

## GÜMÜŞLER (NİĞDE) KALSİTİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ümit ATICI\*

Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 18.05.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 21.07.2016

Kabul / Accepted: 02.09.2016

### ÖZ

Kalsit, özellikle mikronize formda birçok sanayi dalında (plastik, boya, kâğıt vs.) ve oldukça yüksek miktarlarda kullanım alanı bulan ucuz bir dolgu maddesidir. Tane boyutu ufaltma işlemlerinde en önemli girdilerden birisi enerji olup, işletmelerin enerji maliyetleri kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada Gümüşler-Niğde yöresindeki kalsitin fiziko-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Kalsitin fiziksel özelliklerinden, birim hacim ağırlık, su emme oranı ve porozite değerleri belirlenmiştir. Mekanik özelliklerden, Schmidt yüzey sertliği, Ultrasonik P dalga hızı, tek eksenli basınç dayanımı, Brezilyan çekme dayanımı ve elastisite modülü belirlenmiştir. Yapılan deneylerde birim hacim ağırlık  $2,69 \text{ g/cm}^3$ , Schmidt yüzey sertliği 46,10, basma dayanımı ise 76,01 MPa bulunmuştur. Kaya sınıflama sistemlerine göre, orta dirençli kayaç sınıfına girmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalsit, fiziksel özellikler, mekanik özellikler

## EVALUATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF CALCITE IN GÜMÜŞLER-NİĞDE REGION

### ABSTRACT

Calcite, especially micronized form, has been used in many industry branches (plastics, paint, paper, etc.) in large quantities as a cheap filler material. One of the most important input in the process of particle size reduction is the energy and the energy consumption of a plant is directly related to the physical and mechanical properties of rock. In this study, physico-mechanical properties of calcites from Gümüşler-Niğde region were investigated. Physical properties of calcite such as unit volume weight, water absorption ratio, porosity values were determined. Mechanical properties such as Schmidt rebound hammer, ultrasonic P wave velocity, uniaxial compressive strength, Brazilian tensile strength and elasticity modulus were determined. The unit volume weight, Schmidt rebound hammer value and uniaxial compressive strength value were found to be  $2.69 \text{ g/cm}^3$ , 46.10 MPa and 76.01 MPa, respectively. According to the rock classification system, the calcite was classified as middle strength class rock.

**Keywords:** Calcite, physical properties, mechanical properties

### 1. GİRİŞ

Kireçtaşının yapıtaşı olan kalsit, denizel ve görsel ortamlarda  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $[\text{CO}_3]^{-2}$  iyonlarının kimyasal sedimanter süreçlerde çökmesi ile veya kalkerli kavrıkları olan canlıların biyokimyasal sedimanter süreçlerle birikip sıkışmasıyla oluşmaktadır. Kimyasal formülü  $\text{CaCO}_3$  olup, saf olanları %56 CaO ve %44  $\text{CO}_2$  içermektedir.

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 2175; e-mail/e-posta: uatici@ohu.edu.tr

Ü. ATICI

Çeşitli şekillerde kristalleşebilen mineralin tane boyutu 1 mm ile 100 mm arasında ve  $2,7 \text{ g/cm}^3$  özgül ağırlığa sahip olan mineralin sertliği çok yüksek olmayıp, mohs sertlik skalasına göre yaklaşık 3'tür, ancak içerdiği silika miktarı kalsitin sertliğini 4'e kadar yükseltebilmektedir [1]. Kolay kırılan, cam parıltılı, doğada yarısaydam ve mat olarak bulunan kalsit romboeder yüzeylerine göre (1011) güzel dilinimlere sahip olup çift kırılması önemli bir özelliğidir [2]. Kalsit saf iken bazen saydam, genellikle opak ve beyazdır. Ancak safsızlığı bozan katkılar sebebiyle sarımsı, kahverengi ve gri renkler alabilmektedir.

Endüstriyel bir mineral olan kalsit, granül formda kullanıldığı gibi, öğütüldüğünde plastik, kağıt, boya, lastik, yem, tarım, cam ve ilaç gibi birçok sektörde özellikle dolgu malzemesi olarak mikronize boyutlarda kullanılmaktadır. Bu mineralin kullanımında kalitesini belirleyen başlıca nitelikleri, tane boyutu, renk ve kimyasal saflığıdır. Mineralin safsızlıkları oksit olarak MgO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na, O, TiO<sub>2</sub> ve P<sub>2</sub>O olup, kullanıldığı sanayi dalına göre kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Tane boyutu ise, tüvanan kalsitin endüstriyel proseslerle kırılması ve öğütülmesi ile üretilmekte olup, kullanıldığı sektöre göre tane boyutu ve tane boyutu dağılımı, ürün kalitesini birebir etkilemektedir.

Kalsitin kırılması ve öğütülmesi sırasında işletmeler için ana masraf enerji giderleri olup, bu durum kayacın fiziksel özellikleri ile doğrudan etkileşim içerisinde. Yapılan daha önceki çalışmalarda, endüstriyel mineraller ve kireçtaşlarının fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi konularında birçok çalışma bulunmasına rağmen kalsitin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi konusunda yeterli miktarda çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma ile Gümüşler (Niğde) yöresi kalsitlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin TSE ve ISRM standartlarına göre testleri gerçekleştirilerek değerlendirilmesine çalışılmıştır.

## 1.1. İnceleme Alanının Jeolojisi

Niğde Masifi, Kırşehir Masifi olarak adlandırılan metamorfik kütlelerin, Güneydoğu ucunu oluşturur. Masifin metamorfik kayaları "Niğde Grubu" olarak adlandırılmıştır. Bu grubun içinde, tabandan tavana doğru; Gümüşler, Kaleboynu, Aşıgediği ve Çamardı Formasyonları ayırt edilir. Niğde grubu metamorfikleri, beyaz ve mavimsi mermerler, kuvarsit, amfibolit ve gnayslardan oluşur. Masifin kuzeyinde çeşitli aşamalarda deformasyon ve metamorfizma gösteren Sineksiz Yayla meta-gabrosu yer alır. Üçkapılı granodiyoriti ise, masifte yer alan tüm kayaları keser. Niğde Masifini örten en yaşlı birim, Orta-Üst Paleosen yaşlı fliş çökelleridir. Çakıltaşı düzeyiyle başlayan fliş, çamurtaşı, silttaşı, kireçtaşından oluşmuştur. Fliş üzerine Üst Oligosen yaşlı gölsel kireçtaşları gelir. Bu çökel birimlerini, ignimbiritik dokuya sahip tüfler örter. Niğde ve civarının genişletilmiş stratigrafi kesiti Şekil 1'de verilmektedir.

Jeotektonik konum olarak ise; Maden Teknik Arama Enstitüsü'nün yapmış olduğu değerlendirmelere göre, Niğde Masifi Anatolitler tektonik birliğine girer. Masifte biri plastik diğeri katı olmak üzere iki deformasyon olayı vardır. Plastik deformasyona ilişkin iki kıvrımlanma evresi görülür. Niğde Masifinin kendisi büyük bir dom yapısına sahiptir. Domların oluşumunda granodiyorit sokulumunun yerleşim süreci etkin olmuştur. Faylanma, Masifin kuzeybatı ve güneybatısı için dikkati çeken bir özelliktir. Bölgedeki iki büyük fay, doğudaki Ecemiş Fayı ve güneydeki Celaller Fayı'dır. Daha küçük çaplı normal fayları Kuzeybatı-Güneydoğu, Kuzeydoğu-Güneybatı ve Doğu-Batı yönlü olmak üzere üç grupta toplanabilmektedir [3].

Gümüşler formasyonu mermer, amfibolit, kuvarsitik gnays ve talksilikat-mermer ara bant ve mercekleri içeren farklı mineral birleşimli gnayslardan oluşur. Gnayslar içerisinde mermer, amfibolit, kuvarsit bant ve mercekleri gözlenir. Göncüoğlu Gümüşler Formasyonu tabanındaki para gnayslardan zenginleştirmeye elde ettiği zirkonlardan U/Pb yöntemiyle  $2059 \pm 77 \text{ my}$  (Proterozoyik) yaşı elde etmiş, formasyonun Algankiyen yaşlı bir kayaktan kırıntı aldığını belirtmiştir [4]. Yine Göncüoğlu 1986 yılında yapmış olduğu çalışmada, Gümüşler formasyonunda hâkim bölgesel metamorfizma koşullarının almandin-sillimanit orta derecede gerçekleştiği ancak Niğde grubunun diğer bölümlerinde yer yer (olasılı granitin de etkisi ile) kordiyerit-almandin yüksek dereceye ulaştığı ve pelit kökenli gnayslarda kısmi ergimeye yol açtığını, Gümüşler Formasyonu gnayslarından  $460 \pm 53 \text{ my}$  yaşı elde edildiğini ifade etmiştir [5]. Bu veriler ışığında Niğde grubunun yaşının, en azından Alt Paleozoyik'e kadar indiği ve Paleozoyik yaşlı olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Koçak Ortaköy yöresinde, Gümüşler formasyonuna karşılık gelen Tamadağ formasyonundaki mermerlerde bulunduğu akritark, graptolit ve mercan fosillerine dayanarak formasyon için Silüriyen-Devoniyen yaşını vermişlerdir [6]. Kurt ve ark. [7] tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada da Niğde grubunun tabanını oluşturan Gümüşler formasyonunun yaşı Paleozoyik olarak belirlenmiştir.



## 2. MATERYAL VE METOT

Kalsit genellikle mikronize olarak kullanılan bir endüstriyel mineraldir. Kullanım açısından değerini belirleyen faktörler ise; saflığı, tane boyutu dağılımı ve rengidir. Bu sebepten dolayı fiziksel ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi konusuna yeterince önem verilmemiştir. Ancak tane boyutunun ufaltılması amacıyla yapılan proseslerde enerji maliyeti işletme giderlerinden en yüksek kalemi oluşturması ve malzemenin ufalanabilirliğinin fiziksel ve mekanik özelliklerle birebir ilişkili olması nedeniyle Gümüşler yöresi kalsitlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesine ve sınıflandırılmasına çalışılmıştır.

Fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çalışma yapılan bölge Kayseri-Niğde yolunun yaklaşık 700 m güneydoğusunda yer almakta olup, araziden alınan numuneler Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü numune hazırlama laboratuvarında fiziksel ve mekanik testler için TSE ve ISRM standartlarında belirtilen ebatlarda karot almak suretiyle örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler TS 699 [8] ve ISRM [9] standartlarına göre testlere tabi tutularak değerlendirilmiştir. Kalsit için Niğde Üniversitesi, Maden Mühendisliği Laboratuvarlarında gerçekleştirilen testler topluca Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Kalsit numuneleri için gerçekleştirilen Fiziko-Mekanik Testler

Fiziksel Testler	Mekanik Testler
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yoğunluk,</li> <li>• Kuru birim hacim ağırlık,</li> <li>• Doygun birim hacim ağırlık,</li> <li>• Hacimce su emme oranı,</li> <li>• Ağırlıkça su emme oranı</li> <li>• Porozite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmidt Yüzey sertliği,</li> <li>• Sonik hız deneyi,</li> <li>• Endirekt çekme dayanımı,</li> <li>• Tek eksenli basma dayanımı,</li> <li>• Deformasyon deneyi,</li> </ul>

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Fiziksel Özellikler

Bu çalışmada kalsitin Tablo 1’de belirtilen fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TS [8] ve ISRM [9] ye göre bir dizi deney yapılmıştır. Yapılan deneylerde Gümüşler yöresi kalsitin kuru birim hacim ağırlık ve doymuş birim hacim ağırlık olmak üzere iki farklı birim hacim ağırlık değeri belirlenmiştir. Kayacın fiziksel özellikleri Tablo 2’de topluca verilmektedir.

**Tablo 2.** Gümüşler yöresi kalsitin fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	$X_{min}$	$X_{max}$	S	$\bar{X}$
Kuru Birim Hacim Ağırlık ( $g/cm^3$ )	2,69	4,05	0,61	2,97
Doygun Birim Hacim Ağırlık ( $g/cm^3$ )	2,69	4,06	2,97	0,61
Ağırlıkça su emme oranı (%)	0,03	0,06	0,01	0,05
Hacimce su emme oranı (%)	0,08	0,25	0,06	0,15
Zahiri Porozite (%)	0,08	0,25	0,06	0,15
Boşluk Oranı (%)	0,0008	0,0025	0,0006	0,0015

$X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük Değer, S: Standart sapma,  $\bar{X}$ : Aritmetik ortalama

Bütün doğal kayaçların içyapısında gözle görülebilen veya görülemeyen irili ufaklı, sürekli veya süreksiz birçok boşluk bulunmaktadır. Bu boşlukların özellikle büyük ve birbirleriyle bağlantılı olanları, kayacın dayanım özellikleri ile birebir ilişkilidir. Boşluk oranları yüksek olan kayaçların boşluk oranları düşük olan kayaçlara göre daha az dayanım özelliklerine sahip oldukları bilinen bir gerçektir. Yapılan çalışmalar ile ilgili kayacın zahiri porozite değeri %0,15, boşluk oranı ise %0,0015 olarak bulunmuştur. Moos-Quervain [10]’in yapmış olduğu, kayaçların porozite oranına göre sınıflandırmasında (Tablo 3) kayacın çok kompakt kayaç sınıfına girdiği görülmektedir.

## GÜMÜŞLER (NİĞDE) KALSİTİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Tablo 3.** Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması [10]

Kayaç Sınıfı	Porozite (%)	Çalışılan Kayaç
Çok Kompakt	< 1	0,15
Az Boşluklu	12,5	
Orta Boşluklu	2,5-5	
Oldukça Boşluklu	5-10	
Çok Boşluklu	10-20	
Çok Fazla Boşluklu	>20	

**3.2. Mekanik Özellikler**

Kayaçların mekanik özellikleri, kırma öğütme prosesinin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple, kalsitin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Schmidt yüzey sertlik deneyi ISRM [9]'ye göre, sonik hız (P dalga) deneyi ile çekme ve basma dayanım deneyleri Türk Standartlarına göre gerçekleştirilerek kayacın deformasyon özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla elastisite modülü değerleri belirlenmiştir. Deney sonuçları topluca Tablo 4'de verilmektedir.

**Tablo 4.** Kayacın mekanik özellikleri

Mekanik Özellikler	$X_{min}$	$X_{max}$	S	$\bar{X}$
Schmidt yüzey sertlik İndeksi	41,32	53,13	3,81	46,10
Sonik hız deneyi (P) (km/sn)	5,13	5,93	0,31	5,59
Endirekt çekme dayanımı (MPa)	5,69	6,08	0,28	5,89
Tek eksenli basma dayanımı (MPa)	66,39	92,74	10,05	76,01
Elastisite modülü (GPa)	25,224	32,201	3,847	27,78

$X_{min}$ : En küçük değer,  $X_{max}$ : En büyük Değer, S: Standart sapma,  $\bar{X}$ : Aritmetik ortalama

Schmidt yüzey sertlik deneyi, numunenin bütünlüğüne zarar vermeden yapılan kolay ve pratik bir deney yöntemidir. Schmidt sertlik tayini, arazi ve laboratuvar ortamında, kayaçların sertliklerinin belirlenmesinde ve tek eksenli basma dayanımlarının dolaylı yoldan tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılan bir test yöntemidir. Yapılan çalışmada, kayacın Schmidt sertlik değeri 46,1 olarak belirlenmiş olup, ISRM [9] tarafından yapılan değerlendirmeye göre ilgili kayaç çok sert kayaç sınıfına girmektedir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Kayaçların Schmidt sertliğine göre sınıflandırılması [9]

Kaya Sınıfı	Schmidt Yüzey Sertlik Değeri	Çalışılan Kayaç
Fevkalade Yumuşak	16-20	
Çok Yumuşak	20-24	
Yumuşak	24-30	
Sert	30-45	
Çok Sert	45-60	46,1
Fevkalade Sert	>60	

Sonik hız deneyi de, numuneye zarar vermeden gerçekleştirilebilen deney yöntemlerindedir. Laboratuvar ortamında kayacın dinamik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılırlar. Verici probdan üretilen elektriksel sinyal mekanik titreşime dönüştürülerek kayaç numunesinin içerisinden gönderilerek, karşı taraftaki alıcı tarafından kaydedilmesi sırasında geçen süre hesaplanır. Sonik hız deneyi, kayaçlardaki mineralojik yapı, doku, gözeneklilik, yapıdaki mikro ve makro çatlaklar ile diğer süreksizlikler gibi fiziksel özelliklerin tahmin edilmesi amacıyla gerçekleştirilir. Yapılan deney sonucunda kayacın P dalga hızı 5,59 km/sn olarak bulunmuş olup, Anonim [11] tarafından yapılmış olan sınıflamaya göre çok yüksek hıza sahip kayaç grubuna girdiği görülmektedir (Tablo 6). Sedimanter kayalarda 4500 m/s ve 1500 m/s arasında çeşitli değerler alma eğiliminde olduğu düşünülürse elde edilen bu değer yüksektir. Ancak, genel olarak kayacın dalga hızı gözeneklilikle ilgilidir. Porozitesi düşük, homojen ve süreksizliği az olan kayaçların sonik hızı değerleri daha yüksektir.

Ü. ATICI

Çalışılan kayacın porozite değerinin de %0,15 gibi çok düşük bir değer çıkmış olması bu sonucu doğrular niteliktedir. Ancak bu çalışmaların laboratuvar ölçekli numuneler üzerinde yapılmış olması nedeniyle, arazi boyutlu numuneleri tam olarak temsil etmeyebilecekleri de düşünülmektedir.

**Tablo 6.** P dalga hızı sınıflaması [11]

Sınıf	Dalga hızı (km/sn)	Tanımlama	Çalışılan Kayaç
1	<2,5	Çok düşük hız	
2	2,5-3,5	Düşük hız	
3	3,5-4,0	Orta hız	
4	4,0-5,0	Yüksek hız	
5	>5,0	Çok yüksek hız	5,59

Aynı doğrultuda birbirlerinden uzaklaşan zıt yönlerdeki kuvvetlerin oluşturduğu gerilmeye “Çekme Gerilmesi” denir. Çekme gerilmesi kayaçların boylarında uzamaya, enlerinde ise daralmaya neden olur. Her iki ucundan çekilen bir numunenin yenildiği andaki gerilme değerine “Çekme Dayanımı” denir ( $\sigma$ ). Çekme dayanımı, kayaçların mekanik özelliklerinden birisidir. Birçok kayaç; birisi çekme asal gerilmesi, diğeri basma asal gerilmesi olan iki eksenli gerilme alanı içerisinde, tek eksenli basma kuvveti ve çekme sonucu kırılır. Çekme dayanımı genel olarak zedelenmemiş sağlam kayanın sınıflaması ve tanımı için kullanılmakla birlikte bu değer, bazı tasarım problemlerinde de girdi olarak kullanılır. Kayaçların çekme dayanımını belirlemek için uygulamada “Direkt Çekme” ve “Endirekt Çekme (Brezilyan)” olarak tanımlanan iki deney yöntemi bulunmaktadır. Kayacın çekme dayanımını belirlemek amacıyla disk şeklinde hazırlanmış örneklerin çapsal yükleme altında çekme dayanımlarının dolaylı yoldan tayinini amaçlayan Brezilyan endirekt çekme dayanımı yöntemi kullanılmış olup, kayacın endirekt çekme dayanım değeri 5,89 MPa olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tek eksenli basma dayanım deneyi kayaçların dayanım, deformasyon ve yapısal karakteristiklerinin belirlenmesinde oldukça geniş kullanım alanı bulan bir deney yöntemidir. Tek eksenli basınç dayanımı, üzerine uygulanan basma yüklerine karşı kaya numunelerinin, kırılmadan önce dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Deneydeki amaç kırılmadan önceki silindirik veya prizma şeklinde hazırlanan numunelerin, tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırının bulunmasıdır. Yapılan çalışmada, Tablo 4’de görüldüğü gibi, kayacın tek eksenli basma dayanımı 76,01 MPa olarak bulunmuş olup, Deere ve Miller [12]’in yapmış olduğu sınıflamaya göre, orta dirençli kayaç sınıfına girdiği tespit edilmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7.** Tek eksenli basma dayanımına göre kayaların sınıflandırılması [12]

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)	Çalışılan Kayaç
Çok düşük dirençli	<25	
Düşük dirençli	25-50	
Orta dirençli	50-100	76,10
Yüksek dirençli	100-200	
Çok yüksek dirençli	>200	

Elastisite modülü, düşey yanal gerilme değişiminin, düşey birim deformasyona oranı şeklinde tanımlanmakta olup, malzemenin rijitlik ölçüsüdür. Elastisite modülü artarsa malzemenin kalıcı şekil değişimi olmadan dayanabileceği kuvvetler de artmaktadır. Elastisite modülü yüksek olan bir malzemenin göreceli olarak dayanımı da daha yüksek olmaktadır. İncelemesi yapılan kayacın Elastisite modülü 27,78 GPa olarak tespit edilmiş olup, kalsit için yüksek bir değer olduğu düşünülmektedir (Tablo 4).

#### 4. SONUÇLAR

Sanayide çok geniş kullanım alanına sahip olan kalsit minerali, özellikle mikronize olarak tüketilmektedir. Malzemenin kullanılabilirliğini belirleyen en önemli üç özelliği ise, rengi, safsızlığı ve tane boyutudur. Doğada tüvanan olarak elde edilen kalsit, kırma, öğütme gibi ufalama proseslerine tabi tutularak mikronize ve hatta nano boyutlara indirilmektedir. Bu süreçlerde işletmelerin en önemli gider kalemlerinden birisi olan enerji ise, doğrudan ilgili malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleriyle ilişkilidir.

**GÜMÜŞLER (NİĞDE) KALSİTİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yapılan bu çalışma ile Gümüşler, Niğde yöresi kalsitlerden arazi boyutlu olarak alınan numuneler, Fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, TSE ve ISRM standartlarına göre testlere tabi tutulmuşlardır. Yapılan bu testler sonucunda, çalışmada kullanılan kalsit numunesinin yoğunluğunun  $2,69 \text{ g/cm}^3$  olduğu ve %0,15 porozite değeri ile kompakt kayaç sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Mekanik özellikler açısından değerlendirildiğinde ise, Schmidt yüzey sertliği açısından 46,1 değeri ile fevkalade sert kayaç olarak, sonik hız açısından ise çok yüksek hıza sahip olması nedeniyle, homojen, büyük süreksizliklere sahip olmayan kayaçlar olduğu düşünülmektedir.

Dayanım değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan indirekt çekme dayanımı, tek eksenli basma dayanımı ve elastisite modülü değerleri de sırasıyla, 5,89 MPa, 76,01 Mpa ve 27,78 GPa olarak tespit edilmiş olup Deere ve Miller'in yapmış olduğu sınıflamaya göre; orta dirençli kayaç sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Ancak yapılan bu çalışmaların tamamı laboratuvar boyutlu numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş olduğu için arazi ölçekli çalışmalarda bu değerlerin daha düşük sonuçlar vereceği daha sonraki yapılacak çalışmalarda göz önünde tutulması gereken bir durumdur.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışma ile bir bölgeye ait kalsit minerallerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş olup, farklı yöreler için de benzer çalışmalar yapılarak, bu kayaçların tane boyutu ufaltma işlemleri için laboratuvar veya sanayi boyutlu harcanan enerji değerleri belirlenmelidir. Daha sonradan özel matematiksel veya yeni nesil genetik modelleme programları kullanılması ile modellerin üretilmesi mümkün olabilecektir. Geliştirilen bu modeller sayesinde, işletmeler üretim planlarını yaparken laboratuvar ölçekli yapacakları fiziksel ve mekanik testlerle enerji maliyetlerini tahmin etmeleri mümkün olabilecektir.

**KAYNAKLAR**

- [1] YÜCETÜRK, G., “Yapay Mermerde Kullanılan Kuvars ve Kalsit Minerallerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri”, S.D.U. International Journal of Technological Science, 2-3, 2010.
- [2] UÇURUM, M., “Kalsit madenciliğinin Geleceğinde Optik ayırma Teknolojilerinin Yeri ve Önemi”, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4:1, 40-46, 2015.
- [3] [http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/konya/index.php?id=nigde\\_bolgesel\\_jeoloji](http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/konya/index.php?id=nigde_bolgesel_jeoloji) (Erişim Tarihi: 15.03.2016)
- [4] GÖNCÜOĞLU, M.C., “Niğde Masifi Paragnaylarında Zirkon U/Pb Yaşları”, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 25:1, 61-66, 1982.
- [5] GÖNCÜOĞLU, M.C., “Orta Anadolu Masifinin Güney Ucundan Jeokronolojik Yaş Bulguları”, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 105:106, 111-124, 1986.
- [6] KOCAK, K., “Regional Metamorphism of the Detritic Rocks In Ortakoy (Aksaray) Area”, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 122, 31–39, 2000.
- [7] KURT, H., KOÇAL, K., KÜRŞAD, A., KARAKAŞ, M., “Niğde, Elmalı Güneyi S-Tipi Biyotit Granitoidleri ve Anklavlarının Petrolojisi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12:2, 249-258, 2006.
- [8] TS 699, “Doğal Yapı Taşları İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [9] ISRM (International Society for Rock Mechanics), “Rock Characterization, Testing and Monitoring” International Society of Rock Mechanics Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 1981.
- [10] MOOS, A.V., QUERVAIN, F.D., “Technische Gesteinkunde”, Verlag Birkhauser, Basel, 1948.
- [11] ANON, O.H., “Classification of Rocks and Soils For Engineering Geological Mapping”, Part I- Rock and Soil Materials. Report of the commission of engineering geological mapping, bulletin international association of engineering geology 19, 364-371, 1979.
- [12] DEERE, D.U., MILLER, R.P., “Engineering Classification and Index Properties for Intact Rocks”, Tech. Report. Air Force Weapons Lab., New Mexico, No. AFNL-TR, 65–116, 1966.