

SU JETİ VE BAZI GELENEKSEL YÜZEY İŞLEME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Comparison of the Water Jet and Some Traditional Surface Treatment Methods

Geliş (received) 17 Mayıs (May) 2010; Kabul (accepted) 16 Temmuz (July) 2010

Yılmaz ÖZÇELİK (*)
Giorgio COSTA (**)

ÖZET

Taşın yüzeyine estetik bir görüntü vermek ve taşın pürüzlülüğünü artırmak için birçok yüzey işleme yöntemi kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemler pazarda kendilerine olan ilginin azalmasına sebep olabilecek farklı dezavantajlara sahiptirler. Bu çalışmada su jeti ile Sardinia Bazaltı isimli doğal taş numunesi üzerinde yüzey işleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntemler kullanılarak (taraklı çekiçleme, cilalama) yapılan yüzey işleme uygulamalarının sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada renk, ışıklılık, parlaklık ve pürüzlülük analiz sonuçları kullanılmıştır. Şimdiye kadar elde edilen sonuçlar, yüzey işlemede su jeti uygulamasının kayaçtaki estetik görünümü koruyarak yüzeye gerekli pürüzlülüğü sağlayabildiği için geleneksel yöntemlerin bazı dezavantajlarını azalttığını (hatta giderdiğini) göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Su Jeti, Yüzey İşleme, Renk Analizi, Işıklılık, Parlaklık, Pürüzlülük

ABSTRACT

There are many different methods of stone surface treatment that are currently used to improve the aesthetic appearance of the stone surface or to increase the roughness. Traditional methods have some disadvantages that may reduce the market interest for particular applications. In this study, the natural stone sample named Sardinian Basalt was treated by water jet surface treatment method. The results were compared to those obtained with traditional methods (bush hammering, polishing). The results of the color, gloss, luminance and roughness analyses were used as comparison parameters. Results so far achieved indicate that the application of water jets in surface treatment can reduce (or even eliminate) some disadvantages of traditional techniques because it enables to obtain a surface with required roughness, while preserving aesthetic appearance of the stone.

Keywords: Water Jet, Surface Treatment, Color Analysis, Luminance, Gloss, Roughness

(*) Doç. Dr. Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ANKARA yilmaz@hacettepe.edu.tr

(**) Dr. Cagliari Üniversitesi, Jeomühendislik ve Çevre Teknolojileri Bölümü, Cagliari, İTALYA

1. GİRİŞ

Bir taşın yüzeyine, dış kesimlerine ve köşelerine özel bir görüntü vermek için gerçekleştirilen işlemlere yüzey işleme denir. Yüzey işleme yöntemleri ile işlenecek bir yüzeyin yaratılması farklı amaçlarca kontrol edilir. Çünkü her taş kullanımına uygun teknik, işlevsel ve estetik koşulları karşılamalıdır (Primavori, 2003). Yüzeyi işlenmiş dekoratif taşların, özellikle de pürüzlü yüzeyli taşların, kaplama ve döşeme için kullanılması, şehir dokusunda ve tasarımında yer bulmasıyla günümüz taş mimarisi iyice gelişmiştir.

Doğal taşlar yapısına bağlı olarak hiçbir işleme tabi tutulmadan kesilmiş plaka olarak kullanılabilir de çoğunlukla kullanım amacına göre istenen boyutlara indirgemek için kesme ve bunu takip eden yüzey parlatma-cilalama veya diğer yüzey işleme uygulamalarına ihtiyaç duymaktadır.

Taşın yüzeyine estetik bir görüntü vermek ve/veya taşın pürüzlülüğünü artırmak için (böylece kaymayı önleyici özellikleri artar) çok sayıda farklı yüzey işleme yöntemleri vardır. Uygulanacak olan yüzey işleme yönteminin seçimi; yüzey işleminin yapılacağı malzemenin tipine ve koşullarına, estetik etkiye, işin ekonomisine, genel kaniya ve pazar eğilimlerine bağlıdır.

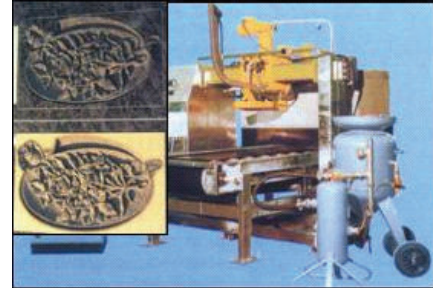
Mermer endüstrisinde oyma, taraklı çekiçleme, honlama, kumlama, çizme, alevle yakma, lazerle işleme ve su jeti ile işleme gibi pek çok işleme yöntemi mevcuttur. Bu yüzey işleme yöntemlerinden bazıları Şekil 1'de verilmiştir. Adı geçen tüm bu teknolojiler pazarda kendilerine olan ilginin azalmasına sebep olabilecek farklı dezavantajlara sahiptirler. Yüzey işleme uygulaması mekanik aletlerin etkisiyle yapıldığı takdirde, ayrıca kumlama veya alevle yakma temelli olduğu durumlarda, işlenen malzemenin yüzeyinde değişimler olmaktadır. Bu değişimler; mekanik bozunmalar (darbelerin sonucu veya ısı şoku etkisiyle), mikro çatlakların oluşturulması ile kromatik (renge dayalı) değişimler ve parlaklıkta azalma ve son kullanıcı tarafından arzu edilmeyen opak etkisi olan kromatik farklılıklar sonucu oluşan kristal ergitmedir (Ciccu ve Bortolussi, 2010; Primavori, 2006).

Bu çalışmada bu yöntemlerden sadece cilalama, su jeti ile işleme, az ve çoklu taraklı çekiçleme

ile numunelerin yüzey işlemleri yapıldığından buradabuyöntemlerüzerindedurulmuştur. Analizi yapılmış diğer bir yüzey olan cilalanmamış yüzey ise kesilip levha haline getirilmiş ve üzerinde hiçbir başka işlem yapılmamış yüzeydir.



a



(b)



(c)

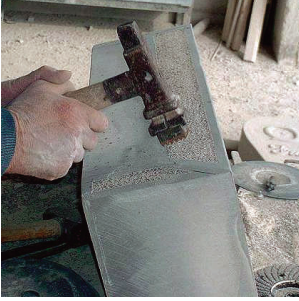


(d)

Şekil 1. Bazı yüzey işleme yöntemleri: a) Lazerle işleme, b) Kumlama, c) Eskitme, d) Alevle yakma.

Çekiçleme, geniş anlamıyla darbeli aletler kullanılarak yapılan bütün işlemleri kapsamaktadır. Bu yöntemle kendine has ve doğal olmayan yüzeyler elde edilmektedir. Bu amaçla keskiler, mucartalar, çekiçler, pensler, raspalar gibi el aletleri veya darbeli mekanik aletler kullanılmaktadır. Yapılan işlem kullanılan alete veya sonuçta ortaya çıkan görünüme atıfla kırkma, raspalama, çekiçleme, noktalama, çizme, dalgalandırma veya kırma gibi isimler almaktadır.

Klasik çekiçleme işleminde kullanılan alet, ucu yoğun bir şekilde piramit uç içeren çekiç veya keski/çekiç ikilidir. İşlem, yüzeyde oluşan kırıkların düzgün bir biçimde dağılımını sağlayacak şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu girinti çıkıntılarının büyüklüğü kullanılan alete ve çarpma şiddetine göre değişir. Önceleri elle yapılan bu işlem günümüzde otomatik çalışan makinelerde yapılmaktadır (Şekil 2). Çalışılan yüzeyler küçükse, üretim miktarı düşükse ve çalışılan yüzey geometrisi çok kompleks ise bu yöntem kullanılabilir. Aksi durumda yüksek miktarlarda üretime imkân veren çekiçleme makineleri kullanılmalıdır.



Şekil 2. Elle çekiçleme (üstte) ve otomatik çekiçleme kafası (altta) (Kulaksız, 2005; Primavori, 2010).

Parlatma-Cilalama işlemi, gittikçe azalan büyüklüğe sahip aşındırıcı tanelerin mermer yüzeylerinden malzeme uzaklaştırması ve bunun sonucunda mermer yüzeylerinin pürüzsüzleştirilmesi ve ışığı yansıtır hale

getirilmesi ilkesine dayanır. Dolayısıyla yapılan işlem temelde bir kontrollü aşındırma işlemidir. Cilalama, yüzeye parlak, aynamsı ve en uygun düzgünlüğü sağlayan, önemli bir işlemdir (Şekil 3). Bu işlem, kimyasal ve meteorolojik dış etkenlerden daha az zarar görebilen, yarı-geçirimsiz bir yüzey üretir (Ciccu ve Bortolussi, 2010).



Şekil 3. Parlatmada kullanılan makine.

Doğal taşların pazarda talebini etkileyen önemli özelliklerinden biri sahip oldukları parlak görünümlerinin kalitesidir. Gerek atölyelerde gerekse büyük ve modern işleme tesislerinde aşındırma – cilalama işlemleri sonucunda elde edilen yüzeylerin kalitesini belirlemek için Türkiye’de herhangi bir standart veya sistem kullanılmamaktadır. Yüzey kalitesine sadece makroskobik görünümüne bakılarak karar verilmektedir. Fakat bu şekilde yüzey iyi, orta veya kötü cila almış demek parlaklığın derecesini açıklamak için yeterli olmamaktadır (Kulaksız, 2005).

Su jeti ile yüzey işleme yöntemi yeni bir yöntemdir (Şekil 4). Bu yöntem sabit basınçla çok yüksek hızlı suyun hareketine dayanır. Su jeti ile kesme sistemleri temel olarak aşındırıcısız ve aşındırıcı sistemler olarak iki grupta incelenir. Aşındırıcısız su jeti ile kesme sistemi, basıncı artırılan suyun dar bir aralıktan geçirilmesiyle elde edilen yüksek hızlardaki su jeti huzmesinin çarpma etkisiyle malzemeden parçacıklar aşındırması ve bunun sonucu olarak malzemenin işlenmesi esasına dayanır (Kulaksız, 2005; Ciccu ve Bortolussi, 2010).

Taş yüzeyleri son bir kaç yıldan beri bilim adamları tarafından deneysel olarak su jeti ile işlenmektedir. Bu çalışmalarda yüzeyler yalnızca estetik açıdan değerlendirilmişler ve yakma, taraklı çekiçleme, kuşlama gibi yöntemlerle

karşılaştırılmışlardır. Bu karşılaştırmalarda, Bortolussi vd, (2002) aşındırıcılı su jeti ile mermer yüzey işleme konusunda çalışmıştır.



Şekil 4. Su jeti ile yüzey işleme makinesi.

Careddu vd (2007) ve (2008) yakma ile yüzey işlemeye uygun olmayan kayalar için su jetinin nasıl uygun olabileceğini estetik ve ekonomik avantajlarıyla araştırmış ve elde ettikleri sonuçları taramalı çekiçleme yönteminin sonuçları ile karşılaştırmıştır. Costa (2007) su jeti ile yüzey işleme üzerine çalışmış ve sonuçlarını estetik açıdan analiz etmiştir. Bunlara ek olarak, Gürsel (2009) su jeti ile yapılan yüzey işlemlerinde özgül enerji, kazı hızı (yüzeyden malzeme uzaklaştırma hızı) ve pürüzlülük gibi performans parametreleri ile makine çalışma parametreleri arasındaki ilişkileri incelemiştir.

Ancak yukarıda belirtilen çalışmaların hiçbirisinde, oluşturulan yüzeylerin kalitesi parlaklık, ışıklılık analizleri de yapılarak değerlendirilmemiş ve estetik olan ya da olmayan şeklindeki karşılaştırmalar ise sadece bakan kişiye bağlı ve göreceli olmuştur.

Bu nedenle bu çalışmada 4 farklı yöntem (Az çekiçli, çok çekiçli, cilalama ve su jeti) kullanılarak yüzey işleme yapılmış Sardinya Bazaltı isimli doğal taşın yüzeyinin kalitesi sadece renk analizi ve pürüzlülük ölçümü yöntemleri kullanılarak değil aynı zamanda parlaklık ölçümü ve ışıklılık ölçümü yapılarak belirlenmiş ve yöntemler arasında karşılaştırmalar bunlardan elde edilen sonuçlara göre yapılmıştır. Bu çalışmanın diğer çalışmalarından bir farkı da pürüzlülük ölçümlerinin tek hat boyunca değil farklı iki yönde (X ve Y) yapılması ve bunların ortalamasının alınarak değerlendirmelerin ona göre yapılmasıdır.

2. ÇALIŞMADA KULLANILAN MAKİNE VE SİSTEMLER

Bu çalışmada Sardinya Bazaltı numunesi üzerinde su jeti kesme sistemi ile yüzey işleme yapılmış ve farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenmiş diğer numunelerle birlikte renk, ışıklılık, parlaklık ve pürüzlülük analizleri yapılmıştır.

2.1 Su jeti yüzey işleme sistemi

Su jeti ile yüzey işlemlerinde kullanılan ekipman; iki eksenden nümerik olarak kontrol edilen püskürtme memesi taşıyıcı kafası çalışılacak deney düzeneğine uygun olacak şekilde eğimli bir robottur. Su jeti yüzey işleme sisteminin görünümü Şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 5. Çalışmada kullanılan su jeti yüzey işleme makinesi.

Sistem aşağıdaki bileşenlerden meydana gelmektedir:

- 37 kW'lık basınçlı hızlandırıcı ve üç adet paralel basınç artırıcı pompa 390 MPa'lık maksimum su basıncı sağlamaktadır ve 7 litre/dakika'lık kapasiteye sahiptir.
- Püskürtme memesini taşıyan kafa eğim ayarlayıcı bir sistemle donatılmıştır ve yakınsak kesitli 0,3 mm çapında safir püskürtme memesi taşımaktadır. Bu kafa hareketli bir köprüye (robot) monte edilmiştir ve çelik bir yapıyla desteklenmektedir.
- Bir tezgâh (kullanım alanı 2 x 1,6 m² olan) üzerinde çalışan su jetinin hareketi iki eksende (X ve Y) nümerik olarak kontrol edilirken Z ekseninde manuel olarak kontrol edilmektedir. Bu eksenlerde hareket yüksek çözünürlüklü ölçme sistemleriyle donatılmış hareket sistemleri ile sağlanmaktadır. Maksimum püskürtme

memesi çıkış hızı 24,5 m/dk'dır. Çalışma tezgâhının altında kullanılan ve eksilen suyu toplayan bir tank bulunmaktadır.

- Bütün fonksiyonların ayar ve otomatik kontrollerinin bağlı olduğu programlanabilir bir birimi vardır. Bu birim bir CAD-CAM programlama sistemi ara yüzüne sahiptir (Careddu vd, 2007; Costa, 2007).

Su jeti ile oluşturulan yüzeyler, kayacın estetik görünümünün korumasına göre değerlendirilmiş ve cilalanmış, cilalanmamış, az ve çok taraklı çekiçlenmiş yüzeylerle karşılaştırılmıştır.

2.2 Renk Analizi

Kayaçların renkleri içeriklerine göre farklı olmaktadır. Farklı mineraller değişik kimyasal farklılaşmalar nedeniyle farklı renkleri yansıttıkları için görünüşleri de farklı olmaktadır (Ozuloğul ve Erdoğan, 1995; Sarı ve Yavuz, 2001). Kimyasal içeriğin kayaç görünüş renklerini ne derece etkilediğini vurgulamanın bir yolu da mermer renklerini incelemektir (Gündoğdu ve Gökay, 1999). Görüntü işleme (image processing) ve uzaktan algılamada en çok incelenen konuların başında gelen renklerin dağılımının analizi, incelenen görüntünün yorumlanmasında en önemli parametreler arasındadır (Castleman, 1979; Schalkolt, 1989).

Renk analizi yapılırken bilgisayara aktarılan görüntü bilgilerinin gösterime hazırlanabilmesi için belirli bir dönüşümden geçmeleri gerekir. Bilgisayar ekranı üzerindeki en küçük görüntü birimi piksel olarak bilinir ve her piksel için kırmızı, yeşil ve mavi sinyaller bilgisayar merkezi işlem birimi (CPU) tarafından gösterilecek piksele göre ayrı ayrı oluşturulur. Her pikseldeki kırmızı, yeşil ve mavi sinyallerin oranı ile belirlenir ve literatürde bu olay RGB (Red (Kırmızı)(K), Green (Yeşil)(Y), Blue (Mavi)(M)) sistemi olarak adlandırılır. Bu üç rengi temel renk kabul eden bu sistem doğadaki diğer tüm renkleri bu üç ana rengin oransal miktarları ile açıklar (Gündoğdu ve Gökay, 2003).

Çalışmada renk analizi için yüzeyleri farklı işleme teknikleriyle işlenmiş kayaçlar alınmış ve işlenmiş yüzeylerin DIGITA laboratuvarlarında Epson EP-15000 (Şekil 6) tarayıcı cihazı ile çok yüksek çözünürlükte (1200 pixel x inç) taraması yapılmıştır. Diğer görüntü alma yöntemlerine (dijital kamera, video kamera...) göre tarayıcının

tercih edilmesinin nedeni sistemin çok yüksek çözünürlükte, çok iyi ışıklandırma kontrolüyle görüntü alabilmesi ve rahatlıkla tekrar ölçüm alabilmeye olanak tanınmasıdır. Taraması yapılan yüzeylerin görüntüleri bilgisayar ortamında 1200 pixel x inç boyutunda kaydedildikten sonra, daha rahat işlem yapabilmek için görüntü boyutları 720 dpi'ye küçültülmüştür. Daha sonra bu dosyalar görüntü analizi işlemi yapmak için bu çalışma kapsamında MATLAB'ta yazılmış özel bir bilgisayar programına yüklenmiştir.



Şekil 6. Görüntü analizi işleminde kullanılan Epson EP-15000 tarayıcı.

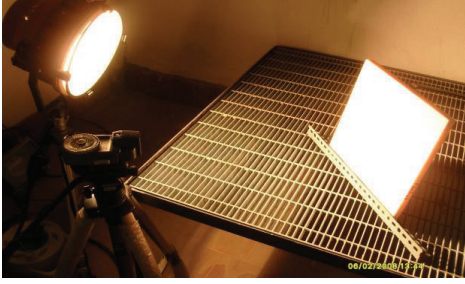
2.3 Işıklılık (Luminance) Ölçümü

Işıklılık (Luminance), ışık verilen bir yönde birim alandaki ışıklılık şiddetinin fotometrik bir ölçümüdür. İçinden geçen veya belirli bir bölgeden yayılan ve belli bir açıyla düşen ışık miktarını tanımlamaktadır. Işıklılık için SI birimi metrekare başına kandeladır (cd/m²). Işıklılık genellikle, düz, dağılmış yüzeylerden yayılma veya yansımayı tanımlamak için kullanılır. Işıklılık, bir ışığın göz tarafından belirli bir açıdan yüzeye bakıldığında ne oranda algılandığını belirtmektedir. Bundan dolayı ışıklılık, yüzeyin ne kadar parlak görüneceğinin bir göstergesidir.

Çalışmada Sardinya Bazaltı kayacı farklı tipteki yüzey işleme işlemlerinden geçtikten sonra ışıklılık değerleri DIGITA laboratuvarlarında luminance-metre ve ışıklılık ölçüm ekipmanı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 7).

2.4 Parlaklık (Gloss) Ölçümü

Parlaklık bir yüzeyin ışığı yansıtma kapasitesi olarak tanımlanmıştır ve o yüzeye belirli bir açıda gelen ışın demetinin yansıma oranına göre farklılıklar göstermektedir. Parlaklık, yüzeyden yansıyan ışığın yüzeye gelen ışığa oranı şeklinde değerlendirilmekte ve ışığın düştüğü düzlemdeki pürüzler azaldıkça parlaklık artmaktadır.



Şekil 7. Çalışmada kullanılan ışıklılık ölçümü ve luminance-metre.

Gelen ışığın yansımaya oranı, ışığın uygulandığı düzlemin yüzey özelliklerine bağlıdır. Yüzeyin pürüzlülük derecesine göre, gelen ışığın bir kısmı yutulmakta ya da yüzey içinde kırılarak arka tarafa geçmektedir. Tam yansımaya ya da ayna yansımaya denilen durumda, ışık demeti, yüzeye çarptıktan sonra geldiği açıda yön değiştirdiğinden o yüzey maksimum parlaklıkta görülmektedir. Bunun tersine mikropürüzler içeren bir yüzeye gelen ışık pürüzlere çarparak farklı yönlerde değişik açılarla yansıdığından pürüzlü yüzey donuk (mat) görünmektedir (Kulaksız, 2005).

Yüzey parlaklığının sayısal olarak belirlenmesi için kullanılan parlaklık ölçerler (Gloss meter), ölçüm yapılan yüzeye belirli bir açıyla ışın göndermekte ve ışının geri gelme açısına göre yüzeyin parlaklığını sayısal olarak (R:100 üzerinden) belirlemektedir (Costa, 2007). Wright ve Rouse (1993), mermerlerin yüzey parlaklığının ölçümüyle ilgili olarak yaptıkları çalışmada; ışının ölçüm yüzeyine 85°'lik açıyla gönderilmesi sonucunda malzemenin özelliklerinden daha az etkilendiğini vurgulamışlardır. Ozuloğul ve Erdoğan (1995), mermerlerde yüzey parlaklığının görüntü analiz yöntemi ile ölçülmesi konusunda yaptıkları bir çalışmada ise söz konusu açının 60° olmasının daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Parlaklık ölçerler pürüzlülük ölçerlerden daha fazla hareket alanına sahiptirler (Her ölçüm noktasında 170 mm²). Bu nedenle, daha çabuk ve kolay uygulanabilmektedir. Ancak eğimli yüzeylerde ölçüm yapılamamaktadır. Bu cihazlar titreşimlere daha az duyarlı olduklarından, fabrikalarda kalite kontrolü için yapılacak ölçümlere kısmen uygun gözükmektedir.

Bu çalışmada glossmetre ölçüm cihazı kullanılarak, yüzeyleri işlenmiş kayalar üzerinde farklı yönlerde parlaklık ölçümleri Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda yapılmış (Şekil 8) ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ölçümler her kayacık örneğinde 20°, 60° ve 85° için yapılmıştır.



Şekil 8. Parlaklık ölçümlerinde kullanılan glossmetre ölçüm cihazı.

2.5 Pürüzlülük

Yüzeylerin kesilerek şekillendirilmesi sırasında; seçilen yöntem, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısı faktörlerinin ve kesici-kesilen malzeme arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde işleme izleri oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü adı verilmektedir (Güllü vd, 2003).

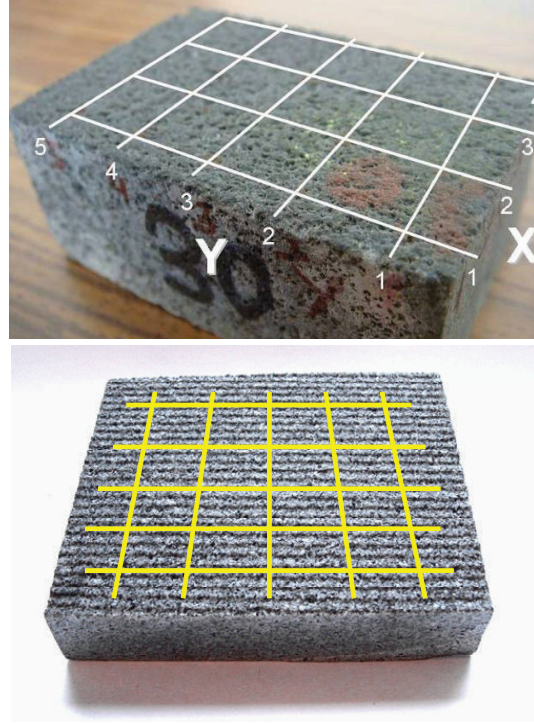
Kesim veya işleme yapılarak üretilen malzemelerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü, malzeme yapısının, seçilen işleme şartlarının ve yönteminin kesin bir göstergesi olmuştur. Yapılan çeşitli araştırmalarda yüzey pürüzlülüğünün doğru olarak ölçülmesi ve üretim şekli için en uygun yüzey pürüzlülük ölçme yönteminin tercih edilmesi önemli bir adım olarak kabul edilmektedir.

Ölçme işlemine genel olarak bakıldığında, ölçülen kriter ve ölçme yöntemi ne olursa olsun, ölçme işleminden beklenen sonuçlar, ölçme yönteminin ve sonuçlarının doğruluğu, gerçekliği ve kesinliği olmuştur. Bu çalışmada işleme yapılan yüzeylerin pürüzlülükleri, yüzeye doğrudan temas halinde çalışan Mitutoyo - Surfrest SJ-400 yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı (Şekil 9) kullanılarak Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda belirlenmiştir. Cihaz üzerinde bir adet kaydedici iğne mevcuttur. Söz konusu iğne ölçüm yapılan yüzey üzerinde değerlendirme uzunluğunda, bir düzlem boyunca hareket ettirilirken yüzeyde var olan pürüzlerin içerisine girip çıkmakta, meydana gelen titreşimler 100.000 kata kadar büyütülerek, hareketli bir şerit üzerine kaydedilmekte veya göstergeden okunmaktadır. Böylece yüzeyin pürüzlülük profili mikron düzeyinde çıkartılmaktadır. Ölçüm sonuçları dijital ve grafiksel olarak ekranda görüntülenebilmekte veya yazıcıdan çıktı olarak alınabilmektedir.



Şekil.9. SJ - 400 pürüzlülük ölçer aletinin genel görünüşü.

Çalışmada her bir kayacın yüzeyinde X ve Y eksenleri boyunca yaklaşık olarak 8 farklı doğrultuda ölçümler alınmış (Şekil 10) ve farklı tipte işlenmiş her bir kayaç için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.



Şekil 10. Pürüzlülük ölçümleri için X ve Y eksenlerinde belirlenen ölçüm doğrultuları.

3. MALZEME VE YÖNTEM

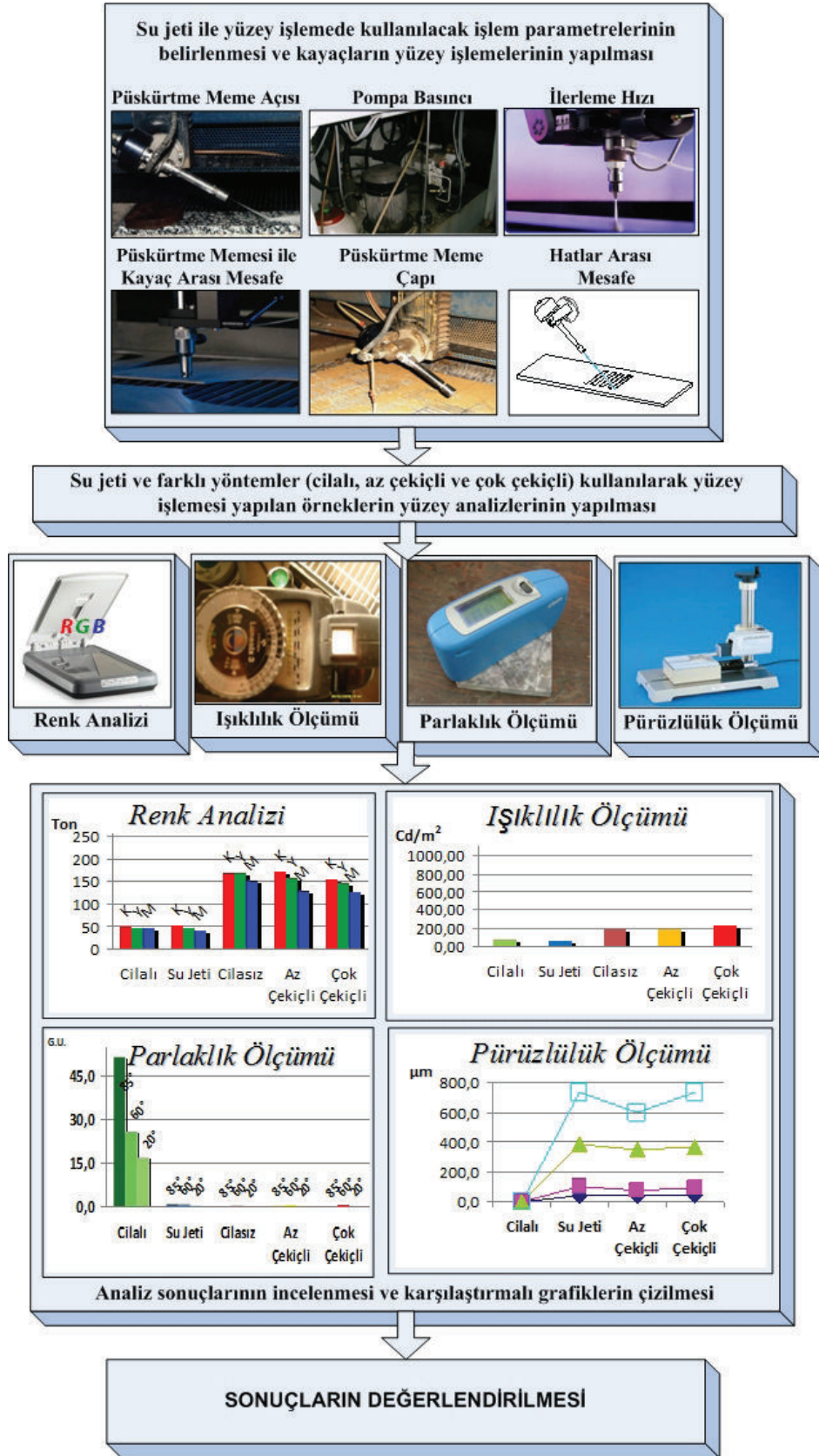
Bu çalışmada Sardinya Bazaltı ticari isimli doğal taş numunesi kullanılmıştır. Sardinya Bazaltı numunesine ait bazı fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çalışmada takip edilen yöntem Şekil 11'de, farklı yüzey işleme yöntemleriyle işlenmiş Sardinya Bazaltı'nın işleme sonrası görünüşleri ise Şekil 12'de verilmiştir. Bu çalışmada sadece su jeti ile yüzey işleme araştırmacılar tarafından yapılmış diğer yöntemlerle işlenmiş numune örnekleri ise İtalya'daki bir fabrikadan alınmıştır.

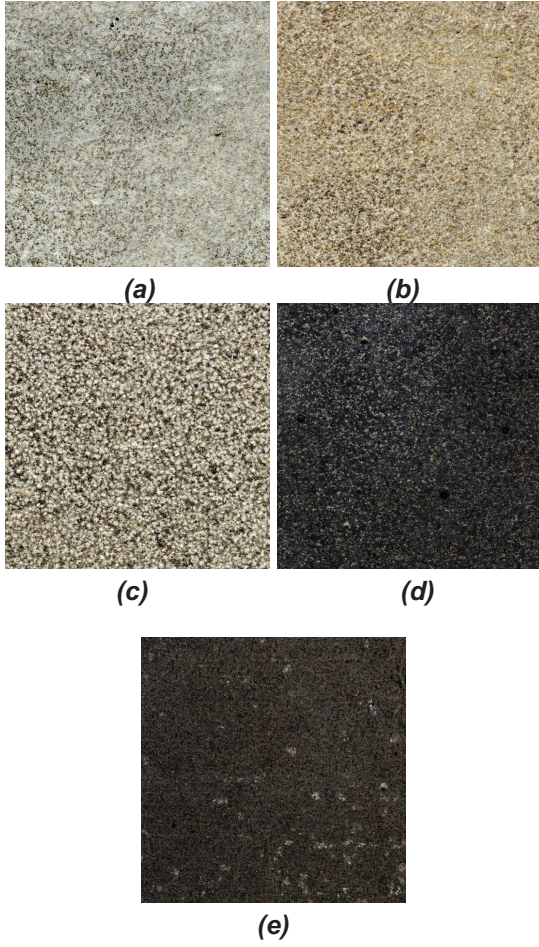
Su jeti ile yüzey işlemleri, örneklerin üzerinde Şekil 11'de görülen şekilde ve doğrultuda yapılmıştır.

Çizelge 1. Sardinya Bazaltı'nın Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlıkça Su Emme (%)	Görünür Gözeneklilik (%)	Shore Sertliği	Cerchar Aşındırıcılık İndeksi (CAI) (1/10 mm)
2,352	4,28	9,88	44	1,1



Şekil 11. Çalışmada takip edilen yöntem.



Şekil 12. Sardinya Bazaltının (a) Cilalanmamış (b) Az çekiçlenmiş (c) Çok çekiçlenmiş (d) Cilalanmış (e) Su jeti ile işlenmiş yüzeylerinin görüntüleri.

Su jetinin kayaç yüzeyindeki işleme şekli, daha önce Costa (2007) tarafından yapılmış olan çalışmada çok iyi sonuçlar veren paralelli geçme programı olarak seçilmiştir. Yüzey işleminde su jeti ile bir eksende tarama yapılarak yüzeyler işlenmiştir. İşlemlerde püskürtme meme kafasının açısı (γ) 30° , hatlar arasındaki mesafe ise 2 mm olarak seçilmiştir. Su jeti ile yüzey işleme deneylerinde kullanılan işlem parametreleri toplu olarak Çizelge 2’de verilmiştir.

Çalışmada yapılan yüzey işlemleri Cagliari Üniversitesi’nin DIGITA (Jeomühendislik ve Çevre Teknolojileri Bölümü) bölümünün laboratuvarında, işlenmiş yüzeylerin analizleri ise hem Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği hem de DIGITA laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çizelge 2. Çalışmada Kullanılan İşlem Parametreleri

İşlem Parametreleri	
Püskürtme Meme Çapı	0,3 mm
Eğim Açısı	30°
Püskürtme Meme ve Kayaç Arasındaki Mesafe	100 mm
İlerleme Hızı	15 m/dk
Pompa Basıncı	250 MPa
Su Besleme Miktarı	2,5 l/dk
Hatlar Arası Mesafe	2,0 mm

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada; cilalı ve cilasız, su jeti kullanılarak, az çekiçli ve çok çekiçli gibi farklı yüzey işleme yöntemleriyle yüzeyleri işlenmiş kayaçların üzerinde yapılan renk, ışıklılık, parlaklık ve pürüzlülük analizi sonuçları karşılaştırmalı olarak aşağıda verilmiştir.

4.1 Renk Analizi Sonuçları

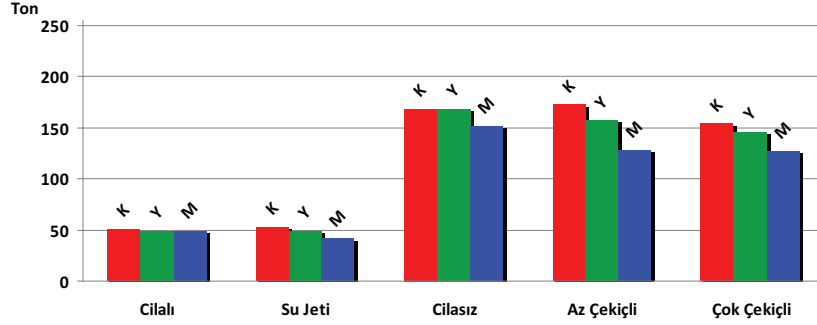
Yapılan yüzey işlemlerde temel amaç parlatılmış yüzeylerde olduğu gibi yüzeylerin renksel görünümünün bozulmadan oluşturulmasıdır. Bu nedenle farklı yüzey işleme yöntemleri renk görünümü açısından birbirleriyle karşılaştırılırken parlatılmış yüzeylere ne kadar benzediğine bakılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenmiş kayaçlar üzerinde renk analizi yapılmış ve sonuçları Şekil 13’de verilmiştir.

Şekil 13 incelendiğinde, su jeti ile işlemede, parlatılmış yüzeylerde olduğu gibi kayacın doğal yapısına ve rengine zarar vermeden ve kayacın orijinal rengi değişmeden yüzey işleme gerçekleştirildiği ve etkili bir pürüzlü yüzey elde edildiği belirlenmiştir. Az veya çok taraklı çekiçlemede ise elde edilen pürüzlü yüzeylerin renginin orijinal renkten oldukça uzaklaştığı tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 12’de farklı yöntemlerle işlenmiş yüzeylerin görüntülerinde de gözükmektedir. Parlatılmış ve su jeti ile işlenmiş yüzeyler Sardinya Bazaltı doğal taş numunesinin orijinal rengi olan siyah renkte gözükürken diğer yöntemlerle yüzeyleri işlenmiş numunelerin rengi açık renkli gözükmektedir.

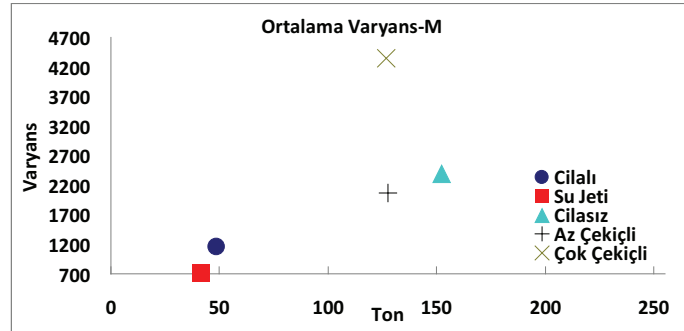
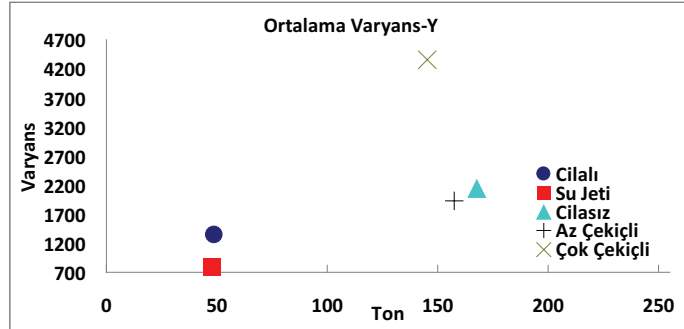
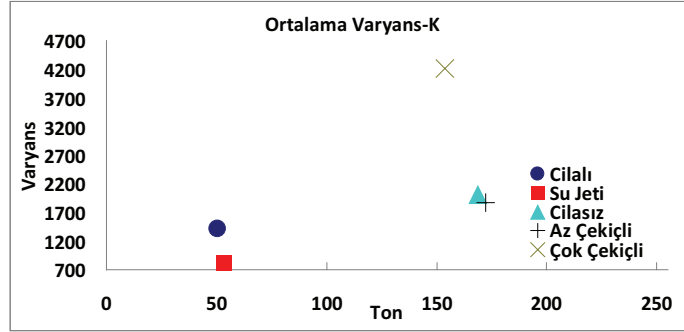
Normalde kayacın doğal yapısı oldukça

düzenlidir ve yüzey işlenmesinden sonrada bu yapının korunması gerekmektedir. Bu nedenle, etkili bir yüzey işlemede renklerin düşük değerli bir ortalama varyans değerine sahip olması gerekmektedir. Bu amaçla renk analizi

sonucundan bulunan KYM renklerinin ortalama varyans değerleri de farklı yöntemler için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 14'de verilmiştir.



Şekil 13. Farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenen Sardinia Bazaltı doğal taş numunesinin renk analizi sonuçları.



Şekil 14. Farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenen Sardinia Bazaltı doğal taş numunesinin renk analizi sonuçlarının ortalama varyans değişimleri.

Şekil 14 incelendiğinde su jeti ile işlenmiş yüzeylerin parlatılmış yüzeylere renk görünümü açısından benzediği ve benzer varyanslarda, hatta daha düşük, KYM renk tonları verdiği görülmektedir. Bu ise su jetinin parlatılmış yüzeyden daha düşük varyansta renk tonu vermesi nedeniyle daha homojen bir görüntüde renk verdiğini göstermektedir. Buna göre, diğer teknolojilerle (az veya çok taraklı çekiçleme) kıyaslandığında su jeti işleme teknolojisinin, renk açısından daha iyi bir yüzey ürettiği rahatlıkla söylenebilir.

4.2 Işıklılık Analizi Sonuçları

Bilindiği gibi ışıklılık, bir yüzeyin ne kadar parlak görüneceğinin bir göstergesidir. Bu ise yüzeyin estetik görünümünü yansıtan bir özelliktir. Işıklılık açısından en iyi yüzeyler parlatılmış yüzeylerdir. Bu nedenle farklı yöntemlerle yüzey işleme yapıldığında yüzeyin ışıklılığının karşılaştırılması parlatılmış yüzeylere benzerliğiyle olmaktadır. Bu amaçla farklı yöntemlerle oluşturulan yüzeyler üzerinde yapılan ışıklılık analizi sonuçları Şekil

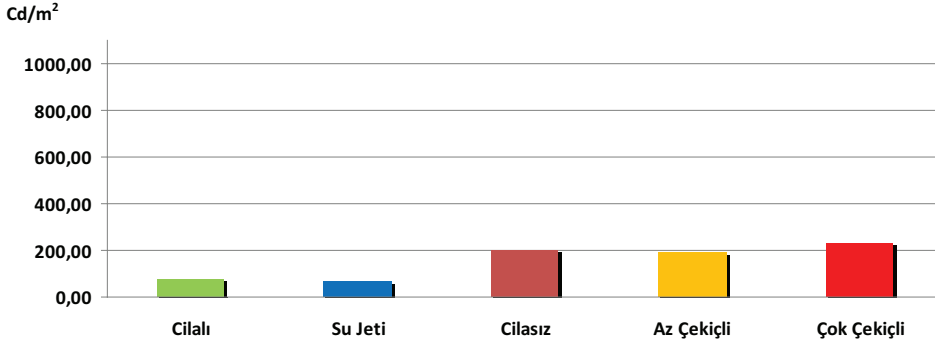
15'de verilmiştir.

Şekil 15 incelendiğinde su jeti ile yüzey işlemenin ışıklılık açısından çok iyi bir yüzey oluşturduğu ve estetik bir görünüm kazandırdığı söylenebilir.

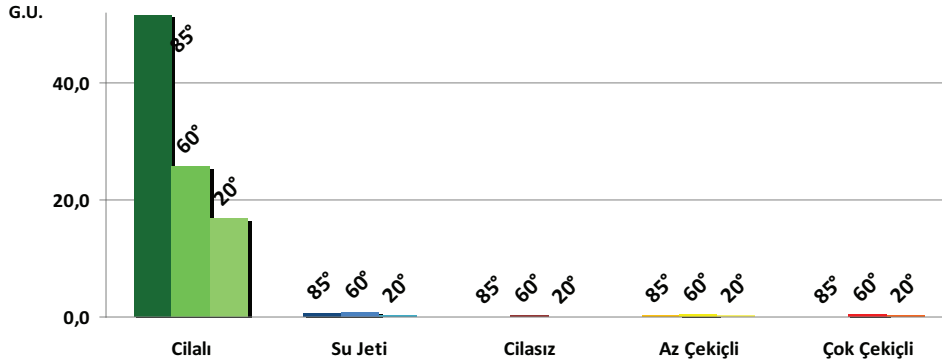
4.3 Parlaklık Analizi Sonuçları

Parlaklık, yüzeyden yansıyan ışığın yüzeye gelen ışığa oranı şeklinde değerlendirilmekte ve ışığın düştüğü düzlemdeki pürüzler azaldıkça parlaklık artmaktadır. Bu nedenle farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenmiş kayalar üzerinde parlaklığın nasıl değiştiğinin görülmesi amacıyla parlaklık analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 16'da verilmiştir.

Parlatma dışındaki yöntemlerde pürüzlü yüzeyler elde edildiğinden Şekil 16'da görüldüğü gibi diğer yöntemlerle işlenmiş yüzeylerde çok düşük parlaklık değerleri elde edilmiştir. Buna göre, Gloss ölçümlerinin parlatılmış yüzeyler hariç diğer yöntemlerle (su jeti, taraklı çekiçleme vs) işlenmiş yüzeylerin analizinde ve karşılaştırılmasında kullanılmayacağı söylenebilir.



Şekil 15. Farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenen Sardinya Bazaltı doğal taş numunesinin ışıklılık analizi sonuçları

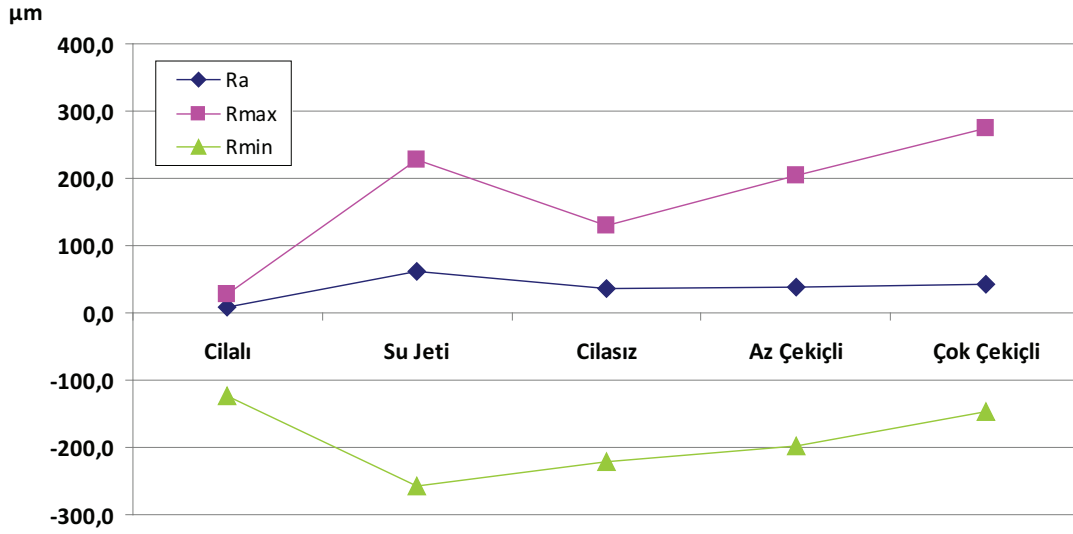


Şekil 16. Farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenen Sardinya Bazaltı doğal taş numunesinin parlaklık analizi sonuçları.

4.4 Pürüzlülük Analizi Sonuçları

Farklı yüzey işleme yöntemlerinden elde edilen yüzeyler üzerinde pürüzlülük analizi yapılmış ve sonuçları Şekil 17'de verilmiştir.

Şekil 17 incelendiğinde, ortalama pürüzlülüğü gösteren Ra değeri (bu çalışmada X ve Y yönlerinde ölçülen Ra değerlerinin ortalamasıdır) su jeti ile yüzey işlemede diğer yöntemlere göre daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 17. Farklı yöntemlerle yüzeyleri işlenen Sardinya Bazaltı kayacının yüzey pürüzlülüğü analizi sonuçları

Yapılan ölçümlerde yüzeydeki en yüksek pürüzlülük değeri (Rmax) çok çekiçli işleme yöntemi kullanılarak yapılan yüzey işleminde görülmüştür. Ancak Rmax ve Rmin değerlerinin mutlak değerlerinin birbirlerine çok yakın olması nedeniyle su jetinin daha homojen bir pürüzlü yüzey oluşturduğu görülmektedir. Benzer bir homojenlik az taraklı çekiçleme yöntemiyle işlenmiş yüzeyde de görünmesine rağmen oluşturulan yüzey az pürüzlü bir yüzeydir. Bu nedenle su jeti ile yapılan yüzey işleminin pürüzlülük açısından en iyi yöntem olduğu söylenebilir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada su jeti ile yapılan yüzey işleminin çeşitli analiz sonuçları, kesilmiş cilalanmamış, cilalanmış, az ve çok taraklı çekiçlenmiş yüzeylerin analiz sonuçları ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

1. Renk analizi göz önüne alındığında, su jeti ile yüzey işlemede, parlatılmış yüzeylerde olduğu gibi kayacın doğal yapısına ve rengine zarar vermeden (siyah renkte) yüzey işleme gerçekleştirildiği ve etkili bir pürüzlü yüzey elde edildiği belirlenmiştir. Az veya çok taraklı çekiçlemede ise elde edilen pürüzlü yüzeylerin renginin orijinal renkten uzaklaştığı ve renginin değiştiği belirlenmiştir.

2. Su jeti ile işlenmiş yüzeylerin parlatılmış yüzeylere renk görünümü açısından çok benzediği ve benzer varyanslarda ve hatta

daha düşük varyansta KYM renk tonları verdiği ve böylelikle de homojen bir renkle estetik bir görünüm sunduğu tespit edilmiştir.

3. Işıklılık açısından, su jeti ile işlenmiş yüzeylerin, cilalanmış yüzeylerin ışıklılık değerleriyle benzerlik gösterdiği ve estetik açıdan güzel bir görünüm sunduğu belirlenmiştir.

4. Gloss ölçümlerinin farklı yöntemlerle işlenmiş yüzeylerinkarşılaştırılmasında kullanılmayacağı ve sadece parlatılmış yüzeyler için uygun olduğu tespit edilmiştir.

5. Pürüzlülük açısından, ortalama pürüzlülük (Ra) değerinin su jeti ile yapılan yüzey işlemede diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak, en yüksek pürüzlülük değerini (Rmax) çok taraklı çekiçlenmiş yüzeylerin verdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, su jetinin daha homojen bir pürüzlü yüzey oluşturduğu için pürüzlülük açısından en iyi yöntem olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, su jeti ile yüzey işleme teknolojisinin kayaların yüzeylerinin işlenmesinde, kayaların doğal renklerini ve dokusal özelliklerini değiştirmeden estetik bir pürüzlü yüzey sağladığından rahatlıkla kullanılabileceği belirlenmiştir. Ancak yöntemin maliyet açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve sonuçların yorumlanmasında yardımlarından dolayı Cagliari Üniversitesi Rektör Yardımcısı Prof. Dr. Raimondo Ciccu'ya ve DIGITA çalışanlarına ve bu makalenin yazımındaki yardımlarından dolayı H.Ü. Maden Müh. Bölümü Araştırma Görevlisi Emre Yılmazkaya'ya teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Bortolussi, A., Careddu, N., Ciccu, R., Manca M.G. ve Olla A, 2002; "Surface Finishing of Marble with Abrasive Water Jet", 16th International Conference on Water Jetting. Aix en Provenc., 425-435.

Careddu, N., Ciccu, R. ve Costa G., 2005; "Applicazione della Tecnologia Water-Jet alla Lavorazione Superficiale dei Graniti", Marmomacchine Classic, **184**, 218-238.

Careddu, N., Costa, G., Ciccu, R., Medda, R., Naitza, S. ve Primavori, P., 2007; "Working the Surfaces of Non-Flammable Ornamental Rocks with Water-Jets Technology (Part one)". Technical Review "Marble machine classic" **196**.

Careddu, N., Costa, G., Ciccu, R., Medda, R., Naitza, S. ve Primavori, P., 2008; "Working the Surfaces of Non-Flammable Ornamental Rocks with Water-Jets Technology (Part Two)", Technical Review "Marble machine classic" **197**.

Castleman, K.R., 1979; "Digital Image Processing", Prentice-Hall Yayınevi. Englewood Cliffs. NJ US, 429.

Ciccu, R. ve Bortolussi, A., 2010; "Stone Surface Finishing by Pulsed Water Jets", Global Stone Congress 2010, Alicante, Spain, S2-11.

Costa, G., 2007; "Surface Finishing Operations

on Marbles with Water jet", Ph.D. Thesis, University of Cagliari, Italy.

Güllü, A., Özdemir, A. ve Demir, H. 2003; "Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri ve Mukayesesi", Teknoloji Dergisi, **6(1-2)**, 79-92.

Gündoğdu, İ. B. ve Gökay, M. K., 1999; "Mermerlerin Sayısal Görüntü Analizleri", Türkiye 11. Mühendislik Haftası, S. Demirel Üniversitesi. Yerbilimleri Bildirileri Kitabı, 303-311.

Gündoğdu, İ. B. ve Gökay, M. K., 2003; "Mermer Yüzey Rengindeki Homojenlik, Mermer Desenlerinin Sayısal İncelenmesi", Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı, 231-241.

Gürsel, M., 2009; "Performance Assessment of Water Jet Cutting and Surface Treatment", Ms C. Thesis, Hacettepe University, 108.

Kulaksız, S., 2005; "Doğal Taş Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri", Ankara, 634p.

Ozuloğul, A. ve Erdoğan, M. 1995; "Mermerlerde Yüzey Parlaklığının Görüntü Analiz Yöntemi ile Ölçülmesi", Türkiye 1 Mermer Sempozyumu Afyon, 37-44.

Primavori, P., 2003; "Workmanship and Surface Finishes on Stone Materials", Directory 2003,504.

Primavori, P., 2006; Technologies for Stone Extraction and Processing, Directory 2006,270.

Primavori, P., 2010; "Surface Finishes on Stone Materials, Directory 2010, 165.

Sarı, D. ve Yavuz, H., 2001; "Mermer Parlaklığının Nicel Tanımı", Türkiye 3. Mermer Sempozyumu Afyon, 265-275.

Schalkolt, R.J., 1989; "Digital Image Processing and Computer Vision", Wiley & Sons Yavinevi New York US, 489.

Wright, D.N. ve Rouse, C., 1993; "Stone Polishing-Measurement of Surface Finish", IDR, **1**, 10-13.