

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET | vi |
| ABSTRACT | vii |
| TEŞEKKÜR | viii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | iix |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | x |
| SİMGELER DİZİNİ | xi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 3 |
| 2.1. Doğal Taşların Kökenlerine Göre Sınıflandırılması | 4 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM..... | 6 |
| 3.1. Materyal..... | 6 |
| 3.2. Yöntem | 9 |
| 3.2.1. Kayaçların jeolojik özellikleri | 9 |
| 3.2.2. Kayaçların kimyasal özellikleri | 10 |
| 3.2.3. Kayaçların fiziksel özellikleri ve deney yöntemleri..... | 10 |
| 3.2.3.1. Birim hacim ağırlığı (γ) | 10 |
| 3.2.3.2. Özgül ağırlık (G), kayaç içindeki katı tanelerin özgül ağırlığı | 14 |
| 3.2.3.3. Piknometre ile özgül ağırlık tayini | 15 |
| 3.2.3.4. Doğal su içeriği (muhtevası) (w_n) | 16 |
| 3.2.3.5. Gözeneklilik (porozite)..... | 18 |
| 3.2.3.6. Doygunluk derecesi (S) | 22 |
| 3.2.3.7 Su emme | 23 |
| 3.2.3.8 Sertlik | 24 |
| 3.2.4. Kayaçların mekanik özellikleri | 25 |
| 3.2.4.1. Basınç dayanımı | 26 |
| 3.2.4.2 Eğilmede çekme dayanımı..... | 27 |
| 3.2.4.3 Sürtünmeden dolayı aşınma kaybı (Böhme metodu) | 29 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI..... | 31 |
| 4.1. Isparta Yöresi Kaynaklanmış Tüfler | 32 |
| 4.1.1. Tüflerin fiziko-mekanik özellikleri | 34 |

| | |
|---|----|
| 4.1.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları..... | 35 |
| 4.1.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 35 |
| 4.1.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık..... | 35 |
| 4.1.3.2. Görünür porozite | 36 |
| 4.1.3.3. Su içeriği-su emme..... | 36 |
| 4.1.3.4. Dona karşı dayanım..... | 36 |
| 4.1.3.5. Basınç dayanımı | 36 |
| 4.1.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 37 |
| 4.1.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 37 |
| 4.1.3.8. Isı yalıtımı | 37 |
| 4.2. Isparta Andeziti..... | 38 |
| 4.2.1. Isparta andezitinin fiziko-mekanik özellikleri | 39 |
| 4.2.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları..... | 39 |
| 4.2.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 40 |
| 4.2.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık..... | 40 |
| 4.2.3.2. Görünür porozite | 40 |
| 4.2.3.3. Su İçeriği-su emme..... | 40 |
| 4.2.3.4. Dona karşı dayanım..... | 41 |
| 4.2.3.5. Basınç dayanımı | 41 |
| 4.2.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 41 |
| 4.2.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 41 |
| 4.2.3.8. Isı yalıtımı | 42 |
| 4.3. Nevşehir Erciyes Karası | 42 |
| 4.3.1. Erciyes karası'nın fiziko-mekanik özellikleri..... | 43 |
| 4.3.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları..... | 44 |
| 4.3.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 44 |
| 4.3.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık..... | 44 |
| 4.3.3.2. Görünür porozite | 45 |
| 4.3.3.3. Su içeriği-su emme..... | 45 |
| 4.3.3.4. Dona karşı dayanım..... | 45 |
| 4.3.3.5. Basınç dayanımı | 46 |
| 4.3.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 46 |
| 4.3.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 46 |
| 4.3.3.8. Isı yalıtımı | 46 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Nevşehir Beyaz Sarısı | 46 |
| 4.4.1. Nevşehir beyaz sarı'nın fiziko-mekanik özellikleri | 47 |
| 4.4.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 48 |
| 4.4.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 48 |
| 4.4.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 48 |
| 4.4.3.2. Görünür porozite | 49 |
| 4.4.3.3. Su içeriği-su emme | 49 |
| 4.4.3.4. Dona karşı dayanım | 49 |
| 4.4.3.5. Basınç dayanımı | 49 |
| 4.4.3.6. Eğilmede çekme dayanımı | 50 |
| 4.4.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma | 50 |
| 4.4.3.8. Isı yalıtımı | 50 |
| 4.5. Nevşehir Göreme Kayası | 50 |
| 4.5.1. Göreme kayası'nın fiziko-mekanik özellikleri | 51 |
| 4.5.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 52 |
| 4.5.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 52 |
| 4.5.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 52 |
| 4.5.3.2. Görünür porozite | 53 |
| 4.5.3.3. Su içeriği-su emme | 53 |
| 4.5.3.4. Dona karşı dayanım | 53 |
| 4.5.3.5. Basınç dayanımı | 53 |
| 4.5.3.6. Eğilmede çekme dayanımı | 54 |
| 4.5.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma | 54 |
| 4.5.3.8. Isı yalıtımı | 54 |
| 4.6. Nevşehir Antik Kahve | 54 |
| 4.6.1. Antik kahve'nin fiziko-mekanik özellikleri | 55 |
| 4.6.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 56 |
| 4.6.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 56 |
| 4.6.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 56 |
| 4.6.3.2. Görünür porozite | 57 |
| 4.6.3.3. Su içeriği-su emme | 57 |
| 4.6.3.4. Dona karşı dayanım | 57 |
| 4.6.3.5. Basınç dayanımı | 57 |
| 4.6.3.6. Eğilmede çekme dayanımı | 58 |

| | |
|--|----|
| 4.6.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 58 |
| 4.6.3.8. Isı yalıtımı | 58 |
| 4.7. Nevşehir Asmalı Gri | 58 |
| 4.7.1. Asmalı gri'nin fiziko-mekanik özellikleri | 59 |
| 4.7.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 60 |
| 4.7.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 60 |
| 4.7.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 60 |
| 4.7.3.2. Görünür porozite | 61 |
| 4.7.3.3. Su içeriği-su emme | 61 |
| 4.7.3.4. Dona karşı dayanım..... | 61 |
| 4.7.3.5. Basınç dayanımı | 61 |
| 4.7.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 62 |
| 4.7.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 62 |
| 4.7.3.8. Isı yalıtımı | 62 |
| 4.8. Nevşehir Gül Kurusu..... | 62 |
| 4.8.1. Gül kurusu'nun fiziko-mekanik özellikleri | 63 |
| 4.8.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 64 |
| 4.8.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 64 |
| 4.8.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 64 |
| 4.8.3.2. Görünür porozite | 65 |
| 4.8.3.3. Su içeriği-su emme | 65 |
| 4.8.3.4. Dona karşı dayanım..... | 65 |
| 4.8.3.5. Basınç dayanımı | 65 |
| 4.8.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 66 |
| 4.8.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 66 |
| 4.8.3.8. Isı yalıtımı | 66 |
| 4.9. Nevşehir Çöl Sarısı | 66 |
| 4.9.1. Çöl Sarısı'nın fiziko-mekanik özellikleri | 67 |
| 4.9.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 68 |
| 4.9.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 68 |
| 4.9.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 68 |
| 4.9.3.2. Görünür porozite | 69 |
| 4.9.3.3. Su içeriği-su emme | 69 |
| 4.9.3.4. Dona karşı dayanım..... | 69 |

| | |
|---|----|
| 4.9.3.5. Basınç dayanımı | 69 |
| 4.9.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 70 |
| 4.9.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma..... | 70 |
| 4.9.3.8. Isı yalıtımı | 70 |
| 4.10. Nevşehir Kızıl Ötesi..... | 70 |
| 4.10.1. Kızıl ötesi'nin fiziko-mekanik özellikleri..... | 71 |
| 4.10.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları | 72 |
| 4.10.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme | 72 |
| 4.10.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık | 72 |
| 4.10.3.2. Görünür porozite | 73 |
| 4.10.3.3. Su içeriği-su emme | 73 |
| 4.10.3.4. Dona karşı dayanım..... | 73 |
| 4.10.3.5. Basınç dayanımı | 73 |
| 4.10.3.6. Eğilmede çekme dayanımı..... | 74 |
| 4.10.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma | 74 |
| 4.10.3.8. Isı yalıtımı | 74 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ..... | 75 |
| KAYNAKLAR..... | 84 |
| EK: DOĞAL TAŞLARIN KULLANIM ALANLARININ FOTOĞRAFLARI | 87 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 91 |

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISPARTA ve NEVŞEHİR YÖRESİ VOLKANİK KÖKENLİ TAŞLARIN FİZİKO MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENEREK KULLANIM ALANLARININ İRDELENMESİ

Murat SERT

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. H. Tarık ÖZKAHRAMAN

Isparta volkanik taşlarından kaynaklanmış tüfler ve traki andezitin kullanım yerleri, Nevşehir yöresindeki benzer tüfler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan taşlar volkanik kökenlidir. Bu amaçla TS 699-1910-2513-10449 ve TS 10449/T1 standardına göre anılan taşların fiziko-mekanik analizleri yapılmıştır. Ayrıca taşların kimyasal analizleri ile mineralojik özellikleri de belirlenmiştir. Bu taşlar inşaat sektöründe yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Bu taşlardan gözenekliliği yüksek olanlar ısı yalıtımı sağladığı için bina yalıtımında kullanılmaktadır. Tezin giriş bölümünde Türkiye de ki doğal taş sektörü ve geleceğinin ümit verici olduğu açıklanmıştır. Doğal taşların mühendislik özellikleri literatür bölümünde deney yöntemleriyle birlikte verilmiştir. Sağlamlıkları araştırılarak dış mekânlarda yer döşemesi ve bordur taşı olarak kullanılması ayrıca yalıtım malzemesi olarak özellikleri ile duvar kaplama taşı olarak değerlendirilmesi, iç mekânlarda ise banyo tuvalet ve hamamlarda kullanım olanakları tartışılmıştır. Su emme özelliklerinin dayanıma etkisi, iklim şartlarına karşı donma ve çözülme dayanımları ile aşınma değerleri de belirlenmiştir. Sonuçta İnşaat sektöründe yapı malzemesi kullanımı için değerli bilgiler ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bilgiler literatürde de sektörel veri olarak kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Volkanik taşlar, Fiziko-mekanik özellikler, Kaynaklanmış tüfler, Andezit, Nevşehir volkanik taşları

2010, 92 Sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF STONE ORIGINATING IN ISPARTA AND NEVSEHIR VOLCANIC TERRAINS AND STUDYING THEIR AREAS OF USE

Murat SERT

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mining Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. H. Tarık ÖZKAHRAMAN

The usage of welded tuff stone and trachy-andesites of Isparta region are compared with similar tuff stones of Nevşehir region. The compared stones are all volcanic origin. For this purpose, the physico-mechanical test analyses of aforementioned rocks are made according to TS 699, 1910, 2513, 10449, TS 10449/T1 standards. In addition, chemical analyses and mineralogical characteristics of the rocks are determined. These stones are used as building stones in the construction sector. The stones with high porosity can be used for heat insulation and for this reason, they are used in building insulations. In the introduction chapter of the paper, it is explained that the natural stone sector and its future are promising in Turkey. Engineering characteristics of the natural stones are given together with experimental test methods in the literature chapter. Their durability is determined and their area of usage as floor covering and curbstone in the outer environments and their features as insulation materials and their evaluation as wall cladding stones, also their usage inside buildings in washroom and pools are all discussed. The effect of water absorption properties on durability and strength, thawing and freezing resistance against climate changes, and abrasion values are determined. As a result, valuable information on their usage as building stone in the construction sector is found. The results obtained will be used as sectoral data in the literature.

Key Words: Volcanic rocks, Physico-mechanical characteristics, Welded tuffs, Andesite, Nevşehir volcanic rocks

2010, 92 Pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesi ile çalışmamın her aşamasında yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr H. Tarık ÖZKAHRAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Literatür ve araştırma teknikleri konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Raşit ALTINDAĞ 'a, deney numunelerinin temini konusunda yardımcı olan Bõltaş A.Ş yönetimine ve ISBAŞ A.Ş. mühendislerine ve bu tezi hazırlamamda beni cesaretlendiren Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde görevli tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Numunelerin hazırlanması ve deneylerin yapılması konusundaki yardımlarından ötürü değerli arkadaşım Zeynel A.A. SARIBOĞA'ya, maddi manevi her türlü katkılarından dolayı nişanlım Aliye METE ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Murat SERT
ISPARTA, 2010

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 3.1. Doğada doğal taşların kuru, yarı doymuş ve doymuş halde bulunuşları. | 12 |
| Şekil 3.2. Doğada kayaçların içinde bulunan hava, su ve katı kısımların hacim ve ağırlık olarak bir prizma şeklinde gösterilmesi. | 13 |
| Şekil 3.3. Dikdörtgen kesitli plaka için eğilme dayanımı deney düzeneği. | 28 |
| Şekil 3.4 Dairesel kesitli kiriş için eğilme dayanımı deney düzeneği. | 29 |
| Şekil 4.1. Isparta yöresinin jeolojik haritası. | 32 |
| Şekil 4.2. Cami inşaatında kullanılan kaynaklanmış tuf ve andezitler. | 33 |
| Şekil 4.3. Isparta andezit ocağından bir görünüm. | 38 |
| Şekil 4.4. Erciyes karası test numunesi. | 43 |
| Şekil 4.5. Nevşehir beyaz sarısı test numunesi. | 47 |
| Şekil 4.6. Göreme kayası test numunesi. | 51 |
| Şekil 4.7. Antik kahve test numunesi. | 55 |
| Şekil 4.8. Asmalı gri test numunesi. | 59 |
| Şekil 4.9. Gül kurusu test numunesi. | 63 |
| Şekil 4.10. Çöl sarısı test numunesi. | 67 |
| Şekil 4.11. Kızıl ötesi test numunesi. | 71 |
| Şekil 5.1. Schmidt çekici sertliği ve porozite (gözeneklilik) arasındaki ilişki. | 77 |
| Şekil 5.2. Basınç dayanımı ve porozite (gözeneklilik) arasındaki ilişki. | 78 |
| Şekil 5.3. Isıl geçirgenlik ve porozite (gözeneklilik) arasındaki ilişki. | 79 |
| Şekil 5.4. Sismik hız (P-Dalgası ses hızı) ve ısıl geçirgenlik arasındaki ilişki. | 80 |
| Şekil 5.5. Porozite (gözeneklilik) ve son sonrası sismik hız azalması arasındaki ilişki. | 81 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 3.1. Tipik zemin minerallerinin özgül ağırlıkları..... | 17 |
| Çizelge 3.2. Kayaçların gözeneklik (porozite) yüzdelere göre sınıflaması | 20 |
| Çizelge 3.3. Mohs sertlik cetveli | 24 |
| Çizelge 3.4. Doğal yapı taşlarında minimum basınç ve eğilme dayanımı değerleri . | 26 |
| Çizelge 4.1. Kaynaklanmış tüflerin fiziko-mekanik özellikleri | 35 |
| Çizelge 4.2. Kaynaklanmış tüflerin kimyasal özellikleri..... | 37 |
| Çizelge 4.3. Isparta Andezitinin fiziko-mekanik özellikleri | 39 |
| Çizelge 4.4. Isparta andezitinin kimyasal özellikleri..... | 42 |
| Çizelge 4.5. Erciyes karası'nın fiziko-mekanik özellikleri..... | 44 |
| Çizelge 4.6. Nevşehir beyaz sarı'nın fiziko-mekanik özellikleri | 48 |
| Çizelge 4.7. Göreme kayası'nın fiziko-mekanik özellikleri | 52 |
| Çizelge 4.8. Antik kahve'nin fiziko-mekanik özellikleri..... | 56 |
| Çizelge 4.9. Asmalı gri'nin fiziko-mekanik özellikleri | 60 |
| Çizelge 4.10. Gül kurusu'nun fiziko-mekanik özellikleri..... | 64 |
| Çizelge 4.11. Çöl sarısı'nın fiziko-mekanik özellikleri | 68 |
| Çizelge 4.12. Kızıl ötesi'nin fiziko-mekanik özellikleri..... | 72 |
| Çizelge 5.1. Tez çalışması bünyesinde yapılan volkanik taşların fiziko-mekanik analiz sonuçları..... | 76 |
| Çizelge 5.2. Isparta Tüfü ve Isparta Andezitinin kimyasal analiz sonuçları..... | 82 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|------------|--|
| γ_n | Doğal birim hacim ağırlık, |
| W_T | Doğal kayaç örneğinin toplam ağırlığı, |
| V_T | Toplam hacim |
| γ_s | Tane birim hacim ağırlığı (özgül ağırlığı) |
| W_k | Numunenin etüvde kurutulmuş olan kuru ağırlığı |
| V_k | Numunenin katı tanelerinin hacmi |
| γ_w | Suyun birim hacim ağırlığı |
| G_n | Toz numunenin kuru ağırlığı |
| G_{ps} | Piknometre + su ağırlığı, |
| G_{pns} | Piknometre, toz kayaç numunesi ve su ağırlığı |
| m | Kütle |
| v | Hacim |
| d | Yoğunluk |
| F | Kuvvet |
| G | Özgül ağırlık |
| W | Su içeriği |
| W_n | Doğal su içeriği |
| W_t | Toplam ağırlık |
| $n(p)$ | Gözeneklilik (Porozite) |
| V_b | Boşlukların hacmi |
| V_t | Toplam Hacim |
| e | Boşluk oranı |

| | |
|---------------|---|
| D_r | Bağıl sıklık |
| S | Doygunluk derecesi |
| S_a | Ağırlıkça su emme |
| S_v | Hacimce su emme |
| W_{dh} | Suya doymun numunenin havadaki ağırlığı |
| W_{ds} | Suya doymun numunenin sudaki ağırlığı |
| Å | Angström |
| $\sigma_{eğ}$ | Mermerin eğilme dayanımı |
| P | Kırılmaya neden olan en büyük yük |
| L | Eğilme deneyinde iki mesnet arasındaki mesafe |
| b | Deney numunesinin en genişliği |
| h | Deney numunesinin kalınlığı |
| d | Deney numunesinin çapı |
| g | Yer çekimi ivmesi |

1. GİRİŞ

Türkiye dünyanın en zengin doğal taş oluşumlarının bulunduğu Alp-Himalaya kuşağında yer almakta olup, çok çeşitli ve büyük miktarda mermer rezervine sahiptir. Ülkemiz, bu kaynaklara ek olarak gelişmekte olan sanayisi ve üretimde kullandığı sürdürülebilir teknolojisi ile dünyanın önde gelen doğal taş üreticileri arasında yer almaktadır.

Ülkemizde var olan önemli doğal taş rezervleri Anadolu ve Trakya boyunca geniş bir bölgeye yayılmıştır. Afyon, Bilecik, Balıkesir, Denizli, Muğla, Amasya, Elazığ ve Diyarbakır rezervlerin yoğunlaştığı illerdir. Ülkemizde 80'nin üzerinde değişik yapıda, 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervi belirlenmiştir. Sektörde 700'den fazla ocak, 1000'in üzerinde fabrika ve 5000 civarında atölye faaliyet göstermektedir.

Türkiye'nin doğal taş ihracatı sürekli artmakla birlikte henüz istenilen düzeye ulaşamamıştır. Bugün ki değerlerine göre rezervlerinin küçük bir bölümünün kullanıldığı görülmektedir. 1998 yılında 128 milyon dolar olan ihracat, 2008 yılında 1 milyar dolara ulaşmış, 2009 yılında da 1 milyar doları geçmiştir. Doğal taş ihracatımızda en önemli pay %72 ile işlenmiş ürünlere aittir. Bu ürünü ham blok mermer ve granit izlemektedir. Geleneksel pazarlarımız olan İtalya ve İspanya dışında ABD, Suudi Arabistan ve İsrail ihracat yapmaya başladığımız yeni pazarlar olarak dikkati çekmektedir. Özellikle ABD ekonomik açıdan dünyanın güçlü ülkelerinden biri olmasına rağmen kişi başına doğal taş tüketimi son derece düşüktür ve bu nedenle önemi giderek artan bir pazar konumundadır.

Dünya doğal taş rezervlerinin yaklaşık % 40'ına sahip olan Türkiye dünya doğal taş sektöründe üretimde % 3,1'lik bir payla dokuzuncu, ihracatta ise % 2,3'lük bir payla sekizinci sırada yer almaktadır.

Doğal taş ihracatımızda özellikle katma değeri yüksek olan işlenmiş ürünlere önem verilmesi dünya pazarındaki payımızın artmasına olanak sağlayacaktır. Son yıllara

kadar göz ardı ettiğimiz volkanik kökenli doğal taşların üretiminin artması da doğal taş ithalatını ikâme edecek bir faktör olarak görünmektedir. Ayrıca doğal taş ürünlerimizin gümrük engeli ile karşılanmaksızın, tüm önemli ihracat pazarlarına girebilmesi de sektör açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Tez kapsamında Isparta volkanik taşlarından kaynaklanmış tüfler ve traki andezitin, Nevşehir yöresi volkanik taşları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla TS 699, TS EN 1467 ve TS EN 1469, 1910, 2513, 10449 ve TS 10449/T1'a standardına göre taşların fiziko-mekanik analizleri yapılmıştır. Bu çalışma ile anılan yörelerdeki doğal taşların önemi, bilinmeyen özelliklerinin tespiti ile bir kat daha vurgulanmış olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tüfler genelde Kapadokya bölgesinde yoğunlukla rastlanılmaktadır. Tüf taşı, sözcük anlamıyla yanardağların püskürttüğü kül, kum ve lav parçacıklarından oluşan genellikle açık renkli, hafif gözenekli bir tür çökelti taşıdır. Yapı malzemesi olarak asırlar boyu kullanılmaktadır. Isparta'da da Gölcük volkanizmasının püskürttüğü kül, kum ve lavların kaynaklanmasıyla oluşmuş olan, tüfler bulunmaktadır. Yörede bu kaynaklanmış tüflere, Köyke taşı denmektedir. Bilhassa cami ve minare yapımında kullanılmaktadır. Tüf taşı ocaktan çıkarıldığında yumuşak bir yapıda olup; zamanla sertleşme özelliğine sahiptirler. Tüfler sahip oldukları doğal özelliklerinden dolayı bina dış duvarlarında kullanılmakta ve ciddi bir ısı yalıtımına olanak sağlamaktadırlar, (Özkahraman ve Bolattürk, 2003).

Yapılarda geniş bir kullanım alanına sahip tüf taşı, ana taşıyıcı yapı, mimari eleman ve süsleme elemanı olarak iç ve dış mekânlarda kullanılmaktadır. Dekoratif bir görünüm kazanabilen tüf taşı duvarlar, kemerler, ve bahçelerde görsel bir zenginlik olarak da kullanılmaktadır. Tüf taşı kullanılan yapılarda demir kullanılmaması, iç ve dış cephelerde sıva, badana ve benzeri uygulamalara gereksinim duyulmaması gibi avantajlarla beraber, kullanılan mekânların kışın sıcak, yazın serin olmasına katkı sağlamaktadır. İlk kazıldıklarında doğal nem içeriğini muhafaza edebilen (yüksek gözeneklilik nedeniyle) tüf taşları yumuşak bir özelliğe sahiptirler ve yüzeyleri şekillendirilebilir. Bu nedenle yüzeylerine dekoratif amaçlı süslemeler kazılarak yapılabilir. Cephe kaplamalarında kullanıldıklarında bu süslemeler taşın gizemli göze hoş gelen tarihi bir görüntü vermektedir. Duvar kaplamalarında kullanılan bu taşlar uygulandıktan sonra, zamana bağlı olarak günler geçtikçe yavaş yavaş kuruyarak daha da sağlamlaşmaktadırlar. Sarımtırak renge sahip olan bu taşlar zamanla, kirli havanın etkisiyle kararmaktadır. Isparta'da cami ve kilise duvarlarının kaplamasında kullanmış olan bu taşlar 2000 yıldır sağlamlığını korumuş halen bozulmadan atmosferik şartlardan etkilenmeden ayakta kalabilmiştir. Tüf taşının yapılara verdiği doğal canlılık sayesinde iç ve dış mekânlarda kullanımı giderek artmaktadır. Isparta yöresi kayaçların duraylılık özellikleri Bilgin vd, (1990) ile Bilgin ve Sargın (2003)

tarafından detaylı olarak açıklanmıştır. Bu yörede trakiandezit ve kaynaklanmış tüflerden yapılmış binaların bin seneden beri sağlam kaldığı görülmüştür.

Tüflerin ısı yalıtımında, enerjisinin çoğunu ithal eden Türkiye gibi ülkelerde enerjiden tasarruf edilmesi ve enerjinin daha etkin kullanılması çok önemlidir. Doğadaki sınırlı kaynaklardan, yüksek maliyette elde edilen enerjinin bilinçli kullanılması, ekonomi için önemli olduğu kadar çevre kirliliği bakımından da insanlığa sorumluluk yüklemektedir. Kullanılan daha az enerji, daha az karbondioksit, kükürt dioksit ve partikül salınımı demektir. 2005 verilerine göre enerji tüketiminin sektörel dağılımında ikinci büyük payı göre binalar almaktadır. Çengel (1998) ve Bakos (2000)'e göre binalarda mekânların ısıtılması enerji sarfiyatında en büyük paya sahiptir. Binalarda kullanılan enerjinin, toplam enerji tüketimindeki payının büyüklüğü ve bunun önemli bir kısmının da ısıtmada kullanılması, ısı yalıtımının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla enerjinin büyük bir kısmının kullanıldığı binalarda ve sanayide, etkin ısı yalıtımı uygulamaları yapıldığı takdirde çok büyük tasarruf sağlanacağı görülmektedir (Dağsöz, K.,D, 2001; TS 825, 1999).

Kaynaklanmış tüfler gibi andezitlerde volkanizma ürünüdür. Isparta yöresinde bu andezitler Geyran taşı olarak bilinmektedir. Bu taşların birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, gözeneklilik, su emme oranlarının hesaplanmasına ait örnek bir hesap şeklide gösterilmiştir. Ayrıca bütün taşların ısı iletkenlik, P-dalgası ultrason hızı ölçülmüştür.

2.1. Doğal Taşların Kökenlerine Göre Sınıflandırılması

Doğal yapı taşları petrografik bakımdan, volkanik taşlar, tortul taşlar, başkalaşmış taşlar olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

Püskürük taşlar arz kabuğu içinde yer alan mağmanın değişik yollarla soğuması neticesinde oluşan taşlardır. Bunlarda kendi içinde iç püskürük taş (mağmatik, dış püskürük taş (volkanik), damar taşı diye üçe ayrılır.

Tortul taş değişik kütlelerin dış etkenlerle parçalanıp, aşınıp, çözülp, taşınarak çökemeleri sonucunda dağınık veya birbirlerine bağlanmış halde oluşan taşlardır. Bu taşlarda organik tortul taşlar ile fiziksel tortul taş olmak üzere ikiye ayrılır.

Başkalaşmış (metamorfik) taşlar, daha önce oluşmuş taşların yüksek ısı ve basınç etkisiyle başkalaşması netice oluşmuşlardır. Doğal taş türlerini de oluşumlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

Volkanik taşlar:

- İç püskürük taşlar (granit, siyenit, gabro, diyorit, peridotit vb.)
- Dış püskürük taşlar (kuvars, porfir, diyabaz, riyolit, trakit, bazalt, andezit vb.)
- Damar taşları (granit porfir, siyenit porfir, pegmatit vb.) olmak üzere 3 türe ayrılır.

Tortul taşlar:

- Organik tortul taşlar (organik kalker, kuvarsit, dolomit vb.)
- Fiziksel tortul taşlar (breş, puding, konglomera, kumtaşı vb.)

Metamorfik taşlar:

Bunlar sıcaklık ve basıncın etkisiyle rekristalize olmuş taşlardır. Afyon şekeri ile Uşak yeşili bu cins taşlar sınıfına girmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak; Isparta ve Nevşehir Yöresi Volkanik taşları kullanılacaktır. Deneylerde kullanılan doğal taşlar 40mm*40mm*40mm, 50mm*50mm*50mm, 71mm*71mm*71mm (kübik) ve 50mm*100mm*200mm (dikdörtgen prizma) ebatlarında olacaktır. Her taş cinsi için, her bir boyut ebadında 5'er adet numune temin edilecektir. Andezit Isparta belediyesinin taş ocaklarından, Isparta tüfleri ise Göлтаş çimento fabrikasının taş ocaklarından temin edilecektir. Nevşehir yöresi taşları ise Bölmaş Madencilik ve Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şirketinden sağlanacaktır. Böltaş şirketinden temin edilen taşların ticari isimleri; Antik Kahve, Asmalı Gri, Çöl Sarısı, Erciyes Karası, Göreme Kayası, Gül Kuruşu, Kızık Ötesi ve Nevşehir Beyazı'dır. Bu taşların her biri farklı renk ve dokularda olup gözeneklilik oranları da yüksektir. Isparta yöresi taşlarından olan andezit ve kaynaklanmış tüflerden (Yöresel adıyla Köfke Taşı) temin edilen aynı ebatlardaki numuneler deney ve analizlere hazır hale getirilecektir. TS 699 standartlarına uygun olarak yapılan deneylerde Isparta ve Nevşehir yöresi taşlarının fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler irdelenerek endüstriyel kullanım alanları belirlenecektir. Bununla birlikte taşların ısı ve ses yalıtım özellikleri de belirlenerek volkanik taşların yalıtım özellikleri hakkında, deneysel veriler ışığında önemli bulgular elde edilecektir. Taşların laboratuarda yapılan fiziko-mekanik deneyleri sırasında kullanılacak cihazlar aşağıda verilmiştir.

- **Hassas terazi:** Deney numunelerinin kütlelerini belirlemek amacıyla 0,1 g hassasiyetle ölçüm yapabilen 5000g tartım kapasiteli hassas terazi kullanılmıştır.
- **Etüv:** Deney numunelerinin yüzey nemi ve iç neminin kurutulması amacıyla $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ayarlanabilen hava sirkülasyonlu rezistanslı etüv kullanılacaktır.

- **Kumpas:** Deney numunelerinin boyutlarını belirlemek amacıyla, kolları yeterli uzunlukta, elektronik 0,1 mm hassasiyetli kumpas kullanılacaktır.
- **Arşimet terazisi (Hacim kütlesi terazisi):** Deney numunelerinin hacimlerini ve gözenekliliklerini belirlemek amacıyla su içerisinde yardım yapabilecek düzeneğe sahip, yeterli kapasitede 0,1 g hassasiyetli düzenekli Arşimet terazisi kullanılacaktır.
- **Kırıcı ve öğütücü cihazlar:** Numunelerin standartlarda belirlenen deney şartlarına uygun boyuta indirmek amacıyla laboratuvar ölçekli Bond değirmeni, Laboratuvar ölçekli çeneli ve diskli kırıcılar kullanılacaktır.
- **Vakum pompası:** Deney tüpleri içerisindeki, deney sonuçlarını etkileyebilecek havayı almak için kullanılan, basıncı -1 atmosfer değerine indirebilecek kapasitede vakum pompası kullanılacaktır.
- **Elekler:** Çalışmada, 4000 μ , 3000 μ , 2000 μ , 1250 μ , 1000 μ , 800 μ , 710 μ , 500 μ , 355 μ , 250 μ , 180 μ , 125 μ , 90 μ , 63 μ boyutlarında Alman üretimi ISO-3310.1 standardına uygun, kare gözlü dairesel elekler kullanılmıştır.
- **Piknometre:** Deney numunelerinin özgül ağırlıklarını ölçmek amacıyla uygun büyüklükte vakum cihazıyla kullanılabilen, camdan yapılmış piknometre kullanılacaktır.
- **Schmidt çekici:** Kayaçlarda geri sıçrama değerinin belirlenmesi ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımlarının saptanması amacıyla L tipi Schmidt çekici kullanılacaktır.
- **Böhme aşındırma cihazı:** Aşınma testi altında numunelerin hacimsel kaybını ölçmek için aşındırıcı tozla birlikte TS 699 standartlarına uygun yöntemle Böhme aşındırma disk cihazı kullanılacaktır.

- **Sismik P dalgası cihazı:** Deney numunelerinin eksenlerinden ses dalgaları geçirilmek suretiyle kayaçların iç yapısı hakkında bilgi sahibi olmak için standartlara uygun ses dalgası cihazı kullanılacaktır.
- **Soğuk hava dolabı:** Deney numunelerinin iklim şartlarına karşı tepkilerini ölçmek amacıyla yaklaşık 4 saat zarfında -20° C ye indirebilen ve bu sıcaklıkta sabit tutabilen dondurucu kullanılacaktır.
- **Basınç deney presi:** Deney numunelerin farklı durumlardaki dayanımlarını ölçmek amacıyla yeterli kalitede ve üst başlığı mafsal ile donatılmış, uygulanan yükün en az % 1 i kadar hassasiyetle kullanılmış deney presi kullanılacaktır.
- **Eğilme deney presi:** Deney numunelerinin eğilme dayanımlarını ölçmek amacıyla yeterli kapasitede, uygulanan yükün en az %1 i kadar hassasiyette ve eğilme deney düzenine uygun cihaz kullanılacaktır.
- **Eğilme deney teçhizatı:** Uzunlukları en az deney numunesi genişliği kadar olan, deney numunesine temas edecek kısmı yuvarlatılmış 2 çelik mesnet ve bir yükleme parçasından oluşan, bunlardan en az mesnet olarak kullanılacak olan ikisi deney sırasında burulma etkisi yapmamaları için serbestçe hareket edebilecek biçimde düzenlenmiş olan cihaz kullanılacaktır.
- **Vakum ve basınca dayanıklı su kabı:** İç basıncı $22\text{mm} \pm 2 \text{ mm}$ civa sütunu değerine düşürebilen ve en az $150\text{kgf} / \text{cm}^2$ ($15 \text{ N} / \text{mm}^2$) lik iç basınca dayanabilen, camdan yapılmış, uygulanan basıncı en az 24 saat süre ile sabit tutacak düzeni bulunan kaplar kullanılacaktır.

3.2. Yöntem

Bu kısımda, kayaçların mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan Türk standartları TS 699, TS EN 1467 ve TS EN 1469, 1910, 2513, 10449 ve TS 10449/T1'a uygun aşağıdaki deney yöntemleri detaylı olarak anlatılacaktır.

- Birim Hacim Ağırlığı Deneyi
- Su Emme Deneyi
- Özgül Ağırlık (Piknometre) Deneyi
- Görünen Porozite (Gözeneklilik) Deneyi
- Basınç Mukavemeti Deneyi
- Eğilme Mukavemeti Deneyi
- Sürtünme ile Aşındırma Kaybı Deneyi (Böhme Metodu)
- Donma Çözünme Deneyleri
- Sismik Hız P Dalgası (ses geçirgenlik) Deneyi
- Doğal Su İçeriği Deneyi
- Schmidt Çekici (Sertlik) Deneyi

Kayaçların mühendislik özellikleri deyince, jeolojik, kimyasal, fiziksel özellikleri ile mekanik özellikleri akla gelir.

3.2.1. Kayaçların jeolojik özellikleri

Yerkabuğunu oluşturan kayaçların birçok özellikleri vardır. Bunlar arasında ilk akla gelen, bunların “Oluş Özellikleri” diğer bir deyişle “Jeolojik Özellikleri” dir. Bunların önemlileri:

- a) Zaman (Stratigrafi, Paleontoloji, Jeokronoloji),
- b) Ortam (fasiyes, homojenlik, heterojenlik),
- c) Taşın cinsi (litoloji: mineraloji, petroloji),
- d) Doku ve yapı (süreksizlik), ile hidrojeoloji'ye bağlı özelliklerdir.

3.2.2. Kayaçların kimyasal özellikleri

Kayaçların kimyasal özellikleri, bunların bileşimleri, erime, ayrışma ve suya karşı davranışları vb. özellikleri her türlü mühendislik işlerinde araştırılır ve saptanır. Özellikle, malzeme, jeolojisi araştırılmalarında, kireç, çimento, kil ocağı araştırmalarında, kimyasal bileşim işletmeğe ve ekonomiye etkiyen birinci faktör olduğundan, bölge kayaçlarının yatay ve düşey doğrultularda değişimlerini gösteren, “Eşbileşim Haritası” hazırlanır. Bu özelliklerin her biri, çeşitli mühendislik işlerine, örneğin temel kazılarına, baraj, tünel, yer altı santrali, köprü, yol vb. yapılarına, alt ve üst yapıların projelendirilmesine, doğrudan doğruya etkir. En önemli sorun, bu özelliklerin her birinin, yapıların projelendirilmesine ya da kayaçların malzeme olarak kullanılmasına etki derecesinin bilinmesi ve bunların sayısal olarak verilmesidir. Baraj ve temel yapılarında, litoloji yani taş türü kazılabilmeye tesir eder. Su ve basınç altında oluşturacağı gerilmelerin bilinmesi, en başta gelen araştırmalardan biridir. Aynı şekilde, dokusal, yapısal süreksizlik ve hidrojeolojik özellikler, temel taşı olma, sızma ve sağlamlaştırma işlerinde saptanacak ilk niteliklerdir. Bu özellikler, gerek arazide ve gerekse laboratuvarlarda yapılan ayrıntılı çalışma, ölçme ve mikroskobik incelemelerden sonra saptanıp, boyutları, miktarları ve etki dereceleri sayısal olarak verildikçe, mühendislik işlerine yararlı olmaktadır. Bundan ötürü son yıllarda her türlü jeolojik özellik ölçü ve deneyler sonucu sayısal olarak verilmeğe çalışılmaktadır.

3.2.3. Kayaçların fiziksel özellikleri ve deney yöntemleri

Kayaçların birçok fiziksel özellikleri vardır. Bunların mühendislik işlerinde en önemli olanları aşağıda açıklanmıştır.

3.2.3.1. Birim hacim ağırlığı (γ)

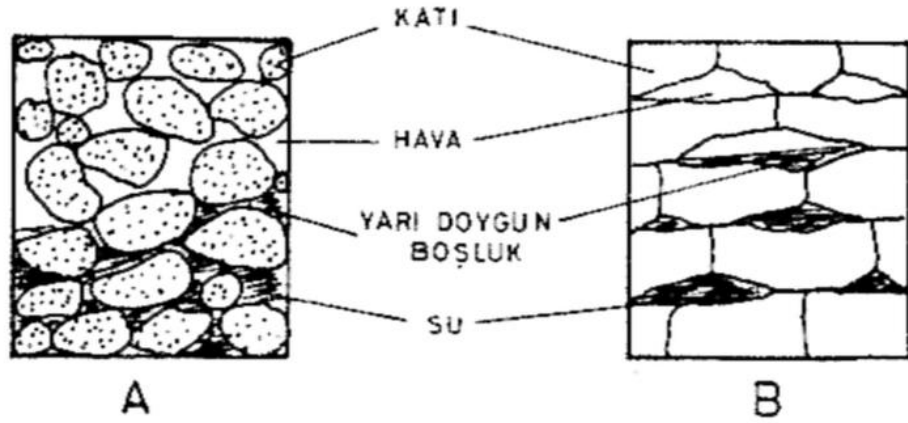
Kayaçların katı, sıvı, gaz gibi üç farklı kısımdan oluştuğunu, sıvı ve gazların, doğadaki kayaçlar içinde bazen çok, bazen az bulunduğunu, bazen da hiç bulunmadığını görmekteyiz. Bundan dolayı doğada, çoğu kez kayaçların, tanelerden

(sert kısımlardan), su ve havadan oluştuğu düşünülür. Bu üç duruma göre tanımlar yapılır, özellikleri saptanır, (Erguvanlı, 1973).

Birim hacim ağırlığı (γ), her hangi bir birim hacimdeki, (örneğin 1 cm³, 1m³, 1 ft³) kayacın toplam ağırlığı, o kayacın birim hacim ağırlığı olarak tanımlanır. En çok kullanılan birimler gr/cm³, t/m³, lb/ft³ dür.

Birim hacim ağırlıkları, içerlerindeki boşluk, çatlak, su miktarlarına ve katı kısımları oluşturan minerallerin mineralojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre, değişik değerler alırlar.

Birim hacim ağırlığı, numunenin toplam ağırlığının toplam hacmine bölünmesiyle bulunur. Su ve hava tarafından kapsanan hacim “Boşluk Hacmi olarak tanımlanır. Mühendislik hesaplarında kullanılan değerler, kayaçların doğada buldukları haldeki doğal birim hacim ağırlıkları (γ_n), katı kısımların (tane) birim hacim ağırlıkları (γ_s), (özgül ağırlık) bütün boşlukların su ile dolu olması halindeki doymun birim hacim ağırlıkları (γ_d) ile boşluklu kısımların (hava ile dolu) da ele alınması halinde de kuru birim hacim ağırlığı (γ_k) dır. Bu değerler, yerinde uygulamada karşılaşılan problemlerde, kaya kütlelerinin bulunduğu yeraltı koşullarına (kuru, suyla yarı doymun, doymun olduğuna) göre seçilmelidir (Şekil 3.1.). Çeşitli birim hacim ağırlıklarını şöyle açıklayabiliriz:



Şekil 3.1. Doğada doğal taşların kuru, yarı doymun ve doymun halde bulunuşları.
(A. Ayrık tortul kayaçlarda, B. Erime boşluklu tortul kayaçlarda)

Doğal birim hacim ağırlığı: Doğal halde bulunan ve içinde hava, su ve katı kısımları (katı taneleri) kapsayan bir kayacın, birim hacminin ağırlığıdır.

Doğal birim hacim ağırlığı (γ_n): Toplam ağırlığın toplam hacme oranıdır. Yani,

$$\gamma_n = \frac{W_T}{V_T}$$

γ_n = Doğal birim hacim ağırlık,

W_T = Doğal kayaç örneğinin toplam ağırlığı,

V_T = Toplam hacmidir.

Tane birim hacim ağırlığı (γ_s): Buna taşın “özgül ağırlığı” da denir. Yani katı kısmının birim hacim ağırlığı; kayacın katı, (sıkı) kısmının birim hacmine (V_k) karşılık gelen oranıdır. Yani:

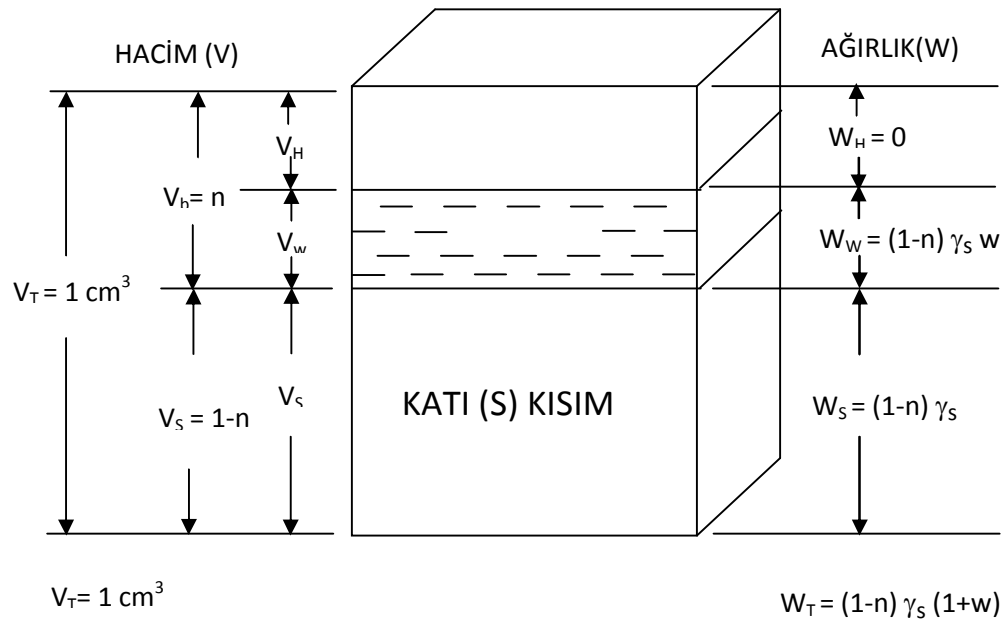
$$\gamma_s = \frac{W_k}{V_k} \text{ [katı kısmın birim hacim ağırlığı, katı kısmın (tanelerin) özgül ağırlığıdır]}$$

Burada W_k : Numunenin etüvde kurutulmuş olan kuru ağırlığıdır. V_k : Numunenin katı tanelerinin hacmidir.

Kayaçların doğal birim hacim ağırlıkları, boşluklarındaki su miktarına göre değişir. Fazla su emmiş kayaçların doğal birim hacim ağırlıkları da, daha büyük olur (boşlukları daha fazla su kapladığından). Dolayısıyla, poroziteleri çok büyük (boşluk oranı fazla) olan kayaçların birim hacim ağırlıkları kapsadıkları su içeriğine göre daha büyük değerler alır. Kayaçlar su altında iken, suyun kaldırma kuvvetinden dolayı birim hacim ağırlıklarından kaybederler ve su altındaki bir kayacın birim hacim ağırlığı (γ_A): $\gamma_A = \gamma_d - \gamma_w$ olarak tanımlanır.

Baraj ve hidroelektrik santral temellerinde, ya da su seviyesi altında kalan inşaatlarda su altındaki birim hacim ağırlığı önem kazanır. Ve suyun kaldırma kuvveti özel bir değer ifade eder. Birim hacim ağırlığının değişmesine:

- Porozite ve çimentolanma derecesi,
- Su içeriği,
- Tanelerin, ya da katı kısımların minerolojisi, kimyasal bileşimi, ayrışma derecesi,
- vb. parametreler etki yapmaktadır.



Şekil 3.2. Doğada kayaçların içinde bulunan hava, su ve katı kısımların hacim ve ağırlık olarak bir prizma şeklinde gösterilmesi (Erguvanlı, 1973)

Birim hacim ağırlıkları fazla olan kayalar genellikle az gözenekli, az su emme ve yüksek özgül ağırlık değerlidir. Çeşitli kayaların pratikte kullanılan doğal birim hacim ağırlıkları şöyledir.

| | |
|----------------|-------------------------|
| Bazalt | 3.00 ton/m ³ |
| Kalker | 2.55 ton/m ³ |
| Granit | 2.75 ton/m ³ |
| Kilişist | 2.50 ton/m ³ |
| Çakıl | 1.90 ton/m ³ |

Doğal birim hacim ağırlıkları değerlerine bakarak kayaların basınç değerleri, sertlikleri ve delinebilme özellikleri hakkında kabaca bir fikir edinilebilir.

3.2.3.2. Özgül ağırlık (G), kayaç içindeki katı tanelerin özgül ağırlığı

Özgül ağırlık, belirli bir hacimdeki (birim hacimdeki) cismin ağırlığının, aynı hacim ve +4°C da, ki saf su ağırlığına oranıdır. Kısaca, bir cismin birim hacim ağırlığının, suyun birim hacim ağırlığına oranıdır.

$$G_1 = \frac{\frac{W_1}{V}}{\frac{W_w}{V}} = \frac{\gamma_1}{\gamma_w} \quad (3.1)$$

Katı ve ayrık, taneliler için özgül ağırlık, katı kısımlar (ya da taneler) için gerekli bir değerdir. Kayaların doğal özgül ağırlıkları, boşluk oranına ve su miktarına göre değişen bir değerdir. Fakat kayaların tane özgül ağırlığı değişmez sabittir. Dolayısıyla, özgül ağırlık deyimi genellikle taneleri ve katı kısımları kapsar ve

$$G_s = \frac{\text{Tane b. h. a.}}{\text{Suyun b. h. a.}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.2)$$

olarak tanımlanır. (S=katı, tane, *solid*'i gösterir). Özgül ağırlığın birimi yoktur. MKS (metre, kilogram, saniye) ve FPS (Foot, pound, second) sistemlerinde de aynı değerdedir. Özgül ağırlık laboratuarda “Piknometre” yöntemi ile saptanmıştır. Bu yöntemin açıklaması aşağıdadır.

3.2.3.3. Piknometre ile özgül ağırlık tayini

Piknometre ile özgül ağırlık tayini aşağıdaki gibi yapılır.

- Belirli bir hacimdeki kayaç (taş numunesi) 24 saat 105°C’de etüvde kurutulur, İçinde hava kabarcıkları kalmaması için havanda dövülerek pulverize ince toz haline getirilir. Soğuduktan sonra bu tozdan 50 gr. tartılır. Bulunan değer, toz numunenin kuru ağırlığıdır. (G_n),
- Piknometre işaret çizgisine kadar, saf su ile doldurulur ve piknometre + su ağırlığı tartılır (G_{ps}),
- Piknometreden bir miktar saf su boşaltılır ve toz numune, su dolu piknometrenin içine dökülür. Daha sonra karıştırılarak içinde hava kabarcığı kalmaması için vakum cihazı ile havası alınır. Eğer kuru toz numune çok ince öğütülmez ve piknometre iyi karıştırılıp vakumlanmaz ise, ölçülecek hacim değeri fazla bulunur ve dolayısıyla özgül ağırlık, gerçekten daha küçük değerli olarak elde edilir.
- Piknometre içine işaretli hacme kadar su doldurulur. Piknometre, toz kayaç numunesi ve su tekrar tartılır (G_{pns}), Suyun birim hacim ağırlığı: $\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$ kabulüne göre,

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{G_n}{G_{ps} + G_n - G_{pns}} \quad (3.3)$$

özgül ağırlık hesaplanır.

Kayaçların kuru ve doymun özgül ağırlıkları birbirinden farklıdır. Bu fark porozitesi az olan kayaçlar için çok azdır, ihmal edilebilir. Fakat porozitesi büyük olan kayaçlarda fazladır. Bundan dolayı dikkate alınmalıdır. Kayaçların özgül ağırlıkları

içerlerinde bulunan minerallere bağlıdır. Örneğin içersinde ağır mineraller bulunan metamorfik, mağmatik taşlar ve bunları kapsayan kumtaşlarının özgül ağırlıkları büyüktür. Minerallerinin özgül ağırlıkları 1-21 arasında değiştiğine göre taşların da özgül ağırlıkları, içerlerinde bulunan minerallerin özgül ağırlıklarına göre farklı olur. Özgül ağırlık, temel inşaatında, istinat duvarlarının hesaplarında, şevlerin stabilite problemlerinde kullanılır. Yoğunluk ise kütlenin hacme bölümüdür.

$$\text{Yoğunluk (density)} = d = \frac{m}{v} = \frac{\text{kütle}}{\text{hacim}}$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{yerçekimi ivmesi}}$$

$$d = \frac{F}{g \cdot V}$$
(3.4)

Buradan;

$$\text{Birim hacim ağırlık ise: } \gamma = \frac{F}{V} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Hacim}}$$
(3.5)

$$\text{Özgül Ağırlık: } G = \frac{\text{kayaçb.h.a}}{\text{suyunb.h.a}}$$
(3.6)

Yerkabuğu içerisinde bulunan en önemli minerallerin özgül ağırlıkları Çizelge 3.1’de verilmiştir (Gillot,1968).

Yoğunluk tanımında, kütle (m) dolayısıyla ivme birimleri işe girdiğinden hesaplar karışabilmekte ve değişik birim sistemlerine göre değişik değerler bulunmaktadır. Bundan ötürü, mühendislik jeolojisi ve zemin mekaniği problemlerinde birim hacim ağırlıkları ve özgül ağırlık değerleri kullanılmaktadır.

3.2.3.4. Doğal su içeriği (muhtevası) (w_n)

Bir kayacın su içeriği; belirli bir hacimde, kapsadığı su ağırlığının, katı kısmın (tane) ağırlığına oranıdır. Bu yüzde olarak ifade edilir.

Çizelge 3.1. Tipik zemin minerallerinin özgül ağırlıkları (Gillot, 1968)

| | |
|---------------------|-----------|
| Bentonit | 1,13-2,18 |
| Jips | 2,3 |
| Jipsit | 2,3-2,4 |
| Montmorillonit | 2,4 |
| Ortoklas Feldspat | 2,56 |
| Illit | 2,6 |
| Kuvars | 2,6 |
| Kaolen | 2,6-2,63 |
| Klorit | 2,6-3,0 |
| Plajiolklas felspat | 2,62-2,76 |
| Talk | 2,7-2,8 |
| Kalsit | 2,8-2,9 |
| Mika (muskovit) | 2,8-2,9 |
| Dolomit | 2,87 |
| Aragonit | 2,94 |
| Anhidrit | 3,0 |
| Biyotit | 3,0-3,1 |
| Hornblend | 3,0-3,47 |
| Ojit | 3,2-3,4 |
| Olivin | 3,27-3,37 |
| Limonit | 3,0 |
| Siderit | 3,83-3,88 |
| Hematit | 4,9-5,3 |
| Manyetit | 5,17-5,18 |

$$\%w_n = \frac{Su\ a\grave{g}}{Kati\ a\grave{g}} \quad (3.7)$$

Doğal su içeriği, kayaçların doğada buldukları haldeki su içeriğidir. Bu değer mevsimlere, yeraltı su seviyesine, yerüstü ve yeraltı suyu hareketlerine göre değişir.

Su içeriği (muhtevası) laboratuarda şöyle saptanır:

- Araziden alınan doğal numune tartılır. Bu değer toplam ağırlıktır (W_t).
- Bu numune, 24 saat 105°C de fırında, kurutulur ve tekrar tartılır. Bulunan değer, belirli hacimdeki kayacın katı kısımlarının ağırlığıdır (W_k),

- c. $W_t - W_k$ ağırlıklar arasındaki fark, numune içinde bulunan ve fırında buharlaşan suyun ağırlığıdır. Dolayısıyla numunenin su içeriği (muhtevası) Eşitlik 3.8'e göre hesaplanır.

$$\omega_n = \frac{W_t - W_k}{W_k} \cdot 100 \quad (3.8)$$

Su içeriğinin değişmesiyle, kayaçların mekanik ve direnç özelliklerinde değişimler olur. Bilhassa ayrık tortul kayaçların (kum, silt, kil) özellikleri, farklı su içeriğinde farklı değerler gösterir. Bu konu ile zemin mekaniği ayrıntılı olarak ilgilenmektedir. Su içeriğinin değişimi diğer bir deyimle, kayaçların kapsadıkları su miktarları mühendislik açısından önemlidir. Değişik doğal su içerikleri değişik doğal birim hacim ağırlıklarına karşılık geleceğinden, yükleri doğal ağırlıklardan gelen bütün mühendislik problemlerinde doğal su içeriği önemli rol oynar. Ayrıca, mekanik ve direnç özellikleri su içeriğiyle değiştiğinden bu yönden de pratikte problemler ortaya çıkar.

3.2.3.5. Gözeneklilik (porozite)

Bir kayacın porozitesi, içinde bulunan boşlukların hacminin (V_b), tüm hacmine (V_t) oranıdır. (n) ile gösterilir. % olarak ifade edilir:

$$\% n = \frac{V_b}{V_t} \cdot 100 \quad (3.9)$$

Kayaçların boşluk hacmi (V_b) ile katı kısımların (tane) hacmi oranına da “Boşluk Oranı” (e) denir; yüzde olarak ifade edilir.

$$\% e = \frac{V_h}{V_k} \cdot 100 \quad (3.10)$$

Boşluk oranı ve porozite değerleri boyutsuz sayılardır. Kayaçların porozite ve boşluk oranlarının bulunması için yukarıda tanımladığımız fiziksel özelliklerin saptanmış olması gereklidir. Porozite formülü;

$$n = 1 - \frac{\gamma_n}{\gamma_s (1 + \omega)}$$

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_n} (1 + \omega) - 1 \quad (3.11)$$

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

Burada:

γ_n = Kayacın doğal birim hacim ağırlığı,

γ_s = Katı kısım (tanelerin) birim hacim ağırlığı (özellik ağırlığı),

ω = Su içeriğidir.

Porozite ve boşluk oranının bilinmesi, sızma problemlerinde, permeabilitenin saptanmasında, baraj temellerinde ve çatlaklı kayaların içinde su hareketlerinin bilinmesinde ve temellerde oturma hesaplarında zorunludur.

Son yıllarda yapılan çalışmalar kayaçların poroziteler ile özgül ağırlıkları ve orijinleri arasında bazı bağıntıların bulunduğunu göstermiştir. Büyük basınçlar altında oluşan granitlerin özgül ağırlıkları fazla, poroziteleri az; buna karşın, volkanik tüflerin özgül ağırlıkları az, poroziteleri fazladır. Taneli zeminlerde, tane şekli ve tane büyüklüğü düzensizliğe, çökme şekli de poroziteye etki yapmaktadır. Bunlar çeşitli deneylerle gösterilebilmektedir. Diğer taraftan, bir zeminin porozitesinin en yüksek ve en düşük değerleri oranına, “Bağıl Sıkılık” (Dr) ismi verilmekte ve pratik de kullanılmaktadır (Erguvanlı, 1973).

$$Dr = \frac{(n_{\max} - n)(1 - n_{\min})}{(n_{\max} - n_{\min})(1 - n)} = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (3.12)$$

Bağıl sıkılık, temellerin taşıma gücünün hesaplanmasında, poroziteden daha geniş anlamı olmaktadır. Hatta kumlarda porozitenin mümkün maksimum ve minimum

porozite değerleri ile karşılaştırmalı değeri, direkt olarak taşıma gúcünü vermektedir. Taşıma gúcü de temel cinsine, dolayısıyla emniyete ve ekonomiyeye etki yapar.

Kayaçların içinde bulunan boşluklar ya çok küçük (0,005 – 0.2 mm) “Mikropor” ya da büyük (0,2-2 mm.) “Makropor” dur. Büyük olanlar, tanelerin ya da kristallerin arasında, küçük olanlar da tane veya kristallerin içinde bulunmaktadır.

Moos ve Quarvain (1948), kayaç kütlelerini porozite yüzdelere göre aşağıdaki şekilde ayırmaktadır.

Çizelge 3.2. Kayaçların gözeneklik (porozite) yüzdelere göre sınıflaması, (Gillot, 1968)

| POROZİTE % | SINIFLAMA |
|------------|--------------------|
| 1 | Çok kompakt |
| 1-2,5 | Az boşluklu |
| 2,5-5 | Orta boşluklu |
| 5-10 | Oldukça boşluklu |
| 10-20 | Çok boşluklu |
| 20 | Çok fazla boşluklu |

Kayaçların içinde, bilhassa erime ile, boşluklar arttıkça ve boşluklar büyüdükçe taşın bazı kısımları kemer ve kiriş gibi çalışır. Dolayısıyla dirençleri, açıklıklara ve boşluklara göre az, ya da çok olur. Diğer taraftan taşların porozitesi artarsa, hafifler; inşaatta kullanınca ölü yükler az olur; bazen ısı ses geçirmezliği de sağlanabilir.

Kayaçların yukarda açıklanan fiziksel özellikleri, aşağıda verilen bir örnekle açıklanmıştır.

Bir baraj temelinden alınan kayaç numunesi, doğal haldeki toplam ağırlığı 420 gr. olarak bulunmuştur. Numune etüvde, 105°C ısıda, 24 saat bırakıldıktan sonra çıkarılmış ve tartılmış; ağırlığının 400 gr olduğu saptanmıştır. Numune çok ince bir parafin tabakayla sıvanıp, suya batırılmış ve hacminin 200 cm³ olduğu bulunmuştur. Bu numuneden 40 gr. alınmış, iyice dövölmüş, ufak parçacıklar içinde hava kalmamasına dikkat edilerek vakumda havası alınarak, piknometreye konmuştur.

Piknometre ile su 405 gr gelirken; piknometre, su ve numune tartıldığında 430,2 gr. bulunmuştur. Bu durumda kayacın doğal su içeriği, doğal birim hacim ağırlığı ve porozitesi şöyle hesaplanır. Piknometre deneyinden:

$$G_s = \frac{W_s}{W_s + W_1 - W_2} = \frac{40.0}{40.0 + 405.0 - 430.20} = \frac{40}{14.8} = 2.70$$

$\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w = 270 \text{ gr/cm}^3$ olarak bulunur. (not: Suyun yoğunluğu $\gamma_w = 1$ alınmıştır.

Anlaşılmayı kolaylaştırmak amacı ile fiziksel özellikler arasındaki bağıntıları bir prizma üzerinde göstere biliriz. Prizmanın toplam hacminin 1 cm^3 olduğu kabul edilip ve hesap yolu basitleştirilip: Toplam hacim = 1 cm^3 ise,

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_b}{V_T} = \frac{V_b}{1} \\ n &= V_b \text{ cm}^3 \\ 1 - n &= V_s \end{aligned} \quad (3.13)$$

olur.

Numunenin toplam ağırlığı = $W_T = 420 \text{ gr}$.

Numunenin kuru ağırlığı = $W_K = 400 \text{ gr}$.

Numunenin içindeki su = $W_w = 20 \text{ gr}$.

$$\omega = \text{su içeriği} = \frac{W_w}{W_k} = \frac{20}{400} = 0.05$$

Numunenin doğal birim hacim ağırlığı

$$\gamma_n = \frac{W_T}{V_T} = \frac{420}{200} = 2.1 \text{ gr/cm}^3 \quad (3.14)$$

Basitleştirilmiş şekildeki prizmaya göre:

$$\gamma_n = 2.1 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_s = 2.70$$

$$\omega = 0.05$$

olarak bulunduğuna göre

$$\gamma_n = \frac{W_T}{V_T} = \frac{(1-n)\gamma_s + (1-n)\gamma_s\omega}{1.0} = \gamma_s(1-n)(1+\omega) \cdot 2.1 = 2.70(1-n)(1+0.05)$$

$$1-n = \frac{2.1}{2.70(1+0.05)} = 0.740$$

$$n = 0.26 = 26\%$$

porozite %26 dır.

$$\text{Boşluk oranı, } e = \frac{n}{1-n} = \frac{0,26}{1-0,26} = \frac{0,260}{0,740} = 0,35 = 35\%$$

dir. Bu rakamlara göre, araştırılan numune çok fazla boşluklu bir kayaç demektir.

3.2.3.6. Doygunluk derecesi (S)

Doğal halde, süreksizlikleri ve boşlukları bulunan bir kayacın içindeki su hacminin, boşlukların hacmine oranı “Doygunluk Derecesi” olarak tanımlanır. Bu deyim çoğunlukla (S) ile gösterilir ve yüzde olarak ifade edilir. Laboratuarda kuru ağırlık tayini yapıldıktan sonra numune 24 saat su içinde bekletilir. Bu süre içinde taş numunesi alabileceği kadar su almış olur. Ve suya doygun hale gelir.

$$S = \frac{W_w}{V_b} \times 100 \quad (3.15)$$

Ayrık tortul kayaçlardan kil ve siltlerin doygunluk dereceleri sıkılaştırma (kompaksiyon) işlerinde önemli olup, bir kontrol ölçütü olarak kullanılmaktadır. Su içeriğinin önemli olduğu mühendislik problemlerinde ve baraj temellerinde, kayaçların doygunluk derecesi önem kazanır.

3.2.3.7 Su emme

Bir kayaç suya batırılacak olursa içerisindeki boşluklar yani poroziteleri oranında belli bir müddet içinde ve sıcaklıkla su ile dolar fakat bazen numune içerde kalan hava boşluklarının birbirleriyle bağlantılı olmaması nedeniyle ve killerdeki şişme, suyun girmesine engel olabilir.

Su emme şöyle hesaplanır:

- Kayaç numunesi 105°C derecede 24 saat süreyle kurutulur; Tartılır ve kuru ağırlık, W_k bulunur.
- 24 ya da 48 saat suda bırakılıp su emdirilir. Numune suya doymun hale gelir. Ve havada tartılır. W_{dh}
- Numune suya doymun halde arşimet terazisinde tartılır. W_{ds} suda suya doymun ağırlığı ölçülür.
- $W_{dh} - W_{ds} =$ Numunenin toplam hacmidir.
- Ağırlık yüzdesi olarak su hesaplanır, ağırlıkça su emme (S_a):

$$S_a = \frac{W_{dh} - W_k}{W_k} 100 \quad (3.16)$$

Hacimce su emme (S_v) :

$$S_v = \frac{W_{dh} - W_k}{W_{dh} - W_{ds}} \quad (3.17)$$

Hacimce su emme oranının hesaplanmasında taş numunesinin toplam hacmi esas alınmıştır. Bu hesaplama ASTM C97 (1990)'ye göre yapılmıştır.

Amerika da yapılan deneylere göre: Bir yıl suda bırakılmış doğu Amerika granitlerinin ortalama doymunluk derecesi :%66, Batı Amerika granitlerin ise %44 dür. Su emme miktarı, mekanik özellikleri etki bakımından iri taneli ayrık kayaçlarda pek fazla önemli olmamakla beraber, şiltli hatta kumlu kayaçlarda çok önemlidir. Yukarıda açıklandığı gibi su emen kayaçların hacimleri az ya da çok artar. Ve bunun

sonucu ek gerilmeler meydana gelir. Bu özellik, tünel ve kazılarda yapılacak destekleme ve kaplamalarda dikkate alınmalıdır. Hacim artması ayrıca tünel içinde kesit küçülmelerine (konverjans) de etki yapar. Kayaçlar, emilen suyu verdikçe, hacimlerinde bir küçülme olur; çatlaklar istenmeyen deformasyonlar meydana gelir. Yol ve hava meydanlarında zemindeki kayaçların su alıp vermesi daha çok zararlıdır. Bunları önlemek için zeminin suyu çekmesine engel olmak, araya irice taneli blokaj yapıp ve kum serip gerekli drenaj sağlamak önerilir. Kazılarda da aynı olayların oluşabileceği akıldan çıkarılmamalıdır.

3.2.3.8 Sertlik

Minerallerin sertliği maden mühendisliği açısından galeri açımında, yerüstü ve yeraltı madenciliğinde büyük önem taşımaktadır. Ayrıca yapıtaşları ve mermerleri oluşturan minerallerin sertlikleri onların işlenebilmesi açısından da çok önemlidir. Sertliği yüksek olan mineraller, elmas ve diğer kesicilerin kısa zamanda aşınmasına neden olmaktadır. Süs taşlarında sertlik, onların dış etkenlerden etkilenmesi ve ayrışmaları açısından son derece etkilidir. Çizelge 3.3' de Mohs sertlik cetveli gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Mohs Sertlik Cetveli

| Sertlik Derecesi | Mineral | Kimyasal Bileşim |
|------------------|----------|--------------------------|
| 1 | Talk | $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ |
| 2 | Jips | $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ |
| 3 | Kalsit | $CaCO_3$ |
| 4 | Fluorit | CaF_2 |
| 5 | Apatit | $Ca(PO_4)_3 (Cl, F, OH)$ |
| 6 | Ortoklas | $CaAl_2Si_2O_8$ |
| 7 | Kuvars | SiO_2 |
| 8 | Topaz | $Al_2SiO_4(F, OH)_2$ |
| 9 | Korondum | Al_2O_3 |
| 10 | Elmas | C |

Bir mineralin sertliği, onun şeklini korumak için dışarıdan gelen aşındırıcı etkilere karşı gösterdiği dirençtir. Bir bakıma sertlik denilince maddenin kohezyonluk derecesi hatıra gelir. Minerallerde kristalografik yönlere bağlı olarak sertlik

değişebilir. Kyanitin c kristalografik eksene paralel yönde sertliği 4.5, b kristalografik yönde ise sertliği 6.5'dur. Grafitte ise bazis (c kristalografik eksenine kesen yüzey) yönde sertliği 1, buna dik yönde ise neredeyse elmasın sertliğine yakındır. Sertliği Denetleyen Faktörler şunlardır;

Minerali şekillendiren atom veya iyonların boyutları küçüldükçe sertlik artmaktadır. Örneğin kalsitte, Ca'un iyonik boyutu 1.0 Å, manyezitte Mg'un iyonik boyutu 0.57 Å olup, dolayısıyla manyezitin sertliği 4.5, kalsitin ise 3'dür.

Mineraldeki iyonların valansları arttıkça sertlik de artmaktadır. Nitratit (NaNO_3) mineralinde Na^{+1} valanslı olup sertliği 2'dür. Kalsit Ca^{+2} değerlikli olup, sertliği 3'dür.

Mineralin paketlenme indeksi arttıkça sertliği de o ölçüde artmaktadır. Kalsitin yoğunluğu 2.71 gr/cm³, aragonitin yoğunluğu ise 2.93 gr/cm³ olup kalsitin sertliği 3, aragonitin sertliği ise 4,2 dir.

- Yukarıdaki çizelgede tırnak, sertliği 2,5'a kadar olan mineralleri, bıçak ve cam ise sertliği 5,5'a kadar olan mineralleri çizebilmektedir.
- Bu ölçülere göre jips ve talk mineralleri tırnak tarafından kolayca çizilmektedir.
- Kalsit, fluorit ve apatit mineralleri ise çakı tarafından çizilebilmekte olup, buna karşılık kuvars çakı ve çekiç tarafından çizilememektedir.
- Yine, yukarıdaki çizelgede yer alan minerallerden, her mineral kendisinden önceki minerali rahatça çizebilmektedir.

3.2.4. Kayaçların mekanik özellikleri

Kayaçların mekanik özellikleri olarak tek eksenli basma dayanımı, eğilme mukavemeti ile sürtünme aşınmasına karşı dirençleri öncelikle ölçülmelidir. Tek eksenli basma mukavemeti donma sonucunda da bulunmalı ve standart değerlerle karşılaştırılmalıdır. Doğal yapı taşlarında standartlara göre olması gereken minimum basınç değerleri, taşların cinslerine göre Çizelge 3.4'de verilmiştir.

3.2.4.1. Basınç dayanımı

Doğal yapı taşları üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyi TS 699' da açıklanan şekilde yapılır. Deneyde 5 tane numune kullanılır. Bu numuneler küp veya çapı yükselliğine eşit silindir biçiminde olabilir. Küplerin kenar boyutları ile silindirlerin çap ve yükseklikleri en az 50 mm olmalıdır. Numuneler olabildiği kadar yontulmamış bloklardan taş testeresi ile kesilerek çıkarılmış bulunmalıdır. Bulunacak değerler Çizelge 3.4' deki standart değerlere uygun olmalıdır (TSE 699, 1987).

Dona dayanıklılık deneyi TS 699' göre 5 adet numune üzerinde yapılır. Don deneyi yapıldığında bulunacak ağırlık azalması %5 den fazla olmamalıdır. Don deneyinde taş numuneler derin dondurucuda 4 saat -15 °C da bekletilir. Sonra +20 °C su sıcaklığında 2 saat suda bekletilir. Bu şekilde 24 defa dondurma-çözdürme testi yapılmalıdır.

Çizelge 3.4. Doğal yapı taşlarında minimum basınç ve eğilme dayanımı değerleri

| TAŞIN CİNSİ | BASINÇ DAYANIMI (min) kg/cm ² | EĞİLME DAYANIMI (min) kg/cm ² |
|--|--|--|
| Kalker, traverten, kireç bağlayıcılı kumtaşı | 350 | 30 |
| Yoğun kalker, dolomit, bazalt | 500 | 40 |
| Silis bağlayıcılı kumtaşı, Grovak | 800 | 60 |
| Granit, siyenit, diorit, diyabaz, andezit | 1200 | 75 |
| Diğer tortul ve metamorfik taşlar | 500 | 50 |
| Diğer püskürük taşlar | 1400 | 80 |

3.2.4.2 Eğilmede çekme dayanımı

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki levha ve/veya plakaların eğilme kuvvetlerine karşı gösterdiği direnç değerleridir. Doğal taşlarda olması gereken bu değerler Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Plaka olarak mermerlerin kullanımında eğilme dayanımı son derece önemli bir parametredir. Çünkü plaka kalınlığı, plakanın destek noktaları arasındaki mesafe ile mermerin eğilme dayanımından tayin edilebilmektedir. Eğilme deneyinde kullanılan cihazlar şunlardır;

- Kesici cihaz (Taş kesme testeresi):Deney numunelerinin ıslak kesilmesine elverişli,
- Aşındırıcı cihaz: Deney numunelerinin yüzeylerinin düzlem olacak şekilde ıslak yöntemle aşındırılmasına elverişli,
- Kumпас: Kolları eğilme mukavemeti deney numunelerinin en büyük boyutunu ölçebilecek uzunlukta ve 0,1 mm duyarlıkta,
- Eğilme deneyi presi: Yeterli kapasitede, uygulanan yükün en az %1’i kadar hassasiyete ve eğilme düzeneğine sahip,
- Eğilme deney teçhizatı: Uzunlukları en az numunesine temas edecek kısmı yuvarlatılmış iki çelik ve bir yükleme parçasından oluşan düzenek.

Eğilme deneylerinin en yaygın olanı üç nokta deneyidir. Eğilme dayanımının belirlenmesi için, yukarıdaki cihazlar kullanılarak mermer bloklardan tabakalaşma (şistozite düzlemlerine)yönü dikkate alınarak 50 mm x 100 mm x 200 mm boyutlarında numunelerden en az 5 adet hazırlanmaktadır. Eğilmede Çekme Dayanımı deneyinin yapılışı şöyledir;

Deney numuneleri Şekil 3.3’de görülen deney düzeneğindeki gibi, mesnetler arasındaki açıklık 180 mm olacak şekilde, deney presi tablaları arasına, yükleme ortadan uygulanabilecek biçimde yerleştirilir. Deney numunesi üzerine yaklaşık 5 kg’lık bir yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi sağlanır. Sonrada yük artışı dakikada 450 kg geçmeyecek şekilde artırılarak, kırılma anındaki yük değeri

kaydedilir ve yükleme yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin oluştuğu noktada ölçülür. Bulunan sonuç aşağıdaki eşitlikte yerine konularak dikdörtgen kesitli plaka için eğilme dayanım değeri hesaplanır:

$$\sigma_{eğ} = \frac{3P.L}{2b.h^2} \quad (3.18)$$

Burada;

$\sigma_{eğ}$:Mermerin eğilme dayanımı, kg/cm²

P: Kırılmaya neden olan en büyük yük, kg

L: Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, cm

b: Deney numunesinin genişliği, cm

h: Deney numunesinin kalınlığı, cm

Dairesel kesitli Şekil 3.4'deki kiriş için;

$$\sigma_{eğ} = \frac{8P.L}{\pi d^3} \quad (3.19)$$

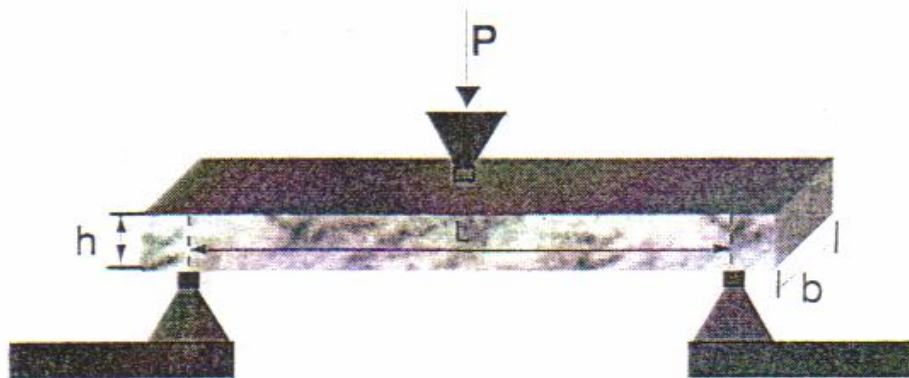
Burada;

$\sigma_{eğ}$:Mermerin eğilme dayanımı, kg/cm²

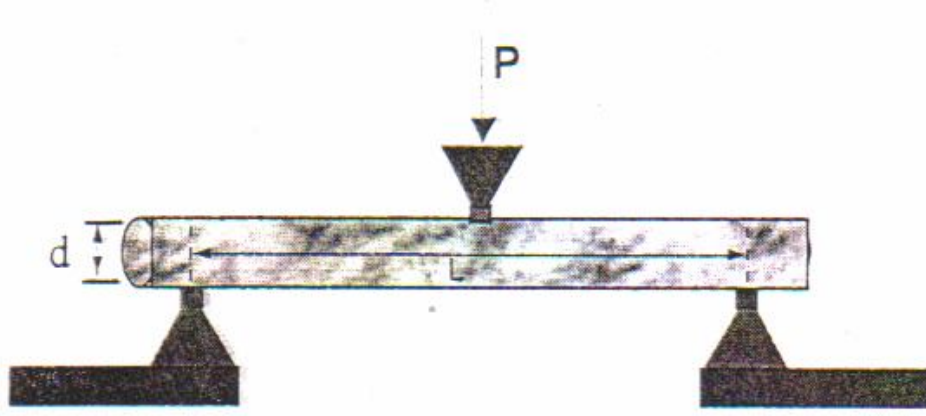
P: Kırılmaya neden olan en büyük yük, kg

L: Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, cm

d: Deney numunesinin çapı, cm



Şekil 3.3. Dikdörtgen kesitli plaka için eğilme dayanımı deney düzeneği



Şekil 3.4 Dairesel kesitli kiriş için eğilme dayanımı deney düzeneği

3.2.4.3 Sürtünmeden dolayı aşınma kaybı (Böhme metodu)

Deney TS 699' a göre yapılır. Döner bir aşındırma diski ile deney numunesinin yerleştirildiği ve numuneyi dönen disk üzerine belirli bir basınç ile bastırarak donanımdan oluşur. Bu deney iki şekilde yapılır. Boy kısaltmalarının ölçülmesi ile hacim azalmasının hesaplanması ile bulunur. Bej mermer örnekleri üzerinde boy kısaltmalarının ölçümü metodu kullanılmıştır. $3,9 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ bulunmuştur. Deneyin yapılması aşağıda açıklanmıştır.

Disk 75 cm. çapındadır. 30 devir/dakika hızla döner. Her 22 devirde durdurulur. Diskin üzerinde 20 cm genişliğinde sürtünme şeridi bulunur. Bu sürtünme şeridi standart bir dökme demirden yapılmıştır. Cihaz üzerinde çerçeve şeklinde bir numune tutucu bulunur. Kısa kolunda karşıt bir kütle bulunan kaldıraç manivela deney numunesine 30 kg kadar numune alanına dik düşey bir yük etki ettirir. Numunenin kalınlığını 0.01 mm duyarlıkla, ölçen bir mikrometre ile ölçülür. Aşındırıcı olarak Zımpara tozu kullanılır. Kimyasal bileşimi Korund (Kristalize Al_2O_3)'dür. İçinde %5 den az SiO_2 , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}$ oranları %2 den fazla olmamalıdır. Fe_2O_3 eser miktarda bulunmalıdır.

Deney Numuneleri: 5 adet kenar uzunlukları 7 cm olan küpler (71 mm), yüzey alanı 50 cm^2 olacak şekilde hazırlanır. Sürtülecek yüzeyler birbirlerine paralel olmalıdır.

Aşınma kaybı kalınlıktaki azalmanın ölçülmesi yoluyla tayin edilmek istendiğinde 9 yerdeki kalınlık 0.01 mm hassasiyetle ölçülerek kaydedilir (d_0).

Deneyde kurutulmuş numuneler kullanılır.

Sürtünme şeridi üzerine 20 gr kadar zımpara tozu serpilir. Her 22 devirde disk durur. Numune 90° çevrilir, tekrar 20 gr zımpara tozu konur, böylece aynı eksen etrafındaki dört adet yüzde sürtünme deneyi uygulanır. 20 aşındırma periyodu (yani her yüzde 5 sefer) toplam 440 devir uygulanır. Sürtünme ile oluşan azalmış kalınlıklar tekrardan ölçülür. Deney numunesinin deneyden sonraki kalınlığı da bulunur.

Sonuçlar kalınlık cinsinden,

$$d = d_0 - d_1 \quad (3.20)$$

Veya, hacim azalması cinsinden bulunur.

$$\Delta V = (d_0 - d_1) 50 \text{ (cm}^3 \text{ / } 50 \text{ cm}^2) \quad (3.21)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Isparta ve Nevşehir Yöresi Volkanik taşlarının yukarıda bahsi geçen TS-699, TS EN 1467 ve TS EN 1469, 1910, 2513, 10449 ve TS 10449/T1 standartlarına göre Süleyman Demirel Üniversitesi Maden İşletme Laboratuvarlarında yapılan deney ve bulguları aşağıda verilmiştir. Bu deneyler aşağıdaki Avrupa standartlarına da uyumludur;

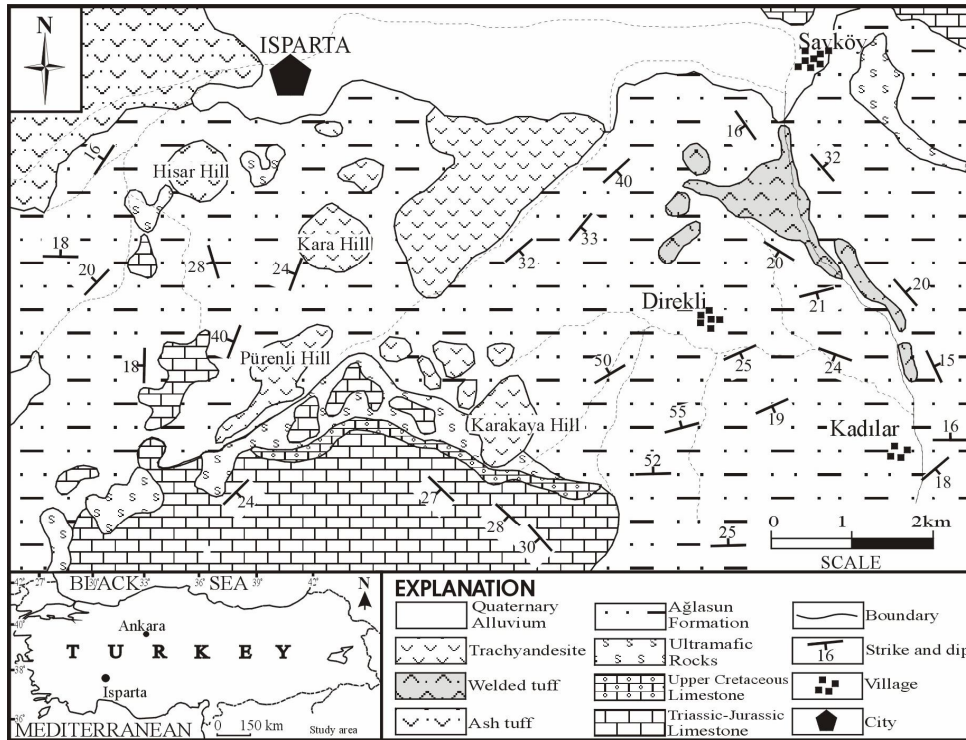
- European Standard EN 1342: Standard for natural facing (External Cladding) stones
- EN 1343: Kerbs of natural Stone for external paving
- European Standard EN 1936 Natural stone test methods – Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity
- European Standard EN 1925 Determination of water absorption.
- European Standard EN 1926 Determination of compressive strength.
- European Standard EN 12371 Determination of frost resistance
- European Standard EN 12372 Determination of flexural strength
- European Standard EN 12407 Petrographic examination
- European Standard EN 14146 Determination of the dynamic modulus of elasticity by P-wave velocity
- Deutsche Norm DIN 52 104 Testing of natural stone Freeze-thaw cyclic test.
- Astm Designation C 97-99 The American Society for testing and Materials. Determination of natural stone properties.

Bunun yanında doğal taşların fiziksel ve petrografik özellikleri ile dayanımları arasındaki ilişkiler daha önce Price (1960), Brace, (1961) ile Smorodinov vd., (1970) tarafından incelenmiştir. Yamaguchi (1970) senesinde yaptığı istatistiksel çalışmada kayaçların özelliklerini belirlemede ne kadar numune gerektiği konusunu açıklamış ve laboratuvar deneylerinde gerekli olan en az sayıdaki örnek adedini belirlemiştir. Yapılan fiziko-mekanik deneyler bu bilgiler ışığında yürütülmüştür.

Kayaçların oluşumlarına göre ısı iletkenlikleri Clauser ile Huenges (1995) tarafından teoride Incropera, Dewitt (1990) tarafından detaylı olarak anlatılmıştır (Özkahraman ve Bolattürk, 2003). Özkahraman ve Işık, (2004), P-Dalgası hızı yardımıyla taşların ısı iletkenliği tayini konusunda araştırma yapmışlar ve sonuçlarını Madencilik Bülteni, Mermer özel sayısında açıklamışlardır.

4.1. Isparta Yöresi Kaynaklanmış Tüfler

Kaynaklanmış tüfler, Isparta'nın güney doğusunda Isparta çayı boyunca ve yine güneyinde dere mahallesinde mostra vermektedir. Bunlar günümüzden yaklaşık olarak beş milyon sene önce aktivite göstermiş olan gölcük volkanizmasının ürünüdür. Kaynaklanmış tüfler yörede Köyke taşı olarak anılmaktadır (Bilgin ve Sargin, 2003). Kaynaklanmış tüfler porfiritik dokuda olup fenokristalleri, sanidin, oligoklaz, piroksen, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır.



Şekil 4.1. Isparta yöresinin jeolojik haritası, (Bilgin ve Sargin, 2003)



Şekil 4.2. Cami inşaatında kullanılan kaynaklanmış tüf ve andezitler, sarı renkli kısımlar kaynaklanmış tüf, açık yeşil bölgeler traki-andezitle kaplanmıştır

Kaynaklanmış tüflerin içerisinde %15 oranında zeolitler yer almaktadır. Zeolitlerin kation değiştirme özellikleri nedeniyle, yapı taşı olarak kullanıldıklarında binanın nem içeriğini düzenlemektedir (Bilgin vd., 1990). Köyke taşından yapılmış cami, kilise ve antik binalar aradan bin-bin beş yüz yıl gibi bir süre geçmesine rağmen duraylılığını korumuştur. Nedeni araştırılmış, Köyke taşlarının doğal, kurutulmuş ve uzun süre (bir iki yıl) bekletilmiş olanlarının mukavemetleri ile yoğunluk ve gözenekliliği ölçülmüş bunların geçen süre içerisinde dayanımlarının giderek arttığı gözlenmiştir. Gözeneklerinin %40 civarında olması, ısı yalıtımı açısından %90 lara varan ısı tasarrufu sağlamıştır. Isparta gibi kışları sert ve uzun geçen yörelerde, bu taştan yapılan binalarda, yakıt tasarrufu önemlidir. Ayrıca kaplama taşı olarak kullanıldığında estetik açıdan binaların güzelliğini arttırmaktadır (Özkahraman ve Işık, 2003).

Mühendislik özellikleri ile ilgili olarak kaynaklanmış tüflerin 65-120 kg/cm² basınç dayanımına sahip olup, ocaktan çıkartıldıktan sonra geçen süreye bağlı olarak

zamanla basınç dayanımı artmaktadır. Yine bu taşlar dış kaplama olarak kullanıldığında estetik açıdan binanın güzelliğini arttırmaktadır. Nitekim Isparta ve yöresindeki tarihi binalarda (cami, kilise, okul ve hükümet binası) bu taşlar yaygın bir şekilde kullanılmışlar ve uzun süreli bir dayanıklılık sergilemişlerdir. (Bilgin ve Sargın, 2003)

Kaynaklanmış tüflerin ısı geçirgenlik katsayısı, gözeneklerinin suyla kısmen veya tamamen dolu olması haline göre 0,2 ile 0,4 W/m.K arasında değişim göstermektedir (Özkahraman ve Bolattürk, 2003).

Fiziko-Mekanik Özellikleri belirlenmiş ve Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir. Kimyasal özellikleri ise Çizelge 4.2. ' de gösterilmiştir.

4.1.1. Tüflerin fiziko-mekanik özellikleri

Kaynaklanmış Tüf volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 40 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.1). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.1. Kaynaklanmış tüflerin fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|---|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 2 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 18 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,4 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,38 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda Ağırlıkça su emme | (%) | 20 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda Hacimce su emme | (%) | 28 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 40 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 60-120* | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 55 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 2300 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | (%) | 5 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (kg/cm ²) | %4-23** | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 1,5 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 16,7 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | W/m.K | 0,2 – 0,4 | 2 | ± 5 |

* Doğal taşın mukavemeti 60 kg/cm², Kuru numunenin 120 kg/cm²'dir.

**Köykenin yaş ve kuruluk derecesine göre değişmektedir.

4.1.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Açık sarı renkte olan Isparta yöresi kaynaklanmış tüfleri mikroskop altında incelendiğinde porfiritik dokulu olduğu görülmektedir. Kayaç içerisinde, ani soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir.

4.1.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.1.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Kaynaklanmış Tüf'ün TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,4 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,38 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.1.3.2. Görünür porozite

Yapılan deneyler sonucunda Kaynaklanmış Tüf'ün görünür porozite (gözeneklilik) oranı % 40 olarak bulunmuştur. Gözenekler arasında herhangi bir bağlantı olmadığı görülmüştür.

4.1.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar.

Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Kaynaklanmış Tüf'ün ağırlıkça su emmesi % 20 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 28 olarak tespit edilmiştir.

4.1.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. T.S. 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Kaynaklanmış Tüf'ün don sonrası kütle azalması standart değer olan %5'den az olduğu için standarda uygundur.

4.1.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Kaynaklanmış Tüf'ün basınç dayanımı ise 60-120 kg/cm²' dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir.

4.1.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Kaynaklanmış Tüf'ün eğilmede çekme dayanımı 55 kg/cm^2 ' dir.

4.1.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Kaynaklanmış Tüf'ün sürtünmeden dolayı aşınma kaybı $16,7 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur.

4.1.3.8. Isı yalıtımı

Kaynaklanmış Tüf, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar.

Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,2-0,4 \text{ W/m.K}$ arası değerlerdedir.

Çizelge 4.2. Kaynaklanmış tüflerin kimyasal özellikleri, (Selçuk, 1992)

| Kimyasal İçerik | (%) |
|-------------------------|-------|
| Al_2O_3 | 16,01 |
| CaO | 4,41 |
| Cr_2O_3 | - |
| Fe_2O_3 | 2,95 |
| K_2O | 5,2 |
| MgO | 1,13 |
| Na_2O | 1,67 |
| SO_3 | - |
| TiO_2 | - |
| SiO_2 | 58,31 |
| Ateş ziyatı | 7,65 |

4.2. Isparta Andeziti

Genellikle feldspat minerallerinden plajioklas (Andezitin cinsi), biotit, amfibol ve az oranda piroksen ile K-Feldspattan oluşan bir mineral içeriğine sahiptir. Doğada kırmızı, gri, siyah, yeşil gibi çeşitli renklerin tonlarında gözlenir. Hipokristalin doku sunduklarından yukarıdaki renklerin oluşturduğu bir matriks içinde plajioklaslardan kaynaklanan beyaz beneklerin oluşturduğu bir görüntü sunarlar.

Isparta bölgesinde çıkartılan andezitler ise sökme, delme-patlatma yöntemiyle moloz olarak çıkartılmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Isparta Andezit ocağından bir görünüm

4.2.1. Isparta andezitinin fiziko-mekanik özellikleri

Isparta Andeziti volkanik bir kayaç olup, düşük düzeyde % 4,86 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.3). Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımından ziyade döşeme taşı olarak kullanılabilir. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Ancak dış cephe kaplamada kullanıldığında gözenekli olan kayaçlara göre çok daha az enerji tasarrufu sağlayacaktır. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.3. Isparta andezitinin fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|---------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 33 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 2,35 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,62 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda Ağırlıkça su emme | (%) | 0,98 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda Hacimce su emme | (%) | 2,3 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 4,86 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 500-700 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 163 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 4860 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 0,04 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 23,7 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,9 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 18,1 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 2,2* | 2 | ± 5 |

Not: *Andezitin ısı geçirgenlik katsayısı, gözeneklerinin düşük olması haline göre 2,2 W/m.K olarak bulunmuştur (Özkahraman ve Bolattürk, 2003).

4.2.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Isparta andeziti koyu yeşil renkli olup mikrolitik camsı bir hamur içinde yer alan plajioloklas, amfibol, biyotit, K - feldispat ve opak mineral fenokristalleri ile porfiritik bir doku gösterdikleri gözlenmiştir.

4.2.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.2.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

TS EN 2513'e göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 2.35 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2.62 gr/cm³ olarak belirlenmiştir. TS 2513'e göre traverten dışında yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda özgül ağırlığın 2.55 gr/cm³' ün üzerinde olması istenmekte olup Isparta andeziti bu standarda uymaktadır.

4.2.3.2. Görünür porozite

Isparta Andezitinin görünür porozite oranı %4.86 olarak belirlenmiştir. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik (porozite) oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Diğer taraftan, iyi kalitede olan doğal taşlarda gözeneklilik derecesi %0,0002 ile %0,5 arasında değişmektedir.

4.2.3.3. Su İçeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. TS 1910' a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlarda atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği %7,5'den, hacimce su emme yeteneği %12'den az olmalıdır. Isparta Andezitinin ağırlıkça su emmesi % 0,98 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 2,3 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, su içeriği- su emme özellikleri itibariyle Isparta Andezitinin TS 1910' a uygunluğunu göstermektedir.

4.2.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılacaklarda don sonu basınç dayanımında meydana gelen azalma %5 ve don sonu kütle kaybı %1'den küçük olmalıdır. TS 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Isparta Andezitinin don sonrası kütle azalması %0,9, basınç dayanımındaki düşüş %23,7 olarak belirlenmiştir. Don sonrası kütle ve basınç dayanım değişim değerleri göz önüne alındığında, Isparta Andezitinin kütle azalması yönüyle TS 1910'a uygundur.

4.2.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. T.S 2513'e göre basınç dayanımının kaplama malzemesi olarak kullanılacaklarda en az 350 kg/cm², yapı malzemesi olarak kullanılacaklarda en az 500 kg/cm² olması istenmektedir. Isparta Andezitinin basınç dayanımı ise 500-700 kg/cm² arasında ölçülmüştür. Deneyler için 50mm*50mm*50mm' lik küp şeklindeki numuneler kullanılmıştır.

4.2.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Isparta Andeziti'nin eğilmede çekme dayanımı 163 kg/cm²' dir.

4.2.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Isparta Andeziti'nin sürtünmeden dolayı aşınma 18,1 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.2.3.8. Isı yalıtımı

Isparta Andeziti, diğer volkanik kayalara nazaran çok daha fazla ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda diğer gözenekli volkanik taşlara göre daha az ısı tasarrufu sağlar. Isı geçirgenlik değeri, $k = 2,2 \text{ W/m.K}$

Çizelge 4.4. Isparta Andezitinin Kimyasal Özellikleri, (Selçuk, 1992)

| Kimyasal İçerik | (%) |
|--------------------------------|--------|
| Al ₂ O ₃ | 15,515 |
| CaO | 2,901 |
| Cr ₂ O ₃ | - |
| Fe ₂ O ₃ | 3,658 |
| K ₂ O | 5,212 |
| MgO | 1,21 |
| Na ₂ O | 4,012 |
| SO ₃ | - |
| TiO ₂ | 0,57 |
| P ₂ O ₅ | 0,37 |
| SiO ₂ | 63,086 |
| Ateş ziyatı | 5,50 |

Silisyum dioksit %63 ile alüminyum oksit değerleri %15 diğer kayalardan yüksektir.

4.3. Nevşehir Erciyes Karası

Nevşehir yöresi taşlarından olan Erciyes Karası gözenekli oluşu, kolay kesilip şekil alma özelliklerinden dolayı çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Erciyes Karası test numunesi

4.3.1. Erciyes karası'nın fiziko-mekanik özellikleri

Erciyes Karası volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 51,1 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.5). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.5. Erciyes karası'nın fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 2-3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 19 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,2 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,453 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda Ağırlıkça su emme | (%) | 31,3 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda Hacimce su emme | (%) | 37,56 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 51,1 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 65-110) | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 50 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 2000-2500 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 4,1 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 3,95 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,55 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 89,3 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,3 | 2 | ± 5 |

4.3.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Koyu siyah renkte olan Erciyes Karası mikroskop altında incelendiğinde porfirik dokuya sahip olduğu görülmektedir. Kayaç içerisinde ani soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkat çekmektedir.

4.3.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.3.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Erciyes Karası'nın TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,2 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,453 gr/cm³' olarak belirlenmiştir.

4.3.3.2. Görünür porozite

Erciyes Karası'nın görünür porozite oranı % 37,56 dır. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik (porozite) oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Diğer taraftan, iyi kalitede olan doğal taşlarda gözeneklilik derecesi %0.0002 ile %0.5 arasında değişmektedir. Dolayısıyla mevcut standartlar volkanik kayaçların standardizasyonu için yetersiz kalmaktadır.

4.3.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar.

Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Erciyes Karası'nın ağırlıkça su emmesi % 31,3 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 37,56 olarak tespit edilmiştir.

4.3.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. T.S. 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Erciyes Karası'nın don sonrası kütle azalması % 0,55 basınç dayanımındaki düşüş % 3,95 olarak belirlenmiştir, bu değer standart değer olan %5'den az olduğu için standarda uygundur.

4.3.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Erciyes Karası'nın basınç dayanımı ise 56-110 kg/cm²' dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir.

4.3.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Erciyes Karası'nın eğilmede çekme dayanımı 50 kg/cm²' dir.

4.3.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Erciyes Karası'nın sürtünmeden dolayı aşınma kaybı 89,3 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.3.3.8. Isı yalıtımı

Erciyes Karası, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar.

Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,3 \text{ W/m.K}$

4.4. Nevşehir Beyaz Sarısı

Nevşehir yöresi taşlarından olan Beyaz Sarısı porfiritik dokuda olup, kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Nevşehir Beyaz Sarısı test numunesi

4.4.1. Nevşehir beyaz sarı'nın fiziko-mekanik özellikleri

Sarı Beyaz volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 46,5 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.6). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini artırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.6. Nevşehir Beyaz Sarı'nın fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 2-3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 7 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,371 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,56 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda ağırlıkça su emme | (%) | 20 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda hacimce su emme | (%) | 27,42 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 46,5 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 50-60 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 40 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 1900-2100 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 6 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 5,0 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,77 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 49,8 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,39 | 2 | ± 5 |

4.4.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Dokusu porfiritik dokulu olup, porfiritik dokuyu oluşturan fenokristallerden feldspatlar ayrışarak kaolinleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Bu fenokristalleri kuşatan sarı beyaz renkli matris ise amorf malzemedir oluşmaktadır. Kayaç içersinden soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir.

4.4.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.4.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Sarı Beyaz'ın TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,371 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,56 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.4.3.2. Görünür porozite

Sarı Beyaz'ın görünür porozite oranı % 27,42 dir. Gözenekliliğin bu derece yüksek olması ısı yalıtımı amacıyla yapı sektöründe kullanılmasını sağlar. Ancak günümüzdeki doğal taş standartları bu taşların standardizasyonunda yetersiz kalmaktadır.

4.4.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Sarı Beyaz'ın ağırlıkça su emmesi % 20 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 27,42 olarak tespit edilmiştir.

4.4.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. T.S. 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Sarı Beyaz'ın don sonrası kütle azalması % 0,77 basınç dayanımındaki düşüş % 5 olarak belirlenmiştir. Standart değere eşittir.

4.4.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Sarı Beyaz'ın basınç dayanımı ise 50-60 kg/cm² dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir. Deney numunesi olarak 50mm*50mm*50mm' lik kübik taşlar kullanılmıştır.

4.4.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Sarı Beyaz'ın eğilmede çekme dayanımı 40 kg/cm²' dir.

4.4.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Nevşehir Beyaz Sarısı'nın sürtünmeden dolayı aşınma kaybı 49,8 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.4.3.8. Isı yalıtımı

Sarı Beyaz, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar.

Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,39 \text{ W/m.K}$

4.5. Nevşehir Göreme Kayası

Nevşehir yöresi taşlarından olan Göreme Kayası porfiritik dokuda olup, bünyelerinde % 15 oranında zeolitler yer almaktadır. Kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.6. Göreme Kayası test numunesi

4.5.1. Göreme kayası'nın fiziko-mekanik özellikleri

Göreme Kayası volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 45 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.7). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini artırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.7. Göreme kayası'nın fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|---|---------------------------------------|-------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 12 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,42 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,58 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda Ağırlıkça su emme | (%) | 17, | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda Hacimce su emme | (%) | 24,14 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 45 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 102 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 72 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 2400 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 4,2 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 4,09 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,5 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 38 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,37 | 2 | ± 5 |

4.5.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Dokusu porfiritik dokulu olup, porfiritik dokuyu oluşturan fenokristallerden feldspatlar ayrılarak kaolinleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Bu fenokristalleri kuşatan sarı renkli matris ise amorf malzemedir oluşmaktadır. Kayaç içersinden soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir. Açık renklidir.

4.5.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.5.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Göreme Kayası'nın TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,42 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,58 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.5.3.2. Görünür porozite

Göreme Kayası'nın görünür porozite oranı % 24,4 dür. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik (porozite) oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Mevcut standartlarla gözeneklilik konusunda sağlıklı değerlendirme yapılamamaktadır.

4.5.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Göreme Kayası'nın ağırlıkça su emmesi % 17 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 24,14 olarak tespit edilmiştir.

4.5.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. TS 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Göreme Kayası'nın don sonrası kütle azalması % 0,5 basınç dayanımındaki düşüş % 4,09 olarak belirlenmiştir, bu değer standart değer olan %5'den az olduğu için standarda uygundur.

4.5.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Göreme Kayası'nın basınç dayanımı ise 102 kg/cm^2 ' dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir. Deney numunesi olarak $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ ' lik kübik taşlar kullanılmıştır.

4.5.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Göreme Kayası'nın eğilmede çekme dayanımı 72 kg/cm^2 ' dir.

4.5.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Göreme Kayası'nın sürtünmeden dolayı aşınma kaybı $38 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur.

4.5.3.8. Isı yalıtımı

Göreme Kayası, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar.

Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,37 \text{ W/m.K}$

4.6. Nevşehir Antik Kahve

Nevşehir yöresi taşlarından olan Antik Kahve porfiritik dokuda olup, bünyesinde % 15 oranında zeolitler yer almaktadır. Zeolitlerin katyon değiştirme nedeniyle, yapı taşı olarak kullanıldıklarında binaların nem içeriklerini düzenlemektedir. Kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle de çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.7. Antik Kahve test numunesi

4.6.1. Antik kahve'nin fiziko-mekanik özellikleri

Antik kahve volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 32,7 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.8). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.8. Antik kahve'nin fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|---------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 23 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,715 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,549 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda ağırlıkça su emme | (%) | 13,26 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda hacimce su emme | (%) | 22,74 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 32,7 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 370-520 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 110 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 3000 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 3,6 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 4 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,24 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 18 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,5 | 2 | ± 5 |

4.6.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Koyu kahverengi olan Antik Kahve mikroskop altında incelendiğinde porfirik dokuya sahip olduğu görülmektedir. Kayaç içerisinde ani soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkat çekmektedir.

4.6.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.6.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Antik Kahve'nin TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,715 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,549 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.6.3.2. Görünür porozite

Antik Kahve'nin görünür porozite oranı % 22,74 dür. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Dolayısıyla mevcut standartlar bu taşları değerlendirmekte yetersiz kalmaktadır.

4.6.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Antik Kahve'nin ağırlıkça su emmesi % 13,26 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 22,74 olarak tespit edilmiştir.

4.6.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. T.S. 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Antik Kahve'nin don sonrası kütle azalması % 0,24 basınç dayanımındaki düşüş % 4 olarak belirlenmiştir, standarda uygundur.

4.6.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Antik Kahve'nin basınç dayanımı ise $370-520 \text{ kg/cm}^2$ dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir. Deney numunesi olarak $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ lik kübik taşlar kullanılmıştır.

4.6.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Antik Kahve'nin eğilmede çekme dayanımı 110 kg/cm^2 'dir.

4.6.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Antik Kahve'nin sürtünmeden dolayı aşınma kaybı $18 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur.

4.6.3.8. Isı yalıtımı

Antik Kahve, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar. Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,5 \text{ W/m.K}$

4.7. Nevşehir Asmalı Gri

Nevşehir yöresi taşlarından olan Asmalı Gri porfiritik dokuda olup, bünyesinde % 15 oranında zeolitler yer almaktadır. Zeolitlerin katyon değişirme nedeniyle, yapı taşı olarak kullanıldıklarında binaların nem içeriklerini düzenlemektedir. Kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle de çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.8)



Şekil 4.8. Asmalı Gri test numunesi

4.7.1. Asmalı gri'nin fiziko-mekanik özellikleri

Asmalı Gri'nin volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 32,8 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.9). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.9. Asmalı Gri'nin Fiziko-Mekanik Özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|---|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 31 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,711 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,545 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda ağırlıkça su emme; | (%) | 14,27 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda hacimce su emme; (Görünür gözeneklilik) | (%) | 24,4 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 32,8 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 340-400 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 70 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 1800-2100 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 4,2 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 4,05 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,19 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 36,3 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,51 | 2 | ± 5 |

4.7.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Gri renkte olan Asmalı Gri, mikroskop altında incelendiğinde porfirik dokuya sahip olduğu görülmektedir. Kayaç içerisinde ani soğuma nedeniyle gözenekliliği yüksektir.

4.7.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.7.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Asmalı Gri'nin TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,711 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,545 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.7.3.2. Görünür porozite

Asmalı Gri'nin görünür porozite oranı % 24,4 dür. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Mevcut doğal taş standartları ile değerlendirme yapılamamaktadır.

4.7.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Asmalı Gri'nin ağırlıkça su emmesi % 14,27 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 24,4 olarak tespit edilmiştir.

4.7.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. TS 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Asmalı Gri'nin don sonrası kütle azalması % 0,19 basınç dayanımındaki düşüş % 4,05 olarak belirlenmiştir, bu değer standart değer olan %5'den az olduğu için standarda uygundur.

4.7.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Asmalı Gri'nin basınç dayanımı ise 340-400 kg/cm² olduğundan kaplama taşı olarak kullanılabilir. Basınç dayanımı deneyleri için 50mm*50mm*50mm' lik kübik numuneler kullanılmıştır.

4.7.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Asmalı Gri'nin eğilmede çekme dayanımı 70 kg/cm²' dir.

4.7.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Asmalı Gri'nin sürtünmeden dolayı aşınma kaybı 36,3 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.7.3.8. Isı yalıtımı

Asmalı Gri'nin, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar. Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,51 \text{ W/m.K}$

4.8. Nevşehir Gül Kuruşu

Nevşehir yöresi taşlarından olan Gül Kuruşu porfiritik dokuda olup, bünyesinde % 15 oranında zeolitler yer almaktadır. Kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle de çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.9. Gül Kuruşu test numunesi

4.8.1. Gül kuruşu'nun fiziko-mekanik özellikleri

Gül Kuruşu volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 43,3 oranında boşluk içermektedir. Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 2 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 12 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,5164 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,674 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda ağırlıkça su emme | (%) | 15,21 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda Hacimce su emme | (%) | 23,1 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 43,3 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 90-95 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 60 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 2000-2400 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 3,9 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 5,4 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,53 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 32,3 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,35 | 2 | ± 5 |

Çizelge 4.10. Gül kuruşu'nun fiziko-mekanik özellikleri

4.8.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Dokusu porfiritik dokulu olup, porfiritik dokuyu oluşturan fenokristallerden feldspatlar ayrılarak kaolinleşmiştir. Kayaç içersinden soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir.

4.8.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.8.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Gül Kuruşu'nun TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,5164 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,674 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.8.3.2. Görünür porozite

Gül Kuruşu'nun görünür porozite oranı % 23,1 dır. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Volkanik kayaçlar için mevcut standartlar yetersiz kalmaktadır.

4.8.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Gül Kuruşu'nun ağırlıkça su emmesi % 15,21 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 23,1 olarak tespit edilmiştir.

4.8.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. TS 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Gül Kuruşu'nun don sonrası kütle azalması % 0,53 basınç dayanımındaki düşüş % 5,4 olarak belirlenmiştir.

4.8.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Gül Kuruşu'nun basınç dayanımı ise 90-95 kg/cm²' dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir. Deney numunesi olarak 50mm*50mm*50mm' lik kübik taşlar kullanılmıştır.

4.8.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Gül Kurusu'nun eğilmede çekme dayanımı 60 kg/cm² dir.

4.8.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Gül Kurusu'nun sürtünmeden dolayı aşınma kaybı 32,3 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.8.3.8. Isı yalıtımı

Gül Kurusu, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar. Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,35 \text{ W/m.K}$

4.9. Nevşehir Çöl Sarısı

Nevşehir yöresi taşlarından olan Gül Kurusu porfiritik dokuda olup, bünyesinde % 15 oranında zeolitler yer almaktadır. Bu nedenden ötürü nem tutma özelliğine sahiptir. Kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle de çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır .



Şekil 4.10. Çöl Sarısı test numunesi

4.9.1. Çöl Sarısı'nın fiziko-mekanik özellikleri

Çöl Sarısı volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 56,5 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.11). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.11. Çöl sarısı'nın fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 13 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,087 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,5 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda Ağırlıkça su emme | (%) | 39,34 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda Hacimce su emme | (%) | 42,77 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 56,5 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 25-30 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 75 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 1500-2100 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 6,1 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 5,2 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,64 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 92 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,25 | 2 | ± 5 |

4.9.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Dokusu porfiritik dokulu olup, porfiritik dokuyu oluşturan fenokristallerden feldspatlar ayrışarak kaolinleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Bu fenokristalleri kuşatan sarı renkli matris ise amorf malzemedir oluşmaktadır. Kayaç içersinden soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir. Açık renklidir.

4.9.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.9.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Çöl Sarısı'nın TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,087 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,5 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.9.3.2. Görünür porozite

Çöl Sarısı'nın görünür porozite oranı % 42,77 dür. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Volkanik kayalar için mevcut standartlar yetersiz kalmaktadır.

4.9.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Çöl Sarısı'nın ağırlıkça su emmesi % 39,34 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 42,77 olarak tespit edilmiştir.

4.9.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. TS 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Çöl Sarısı'nın don sonrası kütle azalması % 0,64 basınç dayanımındaki düşüş % 5,2 olarak belirlenmiştir, bu değer standart değer olan %5'den fazladır.

4.9.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Çöl Sarısı'nın basınç dayanımı ise 25-30 kg/cm²' dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir. Deney numunesi olarak 50mm*50mm*50mm' lik kübik numuneler kullanılmıştır.

4.9.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Çöl Sarısı'nın eğilmede çekme dayanımı 75 kg/cm²' dir.

4.9.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Çöl Sarısı'nın sürtünmeden dolayı aşınma kaybı 92 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.9.3.8. Isı yalıtımı

Çöl Sarısı, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar. Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,25 \text{ W/m.K}$

4.10. Nevşehir Kızıl Ötesi

Nevşehir yöresi taşlarından olan Kızıl Ötesi porfiritik dokuda olup, bünyesinde % 15 oranında zeolitler yer almaktadır. Zeolitlerin nem tutma özelliklerinden ötürü ve kolay kesilip şekil alma özellikleri nedeniyle çok eski zamanlardan beri yapı taşı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.11. Kızıl Ötesi test numunesi

4.10.1. Kızıl ötesi'nin fiziko-mekanik özellikleri

Kızıl ötesi volkanik bir kayaç olup, yüksek düzeyde % 33,2 oranında boşluk içermektedir (Çizelge 4.12). Bu boşluklar kayaç oluşumu sırasındaki gaz kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu boşluklar birbirleriyle irtibatlı değildir. Kayaç bu özelliği ile ısı yalıtımında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla dış kaplamada kullanıldığında %80'e varan oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Mekanik uygulamaya uygun olup cephe kaplaması olarak uygulanabilir. Diğer taraftan kaplamada kullanıldığında binanın albenisini arttırarak yapıya mimari açıdan güzel bir görünüm kazandıracaktır.

Çizelge 4.12. Kızıl ötesi'nin fiziko-mekanik özellikleri

| Parametreler | Birim | Değer | Numune Sayısı (Tane) | Standart Sapma(%) |
|--|---------------------------------------|---------|----------------------|-------------------|
| Sertlik | (Mohs) | 3 | 10 | ± 7 |
| Schmidt çekici sertliği | | 24 | 10 | ± 5 |
| Kuru birim hacim ağırlığı, (yoğunluğu) | (gr/cm ³) | 1,73 | 5 | ± 0,5 |
| Katı kısmın özgül ağırlığı | (gr/cm ³) | 2,59 | 3 | ± 0,7 |
| Normal şartlarda ağırlıkça su emme | (%) | 16,5 | 5 | ± 1 |
| Normal şartlarda hacimce su emme | (%) | 28,55 | 5 | ± 1 |
| Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik) | (%) | 33,2 | 3 | ± 1 |
| Basınç mukavemeti | (kg/cm ²) | 380-470 | 5 | ± 3 |
| Eğilmede Çekme mukavemeti | (kg/cm ²) | 110 | 5 | ± 3 |
| P-Dalgası ses hızı | (m/s) | 2700 | 5 | ± 4 |
| Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması | % | 3,5 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi | (%) | 4,1 | 5 | ± 3 |
| Don sonrası ağırlık azalma %'si (kütle kaybı) | (%) | 0,21 | 5 | ± 3 |
| Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre Bohme metodu ile yapıldı | (cm ³ /50cm ²) | 27 | 4 | ± 5 |
| Isı yalıtım katsayısı , k (λ) | (W/m.K) | 0,47 | 2 | ± 5 |

4.10.2. Petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları

Dokusu porfiritik dokulu olup, porfiritik dokuyu oluşturan fenokristallerden feldspatlar ayrılmıştır. Kayaç içersinden soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir.

4.10.3. Fiziko-mekanik analiz değerlendirme

4.10.3.1. Birim hacim – özgül ağırlık

Kızıl Ötesi'nin TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan birim hacim ağırlık deneyinde, ortalama birim hacim ağırlık 1,73 gr/cm³ olarak bulunmuş olup ortalama özgül ağırlık ise 2,59 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

4.10.3.2. Görünür porozite

Kızıl Ötesi'nin görünür porozite oranı % 28,55 dır. TS 1910'a göre traverten dışında kalan kaplama taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda görünür gözeneklilik oranı % 12'nin altında olması gerekmektedir. Volkanik kayalar için mevcut standartlar yetersiz kalmaktadır.

4.10.3.3. Su içeriği-su emme

Doğal taşların su etkisi ile çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılan taşlar için önemli bir husus olmaktadır. Doğal taşlar atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti, hepsinde aynı olmayıp, taşların kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme özelliğine göre değişmektedir. Az su emenler, binaların dış kaplamaları için ideal olmaktadır. Kızıl Ötesi'nin ağırlıkça su emmesi % 16,5 ve atmosfer basıncı altında hacimce su emme miktarı % 28,55 olarak tespit edilmiştir.

4.10.3.4. Dona karşı dayanım

İnşaat sektöründe, dış kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda dona karşı dayanım aranan bir husustur. T.S. 699'a uygun olarak yapılan deneylerde, Kızıl Ötesi'nin don sonrası kütle azalması % 0,21 basınç dayanımındaki düşüş % 4,1 olarak belirlenmiştir, bu değer standart değer olan %5'den az olduğu için standarda uygundur.

4.10.3.5. Basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı, doğal taşlarda önemli bir parametre olarak görülmekte olup taşın kullanım yeri ile doğrudan ilişkilidir. Kızıl Ötesi'nin basınç dayanımı ise 380-470 kg/cm² dir. Kaplama taşı olarak kullanılabilir. Deney numuneleri 50mm*50mm*50mm' lik kübik şekilli deney numuneleri kullanılmıştır

4.10.3.6. Eğilmede çekme dayanımı

TS EN 1467 ve TS EN 1469'a göre yapılan deneyler sonucunda Kızıl Ötesi'nin eğilmede çekme dayanımı 110 kg/cm²' dir.

4.10.3.7. Sürtünmeden dolayı aşınma

Böhme yüzey aşındırma deneyi yardımıyla deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmalar ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda Kızıl Ötesi'nin sürtünmeden dolayı aşınma kaybı 27 cm³/50 cm² olarak bulunmuştur.

4.10.3.8. Isı yalıtımı

Kızıl Ötesi, andezite ve diğer karbonatlı kayalara nazaran nem içeriğine göre altı ile on iki misli daha az ısı geçirgenliğine sahiptir. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar.

Isı geçirgenlik değeri, $k = 0,47 \text{ W/m.K}$

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Nevşehir ve Isparta tüflerini yüzey sertliklerine göre karşılaştırdığımızda, tamamının Mohr sertlik değerinin 3'ün altında olduğu ve genelde 2 veya 3 olduğu görülmektedir. Isparta köykesi de Nevşehir tüflerine benzemekte ilk çıkarıldığında sertliği 2 kuruyunca 3'e yaklaşmaktadır. Köykenin Schmidt çekici indis değeri ise 18'dir. Diğer Nevşehir tüflerine benzemektedir. Çizelge 5.1'de toplu fiziko-mekanik analiz sonuçları görülmektedir.

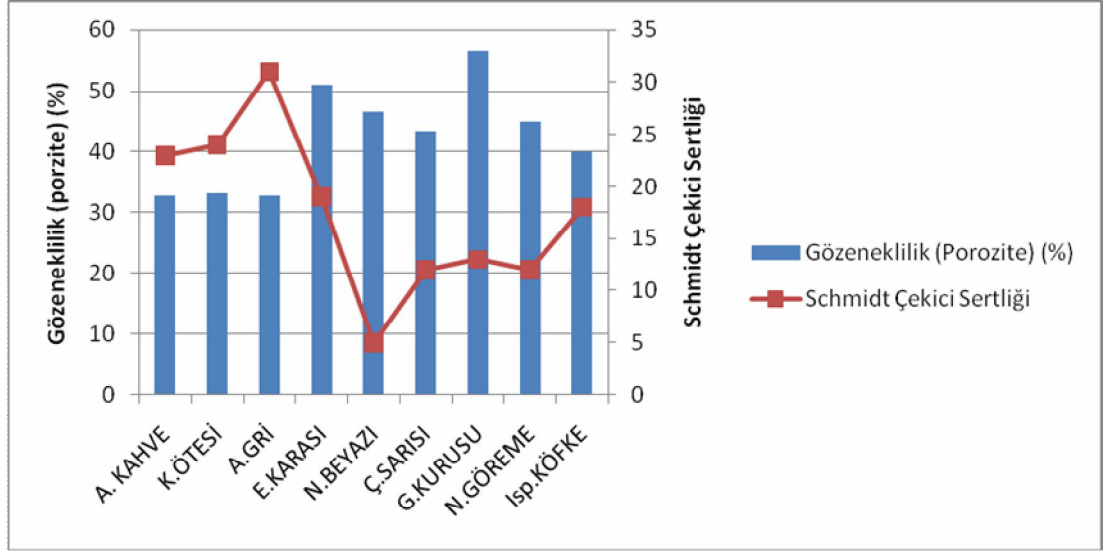
Isparta Andezitinin diğer volkanik tüflere göre yüzey sertliğinin daha sert (indis değeri 33) olduğu görülmektedir. Tüflerin sertlik değerleri 30'dan düşüktür. Andezitin yüzey sertliğinin daha yüksek olması gözenekliliğinin az olmasıyla ilişkilendirilebilir. Gözeneklilik ve sertlik arasındaki ilişki Şekil 5.1 de gösterilmiştir.

TS. 2513 (doğal yapı taşları)'a göre doğal taşlar en az $2,55 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluğunda olmalıdır. Gözeneklilikleri nedeniyle analizleri yapılan volkanik taşların kuru yoğunlukları bu standart değerden daha düşüktür. Ancak andezitin yoğunluğu sınır değere yaklaşmaktadır ($2,35 \text{ gr/cm}^3$).

Hakiki mermerlerin TS 10449' a göre döşeme kaplaması, merdiven basamağı ve benzeri yer döşemelerinde, aşınma dayanımı değerinin $15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$, duvar kaplamasında ise $25 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ den küçük olması gerekir. Kireç taşlarında ise TS 11137'e göre yük taşıyıcı mekânlarda kullanılacaklar için en çok $10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$, dekorasyon, süs ve duvar kaplamalarında kullanılacak kireç taşları için en çok $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olmalıdır. Testleri yapılan volkanik taşların aşınma değerleri standart değerlerden daha yüksek olup, standarda uymamaktadır, (Çizelge 5.1). Ayrıca tüfler zamanla sertleşme özelliğine sahiptirler. Sertleştikçe de aşınmaları azalarak standart değerlere uygunluk kazanabilirler.

Çizelge 5.1. Tez çalışması bünyesinde yapılan volkanik taşların fiziko-mekanik analiz sonuçları

| PARAMETRELER | BİRİMLER | ANTİK KAHVE | KIZIL ÖTESİ | ASMALI GRİ | ERCİYES KARASI | NEV. BEYAZI | GÜL KURUSU | ÇÖL SARISI | NEV. GÖREME | ISPARTA KÖFKE | ISPARTA ANDEZİT |
|---|---------------------------------------|----------------|----------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|
| <i>Sertlik</i> | (Mohs) | 3 | 3 | 3 | 2-3 | 2-3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| <i>Schmidt çekici sertliği</i> | - | 23 | 24 | 31 | 19 | 5 | 12 | 13 | 12 | 18 | 33 |
| <i>Birim Hacim Ağırlığı (Kuru), (yoğunluk)</i> | (gr/cm ³) | 1,715 | 1,730 | 1,711 | 1,200 | 1,371 | 1,5164 | 1,087 | 1,42 | 1,4 | 2,35 |
| <i>Katı kısmın özgül ağırlığı</i> | (gr/cm ³) | 2,549 | 2,590 | 2,545 | 2,453 | 2,560 | 2,674 | 2,500 | 2,58 | 2,38 | 2,62 |
| <i>Atmosfer basıncında su emme;Ağırlıkça Hacimce (Görünür gözeneklilik)</i> | (%) | 13,26 | 16,50 | 14,27 | 31,30 | 20,00 | 15,21 | 39,34 | 17, | 20 | 0,98 |
| | (%) | 22,74 | 28,55 | 24,40 | 37,56 | 27,42 | 23,10 | 42,77 | 24,14 | 28 | 2,3 |
| <i>Gerçek gözeneklilik, (toplam gözeneklilik)</i> | (%) | 32,7 | 33,2 | 32,8 | 51,1 | 46,5 | 43,3 | 56,5 | 45 | 40 | 4,86 |
| <i>Basınç Dayanımı</i> | (kg/cm ²) | 370-520 | 380-470 | 340-400 | 65-110 | 50-60 | 90-95 | 25-30 | 102 | 60-120 | 500-700 |
| <i>Eğilmede Çekme Dayanımı</i> | (kg/cm ²) | 110 | 110 | 70 | 50 | 40 | 60 | 75 | 72 | 55 | 163 |
| <i>Sismik hız, (P-dalgası ses hızı)</i> | (m/s) | 3000 | 2700 | 1800-2100 | 2000-2500 | 1900-2300 | 2000-2400 | 1500-2100 | 2400 | 2300 | 4860 |
| <i>Don sonrası P-dalgası hızı azalması</i> | (%) | 3,6 | 3,5 | 4,2 | 4,1 | 6,0 | 3,9 | 6,1 | 4,2 | 5 | 0,04 |
| <i>Dona dayanıklılık (Ağırlık azalması)</i> | (%) | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,55 | 0,77 | 0,53 | 0,64 | 4,09 | 1,5 | 23,7 |
| <i>Donmadan sonra dayanım azalma %</i> | (%) | 4 | 4,1 | 4,05 | 3,95 | 5,0 | 5,40 | 5,2 | 0,5 | 4-23 | 0,9 |
| <i>Sürtünme aşınmasına karşı direnç, DIN 52108' e göre (Bohme yöntemi)</i> | (cm ³ /50cm ²) | 18,0 | 27,0 | 36,3 | 89,3 | 49,8 | 32,3 | 92,0 | 38 | 15,5 | 18,1 |
| <i>Isı yalıtım katsayısı , k (λ)</i> | (W/m.K)± | 0,5 | 0,47 | 0,51 | 0,3 | 0,39 | 0,35 | 0,25 | 0,37 | 0,2 – 0,4 | 2,2 |



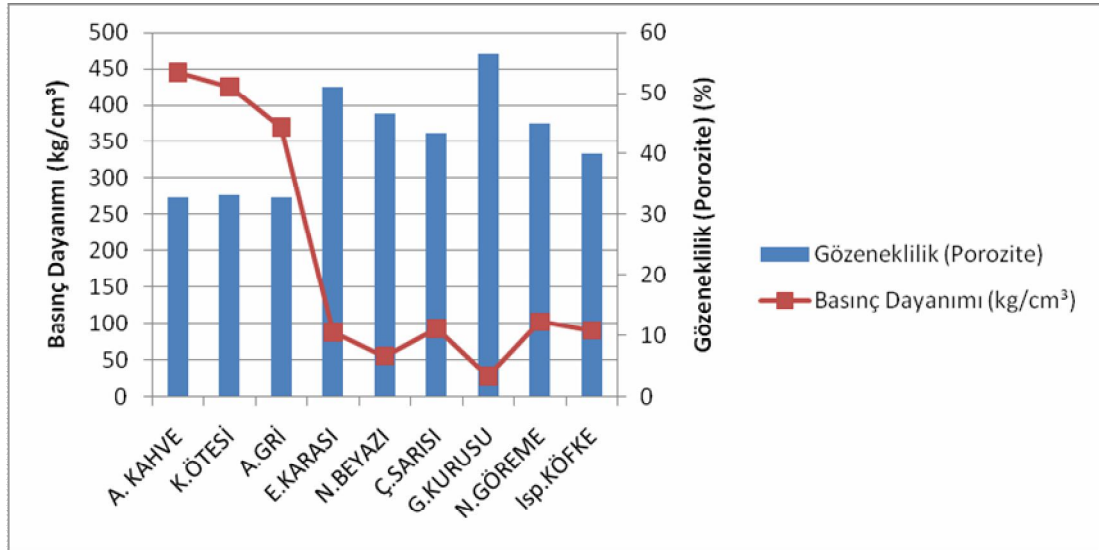
Şekil 5.1. Schmidt çekici sertliği ve porozite (gözeneklilik) arasındaki ilişki

Hakiki mermerlerin basınç dayanımı TS 10449'a göre merdiven basamağı ve yer döşemesinde 500 kgf/cm^2 , duvar kaplamalarında ise 300 kgf/cm^2 den büyük olmalıdır. Kireçtaşlarında ise TS 11137' ye göre döşeme, zemin vb. yük taşıyıcı mekânlarda en az 500 kgf/cm^2 , dekorasyon, süs ve duvar kaplamalarında ise en az 300 kgf/cm^2 olmalıdır. Isparta andezitleri tek eksenli basınç dayanımları standart değer olan 500 kg/cm^2 (49 N/mm^2) değerinden yüksek olup, aynı cins taşlarda 700 kg/cm^2 ye kadar yükselmektedir, su emmeleri ise TS 699' a göre ağırlıkça %1,8 den az olduğundan hem kaplama hem de bina dış cephe kaplamalarında kullanılabilir. Diğer taraftan hem Isparta tüfleri hem de Nevşehir tüfleri basınç dayanımları 500 kgf/cm^2 'den düşük olduğundan ve ağırlıkça su emme değerleri standart değerden çok yüksek olduğundan taban döşemelerinde kullanılamazlar. Ancak binaların dış cephe kaplamalarında rahatlıkla kullanılabilir, (Isparta tüflerinin basınç dayanımı yaşken 60 , kuru iken 120 kg/cm^2 , keza Nevşehir tüflerinin basınç dayanımı da genelde 500 kg/cm^2 'den düşük). Hakiki mermerlerde atmosfer basıncında su emme TS 10449'a göre kütlece % 0.4 'den küçük olmalıdır. Travertende ise atmosfer basıncında su emme TS 11143'e göre kütlece (ağırlıkça) % 3 'den fazla olmamalıdır

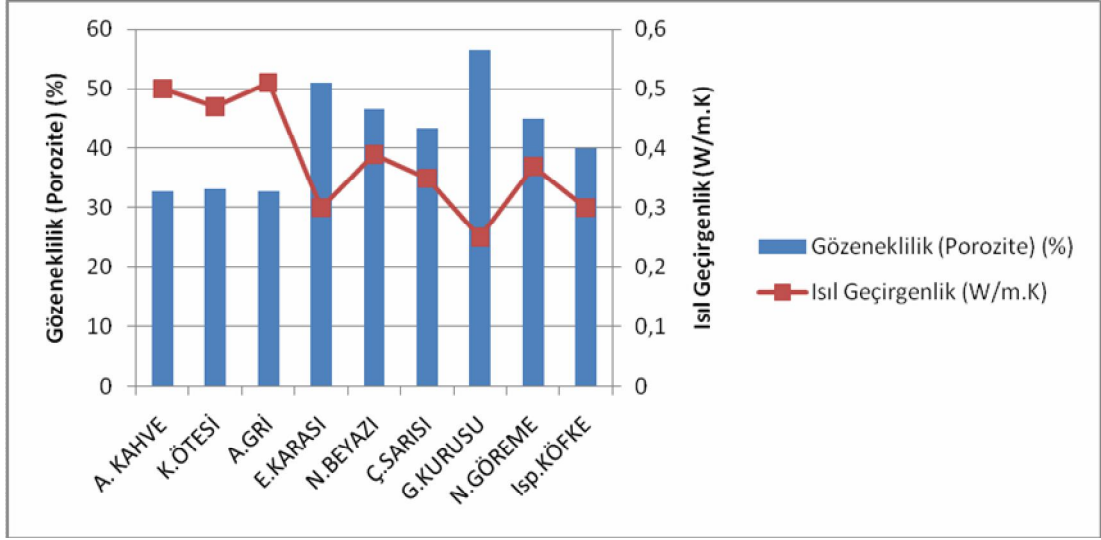
TS. 10449'a göre mermerlerin porozitesi %2 den küçük olmalıdır. Analiz edilen tüm taşların gözenekliliği bu standart değerden yüksektir.

Deneysel analizleri yapılan taşların basınç dayanımlarıyla gözeneklilikleri arasındaki ters orantılı ilişki Şekil 5.2 deki grafikte verilmiştir. Basınç dayanımı ile gözeneklilik arasında yüksek korelasyon bulunmuştur. Gözeneklilik oranı arttıkça taşların dayanımları azalmaktadır. Bununla beraber gözenekler etrafında oluşan basınç konsantrasyonlarından kaynaklandığı sanılmaktadır. Gerilme ortamı içinde uygun yönelmiş gözenekler etrafında çekme gerilmeleri oluşmakta taşlarda çekmeye karşı dirençsiz olduklarından iç bünyelerinde mikro çatlaklar ve zayıflık düzlemleri oluşturmakta, yükselen (artan) gerilmeler altında daha çabuk kırılmaktadırlar. Gözenekliliklerine göre sınıflama yapıldığında gözeneklilikleri en yüksek olanlar Kaynaklanmış Tüfler ve Nevşehir Yöresi taşlarıdır. Isparta Andezitinin gözenekliliği ise düşüktür.

Gözenekler ısı ve ses yalıtımında da önemli rol oynamaktadır. Gözenek ne kadar fazla ise ısı ve ses yalıtımı da o derece fazladır (Şekil 5.3).



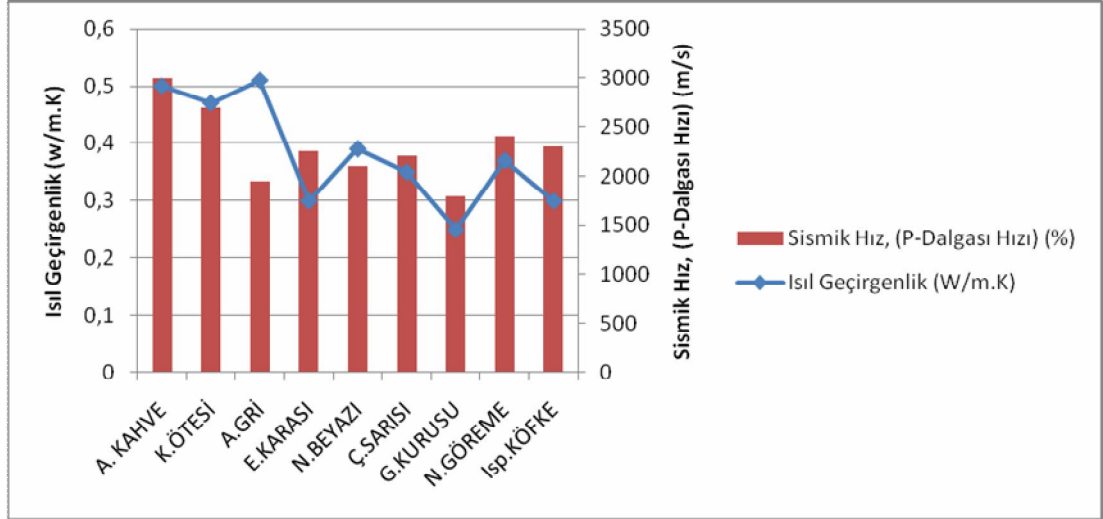
Şekil 5.2. Basınç dayanımı ve porozite (gözeneklilik) arasındaki ilişki



Şekil 5.3. Isıl geçirgenlik ve porozite (gözeneklilik) arasındaki ilişki

Deney sonuçları ışığında hazırlanan grafikler sayesinde taşların fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişki çok daha kolay bir biçimde görülmektedir. En fazla gözenekli olan kaynaklanmış tüflerdir, en az olanı da andezittir. Isparta kaynaklanmış tüflerin gözenekliliği andezite göre 8 misli büyük olduğundan ses geçirgenliği de iki misli azalmıştır. Taşların dayanımı gözeneklerden çok etkilenmektedir. Gözeneklik oranının yüksek olmasından dolayı tüflerin mukavemeti daha düşüktür. Tüflerin yüksek su emme oranı, hem gözenekliliğinin yüksekliğinden hem de bünyesinde bulunan killerin yüksek su emme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bünye suyu kayaçların dayanımını azaltmaktadır.

Kayaçların oluşumlarına göre ısı iletkenlikleri Clauser ve Huenges (1995) tarafından teorisi Incropera, Dewitt (1990) tarafından detaylı olarak anlatılmıştır. Volkanik tüflerin ısı geçirgenlik katsayısı, gözeneklerinin suyla kısmen veya tamamen dolu olması haline göre 0,2 ile 0,4 W/m.K (Çizelge 5.1) arasında değişim göstermektedir. Isı geçirgenlik katsayısı küçüldükçe ısı yalıtımı artar. Andezitin ısı geçirgenlik katsayısı ise 2,2 w/m.K'dür. Dolayısıyla Kaynaklanmış Tüfler Andezite göre 7 kat daha fazla ısı yalıtım özelliğine sahiptirler. Bu nedenle binalarda yüksek oranda ısı tasarrufu sağlar.



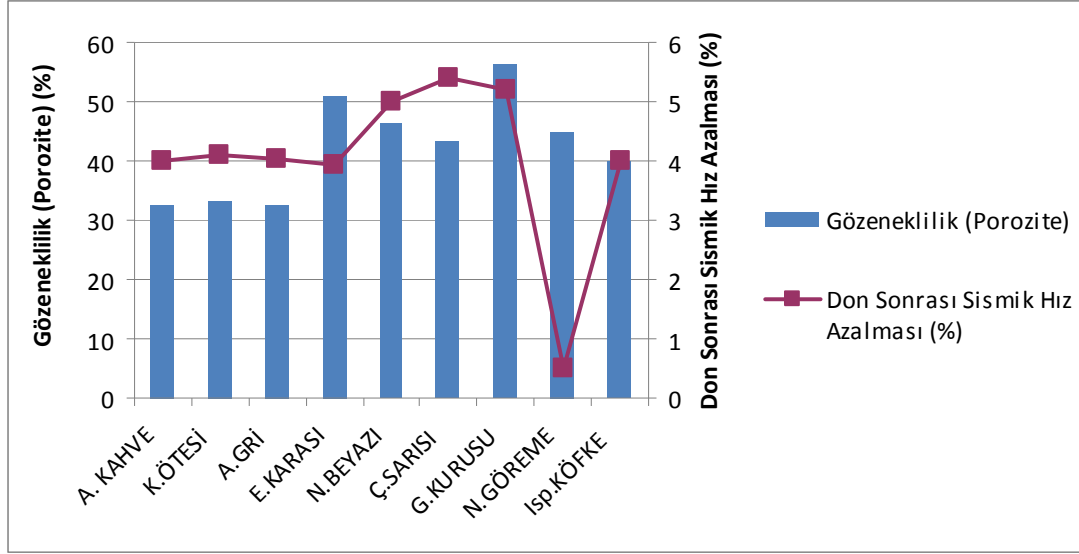
Şekil 5.4. Sismik hız (P-dalgası ses hızı) ve ısıl geçirgenlik arasındaki ilişki

Sismik hız ile ısıl geçirgenlik arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 5.4). Bunun da sebebi Nevşehir yöresi tüflerin sismik hızı çok düşük olup 3000 m/s'den az ve sismik hız değerleri birbirine çok yakındır. Isı geçirgenliği sismik hıza bağlı olmakla beraber cismin sıklığı ile de ilişkilidir.

Kaynaklanmış Tüflerdeki Si oranı yüksektir. Si oranının yüksek olması kızdırma kaybının düşük olması anlamına gelir. Örneğin kireçtaşlarında Si oranı düşük, fakat kalsiyum karbonat oranı yüksek olduğundan kızdırma kaybı yüksektir. Isparta Andezitinde Si oranı % 63 tür. Volkanik Taşlar içerisinde Si oranı fazla olduğundan ısıya dayanıklıdır. Fırınlarda tuğla yapımında kullanılabilirler. Volkanik taşlar içerisinde Al ve Fe de bulunması çimento üretiminde de kullanılmasını sağlar.

Andezit dışındaki volkanik taşların gözeneklilik oranları yüksek olduğundan dış cephe kaplaması olarak kullanılabilirler. Isıl geçirgenliklerine bakıldığında bu taşların kaplama ve yalıtım taşı olarak kullanılması durumunda % 80 lere varan enerji tasarrufu sağladıkları görülmektedir. Aynı zamanda taşların renk ve desen çeşitlilikleri fazla olduğundan albenileride yüksektir. Andezitin gözeneklilik oranı düşüktür. Gözenekliliğinin düşük olması andeziti diğerlerine göre daha dayanıklı yapmaktadır. Deney sonuçları da, andezitin kaplama taşı olarak kullanılmasının yanı sıra döşeme olarak kullanımının da uygun olduğunu göstermektedir.

Gözeneklilik ile don sonrası sismik hız azalması arasındaki anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 5.5. Porozite (gözeneklilik) ve don sonrası sismik hız azalması arasındaki ilişki

Tüflerin petrografik ve mineralojik inceleme sonuçları incelendiğinde dokularının porfiritik olduğu görülmektedir. Porfiritik dokuyu oluşturan fenokristallerden feldspatlar ayrışarak kaolinleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Bu fenokristalleri kuşatan matris ise amorf malzemeden oluşmaktadır. Kayaç içersinden soğuma nedeniyle bol gözenekler dikkati çekmektedir.

Isparta kaynaklanmış tüfleri ile traki andezitlerin kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 5.3), kimyasal bileşimleri arasında çok az bir fark olup, birbirlerine benzemektedirler. Ancak dayanım açısından farklı özellik sergilemeleri tüflerin gözeneklerinin andezitlere göre on misli yüksek olması ile izah edilebilir, %40'e karşılık %4,86) .

Çizelge 5.2. Isparta Tüfü ve Isparta Andezitinin kimyasal analiz sonuçları

| Doğal Taşlar | CaO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | Kızdırma Kaybı |
|------------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
| Isparta Tüfü | 4,41 | 58,31 | 16,01 | 2,95 | 1,13 | 1,67 | 5,2 | - | 7,65 |
| Isparta Andezit* | 2,901 | 63,086 | 15,515 | 3,658 | 1,21 | 4,012 | 5,212 | 0,57 | 5,50 |

*Isparta traki andezitlerinde % 0,37 P₂O₅ bulunmaktadır.

Doğal taşlarımız, kimyasal özellikleri dikkate alındığında, diğer ülkelerin taşlarıyla yarışabilecek kalitededir. Demir ve buna benzer dış tesirlerden kolayca etkilenen ve ayrışmayı hızlandıran elementlerin bu taşlar içerisinde eser miktarda bulunması ve kireç taşlarının safsızlık derecesinin düşük olması, bunların dış cephe dekorasyonunda güvenle kullanılabilmesini göstermektedir. Gerek Nevşehir yöresi tüfleri ve gerekse Isparta yöresi tüflerinin fiziko mekanik özellikleri normal mermer ve doğal taş standartlarına uymamaktadır. Çünkü bu taşların zamana bağlı özellikleri olumlu yönde değişmektedir. Tüfler zamanla, daha da sağlamlaşmakta ve binlerce yıl ayakta kalabilmektedirler. Çünkü Anadolu'da, Hristiyanlığın doğuşu ile birlikte yapılan kiliselerde bu taşlar (örneğin Isparta'daki Ayestefonos kilisesi) kullanılmıştır ve 2000 yıldır sağlamlığını muhafaza etmiştir. Ayrıca yapılan ısı yalıtımı deneylerinden bu taşların ısı yalıtımı sağladığı görülmüştür. Bu nedenle binaların soğutma ve ısıtma masraflarını azaltmaktadırlar. Ayrıca tüf taşları ocaktan çıkarıldığında yumuşak bir yapıda olup; zamanla sertleşme özelliğine sahiptirler.

İlk kazıldıklarında doğal nem içeriğini muhafaza edebilen (yüksek gözeneklilik nedeniyle) tüf taşları yumuşak bir özelliğe sahiptirler ve yüzeyleri şekillendirilebilir. Bu nedenle yüzeylerine dekoratif amaçlı süslemeler kazılarak yapılabilir. Cephe kaplamalarında kullanıldıklarında bu süslemeler taşta gizemli göze hoş gelen tarihi bir görüntü vermektedir. Duvar kaplamalarında kullanılan bu taşlar uygulandıktan sonra, zamana bağlı olarak günler geçtikçe yavaş yavaş kuruyarak daha da sağlamlaşmaktadırlar. Sarımtırak renge sahip olan bu taşlar zamanla, kirli havanın etkisiyle kararmaktadır. Isparta'da cami ve kilise duvarlarının kaplamasında kullanılmış olan bu taşlar 2000 yıldır sağlamlığını korumuş halen bozulmadan atmosferik şartlardan etkilenmeden ayakta kalabilmiştir.

- Gelecekteki araştırmacılara öngörü;

Tüflerin zamanla sertleşme özelliği tezde verilen sürenin kısa (birkaç yıl ile sınırlı) olması nedeniyle tam olarak araştırılıp sayısallaştırılmamıştır. Bu kıymetli taşların zamanla sertleşme özelliklerinin belirlenmesi ve bilinmesi gerekir. Bu araştırmalar yapılmalı, Anadolu'muzun bu taş hazineleri değerdendirilmelidir. Ayrıca Tüfler diğer mermer ve doğal taş standartlarına göre değerdendirilmemelidirler. Acil olarak bu taşlar için standart oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- American Society for Testing Materials (Amerika Malzeme Tecrübeleri Kurumu), ASTM C97, Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone.
- Bakos, G.C., 2000. Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector, Energy and Buildings p 31.
- Bilgin, A., Köseoğlu, M., Özkan, G., 1990. Isparta-Gölcük yöresi kayaçlarının mineraloji, petrografi ve jeokimyası, Doğa, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Derg., 14/2, 342 - 361, Ankara.
- Bilgin A., Sargın S., 2003. Building Stones And Environmental Interaction In Isparta (Turkey) Region, International Symposium on Industrial Minerals and Building Stones, (IMBS)Istanbul,.
- Brace WF. Dependence of fracture strength of rocks on grain size. Proceedings of the Fourth Symposium on Rock Mechanics. University of Park, Pennsylvania, PA, 1961. p. 99–103.
- Clauser C, Huenges & E. Thermal conductivity of rocks and minerals, Washington, USA: American Geophysical Union; 1995. p.105-126
- Çengel, Y.A., 1998. Heat transfer: a practical approach, McGraw Hill, pp.766.
- Dağsöz, K.,D., vd., 2001. Isı yalıtımı ve kalorifer tesisatı standartları üzerine görüşler, MMO Tesisat Mühendisliği 66s.
- Erguvanlı, K.,1973. Kayaçların mühendislik Özellikleri. İTÜ matbaası. İstanbul.
- Gillot, J.E.,1968. Clay in Engineering Geology, Elsevier Pub. Co. Amsterdam.
- Incropera FP, Dewitt DP. Fundamentals of heat and mass transfer, Wiley, New York, 1990.
- I.S.R.M. Committee on Laboratory Tests, Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity , Density, Absorption and related properties, Rock characterization testing and monitoring, 1981. Pergamon Press., p.81-88. Newyork.
- I.S.R.M. Committee on Laboratory Tests. Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties, Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, 1972. p. 12.
- Kavak, K., 2005. Dünya ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayisinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, DPT., İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel

Müdürlüğü. Çimento ve Hazır Beton Özel İhtisas Komisyonu Raporu.,
Uzmanlık Tezi, 18s. Ankara.

Kun, N., 2000. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi. İzmir Mermerciler Odası Yayını,
17s, İzmir.

MİGEM., 2009. Yıllara Göre Doğal Taş Üretimimiz. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar
Bakanlığı, Maden İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

Moss, A.V., ve Quarvain, F., 1948. Technische Gesteinkunde, Verlag Birkhauser,
Basel.

Özkahraman H.T., 2004, Kaplama taşı olarak kullanılan andezitler kaynaklanmış
tüfler Burdur beji ve limranın fiziksel özellikleri, Madencilik Bülteni, Nisan
2004. Mermer özel sayısı, TMMOB., Ankara.

Özkahraman, H.T., Bolattürk A., 2003. Bina yapımında köyke gibi doğal taşlar
kullanmanın enerji tasarrufundaki önemi, Türkiye IV. Mermer
Sempozyumu, Afyon, Türkiye.

Özkahraman H.T., Işık E.C., 2003. Isparta Yöresinde Yüzeyleme Veren Tüflerin
Kaplama Taşı Olarak Kullanılması. Türkiye 4. Mermer Sempozyumu
Bildiriler Kitabı. Afyon.

Özkahraman H.T., Işık E.C., 2004, P-Dalgası hızı yardımıyla taşların ısı iletkenliği
tayini, Madencilik Bülteni, Mermer özel sayısı, Nisan 2004, TMMOB,
Ankara

Price NJ. The compressive strength of coal measure rocks. Coll. Eng 1960;37:283–
92.

Selcuk, G., 1992. Derebogazi (Isparta) yöresi tras yataklarının özellikleri, Akd. Univ.
Fen Bilimleri Yüksek lisans tezi, 69 sayfa, Isparta.

Smorodinov MI, Motovilov EA, Volkov VA. Determinations of correlation
relationships between strength and some physical characteristics of rocks.
Proceedings of the Second Congress of the International Society of Rock
Mechanics, vol. 2. Belgrade; 1970. p. 35–7.

Türk Standartları Enstitüsü, TS 699, Tabii Yapı Taşları, Muayene ve Deney
Metotları / Ocak 1987, Ankara

Türk Standartları Enstitüsü, TS 825, Binalarda ısı yalıtım kuralları, Resmi Gazete
23725 / 1999, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, TS 1910, Kaplama olarak kullanılan doğal taşlar / 1977,
Ankara

Türk Standartları Enstitüsü, TS 2513, Doğal yapı taşları / 1977, Ankara

Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 1467, yapılarda veya anıtlarda kullanılan ve bilinen uygulamalarla imal edilen doğal taş ürünlerinin üretildiği ham blokların özellikleri / 2005, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 1469, Doğal Taş Mamulleri - Kaplamada Kullanılan Plakalar ve Özellikler / Nisan 2006.

Yamaguchi U. The number of test pieces required to determine the strength of rock. Int J Rock Mech Min Sci 1970;7(2):209–27.

EK: DOĞAL TAŞLARIN KULLANIM ALANLARININ FOTOĞRAFLARI



Őekil E-1: Isparta kőyesi (kaynaklanmıŐ tűf)



Őekil E-2: Cami duvarında tűf kaplaması



Şekil E-3: Köyke ile kaplama yapılması



Şekil E-4: Isparta andeziti



Şekil E-4: Deney numuneleri



Şekil E-5: Piknometre deneyi



Şekil E-6: Arşimet terazisi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat SERT
Doğum Yeri : Bursa
Doğum Yılı : 01.01.1984
Medeni Hali : Bekâr



Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise: 1998 – 2002 Gemlik Celal Bayar Anadolu Lisesi
Lisans:2002 – 2007 S. Demirel Üniv. Müh-Mim. Fak, Maden Müh. Bölümü,
ISPARTA

Yabancı Dil: İngilizce

Stajlar:

| | |
|--|------|
| Kırka Bor İşletmeleri (Eskişehir) | 2004 |
| İlgın Linyit İşletmeleri | 2005 |
| ISBAŞ Pomza Üretim ve Zenginleştirme Tesisleri | 2005 |
| S.D.Ü Flotasyon ve Zenginleştirme Laboratuvarlar | 2006 |
| S.D.Ü Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi | 2006 |

Çalışmalar:

Lisans Semineri : Bor'un Ülke Ekonomisi Açısından Önemi ve Zenginleştirme Yöntemleri
Lisans Tezi : Alternatif Enerji Kaynakları.

BAŞARILAR

2001: Bursa Ferdi Judo Müsabakalar 60 kg il ikinciliği

2001: Bursa Ferdi Judo Müsabakalar Serbest Kategori İl üçüncülüğü

2005: Isparta İl Satranç Birinciliği

2006: Isparta İl Satranç Birinciliği

2007: Sütçüler Dut ve Pekmez Festivali Satranç Birinciliği

Bilgisayar Bilgisi:

Windows (xp,Vista,7), Microsoft Office,

İş Deneyimi ve Tecrübeler

2004-2007: S.D.Ü Satranç Topluluğu Başkanlığı, 2,5 sene

2005: S.D.Ü. Kreş ve Anaokulunda 1 sene Satranç Öğretmenliği

2007: Özel Altınbaşak Koleji 1 sene Satranç Öğretmenliği

2010: ISBAŞ A.Ş 6 ay Ocak ve Şantiye Mühendisliği

2010: Danışan Madencilik Yeraltı Linyit Ocağı Daimi Nezaretçiliği