah mermeri	1	2,81

4.2.2 Porozite

Porozite; kayaçların en önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Porozite görünür ve toplam porozite olara ikiye ayrılır. Görünür (etkin) porozite kayacın içerisindeki birbiri ile bağlantılı gözeneklerin oluşturduğu boşluk hacminin, toplam kaya hacmine oranıdır. Toplam porozite ise kayaç içerisinde yer alan birbiriyle ilişkili ve ilişkisiz bütün gözeneklerin toplam hacminin toplam kaya hacmine oranıdır (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Porozite kayaçların yapıtaşı olarak kullanılmasında onların hizmet sürelerini başka bir deyişle durabilitelerini etkileyen önemli bir parametredir. Görünür porozitesi yüksek olan kayaçların, diğer fiziksel özelliklerinden ağırlıkça su emmesi de yüksek olacaktır. Kayaçların durabilitesinde görünür porozite, toplam poroziteye oranla daha önemli bir rol oynamaktadır. Doğal taşların yüksek veya düşük durabiliteli olması bir bakıma görünür porozitesinin yüksek veya düşük olması ile ilişkilidir. Görünür porozitesi yüksek olan bir kayaç dış ortamda bünyesine daha fazla su alabileceğinden donma-çözülme, ıslanma-kuruma, gibi doğal koşullardan etkilenecek, düşük poroziteli kayaçlara oranla daha fazla ve hızlı bir şekilde bozunmaya uğrayacaktır (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

4.2.2.1 Görünür (Etkin) Porozite

Kayaçların görünür porozitesi; civalı porozimetre, helyum porozimetresi veya su emdirme yöntemleri kullanılarak hesaplanabilir. Bu çalışmada Belevi siyah mermerin görünür porozitesi su emdirme yöntemi ile hesaplanmıştır.

Belevi siyah mermerinin görünür porozitesi TS 1936 ya uygun olarak su emdirme yöntemi ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 4.2).

$$\%n = \frac{W_d - W_k}{W_d - W_{ds}} \times (100) \quad (4.2)$$

n: Porozite (%)

W_k : Kuru ağırlık (gr)

W_d : Suya doymuş ağırlık (gr)

W_{ds} : Su içinde doymuş ağırlık (gr)

V_T : Toplam hacim (cm³)

Kayacın toplam hacmi Arşimet sehpası kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (Eşitlik 4.3).

$$V_T = \frac{W_d - W_{ds}}{\rho_{su}} \quad (4.3)$$

Tablo 4.2 Belevi siyah mermerinin su emdirme yöntemiyle belirlenen görünür (etkin) porozite değeri

Kaya Türü		Numune sayısı	Su emdirme Yöntemi (%)
Belevi siyah mermeri	Ortalama	155	0,25
	Standart Sapma (±)		0,09

Tablo 4.2’ de görüldüğü gibi Belevi siyah mermerinin su emdirme yöntemi ile hesaplanış görünür porozitesinin %0,25 olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.2, Ek 2).

Anon (1979) sınıflandırmasına göre, Belevi siyah mermerleri ‘çok düşük’ poroziteli kaya sınıfına girmektedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Kayaçların görünür porozitelerine göre sınıflandırmaları IAEG (Anon, 1979)

Kaya Sınıfı	Görünür porozite (%)
Çok Düşük	<1
Düşük	1-5
Orta	5-10
Yüksek	10-30
Çok Yüksek	≥30

4.2.2.2 Toplam Porozite

Belevi siyah mermerin toplam porozitesi aşağıda verilen eşitlik (4) yardımıyla bulunmuş ve sonuçlar Tablo 4.4’ de verilmiştir.

$$n = 1 - (\gamma'k/Gs) \times 100 \quad (4.4)$$

n: Toplam porozite (%)

$\gamma'k$: Kuru birim hacim ağırlık (gr/ cm³)

Gs: Özgül ağırlık

Tablo 4.4 Belevi siyah mermerinin toplam porozite değeri

Kaya Türü	Toplam Porozite (%)
Belevi siyah mermeri	0,35

4.2.3 Birim Hacim Ağırlık

Birim hacim ağırlığı, numune ağırlığının toplam kaya hacmine oranıdır. Kayacın içindeki boşluk, çatlak ve burada yer alan su miktarlarına göre birim hacim ağırlığı değişiklik gösterebilir. Boşluk hacmi, su ve hava tarafından doldurulan hacim olarak ifade edilmiştir (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Doğal birim hacim ağırlığı, kayaçların doğada bulundukları haldeki birim hacim ağırlığıdır. Bütün boşlukların su ile dolması halindeki birim hacim ağırlığına ‘doygun birim hacim ağırlığı’, kayacın boşluklu kısımlarının hava ile dolu olması durumundaki birim hacim ağırlığına ise ‘kuru birim hacim ağırlığı’ denir (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Birim hacim ağırlık doğal taşların durabilite ve dayanıklılıkları bakımından incelenen fiziksel özelliklerdendir. Yüksek birim hacim ağırlığına sahip kayaçlar genelde düşük poroziteye sahiptir. Ayrıca düşük su emme kapasitesi ile genellikle yüksek durabilite ve dayanımlı kaya grubunda yer alırlar (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Belevi siyah mermerinin kuru birim hacim ağırlığı ve suya doygun birim hacim ağırlıkları aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla bulunmuştur (Eşitlik 4.5, 4.6).

$$\gamma'k = \frac{W_k}{V_T} \quad (4.5)$$

$$\gamma'd = \frac{W_d}{V_T} \quad (4.6)$$

$\gamma'k$: Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm³)

$\gamma'd$: Doygun birim hacim ağırlık (gr/cm³)

W_k: Kuru ağırlık (gr)

W_d: Doygun ağırlık (gr)

V_T: Toplam hacim (cm³)

Belevi siyah mermeri üzerinde TS 699 standardına uygun olarak yapılan deney sonucunda kuru birim hacim ağırlığı 2,710 ± 0,006 gr/cm³ (Tablo 4.5), suya doymun birim hacim ağırlığı ise 2,713±0,005 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.5 Belevi siyah mermerinin kuru birim hacim ağırlığı ve suya doymun birim hacim ağırlığı değerleri

Kaya Türü		Numune sayısı	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
Belevi siyah mermeri	Ortalama	155	2,710	2,713
	Standart Sapma (±)		±0,006	±0,005

Belevi siyah mermeri (Anon,1979a) sınıflamasına göre kuru ve doymun birim ağırlığı açısından ‘yüksek birim hacim ağırlığına sahip’ kaya sınıfındadır.

Tablo 4.6 Kayaçların kuru birim ağırlığına göre sınıflanması IAEG (Anon, 1979a)

Kaya sınıfı	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
Çok Düşük	<1,8
Düşük	1,8-2,2
Orta	2,2-2,55
Yüksek	2,55-2,75
Çok Yüksek	>2,75

4.2.4 Ağırlıkça Su Emme

TS 13755' e göre ağırlıkça su emme, kayacın su emme kapasitesini belirtir. Ağırlıkça su emme, kayacın emdiği su ağırlığının kuru ağırlığının oranının yüzdesel olarak ifadesidir. Ağırlıkça su emme, diğer fiziksel özellikler gibi kayacın durabilitesi açısından ciddi bir öneme sahiptir (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

$$Aw = \frac{(Wd - Wk)}{Wk} \times 100 \quad (4.7)$$

Aw: Ağırlıkça su emme (%)

Wk: Kuru ağırlık (gr)

Wd: Doygun ağırlık (gr)

Belevi siyah mermeri üzerinde TS 699'a uygun olarak yapılmış ve hesaplamaları yukarıdaki eşitlikten yararlanılarak ortalama ağırlıkça su emme değeri %0,094±0,033 elde edilmiştir (Eşitlik 4.7).

Tablo 4.7 Belevi siyah mermerinin ağırlıkça su emme değeri

Kaya Türü		Numune sayısı	Ağırlıkça Su Emme (%)
Belevi siyah mermeri	Ortalama	155	0,094
	Standart Sapma (±)		0,033

4.2.5 Boşluk Oranı

Kayaçların içerdiği boşluk hacminin, katı hacmine oranının yüzdesel olarak ifadesi boşluk oranı olarak tanımlanmaktadır. Boşluk oranı kayaçlara su emdirme yöntemi ile hesaplanır ve görünür porozitede olduğu gibi kayacın birbiriyle ilişkili boşluk hacmini belirlemede kullanılır (TS 699). Aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak Belevi siyah mermerin boşluk oranı hesaplanmıştır (Eşitlik 4.8).

$$e = \frac{Wd - Wk}{V_T - (Wd - Wk)} \times 100 \quad (4.8)$$

e: Boşluk oranı(%)

Wk: Kuru ağırlık (gr)

Wd: Doygun ağırlık (gr)

V_T: Toplam hacim (gr)

Standartlara uygun olarak yapılan deneyler sonucunda Belevi siyah mermerin boşluk oranı %0,256±0,091 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.8 Belevi siyah mermerinin boşluk oranı değeri

Kaya Türü		Numune sayısı	Boşluk Oranı (%)
Belevi siyah mermeri	Ortalama Değer	155	0,256
	Standart Sapma ($\pm$)		0,091

4.2.6 Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği

Ultrasonik ses hızı tayini deneyi, kayaç numuneleri içerisinden geçirilen makaslama (S) ve sıkışma (P) dalgalarının yayılma hızları hesaplanarak kayaç numunesinin dinamik Young modülü ile dinamik Possion oranının belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu deney için kullanılan yöntem homojen, izotrop veya çok az izotrop kayaçlarda kullanılabilir (Ulusay, 2005).

Ses, homojen kayaçlarda belirli bir hızda ilerlerken kayaçların içinde olması muhtemel süreksizliklere rastlayınca hızı azalır. Bu nedenle ses hızı ölçümüyle kayaç içindeki çatlak yoğunluğu, çatlakların sıklığı ve kayaçta oluşan ikinci gözeneklilik üzerine genel bilgiler verebilir (Davis, 1972).

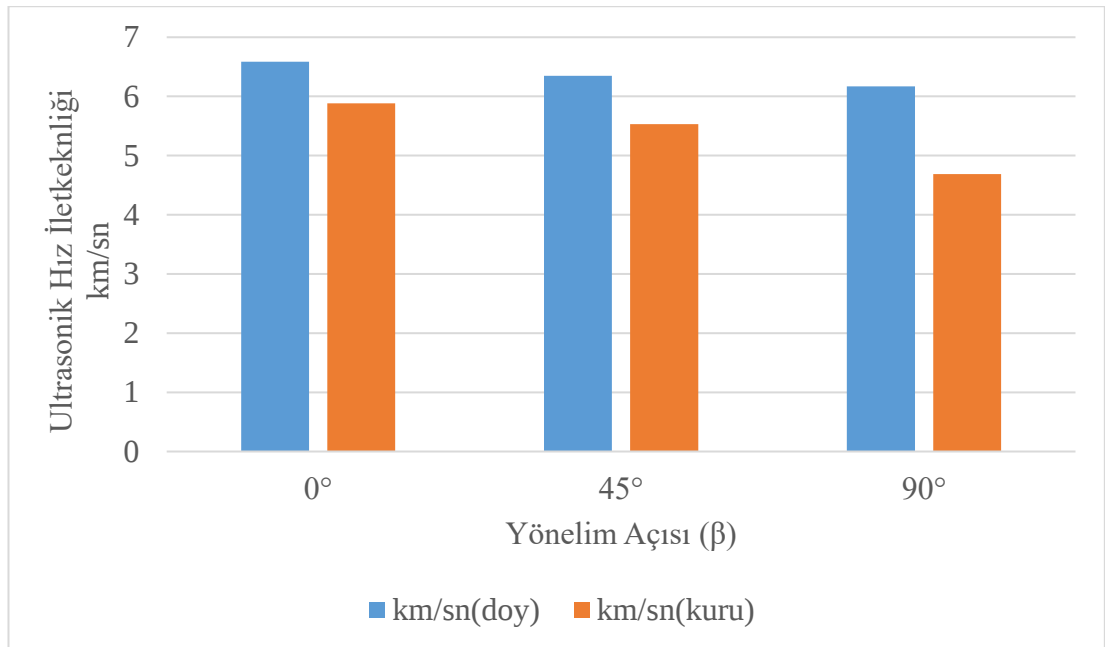
Belevi siyah mermerinden foliasyon yönüne 0° , 45° ve 90° açılar ile hazırlanan numunelerinde ultrasonik ses hızı ölçümleri PUNDIT PLUS cihazı yardımı ile suya doygun ve kuru koşullarda yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.9 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

Belevi siyah mermerin ultrasonik ses hızı iletkenliği foliasyon ile 0° yönelim açısında olan kuru numunelerde ortalama $5,88 \pm 0,39$ km/sn, suya doygun numunelerde ortalama $6,58 \pm 0,15$ km/sn olarak ölçülmüştür. Foliasyon ile 45° yönelim açısında olan kuru numunelerde ortalama $5,53 \pm 0,29$ km/sn, suya soygun numunelerde ortalama $6,34 \pm 0,11$ km/sn ölçülmüştür. Foliasyon ile 90° yönelim açısı

olan kuru numunelerde ise ortalama $4,68 \pm 0,35$ km/sn, suya soygun numunelerde ise ortalama $6,17 \pm 0,11$ km/sn olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.9, Ek 3).

Tablo 4.9 Belevi siyah mermer numunelerinin farklı yönelim açılarındaki suya doymun ve kuru ultrasonik ses hızı değerleri

	Yönelim açısı	Numune sayısı	Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği (km/sn)	
			Ortalama Standart Sapma ($\pm$)	
			Kuru	Doygun
Belevi siyah mermeri	0°	52	$5,88 \pm 0,39$	$6,58 \pm 0,15$
	45°	52	$5,53 \pm 0,29$	$6,34 \pm 0,11$
	90°	51	$4,68 \pm 0,35$	$6,17 \pm 0,11$



Şekil 4.2 Belevi siyah mermerin farklı yönelim açılarında kuru ve doymun ultrasonik ses hızı iletkenliği değişimi

Sağlam kayalarda anizotropinin belirlenmesi ve değerlendirmesi ultrasonik hız iletim yöntemi basit bir deney olması nedeniyle geçmişten beri kullanılmaktadır. Aşağıdaki eşitlikle metamorfik kayalar üzerinde yapılan testlere dayanan ultrasonik hız anizotropi indeksi verilmiştir (Tsidzi,1997). Belevi siyah mermerin ultrasonik hız anizotropi indeksi aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$VA = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\text{mean}}} (\%) \quad (4.9)$$

VA: Anizotropi indeksi

V_{max}: En yüksek ultrasonik dalga hızı

V_{min}: En düşük ultrasonik dalga hızı

V_{mean}: Ortalama ultrasonik dalga hızı

Tsidzi, 1997' ye göre Belevi siyah mermerinin taze kaya numuneleri üzerinde yapılan ultrasonik hız ölçümlerine göre ultrasonik hız anizotropi derecesi kuru ve doymuş numunelerde 'izotropik' olarak tanımlanmıştır (Tablo 5.10).

Tablo 4.10 Kayaçların ultrasonik hız değerlerine göre anizotropi sınıflamaları (Tsidzi, 1997)

Ultrasonik Hız anizotropi derecesi VA(%)	Tanım
<2	İzotropik
2-6	Oldukça anizotropik
6-20	Orta derece anizotropik
20-40	Yüksek anizotropik
>40	Çok yüksek anizotropik

4.3 Mekanik Özellikler

Kayaçların mekanik özellikleri çeşitli gerilmeler altındaki davranışlarını etkilemektedir. Doğal yapıtaşı malzemesi olarak kullanılacak kayaçların mekanik özelliklerinin belirlenmesi için laboratuvar ve arazide çeşitli deneyler yapılmaktadır. Kayaçların mekanik özellikleri; kayaçların kristallenme, çimentolanma, kompaksiyon, kenetlenme derecelerine, içerdiği süreksizliklerin yoğunluğuna ve ayrışma dereceleri ile ilişkili olarak büyük değişiklikler göstermektedir (Erguvanlı, 1982). Ayrıca kayacın mekanik özelliklerini, doygunluk derecesi ve su muhtevası gibi fiziksel özelliklerde etkilemektedir.

Belevi siyah mermer bloklarından elde edilen silindirik şekilli ve yönlü kaya numuneleri üzerinde Tablo 1.1 de belirtilen ilgili standartlara bağlı kalınarak yapılan deneylerde, kayaçların mekanik özellikleri ve bu özelliklerin kayacın içerdiği foliasyon düzlemleri ile yükleme yönü arasındaki açığa bağlı olarak değişimleri araştırılmıştır. Bunlar; kuru ve doygun tek eksenli basınç direnci, kuru ve doygun nokta yükü dayanım indeksi, kuru ve doygun brazilian (indirekt) çekme direnci ve böhme yüzeysel aşınma kaybı deneyleridir.

4.3.1 Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi

Tek eksenli basınç direnci deneyi kayaçların en sık kullanılan malzeme özelliklerindendir. Tek eksenli basınç direnci deneyi genel anlamda kayaçların dayanımı hakkında bilgi verir ve kayaçları sınıflamamızı sağlar. Doğal yapıtaşları mühendislik yapılarının değişik bölgelerinde kullanılmakta ve bundan dolayı farklı büyüklük ve türlerde gerilmelere maruz kalmaktadır. Bu gerilmeler altında kayaçların kırılmaya karşı gösterdikleri direncin önceden belirlenmesi, bulunduğu alanda uzun dönem durabilitesi açısından önemlidir (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Ayrıca kayaçların kırılmaya karşı direncinin bilinmesi, kullanım alanında doğru malzemeyi seçimine yardımcı olacaktır.

Belevi siyah mermerinin tek eksenli basınç direnci, TS EN 1926 standartına uygun olarak Dokuz Eylül Mühendislik Fakültesi Kaya Zemin Mekaniği Laboratuvarında boy/çap oranı 2 olan 54 mm silindirik numuneler ile yapılmıştır. Foliasyon düzlemlerine 0°, 45° ve 90° yönelim açısına sahip olmak üzere 3 farklı yönde kuru tek eksenli basınç direnci ve doygun tek eksenli basınç direnci deneyi yapılmış ve sonuçlar aşağıda Tablo 4.11 de verilmiştir (Şekil 4.3).

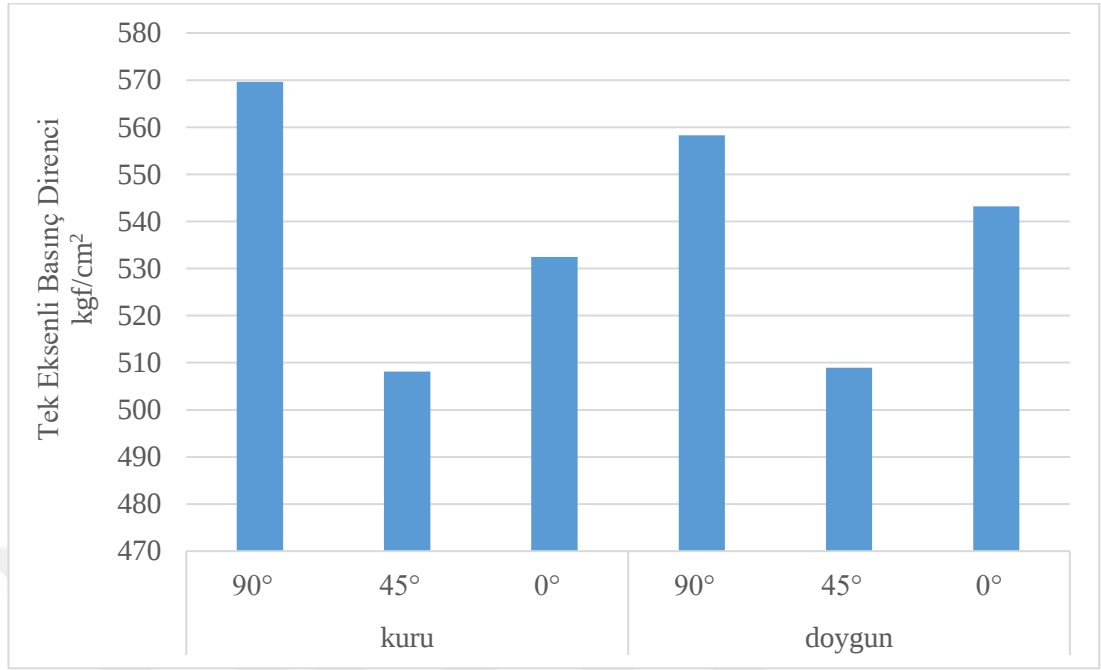


Şekil 4.3 Tek eksenli basınç direnci cihazı (Kişisel arşiv, 2019)

Belevi siyah mermeri üzerinde yapılan tek eksenli basınç direnci deneylerinde kayacın içerdiği yönlenmelere bağlı olarak foliasyona yönelim açısı 0° olan kuru numunelerde $532,46 \pm 94,16 \text{ kgf/cm}^2$, doygun numunelerde $506,60 \pm 101,18 \text{ kgf/cm}^2$ ölçülmüştür. Foliasyona yönelim açısı 45° olan kuru numunelerde $508,14 \pm 157,22 \text{ kgf/cm}^2$, doygun numunelerde $508,92 \pm 20,52 \text{ kgf/cm}^2$ ölçülmüştür. Foliasyona yönelim açısı 90° olan kuru numunelerde $569,62 \pm 45,33 \text{ kgf/cm}^2$, doygun numunelerde ise $558,25 \pm 51,25 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4, Tablo 4.11, Ek 4).

Tablo 4.11 Belevi siyah mermerin farklı yönelim açılarında kuru ve suya doygun tek eksenli basınç dayanımı değerleri

	Yönelim açısı	Numune sayısı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kgf/cm^2)	
			Kuru Ortalama Değer ($\pm$) Standart Sapma	Doygun Ortalama Değer ($\pm$) Standart Sapma
Belevi siyah mermeri	0°	14	$532,46 \pm 94,16$	$506,60 \pm 101,18$
	45°	14	$508,14 \pm 157,22$	$508,92 \pm 20,52$
	90°	14	$569,62 \pm 45,33$	$558,25 \pm 51,25$



Şekil 4.4 Belevi siyah mermerinin foliasyona 0°, 45° ve 90° yönelim açılarında kuru ve doygun tek eksenli basınç direnci değişimi

Bu veriler ışığında Belevi siyah mermerleri, Deere ve Miller (1966) sınıflamasına göre kuru ve doygun numunelerin foliasyona 0°, 45° ve 90° yönelim açısında da ‘orta dirençli kaya’ olduğunu göstermektedir (Tablo 4.12, Ek 4).

Tablo 4.12 Kayaçların tek eksenli basınç direnci değerlerine göre sınıflaması (Deere ve Miller, 1966)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)
Çok Yüksek Dirençli Kaya	>2000
Yüksek Dirençli Kaya	2000-1000
Orta Dirençli Kaya	1000-500
Düşük Dirençli Kaya	500-250
Çok Düşük Dirençli Kaya	<250



Şekil 4.5 Belevi siyah mermerin kuru (A) ve doygun (B) numunelerin tek eksenli basınç direnci deneyi sonrası görünümü (Kişisel arşiv, 2019)

Tablo 4.11 ve Şekil 4.4'e bakıldığında yönlü Belevi siyah mermer numunelerinin tek eksenli basınç dirençlerinin yükleme açısına göre farklılıklar sunduğu görülmektedir. Ancak değerlere ait standart sapmalar göz önüne alındığında kayacın anizotropik özelliği net olarak gözlenememektedir. Ayrıca tek eksenli basınç direnci deneyinde kırılma, yönlü numunelerden bir kısmında foliasyon düzlemleri boyunca gerçekleşirken bir kısmı ise bu düzlemlerden bağımsız şekilde kırılmıştır (Şekil 4.5).

4.3.2 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi

Nokta yükleme dayanım indeksi deneyi kayaçların dayanım özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır. Farklı numune boyutlarında ve şekilsiz kaya numuneleri üzerinde yapılabilen bu deneyde kaya numunesi, kayaca uyguladığı noktasal gerilme nedeniyle yükleme düzlemine dik çekme gerilimi altında kırılır (Erguvanlı, 1982).

Nokta yükleme dayanım indeksi deneyi basınç dirençleri ile ilişkili olduğu birçok kaya üzerinde yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur (Erguvanlı, 1982).

Nokta yükleme dayanım indeksi deneyi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bölümü Jeoloji Mühendisliği Kaya Zemin Mekaniği laboratuvarında, boy/çap oranı 1 olan, foliasyona 0°, 45° ve 90° yönelim açısına sahip kuru ve doygun toplam 36 adet silindirik numune üzerinde ISRM (1985) standardına uygun yapılmıştır (Tablo 4.13, Şekil 4.6).

Belevi siyah mermerin nokta yükleme dayanım indeksi aşağıda verilen eşitlikten yararlanarak belirlenmiştir (Eşitlik 4.10, 4.11).

$$De = 1,128 \times \sqrt{d \times a} \quad (4.10)$$

De: Eş değer çap (cm)

d: Numune yüksekliği (cm)

a: Numune genişliği (cm)

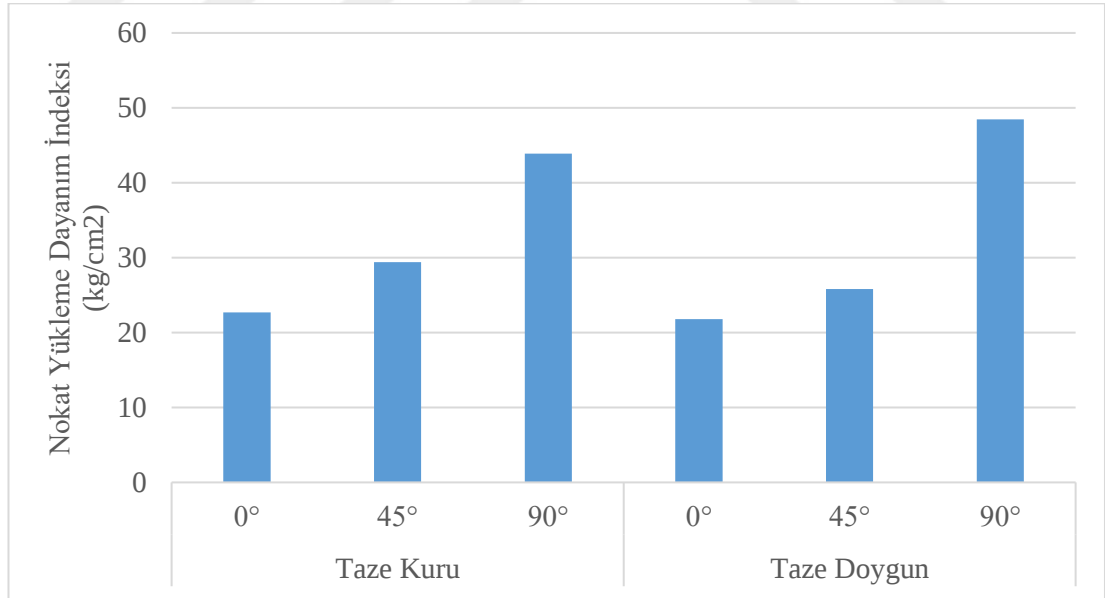
$$IS_{(50)} = \frac{P}{De^2} \quad (4.11)$$

IS₍₅₀₎: Nokta yükü dayanım indeksi (kg/cm²)

De²: Eş değer çap (cm)

Tablo 4.13 Belevi siyah mermerin nokta yükleme dayanım indeksi değerleri

	Yönelim açısı	Numune sayısı	Nokta Yükleme Dayanım İndeksi (I_{s50}) (kg/ cm ²)	
			Kuru Ortalama Değer ($\pm$) Standart Sapma	Suya Doygun Ortalama Değer ($\pm$) Standart Sapma
Belevi siyah mermeri	0°	12	22,70 $\pm$ 2,10	21,80 $\pm$ 2,26
	45°	12	29,39 $\pm$ 5,79	25,81 $\pm$ 8,48
	90°	12	43,87 $\pm$ 4,49	48,47 $\pm$ 7,50



Şekil 4.6 Belevi siyah mermerin kuru ve suya doymuş nokta yükleme indeksi değişimi

Belevi siyah mermerin nokta yükleme dayanım indeksi ortalama değerleri foliasyona yönelim açısı 0° olan kuru numunelerde 22,70 $\pm$ 2,10 kgf/cm², suya

doygun numunelerde ise $21,8 \pm 2,26 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu saptanmıştır. Foliasyona yönelim açısı 45° olan kuru numunelerde $29,39 \pm 5,79 \text{ kgf/cm}^2$ suya doygun numunelerde ise $25,81 \pm 8,48 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu saptanmıştır. Foliasyona yönelim açısı 90° olan kuru numunelerde $36,18 \pm 13,69 \text{ kgf/cm}^2$ suya doygun numunelerde ise $52,12 \pm 7,29 \text{ kgf/cm}^2$ olduğu saptanmıştır (Tablo 4.14, Ek 5).

Tablo 4.14 Kayaçların nokta yükleme dayanım indeksi sınıflaması (Bieniawski, 1976)

Kaya sınıfı	Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Değeri (kg/cm^2)
Çok Yüksek Dirençli Kaya	≥ 80
Yüksek Dirençli Kaya	80-40
Orta Dirençli Kaya	40-20
Düşük Dirençli Kaya	20-10
Çok düşük Dirençli Kaya	< 10

Bieniawski tarafından önerilen sınıflandırmaya göre, Belevi siyah mermerin nokta yükleme dayanım indeksi değerine göre foliasyona yönelim açısı 0° , 45° , 90° olan kuru ve 0° , 45° yönelim açısındaki doygun numuneler için ‘Orta Dirençli Kaya’, foliasyona yönelim açısı 90° olan doygun numuneler için ‘Yüksek Dirençli Kaya’ sınıfına girmektedir (Tablo 4. 14).

Tablo 4.13 ve Şekil 4.6 ya bakıldığında, Belevi siyah mermerinin yönlü örneklerde yükleme yönüne göre nokta yükü dayanım indeksi değerlerinde farklılıklar görülmektedir. Ancak en düşük değer in yükleme açısı ile anizotropi düzlemi arasında 0° koşulundaki yüklemelerde gözlenmesi, kayaç üzerinde uygulanan tek eksenli basınç direnci deneyleri ile uyumsuzluk göstermektedir. Bu durum nokta yükleme edeneyi esnasında konik ucun, kayacın foliasyon düzlemleri boyunca daha düşük yükler altında kırılmasına neden olmasından kaynaklanmıştır.

4.3.3 Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci

Brazilian (indirekt) çekme direnci, boy/çap oranı 0,5 olan 54 mm çapındaki silindirik karot numuneleri üzerinde uygulanmıştır. Foliasyon düzlemleri farklı değişik açılarda (0°, 45° ve 90°) yükleme yapılacak şekillerde üretilmiş kaya numunelerinin kullanıldığı deney, doymuş ve kuru numuneler üzerinde yapılmıştır. TS 7654 standardına uygun olarak yapılan deney sonuçları aşağıda verilen eşitlik kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 4.15’de verilmiştir (Eşitlik 4.12).

$$B = \frac{2 \times P}{\pi \times R \times L} \quad (4.12)$$

B: Brazilian indirekt çekme direnci (kgf/cm²)

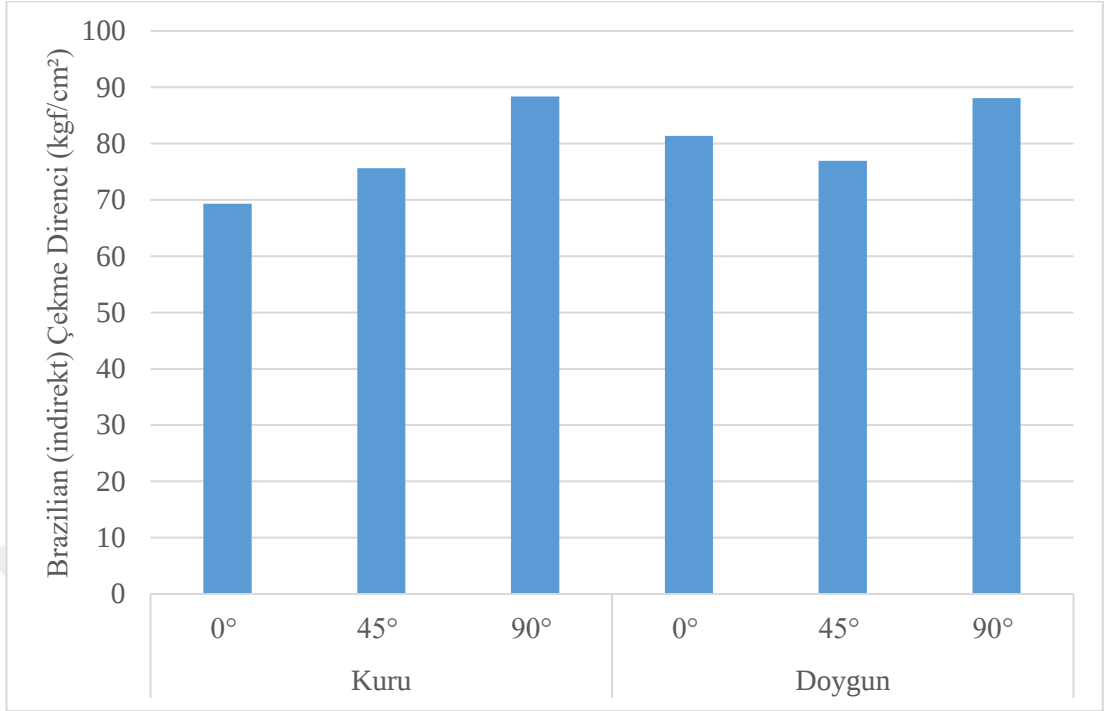
P: Kırılma esnasında uygulanan maksimum yük (kg)

R: Numune çapı (cm)

L: Numune boyu (cm)



Şekil 4.7 Brazilian indirekt çekme direnci deneyi aleti (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 4.8 Belevi siyah mermerinin foliasyona 0°, 45° ve 90° yönelim açılı kuru ve suya doymun brazilian (indirekt) çekme direnci değışimi

Belevi siyah mermerin üzerinde uygulanan brazilian (indirekt) çekme direnci deneyi sonucunda çekme direnci ortalaması foliasyona yönelim açısı 0° olan kuru numunelerde $69,29 \pm 10,14$ kgf/cm², doymun numunelerde $81,37 \pm 10,17$ kgf/cm² ölçölmüştür. Foliasyona yönelim açısı 45° olan kuru numunelerde $75,62 \pm 24,51$ kgf/cm², doymun numunelerde $76,93 \pm 19,84$ kgf/cm² ölçölmüştür. Foliasyona yönelim açısı 90° olan kuru numunelerde $88,35 \pm 10,57$ kgf/cm², doymun numunelerde ise $88,09 \pm 16,24$ kgf/cm² olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8, Ek 6).

Tablo 4.15 Belevi siyah mermerinin brazilian (indirekt) çekme direnci değerleri

Belevi siyah mermeri	Yönelim açısı	Numune sayısı	Brazilian çekme direnc (kgf/cm ²)	
			Kuru Ortalama Değer (±) Standart Sapma	Suya Doygun Ortalama Değer (±) Standart Sapma
	0°	12	69,29±10,14	81,37±10,17
	45°	12	75,62±24,51	76,93±19,84
	90°	12	88,35±10,57	88,09±16,24

4.3.4 Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı

Belevi siyah mermerleri üzerinde yürütülen Böhme yüzeysel aşınma kaybı deneyi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Kaya Zemin Mekaniği Laboratuvarında TS 1341 standartına uygun olarak yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.16’da verilmiştir.

Tablo 4.16 Belevi siyah mermerinin böhme yüzeysel aşınma kaybı değerleri

Belevi siyah mermeri	Yönelim açısı	Numune sayısı	Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı (cm ³ /50 cm ²) Ortalama (±)Standart Sapma
	90°	3	8,03±0,73
	0°	3	6,13±0,89

Belevi siyah mermerin deney sonu elde edilen böhme yüzeysel aşınma kaybı değeri; foliasyona 90° yönelim açısında ortalama $8,03 \pm 0,73 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ olarak, foliasyona 0° yönelim açısında ise $6,13 \pm 0,89 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ ortalama hesaplanmıştır (Tablo 4.13). Yönlenme açısı 0 olan durumdaki numunelerde Böhme yüzeysel aşınma kaybının daha yüksek çıkmasının nedeni, deney esnasında yönlenmeye neden olan kalsit kristallerinin kayaç yüzeyinden daha kolay ayrılması ile açıklanabilir.



BÖLÜM BEŞ

DURABİLİTE ÖZELLİKLERİ VE ANİZOTROPİNİN ETKİSİ

5.1 Giriş

Çeşitli alanlarda kullanılan doğal yapıtaşları iklimsel ve çevresel ayrıştırıcı olaylara mazruz kalırlar. Kayaçların bu ayrıştırıcı faktörlere gösterdikleri direnç, durabilite olarak tanımlanabilir. Doğal yapıtaşları ıslanma-kuruma, donma-çözülme, tuz kristallenmesi ve biyolojik etkiler başta olmak üzere birçok çevresel ayrıştırıcı olaylara maruz kalırlar. Bu olaylarda kayacın bozunmasına, kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler neden olurlar (Bell, 1993, Siegesmub ve diğer., 2011, Stück ve diğer., 2011, Reudirich ve diğer., 2011, Koralay ve diğer., Steinberger 2003, Yavuz, 2006).

Çalışmanın bu bölümünde Belevi siyah mermerinin durabilite özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, daha önceden taze numuneler üzerinde yürütülen laboratuvar deneyleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenen Belevi siyah mermerinin çevresel ayrıştırıcı etkiler altında davranışları araştırılmıştır. Foliasyon düzlemlerine bağlı olarak değişik açılarda (0° ,45° ve 90°) hazırlanmış olan kaya numuneleri ıslanma-kuruma, donma-çözülme, termal şok, ısınma-soğuma (oda) ve tuz (MgSO₄) kristallenmesi gibi hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulmuştur. Deney süresince deney türüne bağlı olarak değişen periyotlarda (çevrimlerde) numunelerin fiziksel özellikleri yapılan ara ölçümler ile saptanmıştır. Deney sonucunda hızlandırılmış ayrıştırma testine tabi tutulan kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmıştır. Buradaki amaç hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulan kayaçların durabilitelerindeki değişimlerin ve var ise bu değişimlerin kayacın içerdiği foliasyon düzlemlerinin yükleme açısına göre sunduğu farklılığın ortaya çıkartılmasıdır.

Çalışmanın bu aşamasında Belevi siyah mermerlerinden hazırlanan farklı yönelim açılarında ve farklı deneyler için hazırlanmış çeşitli L/D oranına sahip numuneler üzerinde uygulanan hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulan numunelerin sayısı Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 Hızlandırılmış ayrıştırma deneylerine tabi tutulan numune sayıları

Numune boyutu (L/D)	Yönelim açısı	Tuz (MgSO ₄)	Isınma-Soğuma (oda)	Donma-Çözülme	Isınma-Kuruma	Termal Şok
		Numune Sayısı				
2	90°	7	7	7	7	7
	45°	7	7	7	7	7
	0°	7	7	7	7	7
1	90°	6	6	6	6	6
	45°	6	6	6	6	6
	0°	6	6	6	6	6
0,5	90°	6	6	6	6	6
	45°	6	6	6	6	6
	0°	6	6	6	6	6

5.2 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Belevi Siyah Mermerlerinin Fiziksel Özellikleri

5.2.1 Isınma-Kuruma Deneyi

Doğal yapıtaşı olarak kullanılacak kayaçların durabilitesini belirlemek amacıyla kullanılan deneylerden biride ısınma-kuruma deneyidir (Yavuz, 2006; Topal ve Sözen, 2003; Rossi-Manaresi, 1976; Knöfel ve diğer., 1987).

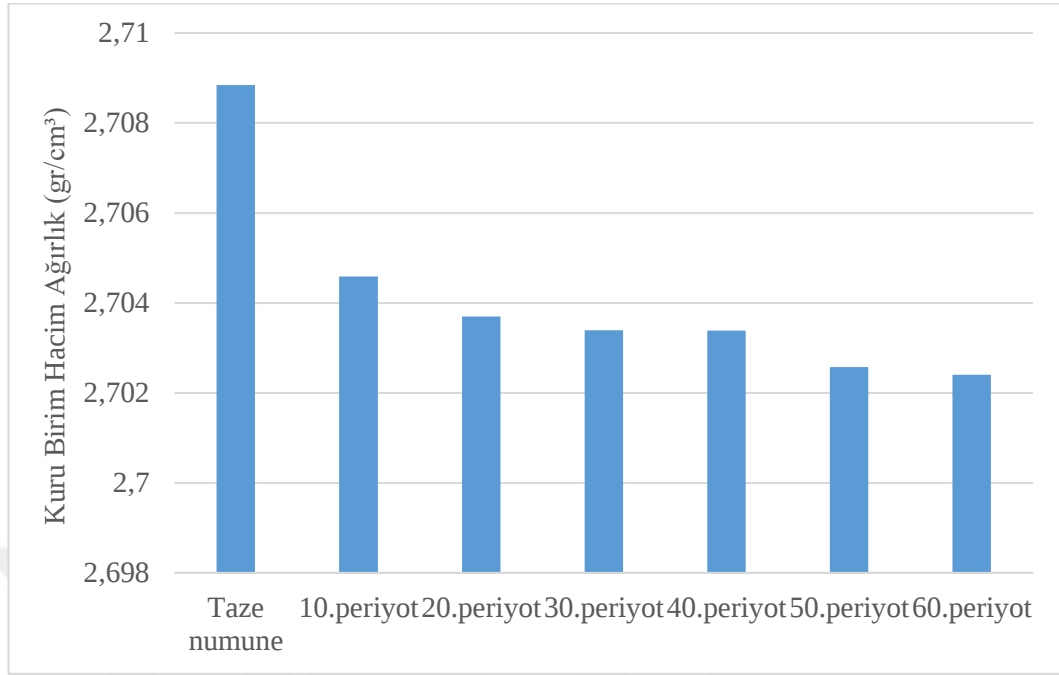
Çalışmanın bu bölümünde boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapında silindirik numuneler kullanılmıştır. TS 699 standardına uygun olarak yapılan deneyde numunelerin her 10 periyotta bir fiziksel özellikleri ile deney sonrası mekanik özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir (Ek 7).

5.2.1.1 Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler

Deneye başlamadan önce belirlenmiş olan fiziksel özellikler her 10 periyot sonrası tekrar belirlenerek deney süresince değişimleri karşılaştırılmıştır (Tablo 5.2-5.3, Şekil 5.1-5.5).

Tablo 5.2 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlık değerleri

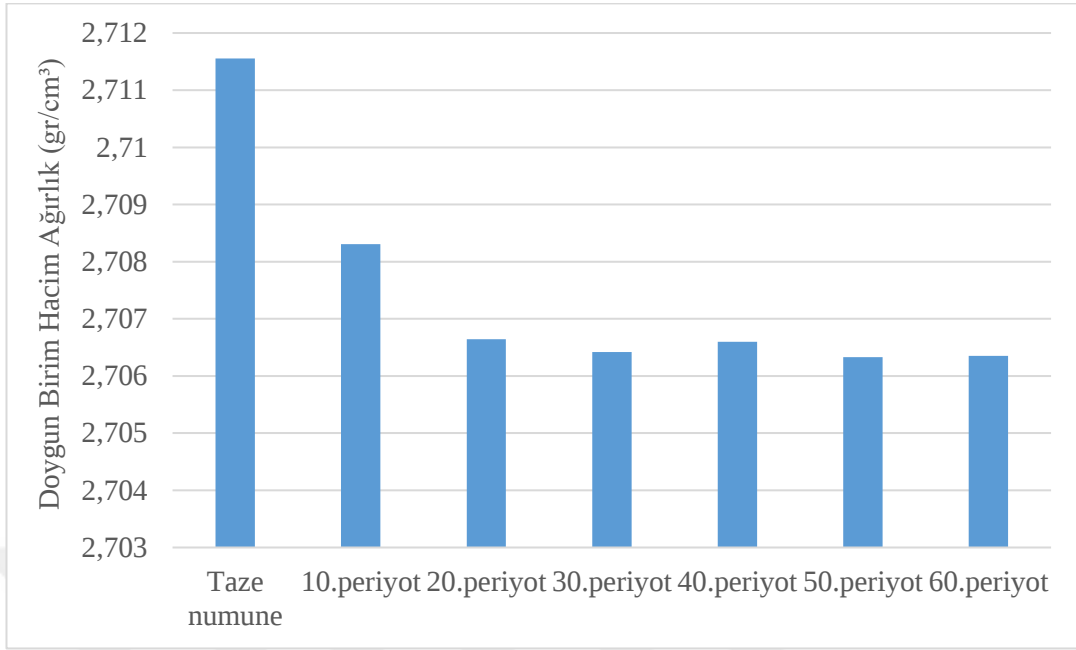
Belevi siyah mermeri	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)						
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
Ortalama Değer	2,708	2,704	2,703	2,703	2,703	2,702	2,702
(±) Standart Sapma	±0,006	±0,007	±0,006	±0,002	±0,006	±0,006	±0,006



Şekil 5.1 Belevi siyah mermerin ıslanma-kuruma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlıklarındaki değişimi

Tablo 5.3 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlık değerleri

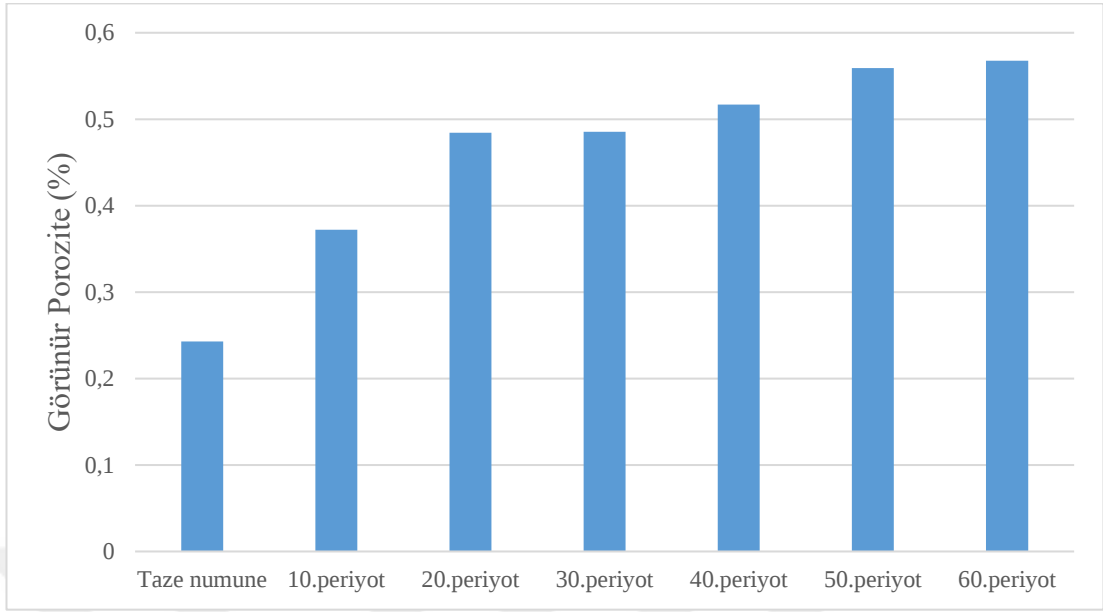
Belevi siyah mermeri	Doymuş Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)						
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
Ortalama Değer	2,711	2,708	2,706	2,706	2,706	2,706	2,706
(±) Standart Sapma	±0,008	±0,006	±0,006	±0,006	±0,006	±0,006	±0,005



Şekil 5.2 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlıklarındaki değişimi

Tablo 5.4 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince görünür porozite değerleri

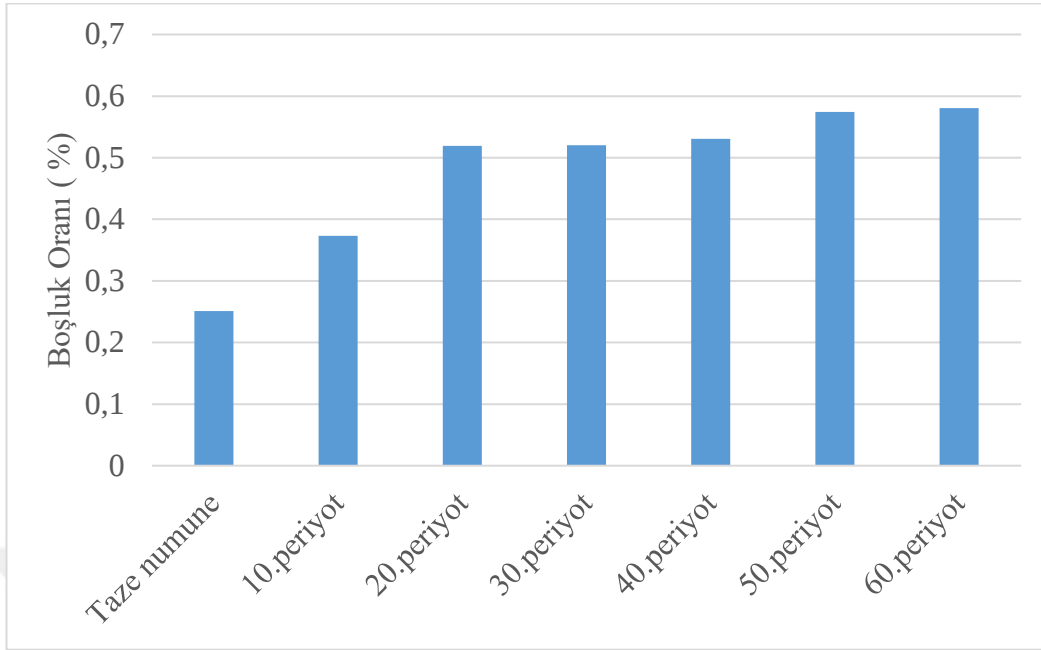
Belevi siyah mermeri	Görünür Porozite %						
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
Ortalama Değer	0,242	0,371	0,484	0,485	0,516	0,559	0,567
(±) Standart Sapma	±0,050	±0,062	±0,0704	±0,098	±0,108	±0,121	±0,162



Şekil 5.3 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince görünür porozitesindeki değişimi

Tablo 5.5 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince boşluk oranı değerleri

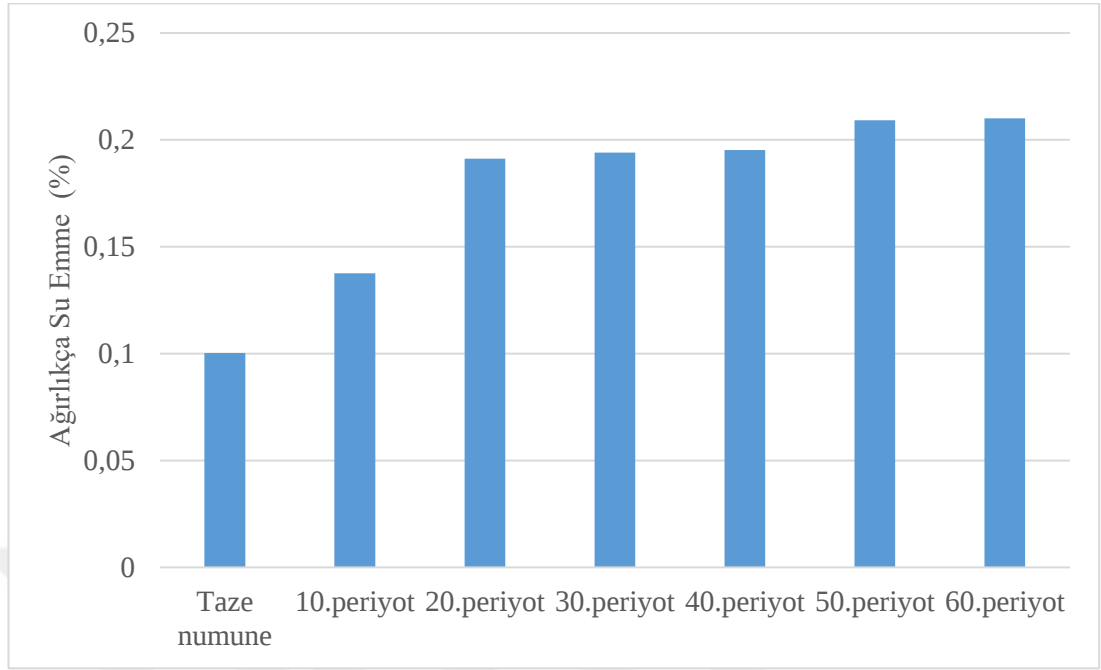
Belevi siyah mermeri	Boşluk Oranı (%)						
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
Ortalama Değer	0,250	0,373	0,519	0,520	0,530	0,574	0,580
(±) Standart Sapma	±0,059	±0,063	±0,085	±0,080	±0,100	±0,131	±0,163



Şekil 5.4 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince boşluk oranlarındaki değişimi

Tablo 5.6 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri

Belevi Siyah Mermeri	Ağırlıkça Su Emme (%)						
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
Ortalama Değer	0,092	0,137	0,191	0,194	0,195	0,209	0,210
(±) Standart Sapma	±0,021	±0,023	±0,031	±0,028	± 0,036	±0,048	±0,060



Şekil 5.5 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince ağırlıkça su emme değişimi

Islanma-kuruma deneyinde 60 periyot sonrası Belevi siyah mermerin kuru birim hacim ağırlığında %0,237 , doygun birim hacim ağırlığında %0,191 azalma, boşluk oranında %53,05 , ağırlıkça su emme değeri %52,23 ve porozite değeri ise %52,15 oranında artış olduğu hesaplanmıştır (Tablo 5.2-5.5, Şekil 5.2-5.5).

5.2.1.2 Islanma-Kuruma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Belevi siyah mermerin ıslanma-kuruma deneyi süresince maruz kaldıkları kütle kaybı değerleri $\pm 0,01$ hassasiyetli terazi yardımı ile belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilen eşitlik yardımıyla değerlendirilmiştir (Eşitlik 5.1). Deney sonucu elde edilen veriler Tablo 5.7 ve Şekil 5.6’da sunulmuştur.

$$W = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (5.1)$$

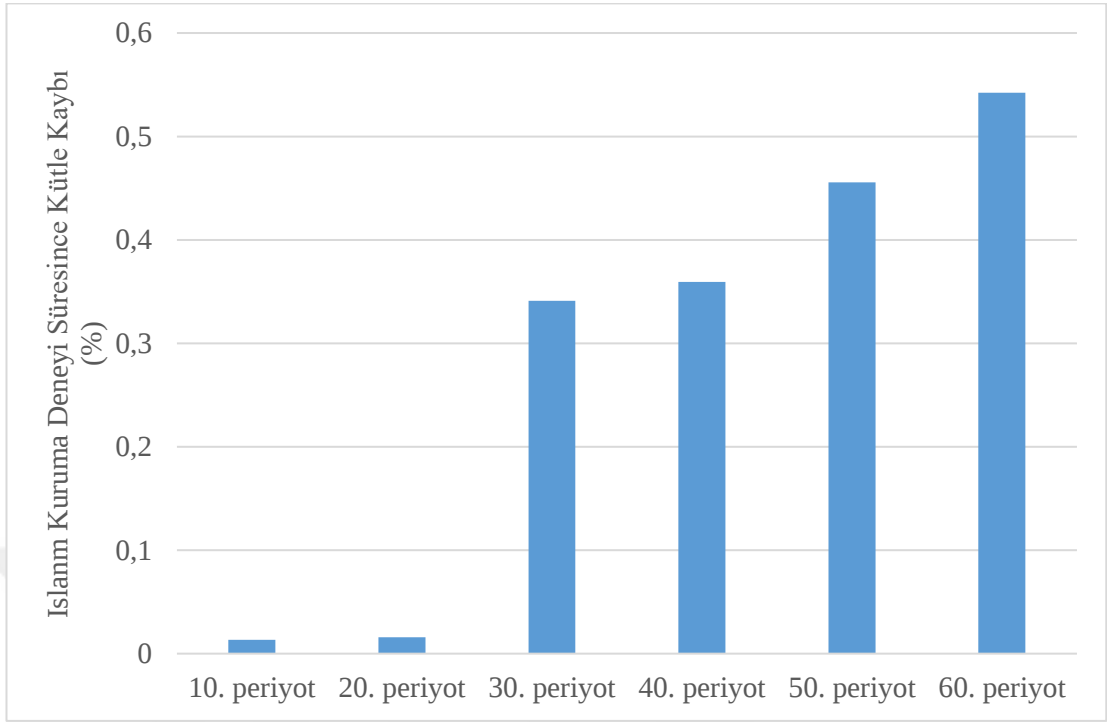
W: Deney sonu kütle kaybı (%)

Wa: Deney öncesi kuru ağırlık (gr)

Wb: Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 5.7 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince gelişen kütle kaybı değerleri

Kaya Türü	Numune sayısı	Deney Periyodu	Kütle Kaybı
			Ortalama ($\pm$) Standart Sapma
Belevi siyah mermeri	21	10. Periyot Sonu	0,013 $\pm 0,01$
		20. Periyot Sonu	0,015 $\pm 0,009$
		30. Periyot Sonu	0,34 $\pm 0,010$
		40. Periyot Sonu	0,35 $\pm 0,010$
		50. Periyot Sonu	0,45 $\pm 0,010$
		60. Periyot Sonu	0,54 $\pm 0,010$

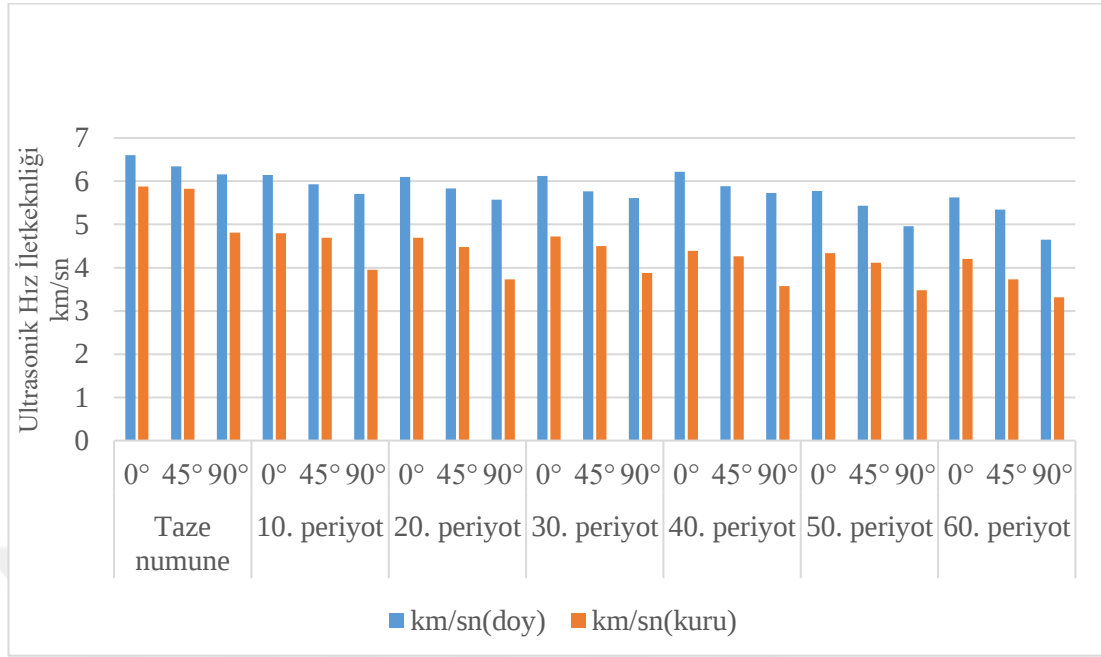


Şekil 5.6 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince kütle kaybı değişimi

Toplamda 60 periyot yapılan ıslanma-kuruma deneyi sonunda Belevi siyah mermerinde 10. periyot sonunda %0,013 , 20. periyot sonunda %0,015 , 30. periyot sonunda %0,341 , 40. periyot sonunda %0,359 , 50. periyot sonunda %0,455 ve 60. periyot sonunda %0,542 oranında kütle kaybı yaşadığı belirlenmiştir. İlgili standartta deneyin 80 periyot olarak uygulanması önerilmektedir. Ancak bu çalışmada süre kısıtlaması nedeniyle ıslanma kuruma deneyi 60. Periyotta sonlandırılmıştır.

5.2.1.3 Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği

Belevi siyah mermerin ıslanma-kuruma deneyi sonunda ultrasonik hız değişimleri kuru numuneler üzerinde yapılan ölçümlerde foliasyona 0° yönelim açısında %14,73 , 45° yönelim açısında %15,76 , 90° yönelim açısında ise %24,57 olarak saptanmıştır. Doygun numuneler üzerinde yapılan ölçümlerde ise foliasyona 0° yönelim açısında %28,56 , 45° yönelim açısında %35,97 ve 90° yönelim açısında ise %31,06 olarak saptanmıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Belevi siyah mermerinin ıslanma-kuruma deneyi süresince foliasyona farklı yönelim açılarında kuru ve doymuş ultrasonik iletkenlik hızlarındaki değişimi

5.2.2 Donma-Çözülme Deneyi

Doğal yapıtaşların bozunmasını ve içindeki gerilimi değiştiren en önemli etmenlerden biri don olayıdır. Termohidrik ve nem genişmesi kayaçları etkileyen önemli bozunma proseslerindendir (Siegesmund ve diğer., 2011).

Doğal taşların gözenek ve çatlaklarında depolanan su, kayaçların kimyasal bozunmasına ve mekanik olarak bozunmasına neden olur. Suyun buza dönüşmesi sonucu hacmi yaklaşık olarak %9 oranında genişler ve bu durum kaya içerisinde gözenek basıncına neden olur. Su genişlemesinin neden olduğu basınç kayacın çekme gerilmesine erişir. Bu proses sonucunda kayaç içerisinde yeni mikro çatlaklar gelişir, önceden var olan çatlaklar dahada derinleşir ve genişler (Yavuz ve diğer., 2006).

Suyun buz haline gelip kristalleşmeye başlaması ve buz kristallerinin büyümesi sonucunda, taşın içinde çatlak ve parçalanmaların geliştiği gözlenir. Su, normal atmosferik koşullarda 0°C de donmaktadır. Ancak kayaçların içerisindeki su, 0°C altında kristalleşmeye başlar (Rossi-Doria. 1985, Siegesmund ve diğer., 2011). Donma-çözülme deneyi, bir hızlandırılmış ayrıştırma deneyi olup donma-çözülme döngüsü sonrasında doğal taşların malzeme özellikleri üzerinde mevsimsel ve iklimsel hareketliliklerin sebep olduğu değişimleri önceden tahmin etmemizi sağlamaktadır (Topal ve Doyuran. 1997, Siegesmund ve diğer., 2011).

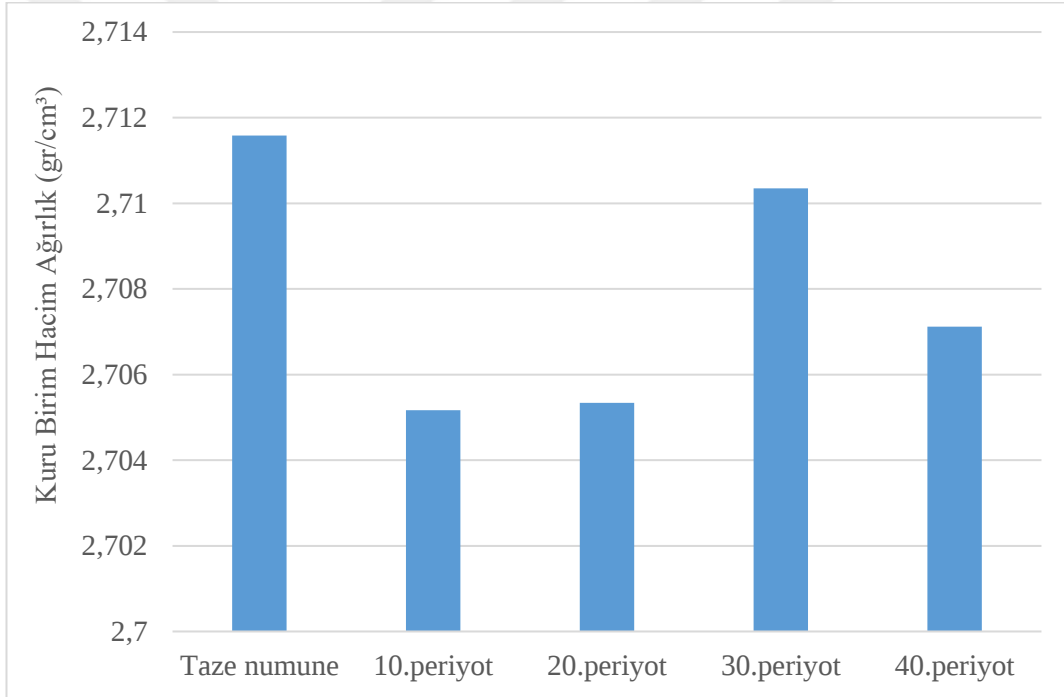
Belevi siyah mermer bloklarından alınan numuneler TS 699 da belirtilen standartlara uygun olarak donma-çözülme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyde boy/çap oranı 2 olan 54 mm silindirik numuneler kullanılmış ve kayaç içerisindeki görünür porozite, birim hacim ağırlık, boşluk oranı ve su emme gibi fiziksel özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir.

5.2.2.1 Donma-Çözülme Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler

Belevi siyah mermer üzerinde yapılan donma-çözülme deneyinde her 10 periyotta bir yapılan ara ölçümler ile kayacın fiziksel özellikler belirlenmiş ve deney sonunda kayacın orijinal haldeki fiziksel özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerler, Şekil 5.8-5.11 ve Tablo 5.9-5.12’de verilmiştir.

Tablo 5.8 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince kuru birim hacim ağırlık değerleri

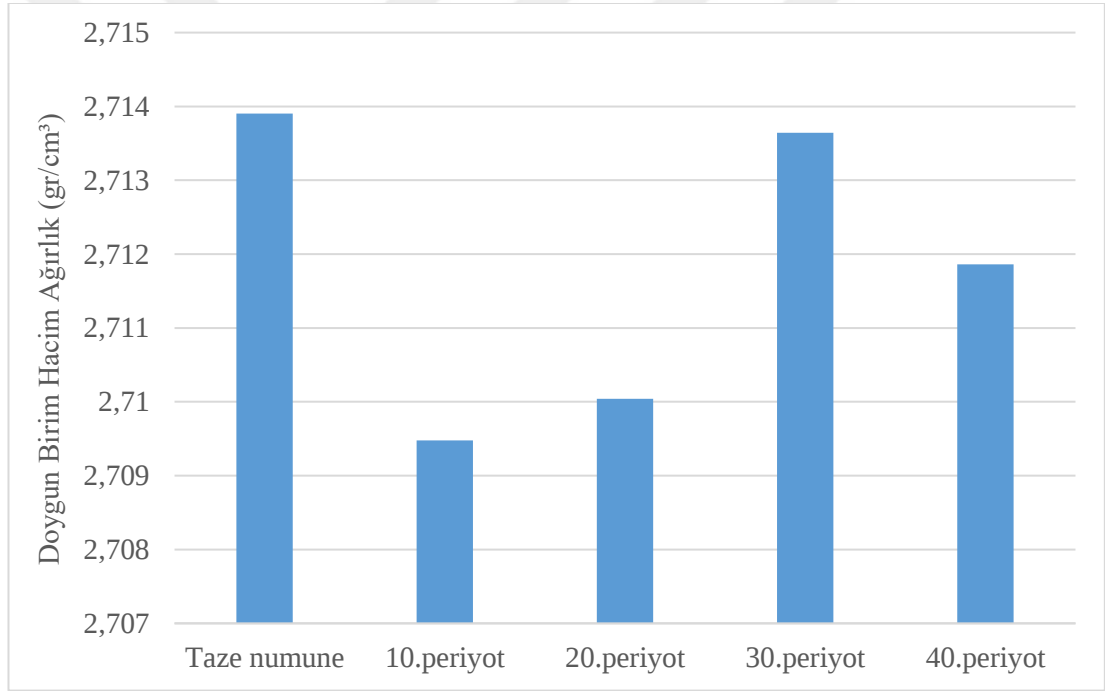
Belevi siyah mermeri	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama Değer	2,711	2,705	2,705	2,710	2,707
(±)Standart Sapma	±0,003	±0,003	±0,003	±0,003	±0,003



Şekil 5.8 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme süresince kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi

Tablo 5.9 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince doygun birim hacim ağırlık değerleri

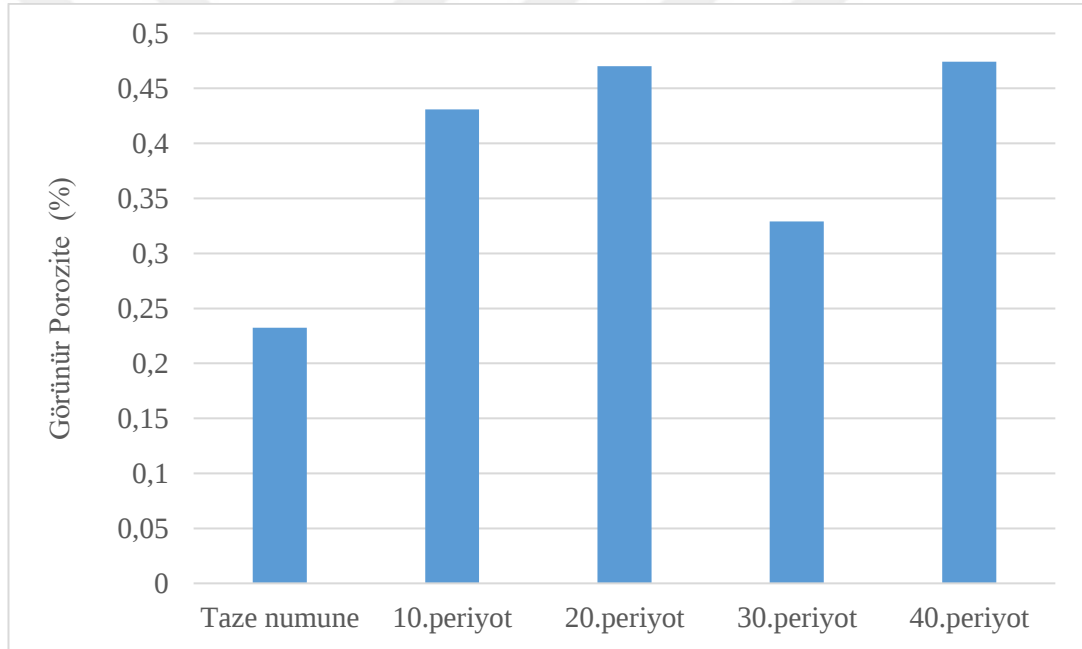
Belevi siyah mermeri	Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama Değer	2,713	2,709	2,710	2,713	2,711
(±) Standart Sapma	±0,003	±0,003	±0,003	±0,003	±0,003



Şekil 5.9 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince doygun birim hacim ağırlığındaki değişimi

Tablo 5.10 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince görünür porozite değerleri

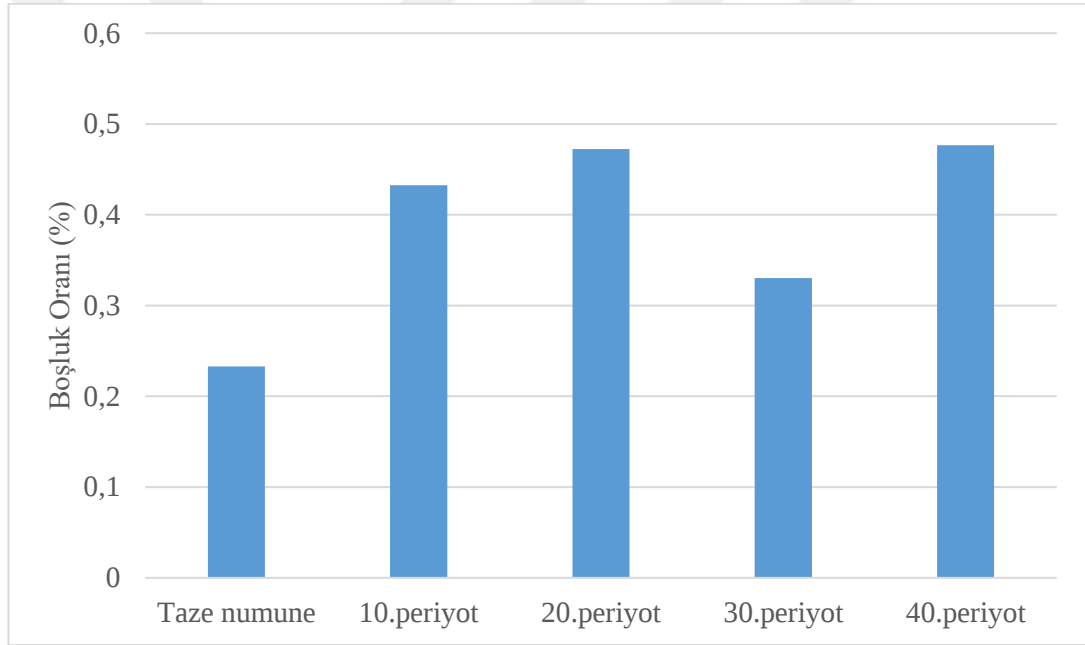
Belevi siyah mermeri	Görünür porozite (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama Değer (±)Standart Sapma	0,23 ± 0,038	0,43 ± 0,045	0,47 ± 0,056	0,32 ± 0,071	0,47 ± 0,066



Şekil 5.10 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince görünür porozitesindeki değişimi

Tablo 5.11 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince boşluk oranı değerleri

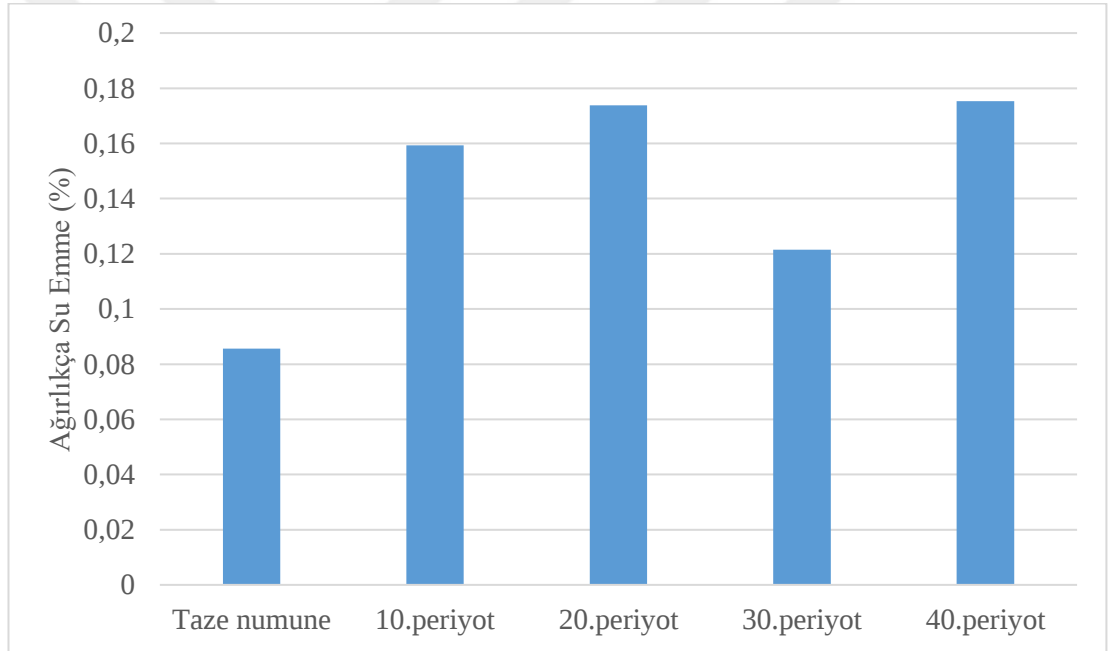
Belevi siyah mermeri	Boşluk Oranı (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama Değer	0,23	0,43	0,47	0,33	0,47
(±) Standart Sapma	±0,039	±0,045	±0,056	±0,072	±0,066



Şekil 5.11 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince boşluk oranındaki değişimi

Tablo 5.12 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri

Belevi siyah mermeri	Ağırlıkça Su Emme (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama Değer	0,08	0,15	0,17	0,12	0,17
(±) Standart Sapma	±0,014	±0,017	±0,020	±0,026	±0,024



Şekil 5.12 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince ağırlıkça su emme değişimi

Donma-çözülme deneyi sonucunda Belevi siyah mermerin kuru birim hacim ağırlığında %0,16 , doygun birim hacim ağırlığında %0,07 oranında azalma, porozitesinde %51,03 , boşluk oranı değerinde %51,15 oranında, ağırlıkça su emme değerinde %51,11 oranında artış saptanmıştır.

5.2.2.2 Donma-Çözülme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Belevi siyah mermer numunelerinde yapılan 40 periyot donma-çözülme deneyi sonrası aşağıdaki eşitlik kullanılarak donma çözülme sonrası kütle kaybı hesaplanmıştır (Eşitlik 5.2). Elde edilen değerler Tablo 5.13’de verilmiştir.

$$W = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (5.2)$$

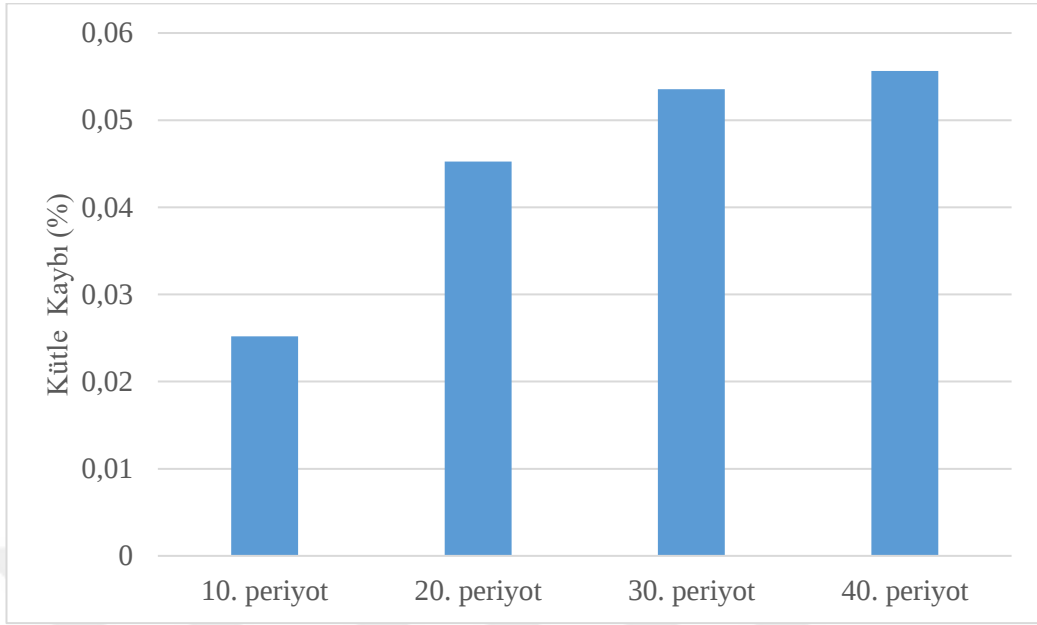
W: Kütle kaybı (%)

W_a: Deney öncesi kuru ağırlık (gr)

W_b: Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 5.13 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince gelişen kütle kaybı değerleri

Kaya Türü	Numune sayısı	Deney Periyodu	Kütle Kaybı	
			Ortalama	Standart Sapma (±)
Belevi Siyah Mermeri	21	10. Periyot Sonu	0,025	0,006
		20. Periyot Sonu	0,045	0,006
		30. Periyot Sonu	0,053	0,009
		40. Periyot Sonu	0,055	0,012

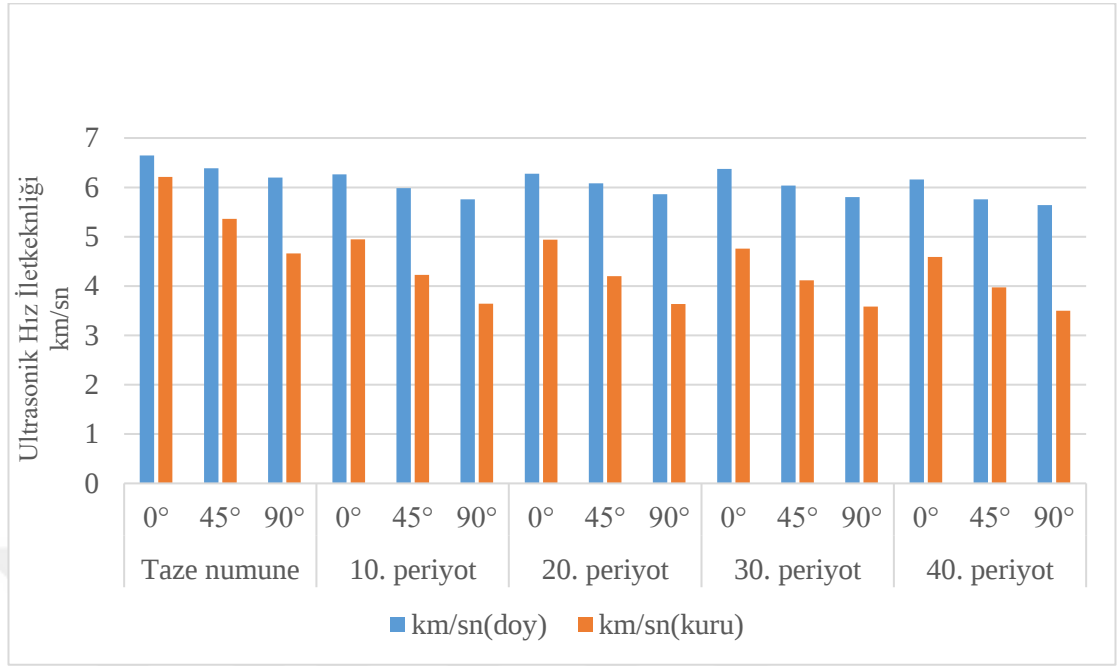


Şekil 5.13 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince kütle kaybı değişimi

Donma-çözülme deneyi süresinde Belevi siyah mermerinde gelişen 10 periyot sonunda %0,025, 20 periyot sonrası 0,045, 30 periyot sonrası %0,053 ve 40 periyot sonunda %0,055 olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.13).

5.2.2.3 Donma-Çözülme Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği

Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi sonunda ultrasonik hız değerlerinde, kuru numuneler için 0° yönelim açısında %26,12 , 45° yönelim açısında %25,82 , 90° yönelim açısında ise %24,93 oranında azalma, doymuş numunelerde yapılan ölçümlerde ise foliasyona 0° yönelim açısında %7,26 , 45° yönelim açısında %9,89 , 90° yönelim açısında ise %9,06 oranında azalma geliştiği saptanmıştır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Belevi siyah mermerinin donma-çözülme deneyi süresince foliasyona farklı yönelim açılarında kuru ve suya doymuş koşullardaki ultrasonik ses hızı iletkenliği

5.2.3 Tuz ($MgSO_4$) Kristallenmesi Deneyi

Tuz kristallenmesi gözeneklerde oluşan gerilmenin bir sonucu olarak doğal yapıtaşlarına zarar veren bir süreçtir (Luquer, 1985).

Doğal yapıtaşlarında kullanılan kayaçların boşluklarında gerçekleşen tuz kristallenmeleri, gizli çiçeklenme olarak adlandırılır. Bu sırada kayaçların içindeki basınç yükselir ve yeni çatlaklar oluşur (Küçükkaya, 1995).

Doğal kayaçlar, arkeolojik ve mimari anıtları kapsayan yapı ve heykelticilik gibi vazgeçilmez kültürel mirasımızın birçoğunda kullanılmaktadır. Bunlar bizim için sadece estetik değerler değil ayrıca gelecek nesillere kaynak ve tarihsel kanıt olmaktadır. Tuz hasarını içeren çeşitli zararlı ayrışma süreçleri, kültürel mirasların sembollerini tehdit etmektedir (Winkler, 1994).

Tuzların kristalizasyonu taş bozunmaları içinde en yaygın ve tahrip edici olanıdır. Kimyasal yapıları ne olursa olsun gözenekli kayaçların tümünde, donma ya da hava kirliliği bağlantısı olmaksızın etkili olmaktadır. Suda eriyebilen tuzlar, su ile taşınarak herhangi bir yolla taşın gözeneklerini ve çatlaklarına ulaşarak buharlaşır. Buharlaşma sonunda tuz, taşın yüzeyi ile kılcal çatlaklarında birikir. Kılcal çatlaklara taşınan tuz osmos şartlarını hazırlayarak, sürekli bir tuz birikimine neden olur (Topal ve Doyuran, 1997).

Doğal yapıtaşları çeşitli alanlarda değişik nedenlerden dolayı tuzlanmaya maruz kalırlar. Tuz kristallenmesi kaya durabilitesini etkileyen ve kayacı kısa sürelerde çok fazla bozunmasına neden olan etmenlerden biridir (Yavuz ve diğer., 2001).

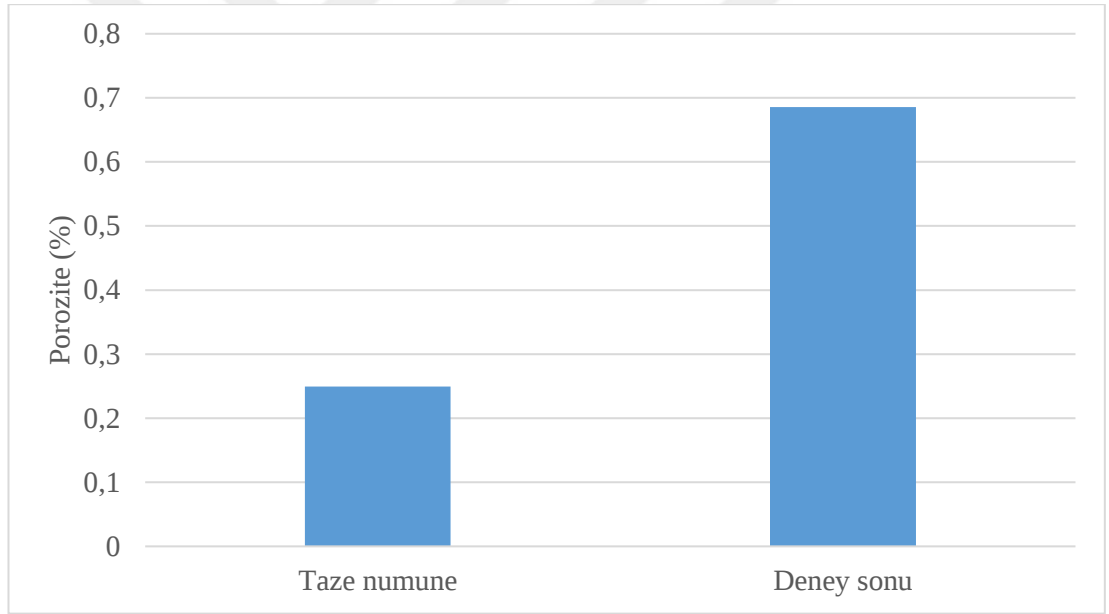
Belevi siyah mermerinin tuz ($MgSO_4$) deneyi sonrası kütle kaybı hesaplanırken mermer bloklarından alınan boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapındaki silindirik şekilli 0° , 45° ve 90° yönelim açılı 21 adet numune kullanılmıştır. Deney, Tablo 1.1 de verilen standartlara uygun olarak yapılmıştır. Deney sonrasında kayacın fiziksel özellikleri ve kütle kaybı hesaplanmıştır.

5.2.3.1 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Fiziksel Özellikler

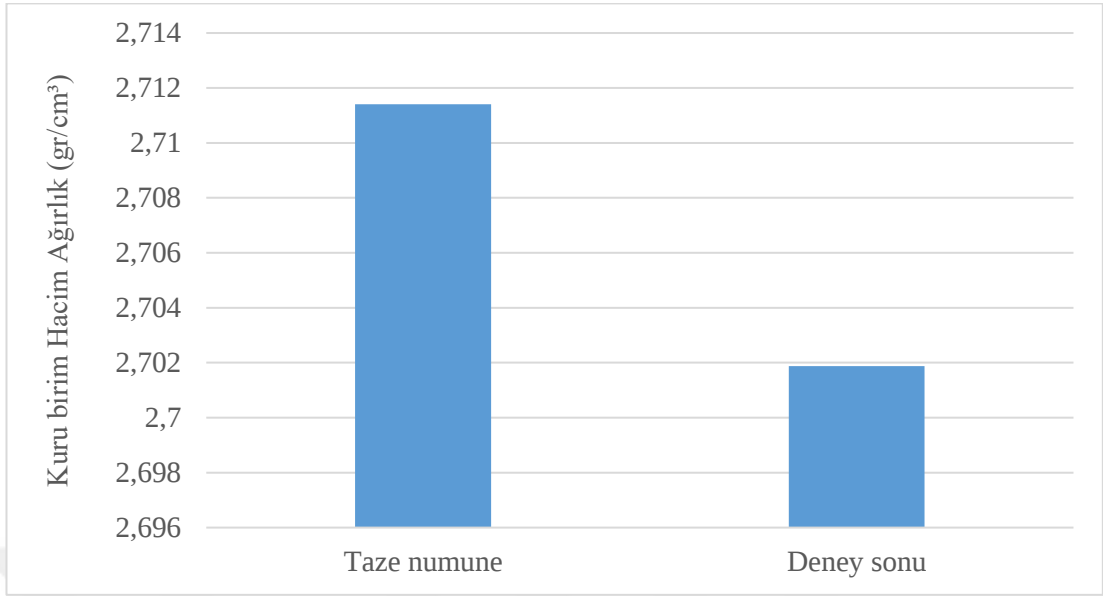
Numunelerin deneye başlamadan önceki fiziksel özellikleri ile deneyden sonraki fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 5.15-5.19, Tablo 5.14, Ek 7).

Tablo 5.14 Belevi siyah mermerinin tuz kristallenmesi deneyi sonunda fiziksel özellik değerleri

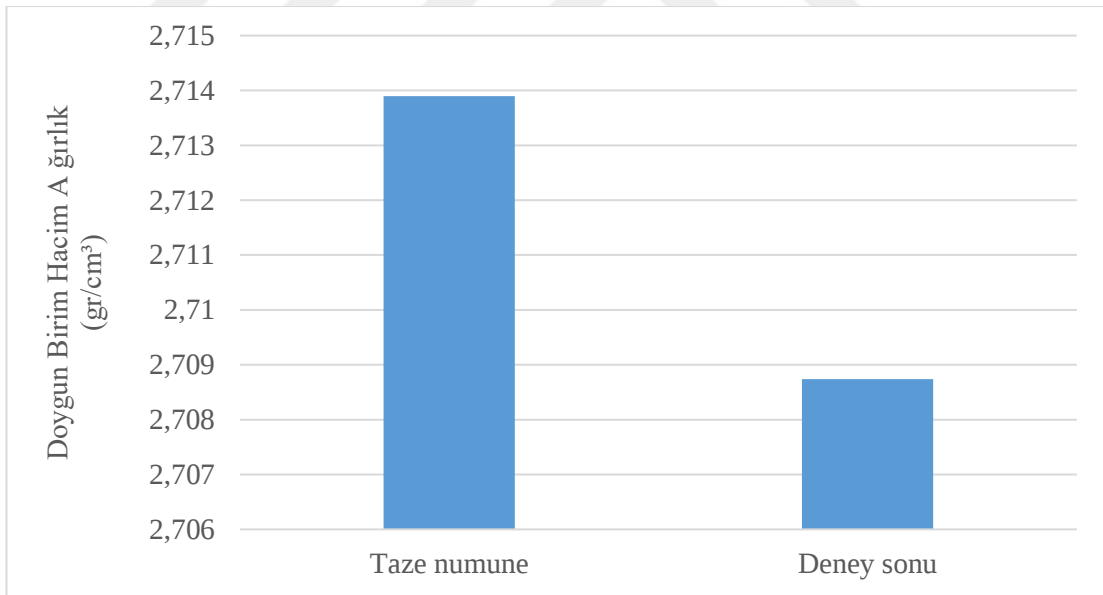
Belevi Siyah Mermer	Ortalama Değer (±) Standart Sapma	
Deneyler	Tane Numune	Deney Sonrası
Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2,71± 0,004	2,70±0,005
Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2,71±0,003	2,70±0,004
Porozite %	0,24±0,059	0,68±0,108
Boşluk Oranı %	0,25±0,059	0,69±0,109
Ağırlıkça Su Emme %	0,09±0,021	0,25±0,040



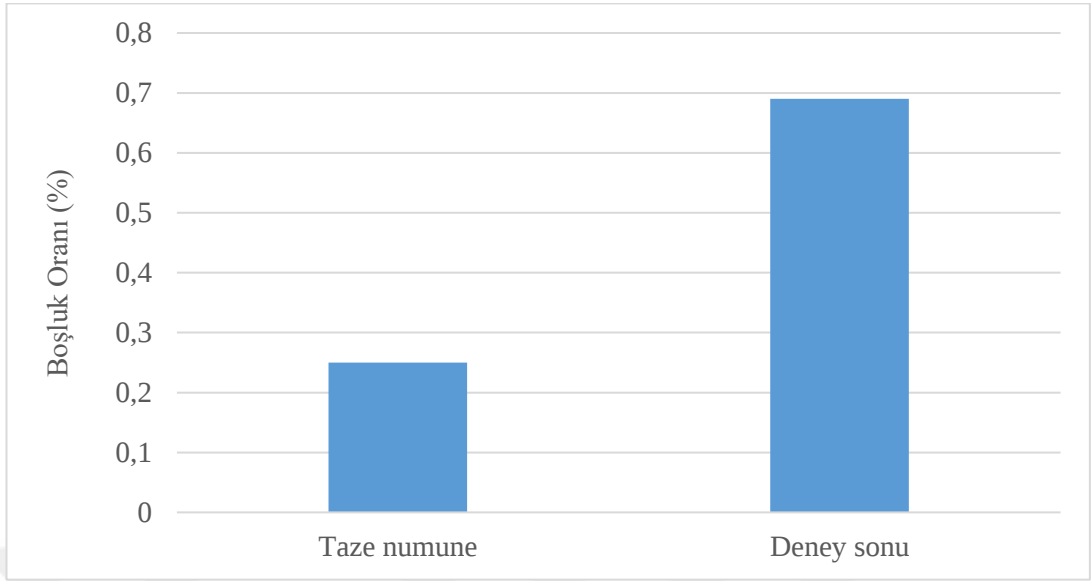
Şekil 5.15 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası porozitelerindeki değişimi



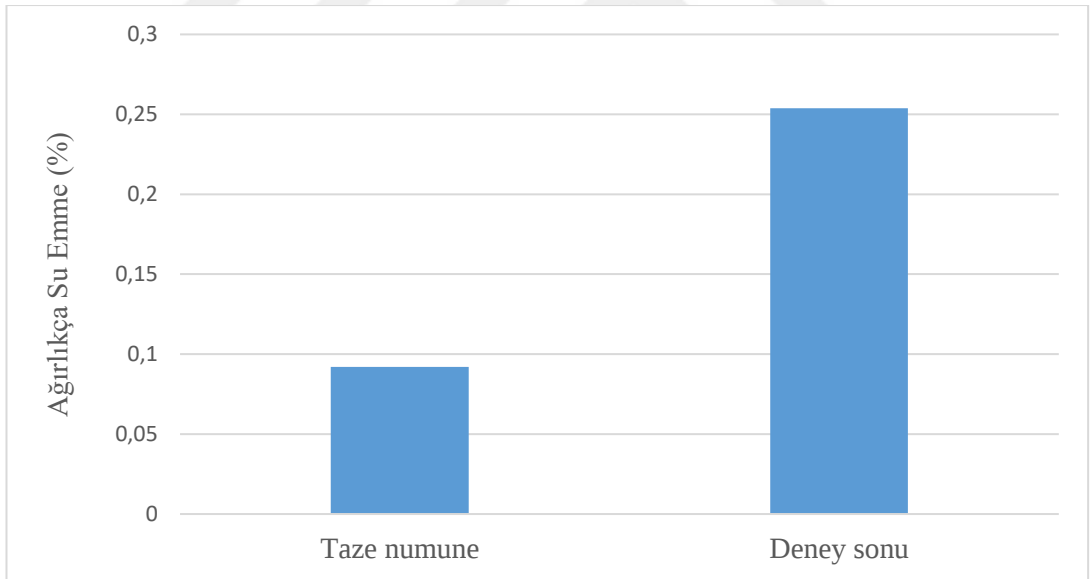
Şekil 5.16 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi



Şekil 5.17 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi



Şekil 5.18 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası boşluk oranındaki değişimi



Şekil 5.19 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi sonrası ağırlıkça su emme değişimi

Tuz kristallenmesi ($MgSO_4$) deneyi sonrasında Belevi siyah mermer bloklarından hazırlanan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında %0,35 , doymun birim hacim

ağırlığında %0,19 oranında azalma, boşluk oranında %63,7 ağırlıkça su emme değerinde %63,7 ve porozitesinde %63,5 oranında artış hesaplanmıştır.

5.2.3.2 Tuz Kristallenmesi ($MgSO_4$) Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Belevi siyah mermerinde tuz kristallenmesi deneyi ($MgSO_4$) süresince $\pm 0,01$ hassasiyetli terazi ile tartılan numunelerin kütle kaybı her 10 periyota aşağıda verilmiş eşitlik ile hesaplanmıştır (Eşitlik 5.3). Elde edilen değerler Tablo 5.15’de verilmiştir.

$$W = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (5.3)$$

W: Kütle kaybı (%)

W_a : Deney öncesi kuru ağırlık (gr)

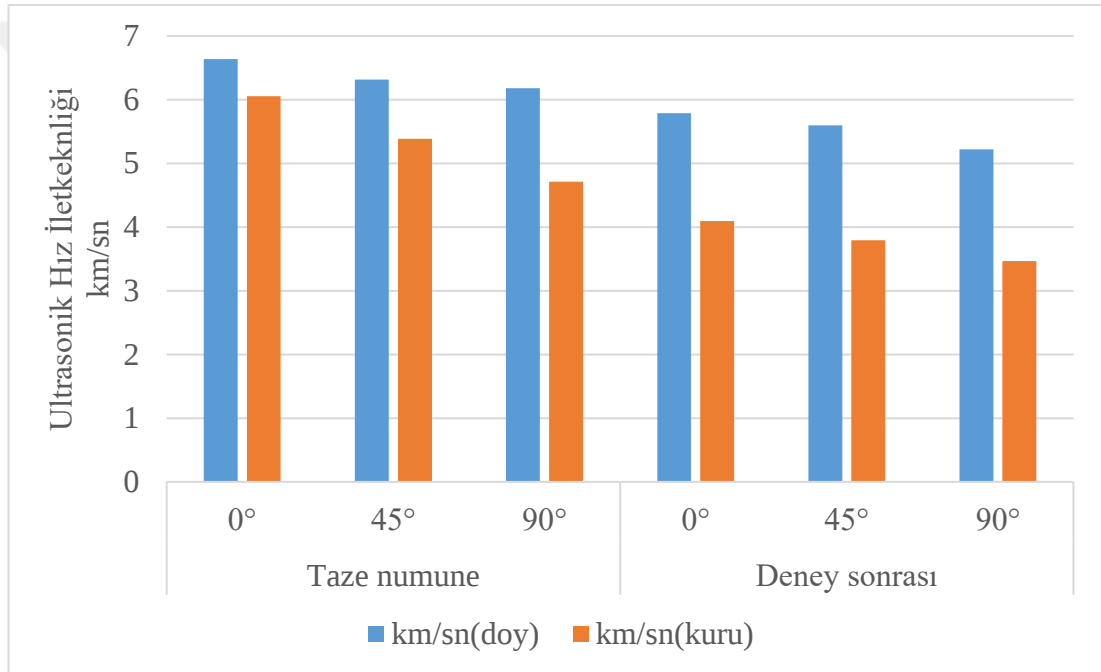
W_b : Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 5.15 Belevi siyah mermerinin tuz kristallenmesi deneyi sonunda gelişen kütle kaybı değerleri

Kaya Türü	Numune sayısı	Tuz Kristallenmesi Sonrası Kütle Kaybı (%) ($MgSO_4$)	
Belevi siyah mermeri	21	Ortalama	0,05
		($\pm$) Standart Sapma	$\pm 0,01$

5.2.3.3 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Ultrasonik Hız Değişikliği

Belevi siyah mermerin tuz kristallenmesi deneyi sonunda ultrasonik değerlerinde kuru numuneler için 0° yönelim açısında %32,36 , 45° yönelim açısında %29,52 , 90° yönelim açısında ise %26,49 olarak belirlenmiştir. Suya doygun numuneler üzerinde yapılan ölçümlerde ise 0° yönelim açısında %12,85 , 45° yönelim açısında %11,34 , 90° yönelim açısında ise %15,56 oranında azalma geliştiği saptanmıştır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 Belevi siyah mermerinin deney öncesi ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası farklı yönelim açılarındaki kuru ve doygun ultrasonik hız iletkenliği değişimi

5.2.4 Termal Şok Direnci Deneyi

Kayaçlar heterojen yapıda olmasından dolayı kayaçların termal şartlar altındaki davranışlarının belirlenmesi ve hakkında bir öngörude bulunulması güçtür. Kayaçlardaki ısı artışı doğal yapıtaşı olarak kullanılan malzemelerde fiziksel

değişikliklerde bulunduğu gibi aynı zamanda kayacın kimyasal kompozisyonunda da pek çok değişikliğe neden olabilmektedir (Plevova ve diğer., 2010).

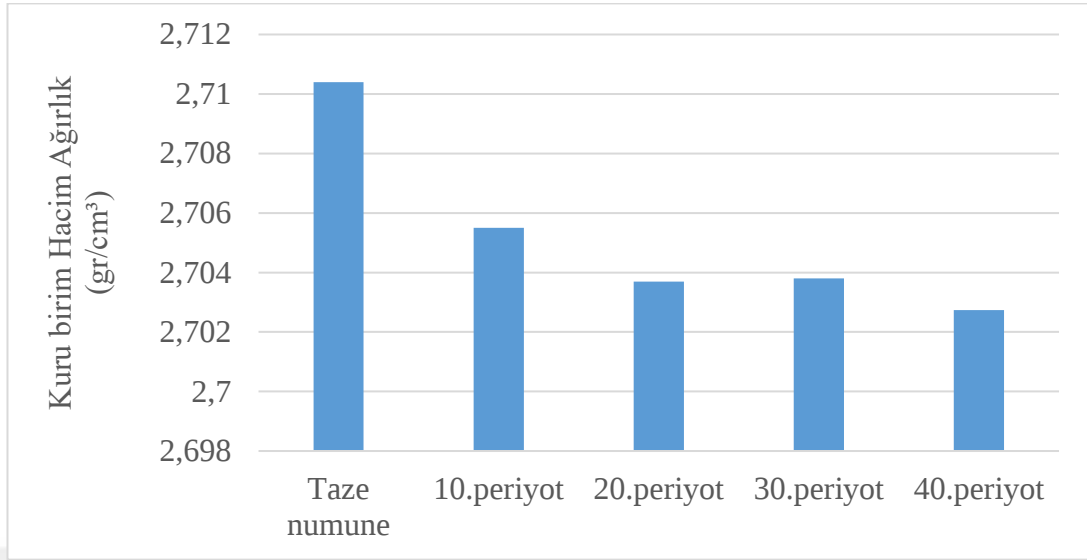
Çalışmanın bu bölümünde Belevi siyah mermer bloklarından alınan örneklerden hazırlanan boy/çap oranı 2 olan 54 mm çapında silindirik şekilli 0°, 45° ve 90° yönelim açılı numuneler TS EN 14066 da belirtilen standartlara uygun olarak termal şok direnci deneyine tabi tutulmuştur. Deney süresince numunelerin fiziksel özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir.

5.2.4.1 Termal Şok Direnci Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler

Termal şok direnci deneyine başlamadan önce bu deney için hazırlanmış olan numunelerin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve her bir 10 periyot sonrası numunelerin fiziksel özellikleri tekrar hesaplanarak deney öncesi özellikleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 5.16-5.20, Şekil 5.21-5.24, Ek 7).

Tablo 5.16 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresinde kuru birim hacim ağırlık değerleri

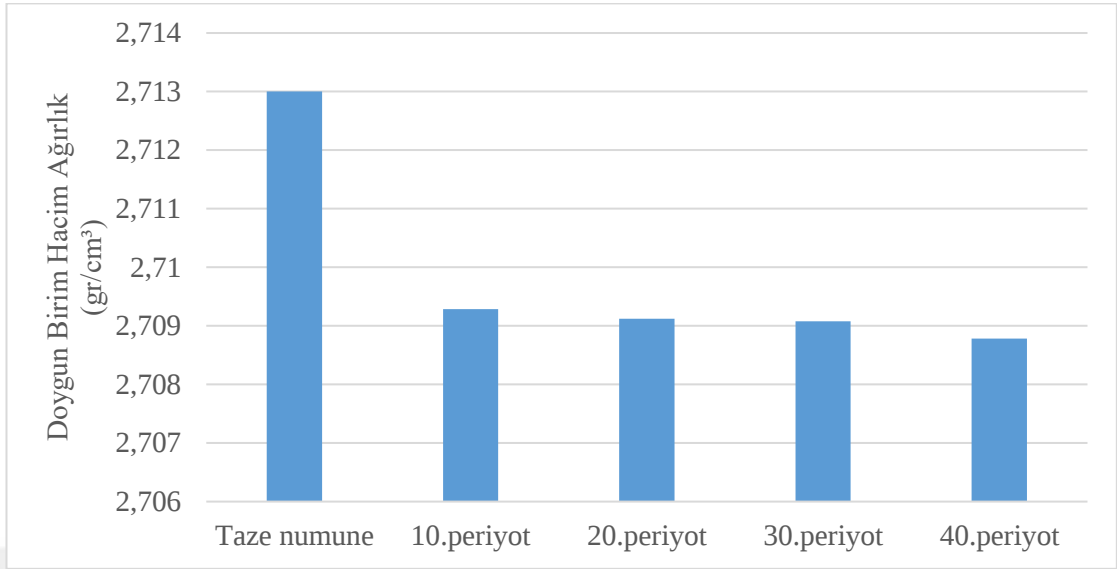
Belevi siyah mermeri	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	2,71	2,705	2,703	2,703	2,702
(±) Standart Sapma	±0,004	±0,004	±0,004	±0,003	±0,004



Şekil 5.21 Belevi siyah mermerin termal şok direnci deneyi süresince kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi

Tablo 5.17 Belevi siyah mermerin termal şok direnci deneyi süresince doygun birim hacim ağırlık değerleri

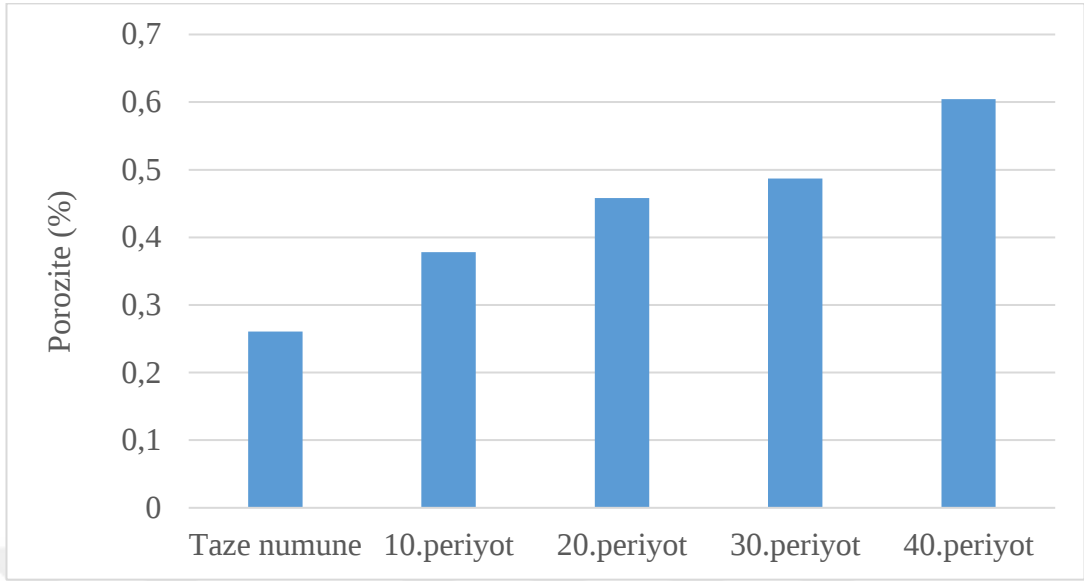
Belevi siyah mermeri	Doygun birim hacim ağırlık (gr/cm ³)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	2,713	2,709	2,709	2,709	2,708
(±) Standart Sapma	±0,004	±0,004	±0,003	±0,003	±0,003



Şekil 5.22 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi

Tablo 5.18 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince porozite değerleri

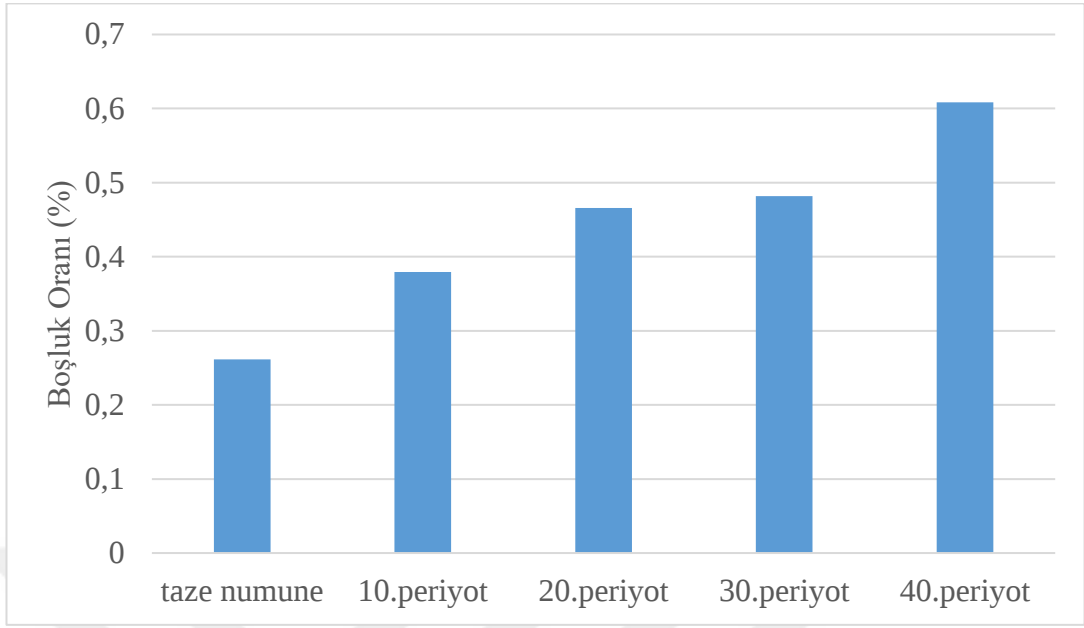
Belevi siyah mermeri	Porozite (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	0,26	0,37	0,45	0,48	0,60
(±) Standart Sapma	±0,069	±0,050	±0,080	±0,092	±0,139



Şekil 5.23 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince porozite değişimi

Tablo 5.19 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince boşluk oranı değerleri

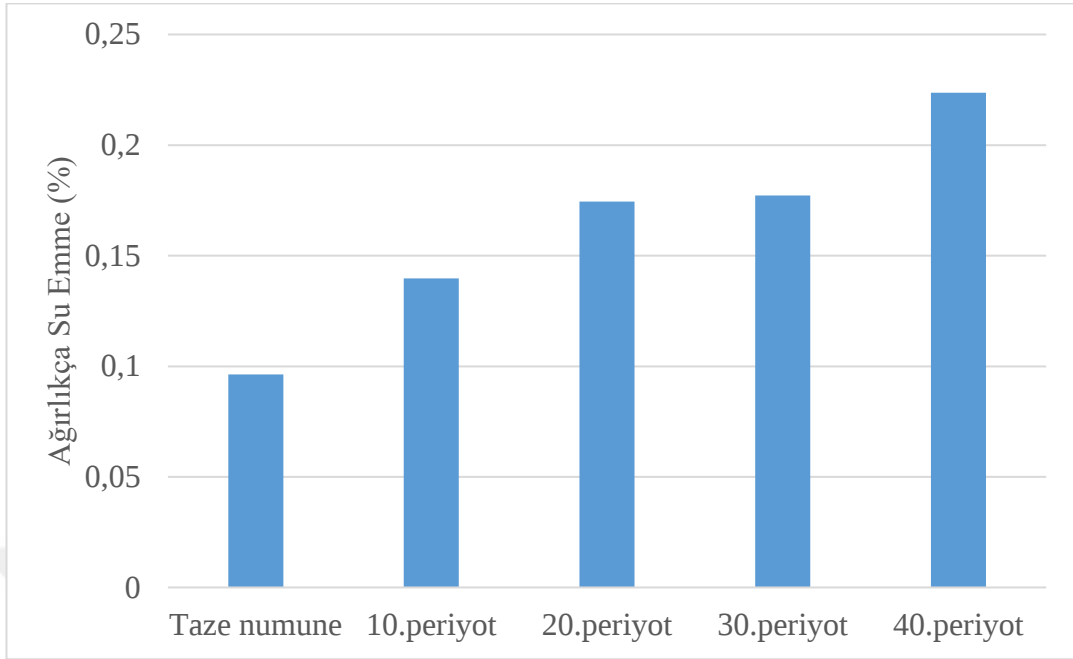
Belevi siyah mermeri	Boşluk Oranı (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	0,26	0,37	0,46	0,48	0,60
(±) Standart Sapma	±0,070	±0,050	±0,082	±0,097	±0,141



Şekil 5.24 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince boşluk oranındaki değişimi

Tablo 5.20 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri

Belevi siyah mermeri	Ağırlıkça Su Emme (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	0,09	0,13	0,17	0,17	0,22
(±) Standart Sapma	±0,025	±0,018	±0,032	±0,035	±0,051



Şekil 5.25 Belevi siyah mermerinin termal şok deneyi süresince ağırlıkça su emme değişimi

Termal şok deneyi sonrası Belevi siyah mermerin kuru birim hacim ağırlığında %0,28 , doygun birim hacim ağırlığında %0,15 oranında azalma, porozitesinde %56,84 , boşluk oranı değerinde %57,00 ve ağırlıkça su emme değerinde %56,96 oranında artış saptanmıştır (Şekil 5.21-5.24).

5.2.4.2 Termal Şok Direnci Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Termal şok direnci deneyi süresince her 10 periyotta bir $\pm 0,01$ hassasiyetli terazi ile tartılan numunelerin kütle kaybı değerleri aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Eşitlik 5.4). Termal şok direnci deneyi süresince numunelerde meydana gelen kütle kaybı değerleri Tablo 5.21 ve Şekil 5.26'da verilmiştir.

$$W = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (5.4)$$

W: Kütle kaybı (%)

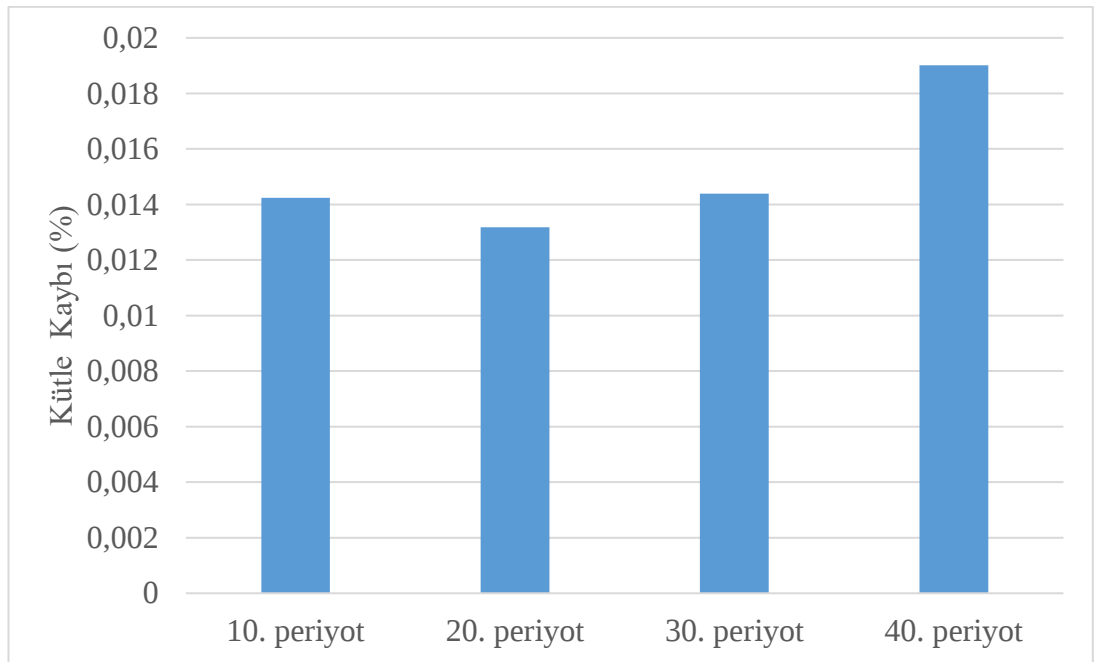
W_a: Deney öncesi kuru ağırlık (gr)

W_b: Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 5.21 Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi süresince gelişen kütle kaybı değerleri

Kaya Türü	Numune sayısı	Deney Periyodu	Kütle Kaybı	
			Ortalama Değer	Standart Sapma (±)
Belevi Siyah Mermer	21	10. Periyot	0,014	±0,007
		20. Periyot	0,013	±0,008
		30. Periyot	0,014	±0,006
		40. Periyot	0,019	±0,012

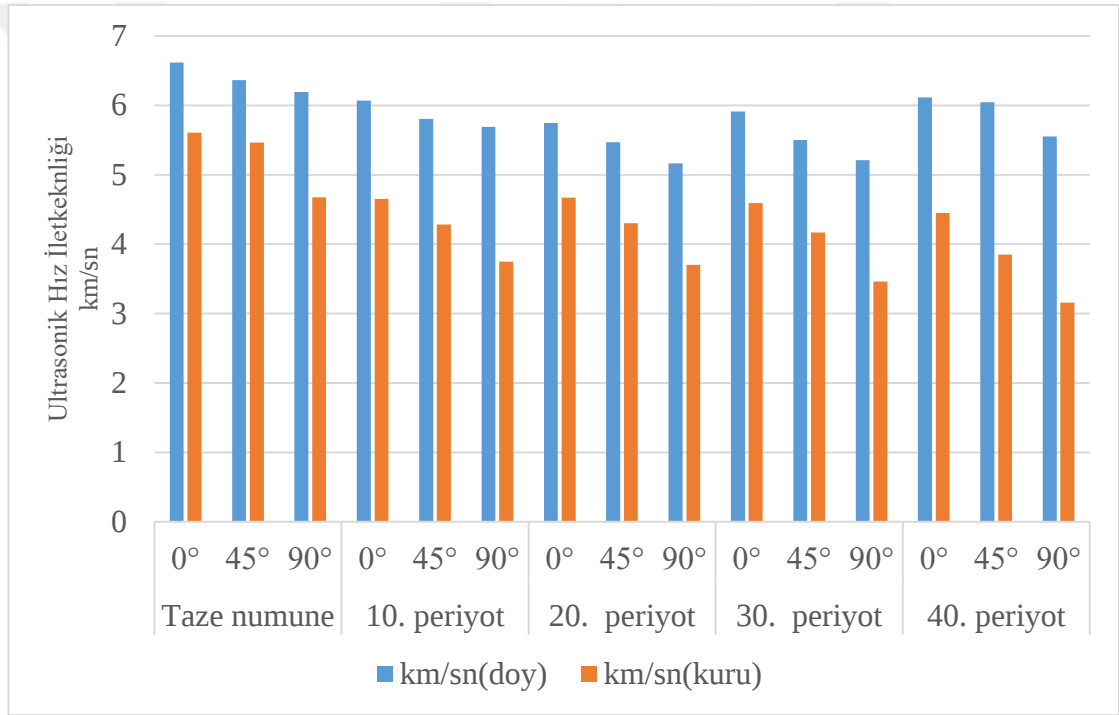
Termal şok direnci deneyi sonrası Belevi siyah mermerin kütle kaybı %0,019 oranında olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.26).



Şekil 5.26 Belevi siyah mermerin termal şok direnci deneyi süresince kütle kaybı değişimi

5.2.4.3 Termal Şok Direnci Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği

Belevi siyah mermerinin termal şok direnci deneyi sonunda ultrasonik hız değerlerinde, kuru numuneler için 0° yönelim açısında %20,63 , 45° yönelim açısında %29,5 , 90° yönelim açısında ise %32,42 oranında azalma, doymuş numunelerde yapılan ölçümlerde ise foliasyona 0° yönelim açısında %7,59 , 45° yönelim açısında %5,05 , 90° yönelim açısında ise %4,67 oranında azalma geliştiği saptanmıştır (Şekil 5.27).



Şekil 5.27 Belevi siyah mermer numunelerinin termal şok direnci deneyi süresince farklı yönelim açılarında kuru ve doymuş ultrasonik hız iletkenliği değerlerindeki değişimi

5.2.5 Isınma-Soğuma (Oda sıcaklığı)

Çalışmanın bu bölümünde ıslanma-kuruma, donma-çözülme, termal şok gibi çevresel ayrıştırıcı deneylerin yanı sıra, Belevi siyah mermerinin ısınma-soğumaya karşı direncini saptamak amacıyla hazırlanmış olan yönlü kaya numuneleri 12 saat

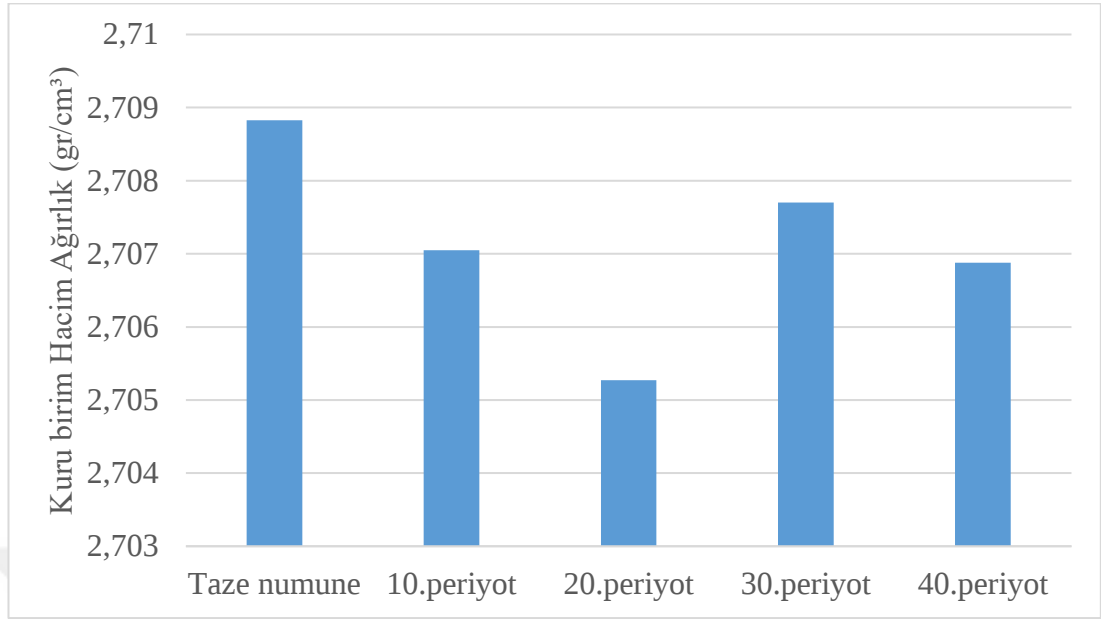
boyunca $100\pm5^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde bekletilmiş, bu süre sonunda etüvden çıkarılan numuneler 12 saat boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. 40 periyot şeklinde uygulanan bu deney esnasında mermer numunelerinin her 10 periyot sonrası fiziksel özellikleri ile kütle kaybı değerleri belirlenmiştir. 40 periyot sonrasında değişik yönelim açısına sahip kaya numunelerinin mekanik özellikleri saptanmış ve kaya içerisindeki yönelim açılarına bağlı olarak değerlendirilmiştir.

5.2.5.1 Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Fiziksel Özellikler

Deneye başlamadan önce belirlenmiş olan fiziksel özellikler her 10 periyot sonrası tekrar belirlenerek deney süresince değişimleri karşılaştırılmıştır (Tablo 5.22-5.26, Şekil 5.28-5.32).

Tablo 5.22 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlık değerleri

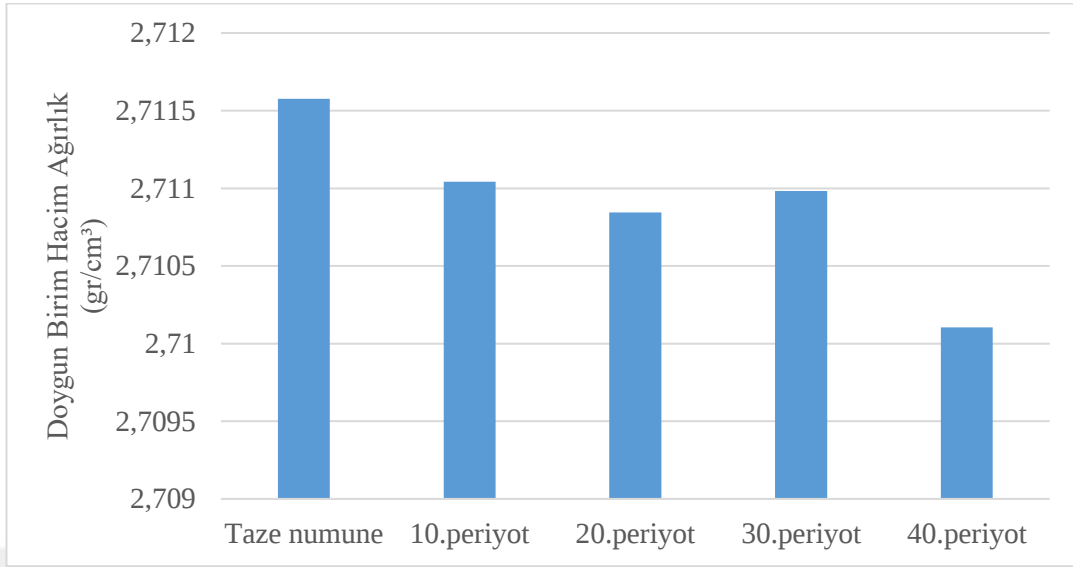
Belevi siyah mermeri	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)				
	Taze Numune	10. Periyot	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama ($\pm$) Standart Sapma	2,708 $\pm 0,010$	2,707 $\pm 0,004$	2,705 $\pm 0,010$	2,707 $\pm 0,010$	2,706 $\pm 0,010$



Şekil 5.28 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi

Tablo 5.23 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlığı değerleri

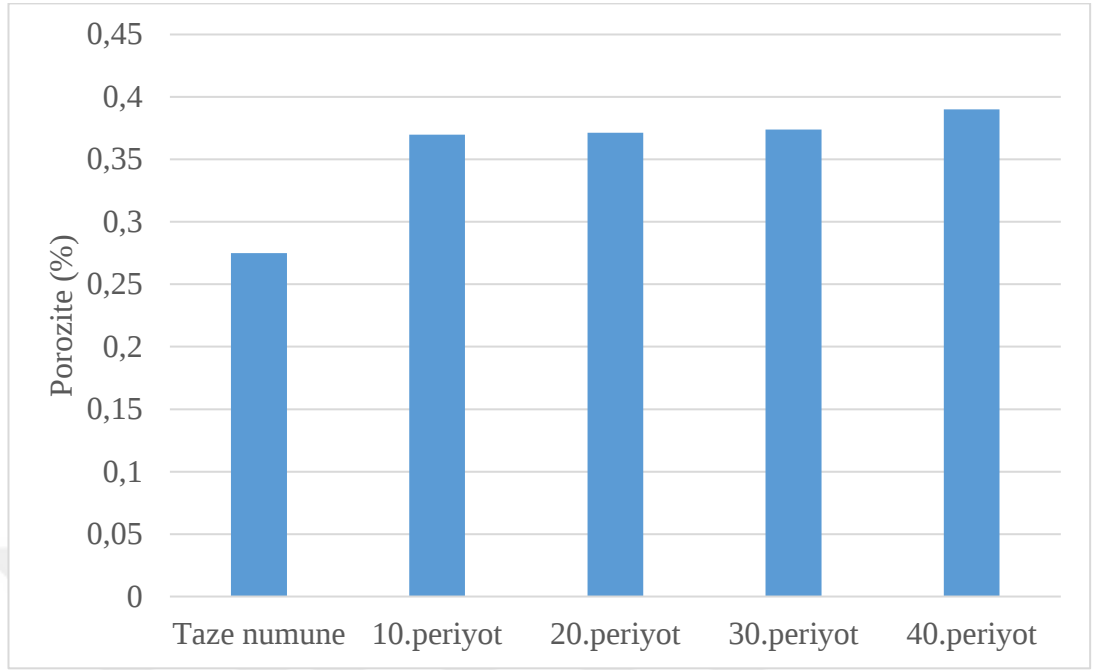
Belevi siyah mermeri	Doymuş Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama					
(±)	2,711	2,711	2,710	2,710	2,710
Standart Sapma	±0,008	±0,003	±0,004	±0,009	±0,009



Şekil 5.29 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince doymuş birim hacim ağırlığındaki değişimi

Tablo 5.24 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince porozite değerleri

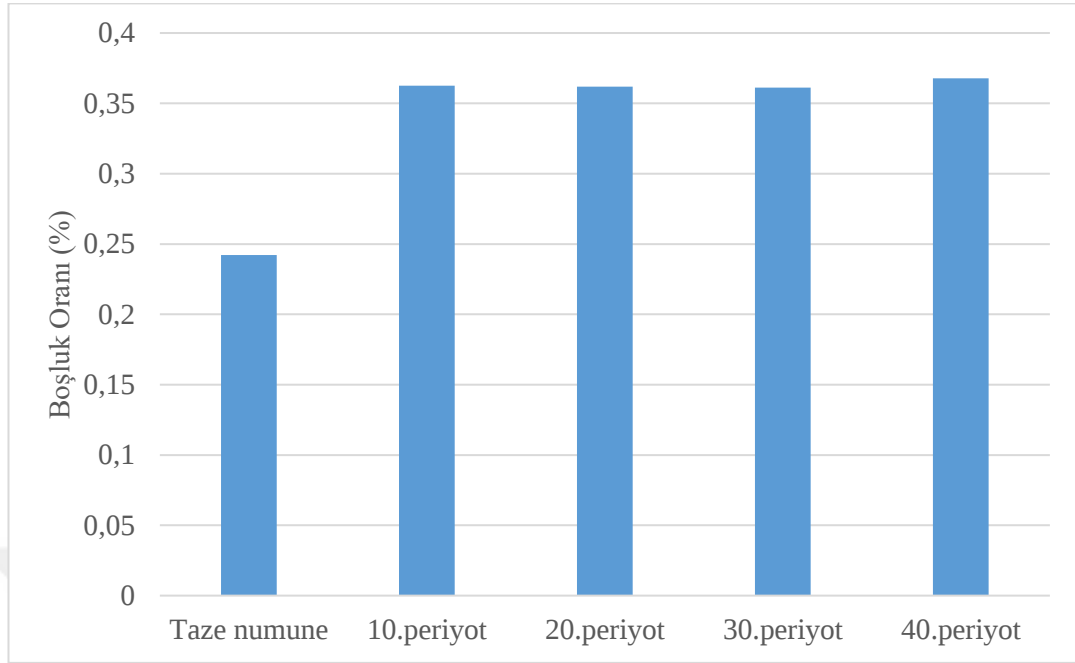
Belevi siyah mermeri	Porozite (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	0,27	0,36	0,37	0,37	0,38
(±) Standart Sapma	±0,159	±0,041	±0,096	±0,097	±0,092



Şekil 5.30 Belevi siyah mermerinin ısıtma-soğuma deneyi süresince porozite değerlerindeki değişimi

Tablo 5.25 Belevi siyah mermerinin ısıtma-soğuma deneyi süresince boşluk oranı değerleri

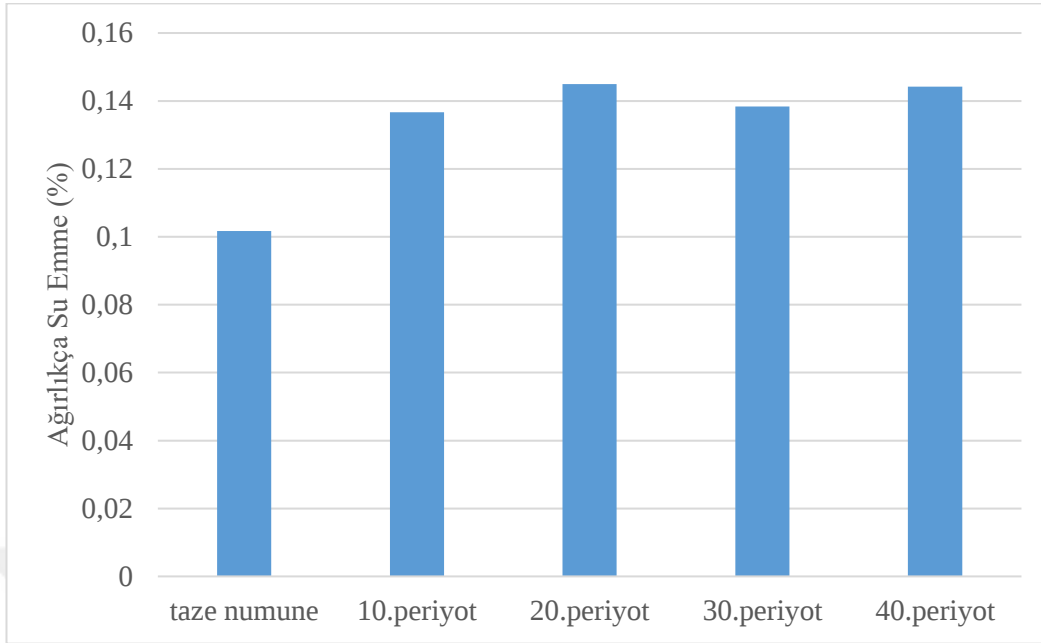
Belevi siyah mermeri	Boşluk Oranı (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	0,24	0,36	0,36	0,36	0,36
(±) Standart Sapma	±0,056	±0,034	±0,055	±0,098	±0,046



Şekil 5.31 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince boşluk oranındaki değişimi

Tablo 5.26 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince ağırlıkça su emme değerleri

Belevi siyah mermeri	Ağırlıkça Su Emme (%)				
	Taze Numune	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
Ortalama	0,101	0,136	0,144	0,138	0,144
(±) Standart Sapma	±0,060	±0,015	±0,036	±0,037	±0,035



Şekil 5.32 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince ağırlıkça su emme değerlerindeki değişimi

Isınma-soğuma deneyi sonrası Belevi siyah mermerin kuru birim hacim ağırlığında %0,07 oranında, doymuş birim hacim ağırlığında %0,05 oranında azalma, porozitesinde %29,48 oranında, boşluk oranında %34,15 , ağırlıkça su emme değerinde %29,43 oranında artış saptanmıştır (Şekil 5.28-5.32).

5.2.5.2 Isınma-Soğuma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

Numunelerin deneyin sonunda $\pm 0,01$ hassasiyet ile tartılan kuru ağırlığı ile deney basında tartılan kuru ağırlığı karşılaştırılmıştır ve kütle kaybı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmış, sonuçlar Tablo 5.27 ve Şekil 5.35’de verilmiştir (Eşitlik 5.5).

$$W = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (5.5)$$

W: Deney sonu kütle kaybı (%)

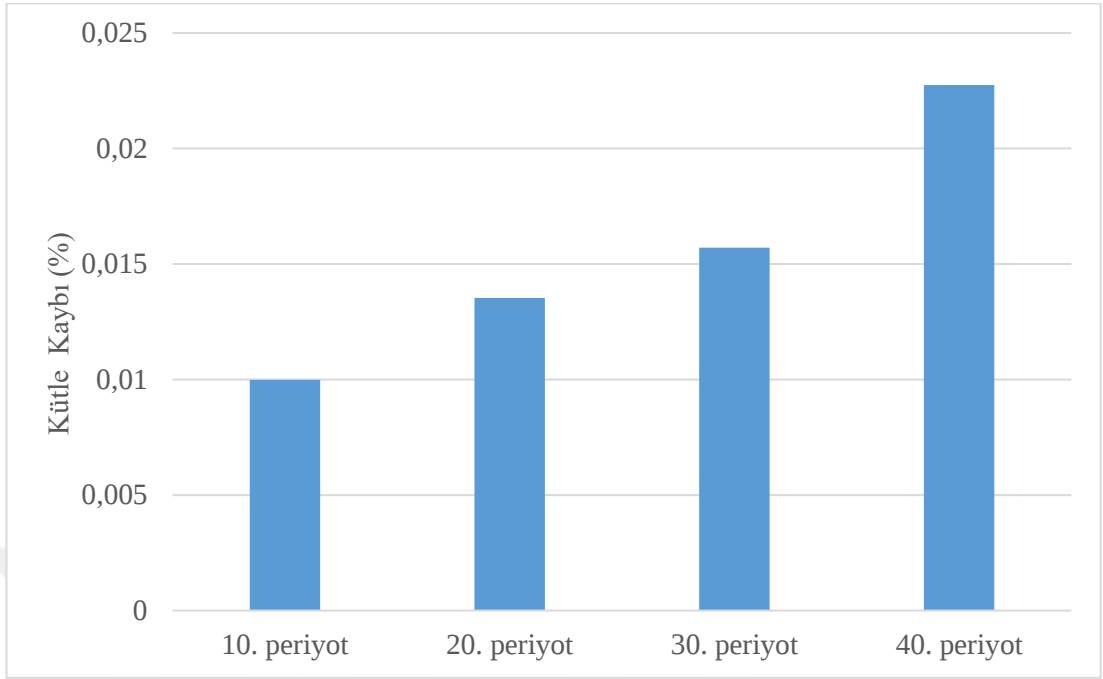
Wa: Deney öncesi kuru ağırlık (gr)

Wb: Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 5.27 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince kütle kaybı değerleri

Kayaç Türü	Numune sayısı	Deney Periyodu	Kütle Kaybı	
			Ortalama	Standart Sapma ($\pm$)
Belevi Siyah Mermeri	21	10. Periyot Sonu	0,009	0,009
		20. Periyot Sonu	0,013	0,013
		30. Periyot Sonu	0,015	0,014
		40. Periyot Sonu	0,022	0,015

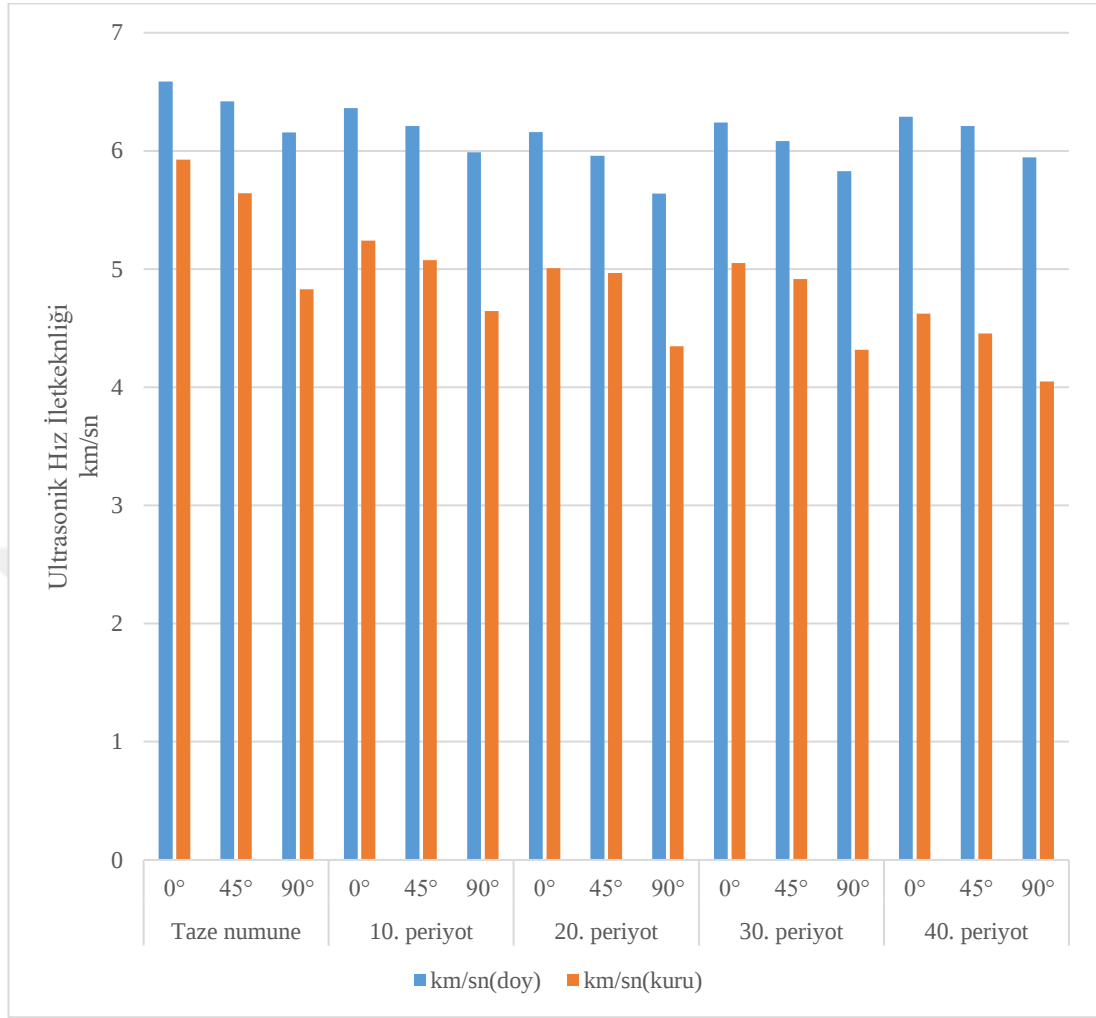
Toplam 40 periyot devam edilen ısınma-soğuma deneyi sonrası Belevi siyah mermerinin deney sonu kütle kaybı %0,022 olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.33, Tablo 5.27).



Şekil 5.33 Belevi siyah mermerin ısınma-soğuma deneyi süresince kütle kaybı değişimi

5.2.5.3 Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Ultrasonik Hız Değişikliği

Belevi siyah mermerin ısınma-soğuma deneyi sonunda ultrasonik hız değişimleri kuru numuneler üzerinde yapılan ölçümlerde foliasyona 0° yönelim açısında %21,98 , 45° yönelim açısında %20,99 , 90° yönelim açısında ise %16,14 olarak saptanmıştır. Doygun numuneler üzerinde yapılan ölçümlerde ise foliasyona 0° yönelim açısında %4,52 , 45° yönelim açısında %3,25 ve 90° yönelim açısında ise %3,45 olarak saptanmıştır (Şekil 5.34).



Şekil 5.34 Belevi siyah mermerinin ısınma-soğuma deneyi süresince farklı yönelim açılarında kuru ve suya doymuş koşullardaki ultrasonik ses hızı iletkenliği değişimi

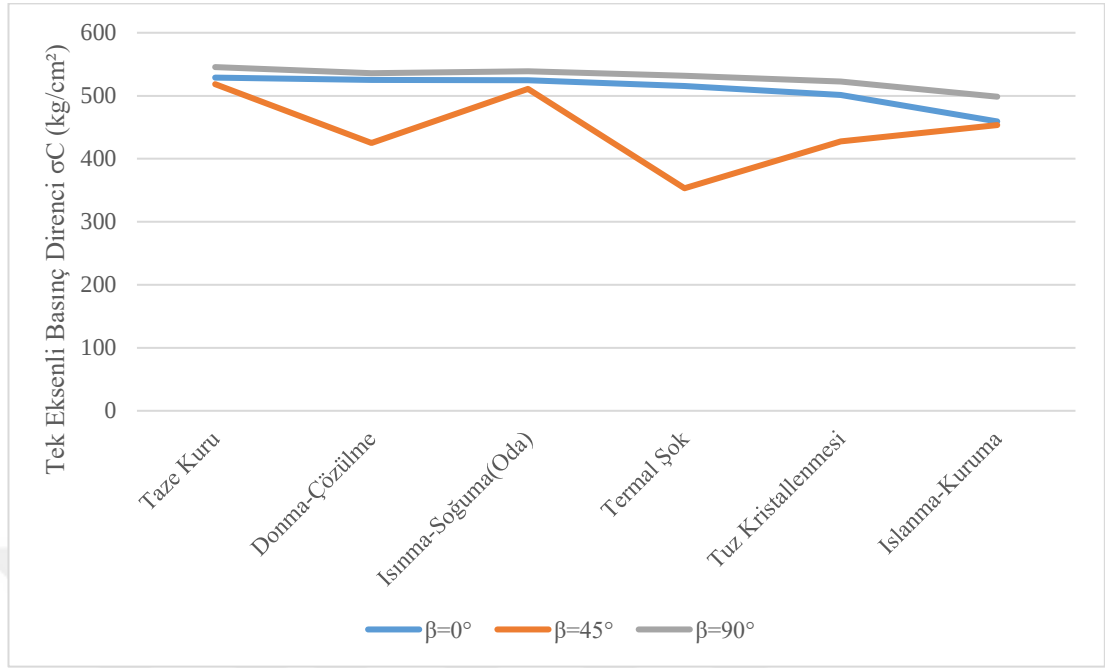
5.3 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Belevi Siyah Mermerinin Mekanik Özellikleri

5.3.1 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Belevi siyah mermer ocağından alınan bloklardan elde edilen boy/çap oranı 2 olan silindirik ve foliasyon ile 0°, 45° ve 90° yönelim açısına sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilen hızlandırılmış çevresel ayrışma deneyleri sonunda kuru numunelerin tek eksenli basınç dayanımı dirençleri saptanmıştır (Tablo 5.28, Şekil 5.35, Ek 8).

Tablo 5.28 Hızlandırılmış ayrıştırma deneylerine tabi tutulan Belevi siyah mermerinin farklı yönelim açılarındaki tek eksenli basınç direnci değerleri

Ayrıştırıcı Deney Türü	Yönelim Açısı	Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)	(±) Standart Sapma
Taze Numune	0°	528,85	±86,48
	45°	518,44	±146,08
	90°	545,52	±54,73
Donma-Çözülme Sonrası	0°	525,32	±114,91
	45°	424,84	±84,83
	90°	535,79	±90,062
Isınma-Soğuma (Oda) Sonrası	0°	524,71	±143,50
	45°	510,82	±21,46
	90°	539,03	±59,31
Termal Şok Sonrası	0°	515,74	±93,77
	45°	353,22	±139,09
	90°	531,98	±122,66
Tuz Kristallenmesi Sonrası	0°	501,21	±137,21
	45°	427,53	±136,29
	90°	522,48	±93,23
Islanma-Kuruma Sonrası	0°	459,28	±62,92
	45°	453,27	±102,53
	90°	498,51	±100,72

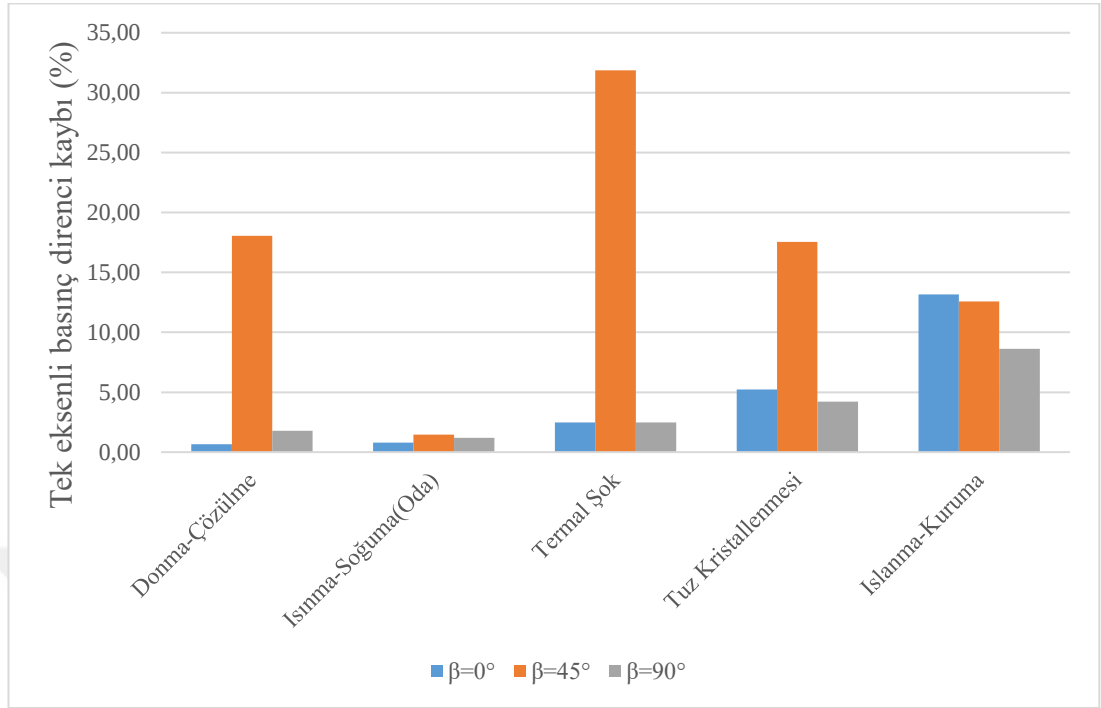


Şekil 5.35 Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası tek eksenli basınç direnci değişimi

Bu veriler ışığında donma-çözülme, ıslanma-kuruma, termal şok dayanımı, tuz kristallenmesi ve ısınma-soğuma gibi hızlandırılmış çevresel ayrışma deneyleri uygulanan numuneler ile deney öncesi kuru numunelerin tek eksenli basınç dayanımı sonuçları karşılaştırılmıştır ve tek eksenli basınç direnci kayıpları yüzdesel olarak Tablo 5.29 ve Şekil 5.36’da verilmiştir.

Tablo 5.29 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası tek eksenli basınç direnci kaybı değerleri

Yönelim açısı (β)	Çevresel Ayrıştırıcı Deneyler				
	Donma Çözülme (%)	Isınma Soğuma (Oda) (%)	Termal Şok (%)	Tuz Kristallenmesi (%)	Islanma Kuruma (%)
0°	0,67	0,78	2,48	5,23	13,15
45°	18,05	1,47	31,87	17,53	12,57
90°	1,78	1,19	2,48	4,22	8,62



Şekil 5.36 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası tek eksenli basınç direnci kaybı değişimi

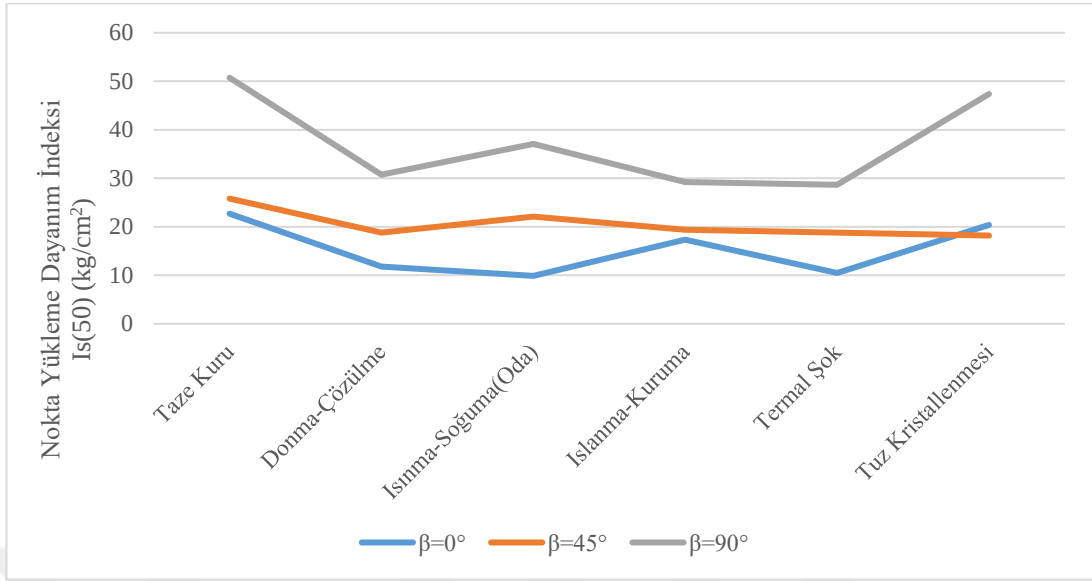
Hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası yapılan tek eksenli basınç direnci deneyi sonuçları, taze kuru numunelerin tek eksenli basınç dirençleri ile karşılaştırıldığında, foliasyona 45° yönelim açısına sahip termal şok direnci deneyine tabi tutulan numunelerde %31,87 , donma-çözülme deneyine tabi tutulan numunelerde %18,05 , tuz kristallenmesi deneyine tabi tutulan numunelerde %17,53 oranında dayanım düşmesi, ısınma-soğuma (oda sıcaklığı) deneyine tabi tutulan numuneler ise foliasyona 45° yönelim açısında %1,47 , foliasyona 90° yönelim açısında %1,19 ve foliasyona 0° yönelim açısında %0,78 oranında tek eksenli basınç direnci azalması belirlenmiştir (Şekil 5.36).

5.3.2 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Nokta Yükleme Dayanım İndeksi

Belevi siyah mermer ocağından alınan bloklardan elde edilen L/D oranı 1 olan silindirik şekilli ve foliasyon ile 0°, 45° ve 90° yönelim açılarına sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilen hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonunda kuru numunelerin nokta yükleme dayanım indeksi değerleri hesaplanmıştır (Tablo 5.30, Şekil 5.37).

Tablo 5.30 Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre nokta yükleme dayanım indeksi değerleri

Durabilite	Yönelim Açısı	$I_{s(50)}$ (kg/cm ²)	Standart Sapma (±)
Taze Numune	0°	22,70	±2,10
	45°	25,81	±5,79
	90°	50,74	±4,49
Donma-Çözülme Sonrası	0°	11,80	±2,96
	45°	18,80	±6,61
	90°	30,76	±4,53
Isınma-Soğuma (Oda) Sonrası	0°	9,89	±6,02
	45°	22,13	±8,50
	90°	37,09	±3,19
Islanma-Kuruma Sonrası	0°	17,34	±1,83
	45°	19,41	±1,92
	90°	29,23	±7,37
Termal Şok Sonrası	0°	10,46	±5,64
	45°	18,81	±5,88
	90°	28,66	±7,57
Tuz Kristallenmesi Sonrası	0°	20,35	±0,51
	45°	18,20	±4,10
	90°	47,37	±10,72

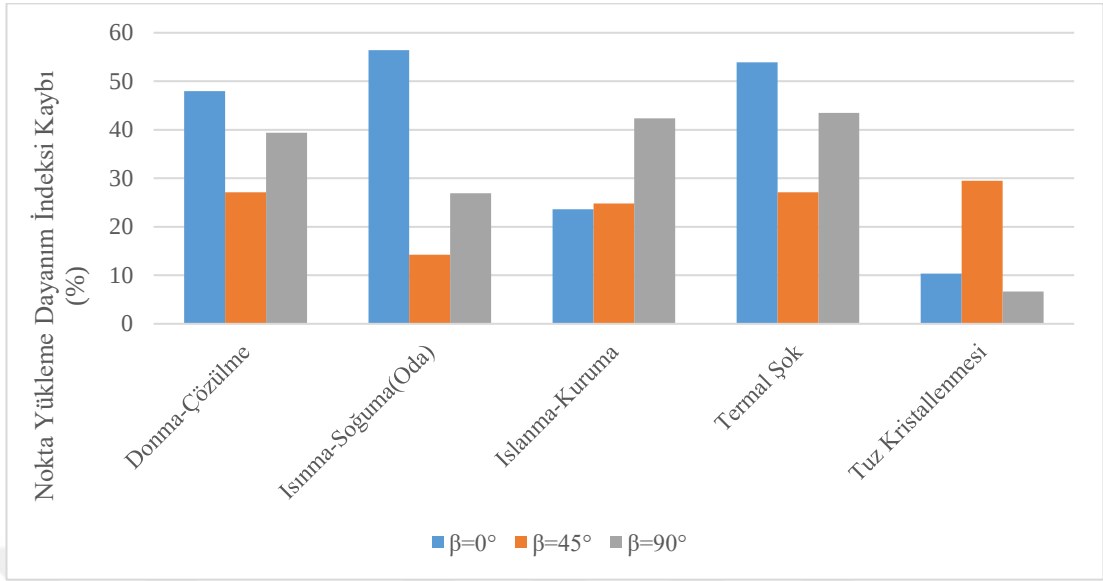


Şekil 5.37 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası nokta yükleme dayanım indeksi değişimi

Bu veriler ışığında donma-çözülme, ıslanma-kuruma, termal şok, tuz kristallenmesi ve ısınma-soğuma gibi hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri uygulanan numuneler ile taze kuru ve doymuş numunelerin ortalama nokta yükleme dayanım indeksi sonuçları karşılaştırılmış ve nokta yükleme dayanım indeksi üzerindeki etkisi saptanmış ve sonuçlar Tablo 5.31’de verilmiştir.

Tablo 5.31 Belevi siyah mermerinin çevresel ayrıştırıcı deneyler sonrası nokta yükleme indeksi kaybı değerleri

Yönelim açısı (β)	Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri				
	Donma Çözülme (%)	Isınma Soğuma (Oda) (%)	Termal Şok (%)	Tuz Kristallenmesi (%)	Islanma Kuruma (%)
0°	47,99	56,44	23,60	53,92	10,36
45°	27,15	14,26	24,79	27,14	29,50
90°	39,38	26,89	42,39	43,51	6,63



Şekil 5.38 Belevi siyah mermerinin çevresel ayrıştırıcı deneyler sonrası nokta yükleme dayanım indeksi kaybı değişimi

Hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulan Belevi siyah mermerlerinin deney sonu nokta yükleme dayanım indeksi değerleri, taze numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Foliasyon ile değişik yönlenme açısına sahip kaya numuneleri üzerinde yürütülmüş olan deney sonuçlarında en yüksek direnç kaybı %56,44 oranında ısınma-soğuma deneyine maruz kalmış 0° yönlenme açısına sahip olan numunelerde gözlenmiştir. Daha sonra aynı yükleme koşullarında olmak üzere termal şok deneyinde %50,91 ve donma-çözülme deneyinde %47,99 oranında direnç kayıpları geliştiği belirlenmiştir.

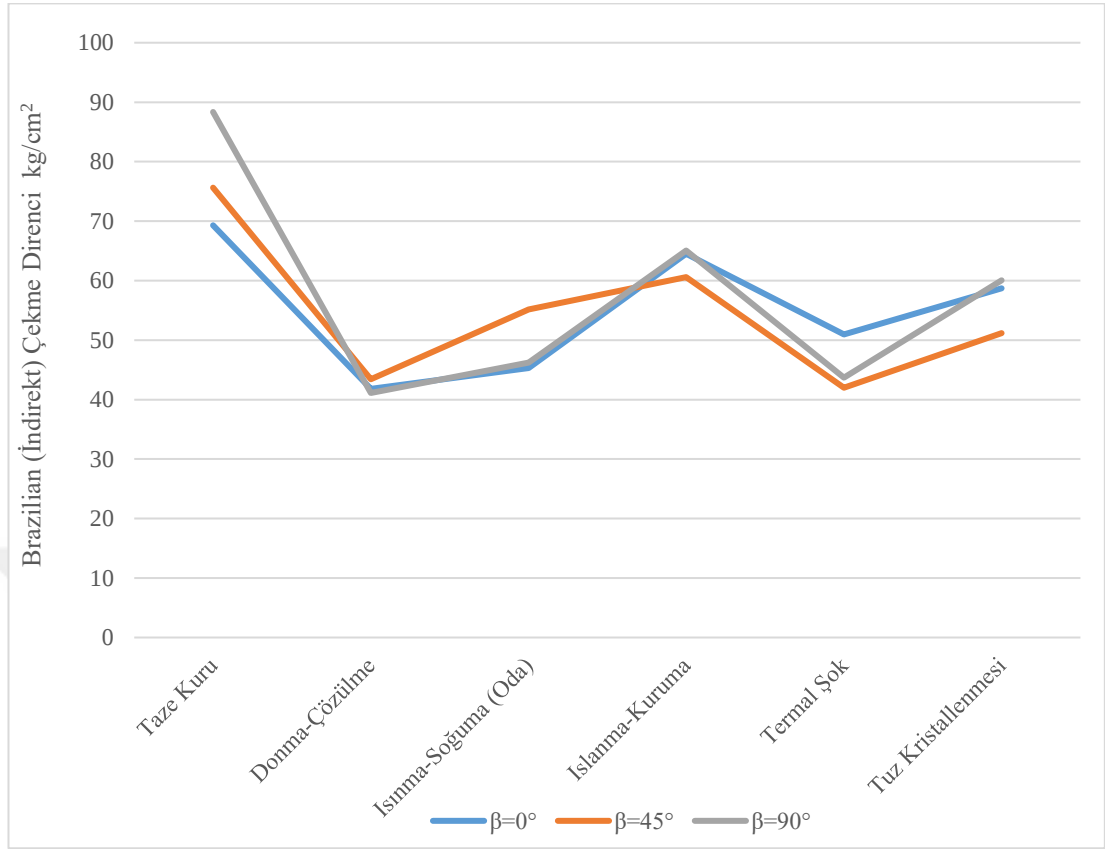
5.3.3 Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Brazilian (İndirekt) Çekme Dayanımı

Belevi siyah mermer ocağından alınan bloklardan elde edilen boy/çap oranı 0,5 olan silindirik 36 adet ve foliasyon ile 0° , 45° ve 90° yönelim açılına sahip numuneler üzerinde TS 7654 'e uygun olarak gerçekleştirilen hızlandırılmış ayrıştırma

deneyleri sonunda kuru numunelerin brazilian (indirekt) çekme direnci değerleri hesaplanmıştır (Şekil 6.1).

Tablo 5.32 Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre brazilian (indirekt) çekme direnci değerleri

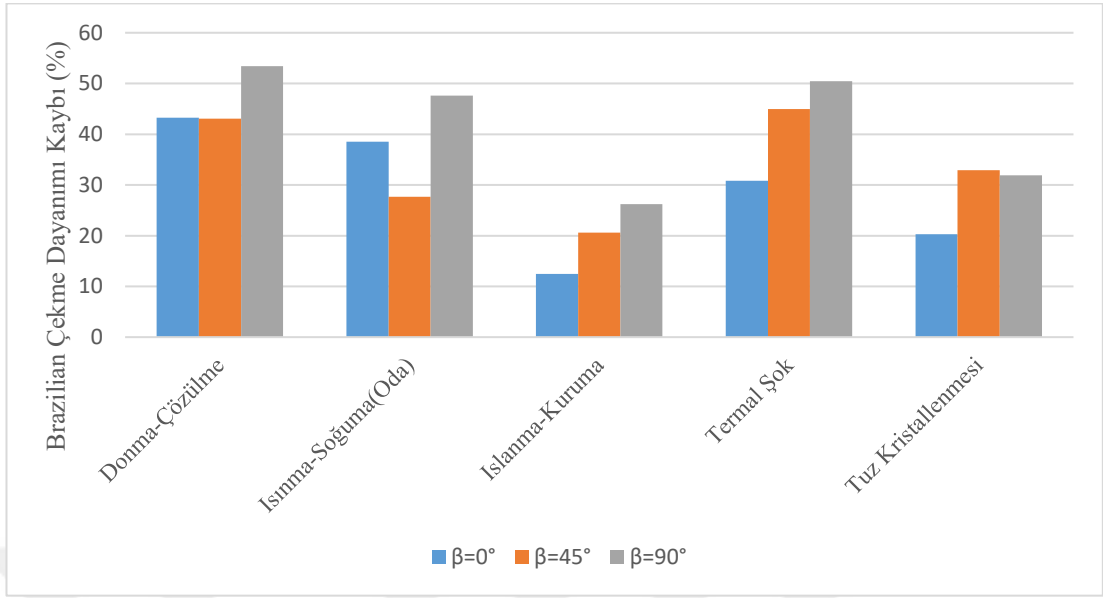
Durabilite	Yönelim Açısı	kg/cm ²	Standart Sapma (±)
Taze Numune	0°	69,29	±10,14
	45°	75,62	±24,51
	90°	88,35	±10,57
Donma-Çözülme	0°	41,80	±4,18
	45°	43,44	±2,95
	90°	41,11	±9,38
Isınma-Soğuma (Oda)	0°	45,32	±8,63
	45°	55,17	±6,67
	90°	46,19	±10,61
Islanma-Kuruma	0°	64,49	±7,69
	45°	60,56	±4,17
	90°	65,07	±4,46
Termal Şok	0°	50,97	±12,23
	45°	41,99	±7,93
	90°	43,69	±7,26
Tuz Kristallenmesi	0°	58,73	±15,76
	45°	51,17	±17,68
	90°	60,07	±15,99



Şekil 5.39 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrışma deneyleri sonrası brazilian (indirekt) çekme direnci değişimi

Tablo 5.33 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrışma deneyleri sonrası brazilian (indirekt) çekme direnci kaybı değerleri

Yönelim açısı (β)	Çevresel Ayrıştırıcı Deneyler				
	Donma Çözülme (%)	Isınma Soğuma (Oda) (%)	Termal Şok (%)	Tuz Kristallenmesi (%)	Isınma Kuruma (%)
0°	43,26	38,49	12,47	30,82	20,30
45°	43,04	27,66	20,60	44,94	32,92
90°	53,39	47,64	26,23	50,47	31,90



Şekil 5.40 Belevi siyah mermerinin hızlandırılmış ayrışma deneyleri sonrası brazilian (indirekt) çekme dayanımı kaybı değişimi

Hızlandırılmış ayrıştırma deneyleri sonrası yapılan brazilian (indirekt) çekme dayanımı, taze numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları ile karşılaştırıldığında, en yüksek dayanım kaybı %56,44 oranında foliasyon ile 0° yönelim açısına (β) sahip ısınma-soğuma (oda sıcaklığı) deneyine tabi tutulan numunelerde gözlenmiştir. Daha sonra aynı deney koşullarında termal şok deneyinde %53,91 ve donma-çözülme deneyinde %47,99 oranında nokta yükleme dayanım indeksi kayıpları geliştiği belirlenmiştir.

BÖLÜM ALTI

DURABİLİTE SINIFLANDIRMA TESLERİ VE ANİZOTROPİNİN ETKİSİ

6.1 Giriş

Bu bölümde Belevi siyah mermerlerinin durabilitesi kuru-doygun tek eksenli basınç direnci oranı, doygunluk katsayısı ve statik kaya durabilite indeksi yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Foliasyona göre değişik yönelim açlarındaki yönlü kaya numuneleri üzerinde yürütülen bu çalışmada kayaçların durabilite sınıfının, yönelim açlarına göre sunduğu farklılıklar araştırılmıştır. Bu inceleme yöntemi kuru-doygun tek eksenli basınç direnci oranı ve statik kaya durabilite indeksi durabilite sınıflama yöntemlerinde yapılmıştır.

6.2 Kuru ve Suya Doygun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı

Kayaçların suya doygun ve kuru tek eksenli basınç direnci oranı, kayaçların durabilite özelliklerini belirlemede kullanılabilir (Winkler, 1994). Winkler tarafından önerilen sınıflandırma Tablo 6.1’de verilmiştir.

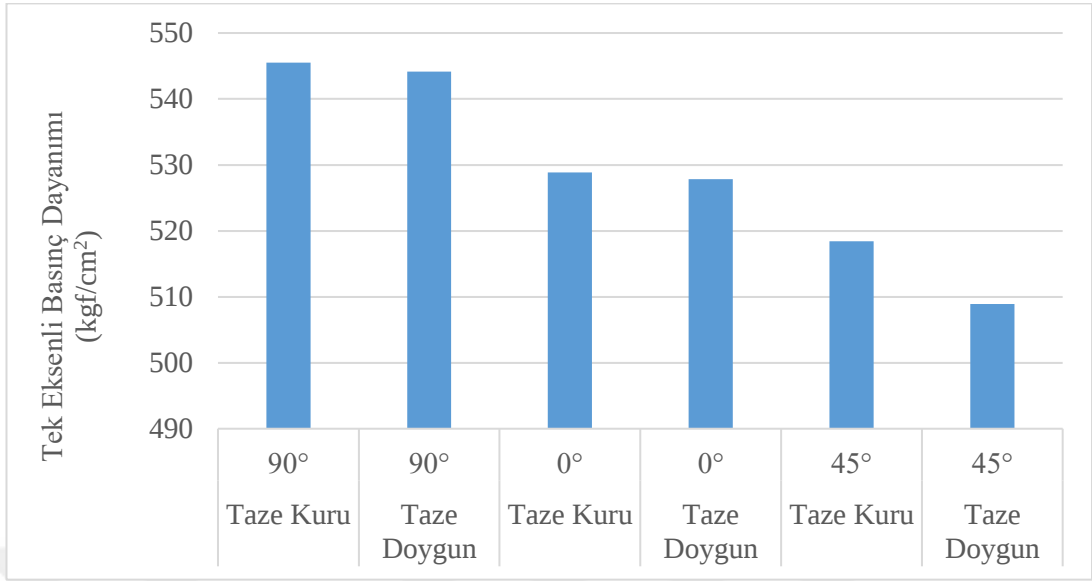
Tablo 6.1 Kayaların kuru ve suya doygun tek eksenli basınç direnci oranına göre durabilite sınıflaması (Winkler, 1994)

Durabilite Sınıfı	Kuru ve Doygun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı
Çok İyi	≥ 90
İyi ve Güvenli	90-80
Daha Fazla Deney Gereklidir	80-70
Hidrolik Kuvvetler ve Donma etkisine Karşı Güvensiz	70-60
Çok Düşük Kaliteli	< 60

Yönlü numuneler üzerinde yürütülen çalışmada yönlenme açısı 0° olan numunelerin kuru-doygun tek eksenli basınç direnci oranı %99,80 , 45° yönelim açısına sahip numunelerde %98,16 ve 90° yönelim açısına sahip numunelerde %99,75 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Winkler'in sınıflamasına göre Belevi siyah mermeri tüm yükleme koşulları için (0°, 45°, 90) 'çok iyi durabiliteli kayalar' grubuna girmektedir (Tablo 6.1, Şekil 6.1).

Tablo 6.2 Belevi siyah mermerinin farklı yönlerdeki kuru ve suya doymuş tek eksenli basınç direnci oranları

Kayaç Türü	Yönelim açısı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kgf/cm ²)		Direnc Oranı (%)
		Kuru	Suya Doymuş	
Belevi siyah mermeri	0°	528,86±86,48	527,82±104,36	99,80
	45°	518,44±146,08	508,92±20,51	98,16
	90°	545,52±54,73	544,17±42,37	99,75



Şekil 6.1 Belevi siyah mermerinin farklı yönlerdeki kuru ve suya doygun tek eksenli basınç direnci değişimi

6.2 Doygunluk Katsayısı

Doygunluk katsayısı, kayaçların atmosferik koşullarda saptanan ağırlıkça su emme (%) değerinin, vakum altında tutularak hesaplanan ağırlıkça su emme (%) değerine yüzde cinsinden oranıdır (RILEM 1980, TS699, 1987). Bu oran 0,8'den büyük olması halinde kayacın don etkilerine karşı düşük durabiliteli olduğu kabul edilir (TS 699, 1987; Yavuz ve diğer., 2012).

Belevi siyah mermerinin doygunluk katsayısı saptamak için TS 699'a uygun olarak vakumlu desikatör kullanılmıştır. Atmosferik koşullarda ağırlıkça su emme değeri bulunan numuneler, saf su ile doldurulmuş vakumlu desikatöre yerleştirilmiş ve 48 saat süresince vakumlu desikatörde bekletilmiştir. Daha sonra vakumlu desikatörden çıkartılan numunelerin ağırlıkça su emme değerleri saptanır. Belevi siyah mermerin doygunluk katsayısı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Eşitlik 6.1).

$$\text{Doygunluk Katsayısı} = \frac{\text{Vakum öncesi ağırlıkça su emme (\%)}}{\text{Vakum sonrası ağırlıkça su emme (\%)}} \quad (6.1)$$

Atmosferik şartlar altında ağırlıkça su emme değeri %0,09 olan Belevi siyah mermerin vakum sonrası ağırlıkça su emme değeri %0,14 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak hesaplanan Belevi siyah mermerin doygunluk katsayısı 0,66 olarak bulunmuştur (Tablo 6.3). Bulunan bu oranın 0,8'den küçük olması nedeniyle Belevi siyah mermerin donma-çözülme etkilerine karşı yüksek durabilitelidir denebilir.

Tablo 6.3 Belevi siyah mermerinin atmosferik şartlar altında ve vakum altında ağırlıkça su emme değerleri ve doygunluk katsayısı

Kayaç Türü	Atmosferik Şartlar Altında Ağırlıkça Su Emme (%)	Numune sayısı	Vakum Altında Ağırlıkça Su Emme (%)	Numune sayısı	Doygunluk Katsayısı
Belevi siyah mermeri	0,09	17	0,14	17	0,66

6.3 Statik Kaya Durabilite İndeksi

Fookes ve diğer. (1988), statik kaya durabilite indeksini (RDI_s) doğal taşların durabilitelerinin belirlemesi için önermiştir. RDI_s, kayaların kuru ve doygun nokta yükü dayanım indeksi ortalaması (I_s (50)), sodyum sülfat tuz kristallenmesi (5 devir) sonrası kütle kaybı (%), atmosferik basınç altında ağırlıkça su emme (%) ve doygun yüzey kuru birim hacim ağırlık gibi dört mühendislik parametresi kullanılarak hesaplanır (Eşitlik 6.2).

$$RDI_s = \frac{Is(50) - 0.1(SST + 5WA)}{SG_{ssd}} \quad (6.2)$$

RDI_s = Statik kaya durabilite indeksi

$Is_{(50)}$ = Kuru ve suya doymun nokta yükü dayanım indeksi ortalaması (kgf/cm²)

SST = Na₂SO₄ tuz kristallenmesi deneyi sonrası kütle kaybı (%)

WA = Ağırlıkça su emme (atmosferik basınç altında) (%)

SG_{ssd} = Doymun yüzey kuru birim hacim ağırlık (gr/cm³)

Tablo 6.5 Kayaçların statik durabilite indekslerine göre sınıflandırılmaları (Fookes, 1988).

RDI _s Değeri	Durabilite Sınıfı
>2,5	Mükemmel
2,5-(-1)	İyi
(-1) -(-3)	Orta
<(-3)	Zayıf

Tablo 6.4 Belevi siyah mermerinin statik kaya durabilite indeksi değerleri

Kayaç Türü	Yönelim açısı	Statik Kaya Durabilite İndeksi
Belevi Siyah Mermeri	0°	8,19
	45°	10,16
	90°	17,01

Belevi siyah mermerlerinin, yönlü numuneler üzerinde saptanan statik kaya durabilite indeksi değerleri, yönelim açısı 0° olan numuneler için 8,19 , yönelim açısı

45° olan numuneler için 10,16 ve yönelim açısı 90° olan numuneler için 17,01 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında tüm yükleme koşullarında (0°, 45°, 90) Belevi siyah mermerinin durabilitesi Fookes sınıflamasına göre ‘mükemmel durabiliteli kayalar’ sınıfına girmektedir (Tablo 6.4-6.5).



BÖLÜM YEDİ

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Belevi siyah mermelerinin anizotropik özellikleri ve bu özelliklerinin, kayacın durabilitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülen bu çalışmada, mermer ocağından temin edilen kaya bloklarından, foliasyon düzlemleri ile arasında 0° , 45° ve 90° açılar olacak şekilde üretilen silindirik şekilli kaya numuneleri üzerinde bir seri laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

Yapılan mineralojik ve kimyasal analiz sonuçlarına göre kalsit, mika, simektit, ve kuvars minerallerinin gözlendiği kayacın %54,6 CaO, %1,09 SiO₂, %0,61 MgO gibi elementler içerdiği belirlenmiştir.

Taze numuneler üzerinde yürütülen deneylerle Belevi siyah mermerlerinin özgül ağırlığının 2,81 , kuru birim hacim ağırlığının 2,71 gr/cm³, görünür porozitesinin %0,25 ve ağırlıkça su emme değerinin %0,094 olduğu belirlenmiştir.

Taze numuneler üzerinde yapılan ultrasonik iletim hızı ölçümlerinde en yüksek değer kayacın içerdiği foliasyon düzlemlerine paralel konumda yapılan doygun numunelerdeki ölçümlerde elde edilirken ($V_{p_{doy}} = 6,58$ km/sn), en düşük değer ise foliasyon düzlemlerine dik konumda gerçekleştirilen kuru numunelerdeki ölçümler esnasında elde edilmiştir ($V_{p_{kuru}} = 4,68$ km/sn). Ayrıca kayacın suya doygun haldeki ses iletim hızının kuru halde saptanan ses iletim hızından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yönlü numuneler üzerinde yürütülen tek eksenli basınç ve nokta yükleme dayanım indeksi deneylerinde, kaya numunelerinin içerdiği foliasyon düzlemleri ile, yükleme yönü arasındaki açığa bağlı olarak elde edilen direnç parametrelerinde

farklılık olduğu görülmüştür. Ancak yönlü numuneler üzerinde yürütülen tek eksenli basınç direnci sonuçları ve özellikle sonuçlara ait standart sapma değerlerine bakıldığında, Belevi siyah mermerlerinin anizotropi derecesinin düşük olduğu kanısına varılmaktadır. Ancak yönlü numuneler üzerinde yürütülen nokta yükleme dayanım indeksi değerlerine bakıldığında kayacın anizotropik davranışı oldukça belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Kaya numuneleri üzerinde yürütülen hızlandırılmış ayrıştırma testi sonuçlarına göre Belevi siyah mermerlerinin en çok 60 periyot yapılan ıslanma-kuruma deneyinden etkilendiği ve kayada en yüksek oranda kütle kaybının bu deney sonrasında geliştiği belirlenmiştir. Ayrıca hızlandırılmış ayrıştırma testi esnasında yapılan ara ölçümler ile, kayacın fiziksel özelliklerinde, deney türü ve periyot sayısına bağlı olarak belirgin değişimlerin olduğu görülmüştür. Benzer durum taze ve hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulan Belevi siyah mermerlerinin mekanik özelliklerinde de görülmüştür.

Hızlandırılmış ayrıştırma testlerine tabi tutulan Belevi siyah mermerlerinin, bu deneyler esnasındaki davranışları ile anizotropik özellikleri arasında belirgin bir ilişki kurulamamıştır. Bu durum mermer numunelerinin alındığı kaya kütlelerinin homojen olmaması, başka bir deyiş ile kayacın foliasyon düzlemleri ara uzaklıkları değişken olması ile açıklanabilir. Mermer ocağının pasa yığını içerisinde elde edilen ve makroskopik olarak bir farklılığın olmadığı kaya bloklarından elde edilmiş olan kaya numunelerinin anizotropik özelliklerinin farklılık sunması muhtemeldir. Çalışma esnasında aynı kaya bloğundan elde edilen uzun karot numunelerinin ikiye bölünmesiyle elde edilen kaya numunelerinin anizotropik özelliklerinin deneyler esnasında farklılıklar sunduğu görülmüştür. Bu durum, özellikle Belevi siyah mermerlerinin mekanik özelliklerinin belirlendiği tek eksenli basınç direnci, nokta yükleme ve brazilian indirekt çekme direnci deney sonuçlarının standart sapma değerinde yükselme ile sonuçlanmıştır.

Belevi siyah mermerlerinin durabilitesinin sınıflandırılması amacıyla kullanılan kuru-doygun tek eksenli basınç direnci oranı, doygunluk katsayısı ve statik kaya durabilite indeksi sınıflandırma yöntemlerinin tamamında Belevi siyah mermeri yüksek durabiliteli kayaç olarak tanımlanmıştır.



KAYNAKLAR

- Anon, O.H. (1979). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping part 1: rock and soil materials. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 19, 355-371.
- Candan O. ve Kun, N. (1989). Menderes masifinin batısında paleo-melanj kuşağının varlığı; *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1 (3) 237-251.
- Davis W.R. ve Brough R. (1972). Ultrasonic techniques in ceramic research and testin. *Ultrasonics, May.*, 10 (3), 118-126.
- Deere, D. U. ve Miller, R. P. (1966) *Engineering classification and index properties tor intact rock* (65-116). New Mexico: Air Force Weapons Laboratory (WLDC) Kirland Air Force Base.
- Erdoğan, B. ve Yavuz, A.B. (2004). Kayaçların yapı taşı olarak kullanılabilirliğini belirlemede fiziko mekanik özelliklerin önemi, *Natural Stone Dergisi*, (6), 22-229.
- Erguvanlı, K. (1982). *Mühendislik jeoloji*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 590.
- Fookes, P.G., Gourley, C.S. ve Ohikere, C., (1988). Rock weathering in engineering time. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 21 (22), 201-205.
- Güngör, T. ve Erdoğan B., (2002). Tectonic significance of mafic volcanic ricks in a mesozoic sequence of the menderes masif, Weatern Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 91 (3), 386-397.

- Güngör, T. (1998). *Stratigraphy and tectonic evolution of the menderes masif in the Söke-Selçuk region*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- ISRM (1985). Suggested method for determining poind load strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, (22), 51-60.
- Jeager J.C. ve Cook N.G.W. (1976). *Fundamentals of rock mechanics 2nd edition*. London: published by Chapmann & hall, 9-50, 77-106, 143-189.
- Knöfel, S. (1987). Physicochemical weathering reactions as a formulary for timelapsingageing tests. *Materials and Structures*. 20 (2), 127-145.
- Konak M., Akdeniz, N. ve Öztürk, E.N. (1987). Geology of the South of Menderes Masif. In: IGCP Project 5: Guide book field excursionwestetrn Anatolia, Turkey. *Bulletin Mineral Research and Exploration Institute*, 5 (1), 42-53.
- Küçükkaya, A.G. (1995). *Taşların bozunma nedenleri koruma yöntemleri*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 43-95.
- Lewin, S.Z. (1982). *The mechanism of masonry decay through crystallization*. In: *Conservation of historic stone building and monuments* (120-144). Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Lucas, A. (1925). *Antiques, their restoration and preservation* (2nd rev. ed.) (240). London: Arnold E. And Company
- Luquer, L. Mcl. (1895). *The relative effects of frost and the sulfate of soda efflorescence tests on building stones*. Phd Thesis, Columbia University, New York.

- Plevová, E., Kožušníková, A., Vaculíková, L. ve Simha Martynková, G., 2010. Thermal behavior of selected Czech marble samples. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (101), 657-664.
- R.I.L.E.M. (1980). Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods, *Comission 25-PEM. Material Structures*, (13), 175-253.
- Ramamurthy T., 1993. Strength and modulus responses of anisotropic rocks. *Compherensive rock engineering*, 1 (13), 313-329.
- Rossi-Doria, P. R. (1985). Laboratory tests on artistic stonework, the deterioration on conservation of stone. *Studies and documents on the cultural heritage*, (16), 235-242.
- Siegesmund S. (2011). Physical and mechanical properties of rocks. *Stone in architecture* (3. Baskı)(97-225). Berlin: Springer
- Rossi-Manaresi, R. ve Tucci, A. (1991). Pore structure and the disruptive or cementing effect of salt crystallization in various types of stone. *Studies in conservation*, 36 (1), 53-58.
- TS 13755 (2003). *Doğal yapı taşları - deney metodları- atmosfer basıncında su emme tayini*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 1926 (2000). *Doğal yapı taşları- deney metodları- basınç dayanımı tayini* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 699 (2009). *Doğal yapı taşları- inceleme ve laboratuvar deney metodları*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü

TS EN 14066, 2004. *Doğal taşlar, deney metotları termal şok etkisiyle yıpranmaya direncin tayini*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TSEN 12370 (2001). *Doğal yapı taşları- deney metodları-tuz kristallenmesinin direncinin tayini (natural stone test methods-determining of resistance to salt crystallisation)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TSEN 1341 (2004). *Doğal yapı taşı -aşınmaya karşı dayanıklılık tayini*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TSEN 1936 (2001). *Doğal yapı taşları- deney metodları- gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini. türk standartları enstitüsü*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Tsidzi, K. 1997. Propagation characteristics of ultrasonic waves in foliated rocks. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, (56), 103-113.

Topal, T., & Doyuran, V. (1997). Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff. *Engineering Geology*, 47 (1-2), 175-187.

Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A. (2005). *Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri*. Ankara: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.

Winkler, E. M. (1994). *Stone in architecture*, (Third, Completely Revised and Extended Edition Corrected 2nd printing) (284) Berlin: Springer.

Yavuz, A. B. (2001). *Muğla yöresi mermer ocaklarında blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Yavuz, A. B. (2006). Deterioration of the volcanic kerb and pavement stones in a humid environment in the city centre of İzmir, Turkey. *Environmental Geology*, 51 (2), 211-227.

Yavuz, A.B., H. Elçi ve T. Topal. (2007) Belevi (Selçuk-İzmir) mermerlerinin jeolojisi ve mühendislik jeolojisi. *Erdoğan Yüzer Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 440-450.



EKLER

EK-1: Belevi Siyah Mermerin Ana Element Analizi

Element	%
SiO ₂	1,09
Al ₂ O ₃	0,35
Fe ₂ O ₃	0,12
MgO	0,61
CaO	54,6
Na ₂ O	<0,01
K ₂ O	0,09
TiO ₂	0,01
P ₂ O ₅	0,01
MnO	<0,01
Cr ₂ O ₃	<0,02
SrO	0,02
BaO	<0,01
Kızdırma Kaybı (%)	43,1
Toplam (%)	100

EK-2: Belevi Siyah Mermerin Fiziksel Özellikleri

Örnek Numarası	Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm3)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm3)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)	Etkin Porozite (%)
1	411,08	651,44	650,84	0,6	240,36
2	412,9	654,33	653,77	0,56	241,43
3	420,56	665,51	665,04	0,47	244,95
4	416,49	659,8	659,21	0,59	243,31
5	414,12	656,27	655,66	0,61	242,15
6	409,52	649,07	648,41	0,66	239,55
7	416,91	659,74	659,11	0,63	242,83
8	419,8	664,4	663,94	0,46	244,6
9	420,19	664,99	664,58	0,41	244,8
10	416,59	659,71	659,15	0,56	243,12
11	413,27	655,03	654,22	0,81	241,76
12	419,43	663,76	663,24	0,52	244,33
13	419,27	664,46	663,76	0,7	245,19
14	415,39	658,08	657,4	0,68	242,69
15	411,97	651,96	651,48	0,48	239,99
16	417,11	659,8	659,24	0,56	242,69
17	419,24	663,29	662,83	0,46	244,05
18	417,06	660,1	659,58	0,52	243,04
19	415,5	657,75	657,24	0,51	242,25
20	411,58	651,74	651,2	0,54	240,16
21	414,34	656,05	655,55	0,5	241,71
22	412,83	654,24	653,58	0,66	241,41
23	414,61	657,05	656,48	0,57	242,44
24	417,64	660,74	660,37	0,37	243,1

EK-2: devamı

25	415,3	657,27	656,77	0,5	241,97
26	412,31	652,97	652,39	0,58	240,66
27	413,51	655,39	654,64	0,75	241,88
28	412,15	652,65	652,1	0,55	240,5
29	415,09	657,6	656,84	0,76	242,51
30	417,23	660,7	660,14	0,56	243,47
31	418,23	661,77	661,25	0,52	243,54
32	418,27	661,76	661,3	0,46	243,49
33	416,93	661,2	660,4	0,8	244,27
34	416,93	659,76	659,3	0,46	242,83
35	417,04	659,69	659,27	0,42	242,65
36	411,19	651,34	650,8	0,54	240,15
37	413,9	654,94	654,44	0,5	241,04
38	418,34	662,05	661,57	0,48	243,71
39	411,55	651,24	650,71	0,53	239,69
40	416,73	659,75	659,21	0,54	243,02
41	419,07	663,48	662,94	0,54	244,41
42	410,79	650,39	649,93	0,46	239,6
43	417,73	661	660,54	0,46	243,27
44	414,04	655,01	654,65	0,36	240,97
45	411,46	651,29	650,82	0,47	239,83
46	412,6	654,38	653,61	0,77	241,78
47	417,79	661,2	660,79	0,41	243,41
48	413,16	654,64	653,95	0,69	241,48
49	418,29	662,85	662,15	0,7	244,56
50	392,61	620,81	619,9	0,91	228,2
51	395,78	626,66	626,15	0,51	230,88
52	395,91	625,62	624,86	0,76	229,71
53	416,16	659,48	658,75	0,73	243,32

EK-2: devamı

54	416,58	659,7	659,15	0,55	243,12
55	409,57	649,18	648,44	0,74	239,61
56	412,79	654,24	653,49	0,75	241,45
57	419,38	664,38	663,71	0,67	245
58	414,85	657,45	656,66	0,79	242,6
59	417,05	660,68	660,12	0,56	243,63
60	393,35	622,4	621,97	0,43	229,05
61	406,79	643,5	643	0,5	236,71
62	395,39	625,97	625,38	0,59	230,58
63	411,12	652,25	651,31	0,94	241,13
64	414,84	656,41	655,96	0,45	241,57
65	417,68	661,46	660,79	0,67	243,78
66	413,76	655,98	655,22	0,76	242,22
67	410,76	650,74	650,17	0,57	239,98
68	413,43	654,8	654,18	0,62	241,37
69	412,81	652,86	652,42	0,44	240,05
70	385,59	610,64	609,57	1,07	225,05
71	374,72	592,79	592,08	0,71	218,07
72	416,89	660,45	659,91	0,54	243,56
73	412,12	653,84	652,95	0,89	241,72
74	410,54	650,84	650,19	0,65	240,3
75	414,19	656,55	655,83	0,72	242,36
76	412,6	653,11	652,65	0,46	240,51
77	415,79	658,23	657,74	0,49	242,44
78	420,19	664,81	664,39	0,42	244,62
79	414,28	656,29	655,66	0,63	242,01
80	418,54	662,85	662,19	0,66	244,31
81	417,62	662,42	661,54	0,88	244,8
82	413,83	655,91	655,22	0,69	242,08

EK-2: devamı

83	418,91	663,1	662,56	0,54	244,19
84	416,14	658,63	658,14	0,49	242,49
85	414,87	657,36	656,74	0,62	242,49
86	404,52	645,85	643,57	2,28	241,33
87	414,98	656,4	655,88	0,52	241,42
88	410,68	649,82	649,35	0,47	239,14
89	416,62	659,75	659,27	0,48	243,13
90	413,68	654,27	653,81	0,46	240,59
91	413,38	653,75	653,35	0,4	240,37
92	418,68	663,14	662,44	0,7	244,46
93	409,83	650,01	649,27	0,74	240,18
94	413,49	655,73	654,95	0,78	242,24
95	414,77	656,79	656,3	0,49	242,02
96	414,01	655,36	654,9	0,46	241,35
97	413,22	654,55	654,01	0,541	241,33
98	415,93	658,39	657,97	0,42	242,46
99	418,14	662,6	661,92	0,68	244,46
100	415,4	658,71	657,76	0,95	243,31
101	421,64	667,85	667,26	0,59	246,21
102	414,95	657,15	656,62	0,53	242,2
103	415,23	657,58	656,99	0,59	242,35
104	413,18	654,22	653,59	0,63	241,04
105	406,6	644,29	643,69	0,6	237,69
106	417,15	661,01	660,25	0,76	243,86
107	419,31	663,06	662,65	0,41	243,75
108	405,73	645,8	644,12	1,68	240,07
109	417,41	659,88	659,44	0,44	242,47
110	414,88	657,5	656,79	0,71	242,62
111	415,41	657,83	657,32	0,51	242,42

EK-2: devamı

112	413,58	654,59	654,09	0,5	241,01
113	413,4	655,32	654,53	0,79	241,92
114	409,65	649,57	648,75	0,82	239,92
115	416,22	659,19	658,52	0,67	242,97
116	409,65	649,85	648,87	0,98	240,2
117	410,6	650,7	650,03	0,67	240,1
118	413,95	655,55	655	0,552	241,60
119	413,06	653,99	653,42	0,57	240,93
120	411,13	651,81	650,99	0,82	240,68
121	418,99	662,84	662,43	0,41	243,85
122	415,82	658,43	657,72	0,71	242,61
123	417,61	661,02	660,59	0,43	243,41
124	414,95	657,73	656,81	0,92	242,78
125	412,65	654,25	653,45	0,8	241,6
126	418,05	662,62	661,97	0,65	244,57
127	416,49	660,29	659,51	0,78	243,8
128	416,92	659,41	658,94	0,47	242,49
129	416,44	659,75	659,12	0,63	243,31
130	419,35	663,39	662,9	0,49	244,04
131	420,68	665,72	665,19	0,53	245,04
132	412,34	651,95	651,51	0,44	239,61
133	417,94	661,63	661,2	0,43	243,69
134	412,27	652,47	651,98	0,49	240,2
135	411,36	650,86	650,48	0,38	239,5
136	410,26	650,09	649,3	0,79	239,83
137	416,81	659,33	658,99	0,34	242,52
138	415,17	657,54	657,02	0,52	242,37
139	411,59	652,04	651,4	0,64	240,45
140	414,67	657,17	656,57	0,6	242,5

EK-2: devamı

141	418,44	662,99	662,31	0,68	244,55
142	410,22	649,96	649,29	0,67	239,74
143	414,94	656,58	655,94	0,64	241,64
144	415,2	657,61	656,99	0,62	242,41
145	414,48	656,27	655,55	0,72	241,79
146	416,03	659,03	658,42	0,61	243
147	412,68	654,94	654	0,94	242,26
148	420,78	666,1	665,61	0,49	245,32
149	415,4	658,08	657,39	0,69	242,68
150	416,92	659,44	658,93	0,51	242,52
151	414,43	656,2	655,54	0,66	241,77
152	417,33	660,09	659,59	0,5	242,76
153	417,82	661,07	660,57	0,5	243,25
154	414,18	654,94	654,54	0,4	240,76
155	417,84	662,03	661,24	0,79	244,19

EK-3: Belevi Siyah Mermerin Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği

Örnek Numarası	Yönelim Açısı	Boy (m)	Hız (doy)	Hız (kuru)	km/sn(doy)	km/sn(kuru)
1	90°	0,11	17,40	24,40	6,25	4,46
3	90°	0,11	18,40	21,90	5,93	4,99
4	90°	0,11	17,40	21,90	6,24	4,96
5	90°	0,11	17,90	24,30	6,12	4,51
6	90°	0,11	17,90	24,40	6,13	4,50
7	90°	0,11	17,90	23,90	6,12	4,58
8	90°	0,11	17,40	20,40	6,31	5,38
9	90°	0,11	17,40	23,90	6,34	4,61
10	90°	0,11	17,90	25,90	6,18	4,27

EK-3: devamı

11	90°	0,11	17,40	23,90	6,29	4,58
12	90°	0,11	17,40	24,90	6,26	4,37
14	90°	0,11	17,90	23,40	6,15	4,70
15	90°	0,11	17,40	22,90	6,29	4,78
16	90°	0,11	17,90	24,40	6,09	4,47
17	90°	0,11	17,90	23,90	6,06	4,54
18	90°	0,11	17,90	23,90	6,12	4,58
19	90°	0,11	17,90	23,90	6,12	4,58
21	90°	0,11	17,90	24,40	6,16	4,52
22	90°	0,11	17,40	23,40	6,22	4,62
23	90°	0,11	17,40	23,40	6,23	4,63
24	90°	0,11	17,40	22,90	6,27	4,76
25	90°	0,11	17,40	23,40	6,28	4,67
27	90°	0,11	17,40	23,90	6,32	4,60
29	90°	0,11	17,40	22,90	6,27	4,77
30	90°	0,11	17,90	22,90	6,07	4,74
31	90°	0,11	17,90	26,40	6,14	4,16
32	90°	0,11	17,40	23,40	6,22	4,62
33	90°	0,11	17,90	24,40	6,11	4,48
34	90°	0,11	17,40	21,90	6,24	4,96
35	90°	0,11	17,40	24,40	6,32	4,51
37	90°	0,11	17,90	21,40	6,14	5,14
39	90°	0,11	17,90	22,90	6,16	4,81
40	90°	0,11	17,90	22,40	6,14	4,91
41	90°	0,11	17,40	23,40	6,25	4,65
42	90°	0,11	17,40	20,40	6,30	5,37
44	90°	0,11	17,90	23,40	6,09	4,66
45	90°	0,11	17,90	23,90	6,13	4,59
46	90°	0,11	17,90	22,40	6,09	4,87

EK-3: devamı

47	90°	0,11	17,40	23,90	6,24	4,55
48	90°	0,11	17,40	23,40	6,23	4,63
49	90°	0,11	17,40	22,90	6,22	4,73
50	90°	0,11	17,90	25,90	6,16	4,26
51	90°	0,11	17,90	21,90	6,09	4,98
54	90°	0,11	17,40	23,90	6,24	4,54
55	90°	0,11	17,90	24,40	6,10	4,47
56	90°	0,11	17,90	24,40	6,04	4,43
57	90°	0,11	17,40	18,90	6,21	5,72
58	90°	0,11	17,40	20,90	6,23	5,19
59	90°	0,11	17,40	18,90	6,22	5,72
60	90°	0,11	17,40	25,90	6,04	4,05
61	90°	0,10	18,00	26,40	5,66	3,86
1	45°	0,11	16,90	19,40	6,48	5,65
3	45°	0,11	17,40	19,90	6,25	5,46
5	45°	0,11	16,90	17,90	6,38	6,02
7	45°	0,11	17,40	21,90	6,24	4,96
8	45°	0,11	17,40	20,40	6,22	5,30
9	45°	0,11	16,90	20,40	6,44	5,33
10	45°	0,11	17,90	19,40	6,17	5,69
11	45°	0,11	16,90	19,40	6,42	5,59
12	45°	0,11	17,40	19,40	6,27	5,63
13	45°	0,11	17,40	20,90	6,26	5,21
14	45°	0,11	16,90	20,90	6,45	5,21
16	45°	0,11	16,90	21,40	6,43	5,08
18	45°	0,11	16,90	20,90	6,47	5,23
19	45°	0,11	16,90	20,90	6,42	5,19
21	45°	0,11	17,40	20,40	6,25	5,33
22	45°	0,11	17,40	19,90	6,25	5,46

EK-3: devamı

23	45°	0,11	16,90	19,90	6,46	5,48
24	45°	0,11	17,40	19,90	6,22	5,43
25	45°	0,11	17,40	19,90	6,26	5,47
26	45°	0,11	17,40	18,40	6,27	5,93
27	45°	0,11	17,40	19,40	6,20	5,57
28	45°	0,11	16,90	18,40	6,42	5,89
29	45°	0,11	17,40	18,40	6,26	5,92
30	45°	0,11	16,90	17,90	6,42	6,06
31	45°	0,11	16,90	20,40	6,47	5,36
33	45°	0,11	16,90	18,40	6,42	5,90
34	45°	0,11	16,90	19,90	6,42	5,45
35	45°	0,11	17,40	21,40	6,24	5,07
37	45°	0,11	16,90	20,40	6,45	5,34
38	45°	0,11	16,90	18,90	6,45	5,77
39	45°	0,11	16,90	19,40	6,46	5,63
40	45°	0,11	16,40	16,90	6,47	6,28
41	45°	0,11	17,40	19,90	6,29	5,50
42	45°	0,11	17,40	20,90	6,29	5,23
43	45°	0,11	16,90	18,90	6,46	5,78
44	45°	0,11	17,40	20,40	6,28	5,36
45	45°	0,11	16,90	20,40	6,44	5,34
46	45°	0,11	16,90	19,40	6,43	5,60
47	45°	0,11	16,90	21,90	6,44	4,97
48	45°	0,11	16,90	20,40	6,44	5,34
49	45°	0,11	16,90	18,40	6,45	5,92
50	45°	0,11	16,90	19,90	6,43	5,46
51	45°	0,11	16,90	19,40	6,43	5,60
52	45°	0,11	17,40	18,90	6,21	5,71
53	45°	0,11	17,40	18,40	6,26	5,92

EK-3: devamı

54	45°	0,11	16,90	20,40	6,41	5,31
55	45°	0,11	16,90	20,90	6,47	5,23
56	45°	0,11	16,90	19,40	6,44	5,61
57	45°	0,11	16,90	19,40	6,41	5,58
58	45°	0,11	17,60	18,70	6,07	5,72
59	45°	0,11	18,50	18,70	5,96	5,90
60	45°	0,11	17,40	19,20	6,18	5,61
2	0°	0,11	16,40	16,90	6,59	6,40
3	0°	0,11	16,40	17,40	6,65	6,27
5	0°	0,11	16,40	18,40	6,68	5,95
6	0°	0,11	16,90	19,40	6,46	5,63
8	0°	0,11	16,40	17,90	6,60	6,05
9	0°	0,11	16,40	16,40	6,55	6,55
10	0°	0,11	16,80	17,40	6,47	6,25
11	0°	0,11	16,40	19,40	6,61	5,59
12	0°	0,11	16,40	18,90	6,60	5,73
14	0°	0,11	16,40	17,40	6,62	6,24
15	0°	0,11	16,40	17,40	6,65	6,27
16	0°	0,11	16,40	19,40	6,63	5,60
17	0°	0,11	16,40	18,40	6,57	5,86
19	0°	0,11	15,90	17,90	6,80	6,04
21	0°	0,11	16,40	19,40	6,63	5,61
23	0°	0,11	16,40	19,40	6,60	5,58
24	0°	0,11	16,40	16,40	6,63	6,63
25	0°	0,11	16,40	20,40	6,64	5,34
26	0°	0,11	16,40	19,40	6,62	5,60
27	0°	0,11	16,40	17,40	6,62	6,24
28	0°	0,11	16,40	17,40	6,58	6,20
32	0°	0,11	16,40	19,40	6,65	5,63

EK-3: devamı

34	0°	0,11	16,40	21,40	6,63	5,08
35	0°	0,11	16,40	19,40	6,64	5,61
36	0°	0,11	15,90	18,90	6,84	5,76
37	0°	0,11	16,40	19,90	6,62	5,45
38	0°	0,11	15,90	18,40	6,89	5,95
39	0°	0,11	16,40	19,40	6,63	5,60
40	0°	0,11	16,40	21,40	6,59	5,05
41	0°	0,11	16,90	17,40	6,49	6,30
42	0°	0,11	16,40	16,90	6,64	6,44
43	0°	0,11	16,90	18,40	6,45	5,92
44	0°	0,11	16,40	17,40	6,66	6,28
45	0°	0,11	16,90	17,90	6,46	6,10
46	0°	0,11	16,40	17,40	6,58	6,20
47	0°	0,11	16,40	17,90	6,63	6,07
48	0°	0,11	16,40	17,90	6,61	6,06
49	0°	0,11	16,90	17,90	6,42	6,06
50	0°	0,11	16,40	19,40	6,62	5,60
51	0°	0,11	16,40	18,40	6,64	5,92
52	0°	0,11	16,40	19,40	6,65	5,62
54	0°	0,11	16,40	19,90	6,64	5,48
55	0°	0,11	16,40	18,40	6,66	5,93
56	0°	0,11	16,40	17,40	6,64	6,26
58	0°	0,11	16,40	18,90	6,63	5,75
59	0°	0,11	16,40	16,90	6,67	6,47
60	0°	0,11	16,40	18,40	6,61	5,89
62	0°	0,11	16,40	17,40	6,61	6,23
63	0°	0,11	16,40	17,90	6,60	6,04
64	0°	0,11	17,60	19,90	6,04	5,34
65	0°	0,11	18,00	21,80	5,97	4,93

EK-4: Tek Eksenli Basınç Direnci

Örnek Numarası	Örnek Durumu	Yönelim Açısı	KN	Çap Ortalaması	σ_c (kg/cm ²)
1	Doygun	90°	114,90	53,27	521,40
2	Doygun	90°	101,70	53,43	459,04
3	Doygun	90°	80,20	53,58	360,11
4	Doygun	90°	136,40	53,32	617,97
5	Doygun	90°	126,40	53,23	574,50
6	Doygun	90°	40,70	53,38	184,04
7	Doygun	90°	139,60	53,25	633,91
8	Doygun	45°	146,20	53,48	658,70
9	Doygun	45°	116,80	53,41	527,61
10	Doygun	45°	33,60	53,56	150,99
11	Doygun	45°	110,30	53,62	494,65
12	Doygun	45°	136,30	53,58	612,08
13	Doygun	45°	108,50	53,53	488,01
14	Doygun	45°	117,10	53,60	525,44
15	Doygun	0°	123,80	53,40	559,36
16	Doygun	0°	107,10	53,22	486,94
17	Doygun	0°	119,10	53,32	539,53
18	Doygun	0°	135,10	53,74	603,34
19	Doygun	0°	117,50	53,36	531,68
20	Doygun	0°	138,40	53,24	628,68
21	Doygun	0°	207,50	53,29	941,17
22	Kuru	90°	104,60	53,33	473,68
23	Kuru	90°	54,50	53,38	246,41
24	Kuru	90°	114,10	53,25	518,12
25	Kuru	90°	153,20	53,40	692,12
26	Kuru	90°	132,80	53,62	595,55
27	Kuru	90°	100,30	53,27	455,14

EK-4: devamı

28	Kuru	90°	103,00	53,73	460,19
29	Kuru	90°	80,80	52,39	377,94
30	Kuru	90°	108,70	52,46	507,21
31	Kuru	90°	57,00	52,35	267,02
32	Kuru	45°	173,20	53,57	778,14
33	Kuru	45°	101,30	53,54	455,52
34	Kuru	45°	76,60	53,29	347,36
35	Kuru	45°	84,60	53,39	382,33
36	Kuru	45°	136,30	53,58	612,15
37	Kuru	45°	170,50	53,48	768,35
38	Kuru	45°	107,40	53,53	483,17
39	Kuru	45°	124,40	52,48	580,20
40	Kuru	45°	172,60	52,44	806,12
41	Kuru	45°	186,00	52,43	869,01
42	Kuru	90°	126,10	53,13	574,97
43	Kuru	90°	123,50	53,41	557,75
44	Kuru	90°	117,50	53,26	533,38
45	Kuru	90°	104,60	53,21	475,69
46	Kuru	90°	118,50	53,31	537,06
47	Kuru	90°	78,60	53,20	357,57
48	Kuru	90°	142,60	53,37	644,96
49	Kuru	90°	120,90	52,51	563,16
50	Kuru	90°	101,90	52,36	477,24

EK-5: Nokta Yükleme Dayanım İndeksi

Örnek Numarası	Örnek Durumu	Yönelim Açısı	KN	Çap Ortalaması	$I_s (50) (kg/cm^2)$
1	Kuru	90°	5,6	53,32	20,28
2	Kuru	90°	6	53,24	21,77
3	Kuru	90°	6	53,46	21,64
4	Kuru	90°	6	53,44	21,65
5	Kuru	90°	6,9	52,39	25,67
6	Kuru	90°	6,9	52,42	25,65
7	Kuru	90°	6	52,43	22,30
8	Kuru	45°	9,8	52,45	36,40
9	Kuru	45°	5,6	52,45	20,80
10	Kuru	45°	9	52,44	33,44
11	Kuru	45°	8,4	52,43	31,22
12	Kuru	45°	6,6	52,57	24,43
13	Kuru	45°	8,1	52,42	30,11
14	Kuru	0°	11,2	53,2	40,69
15	Kuru	0°	13	53,33	47,05
16	Kuru	0°	5,6	52,44	20,81
17	Kuru	0°	3,7	52,45	13,74
18	Kuru	0°	6	52,44	22,29
19	Kuru	0°	6,2	52,69	22,87
20	Doygun	90°	6	46,66	21,83
21	Doygun	90°	6	44,62	21,57
22	Doygun	90°	6	46,53	21,80
23	Doygun	90°	5,1	50,29	18,53
24	Doygun	90°	6	55,84	21,47
25	Doygun	90°	6,9	59,11	25,65
26	Doygun	45°	7	60,43	25,99
27	Doygun	45°	8	58,3	29,54

EK-5: devamı

28	Doygun	45°	7	59,92	25,99
29	Doygun	45°	9,5	59,84	35,31
30	Doygun	45°	3,3	56,08	12,26
31	Doygun	0°	15,3	46,72	55,49
32	Doygun	0°	15,5	58,15	57,67
33	Doygun	0°	10,9	52,23	40,56
34	Doygun	0°	40	60,76	148,74
35	Doygun	0°	13,3	57,65	49,37
36	Doygun	0°	15,5	60,54	57,55

EK-6: Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci

Örnek Numarası	Örnek Durumu	Yönelim Açısı	KN	Boy ort.	Çap ort.	KG/CM ²
1	Doygun	90°	15,2	52,29	27,92	66,31
2	Doygun	90°	22	52,44	28,26	94,56
3	Doygun	90°	18,9	52,38	28,92	79,48
4	Doygun	90°	19,8	52,45	29,30	82,07
5	Doygun	90°	20	52,37	28,79	84,48
6	Doygun	45°	17,5	53,57	28,98	71,80
7	Doygun	45°	15,1	53,4	29,02	62,06
8	Doygun	45°	21,4	52,48	27,54	94,32
9	Doygun	45°	9,8	52,31	27,84	42,86
10	Doygun	45°	18,4	52,44	28,07	79,62
11	Doygun	45°	20	52,45	27,52	88,27
12	Doygun	45°	23,4	52,46	28,51	99,64
13	Doygun	0°	28,5	53,44	28,99	117,17
14	Doygun	0°	23,8	53,84	28,92	97,36
15	Doygun	0°	15,4	53,44	26,12	70,26
16	Doygun	0°	19	53,3	28,94	78,46

EK-6: devamı

18	Doygun	0°	22,2	52,46	28,08	96,00
19	Doygun	0°	18,1	52,38	28,40	77,49
20	Kuru	90°	15	52,43	28,68	63,55
21	Kuru	90°	14,9	52,36	29,38	61,69
22	Kuru	90°	14	52,44	28,01	60,72
23	Kuru	90°	17,9	52,49	27,65	78,57
24	Kuru	90°	9	52,41	28,97	37,76
25	Kuru	90°	19,1	52,39	28,32	81,99
26	Kuru	45°	24	53,52	28,89	98,85
27	Kuru	45°	11,3	53,49	29,03	46,36
28	Kuru	45°	20	52,35	28,98	83,97
29	Kuru	45°	20,1	52,52	27,90	87,37
30	Kuru	45°	8	52,3	29,27	33,28
31	Kuru	45°	21,2	52,33	28,65	90,08
32	Kuru	45°	22,1	52,46	27,25	98,46
33	Kuru	45°	15,5	52,11	28,42	66,66
34	Kuru	0°	20,2	53,35	29,20	82,60
35	Kuru	0°	20	53,37	29,17	81,82
36	Kuru	0°	16,9	53,2	28,70	70,49
37	Kuru	0°	22,1	52,36	29,48	91,20
38	Kuru	0°	24,2	52,43	28,42	103,43
39	Kuru	0°	20,2	52,43	28,66	85,62
40	Kuru	0°	23	52,43	27,97	99,91
41	Kuru	0°	21,2	52,4	28,09	91,75

EK-7: devamı**Belevi Siyah Mermerlerinin Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Kuru Birim Hacim Ağırlık**

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
2,70	2,70	2,71	2,70	2,70	2,70
2,70	2,70	2,71	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,70	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,70
2,71	2,70	2,70	2,70	2,71	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,70	2,70	2,71	2,70
2,71	2,71	2,70	2,70	2,71	2,70
2,71	2,71	2,70	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,70	2,71	2,71	2,71
2,71	2,70	2,70	2,70	2,70	2,69
2,71	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
2,72	2,71	2,71	2,71	2,71	2,70
2,68	2,68	2,70	2,68	2,68	2,68
2,72	2,71	2,71	2,71	2,71	2,70
2,71	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,70	2,71	2,71	2,71
2,71	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70

Belevi Siyah Mermerin Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Doygun Birim Hacim Ağırlık

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,71
2,71	2,71	2,70	2,70	2,70	2,71
2,71	2,71	2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,70	2,70	2,71	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,70	2,70	2,71	2,70	2,70
2,71	2,70	2,71	2,71	2,70	2,71
2,72	2,71	2,71	2,71	2,70	2,71
2,69	2,68	2,69	2,69	2,69	2,69
2,72	2,71	2,71	2,71	2,69	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71

Belevi Siyah Mermerin Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Görünür Porozitelerindeki Değişimler

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
0,42	0,52	0,50	0,55	0,62	0,62
0,45	0,58	0,55	0,60	0,63	0,55
0,29	0,40	0,39	0,40	0,43	0,46
0,28	0,40	0,34	0,36	0,34	0,32
0,26	0,38	0,36	0,30	0,44	0,39
0,35	0,46	0,46	0,47	0,57	0,49
0,31	0,44	0,41	0,39	0,46	0,43
0,45	0,58	0,54	0,60	0,67	0,68
0,40	0,55	0,56	0,49	0,58	0,51
0,39	0,55	0,55	0,55	0,65	0,70
0,37	0,55	0,48	0,55	0,50	0,63
0,35	0,48	0,41	0,50	0,44	0,49
0,43	0,65	0,65	0,67	0,88	0,80
0,41	0,51	0,51	0,60	0,68	0,62
0,38	0,57	0,57	0,66	0,69	0,86
0,51	0,53	0,53	0,61	0,60	0,56
0,40	0,69	0,69	0,70	0,95	0,95
0,36	0,51	0,45	0,50	0,53	0,41
0,28	0,37	0,31	0,36	0,43	0,36
0,36	0,54	0,54	0,55	0,53	0,67
0,36	0,45	0,39	0,44	0,50	0,43
0,37	0,51	0,49	0,52	0,58	0,57
0,06	0,08	0,10	0,11	0,14	0,16

Belevi Siyah Mermerin Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Ağırlıkça Su Emme Değerlerindeki Değişimler

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu	50. Periyot Sonu	60. Periyot Sonu
0,16	0,19	0,18	0,20	0,23	0,23
0,17	0,22	0,20	0,22	0,23	0,20
0,11	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17
0,10	0,15	0,15	0,13	0,13	0,12
0,10	0,14	0,14	0,14	0,16	0,14
0,13	0,17	0,17	0,17	0,21	0,18
0,12	0,16	0,16	0,14	0,17	0,16
0,16	0,21	0,20	0,22	0,25	0,25
0,15	0,20	0,21	0,18	0,22	0,19
0,14	0,20	0,20	0,20	0,24	0,26
0,14	0,20	0,18	0,20	0,19	0,23
0,13	0,18	0,15	0,19	0,16	0,18
0,16	0,24	0,24	0,25	0,33	0,30
0,15	0,22	0,19	0,22	0,25	0,23
0,14	0,23	0,21	0,24	0,24	0,32
0,19	0,24	0,20	0,23	0,22	0,21
0,15	0,22	0,26	0,26	0,30	0,35
0,13	0,19	0,17	0,19	0,20	0,15
0,10	0,14	0,14	0,13	0,16	0,13
0,13	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25
0,13	0,17	0,14	0,16	0,19	0,16

Belevi Siyah Mermerin Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Kütle Kaybı

10. Periyot	20. Periyot	30. Periyot	40. Periyot	50. Periyot	60. Periyot
Sonu	Sonu	Sonu	Sonu	Sonu	Sonu
0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

Belevi Siyah Mermerin Islanma-Kuruma Deneyi Süresince Foliasyona Farklı Yönelim Açılarında Kuru ve Doygun Ultrasonik Hız Grafiği Verileri

Döngü	Yönelim Açısı	Uzunluk (mm)	Doygun Ses Hızı (μs)	Kuru Ses Hızı (μs)	Doygun Hız (cm/μs)	Kuru Hız (cm/μs)
10. periyot	90°	108,09	17,90	20,40	6,04	5,30
10. periyot	90°	109,14	17,90	21,40	6,10	5,10
10. periyot	90°	108,74	17,40	24,30	6,25	4,48
10. periyot	90°	109,13	17,90	23,70	6,10	4,60
10. periyot	90°	108,55	17,40	24,30	6,24	4,47
10. periyot	90°	108,95	17,90	22,70	6,09	4,80
10. periyot	90°	108,34	17,40	22,40	6,23	4,84
10. periyot	45°	108,75	17,90	23,60	6,08	4,61
10. periyot	45°	110,47	18,90	22,90	5,84	4,82
10. periyot	45°	109,06	18,90	22,90	5,77	4,76
10. periyot	45°	108,44	18,40	22,40	5,89	4,84
10. periyot	45°	108,57	17,90	23,90	6,07	4,54
10. periyot	45°	106,13	17,90	22,40	5,93	4,74
10. periyot	45°	108,63	18,40	23,90	5,90	4,55
10. periyot	0°	110,05	19,90	29,60	5,53	3,72
10. periyot	0°	108,61	18,90	29,20	5,75	3,72
10. periyot	0°	109,41	19,40	28,30	5,64	3,87
10. periyot	0°	109,95	18,90	25,90	5,82	4,25
10. periyot	0°	109,56	18,40	24,40	5,95	4,49
10. periyot	0°	109,02	19,40	28,40	5,62	3,84
10. periyot	0°	109,13	19,40	28,70	5,63	3,80
20. periyot	90°	108,09	17,40	22,60	6,21	4,78
20. periyot	90°	109,14	18,40	22,40	5,93	4,87
20. periyot	90°	108,74	17,90	23,90	6,08	4,55

EK-7: devamı

20. periyot	90°	108,55	17,40	23,90	6,24	4,54
20. periyot	90°	108,95	18,40	24,80	5,92	5,92
20. periyot	90°	108,34	17,40	22,40	6,23	4,84
20. periyot	45°	108,75	18,40	24,70	5,91	4,40
20. periyot	45°	110,47	18,90	24,40	5,84	4,53
20. periyot	45°	109,06	18,90	23,90	5,77	4,56
20. periyot	45°	108,44	18,40	23,40	5,89	4,63
20. periyot	45°	108,57	17,90	24,70	6,07	4,40
20. periyot	45°	106,13	18,90	25,30	5,62	5,62
20. periyot	45°	108,63	18,90	24,90	5,75	4,36
20. periyot	0°	110,05	20,90	32,40	5,27	3,40
20. periyot	0°	108,61	18,90	27,80	5,75	3,91
20. periyot	0°	109,41	20,80	31,90	5,26	3,43
20. periyot	0°	109,95	18,90	27,40	5,82	4,01
20. periyot	0°	109,56	18,40	26,70	5,95	4,10
20. periyot	0°	109,02	20,30	30,90	5,37	3,53
20. periyot	0°	109,13	19,40	29,20	5,63	3,74
30. periyot	90°	108,09	17,80	21,90	6,07	6,07
30. periyot	90°	108,74	17,90	23,40	6,08	4,65
30. periyot	90°	109,13	17,90	23,00	6,10	4,74
30. periyot	90°	108,55	17,40	23,30	6,24	4,66
30. periyot	90°	108,95	18,40	22,90	4,76	4,76
30. periyot	90°	108,34	17,70	22,50	6,12	4,82
30. periyot	45°	108,75	18,40	21,90	5,91	4,97
30. periyot	45°	110,47	18,90	24,40	5,84	4,53
30. periyot	45°	109,06	18,90	23,40	5,77	4,66
30. periyot	45°	108,44	18,90	23,50	5,74	4,61
30. periyot	45°	108,57	18,90	25,30	5,74	4,29
30. periyot	45°	106,13	18,40	25,50	5,77	4,16

EK-7: devamı

30. periyot	0°	110,05	21,90	31,40	3,50	3,50
30. periyot	0°	108,61	18,90	27,10	5,75	4,01
30. periyot	0°	109,41	20,40	32,80	5,36	3,34
30. periyot	0°	109,95	18,90	26,90	5,82	4,09
30. periyot	0°	109,56	19,40	24,90	5,65	4,40
30. periyot	0°	109,02	19,90	31,30	5,48	3,48
30. periyot	0°	109,13	19,40	25,30	5,63	4,31
40. periyot	90°	108,09	16,90	21,90	4,94	4,94
40. periyot	90°	109,14	17,40	24,50	6,27	4,45
40. periyot	90°	108,74	16,90	26,50	4,10	4,10
40. periyot	90°	109,13	17,40	25,80	6,27	4,23
40. periyot	90°	108,55	17,90	25,90	6,06	4,19
40. periyot	90°	108,95	17,40	23,40	6,26	4,66
40. periyot	90°	108,34	17,40	26,10	6,23	4,15
40. periyot	45°	108,75	17,90	25,20	5,63	4,32
40. periyot	45°	110,47	18,90	25,10	5,84	4,40
40. periyot	45°	109,06	18,40	24,90	5,93	4,38
40. periyot	45°	108,44	17,90	24,80	4,37	4,37
40. periyot	45°	108,57	17,90	25,40	4,27	4,27
40. periyot	45°	106,13	18,10	26,90	5,86	3,95
40. periyot	45°	108,63	18,40	26,20	5,90	4,15
40. periyot	0°	110,05	19,40	34,70	5,67	3,17
40. periyot	0°	108,61	18,40	27,20	5,90	3,99
40. periyot	0°	109,41	19,90	34,90	5,50	3,13
40. periyot	0°	109,95	18,40	30,00	3,66	3,66
40. periyot	0°	109,56	17,90	27,40	4,00	4,00
40. periyot	0°	109,02	19,30	32,60	5,65	3,34
40. periyot	0°	109,13	18,40	29,30	5,93	3,72
50. periyot	90°	108,09	17,40	22,90	6,21	4,72

EK-7: devamı

60. periyot	90°	108,74	18,80	28,80	5,78	3,78
60. periyot	90°	109,13	19,80	26,20	5,51	4,17
60. periyot	90°	108,55	19,80	29,80	5,48	3,64
60. periyot	90°	108,95	20,70	28,20	5,26	3,86
60. periyot	90°	108,34	19,20	22,80	5,64	4,75
60. periyot	45°	108,75	19,60	29,70	5,55	3,66
60. periyot	45°	110,47	21,20	28,70	5,21	3,85
60. periyot	45°	109,06	19,30	26,70	5,65	4,08
60. periyot	45°	108,44	20,40	31,90	5,32	3,40
60. periyot	45°	108,57	19,10	28,70	5,68	3,78
60. periyot	45°	106,13	20,90	28,90	5,08	3,67
60. periyot	45°	108,63	22,00	29,80	4,94	3,65
60. periyot	0°	110,05	25,20	39,30	4,37	2,80
60. periyot	0°	108,61	20,60	28,10	5,27	3,87
60. periyot	0°	109,41	24,90	41,20	4,39	2,66
60. periyot	0°	109,95	21,70	27,70	5,07	3,97
60. periyot	0°	109,56	22,40	27,40	4,89	4,00
60. periyot	0°	109,02	31,70	47,10	3,44	2,31
60. periyot	0°	109,13	21,40	30,20	5,10	3,61

Belevi Siyah Mermerin Donma-Çözülme Deneyi Süresince Kuru Birim Hacim Ağırlıkları

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,70	2,71	2,70
2,70	2,71	2,71	2,70
2,70	2,70	2,71	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,70	2,71	2,70
2,70	2,70	2,71	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71

Belevi Siyah Mermerlerinin Donma-Çözülme Deneyi Süresince Doygun Birim Hacim Ağırlıkları

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
2,71	2,72	2,72	2,72
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,72	2,72
2,71	2,71	2,72	2,72
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,70	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71

Belevi Siyah Mermerlerinin Donma-Çözülme Deneyi Süresince Görünür Porozitesindeki Değişim

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
0,43	0,44	0,32	0,43
0,42	0,49	0,33	0,45
0,43	0,42	0,27	0,45
0,41	0,46	0,28	0,39
0,41	0,49	0,34	0,52
0,43	0,46	0,23	0,54
0,38	0,43	0,31	0,39
0,37	0,42	0,25	0,39
0,38	0,46	0,27	0,42
0,37	0,40	0,23	0,38
0,56	0,66	0,54	0,56
0,38	0,44	0,30	0,54
0,46	0,50	0,33	0,45
0,47	0,44	0,38	0,53
0,45	0,44	0,35	0,49
0,42	0,41	0,25	0,46
0,44	0,49	0,40	0,52
0,42	0,51	0,35	0,47
0,49	0,45	0,41	0,62
0,48	0,53	0,35	0,55
0,46	0,53	0,40	0,40

Belevi Siyah Mermerlerinin Donma-Çözülme Deneyi Süresince Boşluk Oranındaki Değişim

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
0,43	0,44	0,32	0,43
0,42	0,50	0,33	0,46
0,43	0,42	0,27	0,45
0,41	0,46	0,28	0,39
0,41	0,49	0,34	0,53
0,43	0,46	0,23	0,55
0,38	0,43	0,31	0,39
0,37	0,42	0,25	0,39
0,38	0,47	0,27	0,43
0,37	0,41	0,23	0,38
0,56	0,66	0,54	0,56
0,38	0,44	0,30	0,54
0,46	0,51	0,33	0,45
0,47	0,45	0,38	0,53
0,46	0,44	0,35	0,49
0,42	0,41	0,25	0,46
0,44	0,49	0,40	0,52
0,43	0,51	0,35	0,48
0,49	0,45	0,41	0,62
0,48	0,54	0,36	0,56
0,46	0,53	0,41	0,40

Belevi Siyah Mermeri Donma-Çözülme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
0,02	0,04	0,05	0,05
0,05	0,06	0,07	0,08
0,03	0,04	0,05	0,05
0,03	0,04	0,04	0,04
0,03	0,05	0,06	0,06
0,02	0,04	0,04	0,04
0,03	0,05	0,05	0,06
0,03	0,05	0,05	0,05
0,02	0,04	0,04	0,04
0,02	0,05	0,07	0,07
0,02	0,04	0,04	0,04
0,02	0,04	0,07	0,07
0,03	0,05	0,05	0,05
0,02	0,04	0,04	0,04
0,02	0,04	0,05	0,06
0,02	0,04	0,05	0,04
0,02	0,05	0,06	0,06
0,03	0,06	0,07	0,07
0,02	0,04	0,05	0,05
0,02	0,05	0,06	0,08
0,03	0,04	0,05	0,06

Belevi Siyah Mermerin Donma-Çözülme Deneyi Süresince Foliasyona Farklı Yönelim Açılarında Kuru ve Suya Doygun Koşullardaki Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği Grafiği Verileri

Döngü	Yönelim Açısı	Uzunluk (mm)	Doygun Ses Hızı (μs)	Kuru Ses Hızı (μs)	Doygun Hız (cm/μs)	Kuru Hız (cm/μs)
10. periyot	90°	108,26	17,40	22,40	6,22	4,83
10. periyot	90°	108,61	17,40	21,40	6,24	5,08
10. periyot	90°	109,52	17,40	23,40	6,29	4,68
10. periyot	90°	109,65	17,40	21,00	6,30	5,22
10. periyot	90°	109,24	17,40	22,40	6,28	4,88
10. periyot	90°	107,94	17,40	22,40	6,20	4,82
10. periyot	90°	109,31	17,40	21,40	6,28	5,11
10. periyot	45°	109,56	17,90	25,40	6,12	4,31
10. periyot	45°	108,93	18,40	26,40	5,92	4,13
10. periyot	45°	108,72	18,40	27,90	5,91	4,14
10. periyot	45°	108,15	17,90	23,90	6,04	4,53
10. periyot	45°	108,93	17,90	27,40	6,09	3,98
10. periyot	45°	109,43	18,40	25,90	5,95	4,22
10. periyot	45°	108,28	18,40	25,90	5,88	4,18
10. periyot	0°	108,77	19,40	30,90	5,61	3,52
10. periyot	0°	109,49	18,90	29,80	5,79	3,67
10. periyot	0°	110,30	19,40	31,40	5,69	3,51
10. periyot	0°	109,11	19,40	31,00	5,62	3,52
10. periyot	0°	109,26	18,90	30,80	5,78	3,55
10. periyot	0°	108,42	18,40	29,40	5,89	3,69
10. periyot	0°	109,06	18,40	26,90	5,93	4,05
20. periyot	90°	108,26	17,30	21,30	6,26	5,08
20. periyot	90°	108,61	17,40	21,40	6,24	5,08

EK-7: devamı

20. periyot	90°	109,65	17,40	20,30	6,30	
20. periyot	90°	109,24	17,40	22,40	6,28	4,88
20. periyot	90°	107,94	16,90	21,90		4,93
20. periyot	90°	109,31	17,40	20,80	6,28	5,26
20. periyot	45°	109,56	17,90	24,80	6,12	4,42
20. periyot	45°	108,93	17,90	26,40	6,09	4,13
20. periyot	45°	108,72	17,90	26,30	6,07	4,13
20. periyot	45°	108,15	17,90	23,40	6,04	
20. periyot	45°	108,93	17,90	26,30	6,09	4,14
20. periyot	45°	109,43	17,90	26,10	6,11	4,19
20. periyot	45°	108,28	17,90	24,40	6,05	
20. periyot	0°	108,77	18,40	30,60	5,91	3,55
20. periyot	0°	109,49	18,60	29,30	5,89	3,74
20. periyot	0°	110,30	18,90	30,30	5,84	3,64
20. periyot	0°	109,11	18,90	31,80	5,77	3,43
20. periyot	0°	109,26	18,90	31,40	5,78	3,48
20. periyot	0°	108,42	18,40	30,60	5,89	3,54
20. periyot	0°	109,06	18,40	26,80	5,93	4,07
30. periyot	90°	108,26	16,90	22,90	6,41	4,73
30. periyot	90°	108,61	16,90	22,40	6,43	4,85
30. periyot	90°	109,52	17,40	24,90	6,29	4,40
30. periyot	90°	109,65	16,90	21,90		5,01
30. periyot	90°	109,24	16,90	22,90	6,46	4,77
30. periyot	90°	107,94	16,90	23,80	6,39	4,54
30. periyot	90°	109,31	17,40	21,80	6,28	5,01
30. periyot	45°	109,56	18,40	26,40	5,95	4,15
30. periyot	45°	108,93	18,40	27,40	5,92	3,98
30. periyot	45°	108,72	18,40	27,30	5,91	3,98
30. periyot	45°	108,15	17,40	24,40	6,22	4,43

EK-7: devamı

30. periyot	45°	108,28	17,90	25,40	6,05	4,26
30. periyot	0°	108,77	18,90	31,60	5,76	3,44
30. periyot	0°	109,49	18,40	28,90	5,95	3,79
30. periyot	0°	110,30	19,40	31,40	5,69	3,51
30. periyot	0°	109,11	18,90	32,40	5,77	3,37
30. periyot	0°	109,26	18,90	31,40	5,78	3,48
30. periyot	0°	108,42	19,40	30,90	5,59	3,51
30. periyot	0°	109,06	17,90	27,40	6,09	3,98
40. periyot	90°	108,26	17,90	23,70	6,05	4,57
40. periyot	90°	108,61	17,40	23,70	6,24	4,58
40. periyot	90°	109,52	17,90	26,40	6,12	4,15
40. periyot	90°	109,65	19,00	22,30	5,77	4,92
40. periyot	90°	109,24	16,90	24,40	6,46	4,48
40. periyot	90°	107,94	17,40	23,80	6,20	4,54
40. periyot	90°	109,31	17,40	22,30	6,28	4,90
40. periyot	45°	109,56	19,80	25,60	5,53	4,28
40. periyot	45°	108,93	18,90	29,60	5,76	3,68
40. periyot	45°	108,72	18,90	28,40	5,75	3,83
40. periyot	45°	108,15	19,30	25,90	5,60	4,18
40. periyot	45°	108,93	17,90	29,70	6,09	3,67
40. periyot	45°	109,43	19,30	26,40	5,67	4,14
40. periyot	45°	108,28	18,40	26,70	5,88	4,06
40. periyot	0°	108,77	20,30	30,40	5,36	3,58
40. periyot	0°	109,49	18,40	29,50	5,95	3,71
40. periyot	0°	110,30	18,90	31,40	5,84	3,51
40. periyot	0°	109,11	22,40	33,60	4,87	3,25
40. periyot	0°	109,26	19,40	34,20	5,63	3,19
40. periyot	0°	108,42	18,40	31,60	5,89	3,43
40. periyot	0°	109,06	18,40	28,70	5,93	3,80

Belevi Siyah Mermerlerinin Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonunda Fiziksel Özellikleri

Deney Öncesi	Deney Sonrası	Deney Öncesi	Deney Sonrası
Doygun Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)		Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	
2,72	2,71	2,72	2,72
2,71	2,70	2,71	2,70
2,72	2,70	2,72	2,71
2,71	2,69	2,71	2,70
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,70	2,71	2,70
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,72	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71
2,70	2,69	2,70	2,70
2,71	2,70	2,72	2,71
2,71	2,70	2,71	2,70
2,72	2,71	2,72	2,72
2,71	2,70	2,71	2,71
2,72	2,71	2,72	2,71
2,72	2,70	2,72	2,71
2,72	2,71	2,72	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71

EK-7: devamı

Deney Öncesi	Deney Sonrası	Deney Öncesi	Deney Sonrası	Deney Öncesi	Deney Sonrası
Boşluk Oranı (%)		Ağırlıkça Su Emme (%)		Etkin Porozite (%)	
0,16	0,43	0,16	0,44	0,06	0,16
0,33	0,84	0,33	0,85	0,12	0,31
0,14	0,81	0,14	0,81	0,05	0,30
0,21	0,89	0,22	0,90	0,08	0,33
0,27	0,59	0,27	0,60	0,10	0,22
0,25	0,69	0,25	0,70	0,09	0,26
0,28	0,70	0,28	0,71	0,10	0,26
0,28	0,57	0,28	0,57	0,10	0,21
0,26	0,68	0,27	0,69	0,10	0,25
0,26	0,75	0,26	0,76	0,09	0,28
0,30	0,66	0,30	0,66	0,11	0,24
0,25	0,70	0,25	0,70	0,09	0,26
0,39	0,81	0,39	0,82	0,14	0,30
0,20	0,59	0,20	0,59	0,07	0,22
0,28	0,80	0,29	0,81	0,10	0,30
0,21	0,56	0,21	0,57	0,08	0,21
0,27	0,69	0,27	0,70	0,10	0,26
0,21	0,71	0,21	0,71	0,08	0,26
0,21	0,72	0,21	0,72	0,08	0,26
0,17	0,66	0,17	0,66	0,06	0,24
0,32	0,54	0,32	0,55	0,12	0,20

Belevi Siyah Mermerinin Deney Öncesi ve Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Farklı
Yönelim Açılarında Kuru ve Doygun Ultrasonik Hız İletkenliği Değişimi

Döngü	Yönelim Açısı	Uzunluk (mm)	Doygun Ses Hızı (μ s)	Kuru Ses Hızı (μ s)	Doygun Hız (cm/ μ s)	Kuru Hız (cm/ μ s)
Deney Öncesi	0°	108,11	16,40	16,40	6,59	6,59
Deney Öncesi	0°	108,96	16,40	18,90	6,64	5,77
Deney Öncesi	0°	107,96	15,90	17,90	6,79	6,03
Deney Öncesi	0°	108,88	16,40	20,40	6,64	5,34
Deney Öncesi	0°	108,42	16,40	17,40	6,61	6,23
Deney Öncesi	0°	107,81	16,40	17,40	6,57	6,20
Deney Öncesi	0°	108,59	16,40	17,40	6,62	6,24
Deney Öncesi	45°	108,16	16,90	17,90	6,40	6,04
Deney Öncesi	45°	108,57	17,40	21,90	6,24	4,96
Deney Öncesi	45°	109,40	17,40	20,40	6,29	5,36
Deney Öncesi	45°	107,98	17,40	21,40	6,21	5,05
Deney Öncesi	45°	109,32	17,40	20,90	6,28	5,23
Deney Öncesi	45°	109,74	17,40	18,90	6,31	5,81
Deney Öncesi	45°	109,51	16,90	20,90	6,48	5,24
Deney Öncesi	90°	108,47	17,90	24,40	6,06	4,45
Deney Öncesi	90°	109,52	17,40	23,90	6,29	4,58
Deney Öncesi	90°	109,98	17,90	23,90	6,14	4,60
Deney Öncesi	90°	108,74	17,90	23,90	6,08	4,55
Deney Öncesi	90°	108,02	17,40	24,40	6,21	4,43
Deney Öncesi	90°	108,11	17,40	23,40	6,21	4,62
Deney Öncesi	90°	108,96	17,40	18,90	6,26	5,77
Deney Sonrası	0°	107,96	18,90	23,30	5,71	4,63
Deney Sonrası	0°	108,88	17,90	26,60	6,08	4,09
Deney Sonrası	0°	108,42	18,80	28,00	5,77	3,87

EK-7: devamı

Deney Sonrası	0°	108,59	17,90	24,30	6,07	4,47
Deney Sonrası	0°	108,16	18,60	26,80	5,82	4,04
Deney Sonrası	0°	108,57	18,90	27,40	5,74	3,96
Deney Sonrası	45°	109,40	19,40	27,60	5,64	3,96
Deney Sonrası	45°	107,98	19,60	28,40	5,51	3,80
Deney Sonrası	45°	109,32	19,40	29,40	5,64	3,72
Deney Sonrası	45°	109,74	18,90	26,60	5,81	4,13
Deney Sonrası	45°	109,51	19,40	28,20	5,64	3,88
Deney Sonrası	45°	108,47	19,90	33,10	5,45	3,28
Deney Sonrası	45°	109,52	19,90	28,90	5,50	3,79
Deney Sonrası	90°	109,98	20,90	31,60	5,26	3,48
Deney Sonrası	90°	108,74	20,80	30,30	5,23	3,59
Deney Sonrası	90°	108,02	20,80	31,60	5,19	3,42
Deney Sonrası	90°	108,02	20,40	30,30	5,30	3,57
Deney Sonrası	90°	108,02	21,40	35,40	5,05	3,05
Deney Sonrası	90°	108,02	21,90	33,00	4,93	3,27
Deney Sonrası	90°	108,02	19,40	27,90	5,57	3,87

Belevi Siyah Mermerlerin Donma Çözülme Deneyi Süresinde Kuru Birim Hacim Ağırlık Değişimi

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,70	2,70	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,70	2,70	2,71	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,70
2,71	2,70	2,71	2,70
2,71	2,71	2,71	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71

Belevi Siyah Mermerin Termal Şok Deneyi Süresince Doygun Birim Hacim Ağırlık Değişimi

10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,70	2,71	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,72
2,70	2,70	2,70	2,70
2,70	2,70	2,70	2,70
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,70	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,72	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,71
2,71	2,71	2,71	2,72

Belevi Siyah Mermerlerinin Termal Şok Deneyi Süresince Boşluk Oranındaki Değişim

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	0,41	0,54	0,46	0,69
2	0,38	0,41	0,44	0,60
3	0,50	0,59	0,58	0,59
4	0,44	0,56	0,51	0,70
5	0,36	0,35	0,40	0,47
6	0,37	0,45	0,42	0,65
7	0,43	0,50	0,42	0,63
8	0,41	0,46	0,51	0,64
9	0,44	0,44	0,61	0,88
10	0,28	0,33	0,33	0,35
11	0,41	0,47	0,45	0,58
12	0,39	0,51	0,51	0,62
13	0,33	0,40	0,40	0,50
14	0,34	0,39	0,31	0,52
15	0,41	0,41	0,65	0,80
16	0,32	0,35	0,34	0,43
17	0,37	0,57	0,60	0,73
18	0,36	0,56	0,56	0,67
19	0,36	0,57	0,59	0,86
20	0,31	0,39	0,34	0,49
21	0,35	0,43	0,43	0,37

Belevi Siyah Mermerlerinin Termal Şok Deneyi Süresince Ağırlıkça Su Emme Değerleri

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	0,15	0,20	0,17	0,25
2	0,14	0,15	0,16	0,22
3	0,18	0,22	0,21	0,22
4	0,16	0,21	0,19	0,26
5	0,13	0,13	0,15	0,17
6	0,13	0,16	0,16	0,24
7	0,16	0,18	0,16	0,23
8	0,15	0,17	0,19	0,24
9	0,16	0,16	0,23	0,32
10	0,10	0,12	0,12	0,13
11	0,15	0,18	0,17	0,21
12	0,14	0,19	0,19	0,23
13	0,12	0,15	0,15	0,18
14	0,12	0,15	0,12	0,19
15	0,15	0,23	0,24	0,29
16	0,12	0,13	0,13	0,16
17	0,14	0,21	0,22	0,27
18	0,13	0,20	0,20	0,25
19	0,13	0,21	0,22	0,32
20	0,11	0,14	0,13	0,18
21	0,13	0,16	0,16	0,14

Belevi Siyah Mermerinin Termal Şok Deneyi Süresince Farklı Yönelim Açılarında Kuru Ultrasonik Hız İletkenliği ve Doygun Ultrasonik Hız İletkenliği Değerleri

Döngü	Yönelim Açısı	Uzunluk (mm)	Doygun Ses Hızı (µs)	Kuru Ses Hızı (µs)	Doygun Hız (cm/µs)	Kuru Hız (cm/µs)
10. periyot	90°	108,45	17,90	22,90	6,06	4,74
10. periyot	90°	109,10	17,40	21,90	6,27	4,98
10. periyot	90°	108,67	17,90	23,30	6,07	4,66
10. periyot	90°	108,32	17,90	23,60	6,05	4,59
10. periyot	90°	108,74	18,40	24,90	5,91	4,37
10. periyot	90°	108,13	18,40	26,80	5,88	4,03
10. periyot	90°	108,46	17,40	20,90	6,23	5,19
10. periyot	45°	108,83	19,90	25,40	5,47	4,28
10. periyot	45°	108,87	18,90	25,70	5,76	4,24
10. periyot	45°	108,57	18,40	24,50	5,90	4,43
10. periyot	45°	108,72	18,40	26,60	5,91	4,09
10. periyot	45°	108,89	18,40	24,40	5,92	4,46
10. periyot	0°	109,54	19,90	28,90	5,50	3,79
10. periyot	0°	109,81	18,60	25,90	5,90	4,24
10. periyot	0°	110,27	18,40	28,10	5,99	3,92
10. periyot	0°	110,56	19,90	30,90	5,56	3,58
10. periyot	0°	108,16	19,30	30,50	5,60	3,55
10. periyot	0°	110,21	18,90	29,90	5,83	3,69
10. periyot	0°	108,13	19,90	31,00	5,43	3,49
20. periyot	90°	108,45	18,40	22,90	5,89	4,74
20. periyot	90°	109,10	18,40	22,80	5,93	4,79
20. periyot	90°	108,67	18,90	22,40	5,75	4,85
20. periyot	90°	108,32	18,90	23,30	5,73	4,65
20. periyot	90°	108,74	19,90	24,80	5,46	4,38

EK-7: devamı

20. periyot	90°	108,46	17,90	20,90	6,06	5,19
20. periyot	45°	108,83	19,90	25,40	5,47	4,28
20. periyot	45°	108,87	20,40	27,40	5,34	3,97
20. periyot	45°	108,57	19,90	23,80	5,46	4,56
20. periyot	45°	108,72	19,90	25,20	5,46	4,31
20. periyot	45°	108,89	19,40	24,40	5,61	4,46
20. periyot	45°	109,26	19,90	25,80	5,49	4,23
20. periyot	45°	108,85	19,90	25,40	5,47	4,29
20. periyot	0°	109,54	20,90	32,10	5,24	3,41
20. periyot	0°	109,81	20,90	25,90	5,25	4,24
20. periyot	0°	110,27	21,40	29,90	5,15	3,69
20. periyot	0°	110,56	21,80	34,70	5,07	3,19
20. periyot	0°	108,16	20,90	30,30	5,17	3,57
20. periyot	0°	110,21	20,40	26,20	5,40	4,21
20. periyot	0°	108,13	22,30	29,90	4,85	3,62
30. periyot	90°	108,45	17,90	23,30	6,06	4,65
30. periyot	90°	109,10	17,40	21,80	6,27	5,00
30. periyot	90°	108,67	18,90	23,40	5,75	4,64
30. periyot	90°	108,32	17,90	22,90	6,05	4,73
30. periyot	90°	108,74	19,30	27,20	5,63	4,00
30. periyot	90°	108,13	19,40	26,80	5,57	4,03
30. periyot	90°	108,46	17,90	21,40	6,06	5,07
30. periyot	45°	108,83	18,90	27,40	5,76	3,97
30. periyot	45°	108,87	20,40	27,80	5,34	3,92
30. periyot	45°	108,57	20,40	24,40	5,32	4,45
30. periyot	45°	108,72	19,40	25,00	5,60	4,35
30. periyot	45°	108,89	20,40	25,90	5,34	4,20
30. periyot	45°	109,26	20,00	25,40	5,46	4,30
30. periyot	45°	108,85	20,40	27,30	5,34	3,99

EK-7: devamı

30. periyot	0°	109,81	20,30	26,90	5,41	4,08
30. periyot	0°	110,27	21,80	33,70	5,06	3,27
30. periyot	0°	110,56	22,30	34,20	4,96	3,23
30. periyot	0°	108,16	21,30	33,40	5,08	3,24
30. periyot	0°	110,21	20,70	28,70	5,32	3,84
30. periyot	0°	108,13	20,90	31,80	5,17	3,40
40. periyot	90°	108,45	17,40	25,10	6,23	4,32
40. periyot	90°	109,10	16,90	21,30	6,46	5,12
40. periyot	90°	108,67	17,40	24,90	6,25	4,36
40. periyot	90°	108,32	19,90	23,40	5,44	4,63
40. periyot	90°	108,74	17,90	25,40	6,07	4,28
40. periyot	90°	108,13	17,90	28,40	6,04	3,81
40. periyot	90°	108,46	16,90	23,50	6,42	4,62
40. periyot	45°	108,83	17,90	30,10	6,08	3,62
40. periyot	45°	108,87	18,40	30,30	5,92	3,59
40. periyot	45°	108,57	17,90	25,90	6,07	4,19
40. periyot	45°	108,72	17,90	28,20	6,07	3,86
40. periyot	45°	108,89	17,90	27,10	6,08	4,02
40. periyot	45°	109,26	17,70	28,80	6,17	3,79
40. periyot	45°	108,85	17,90	28,00	6,08	3,89
40. periyot	0°	109,54	19,90	37,40	5,50	2,93
40. periyot	0°	109,81	18,90	29,00	5,81	3,79
40. periyot	0°	110,27	19,40	34,00	5,68	3,24
40. periyot	0°	110,56	18,90	41,40	5,85	2,67
40. periyot	0°	108,16	18,90	39,40	5,72	2,75
40. periyot	0°	110,21	18,40	31,70	5,99	3,48
40. periyot	0°	108,13	20,40	33,20	5,30	3,26

Belevi Siyah Mermerlerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Kuru Birim Hacim Ağırlık Değişimi

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	2,70	2,71	2,71	2,70
2	2,70	2,70	2,70	2,70
3	2,70	2,70	2,70	2,70
4	2,70	2,70	2,71	2,70
5	2,71	2,71	2,71	2,71
6	2,71	2,71	2,71	2,71
7	2,71	2,71	2,71	2,71
8	2,70	2,71	2,71	2,71
9	2,71	2,71	2,71	2,72
10	2,70	2,70	2,70	2,70
11	2,70	2,70	2,71	2,71
12	2,71	2,71	2,71	2,71
13	2,71	2,71	2,71	2,71
14	2,70	2,70	2,71	2,70
15	2,66	2,66	2,66	2,66
16	2,71	2,71	2,71	2,71
17	2,71	2,71	2,71	2,71
18	2,71	2,71	2,71	2,71
19	2,71	2,71	2,72	2,72
20	2,71	2,71	2,71	2,72
21	2,71	2,71	2,71	2,71

Belevi Siyah Mermerlerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Doygun Birim Hacim Ağırlığı Değerleri

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	2,71	2,71	2,71	2,71
2	2,70	2,70	2,70	2,70
3	2,70	2,70	2,71	2,71
4	2,70	2,71	2,71	2,71
5	2,71	2,71	2,72	2,71
6	2,71	2,71	2,71	2,71
7	2,71	2,72	2,72	2,72
8	2,71	2,71	2,71	2,71
9	2,71	2,71	2,71	2,71
10	2,70	2,70	2,70	2,70
11	2,71	2,71	2,71	2,71
12	2,71	2,71	2,71	2,71
13	2,71	2,71	2,72	2,72
14	2,71	2,71	2,71	2,71
15	2,67	2,67	2,67	2,67
16	2,72	2,72	2,72	2,72
17	2,71	2,72	2,72	2,72
18	2,71	2,71	2,71	2,71
19	2,72	2,72	2,72	2,72
20	2,72	2,72	2,72	2,72
21	2,71	2,71	2,71	2,71

Belevi Siyah Mermerlerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Porozite Değerleri

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	0,41	0,33	0,35	0,42
2	0,46	0,51	0,43	0,50
3	0,37	0,41	0,32	0,33
4	0,44	0,37	0,37	0,40
5	0,34	0,34	0,34	0,32
6	0,33	0,37	0,37	0,36
7	0,32	0,24	0,24	0,29
8	0,42	0,36	0,34	0,42
9	0,37	0,40	0,37	0,40
10	0,42	0,37	0,35	0,41
11	0,37	0,35	0,31	0,35
12	0,34	0,32	0,32	0,33
13	0,37	0,31	0,31	0,30
14	0,41	0,41	0,37	0,45
15	0,72	0,72	0,69	0,73
16	0,35	0,37	0,33	0,42
17	0,36	0,34	0,31	0,35
18	0,32	0,30	0,30	0,31
19	0,32	0,30	0,30	0,35
20	0,32	0,29	0,36	0,34
21	0,37	0,37	0,37	0,40

Belevi Siyah Mermerlerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Boşluk Oranı Değerleri

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	0,42	0,33	0,35	0,42
2	0,42	0,51	0,44	0,44
3	0,37	0,41	0,32	0,33
4	0,37	0,37	0,37	0,41
5	0,34	0,34	0,34	0,33
6	0,33	0,37	0,28	0,36
7	0,32	0,24	0,24	0,29
8	0,42	0,36	0,34	0,42
9	0,37	0,40	0,37	0,40
10	0,43	0,37	0,35	0,41
11	0,37	0,36	0,31	0,35
12	0,34	0,32	0,32	0,33
13	0,37	0,31	0,26	0,30
14	0,41	0,41	0,38	0,46
15	0,70	0,70	0,70	0,70
16	0,35	0,37	0,33	0,42
17	0,36	0,34	0,31	0,35
18	0,33	0,33	0,33	0,31
19	0,32	0,30	0,30	0,35
20	0,32	0,32	0,36	0,34
21	0,37	0,37	0,37	0,40

Belevi Siyah Mermerlerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Ağırlıkça Su Emme Değerleri

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	0,15	0,12	0,13	0,15
2	0,17	0,19	0,16	0,18
3	0,14	0,15	0,12	0,12
4	0,16	0,14	0,14	0,15
5	0,13	0,13	0,13	0,12
6	0,12	0,14	0,14	0,13
7	0,12	0,12	0,12	0,11
8	0,15	0,13	0,13	0,16
9	0,14	0,15	0,14	0,15
10	0,16	0,14	0,13	0,15
11	0,14	0,13	0,11	0,13
12	0,12	0,12	0,12	0,12
13	0,14	0,12	0,12	0,11
14	0,15	0,15	0,14	0,17
15	0,27	0,27	0,26	0,28
16	0,13	0,14	0,12	0,16
17	0,13	0,13	0,11	0,13
18	0,12	0,12	0,12	0,12
19	0,12	0,11	0,11	0,13
20	0,12	0,13	0,13	0,12
21	0,14	0,14	0,14	0,15

Belevi Siyah Mermerlerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Kütle Kaybı Değerleri

Örnek Numarası	10. Periyot Sonu	20. Periyot Sonu	30. Periyot Sonu	40. Periyot Sonu
1	0,01	0,01	0,01	0,01
2	0,02	0,03	0,03	0,04
3	0,01	0,01	0,01	0,02
4	0,01	0,01	0,01	0,02
5	0,01	0,01	0,01	0,01
6	0,01	0,01	0,01	0,01
7	0,00	0,01	0,01	0,02
8	0,01	0,01	0,01	0,02
9	0,00	0,00	0,01	0,01
10	0,02	0,02	0,03	0,03
11	0,01	0,01	0,01	0,02
12	0,01	0,01	0,01	0,02
13	0,01	0,01	0,01	0,02
14	0,01	0,01	0,01	0,02
15	0,06	0,06	0,07	0,08
16	0,00	0,01	0,02	0,02
17	0,00	0,00	0,01	0,02
18	0,01	0,01	0,01	0,02
19	0,00	0,00	0,01	0,01
20	0,00	0,00	0,01	0,01
21	0,01	0,04	0,04	0,05

Belevi Siyah Mermerinin Isınma-Soğuma Deneyi Süresince Farklı Yönelim Açılarında Kuru ve Suya Doygun Koşullardaki Ultrasonik Ses Hızı İletkenliği Değerleri

Döngü	Yönelim Açısı	Uzunluk (mm)	Doygun Ses Hızı (μs)	Kuru Ses Hızı (μs)	Doygun Hız (cm/μs)	Kuru Hız (cm/μs)
10. periyot	0°	109,56	17,40	22,50	6,30	4,87
10. periyot	0°	108,69	16,90	19,20	6,43	5,66
10. periyot	0°	107,76	16,90	19,90	6,38	5,42
10. periyot	0°	109,15	16,90	19,40	6,46	5,63
10. periyot	0°	108,86	17,40	21,20	6,26	5,13
10. periyot	0°	108,95	17,40	21,90	6,26	4,98
10. periyot	0°	109,20	16,90	21,80	6,46	5,01
10. periyot	45°	108,42	17,40	20,90	6,23	5,19
10. periyot	45°	109,16	17,40	20,30	6,27	5,38
10. periyot	45°	109,32	17,90	23,90	6,11	4,57
10. periyot	45°	108,97	17,90	22,40	6,09	4,86
10. periyot	45°	109,16	17,40	21,90	6,27	4,98
10. periyot	45°	108,97	17,40	20,40	6,26	5,34
10. periyot	90°	109,19	18,90	24,90	5,78	4,39
10. periyot	90°	109,06	18,40	25,40	5,93	4,29
10. periyot	90°	108,38	17,90	23,40	6,05	4,63
10. periyot	90°	109,94	17,40	22,40	6,32	4,91
10. periyot	90°	108,64	18,40	23,90	5,90	4,55
10. periyot	90°	108,62	18,40	24,40	5,90	4,45
10. periyot	90°	108,16	17,90	20,40	6,04	5,30
20. periyot	0°	109,56	18,90	23,60	5,80	4,64
20. periyot	0°	108,69	17,40	19,90	6,25	5,46
20. periyot	0°	107,76	17,90	20,90	6,02	5,16
20. periyot	0°	109,15	17,40	20,40	6,27	5,35

EK-7: devamı

20. periyot	0°	108,86	18,40	23,90	5,92	4,55
20. periyot	0°	108,95	18,40	22,30	5,92	4,89
20. periyot	0°	109,20	17,90	21,80	6,10	5,01
20. periyot	45°	108,42	18,40	21,60	5,89	5,02
20. periyot	45°	109,16	17,90	20,80	6,10	5,25
20. periyot	45°	109,32	18,30	22,80	5,97	4,79
20. periyot	45°	108,97	18,40	21,90	5,92	4,98
20. periyot	45°	109,16	18,40	22,90	5,93	4,77
20. periyot	45°	108,60	18,40	21,90	5,90	4,96
20. periyot	45°	108,97	18,40	21,80	5,92	5,00
20. periyot	90°	109,19	19,40	24,90	5,63	4,39
20. periyot	90°	109,06	19,40	24,90	5,62	4,38
20. periyot	90°	108,38	18,90	28,50	5,73	3,80
20. periyot	90°	109,94	19,40	29,10	5,67	3,78
20. periyot	90°	108,64	19,90	25,40	5,46	4,28
20. periyot	90°	108,62	20,40	25,40	5,32	4,28
20. periyot	90°	108,16	17,90	21,80	6,04	4,96
30. periyot	0°	109,56	17,60	21,90	6,23	5,00
30. periyot	0°	108,69	16,90	19,90	6,43	5,46
30. periyot	0°	107,76	17,40	21,80	6,19	4,94
30. periyot	0°	109,15	17,40	20,60	6,27	5,30
30. periyot	0°	108,86	17,40	22,80	6,26	4,77
30. periyot	0°	108,95	17,40	22,90	6,26	4,76
30. periyot	0°	109,20	17,20	21,30	6,35	5,13
30. periyot	45°	108,42	17,90	21,90	6,06	4,95
30. periyot	45°	109,16	17,90	20,90	6,10	5,22
30. periyot	45°	109,32	17,90	22,90	6,11	4,77
30. periyot	45°	108,97	17,90	21,90	6,09	4,98
30. periyot	45°	109,16	17,90	23,40	6,10	4,66

EK-7: devamı

30. periyot	45°	108,60	17,90	21,90	6,07	4,96
30. periyot	45°	108,97	17,90	22,40	6,09	4,86
30. periyot	90°	109,19	18,90	24,40	5,78	4,47
30. periyot	90°	109,06	18,40	24,90	5,93	4,38
30. periyot	90°	108,38	18,40	24,90	5,89	4,35
30. periyot	90°	109,94	18,40	24,60	5,98	4,47
30. periyot	90°	108,64	19,40	25,90	5,60	4,19
30. periyot	90°	108,62	19,40	25,90	5,60	4,19
30. periyot	90°	108,16	17,90	20,90	6,04	5,17
40. periyot	0°	109,56	16,90	24,10	6,48	4,55
40. periyot	0°	108,69	16,90	21,90	6,43	4,96
40. periyot	0°	107,76	17,40	23,20	6,19	4,64
40. periyot	0°	109,15	16,90	22,20	6,46	4,92
40. periyot	0°	108,86	16,90	25,00	6,44	4,35
40. periyot	0°	108,95	17,40	23,40	6,26	4,66
40. periyot	0°	109,20	17,40	25,50	6,28	4,28
40. periyot	45°	108,42	17,40	24,30	6,23	4,46
40. periyot	45°	109,16	17,40	23,00	6,27	4,75
40. periyot	45°	109,32	17,40	26,90	6,28	4,06
40. periyot	45°	108,97	17,40	25,20	6,26	4,32
40. periyot	45°	109,16	17,90	25,30	6,10	4,31
40. periyot	45°	108,60	17,90	24,10	6,07	4,51
40. periyot	45°	108,97	17,40	22,80	6,26	4,78
40. periyot	90°	109,19	18,90	26,00	5,78	4,20
40. periyot	90°	109,06	17,90	27,70	6,09	3,94
40. periyot	90°	108,38	17,90	26,80	6,05	4,04
40. periyot	90°	109,94	18,40	26,40	5,98	4,16
40. periyot	90°	108,64	18,90	28,90	5,75	3,76
40. periyot	90°	108,62	18,90	29,20	5,75	3,72

EK-8: Hızlandırılmış Ayrıştırma Deneyleri Sonrası Mekanik Özellikler

Belevi siyah mermerinin yönelim açılarına göre tek eksenli basınç direnci değerleri

Örnek Numarası	Durabilite	Yönelim Açısı	σ_c (kg/cm ²)
1	Taze Kuru	0°	246,41
2	Taze Kuru	0°	518,12
3	Taze Kuru	0°	692,12
4	Taze Kuru	0°	595,55
5	Taze Kuru	0°	455,14
6	Taze Kuru	0°	460,19
7	Taze Kuru	0°	473,68
8	Taze Kuru	0°	377,94
9	Taze Kuru	0°	507,21
10	Taze Kuru	0°	267,02
11	Taze Kuru	45°	778,14
12	Taze Kuru	45°	455,52
13	Taze Kuru	45°	347,36
14	Taze Kuru	45°	382,33
15	Taze Kuru	45°	612,15
16	Taze Kuru	45°	768,35
17	Taze Kuru	45°	483,17
18	Taze Kuru	45°	580,20
19	Taze Kuru	45°	806,12
20	Taze Kuru	45°	869,01
21	Taze Kuru	90°	557,75
22	Taze Kuru	90°	533,38
23	Taze Kuru	90°	475,69
24	Taze Kuru	90°	537,06
25	Taze Kuru	90°	357,57
26	Taze Kuru	90°	644,96

EK-8: devamı

27	Taze Kuru	90°	574,97
28	Taze Kuru	90°	563,16
29	Taze Kuru	90°	477,24
30	Taze Doygun	0°	521,40
31	Taze Doygun	0°	459,04
32	Taze Doygun	0°	360,11
33	Taze Doygun	0°	617,97
34	Taze Doygun	0°	574,50
35	Taze Doygun	0°	184,04
36	Taze Doygun	0°	633,91
37	Taze Doygun	45°	658,70
38	Taze Doygun	45°	527,61
39	Taze Doygun	45°	150,99
40	Taze Doygun	45°	494,65
41	Taze Doygun	45°	612,08
42	Taze Doygun	45°	488,01
43	Taze Doygun	45°	525,44
44	Taze Doygun	90°	559,36
45	Taze Doygun	90°	486,94
46	Taze Doygun	90°	539,53
47	Taze Doygun	90°	603,34
48	Taze Doygun	90°	531,68
49	Taze Doygun	90°	628,68
50	Taze Doygun	90°	941,17
51	Donma-Çözülme	0°	722,59
52	Donma-Çözülme	0°	524,21
53	Donma-Çözülme	0°	644,20
54	Donma-Çözülme	0°	592,06
55	Donma-Çözülme	0°	364,05

EK-8: devamı

56	Donma-Çözülme	0°	796,09
57	Donma-Çözülme	0°	620,99
58	Donma-Çözülme	45°	516,99
59	Donma-Çözülme	45°	741,49
60	Donma-Çözülme	45°	343,65
61	Donma-Çözülme	45°	367,38
62	Donma-Çözülme	45°	449,46
63	Donma-Çözülme	45°	344,26
64	Donma-Çözülme	45°	527,32
65	Donma-Çözülme	90°	653,29
66	Donma-Çözülme	90°	458,14
67	Donma-Çözülme	90°	581,08
68	Donma-Çözülme	90°	752,55
69	Donma-Çözülme	90°	463,30
70	Donma-Çözülme	90°	640,67
71	Donma-Çözülme	90°	640,69
72	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	528,21
73	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	350,00
74	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	332,92
75	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	716,13
76	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	547,43
77	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	634,32
78	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	372,21
79	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	314,06
80	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	542,15
81	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	574,67
82	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	503,57
83	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	493,35
84	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	504,21

EK-8: devamı

85	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	690,41
86	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	497,18
87	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	599,08
88	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	463,12
89	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	542,51
90	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	671,68
91	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	593,27
92	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	868,28
93	Termal Şok	0°	479,92
94	Termal Şok	0°	516,59
95	Termal Şok	0°	540,52
96	Termal Şok	0°	550,44
97	Termal Şok	0°	540,09
98	Termal Şok	0°	336,60
99	Termal Şok	0°	646,02
100	Termal Şok	45°	251,50
101	Termal Şok	45°	333,02
102	Termal Şok	45°	584,78
103	Termal Şok	45°	487,84
104	Termal Şok	45°	342,38
105	Termal Şok	45°	180,69
106	Termal Şok	45°	292,39
107	Termal Şok	90°	311,51
108	Termal Şok	90°	589,23
109	Termal Şok	90°	531,11
110	Termal Şok	90°	609,68
111	Termal Şok	90°	723,82
112	Termal Şok	90°	657,58
113	Termal Şok	90°	492,83

EK-8: devamı

114	Tuz Kristal	0°	584,83
115	Tuz Kristal	0°	545,24
116	Tuz Kristal	0°	544,37
117	Tuz Kristal	0°	455,70
118	Tuz Kristal	0°	746,70
119	Tuz Kristal	0°	630,15
120	Tuz Kristal	0°	246,96
121	Tuz Kristal	45°	284,23
122	Tuz Kristal	45°	538,00
123	Tuz Kristal	45°	280,69
124	Tuz Kristal	45°	594,15
125	Tuz Kristal	45°	686,94
126	Tuz Kristal	45°	360,80
127	Tuz Kristal	45°	507,33
128	Tuz Kristal	90°	554,19
129	Tuz Kristal	90°	613,48
130	Tuz Kristal	90°	559,22
131	Tuz Kristal	90°	518,36
132	Tuz Kristal	90°	637,49
133	Tuz Kristal	90°	638,42
134	Tuz Kristal	90°	367,18
135	Islanma-Kuruma	0°	383,51
136	Islanma-Kuruma	0°	539,20
137	Islanma-Kuruma	0°	385,12
138	Islanma-Kuruma	0°	466,09
139	Islanma-Kuruma	0°	498,59
140	Islanma-Kuruma	0°	714,95
141	Islanma-Kuruma	0°	483,24
142	Islanma-Kuruma	45°	507,75

EK-8: devamı

143	Islanma-Kuruma	45°	707,19
144	Islanma-Kuruma	45°	514,28
145	Islanma-Kuruma	45°	572,25
146	Islanma-Kuruma	45°	272,11
147	Islanma-Kuruma	45°	472,16
148	Islanma-Kuruma	45°	500,04
149	Islanma-Kuruma	90°	597,90
150	Islanma-Kuruma	90°	522,31
151	Islanma-Kuruma	90°	534,20
152	Islanma-Kuruma	90°	532,83
153	Islanma-Kuruma	90°	733,28
154	Islanma-Kuruma	90°	499,84
155	Islanma-Kuruma	90°	304,01

Belevi Siyah Mermerinin Yönelim Açılarına Göre Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Değerleri

Örnek Numarası	Durabilite	Yönelim Açısı	$I_{s(50)}$ (kg/cm ²)
1	Taze Kuru	0°	20,28
2	Taze Kuru	0°	21,77
3	Taze Kuru	0°	21,64
4	Taze Kuru	0°	21,65
5	Taze Kuru	0°	25,67
6	Taze Kuru	0°	25,65
7	Taze Kuru	0°	22,30
8	Taze Kuru	45°	36,40
9	Taze Kuru	45°	20,80
10	Taze Kuru	45°	33,44
11	Taze Kuru	45°	31,22

EK-8: devamı

12	Taze Kuru	45°	24,43
13	Taze Kuru	45°	30,11
14	Taze Kuru	90°	40,69
15	Taze Kuru	90°	47,05
16	Taze Kuru	90°	20,81
17	Taze Kuru	90°	13,74
18	Taze Kuru	90°	22,29
19	Taze Kuru	90°	22,87
20	Taze Doygun	0°	21,83
21	Taze Doygun	0°	21,57
22	Taze Doygun	0°	21,80
23	Taze Doygun	0°	18,53
24	Taze Doygun	0°	21,47
25	Taze Doygun	0°	25,65
26	Taze Doygun	45°	25,99
27	Taze Doygun	45°	29,54
28	Taze Doygun	45°	25,99
29	Taze Doygun	45°	35,31
30	Taze Doygun	45°	12,26
31	Taze Doygun	90°	55,49
32	Taze Doygun	90°	57,67
33	Taze Doygun	90°	40,56
34	Taze Doygun	90°	148,74
35	Taze Doygun	90°	49,37
36	Taze Doygun	90°	57,55
37	Donma-Çözülme	0°	11,15
38	Donma-Çözülme	0°	7,37
39	Donma-Çözülme	0°	10,29
40	Donma-Çözülme	0°	12,46

EK-8: devamı

41	Donma-Çözülme	0°	13,50
42	Donma-Çözülme	0°	16,08
43	Donma-Çözülme	45°	16,67
44	Donma-Çözülme	45°	25,52
45	Donma-Çözülme	45°	25,97
46	Donma-Çözülme	45°	20,25
47	Donma-Çözülme	45°	8,40
48	Donma-Çözülme	45°	16,04
49	Donma-Çözülme	90°	33,90
50	Donma-Çözülme	90°	29,82
51	Donma-Çözülme	90°	26,26
52	Donma-Çözülme	90°	32,32
53	Donma-Çözülme	90°	25,26
54	Donma-Çözülme	90°	37,02
55	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	5,37
56	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	4,02
57	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	17,44
58	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	16,30
59	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	4,79
60	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	11,42
61	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	15,64
62	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	26,46
63	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	26,13
64	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	28,79
65	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	7,77
66	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	28,01
67	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	40,24
68	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	39,80
69	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	32,59

EK-8: devamı

70	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	46,33
71	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	38,83
72	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	37,17
73	Isınma-Kuruma	0°	18,23
74	Isınma-Kuruma	0°	17,53
75	Isınma-Kuruma	0°	20,02
76	Isınma-Kuruma	0°	16,55
77	Isınma-Kuruma	0°	17,27
78	Isınma-Kuruma	0°	14,49
79	Isınma-Kuruma	45°	21,71
80	Isınma-Kuruma	45°	20,14
81	Isınma-Kuruma	45°	16,16
82	Isınma-Kuruma	45°	20,01
83	Isınma-Kuruma	45°	20,15
84	Isınma-Kuruma	45°	18,32
85	Isınma-Kuruma	90°	30,49
86	Isınma-Kuruma	90°	21,77
87	Isınma-Kuruma	90°	20,69
88	Isınma-Kuruma	90°	32,77
89	Isınma-Kuruma	90°	40,61
90	Isınma-Kuruma	90°	29,07
91	Termal Şok	0°	6,10
92	Termal Şok	0°	8,27
93	Termal Şok	0°	12,85
94	Termal Şok	0°	2,77
95	Termal Şok	0°	16,80
96	Termal Şok	0°	15,99
97	Termal Şok	45°	10,10
98	Termal Şok	45°	20,65

EK-8: devamı

99	Termal Şok	45°	17,36
100	Termal Şok	45°	22,27
101	Termal Şok	45°	15,42
102	Termal Şok	45°	27,07
103	Termal Şok	90°	29,28
104	Termal Şok	90°	37,73
105	Termal Şok	90°	34,68
106	Termal Şok	90°	23,22
107	Termal Şok	90°	19,05
108	Termal Şok	90°	37,07
109	Tuz Kristal	0°	19,84
110	Tuz Kristal	0°	20,04
111	Tuz Kristal	0°	20,98
112	Tuz Kristal	0°	20,56
113	Tuz Kristal	0°	13,74
114	Tuz Kristal	0°	28,92
115	Tuz Kristal	45°	23,39
116	Tuz Kristal	45°	19,07
117	Tuz Kristal	45°	14,34
118	Tuz Kristal	45°	13,75
119	Tuz Kristal	45°	5,95
120	Tuz Kristal	45°	20,45
121	Tuz Kristal	90°	54,96
122	Tuz Kristal	90°	39,79
123	Tuz Kristal	90°	58,76
124	Tuz Kristal	90°	62,45
125	Tuz Kristal	90°	79,29

Belevi Siyah Mermerinin Yönelim Açılarına Göre Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci Değerleri

Örnek Numarası	Durabilite	Yönelim Açısı	KG/CM2
1	Taze Kuru	90°	63,55
2	Taze Kuru	90°	61,69
3	Taze Kuru	90°	60,72
4	Taze Kuru	90°	78,57
5	Taze Kuru	90°	37,76
6	Taze Kuru	90°	81,99
8	Taze Kuru	45°	98,85
9	Taze Kuru	45°	46,36
10	Taze Kuru	45°	83,97
11	Taze Kuru	45°	87,37
12	Taze Kuru	45°	33,28
13	Taze Kuru	45°	90,08
14	Taze Kuru	45°	98,46
15	Taze Kuru	45°	66,66
17	Taze Kuru	0°	82,60
18	Taze Kuru	0°	81,82
19	Taze Kuru	0°	70,49
20	Taze Kuru	0°	91,20
21	Taze Kuru	0°	103,43
22	Taze Kuru	0°	85,62
23	Taze Kuru	0°	99,91
24	Taze Kuru	0°	91,75
26	Taze Doygun	90°	66,31
27	Taze Doygun	90°	94,56
28	Taze Doygun	90°	79,48
29	Taze Doygun	90°	82,07

EK-8: devamı

30	Taze Doygun	90°	84,48
32	Taze Doygun	45°	71,80
33	Taze Doygun	45°	62,06
34	Taze Doygun	45°	94,32
35	Taze Doygun	45°	42,86
36	Taze Doygun	45°	79,62
37	Taze Doygun	45°	88,27
38	Taze Doygun	45°	99,64
40	Taze Doygun	0°	117,17
41	Taze Doygun	0°	97,36
42	Taze Doygun	0°	70,26
43	Taze Doygun	0°	78,46
44	Taze Doygun	0°	79,94
45	Taze Doygun	0°	96,00
46	Taze Doygun	0°	77,49
48	Donma-Çözülme	90°	36,48
49	Donma-Çözülme	90°	38,43
50	Donma-Çözülme	90°	40,13
51	Donma-Çözülme	90°	47,02
52	Donma-Çözülme	90°	37,95
53	Donma-Çözülme	90°	45,51
55	Donma-Çözülme	0°	59,35
56	Donma-Çözülme	0°	40,91
57	Donma-Çözülme	0°	40,91
58	Donma-Çözülme	0°	38,77
59	Donma-Çözülme	0°	45,54
60	Donma-Çözülme	0°	46,44
62	Donma-Çözülme	45°	60,80
63	Donma-Çözülme	45°	48,24

EK-8: devamı

64	Donma-Çözülme	45°	35,90
65	Donma-Çözülme	45°	53,49
66	Donma-Çözülme	45°	30,85
67	Donma-Çözülme	45°	37,10
69	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	54,26
70	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	54,33
71	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	43,65
72	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	38,28
73	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	36,09
74	Isınma-Soğuma (Oda)	90°	51,04
76	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	47,43
77	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	52,30
78	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	59,59
79	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	49,29
80	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	64,90
81	Isınma-Soğuma (Oda)	0°	57,55
83	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	48,50
84	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	32,73
85	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	46,03
86	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	53,73
87	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	60,59
88	Isınma-Soğuma (Oda)	45°	35,57
90	Isınma-Kuruma	0°	57,66
91	Isınma-Kuruma	0°	72,72
92	Isınma-Kuruma	0°	54,96
93	Isınma-Kuruma	0°	32,29
94	Isınma-Kuruma	0°	69,38
95	Isınma-Kuruma	0°	58,22
97	Isınma-Kuruma	45°	90,13

EK-8: devamı

98	Islanma-Kuruma	45°	66,02
99	Islanma-Kuruma	45°	87,40
100	Islanma-Kuruma	45°	56,89
101	Islanma-Kuruma	45°	61,60
102	Islanma-Kuruma	45°	57,76
104	Islanma-Kuruma	90°	64,58
105	Islanma-Kuruma	90°	57,88
106	Islanma-Kuruma	90°	68,32
107	Islanma-Kuruma	90°	65,39
108	Islanma-Kuruma	90°	69,21
109	Islanma-Kuruma	90°	90,43
111	Termal Şok	0°	70,93
112	Termal Şok	0°	34,74
113	Termal Şok	0°	54,91
114	Termal Şok	0°	44,62
115	Termal Şok	0°	54,21
116	Termal Şok	0°	46,47
118	Termal Şok	45°	41,37
119	Termal Şok	45°	57,36
120	Termal Şok	45°	36,74
121	Termal Şok	45°	42,39
122	Termal Şok	45°	36,21
123	Termal Şok	45°	37,91
125	Termal Şok	90°	48,66
126	Termal Şok	90°	31,54
127	Termal Şok	90°	38,23
128	Termal Şok	90°	45,96
129	Termal Şok	90°	50,07
130	Termal Şok	90°	47,70

EK-8: devamı

131	Tuz Kristal	0°	77,75
132	Tuz Kristal	0°	63,91
133	Tuz Kristal	0°	67,14
134	Tuz Kristal	0°	41,10
135	Tuz Kristal	0°	43,76
136	Tuz Kristal	0°	28,55
137	Tuz Kristal	45°	40,89
138	Tuz Kristal	45°	61,59
139	Tuz Kristal	45°	90,73
140	Tuz Kristal	45°	32,07
141	Tuz Kristal	45°	24,82
142	Tuz Kristal	45°	70,12
143	Tuz Kristal	90°	65,38
144	Tuz Kristal	90°	70,87
145	Tuz Kristal	90°	66,44
146	Tuz Kristal	90°	69,63
147	Tuz Kristal	90°	67,33
148	Tuz Kristal	90°	31,60