

# Beyaz tüflerde çevrim sayısına bağlı ideal suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (SDI) değerinin belirlenmesi

## Hüseyin ANKARA

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir*

Makale Gönderme Tarihi: 28.02.2017

Makale Kabul Tarihi: 04.05.2017

## Öz

*Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (SDI) deneyi, zayıf ve killi kayaçların ıslanma ve kuruma çevrimleri sürecinde, aşınmaya ve ayrılıp suda dağılmaya karşı gösterdiği direnci belirlemekte kullanılmaktadır. SDI deneyi sonrasında bu direnci belirleyen bir indeks değeri hesaplanmaktadır. Ancak deneyde kullanılan örnek parçalarının şekli, ağırlığı, boyutu ve yüzey pürüzlülüğü gibi indeks değerini etkileyen birçok etken vardır. Bu çalışma kapsamında taze ve yüzeysel bozunmaya uğramış beyaz tüflerden küre şekilli, eş farklı boyutlu, eş farklı ağırlıklı ve pürüzsüz yüzeyli deney örnekler üzerinde SDI deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonunda deney örneklerinin kütle ağırlığı 50 gr olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu etkenlerin SDI indeksi üzerindeki etkisi çevrim sayısına bağlı olarak da araştırılmıştır. Bu deneyler sonucunda beyaz tüfler için çevrim sayısının da SDI indeks değerlerinde etkin olduğu ortaya konulmuştur. Standartlarda önerilen 2 veya 4 çevrimlik SDI deneyinin beyaz tüf için yeterli olmadığı, çoklu çevrimden sonra ideal indeks değerlerine ulaşılacağı sonucuna varılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi; beyaz tüf; yüzeysel bozunma; çevrim sayısı*

## Giriş

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (SDI) deneyi Chandra (1970) ile Franklin ve Chandra (1972) tarafından önerilmiştir. Bu deney kayaçların Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık indeksinin belirlenmesi amacıyla ISRM ve ASTM tarafından standartlaştırılmıştır. SDI deneyi özellikle şeyl, killi ve zayıf kayaçlar için önemli bir mühendislik parametresidir. Bu deneyin amacı, genellikle kil içeren kayaların ıslanma ve kuruma çevrimi ile aşınmaya ve ayrılıp suda dağılmaya karşı direncini gösteren bir indeks değeri belirlemektir (Ulusay, vd., 2005; 2011; TSE, 1990). Belirlenen bu indeks değeri açık ocak veya dekapaj ile ilgili stabilite problemlerinde, açık işletmelerde ve yeraltı yapılarında, kaya sınıflandırmasında ve standart dışı yapı taşlarında kullanılan bir parametredir.

Franklin ve Chandra (1972), kayaç örneklerinin porozitesi ve geçirgenliğinin, örnek sayısının, şeklinin ve ağırlığının deney üzerindeki etkisini araştırmak için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda, her biri 40-60 gr ağırlığında olan 10 adet yuvarlak deney örneği hazırlanmasının en uygun yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Deney örnek parçalarının köşeleri yuvarlatılmış ve kabaca küresel (ISRM, 2007) veya mümkün olduğunca küresele yakın (Ulusay vd., 2011) şekilde olması önerilmektedir. Deney örneklerinin yüzeyleri pürüzsüz ve kabaca eş boyutlu hazırlanması tavsiye edilmektedir (TSE, 1990).

Deney örnek parçalarının şekli, köşeliliği ve yüzey özellikleri SDI deneyleri sonucunda elde edilen indeks değeri üzerinde etkili olmaktadır. SDI deneylerinin küresel veya yuvarlatılmış ve pürüzsüz deney örnekleri üzerinde yapılması standartlar tarafından önerilmektedir (ISRM, 2007; ASTM, 1998; TSE, 1990). Ancak kabul gören standartlara göre bu tür deney örneklerinin hazırlanması çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle SDI indeksleri değerlendirilirken, deney örnek parçalarının şeklini, köşeliliğini ve pürüzlülüğünü göz önünde bulunduran yöntemler önerilmiştir. Vallejo (1994), yüzey pürüzlülüğünün SDI indeksi değerine etkisini araştırmış ve fraktal

boyut analiz yöntemini ile irdelemiştir. Kolay ve Kayabalı (2006), şekil ve yüzey pürüzlülüğünün SDI indeksi deneyine etkisini farklı tipteki kayaçlardan (marn, killi kireçtaşı, tüf, kumtaşı ve bozunmuş granit) köşeli, yarı köşeli ve yuvarlak örnekler hazırlayıp deney tabi tutmuşlardır. Örnek parçalarının yüzey pürüzlülüğü fraktal boyut analizi ile ölçülmüş ve SDI indeksi deneyinde kullanmak için çeşitli yüzey pürüzlülüğü değerlerinden oluşan bir tablo geliştirmişlerdir. Kıncal vd. (2010), çalışmalarında tüflerin ayrışmasını belirlemek için fraktal boyut analizini kullanmışlardır. SDI deneyinden önce ve sonraki fraktal boyut arasındaki değişimi fraktal parametre olarak tanımlamışlardır. Agustajıwaya (2003), deney örnek şeklinin ve boyutunun tambur içerisindeki hareketini nasıl etkilediğini irdelemiştir. Kolay vd. (2004), kil içerikli bazı kayaç örneklerinden az köşeli, köşeli, az yuvarlak ve yuvarlak olmak üzere farklı şekil ve pürüzlülüğe sahip deney örnekleri hazırlayıp SDI deneyine tabi tutmuşlardır. Deney sonunda, masif yapılı, laminalanma ve tabakalanma göstermeyen deney örnekleri (killi kireçtaşı, tüf, bozunmuş granit) yuvarlatılmış ve köşeli-pürüzlü yüzeye sahip örneklerin  $I_d2$  değerlerinde % 3 ile % 25 arasında farklar oluştuğunu ve bu durumun kaya sınıflamasını etkilediğini görmüşlerdir. Ankara vd. (2013a), deney örneklerin şekil ve yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanan indeks değeri üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için eşdeğer boyut ve ağırlıkta küreler hazırlanmasına yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmalarında küre ve yuvarlak deney grupları arasındaki indeks değerleri karşılaştırılmış ve küre deney gruplarının  $I_d2$  indeks değerlerinin yuvarlak deney gruplarının indeks değerlerine göre yüksek çıkma oranını %74,19 olarak bulmuşlardır. Ankara vd. (2011; 2013b), beyaz ve pembe tüflerden hazırlanan 5 adet küre ve 2 adet yuvarlak deney grupları üzerinde SDI indeksi deneyleri yapmışlardır. SDI indeksi deneyleri sonucunda, küre deney gruplarının  $I_d2$  indeks değerleri yuvarlak deney gruplarının indeks değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca masif kaya örneklerinden hazırlanan küre deney grupları arasındaki  $I_d2$

*Beyaz tüflerde çevrim sayısına bağlı ideal suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (SDI) değerinin belirlenmesi*

değerleri arasındaki fark pembe tüflerde % 0,29, beyaz tüflerde % 0,67 ve marnlarda % 0,1 olarak bulunmuştur. Yuvarlak deney örneklerinde Id<sub>2</sub> değerleri arasındaki fark pembe tüflerde % 2,30 ve beyaz tüflerde 2,80 ve marnlarda % 1,03 olmuştur. Laminallı marnlardan hazırlanan küre ve tabakalara dik ve paralel yuvarlak deney gruplarının SDI değerleri küre örnek grubunda daha yüksek bulunmuştur (Ankara vd., 2016).

Örnek ağırlığının indeks değeri üzerindeki etkisini inceleyen araştırmalarda, Rintrawilai, (2010) yapmış olduğu çalışmada büyük ölçekli SDI indeksi deneyi ile standart SDI indeksi deneyini karşılaştırmıştır. SDI deneyleri büyük ölçekli ve standart ölçekli tamburlarda uygulanmış, geniş ölçekli deneyde standart ölçekli deneye göre SDI değerleri iki kat daha fazla doğrulukla bulunmuştur. Rintrawilai vd., (2011), SDI deneyini büyük ölçekli tamburda kumtaşlarının aşınma ve bozunma karakteristiklerini araştırmıştır.

Çevrim sayısının üzerindeki etkisini araştıran çalışmalarda, Taylor (1988) çamur taşlarında SDI deneyini 3 çevrim olarak uygulamıştır. Dick ve Shakoor (1992) ikinci çevrimde SDI değerinin, her bir çamur taşı litotipinin litolojik özellikleriyle ilişkili olduğunu görmüşlerdir. Moon ve Beattie (1995), düşük kararlılık indeksine sahip ince taneli ve karbonatlı çamur taşları üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Deneylerde ikinci çevrim sonrası tambur içinde kalan kayaç parçalarını fark edince çevrimleri üçe çıkararak deneyleri tekrarlamışlardır. Ulusay vd. (1995) laminallı, laminallı-masif ve bozunmuş marnlar üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Her bir deney grubu için beş çevrimlik SDI deneyi uygulamışlardır. Bell vd. (1997) çamur taşlarının duraylılığını belirlemek için en iyi çevrim sayısının 3 olduğunu belirlemişlerdir. Gökçeoğlu vd. (2000), kil içerikli dayanımsız kayaçların kısa süreli ıslanma iki çevrimli SDI indeksi deneyi ile belirlenemeyeceğini vurgulamaktadır. Gökçeoğlu ve Aksoy, (2000) kil içerikli kayaçların sınıflandırılmasında, suyun kayaçlar üzerindeki etkisini belirlemek için; SDI deneyinin 2 çevrim

yerine 4 çevrim olarak uygulanmasının daha uygun olduğunu belirlemişlerdir. Tonon vd., (2009), kireçtaşları üzerinde SDI deneyini uygulamışlardır. İkinci çevrim sonrasında kayaçların küçük parçacıklar halinde dağıldığını gözlemlemişlerdir. Walsri vd., (2012) kumtaşlarında, 10'ncü çevrim sonunda su emme değerlerinin sırasıyla %12, %3 ve %2 olduğunu görmüşlerdir. Khalily vd. (2013), SDI indeksi deneyini 4 çevrim olarak uygulamıştır.

Kayacın mineralojik özelliklerinin SDI değeri üzerindeki etkisini araştıran çalışmalarda ise; Morgenstern ve Eigenbrod, (1974) çok sayıda kuru ve ıslak çevrimli SDI deneyinden killi malzemenin su içeriğini hesaplamıştır. Moon ve Beattie (1995) düşük kararlılık indeksine sahip, kaolinit killerinin baskın olarak bulunduğu, ince taneli ve karbonatlı çamur taşları üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bell vd. (1997), zayıf ve kil içeren kayaçların suya dayanımını belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Bell ve Culshaw (1998), kumtaşları üzerinde yapmış oldukları çalışmada; SDI indeksi değerinin kuvars içeriğinin artmasıyla arttığını, kil içeriğinin artmasıyla azaldığını gözlemiştir. Gökçeoğlu vd. (2000), SDI indeksi değerlerini, laboratuvar deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı ve mineralojik özellikleriyle karşılaştırmışlardır. Dhakal vd. (2002), piroklastik kayaçların, çamur taşlarının ve tüflü kumtaşlarının SDI değerini irdelemişlerdir. Ergüler ve Ulusay (2009), Türkiye'den seçtikleri kil içeren kayaçlarda dağılımı belirlemek için SDI indeksi değerlendirmesi adı altında yeni bir parametre geliştirmişlerdir. Ergüler ve Shakoor, (2009a, b) SDI indeksi deneyinden sonra kil içerikli kayaçların parça tane boyutunun belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlar ve dağılım oranı terimini geliştirmişlerdir. Nandi ve Whitelaw, (2009), taze şeyl kayaçlarından aldıkları örnekleri, çoklu çevrimli SDI indeksi deneyine tabi tutmuşlar ve kalsit ve jips gibi mineral varlığı ile dağılım oranı arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu görmüşlerdir. Çevik vd. (2011), kil içerikli kayaçların tek eksenli basınç dayanımını tahmin etmede iki ve dört çevrimli SDI indeksi değerleri ile kil içeriği arasındaki ilişkiyi

araştırmıştır. Miscevic ve Vlastelica, (2012) mam kayaç örneklerine ıslanma kuruma çevrimleri sonucunda, karbonat içeriği % 54,6 olan örnek için  $I_d2$  indeksi % 76,0 bulurken; karbonat içeriği % 44,4 olan örnek için bu değeri % 89,7 olarak bulmuşlardır. Khalily vd. (2013), kayaçların kalsiyum karbonat içeriği ile SDI duraylılığı arasında bir ilişkinin olduğunu belirlemişlerdir. Beyhan (2008) yapmış olduğu çalışmada, kalsiyum karbonatın SDI indeksi üzerindeki etkisini araştırmıştır.

Kayacın mekanik özellikleri ile SDI değeri arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda; Aufmuth, (1974) kayacın elastisite modülü ve Schmidt çekici değerleri ile SDI değerlerini karşılaştırmıştır. Koncağül ve Santi (1999), tek eksenli basınç dayanımını tahmin etmek için shore sertlik deneylerini ve SDI indeksi değerlerini kullanmışlardır. Sharma ve Singh, (2008), P-dalga hızından, SDI indeksi ve dayanım etki indeksini tahmin edebilmek için ampirik eşitlikler geliştirmişlerdir. Ayakwah (2009), nokta yükü dayanımı, SDI, kayacın mekanik ve kimyasal özellikleri, ve diğer jeoteknik parametreler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yalım (2009), SDI deneyleri sonucunda masif bazaltların boşluklu bazaltlara göre daha yüksek duraylılığa sahip olduğunu göstermiştir. Yağız (2011), karbonatlı kayaç üzerinde SDI indeksi, tek eksenli basınç dayanımı, Schmidt sertliği, P-dalga hızı, elastisite modülü, porozite gibi özellikleri arasındaki ilişkiyi irdelemiştir. Kolay vd. (2010), SDI indeksi değeri, nokta yükü dayanımı indeksi, kuru birim hacim ağırlığı ile fraktal boyut arasında en iyi ampirik ilişkiyi tanımlamaya çalışmışlardır. Swain (2010), SDI değerleri ile Los Angeles aşınma kaybı deneyi değerleri arasında benzerlik olduğunu gözlemlemiştir. Moradian vd. (2010), kumtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı, yoğunluk ve porozite ile SDI değerleri arasındaki ilişkiyi çoklu regresyon denklemleri ile belirlemişlerdir. Çevik vd. (2011), NN modellemesinde giriş parametreleri olarak, kayacın kökenini, iki/dört çevrimlik SDI değerlerini ve kil içeriğini kullanmışlar ve çıkış parametresi olarak kayacın tek eksenli basınç

dayanımını elde etmişlerdir. Bozkurtoğlu ve Mert (2012), Kandıra taşı üzerinde SDI ile kayaç değişim değeri (KDD), kayaç değişim oranı, fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiyi irdelemişlerdir. Khalily vd. (2013), SDI deneyi sonuçları ile su emme oranı, nokta yükü dayanımı, kuru yoğunluğu ve kalsiyum karbonat içeriği gibi fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

Bu çalışmada SDI deney örneklerinin şekli, boyutu/ağırlığı, çevrim sayısı ve yüzeysel bozunma özelliğine bağlı olarak beyaz tüfler üzerinde çevrim sayısına bağlı ideal SDI değerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## Malzeme ve Yöntem

### Malzeme

SDI deneylerinde kullanılan 20x30x40 cm boyutlarındaki beyaz tuf kaya blok örnekleri Eskişehir-Derbent taş kesme ocağından alınmıştır. Eskişehir iline ait tüfler üzerinde yapılan çalışmalarda Eskişehir-Gümele dolaylarındaki Tersiyer volkanik ve sedimanter kayaçların, volkanik aktivitenin kesikli ve kısıtlı olarak devam ettiğini, Pliyosen yaşlı bazik-ortaç volkanik kayaçların, gösel fasiyeste, sedimanter ve piroklastik kayaçların erozyonunu takiben meydana geldiği belirtilmiştir (Lünel, 1974). Yazılıkaya tüfleri ise alt seviyenin resedimante tüften, üst seviyelerin ise farklı kaynaşma derecelerine sahip ignimbiritlerden oluştuğu belirtilmektedir. Pembe ignimbiritlerde sarı ve beyaz ignimbiritlere göre kil mineral içeriğinin fazla olduğu tespiti yapılmıştır (Binal vd., 1997). Bu çalışmada ticari ismi beyaz tuf olarak adlandırılan kaya blok örneklerinin XRD-analizleri sonucunda ise kuvars ve kristobalit ile birlikte feldspat, kil ve mika grubu minerallerden oluştuğu belirlenmiştir. Beyaz tuf örneği üzerinde yapılan kimyasal analiz sonucuna göre; % 69,62 SiO<sub>2</sub>, % 13,30 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 5,09 K<sub>2</sub>O, % 1,93 Na<sub>2</sub>O, % 1,51 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1,06 CaO, % 0,10 TiO<sub>2</sub> içermektedir. Ateş kaybı ise % 7,7'dir. Beyaz tufün fiziko-mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Mineral tane yoğunluğu 2,36-2,7 gr/cm<sup>3</sup> aralığında değişmektedir.

**Tablo 1.** Eskişehir bölgesine ait beyaz tüflerin fiziko-mekanik özellikleri.

Özellikler	Ayday ve Göktan (1990)	Binal (1997)	Topal ve Sözmen (2003)	Daloğlu (2008)*
<b>Kuru Birim ağırlık (kN/m<sup>3</sup>)</b>	11,50	-	12,22	13,20
<b>Porozite (%)</b>	28,3	33,1	38,82	41,61
<b>UCS (MPa)</b>	8,15	11,0	10,0	11,39
<b>SDI-Id<sub>2</sub> (%)</b>	92,2	87,0	91,0	93,80

\* Derbent beyaz tüf taş kesme ocağı örnekleri üzerinde yapılmıştır.

### **Küre deney örneklerinin hazırlanması**

Standartlara göre deney örnek parçaları, kabaca küresel (ISRM, 2007) veya mümkün olduğunca küresele yakın (Ulusay vd., 2011) ve kabaca eş boyutlu (TSE, 1990) küresimsi (yuvarlak) olacak şekilde hazırlanması önerilmektedir. Yuvarlak deney örnek parçaları sırasıyla; karotlardan veya kaya bloklardan çekiçle koparılmakta, keskin köşeleri jeolog çekici ile kırılmakta ve sonra törpülenmektedir (ASTM, 1998; TSE, 1990). Çekiçle kırma sırasında küresele yakın yuvarlak deney örnek parçalarında mikro çatlakların oluşabileceği de kabul edilmelidir.

Standartların önerileri yorumlandığı zaman, SDI deneylerinde kullanılan deney örnekleri; Küre şekilli, pürüzsüz yüzeyli, eş boyutlu/kütleli, yapay mikro çatlak içermeyen özelliklerde olması gerekmektedir. Bunun için eş boyutlu ve kütleli kürelerden meydana gelen deney örneklerinin hazırlanmasına yönelik bir yöntem geliştirilmiştir. Eş boyutlu ve kütleli küre deney örneklerinin hazırlanması üç aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşama kayalık kütlelerinden küresel örneklerin çaplarına uygun boyutta küplerin kesimidir. İkinci aşama: küplerden ön/kaba küre kesim aşamasıdır. Bu aşamada elde edilen geometrik şekil ön küre veya Paşa (Pasha) kesim olarak adlandırılmıştır. Üçüncü aşama eşdeğer boyutlu kürelerin yapım aşamasıdır (Ankara vd., 2013a; 2015). Küpler, küre deney örneklerinin çapından 2 mm daha uzun kenara sahip olacak şekilde kesilir. Küpler kaya bloklarından çoklu küp kesme makinesi ile kesilebileceği gibi kaya parçalarından elle ile herhangi bir taş kesme makinesinde de kesilebilir. Bu çalışmada taş kesme ocağında üretilen 20x30x40 cm boyutlarındaki bloklardan çoklu küp kesme makinesinde küplerin boyutu

en fazla 46 ve en az 41 mm olacak şekilde kuru olarak kesilmiştir. Daha sonra küplerin 12 kenarı V-Kanal kalıbı yardımıyla küp yüzeyleriyle 45°'lik ve köşeler 15°'lik açı ile kesilmiştir. Bu kesim işlemi sonunda ön/kaba küreler elde edilmiştir. Kaba küreler küre yapma makinesinin aşındırıcı çanakları içinde baskı uygulamadan aşındırılarak, eş boyutlu küreler elde edilmiştir. Beyaz tüflerden küre deney örnekleri hazırlanırken kuru kesme ve aşındırma işlemleri yapılmıştır. Kuru kesme ve aşındırma işlemleri esnasında ısı oluşumu söz konusu olmamıştır. Küre deney örneği hazırlanması aşamasında orijinal neminin en fazla % 2'si kayıp olarak ölçülmüştür. Aşındırma işlemi sırasında kaba küreler aşındırma çanakları içinde serbest dönmeye maruz kalmakta ve herhangi bir baskı uygulanmamaktadır. Bundan dolayı mikro çatlakların oluşması söz konusu değildir.

### **Deneyel çalışmalar**

Deneyel çalışmalarda kullanılan 20x30x40 cm boyutundaki beyaz tüf blokları Derbent taş kesme ocağı stok sahasından ve arından alınmıştır. Arından alınan taze (K) tüf kaya bloklarından her biri 40, 50 ve 60 gram gelen küre deney örneklerinden ve ayrıca standartlara göre 50 gramlık yuvarlak deney örneklerinden meydana gelen toplam 4 deney grubu hazırlanmıştır. Yuvarlak deney grubu standartlara göre standart SDI değerini belirlemek için hazırlanmıştır. Stok sahasından alınan tüf kaya blokları atmosferik etkilere maruz kalmış hafif (H) ve orta derecede (W) yüzeyel bozunmaya uğramış bloklar seçilmiştir. Yüzeyel bozunma seviyelerini belirlemek için herhangi bir yöntemle göre sınıflandırma yapılmamış olup, kayaların

hidrosfer ve atmosferin doğrudan etkisi altında kalarak ayrışması olayı (Fookes vd., 1971) tanımına uygun olarak ve stok sahasında bekleme süreleri dikkate alınarak makro olarak tanımlanmıştır. Hafif (H) ve orta (W) seviyede yüzeysel bozunmaya uğramış tuf bloklarından da her biri 40, 50 ve 60 gramlık küre deney örneklerinden oluşan deney grupları hazırlanmıştır. Grup adları her bir küre deney örneğinin ağırlığı ve bozunma seviyesi dikkate alınarak adlandırılmıştır. Her bir küre deney örneğinin çapları x, y ve z eksenlerine uygun olarak ölçülmüş ve üç ölçümün ortalaması alınmıştır. Deney gruplarının en küçük, en büyük ve ortalama çapları ve toplam sabit kütle ağırlıkları Tablo 2’de verilmiştir. Standartta

ifade edildiği (TSE, 1990) gibi her bir örnek grubu eş boyutlu küre deney örneklerinden meydana gelmiştir. Standartlarda yuvarlak deney örneklerinin kütlelerinin her biri 40-60 gr gelen, toplam sabit kütle ağırlıklarının 450-550 gr aralığında önerilmesine rağmen (TSE, 1990; ASTM, 1998; ISRM, 2007), gruplardaki net indeks değişimlerini belirleyebilmek için küre deney gruplarının toplam sabit kütle ağırlıkları yaklaşık 400, 500 ve 600 gram olarak hazırlanmıştır. Ayrıca taze tuf kaya bloğundan hazırlanan yuvarlak (K\_Y) deney örnek grubu ise yaklaşık 500 gram olarak standartlara uygun biçimde hazırlanmıştır, Tablo 2. Her bir deney grubu 12 çevrimlik SDI deneyine tabi tutulmuştur, Tablo 3.

**Tablo 2.** SDI deney gruplarının boyutları ve toplam sabit kütle ağırlıkları.

Çap (mm) ve Ağırlık (gr)	DENEY GRUPLARI									
	Taze beyaz tuf			Hafif yüzeysel bozunma			Orta yüzeysel bozunma			Yuvarlak
	K_60	K_50	K_40	H_60	H_50	H_40	W_60	W_50	W_40	K_Y
Ölçülen en küçük çap	43,49	41,51	38,52	43,64	41,06	38,53	43,87	41,12	38,39	-
Ölçülen en büyük çap	44,29	41,71	38,70	44,18	42,21	39,00	44,80	42,12	38,45	-
Ortalama küre çapı	43,9	41,63	38,63	43,97	41,47	38,64	44,41	41,52	38,41	-
Toplam sabit kütle ağırlığı	594,6	501,0	399,5	598,5	499,7	402,8	606,2	500,7	408,1	503,7

**Table 3.** Her bir çevrim sonrası deney gruplarının SDI değerleri.

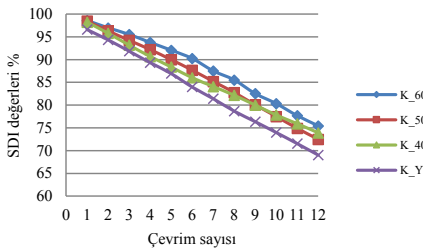
İndeksler	Deney gruplarının indeks (SDI) değerleri (%)									
	Taze beyaz tuf			Hafif yüzeysel bozunma			Orta yüzeysel bozunma			Yuvarlak
	K_60	K_50	K_40	H_60	H_50	H_40	W_60	W_50	W_40	K_Y
Id <sub>1</sub>	98,59	98,46	97,67	97,74	96,16	97,64	97,79	97,36	97,18	96,62
Id <sub>2</sub>	96,97	96,33	95,44	96,06	93,70	95,08	96,24	95,39	94,95	94,36
Id <sub>3</sub>	95,53	94,25	93,37	94,04	90,71	92,48	94,56	93,33	92,04	91,88
Id <sub>4</sub>	93,76	92,22	91,09	92,23	88,21	89,75	92,76	91,09	88,02	89,36
Id <sub>5</sub>	92,06	90,00	88,74	90,61	85,61	87,39	91,01	88,36	83,95	86,96
Id <sub>6</sub>	90,23	87,68	86,31	88,34	82,67	84,96	87,97	84,90	80,23	84,00
Id <sub>7</sub>	87,52	85,21	83,88	86,28	80,05	82,45	84,68	81,47	76,48	81,44
Id <sub>8</sub>	85,52	82,77	81,65	83,99	77,47	79,82	81,77	77,11	73,34	78,70
Id <sub>9</sub>	82,53	80,06	79,45	81,65	74,76	77,61	79,13	73,66	70,52	76,37
Id <sub>10</sub>	80,32	77,49	77,52	79,45	72,06	75,37	76,44	70,22	67,07	73,99
Id <sub>11</sub>	77,68	74,87	75,44	76,98	69,66	73,13	73,56	67,25	64,08	71,55
Id <sub>12</sub>	75,45	72,48	73,49	74,37	67,24	70,71	70,54	64,67	61,50	69,03

*Beyaz tüflerde çevrim sayısına bağlı ideal suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (SDI) değerinin belirlenmesi*

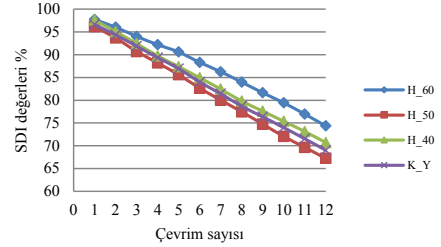
K\_60, K\_50 ve K\_40 taze tüf deney gruplarının, 12 çevrimlik SDI deneyler sonunda, hesaplanan indeks değerleri benzer sonuç göstermişlerdir, Şekil 1. Üç gruptaki  $Id_2$ ,  $Id_4$  ve  $Id_{12}$  indeks değerleri arasındaki en yüksek farklar sırasıyla % 1,18, % 3,07 ve % 2,97 bulunmuştur, Tablo 4. Küre deney gruplarının indeks  $Id_2$ ,  $Id_4$  ve  $Id_{12}$  değerleri standart deney grubunun (K\_Y) indeks değerlerine göre yüksek bulunmuştur.

Hafif yüzeysel bozunmaya uğramış tüf örneklerinde, 10 adet küre örneği eş kütleli olarak 60, 50 ve 40 gramlık üç grubun 12 çevrimlik SDI deneyleri sonunda hesaplanan indeks değerleri açısından; H\_40 ve H\_50 yakın sonuçlar vermişlerdir. H\_60 grubunun indeks değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir, Şekil 2. Üç gruptaki  $Id_2$ ,  $Id_4$  ve  $Id_{12}$  indeks değerleri arasındaki en yüksek fark sırasıyla %2,36, % 4,02 ve % 7,13 bulunmuştur, Tablo 4. H\_60 ve H\_40 küre deney örnek gruplarının indeks değerleri, standart deney grubunun (K\_Y) indeks değerlerine göre yüksek çıkmıştır.

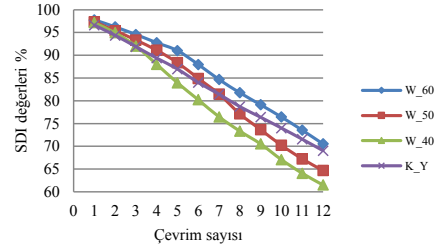
Orta derecede yüzeysel bozunmaya uğramış tüf deney gruplarının, 12 çevrim sonunda, hesaplanan indeks değerleri açısından; W\_40 ve W\_50 benzer sonuçlar bulunmuştur. W\_60 grubunun indeks değeri diğer gruplara göre daha yüksek çıkmıştır, Şekil 3. Üç gruptaki  $Id_2$ ,  $Id_4$  ve  $Id_{12}$  indeks değerleri arasındaki en yüksek farklar sırasıyla % 1,29, % 4,74 ve % 9,03 bulunmuştur, Tablo 4. W\_40 3'ncü ve W\_50 7'nci çevrimden sonra standart deney grubu (K\_Y) indeks değerlerinden düşük çıkmıştır.



*Şekil 1. Taze beyaz tüf deney gruplarının SDI değerleri.*



*Şekil 2. Hafif yüzeysel bozunma gösteren beyaz tüf deney gruplarının SDI değerleri.*



*Şekil 3. Orta yüzeysel bozunma gösteren beyaz tüf SDI değerleri.*

Toplam sabit kütle ağırlığı yaklaşık 600 gram olan (K\_60, H\_60 ve W\_60) küre deney grupları K\_Y örnek grubunun indeks değerine göre yüksek bulunmuştur. K\_60, H\_60 ve W\_60 deney gruplarının her bir çevrimde ıslanmaya maruz kalan hacim yaklaşık % 48,6 olarak hesaplanmıştır. Diğer gruplarda ıslanmaya maruz kalan hacim K\_50, H\_50 ve W\_50 (sabit kütle ağırlıkları yaklaşık 500 gram) deney gruplarında yaklaşık %54,9 ve K\_40, H\_40 ve W\_40 (sabit kütle ağırlıkları yaklaşık 400 gram) deney gruplarında % 63,1 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda toplam sabit kütle ağırlığı 600 gram olan deney gruplarında küre deney örnekleri yeterince ıslanmaya maruz kalmadığından dolayı SDI indeks değerleri daha yüksek bulunmuştur. Toplam sabit kütle ağırlığı 400 gram olan deney grupları en düşük SDI değeri vermesi beklenmesine rağmen, sadece orta yüzeysel bozunmaya uğramış grupta W\_40 grubu en düşük indeks değerine sahip olmuştur.



**Tablo 4.** Deney gruplarında mutlak  $Id_2$ ,  $Id_4$  ve  $Id_{12}$  indeks farkları.

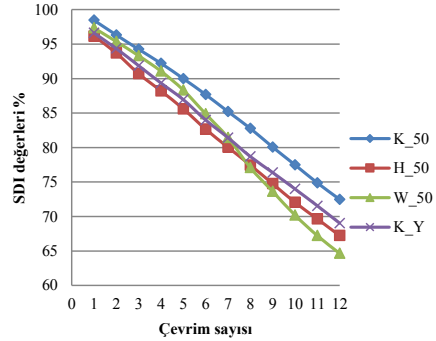
Çevrim	K_60-K_50	K_60-K_40	K_50-K_40	H_60-H_50	H_60-H_40	H_50-H_40	W_60-W_50	W_60-W_40	W_50-W_40
2	0,65	1,18	0,53	2,36	0,97	1,39	0,85	1,29	0,43
4	1,54	3,07	1,52	4,02	2,48	1,53	1,67	4,74	3,07
12	2,97	1,53	1,44	7,13	3,66	3,46	5,87	9,03	3,16

Bu durumda yüzeysel bozunmaya uğramış örneklerde kararlı indeks değerine sahip, toplam sabit kütle ağırlığı 500 gram olan deney grupları, olduğuna karar verilmiştir. Toplam sabit kütle ağırlığı yaklaşık 500 gram olan küre deney gruplarını K\_Y deney grubu ile mukayese edildiği zaman, 2 ve 4 çevrimlik SDI deneyinin tüfler için yeterli olmadığı da görülmüştür.

Hafif yüzeysel bozunmaya uğramış H\_50 küre deney grubu ile K\_Y grubu arasındaki indeks farkı uyumlu olmasına rağmen, W\_50 ile K\_Y arasındaki indeks farkı 7'nci çevrimden sonra ve W\_50 ile H\_50 indeks farkı 8'nci çevrimden sonra uyumlu olduğu belirlenmiştir, Şekil 4. K\_50, H\_50, W\_50 ve K\_Y deney gruplarının indeks değerleri arasındaki farka göre 8 ve daha çok çevrim sonunda kararlı hale geldiği tespit edilmiştir, Tablo 5.

Kararlı indeks değerlerine sahip K\_50, H\_50, W\_50 ve K\_Y deney gruplarına doğrusal

regresyon analizi yapılmış;  $Id_2$  indeks değerleri sırasıyla % 96,71, % 93,47, % 92,82 ve % 94,28 ve  $Id_4$  indeks değerleri sırasıyla % 91,94, % 88,16, % 86,54 ve % 89,2 olarak bulunmuştur. Bu analizde belirlilik katsayısı % 99'un üzerinde bulunmuştur.



Şekil 4. K\_50, H\_50, W\_50 ve K\_Y deney gruplarının indeks değerleri

**Tablo 5.** Küre deney gruplarının indeks değerleri ile standart indeks değerleri arasındaki farklar.

Çevrim	K_60-K_Y	K_50-K_Y	K_40-K_Y	H_60-K_Y	H_50-K_Y	H_40-K_Y	W_60-K_Y	W_50-K_Y	W_40-K_Y
2	2,61	1,97	1,43	1,70	-0,67	0,72	1,88	1,02	0,59
4	4,40	2,86	1,33	2,87	-1,15	0,39	3,40	1,73	-1,34
12	6,42	3,45	4,89	5,34	-1,79	1,68	1,51	-4,36	-7,52

## Sonuçlar ve Öneriler

Tüfler sahip oldukları fiziko-mekanik özelliklerden dolayı yapı ve kaplama taşı olarak kullanımı durumunda standart dışı kalmaktadır. Ancak hafif olması, kolay işlenebilirliği, nem ve ısı düzenleyici özelliklerinden dolayı geçmişten günümüze kadar birçok tarihi eserde yapı taşı olarak kullanılmıştır. Ayrıca günümüzde dekoratif amaçlar için de kullanılmaktadır. Eskişehir-Derbent köyü beyaz tüfleri talebe bağlı olarak basit yapılarda yapı taşı veya genelde dekoratif amaçlar için üretilmektedir.

Beyaz tüfler kullanıldıkları yerler itibari ile de atmosferik etkilere maruz kalmaktadır. Bu çalışmada Eskişehir, Derbent köyü kesme taş ocağından alınan beyaz tüf blok örnekler üzerinde ideal SDI indeks değeri atmosferik etkiler neticesinde oluşan yüzeysel bozunma derecesine göre araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda taze, hafif ve orta derece yüzeysel bozunmaya uğramış beyaz tüf bloklarından eşboyutlu ve kütleli küre deney örnekleri hazırlanmıştır. Standartlarda 10 adet SDI temsili deney örneği pürüzsüz yüzeyli, kabaca eş boyutlu ve kabaca küresel şekilli olması



önerilmektedir. Bu çalışmada taze beyaz tuf bloğundan standartlara uygun olarak her biri yaklaşık 50 gram olan 10 adet yuvarlak parçadan meydana gelen (K\_Y) deney grubu hazırlanmıştır. Bu gruptan elde edilen SDI değerleri diğer grupların çevrim sayısını ve indeks değerlerini kıyaslama için standart indeks değeri olarak kullanılmıştır.

Standartlara göre her biri 40-60 gram aralığında gelen, 10 adet küresele yakın temsili deney örnek parçası SDI deneyi için seçilmesi tavsiye edilmektedir (ISRM, 2007; Ulusay, 2011). Bu çalışmada her biri 40, 50 ve 60 gram olan eş boyutlu ve pürüzsüz yüzeyle küre deney örneklerinden meydana gelen 9 adet deney grubu hazırlanmıştır. Her biri 60 gram küreden oluşan deney gruplarının SDI değerleri K\_Y deney grubunun indeks değerinden daha yüksek çıkmıştır. Yüzeysel bozunmaya uğramış H\_60 ve W\_60 deney gruplarının standart indeks değerine göre kıyaslandığında, SDI değeri belirlenemeyeceği ve beyaz tüflerde küre deney örneklerinin veya deney örnek parçalarının 60 grama yakın olmaması sonucuna varılmıştır. Her biri 40 ve 50 gram kürelerden oluşan deney gruplarının indeks değerleri birbirine uyumlu gözükmesine rağmen H\_40 deney grubu indeks değerleri K\_Y deney grubunun indeks değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu durumda deney örnek parçalarının 40 grama yakın hazırlanmaması da daha uygun görülmüştür.

Bu çalışmada beyaz tüfler için her bir kürenin yaklaşık 50 gram olduğu deney gruplarına göre değerlendirme yapılmıştır. Beklenildiği gibi K\_50 deney grubunun indeks değerleri K\_Y deney grubunun indeks değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Ancak W\_50 deney grubunun indeks değerleri 7'nci ve 8'nci çevrimden sonra K\_Y ve H\_50 gruplarının indeks değerlerine göre düşüş göstermiştir. Bu durumda yüzeysel bozunmaya uğramış grupları temel alarak çoklu çevrim sayısına bağlı olarak ideal indeks değeri hakkında yorum yapmamız mümkün olmaktadır. K\_50, H\_50 ve W\_50 gruplarının Id<sub>12</sub> indeks değerleri ile K\_Y grubunun Id<sub>12</sub> indeks değeri arasındaki farklar sırasıyla % 3,45, % -1,79 ve % -4,36 olması bu görüşü desteklemektedir. K\_50 grubunun Id<sub>12</sub> indeks

değeri W\_50 ve H\_50 gruplarının Id<sub>12</sub> indeks değerlerine göre sırasıyla % 7,81 ve %5,23 daha yüksek bulunmuştur. H\_50 grubunun Id<sub>12</sub> indeks değeri W\_50 grubunun Id<sub>12</sub> indeks değerlerine göre % 2,57 yüksek belirlenmiştir. Ancak SDI deneylerinin 2'nci ve 4'ncü çevrimlerinde bu sonuçlara ulaşmak mümkün olmamıştır. Bu durumda beyaz tüfler için 4 çevrimin yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak yüzeysel bozunmaya uğramış tuf deney grupları dikkate alındığında ideal indeks değerlerine 8'nci çevrimden sonra ulaşılmıştır. Regrasyon analizi neticesinde hafif yüzeysel bozunmaya uğramış tüflerde Id<sub>2</sub> ve Id<sub>4</sub> indeks değerleri sırasıyla % 93,47 ve % 88,16, orta derecede yüzeysel bozunmaya uğramış tüflerde Id<sub>2</sub> ve Id<sub>4</sub> indeks değerleri sırasıyla % 92,82 ve % 86,54 ideal indeks değeri olarak mühendislik hesaplamalarında kullanılması uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

## **Kaynaklar**

- Agustajiwaya, D. S., (2003). Modelled mechanisms in the slake-durability test for soft rocks, *Dimensi Teknik Sipil*, 5, 2, 87 – 92.
- Ankara. H., Aksoy, M., Yerel, S. ve Keser, Y., (2011). A new sample preparation method for slake durability index test, *Proceeding*, 4<sup>th</sup> Balkan Mining Congress, 571-575, Ljubljana-Slovenia.
- Ankara, H., Aksoy, M. ve Yerel, S., (2013a). Suda dağılmaya karşı duraylılık testi için kayalardan eş boyutlu küresel örneklerin hazırlanması, BAP Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Ankara, H., Aksoy, M., Yerel, S. ve Keser, Y., (2013b). The determination of slake durability index with spherical samples. *Key Engineering Materials*. 548, 247-252.
- Ankara, H., Y. Kandemir, S. ve Çiçek, F., (2015). Compression of slake durability index (SDI) values of sphere and rounded marl samples, *Proceeding*, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, 93-98, Prag.
- Ankara, H., Çiçek, F., Deniz, İ. T., Uçak, E. ve Yerel Kandemir, S., (2016). Determination slake durability index (SDI) values on different shape of laminated marl samples, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 44, 1-5.
- ASTM, (1998). Standard test method for slake durability of shales and similar weak rocks, ASTM D-4644-87, Philadelphia.

- Aufmuth, R. E., (1974). Site engineering indexing of rocks: field testing and instrument of rocks. *American Society for Testing and Materials*, Special Technical Publication, **554**, 81–99.
- Ayakwah, G. F., (2009). Effect of weathering and alteration on point load and slake durability indices and the characterization of the debris flow at the questa mine, Toas country, New Mexico, *Yüksek Lisans Tezi*, New Mexico Institue of Mining and Technology, Socorro, New Mexico.
- Ayday, C. ve Göktan, R.M., (1990). Yazılıkaya (MIDAS) anıtı civarında gözlenen kaya blok devrilme ve kayma mekanizmaları, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, **8**, 155-159.
- Bell, F.G., Entwisle, D.C. ve Culshaw, M. G., (1997). A geotechnical-towards establishing relationships between the mineralogical survey of some British coal measures mudstones, with and physical properties of coal measures rocks, *Engineering Geology*, **46**, 115–129.
- Beyhan, S., (2008). GLİ ve ELİ marn kaya malzemelerinin üç eksenli basınç dağılımına bağlı özelliklerin belirlenmesi, *Doktora Tezi*, ESOĞÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Bell, F. G. ve Culshaw, M. G., (1998). Petrographic and engineering properties of sandstones from the Sneinton formation, Nottinghamshire, England, *Quarterly J. of Engineering Geology*, **31**, 5-19.
- Binal, A., Kasapoğlu, K. E. ve Gökçeoğlu, C., (1997). Eskişehir-Yazılıkaya çevresinde yüzeylenen volkanosedimanter kayaların donma-çözülme etkisi altında bazı fiziksel ve mekanik parametrelerin değişimi, *Yerbilimleri Uygulama ve Arş. Merkezi Bülteni*, **19**, 17-40.
- Bozkurtoğlu, E. ve Mert, E., (2012). Kandıra taşının dayanım- suda dağılmaya karşı duraylılık ilişkisi, *Uygulamalı Yerbilimleri*, **1**, 2, 30-50.
- Çevik, A., Sezer, E., Çabalar, A. F. ve Gökçeoğlu, C., (2011). Modelling of the uniaxial compressive strength of some clay-bearing rocks using neural network, *Applied Soft Computing* **11**, 2587-2594.
- Chandra. R., (1970). Slake durability test for rocks. *Yüksek Lisans Tezi*, Department of Mining Engineering, Imperial Collage, England.
- Dhakal, G., Yoneda, T., Kato, M. ve Kaneko, K., (2002). Slake durability and mineralogical properties of some pyroclastic and sedimentary rocks, *Engineering Geology*, **65**, 31-45.
- Dick, J. C. ve Shakoor, A., (1992). Lithological controls of mudrock durability, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **25**, 31-46.
- Ergüler, Z. A. ve Ulusay, R., (2009). Assessment of physical disintegration characteristics of clay-bearing rocks: disintegration index test and a new durability classification chart, *Engineering Geology*, **105**, 11–19.
- Ergüler, Z. A. ve Shakoor, A., (2009a). Relative contribution of various climatic processes in disintegration of clay-bearing rocks, *Engineering Geology*, **108**, 36-42.
- Ergüler, Z. A. ve Shakoor, A., (2009b). Quantification of fragment size distribution of clay-bearing rocks after slake durability testing, *Environmental and Eng. Geoscience*, **15**, 81-89.
- Fookes, P.G., Dearman, W.R. ve Franklin, J. A. (1971). Some engineering aspects of rock weathring, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **4**, 139-185.
- Franklin, J.A. ve Chandra, R., (1972). The slake durability test, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **9**, 325-341.
- Gökçeoğlu, C., Ulusay, R. ve Sönmez H., (2000). Factors affecting the durability of selected weak and clay-bearing rocks from Turkey, with particular emphasis on the influence of the number of drying and wetting cycles, *Engineering Geology*, **57**, 215-237.
- Gökçeoğlu, C. ve Aksoy, H., (2000). New approaches to the characterization of clay-bearing, densely jointed and weak rock masses, *Engineering Geology*, **58**, 1, 1-23.
- Daloğlu, G., (2008). Assessment of Eskisehir-Derbent tuffs as a natural building stone material, *Y. Lisans Tezi*, ESOGU Fen Bil. Ens., Eskişehir.
- ISRM, (2007). *The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring, 1974-2006*, R. Ulusay and J. A. Hudson (Eds.), Ankara, Turkey.
- Khalily, M., Iashkaripour, G. R., Ghafoori, M., Khanehbad, M. ve Dehghan, P., (2013). Durability characterization of abderaz marl limestone in the Koper – Dagh Basin, NE of Iran, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, **3**, 50-56.
- Kincal, C., Koca, M. Y., Özden, G. ve Demirbasa, N., (2010). Fractal parameter approach on weathering grade determination of Çeşme (Izmir, Turkey) tuffs, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **69**, 617-629.
- Kolay, E., Kayabalı, K. ve Beyaz, T., (2004). Kil içeren bazı kayalarda deney örneklerinin şeklinin ıslak kararlılık deneyine etkisi, *VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Sivas.
- Kolay, E. ve Kayabalı, K., (2006). Investigation of the effect of aggregate shape and surface roughness on the slake durability index using the fractal dimension approach, *Engineering Geology*, **86**, 271-284.

*Beyaz tüflerde çevrim sayısına bağlı ideal suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (SDI) değerinin belirlenmesi*

- Kolay, E., Kayabalı, K. ve Taşdemir, Y., (2010). Modelling the slake durability index using regression analysis artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy methods, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **69**, 275-286.
- Koncağül, E. C. ve Santi, P. M., (1999). Predicting the unconfined compressive strength of the Breathitt shale using slake durability share hardness and rock structural properties, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **36**, 139-153.
- Lünel, T., (1974). Eskişehir, Gümele çevresindeki tersiyer volkanik ve sedimanter kayalarda bir ön çalışma, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **17**, 1, 31-50.
- Miscevic, P. ve Vlastelica, G., (2012). Time-dependant stability of slopes excavated in marl, *Grdevinar*, **64**, 6, 451-461.
- Moon, V. G. ve Beattie, A. G., (1995). Textural and microstructural influences on the durability of Waikato coal measures mudrocks, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **28**, 303-312.
- Moradian, Z. A., Ghazvinian, A. H., Ahmadi, M. ve Behnia, M., (2010). Predicting slake durability index of soft sandstone using indirect tests, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **47**, 666-671.
- Morgenstern, N. R. ve Eigenbrod, K. D., (1974). Classification of argillaceous shales and rocks, *American Society Civil Engineers, Journal of Geotechnical Engineering Division*, **100**, 1137-1156.
- Nandi, A. ve Whitelaw, M., (2009). Effect of physico-chemical factors on the disintegration behavior of calcereous shale, *Environmental and Engineering Geoscience*, **15**, 49, 273-285.
- Rinrawilai, S., (2010). Large-scaled slake durability index tests of some weak rocks, *Yüksek Lisans Tezi*, Geotechnology Suranaree University of Technology, Tayland.
- Rinrawilai, S., Walsri, C. ve Fuenkajorn, K., (2011). *Large scaled slake durability index testing rock mechanics*, Fuenkajorn & Phien-wej (eds.).
- Sharma, P. K. ve Singh, T. N., (2008). A correlation between p-wave velocity, impact strength index, slake durability index and uniaxial compressive strength, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **67**, 17-32.
- Swain, C., (2010). Determination of rock strength from slake durability tests, Prodyakonov impact tests and los angeles abrasion resistance tests, *Yüksek Lisans Tezi*, Technology in Mining Engineering, Rourkela.
- Taylor, R. K., (1988). Coal measures mudrocks: composition, classification and weathering processes, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **21**, 85-99.
- Tonon, F., Youn H. J. ve Raibagkar A. P., (2009). Effect of verification cores on tip capacity of drilled shafts, Report No: FHWA/TX -09/0-5825-1, Center for Transportation Research The University of Texas.
- Topal, T. and Sözmen, B., (2003). Deterioration mechanisms of tuffs in Midas monument, *Engineering Geology*, **68**, 201-223.
- TSE, (1990). Kayaçların şişme ve suya dayanıklılık özelliklerinin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü* TSE 8543, Ankara.
- Ulusay, R., Arıkan, F., Yoleri, M. F. ve Çağlan, D., (1995). Engineering geological characterization of coal mine waste material and an evaluation in the context of back-analysis of spoil pile instabilities in a strip mine, SW Turkey, *Engineering Geology*, **40**, 77-101.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C ve Binal, A., (2011). *Kaya Mekanığı Laboratuvar Deneyleri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, **58**, Ankara.
- Vallejo, L. E., (1994). Fractal analysis of the slake durability test, *Canadian Geotechnical Journal*, **31**, 1003-1008.
- Walsri, C., Sriapai, T., Phueakphum, D. ve Fuenkajorn, K., (2012). Simulation of sandstone degradation using large-scale slake durability index testing device, *Songlanalarin Journal of Science Technology*, **34**, 587-596.
- Yağız, S., (2011). Correlation between slake durability and rock properties for some carbonate rocks, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **70**, 3, 377-383.
- Yalım, E., (2009). Turunçlu (Delihalil-Osmaniye) bölgesindeki bazaltik oluşumlarının derinliğe bağlı değişimlerinin jeomekanik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

## **Determination of ideally slake durability index (SDI) value depending on number of cycles**

### **Extended abstract**

*Slake Durability Index test is widely used in rock mechanics, engineering geology and the selection and evaluation of natural building material. In general, the aim of this test is to provide an index that is related to resistance of rocks against degradation when it is subjected to two Standard cycles of wetting and drying. The slake durability test was suggested as a standard test for rocks by the International Society of Rock Mechanics and also by the American Society for Testing and Materials.*

*The slake durability index (SDI) can be considered to be one of the most important properties for shales, clay-bearing rocks and similar weak rocks. A number of parameters have an effect on the slake durability index value. Such affects can be listed as; mineralogical composition of rocks, number of wetting and drying cycles, the character of the experiment solution, degrees of surface roughness and so on. Tests omitting any of the factors listed above would lead to erroneous results. Among these parameters, it can be said that the geometrical shape of the rock samples used in the test is an important one. The ASTM and ISRM test methods mention that the shapes of rock samples should be close to spherical as much as possible, each having a mass between 40 to 60 grams. Nevertheless, preparation of nearly spherical samples could be time consuming or sometimes be very difficult. It should be also stated that being nearly spherical is a subjective matter, which changes from person to person. In this study authors have proposed a sphere test sample preparation method in order to eliminate this subjective matter. The application of this method makes possible the preparation of equal-sized and weight, and smooth surface sphere test samples for SDI test.*

*The white tuff is selected for this study because of the fact that tuff and ignimbrites type rocks were used to build historical monuments in the past, and are nowadays being used as decorative material in Turkey thanks to their softness and easy processable nature. White tuff block samples having fresh, slightly and moderately weathering grades were taken from face and stock field of an active tuff quarry located near to Derbent village of Eskisehir*

*province. K, H and W symbols were used for fresh white tuffs, slightly and moderately weathering white tuffs, respectively, in this study to illustrate each weathering grades. Four different test sets for fresh tuffs were prepared; rounded sample sets according to standards, three sphere sample sets. The weights of sphere test samples in three sets are about 40, 50 and 60 g each. Six different test sets for slightly and moderately weathered tuffs were prepared as sphere test samples which have about 40, 50 and 60 g each. The SDI tests for 12 cycles were carried out on all white tuff test sets. The SDI values of sphere test sets were compared with the SDI values of K\_Y test set. The SDI values of K\_60, H\_60 and W\_60 test sets were found to be higher than the SDI values of K\_Y and other sphere test sets prepared from weathering tuffs. Therefore, these test sets were ignored to determine the SDI values. Because it has been obtained similar results for H\_40 test set, it was decided that ideal index values could not be determined from the test sets which have about 40 g each.*

*According to the standard two-cycle SDI test, the  $Id_2$  value of W\_50 test set was found to be 95.39 %. It is higher than the index value of K\_Y test set, 94.39 %. Similarly, the SDI values of W\_50 test set up to 8-cycle were found to be higher than the index values of K\_Y test sets. The SDI values of K\_50, K\_Y, H\_50 and W\_50 test sets at the end of twelfth cycle were determined to be 72.48 %, 69.03 %, 67.24 % and 64.67 %, respectively. In this case, the SDI values were able to define the weathering characteristics. Then, the SDI values of K\_50, K\_Y, H\_50 and W\_50 test sets were subjected to regression analysis. The  $Id_2$  and  $Id_4$  values of H\_50 have been estimated as 93.47 % and 88.16 %, respectively. The  $Id_2$  and  $Id_4$  values of W\_50 have been estimated as 92.82 % and 86.54 %, respectively. As a result, it has been concluded that it is appropriate to use these index values in engineering problems, as ideal index values.*