

## Mermer Ocak İşletmeciliğinde Yastıklama Uygulamasının Üretim Verimine Etkisinin Araştırılması

Nazmi ŞENGÜN<sup>\*1</sup>, İhsan BİLGİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği ABD, 32260, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 19.08.2021, Kabul / Accepted: 08.02.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.04.2022)

### Anahtar Kelimeler

Mermer ocağı,  
Üretim verimi,  
Yastıklama uygulaması

**Özet:** Ülkemizde mermer ocaklarında blok üretim verimleri oldukça düşüktür. Verimin düşük olmasının nedenleri jeolojik parametrelerden olmakla birlikte üretim faaliyetlerindeki bazı uygulamalardan da kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, ekonomik açıdan büyük öneme sahip mermer ocaklarının işletme faaliyetleri sırasında karşılaşılan üretim kayıplarına değinilmiş ve bu faaliyetlerden yastıklama uygulamasının üzerinde durulmuştur. Mermer bloklarının ana kütleden kesildikten sonra devrilmesi sırasında yastıklama şeklinin ve yastıklama malzemesinin blok üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Burdur bölgesinde bir mermer ocağında farklı boyutlardaki pasa ve toprak malzeme ile üç farklı yastıklama şekli (tekli üçgen, çiftli üçgen ve trapez) kullanılarak üretim yapılmış ve üretim verimleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda en uygun yastıklama şeklinin çift üçgen şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yastıklama yüksekliğinin artırılması blok üretim verimini arttırdığı gibi, yastıklama malzemesinin ebatlarının ince olması veya toprak malzemeden hazırlanmış olması da blok verimini olumlu yönde etkileyecektir.

## Investigation of the Effect of Cushioning on Production Efficiency in Marble Quarry Management

### Keywords

Marble quarry,  
Production efficiency,  
Cushioning application

**Abstract:** In our country, the block production efficiency in marble quarries is quite low. The reasons for the low yield are due to geological parameters as well as some applications in production activities. In this thesis, the production losses encountered during the operational activities of the marble quarries, which are of great economic importance, are mentioned and the application of cushioning, one of these activities, is emphasized. The effect of cushioning shape and cushioning material on block production efficiency was investigated during the overturning of marble blocks after cutting from the main mass. For this purpose, production was made in a marble quarry in Burdur region using different sizes of rust and soil material and three different cushioning styles (single triangle, double triangle and trapezoidal) and production yields were calculated. As a result of the study, it was determined that the most suitable cushioning form was in the form of a double triangle. In addition, increasing the height of the cushioning increases the block production efficiency, as well as being thin in size of the cushioning material or being prepared from soil material will positively affect the block yield.

### 1. Giriş

Doğal taşlar, doğadan çıkarıldıktan sonra ticari olarak işletilebilen insanlar tarafından kullanılan en eski inşaat malzemelerindendir. Geçmişten bu yana insanlık tarafından dayanıklılığı, gösterişi sebebi ile çeşitli alan ve yapılarda kullanılarak hayatın bir

parçası haline gelmiştir. Bu ilgi ve talep dolayısıyla doğal taş üretimi de gün geçtikçe artmaktadır.

Dünyanın en zengin mermer yataklarının bulunduğu Alp-Himalaya kuşağında yer alan Türkiye, 5.1 milyar m<sup>3</sup> (13.9 milyar ton) muhtemel mermer rezervine sahiptir. Bu değer 15 milyar m<sup>3</sup> olduğu tahmin edilen dünya rezerv toplamının %33'üne karşılık

\*İlgili yazar: nazmisengun@sdu.edu.tr

gelmektedir. Yıllık doğal taş üretimi 11.5 milyon ton civarında olup işleme tesislerinin toplam plaka üretim kapasitesi ise 6.5 milyon m<sup>2</sup> civarındadır. Bu üretimin tamamına yakın kısmı özel sektör tarafından yapılmaktadır. Ayrıca mermer sektörünün 2020 yılı ihracatı 1.73 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir [1]. Doğal taş sektörü yüksek ihracat potansiyeli, iç piyasa tüketimi, doğal taş makineleri üretimi ve ihracatı ile Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır.

Doğal taş ve mermer ocaklarında üretim yöntemleri ve uygulamaları ile ilgili geçmişte birçok araştırma yapılmış olup bunlardan bazıları aşağıda sunulmuştur. Urhan ve Şişman [2] çalışmalarında, blok mermer üretiminde elmaslı tel kesme yöntemi ele alınmış, yöntemin uygulanabileceği ocak tipleri, ocağın kesime hazırlanması, deliklerin delinmesi, telin yerleştirilmesi ve kesimin yapılmasında dikkat edilecek konular verilmiştir. Elenen ve Ersoy [3] çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak alternatif kesme yöntemlerini belirli kriterler dikkate alarak değerlendirmişler ve önem düzeylerine göre sıralamışlardır. Küçük [4], mermer sahalarından alınabilecek blok boyutlarının belirlenmesinde yeni bir sınıflama yönteminin geliştirilmesine yönelik yaptığı çalışmada 12 ayrı mermer ocağının basamaklarında ve aynalarında yapılan jeoteknik çalışmalardan, laboratuvar deneyleri sonuçlarına bağlı olarak üretilen blokların hangi amaçla (döşeme, kaplama) kullanılabilmesine ve ihracatta istenilen CE belgesinin uygunluğuna kadar bütün aşamaları içeren MBA-Mermer Blok Analizi isimli program geliştirilmiştir. Ayrıca çalışmada mermer üretim sürecindeki verim ve kayıplara da değinilmiştir. Yavuz [5], kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanımlarını etkileyen temel jeolojik parametrelerinin detaylıca belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Kayaların blok mermer üretimini etkileyen birincil jeolojik parametrelerin büyük bir kısmı, kaya mostraları ve mermer ocaklarına ait şev aynalarında gözlenirken, ikincil jeolojik parametrelerin büyük bir kısmı yüzeyden yapılan saha gözlemleri ile tespit edilemediğini ifade etmiştir. Kayaçların ayrışmaya bağlı olarak sunduğu mühendislik özelliklerindeki değişimler de göz önüne alınarak, bir ruhsat sahasında blok taş üretimine karar vermek için detaylı bir saha çalışması yapılması vurgulanmıştır. Küçük ve Onargan [6] yapmış oldukları çalışmada, Burdur ili Merkez ilçesi Hacılar köyü yakınında bulunan özel bir firmaya ait bej mermer sahasında blok verimliliğine yönelik saha araştırmaları yapmışlardır. Çalışmada, litolojik birimlerin derinliğe bağlı kalınlık, litolojik homojenite ve diğer mühendislik jeolojisi ile ilgili değişimleri belirleyebilmek için yer radarı (GPR) kullanmış ve 25-30 metre derinliğe kadar elde edilen kesit görüntüleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında söz konusu sahadan alınabilecek minimum, maksimum blok boyutları, mermer tabakasının çatlaklılık durumu, blok verimi gibi saha özellikleri belirlemiştir.

Altındağ [7] çalışmasında, doğal taş üretiminde yapılan bazı yanlışlıklar ve bu yanlışlıkların yapılmaması ve doğal taş ocaklarında blok verimliliğinin artırılması için bazı önerilerde bulunulmuş ve nedenlerini tartışmıştır.

İlgili literatür incelendiğinde, mermer ocaklarında daha çok üretim yönteminin optimizasyonu, enerji verimliliği ve ocak yönünün değerlendirilmesi şeklinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca yastıklama uygulaması ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında; madencilik ihracatında büyük bir paya sahip olan mermer sektöründe bir mermer ocak işletmesindeki yastıklama uygulamasının üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda, Burdur ili, Yeşilova ilçesi, Çelttek köyü mevkiinde bulunan bir mermer ocağında araştırma ve incelemeler yapılmıştır. Mermer bloklarının ana kütlede kesildikten sonra devrilmesi (yıkılması) sırasında farklı yastıklama uygulamaları ve bu yastıklama uygulamalarının üretim verimini ne ölçüde etkilediği, ayrıca farklı yastıklama malzemelerinin üretim verimine etkisi araştırılmıştır.

## 2. Mermer Ocaklarında Üretim Kayıpları

Mermer üretimindeki zayıt çok farklı sebeplerden dolayı oldukça fazladır. Doğru üretim yöntemi ve tekniklerinin kullanılarak yapılmaması ve kayacın blok mermer olarak kullanılabilmesi için gerekli jeolojik parametrelerin fazla olması bunun en önemli sebeplerindendir. Bu durumda mermer ocağının verimi düşmektedir [5].

Mermer ocaklarında verim, blok olarak satılan mermer hacminin üretim amaçlı kazılan hacme oranı olarak tanımlanabilir. Türkiye'deki mermer ocaklarının jeolojik yapısı itibarıyla (özellikle kireçtaşı ocaklarında) zayıt fazla olmakta ve üretim verimliliği oldukça düşük olmaktadır. Blok kazanma veriminin düşük olmasının sebebini iki bölümde incelemek mümkündür. Birincisi, üretim verimliliğini etkileyen jeolojik parametreler ve ikincisi ise hatalı üretim teknik ve yöntemleridir. Bu çalışmanın konusu olarak yastıklama uygulamasının etkisi bu çalışmada daha geniş olarak araştırılmıştır.

### 2.1. Verimi etkileyen jeolojik parametreler

Mermer ocağında blok mermer üretimine, üretim yönü ve şekline karar verilmesi kayacın jeolojik parametrelerinin incelenmesinden geçmektedir. Bu parametrenin göz ardı edilmesi en büyük zayıtı oluşturmaktadır.

Verimi etkileyen jeolojik parametreler, birincil ve ikincil parametreler olarak sınıflandırılmaktadır. Kaya kütlelerinin içerdiği tabaka, kırık, çatlak, foliasyon, fisür, mikrofisür ve fay gibi süreksizlik düzlemlerinin oluşturduğu birincil jeolojik parametreler, mermer

bloklarının işlenmesi esnasında üretim zayıfına neden olan ya da kayacın renk ve desen homojenitesini bozarak ticari değerini azaltan veya yok eden parametrelerdir. İkincil parametreler ise kayacın kullanım yeri, şekli ve durabilitesini (dış etkenlere karşı dayanıklılık) belirleyen fiziksel, mekanik ve teknolojik malzeme özellikleridir. Bu hususlar Yavuz [5] tarafından detaylı olarak anlatılmıştır.

## 2.2. Verimi etkileyen üretim kaynaklı parametreler

Üretime geçme kararı verilen mermer ocaklarında doğru üretim yöntemi ve teknikleri kullanılarak üretim yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde üretim zayıfı artmaktadır. Üretim aşamalarında üretim tekniği ve uygulamalarından kaynaklı önenebilir zayıfın artmasına sebep olan bazı hatalar bulunmaktadır. Bunlar;

- Ocak çalışma yerinin doğru seçilmemesi,
- Uygun kesim yerinin hazırlanması,
- Yıkıma hazır kesimin uygun makine ve teçhizatla ana kütleden ayrılmasının sağlanamaması,
- Ana kütleden ayrılan blok önüne uygun zeminin (yastıklamanın) hazırlanmaması,
- Sökümden çıkan blokların taşınması sırasında meydana gelen üretim kayıpları,
- Blokların sayılanması ve taşınması sırasında meydana gelen üretim kayıpları,
- Pazarlama/satış sırasındaki üretim kayıpları,
- Özen ve dikkat eksikliği olarak sayabiliriz.

Mermer ocaklarının teknik ve ekonomik şartlarda işletilebilmesi, verimin artırılması için çalışma bölgesinin doğru ve isabetli olarak seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca ocağın jeolojisi, topoğrafyası göz önüne alınarak yapılacak çalışmaların mühendislik disiplini içerisinde planlanması buna göre ocağın kesim yönü belirlenerek kesimlerin ayarlanması gerekmektedir. Hazırlanacak olan kesimler fay çatlaklarına dik olacak şekilde hazırlanmalıdır. Paralel hazırlanan kesimlerde blok kazanma verimi düşmekte ve bloklar daha fazla parçalanmaktadır.

Yıkıma hazırlanan kesimin daha rahat açılabilmesi, kolay ve parçalanmadan yıkılabilmesi için sac balonlar (hava veya su yastıkları) kullanılmaktadır. Sac balonlar kesiklere yerleştirilirken çatlaksız sağlam bir bölge seçilmeli ve sac balon şişirilirken kesim açıklığı kayaç parçaları ile desteklenmelidir.

Ana kütleden ayrılacak bloğu devirmeden önce, önüne daha önceden yumuşak bir zemin hazırlanması gerekmektedir. Bu zemin toprak ve/veya mermer pasalarından oluşabilmektedir. Verimin yüksek olması için yastıklamanın uygun şekilde ve malzemedan hazırlanmalıdır.

Yıkım yapıldıktan sonra çıkan parçaların uygun makine kullanarak taşınması gerekmektedir. Bazen sökümden çıkan parçalar, ekskavatör yardımı ile çekilmeye çalışılmakta, bu ise bloğun parçalanmasına sebep olabilmektedir. Bu tarz parçaların lastikli yükleyicilerle alınması bloğun daha az zarar görmesini sağlamaktadır.

Büyük ebatlardaki veya düzensiz boyutlardaki blokların ticari boyutlara indirgenmesine sayalama adı verilmektedir. Genelde bu işlemler doğal taş üretim ocağında kurulu sabit veya seyyar makine, teçhizat ve düzenekler ile yapılmaktadır. Sayalama yapılırken, düzensiz bloklar çatlaklarından, parçalarından temizlenerek dikdörtgen prizma veya küp şekline getirilmektedir. Aksi halde tekrar kesilmek zorunda kalır ve kırılğan yapı taşlar parçalanabilmektedir. Yıkımdan sonra oluşan parçalar, çatlaklarına uygun kesilmelidir. Ayrıca bloklar bir yerden alınıp başka bir yere taşınması sırasında lastik tekerlekli yükleyicinin (loder) bloğu kaldırırken bloğa zarar vermemesi için bloğun altına uygun malzemeler konması zayıfın azaltılmasına sebep olacaktır.

Pazarlama esnasında kesilmeye uygun olmayan blokların müşteri isteği üzerine tekrar kesilmesi, kırılğan yapıya sahip blokların kırılıp parçalanmasına sebep olabilmektedir.

Üretimde en büyük kayıplardan biri de yanlış ve dikkatsiz yapılan yıkım ve sökümlerdir. Ocak içerisinde yapılacak olan tüm işlemler dikkat ve özen gösterilerek yapılmalıdır.

## 3. Materyal ve Metot

Mermer ocaklarındaki üretimden kaynaklı verim düşüklüğünün bir sebebi olarak yastıklama uygulamasının hatalı olarak gerçekleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu kapsamda, Burdur ili, Yeşilova ilçesi, Çeltik Köyü sınırları içerisinde bulunan İR:201101046 numaralı 70 hektarlık Samer Mad. A.Ş. tarafından 4900 m<sup>3</sup>/yıl kapasite ile işletilmekte olan mermer ocağında, mermer blok üretimi sırasında farklı yastıklama uygulamaları yapılarak üretim verimine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu mermer ocağındaki üretim, açık işletme tekniği kullanılarak yapılmaktadır. Şekil 1'de çalışmanın yapıldığı mermer ocağından bir görünüm verilmiştir.

Bölgenin jeolojik yapısı incelendiğinde, altta, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı, allokton konumlu, İç Toros Napı bulunmaktadır. Ofiyolitler üzerine, Lütesyen yaşlı Gölbaşı Formasyonu uyumsuzlukla gelir. Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu da bu birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Birbirleri ile uyumsuz olan, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaçal ve Yakaköy Formasyonları da diğerlerinin üzerine uyumsuz olarak gelir. En üstte Kuvaterner yaşlı alüvyon ve

birikinti konileri yer alır [8]. Burdur ve civarı, İç Toros Napı olarak adlandırılan birimin yöreye yerleşimi sırasında sıkışma tektoniği ve Pliyosen sonrasında başlayan çekme tektoniği etkisi altında kalmış ve değişik yönlü çekim faylarıyla kesilmiştir [9]. Çalışma alanı ve çevresi KD-GB doğrultulu fay sistemlerinin hâkim olduğu Burdur Fay Zonu içerisinde yer almaktadır. Bölgedeki kireçtaşı blokları, masif görümlü, kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Allokon konumlu olan bu blokların, içinde yer aldıkları ofiyolitik kayalarla olan dokanağı tektoniktir. Ruhsat alanının büyük bir kısmında gri-bej renkli kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan Dutedere Kireçtaşı hakimdir. Ruhsat alanının kuzeybatı kısımlarında ise Mamatlar Formasyonu yüzeylenmiştir. Bu formasyon ise resifal kireçtaşı, kumtaşı ve kıltaşı birimlerinden oluşmaktadır.



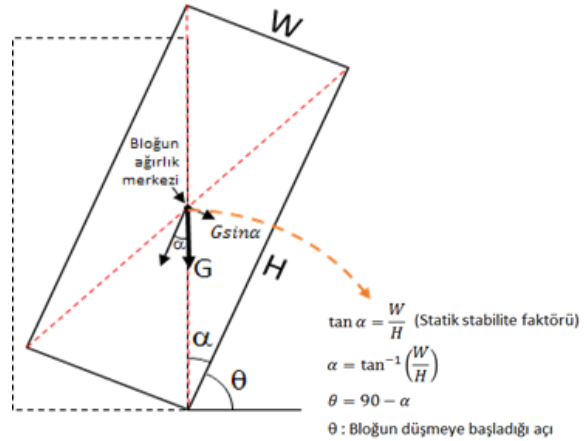
Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı mermer ocağı

Söz konusu ocakta 11 kademede blok üretim yöntemi olarak son yıllarda oldukça gelişen ve dünyanın birçok ülkesinde kullanılan elmas tel kesme metodu ile üretim yapılmaktadır. Kalite olarak en iyi blokların alındığı kademeler 8, 9, ve 10. kademelerdir. Bu nedenle mermer ocağında blok üretimi sırasında farklı yastıklama uygulamaları bu kademelerde yapılarak üretim verimine etkisi araştırılmıştır.

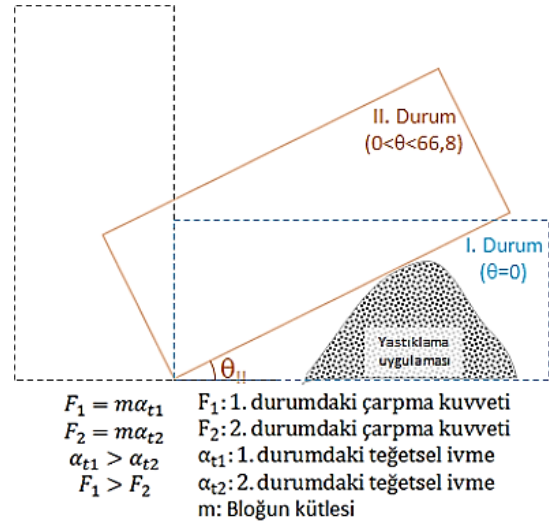
Blok devrilmesinin kinetiği analiz edilirse; belirli bir blok genişliği ( $W$ ) ve yüksekliğinde ( $H$ ) bloğun devrilmeye başlayacağı açı ( $\theta$ ) Şekil 2'de olduğu gibi hesaplanabilir. Şekil 2'de görüldüğü gibi gravitasyondan dolayı etki eden tork, bloğun bütün kütesinin, kütle merkezinde konsantre olmuş gibi etki eder.

Devrilmeye başlayan blok artan bir teğetsel ivme ile aynı kütlede olsa bile büyük bir kuvvet ile yere çarpacaktır ( $\theta=0$  olacaktır). Devrilen bu blok yere çarpmadan önce herhangi bir yastıklama uygulaması ile daha yüksek bir açı değerlerinde karşılanabilirse, devrilen blok teğetsel ivme değerinin en yüksek değerine ulaşmadan daha düşük bir kuvvet ile çarpacaktır (Şekil 3). Bu ifadeler Şekil 3'de 1. durum ve 2. durum olarak sembolize edilmiştir. Yastıklama

uygulaması, bloğun devrilmesi sırasında teğetsel ivmenin daha fazla büyümeden bloğun düşmesini durdurabilmektedir.



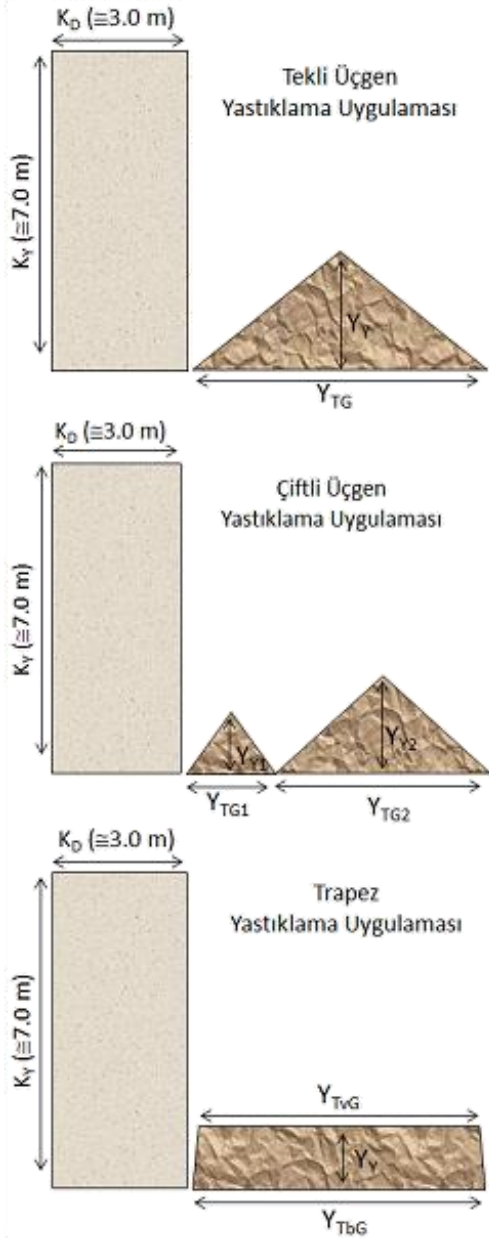
Şekil 2. Blok devrilmesinde serbest cisim diyagramı



Şekil 3. Blok devrilmesi sırasında yastıklama uygulamasının etkisi

Yastıklama uygulaması pratikte farklı malzemeler kullanılarak uygulanabilmektedir. Yastıklama malzemesi türü seçilirken bloğun devrilmesi sırasında oluşan çarpma enerjisinin sönmülmesinde faydası bulunmaktadır. Örneğin; çok parçalı iri blok içeren (genellikle doğal taş artığı moloz parçalar) bir yastıklama uygulaması ile ince malzemedan oluşmuş toprak bir yastıklama malzemesinin blok devrilmesindeki oluşan enerjiyi sönmüleme miktarları farklı olacaktır. Bu durum ise blok verimine doğrudan etkileyecektir.

Yastıklama uygulamasının şeklinin ve malzeme türünün verime etkisinin araştırılması amacıyla bu çalışma kapsamında Tekli üçgen, Çiftli üçgen ve Trapez kesit şeklinde yastıklama türleri uygulanmıştır (Şekil 4). Bu yastıklama türlerinde ayrıca malzeme olarak iri moloz (artık) ve ince toprak malzeme olmak üzere iki farklı yastıklama malzeme türü de çalışılmıştır.



**Şekil 4.** Çalışma kapsamında denenilen yastıklama şekillerinin sembolik gösterimi

Mermer ocağında yıkım işleminden sonra oluşan pasa (mermer artığı) ve ebatlama yapıldıktan sonra arta kalan ekonomik değeri olmayan malzemeler yastıklama amacıyla kullanılmaktadır. Bu malzemeler ekskavator yardımı ile kırılarak ortalama 70 cm ve altı boyuta indirgenerek uygun hale getirilmektedir. Sonrasında istenilen yastıklama çeşidinde kullanılmaktadır. Yıkım yapılacak olan kesimin önüne istenilen yastıklama şekline göre bu kayaç parçaları veya toprak malzeme lastik tekerlekli yükleyici veya ekskavator yardımı ile serilmektedir. Yıkıma hazır kesimin uygun makine ve teçhizatla ana kütleden ayrılması, ana kütleden ayrılan blok önüne uygun zemin hazırlanması, yıkım yapıldıktan sonra çıkan parçaların taşınması, blokların sayalanıp pazarlamaya uygun hale getirilmesi ile işlem tamamlanmaktadır.

Bu üç farklı şekillerdeki yastıklama uygulaması ile yapılan yıkımların blok kazanma verimliliği araştırılmıştır. Blok kazanma veriminin hesaplanmasında, tüm yüzeyi kesilmiş yıkıma hazır hale gelen ana kesimin eni, boyu, yüksekliği metre cinsinden ölçülerek ana kesim hacmi ( $K_M$ ) not edilmektedir. Farklı tür malzemeden oluşan ve farklı şekillerde hazırlanmış yastıklamalar oluşturulduktan sonra kesimi yapılan kütle devrilir. Devrilen kütle içerisinden satışa uygun olan bloklar sayalama işlemine tabi tutulur. Daha sonra blokların ölçüleri tekrar alınarak toplam satılabilir blok hacmi ( $B_M$ ) belirlenir. Ebatlama (sayalama) işleminden sonra elde edilen satılabilir nitelikteki blok miktarının, ana kesim miktarına oranı yüzdesel olarak blok kazanma verimini (BKV) vermektedir (Denklem 1).

$$BKV = \frac{B_M}{K_M} * 100 \quad (1)$$

### 3. Bulgular

Çalışma kapsamında 10 adet tekli üçgen yastıklama uygulaması, 11 adet çiftli üçgen yastıklama uygulaması ve 17 adet trapez şekilli yastıklama uygulaması hazırlanarak ana kesimlerin aynı yöntemle (su yastıkları ile 20-30 cm açılıp daha sonra ekskavator riperi ile) devrilmeleri sağlanmıştır. Ayrıca bu toplam 38 adet ana yıkımdan 28'i iri pasa malzeme, 6'sı ince-orta pasa malzeme ve 4'ü de toprak malzeme kullanılarak uygulanmıştır. Toprak malzemenin mermer ocak şartlarında temin edilme sıkıntısından dolayı daha az sayıdaki yastıklama uygulamalarında kullanılabilmiştir. Çalışmalarda veriler, daha sağlıklı karşılaştırma yapılabilmesi için mermer ocağının daha homojen olarak görünen 8, 9 ve 10 nolu basamaklarından elde edilmiştir.

Hazırlanan farklı şekil ve malzemelerden oluşturulan yastıklama uygulamalarında elde edilen veriler ve hesaplanan blok verim değerleri tekli üçgen yastıklama uygulaması için Tablo 1'de, çiftli üçgen yastıklama uygulaması için Tablo 2'de ve trapez şekilli yastıklama için ise Tablo 3'te verilmiştir.

Her üç yastıklama uygulamasında elde edilen ortalama verimler tekli üçgende %13.1, çiftli üçgende %14.2 ve trapez şeklindeki uygulamada ise %5.9 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar uygulanan farklı yastık şekillerinden en uygun olanının çiftli üçgen daha sonra tekli üçgen şeklindeki yastıklama uygulaması olduğunu göstermektedir. Trapez şeklindeki yastıklama uygulamasının ise söz konusu mermer ocağı için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Malzeme çeşitleri incelendiğinde, üç çeşit yastıklama uygulamasında ince boyutlarda hazırlanan yastıklama çeşidinin iri parçalı malzemeden hazırlanan yastıklamalara göre verimi arttırdığı görülmektedir.

**Tablo 1.** Tekli üçgen yastıklama uygulaması sonuçları [10]

Y <sub>M</sub>	Ana kesim bilgileri					Yastıklama uygulaması bilgileri			Satılabilir blok bilgileri			BKV (%)
	K <sub>N</sub>	K <sub>D</sub> (m)	K <sub>Y</sub> (m)	K <sub>U</sub> (m)	K <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	Y <sub>Y</sub> (m)	Y <sub>TG</sub> (m)	Y <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	B <sub>S</sub>	B <sub>M</sub>		
		(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )		(ton)	(m <sup>3</sup> )	
İri pasa	9	3.4	6.0	10.0	204.4	2.20	6.0	66.0	9	70	26.4	12.9
	8	3.2	6.0	9.5	182.4	2.70	7.0	89.8	8	85	32.1	17.6
	8	2.5	6.0	12.0	180.0	2.60	8.0	124.8	9	80	30.2	16.8
	8	3.5	6.0	13.1	271.2	3.00	7.0	137.6	13	110	41.5	15.3
	8	3.1	6.0	13.0	241.8	2.20	7.0	100.1	8	76	28.7	11.9
	9	3.0	6.0	12.0	216.0	3.00	7.0	126.0	11	95	35.8	16.6
	9	3.2	6.7	10.3	217.4	3.30	7.0	119.0	7	63	23.8	10.9
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.80	7.0	94.5	4	25	9.4	3.0
Toprak	8	3.0	6.0	13.0	234.0	2.70	8.0	140.4	9	74	27.9	11.9
	9	3.2	6.7	10.3	217.4	3.00	7.0	108.2	9	81	30.6	14.1
											Ortalama:	13.1
											Ortalama:	13.0
											<b>Genel ortalama:</b>	<b>13.1</b>

Y<sub>M</sub>: Yastık malzemesi türü; K<sub>N</sub>: Kademe no; K<sub>D</sub>: Dilim kalınlığı; K<sub>Y</sub>: Kademe yüksekliği; K<sub>U</sub>: Kesim uzunluğu; K<sub>M</sub>: Ana kesim miktarı; Y<sub>Y</sub>: Yastıklama yüksekliği; Y<sub>TG</sub>: Yastıklama tabanı genişliği; Y<sub>M</sub>: Yastık miktarı; B<sub>S</sub>: Satılabilir blok adedi; B<sub>M</sub>: Toplam blok miktarı; BKV: Blok kazanma verimi

**Tablo 2.** Çiftli üçgen yastıklama uygulaması sonuçları [10]

Y <sub>M</sub>	Ana kesim bilgileri					Yastıklama uygulaması bilgileri					Satılabilir blok bilgileri			BKV (%)
	K <sub>N</sub>	K <sub>D</sub> (m)	K <sub>Y</sub> (m)	K <sub>U</sub> (m)	K <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	Y <sub>Y1</sub> (m)	Y <sub>TG1</sub> (m)	Y <sub>Y2</sub> (m)	Y <sub>TG2</sub> (m)	Y <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	B <sub>S</sub>	B <sub>M</sub>		
		(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )		(ton)	(m <sup>3</sup> )	
İri pasa	8	3.0	6.0	10.0	180.0	1	1.5	1.3	5.5	43.3	5	41	15.5	8.6
	9	3.0	6.0	12.0	216.0	1.2	1.8	1.5	6.2	68.8	8	70	26.4	12.2
	9	2.9	6.0	12.0	208.8	1.2	1.8	1.4	6.2	65.0	7	52	19.6	9.4
	8	3.0	6.8	18.0	367.2	1.2	1.8	1.7	5.2	99.0	10	150	56.6	15.4
	9	3.0	6.7	8.0	160.8	1.3	1.95	2.5	5.0	60.1	6	54	20.4	12.7
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	2.0	3.0	3.0	4.0	126.0	8	125	47.2	16.8
	9	3.0	6.7	18.0	361.8	1.7	2.55	2.6	4.4	142.0	9	135	50.9	14.1
	10	3.0	7.0	14.0	294.0	1.2	1.8	1.8	5.2	80.6	4	36	13.6	4.6
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	1.4	2.1	2.5	4.4	97.6	12	175	66.0	23.5
	Toprak	9	3.2	6.7	10.3	217.4	1.5	2.25	2.6	4.7	80.3	6	54	20.4
9		3.0	6.7	14.0	281.4	1.4	2.1	2.5	4.4	97.6	14	224	84.5	30.0
											Ortalama:	13.0		
											Ortalama:	19.7		
											<b>Genel ortalama:</b>	<b>14.2</b>		

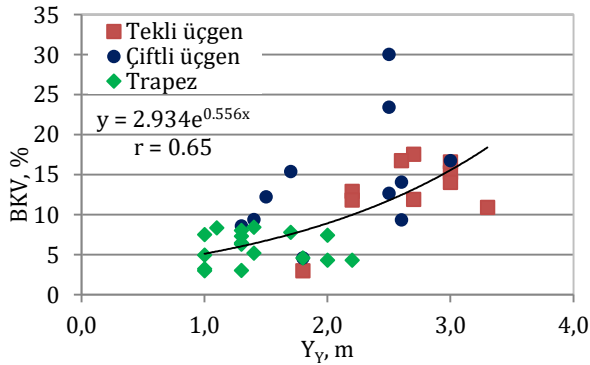
Y<sub>M</sub>: Yastık malzemesi türü; K<sub>N</sub>: Kademe no; K<sub>D</sub>: Dilim kalınlığı; K<sub>Y</sub>: Kademe yüksekliği; K<sub>U</sub>: Kesim uzunluğu; K<sub>M</sub>: Ana kesim miktarı; Y<sub>Y1</sub>: 1. yastıklama yüksekliği; Y<sub>TG1</sub>: 1. yastıklama tabanı genişliği; Y<sub>Y2</sub>: 2. yastıklama yüksekliği; Y<sub>TG2</sub>: 2. yastıklama tabanı genişliği; Y<sub>M</sub>: Toplam yastık miktarı; B<sub>S</sub>: Satılabilir blok adedi; B<sub>M</sub>: Toplam blok miktarı; BKV: Blok kazanma verimi

**Tablo 3.** Trapez yastıklama uygulaması sonuçları [10]

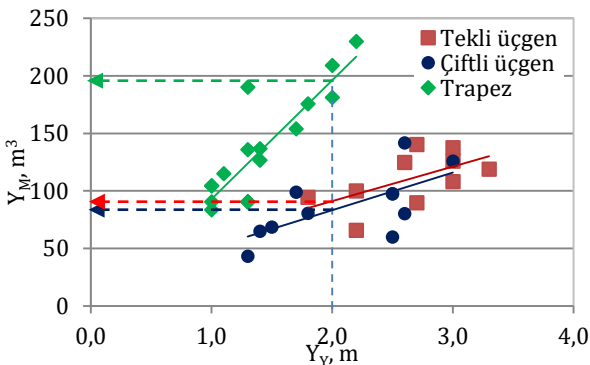
Y <sub>M</sub>	Ana kesim bilgileri					Yastıklama uygulaması bilgileri				Satılabilir blok bilgileri			BKV (%)
	K <sub>N</sub>	K <sub>D</sub> (m)	K <sub>Y</sub> (m)	K <sub>U</sub> (m)	K <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	Y <sub>Y</sub> (m)	Y <sub>TVG</sub> (m)	Y <sub>TBG</sub> (m)	Y <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	B <sub>S</sub>	B <sub>M</sub>		
		(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )		(ton)	(m <sup>3</sup> )	
İnce-orta pasa	8	3.0	6.0	10.0	180.0	1.3	6.7	7.3	90.7	4	35	13.2	7.3
	8	3.5	6.8	10.0	238.0	1.3	6.7	7.3	90.7	5	40	15.1	6.3
	9	3.0	6.7	21.0	422.1	1.3	6.7	7.3	190.4	10	90	34.0	8.0
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.3	6.7	7.3	136.0	6	54	20.4	6.5
	9	3.0	6.7	14.0	281.4	1.4	6.7	7.3	136.7	7	63	23.8	8.4
	10	3.0	7.0	14.0	294.0	1.8	6.7	7.3	175.8	4	36	13.6	4.6
	9	3.0	6.7	13.0	261.3	1.7	6.7	7.3	154.1	6	54	20.4	7.8
	9	3.0	6.7	13.0	261.3	1.4	6.7	7.3	126.9	4	36	13.6	5.2
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.0	6.7	7.3	104.6	7	63	23.8	7.5
	10	3.0	7.0	15.0	315.0	1.0	6.7	7.3	104.6	3	27	10.2	3.2
	10	3.0	7.0	10.0	210.0	1.3	6.7	7.3	90.7	2	17	6.4	3.1
												Ortalama:	6.2
	İri pasa	10	3.0	7.0	15.0	315.0	2.0	6.7	7.3	209.3	4	36	13.6
10		3.0	7.0	12.0	252.0	1.0	6.7	7.3	83.7	2	20	7.5	3.0
10		3.0	7.0	13.0	273.0	1.0	6.7	7.3	90.7	4	36	13.6	5.0
10		3.0	7.0	13.0	273.0	2.0	6.7	7.3	181.4	6	54	20.4	7.5
10		3.0	7.0	15.0	315.0	2.2	6.7	7.3	230.2	4	36	13.6	4.3
10		3.0	7.0	15.0	315.0	1.1	6.7	7.3	115.1	5	70	26.4	8.4
											Ortalama:	5.4	
											<b>Genel ortalama:</b>	<b>5.9</b>	

Y<sub>M</sub>: Yastık malzemesi türü; K<sub>N</sub>: Kademe no; K<sub>D</sub>: Dilim kalınlığı; K<sub>Y</sub>: Kademe yüksekliği; K<sub>U</sub>: Kesim uzunluğu; K<sub>M</sub>: Ana kesim miktarı; Y<sub>Y</sub>: Yastıklama yüksekliği; Y<sub>TVG</sub>: Yastıklama tavanı genişliği; Y<sub>TBG</sub>: Yastıklama tabanı genişliği; Y<sub>M</sub>: Yastık miktarı; B<sub>S</sub>: Satılabilir blok adedi; B<sub>M</sub>: Toplam blok miktarı; BKV: Blok kazanma verimi

Yastıklama yüksekliği ile blok kazanma verimi arasındaki ilişki incelendiğinde aralarındaki korelasyon orta derecede anlamlı üstel artan bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Yastıklama yüksekliği arttığında veriminde arttığı gözlenmektedir. Hatta yastıklama yüksekliğinde yapılacak bir birimlik artışın blok kazanma veriminde daha büyük miktarda artışa neden olacağını göstermektedir. Fakat yastıklama yükseklikleri karşılaştırıldığında ortalama aynı yükseklikteki üç çeşit yastıklama uygulamasında trapez şekilli yastıklama verimi diğerlerine oranla daha düşük olduğu gözlenmektedir. Aynı yükseklikte oluşturulan yastıklama çeşitlerinden trapez şekilli yastıklama uygulamasında daha fazla yastıklama malzemesi kullanıldığı da gözlemlenmiştir. Mermer ocaklarındaki yastıklama uygulaması için yastık yüksekliğinin artırılması daha fazla malzeme, işçilik ve zaman gerektirdiği bilinmekte ve bunun optimum bir değerde olması istenmektedir. 2 m yastık yüksekliğine ulaşabilmek için trapez şekilli yastıklama uygulaması yapabilmek için yaklaşık 200 m<sup>3</sup> malzemeye ihtiyaç duyulurken 80-90 m<sup>3</sup> malzeme ile yine 2 m yükseklikte tekli ve çiftli üçgen yastıklama uygulaması yapılabilmektedir (Şekil 6). Ortalama aynı yükseklik ve miktarlardaki çiftli üçgen ve tekli üçgen yastıklama uygulaması karşılaştırıldığında ise; çiftli üçgen yastıklamasının veriminin tekli üçgen yastıklama verimine göre fazla olduğu yönünde değerlendirme yapılmıştır.



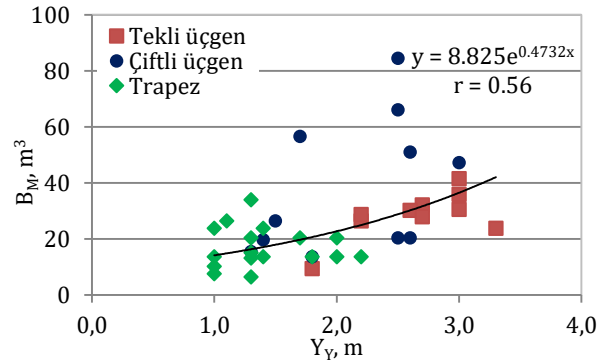
Şekil 5. Tüm yastıklama uygulamasında blok kazanma verimi (BKV) ile yastık yüksekliği ( $Y_v$ ) arasındaki ilişkiler



Şekil 6. Yastıklama uygulamasında malzeme miktarı ( $Y_M$ ) ile yastık yüksekliği ( $Y_v$ ) arasındaki ilişkiler

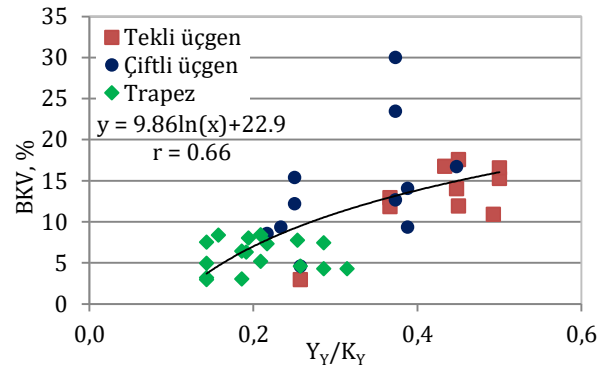
Şekil 7'de tüm yastıklama uygulamalarında satılabilir blok miktarı ile yastık yüksekliği arasındaki ilişki

gösterilmiş olup orta dereceli anlamlı bir korelasyon katsayısında üstel artan bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yine yastık yüksekliğinin artırılmasıyla satılabilir nitelikteki blok miktarının da arttığı görülmektedir.



Şekil 7. Yastıklama uygulamasında satılabilir blok miktarı ( $B_M$ ) ile yastık yüksekliği ( $Y_v$ ) arasındaki ilişkiler

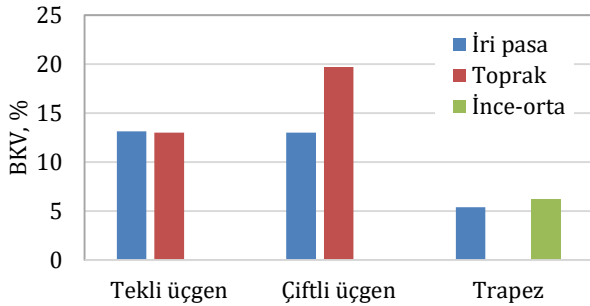
Mermer ocaklarında yastık yüksekliği genellikle kademe yüksekliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Ama literatürde optimum bir oran bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler incelendiğinde yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranı 0.15-0.50 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu oranın blok kazanma verimi ile ilişkisi Şekil 8'de verilmiştir. Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artmasıyla başka bir ifade ile kademe yüksekliğinin sabit kalması koşuluyla yastık yüksekliğinin artmasıyla blok kazanma verimi logaritmik olarak yüksek bir korelasyonla artmaktadır.



Şekil 8. Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının ( $Y_v/K_v$ ) blok verimine (BKV) etkisi

Mermer ocaklarında yastıklama malzemesi hazırlanırken genellikle mermer ocak sahası içerisinde rahatlıkla bulunabilecek farklı boyutlarda pasa malzemesi kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı şekillerde yastıklama uygulaması yapılırken yastıklama malzemesi olarak ince-iri pasa ve toprak malzemesi kullanılmıştır. Fakat toprak malzemesinin mermer ocaklarında temininin zorluğundan dolayı daha az sayıda yastıklama uygulamasında kullanılabilmiştir. Çalışma kapsamında farklı yastıklama malzemelerinden oluşturulan farklı şekillerdeki yastıklama uygulamalarından elde edilen

ortalama blok kazanma verimleri Şekil 9'da verilmiştir. Şekilde, tekli üçgen yastıklama uygulamasında toprak kullanılarak oluşturulan yastıklama malzemesinin farkı çok görülme de çiftli üçgen yastıklama uygulamasında iri pasadan oluşan yastıklama malzemesine göre daha fazla blok kazanma verimi elde edilmiştir. Yine trapez şekilli oluşturulan yastıklama uygulamasında yastıklama malzemesi olarak ince-orta ve iri pasadan oluşan malzeme kullanılmış ve ince-orta boyut pasa malzemesinin iri pasadan oluşan yastıklamaya göre daha fazla bir blok kazanma verimi sağladığı tespit edilmiştir. Buna göre toprak malzemesinin fazla kullanılmamasına rağmen, yastıklama malzemesinin ince boyutlarda olması veya toprak malzemedden hazırlanmasının verimi arttırdığı görülmektedir.



**Şekil 9.** Yastıklama uygulamalarında kullanılan malzeme türlerinin ( $Y_M$ ) blok verimine (BKV) etkisi

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada ekonomik açıdan büyük öneme sahip mermer ocaklarının işletme faaliyetleri sırasında karşılaşılan üretim kayıplarına değinilmiş ve bu faaliyetlerden yastıklama uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 3 farklı şekilde yastıklama uygulaması yapılmıştır. Ayrıca yastıklama malzemesi olarak genellikle mermer ocaklarındaki artık (pasa) malzemeler kullanılmaktadır. Yine bu çalışmada yastıklama malzemesi olarak ince-orta boyutlu pasa, iri boyutlu pasa ve toprak malzeme kullanılmıştır. Bu farklı şekil ve malzemelerden oluşturulan yastıklama uygulamaları sonrasında elde edilen satılabilir blok hacminin ana kesim hacmine oranı olarak tanımlanan blok verim değerleri belirlenmiştir.

Her üç yastıklama uygulamasında elde edilen ortalama verimler tekli üçgende %13.1, çiftli üçgende %14.2 ve trapez şeklindeki uygulamada ise %5.9 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar uygulanan farklı yastık şekillerinden en uygun olanının çiftli üçgen daha sonra tekli üçgen şeklindeki yastıklama uygulaması olduğunu göstermektedir. Trapez şeklindeki yastıklama uygulamasının ise söz konusu mermer ocağı için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yastıklama yüksekliği arttığında blok kazanma veriminin de arttığı gözlenmiştir. Fakat yastıklama yükseklikleri karşılaştırıldığında ortalama aynı

yükseklikteki üç çeşit yastıklama uygulamasında trapez şekilli yastıklama verimi diğerlerine oranla daha düşük olduğu gözlenmektedir.

Yastık yüksekliğinin kademe yüksekliğine oranının artmasıyla başka bir ifade ile kademe yüksekliğinin sabit kalması koşuluyla yastık yüksekliğinin artmasıyla blok kazanma verimi üstel olarak yüksek bir korelasyonla artmaktadır. Mermer ocaklarında bu yastık şeklinin oluşturulması için yastık yüksekliğinin artırılması daha fazla malzeme, işçilik ve zaman gerektiği bilinmekte ve bunun optimum bir değerde olması istenmektedir. Verimin yüksek olması için yastık yüksekliği kademe yüksekliği oranı tekli üçgen yastıklama için 0.5 olması, çiftli üçgen yastıklama uygulamasında ise 0.4 olması önerilmektedir.

Tüm yastıklama uygulamalarındaki malzeme çeşidinin verime etkisi karşılaştırıldığında, toprak malzemesinin fazla kullanılmamasına rağmen, malzeme çeşidinin ince boyutlarda olması veya toprak malzemedden hazırlanmasının verime katkısının fazla olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu sonuçlar doğrultusunda, yastıklama çeşitleri karşılaştırıldığında üçgen şekilli yastıklama uygulamalarının, trapez şekilli yastıklama uygulamalarına göre daha verimli olduğu, üçgen yastıklamalarda ise çiftli üçgen yastıklama uygulamasının, tekli üçgen yastıklama uygulamasına göre daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, mermer ocaklarındaki yastıklama uygulamasının önemini göstermektedir. Mermer ocaklarında uygulanan yastıklamanın yüksekliğinin ve şeklinin iyi ayarlanması ana kesimin devrilmesi sırasında blok parçalanmasını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu sayede blok kazanma veriminde artış olacağı görülmüştür.

#### Teşekkür

Bu çalışma, birinci yazar danışmanlığında ikinci yazar tarafından hazırlanan "Mermer ocak işletmeciliğinde yastıklama uygulamasının üretim verimine etkisinin araştırılması" konulu Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nce kabul edilen Yüksek Lisans Tezi'nin bir kısmıdır. Çalışmanın deneysel bölümünü oluşturan farklı yastıklama uygulamalarının gerçekleştirilmesine imkan sunan Samer Madencilik San. ve Tic. A.Ş. ve İtaş Madencilik San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

#### Etik Beyanı

*Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.*



## Kaynakça

- [1] Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, İhracat Genel Müdürlüğü, Maden, Metal ve Orman Ürünleri Dairesi, 2021. Doğal Taşlar Sektör Raporu. 10 s. Ankara. <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Do%C4%9Ffal%20Ta%C5%9Flar%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202021.pdf> (Erişim Tarihi: 27.07.2021).
- [2] Urhan, S., Şişman, A. 1993. Blok Mermer Üretiminde Elmaslı Tel Kesme Kullanımı, Uygulaması Ve Kesme Veriminin Optimizasyonu. Bilimsel Madencilik Dergisi, 32 (3-4), 23-30.
- [3] Eleren, A., Ersoy, M. 2007. Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık Topsis Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Bilimsel Madencilik Dergisi, 46(3), 9-22.
- [4] Küçük K. 2009. Mermer Sahalarından Alınabilecek Blok Boyutlarının Belirlenmesinde Yeni Bir Kayaç Kütle Sınıflama Yönteminin Geliştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 240s, İzmir.
- [5] Yavuz, A.B. 2018. Mermer Ocaklarında Üretim Verimliliğini Etkileyen Jeolojik Parametreler ve Bunların Tespitinin Üretim Verimliliği Üzerindeki Etkileri. ss 1-22. Güler, T., Polat, E. ed. 2004. Mermer Madenciliğinde Çevresel Yaklaşımlar. Muğla Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları-6. Muğla Türkiye, 271s.
- [6] Küçük, K., Onargan, T. 2018. Yer radarı (GPR) yöntemi ile Burdur bej mermer ocağında blok verimliliği değerlendirmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 30 (1), 51-59.
- [7] Altındağ, R. 2018. Doğal Taş Ocaklarında Artık Oluşumunun Önlenmesi ve Artıkların Değerlendirilmesi. ss 35-50. Güler, T., Polat, E. ed. 2004. Mermer Madenciliğinde Çevresel Yaklaşımlar. Muğla Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları-6. Muğla Türkiye, 271s.
- [8] Bozcu, M., Yağmurlu, F., Şentürk, M. 2011. Fethiye-Burdur fay zonunun bazı neotektonik ve paleosismolojik özellikleri, GB-Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 66, 25-48.
- [9] Kaya, Ş. 2015. Burdur Fayının Paleosismolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Denizli.
- [10] Bilgin, İ. 2021. Mermer Ocak İşletmeciliğinde Yastıklama Uygulamasının Üretim Verimine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Isparta.