



İnsansız Görüntüleme Sistemleri ile Elde Edilen Sayısal Yüzey Modellerinin Mermer Madenciliğinde Kullanımı

The Usage of Digital Surface Models Obtained by Unmanned Imaging Systems in Marble Mining

Mete Kun^{1*}, **Özgür Güler²**

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

² Orica-Nitro Patlayıcı Madde Sanayi Ticaret A.Ş., Maden Mühendisi, Ankara, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: mete.kun@deu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 22.04.2019

Araştırma Makalesi/Research Article

Kabul Tarihi / Accepted: 12.07.2019

DOI:10.21205/deufmd.2019216328

Atıf şekli/ How to cite: KUN, M., GULER, O.(2019). İnsansız Görüntüleme Sistemleri ile Elde Edilen Sayısal Yüzey Modellerinin Mermer Madenciliğinde Kullanımı. DEUFMD, 21(63), 1005-1013.

Öz

Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak artan mekanizasyon, üretim miktarlarının artmasına neden olmakla birlikte, sınırlı kaynaklar olan doğal taşların verimli şekilde üretilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle maden sahalarında; ocak işletme verimi, yıllık üretim miktarı, yıllık üretilen pasa miktarı gibi parametrelerin sürekli olarak takibi gerekmektedir. Belirtilen bu amaçlar için, insansız hava araçları (İHA) ile gerçekleştirilen sistematik uçuşlar sonucunda elde edilen görüntüler, profesyonel fotogrametrik yazılımlar kullanılarak işlenebilmekte ve oluşturulan sayısal yüzey modelleri (SYM) ile hızlı, hassas ve güvenilir bir biçimde değerlendirilebilmektedir.

Günümüzde sayıları hızla artan maden işletmeleri ile giderek artan üretim miktarı ve doğaya uyumlu çalışma biçimi, artıkların değerlendirilmesi ve sıfır artık hedefleri kapsamında işletmelerde kullanılan sistemlerin, çağın şartlarına uygun, hızlı, güvenilir ve pratik kullanımını gerektirmektedir. Bu amaçla; sahalardaki üretimin, pasa miktarının ve en önemlisi ocak verimlerinin net olarak ortaya konulabilmesi için, örnek bir mermer ocağı ele alınarak İHA'lar ve bunlara entegre olarak çalışan yazılım ve sistemlerin kullanımı sağlanmıştır. Çalışma sonucunda 15 aylık bir izleme boyunca elde edilen veriler kullanılarak, mermer ocağına ait üretim ve pasa miktarları belirlenerek, ocak verimi %8,74 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: insansız hava aracı, doğal taş ocak işletmeciliği, ocak üretim parametreleri

Abstract

Increasing mechanization due to the development of technology leads to an increase in production quantities and requires efficient production of natural stones, which are limited resources. For this reason, it is necessary to continuously monitor the parameters such as the operating efficiency of the quarry, the annual production amount, and the amount of the annual waste. For these purposes, images obtained as a result of systematic flights performed by unmanned aerial vehicles (UAVs) can be processed using professional photogrammetric softwares and evaluated quickly, precisely and reliably with digital surface models (DSM).

The increasing amount of production and the way of working in harmony with the nature, with the increasing number of enterprises nowadays, require the fast, reliable and practical use of the systems used in the enterprises within the scope of zero waste targets in accordance with today's conditions.

For this purpose, an exemplary marble quarry has been handled and UAV and integrated software and systems have been used in order to clearly demonstrate the annual production, waste amount, plans, also most importantly, the quarry efficiency. As a result of the study, the data obtained before and after 15 months of monitoring, while the production, and the amount of waste were determined, the quarry efficiency was calculated as 8,74%.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, natural stone quarry operation, quarry production parameters*

1. Giriş

Doğal taşlar, insanoğlu tarafından tarihsel süreçlerin başından bu yana kullanılan bir maden türüdür. Dayanıklılık, renk, ısı tutma, kolay deforme olmama, prestij vb. nedenler ile günümüzde de büyük bir önem ve ticaret hacmine sahiptirler. Son on yıllık süreçte Türkiye maden ihracat gelirlerinin yaklaşık yarısına yakını tek başına oluşturan doğal taş madenciliğinde, ocak üretim verimlerinin düşük olduğu bilinmektedir. Bu değer genellikle %3-10 arasında değişmektedir. Bu nedenle doğal taş sektöründe, işletme parametrelerinin doğru ve hatasız belirlenerek takip edilmesi ve bunların sonucunda doğru işletme planlamaları yapılarak ocaklardan alınan verimlerin yükseltilmesi hedeflenmektedir.

Bu bağlamda hazırlanan çalışmada, örnek bir mermer ocağı üzerinde, İHA ve fotogrametrik yazılımlar kullanılarak yıllık boşaltılan hacim (toplam kazı hacmi), net üretim, yıllık pasa miktarı ve ocak verimi gibi işletme parametrelerinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışma için, Antalya ili Korkuteli bölgesinde faaliyetlerine devam eden örnek bir doğaltaş ocağı ele alınmıştır. Yaklaşık on beş ay boyunca izlenen ocakta üretime bağlı parametreler belirlenmiş ve elde edilen veriler, işletme ocak üretim ve satış verileri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda işletmeye ait ocak verimi, yıllık pasa miktarı vb. parametreler ortaya konulmuştur.

Bu ve benzeri amaçlar doğrultusunda endüstrinin diğer kollarında olduğu gibi, madencilik alanında da İHA'lar etkin bir biçimde kullanılmakta ve birçok araştırmacı tarafından da titizlikle çalışılmaktadır.

Barry vd. (2013) yaptıkları çalışma sonucunda İHA'ların veri eldesinde kabul edilebilir miktarda hata payı ile önemli miktarda zaman kazandırdığını öne sürmüştür. Ayrıca elde edilen veriler ile yüksek hassasiyette kontur haritalarının oluşturulabileceğini belirtmiştir.

Açık maden işletmelerinin İHA'lar ile modellenmesi metodu, mühendislik ihtiyaçlarını karşılayan ucuz ve etkili bir metottur. Bu metot yakın zamanda, nokta belirleme sistemleri gibi mevcut pahalı metotların yerini alma potansiyeline sahiptir (Ulusoy vd., 2017). Ülke ekonomisine önemli ölçüde katkısı bulunan doğal taş sektöründe, ocak işletme parametrelerinin tespiti için kullanılan uzaktan görüntüleme sistemleri (UGS) içinde insansız hava araçları (İHA) ile yapılan hava fotogrametrisi son yıllarda öne çıkmaktadır. Hızla gelişen İHA ve fotogrametrik yazılımlar, kısa zaman dilimlerinde hassas ölçümler alabilmekte ve işletme parametrelerinin takibini kolaylaştırmaktadır.

Ulusoy vd. (2017) tarihli araştırmalarında, iş akışının hızlı ve kolay uygulanması sayesinde sistematik görüntülemenin yanı sıra, suni jeomorfolojik değişimlerin ve kütle hareketlerinin, kırık/çatlak oluşumlarının incelenmesine yardımcı olacağını öne sürmüştür.

Farklı araştırmacılar tarafından özellikle son birkaç yılda, İHA ların madencilik uygulamalarındaki kullanımına paralel olarak yapılan benzer araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin; Avdan vd. (2014) yaptığı çalışmada; farklı üst üste bindirme oranlarının SYM doğruluğuna etkisini araştırmışlardır. Bu kapsamda gerçekleştirdikleri farklı yüksekliklerde ve üst üste bindirme oranlarında (overlap) elde ettikleri görüntüleri işleyerek, üst üste bindirme oranlarının üç boyutlu model üzerindeki doğrudan etkisini göstermişlerdir. Bu etki özellikle maden sahalarındaki yıllık üretimin belirlenmesinde oldukça önemlidir.

Udin vd. (2014), fotoğrafların doğru bir şekilde işlenmesi için aynı kontrast ve parlaklık değerlerine sahip olması gerektiğini öne sürmüştür. Yaptıkları çalışma sonucu uçuş yüksekliğinin artması ile karesel ortalama hata (KOH) arasında doğrudan ilişki olduğunu göstermiştir. Ayrıca hatanın genellikle farklı uçuş yüksekliği, görüntü işleme sırasında

fotoğraf eşlemede ve uçuş kriterleri omega,phi ve kappa değerleri nedeniyle oluştuğunu savunmuştur.

Shahbazi ve ark. (2014)' de, doğal kaynakların yönetimi, izlenmesi ve yönetiminde insansız görüntüleme sistemlerinin son gelişmelerini ve başarılarını net olarak ortaya koymaktadır.

Geniş maden sahalarının İHA ile görsellenip değerlendirilmesine yönelik olarak; Yücel vd. (2014) tarafından yapılan, insansız hava aracı (İHA) kullanılarak Çan (Çanakkale) ilçesinde bulunan asit maden göllerinin alansal değişiminin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında incelenmesi isimli çalışmada, asit maden göllerin atmosferik koşulların etkisi ile alansal değişimi İHA kullanılarak 6 ay boyunca düzenli olarak saptanmıştır. Çalışma sonucunda alanları 0,3 km² den ufak olan göllerin alansal büyüklüklerinde ve şekillerinde değişimlerin olduğu ve bunların süreklilik gösterdikleri tespit edilmiştir.

Gonçalves vd. (2015), hata payı düşük SYM eldesinde, yerüstü kontrol noktası (YKN) sayısı ve dağılımının büyük bir öneme sahip olduğuna değinmiştir. Bununla birlikte biriken suların (göl, havuz, akarsu, vb.), SYM oluştururken modelin doğruluğu üzerinde etkisi olabileceğini öne sürmüştür.

Lee and Choi (2016), çalışmalarında UAV lerin maden işletmelerinde farklı amaçlar için (planlama ve izleme) güvenli kullanımı üzerinde durarak sistemin başarısını ortaya koymuşlardır.

Rossi vd. (2017), İHA fotogrametrisinde farklı kamera açılarını deneyerek, nadir ve oblik fotoğrafların SYM üzerindeki etkilerini açıklamıştır. Nadir uçuşların, yarı dikey içeren yapıların görüntülenmesinde uygun olmayacağını öne sürmüştür. Oblik fotoğraf eldesinde, birkaç adet YKN kullanılması gerektiğini savunmuştur. Ayrıca, çalışılan saha boyutunun artmasına bağlı olarak, hızlı ve verimli olan teknolojilerin tercih edilmesini gerektiğini öne sürmektedir. Geniş çalışma koşulları sayesinde çok büyük alanlarda en etkili yöntemin İHA görüntülemesi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca İHA fotogrametrisinin, madencilik faaliyetlerinin düzenli olarak örüntülenmesinde ve izlenmesinde önemli bir araç olacağını savunmuştur.

Yine Özcan (2017) tarafından yapılan çalışmalarda ise sırası ile , farklı yükseklik ve kamera açıları ile alınan görsellerin, elde edilen

sonuçlar üzerine etkileri araştırılmış ve maden sahalarından dik ve eğimli görüntü alımı arasındaki farklar ortaya konularak sistemin başarılı bir şekilde işlediği vurgulanmıştır.

Şanlıyüksel Yücel ve Yücel (2017) yaptıkları çalışmada, Çan kömür havzasındaki maden gölleri İHA görüntüleri ile izlenmiş, elde edilen görüntüler Agisoft yazılımı ile işlenerek, yüksek çözünürlüklü ortofotolar ve 3B arazi modelleri elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, özellikle İHA ile elde edilen görüntülerin uydu görüntülerinden daha yüksek çözünürlükte olması nedeni ile daha yüksek ayrıntılı mekânsal veriler elde edilmiştir. Ayrıca İHA ile elde edilen görüntülerde, uydu ile elde edilen görüntülere nazaran "periyodik görüntü bulamama" sorunu ortadan kaldırıldığı için, hızlı değişime uğrayan maden göllerinin düzenli olarak izlenmesi, uygun bir yöntem olarak önerilmektedir. Çalışmada ayrıca, özellikle kömür madenciliğinin devam ettiği sahalarda meydana gelen alansal değişimlerin ve yüzeySEL deformasyonların İHA ile yapılacak 3B modellemeler ile yüksek çözünürlüklü olarak saptanabileceğini vurgulanmaktadır. Benzer bir çalışma Yücel ve Turan (2016), tarafından yapılmış ve İHA'lar ın alansal değişimlerin tespitinde güvenle kullanılabileceği üzerinde durulmuştur.

Özcan ve Sari (2019) ve Gül (2019)' da yaptıkları çalışmalarda ise , sırası ile taş ocaklarının çevreye etkileri ve takibi konusu ile açık maden ocak planlamalarında UAV lerin başarısını ortaya koymuşlardır.

2. Materyal ve Metot

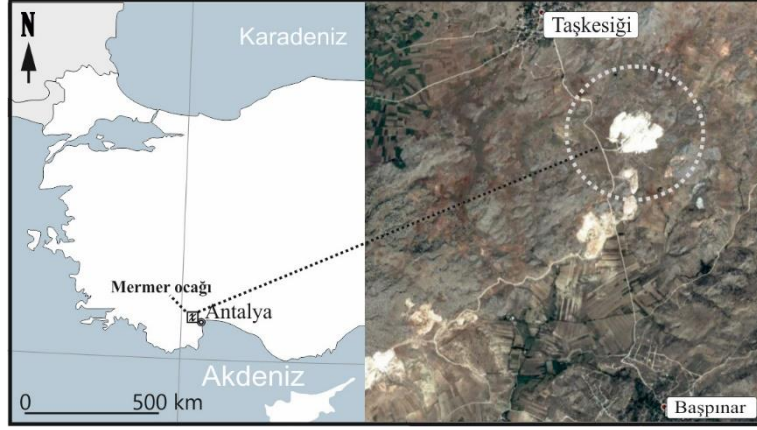
Çalışma kapsamında, örnek bir doğaltaş işletmesi ele alınarak, 15 aylık bir süre zarfında ocaktaki üretim ve pasa miktarlarının belirlenebilmesi amacı ile İHA yardımı ile veriler alınmış ve iki veri seti arasındaki farklar Vulcan ve Micromine gibi 3B madencilik yazılımları ve Pix 4D programı yardımı ile yorumlanmıştır.

2.1. Çalışma alanı, verilerin eldesi ve işlenmesi

Çalışma kapsamında, bazı mermer ocak işletme parametrelerinin (verim, üretim miktarı, pasa miktarı vb.) belirlenmesi amacı ile Antalya ili Korkuteli ilçe sınırlarında örnek bir doğal taş sahası ele alınmıştır. Rakımı 1020 ile 1600

metre arasında değişen bu bölgede, sıcak ve ılıman bir iklim hakimdir. Uçuş yapılması planlanan alan yaklaşık 300.000 m² olup, Şekil 1’de ölçüm yapılan ocak yeri (241592.62 E

4121885.89 N 1548.00 m.) ve yerbulduru haritası verilmektedir.



Şekil 1. Çalışma yapılan doğaltaş ocağı yerbulduru haritası



Şekil 2. Phantom4 pro insansız hava aracı ve uygulama yapılan doğal taş ocağı

Koordinatlı görsel alımı yapılan doğal taş ocağı içerisinde YKN'nın belirlenmesinde ve koordinatlandırılmasında Leica marka GNSS, görsellerin alımında Phantom 4 Pro insansız hava aracı (Şekil 2), sahadan alınan görsellerin işlenmesinde Pix4D Mapper görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır (Datum: World Geodetic System 1984, Projeksiyon: Universal Transverse Mercator ve Koordinat Sistemi: WGS84 / UTM Zone 36 N (EGM 96 Geoid)). Alınan tüm görseller

sonucu oluşturulan modeller üç boyutlu madencilik yazılımları olan Micromine ve Vulcan yazılımları ile işlenerek sonuçlara ulaşılmıştır . İHA ile uçuş gerçekleştirilmeden önce, sayısal yükseklik modelinin (SYM) optimizasyonunda kullanılacak YKN'nın konumları belirlenmiş, YKN koordinatlarının belirlenmesinin ardından, İHA kalkış noktası ve uçuş planı belirlenerek görseller alınmıştır. Uçuş planı belirlenirken uçuş süresi, yüksekliği, kamera açısı ve fotoğraf

üst üste binme oranları (overlap ratio) gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Maden ocağının tek uçuş ile görüntülenememesi durumunda, birden fazla uçuş yapılabilen ve bu uçuşlardan toplanan veriler tek bir proje halinde işlenebilmektedir. Ele alınan mermer ocağı sahasında değerlendirilen farklı iki set veri bulunmaktadır. Birinci veri seti, 22 Nisan 2017 saat 10,05-11,00 aralığında yapılmış veri setidir. İkinci veri seti ise 01 Temmuz 2018 saat 10,00-11,00 aralığında yapılan uçuşlardan elde edilen veri setidir. Bu süre zarfında doğal taş ocağındaki değişimler net olarak gözlenmiş ve sonuçlara yansımıştır.

Tablo 1. Uçuş parametreleri

Parametre Adı	1.Uçuş	2.Uçuş
Uçuş yüksekliği	70m	70m
Tarih ve saat	22.04.2017 / 10:05-11.00	01.07.2018 / 10:00-11:00
Uçuş süresi	25dk	25dk
Fotoğraf formatı	RAW+JPEG	RAW+JPEG
Fotoğraf üst üste binme oranları (overlap)	%60 enlemesine, %60 boylamasına	%60 enlemesine, %60 boylamasına
Fotoğraf kalitesi	20 megapiksel	20 megapiksel
Fotoğraf Sayısı	400 adet	576 adet
İHA uçuş hızı	36 km/sa	40 km/sa
Koordinat sistemi	WGS84 36N (EGM96 Geoid)	WGS84 36N (EGM96 Geoid)
Yer kontrol noktası	5 adet	5 adet
Orto-foto çözünürlüğü	5,56 cm/pixel	2.19 cm/pixel
Taranan alan	0,638 km ²	0,468 km ²

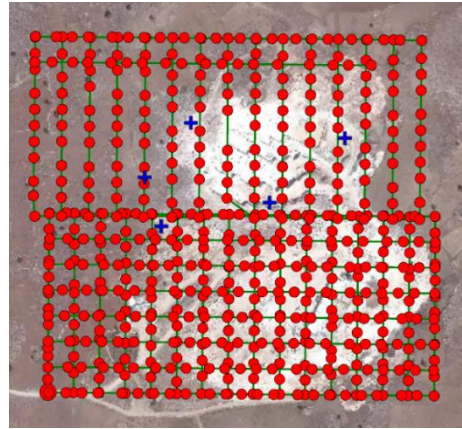
Veri setlerinin hazırlanması esnasında, uçuşlardan önce, çalışma alanı ile ilgili ön değerlendirmeler yapılmış ve alan içinde veri alımını etkileyebilecek değişkenler (yüksek gerilim hattı, güçlü verici istasyonlar vb.) değerlendirilmiştir. Uçuşa ait detaylı

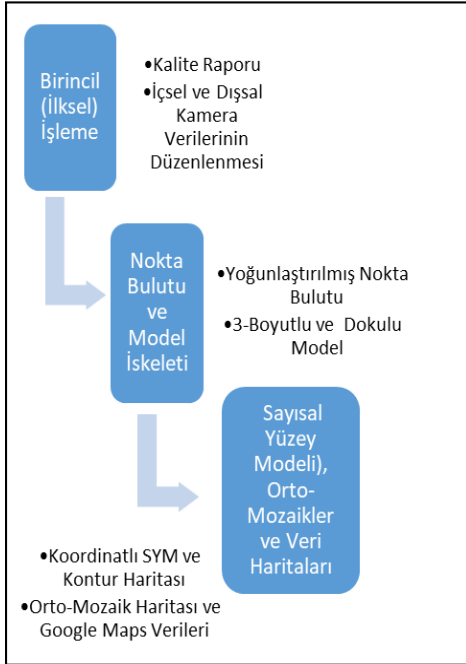
parametreler ve uçuş planı Tablo 1' de, YKN'lerin koordinatları (5 adet) Tablo 2' de, ve bu şartlarda yapılan uçuş görseli Şekil 3' de verilmektedir.

Tablo 2. YKN Koordinatları

NO	DOĞU	BATI	ERRO R
001	241666.89	4121853.13	0.028
002	241506.29	4121823.44	0.023
003	241484.35	4121895.75	0.015
004	241554.5	4121973.32	0.023
005	241780.45	4121944.14	0.022

Yapılan uçuşlardan elde edilen veri setleri, profesyonel fotogrametri yazılımında işlenmiştir. Kullanılan yazılımın çalışma aşamaları Şekil 4' de verilmiştir. Ana hatlarıyla üç temel aşamada işlenen veri setleri, her aşama sonunda kontrol ve optimizasyon işlemlerinden geçirilmiştir. YKN ile optimize edilen SYM' nin üç ekseninde oluşan toplam hatası 5 cm' nin altındadır. Aşama aşama elde edilen sonuçlar Şekil 5'te verilmektedir.

**Şekil 3.** Öngörülen uçuş alanı ve sahada gerçekleştirilen uçuş planı (kırmızı noktalar: görsel alınan bağlantılı elemanlar, mavi artılar: YKN'ler)

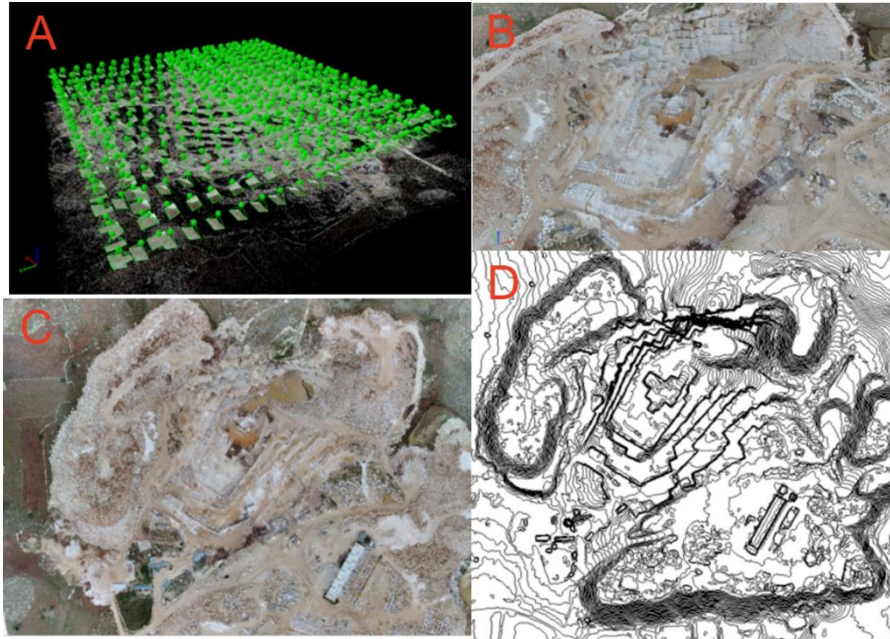


Şekil 4. Fotogrametri yazılımı çalışma aşamaları

3. Ocak İşletme Parametrelerinin Tespiti

Doğal taş ocağından alınan iki veri setinin oluşturulduğu tarihler (22 Nisan 2017 – 01 Temmuz 2018) arasında yaklaşık on beş ay bulunmaktadır. Bu süre ocak işletmeleri için bir yılı geçen bir zaman dilimi olduğundan üretim, verim, pasa miktarı gibi parametrelerin belirlenmesi için yeterli bir zamandır. Ocaktaki sayısal yükseklik modelleri karşılaştırılırken, sonuçların daha net olarak ve yıllık bazda verilebilmesi için, elde edilen sonuçlar on iki aylık süre için indirgenerek verilmiştir.

Eldeki iki ayrı veri setinden elde edilen SYM' ler üst üste çakıştırılarak birleştirilmiştir. Aynı platformda görsellenen sonuçlar sayesinde hassas karşılaştırma yapmak mümkün hale gelmiş ve topografik haritalar 3B madencilik yazılımında birleştirilerek Şekil 6' da verilen kesit görüntüsü ile gösterilmiştir.



Şekil 5. (A) İlksel nokta bulutu ve kamera konum ve doğrultuları (B) Sayısal yüzey modeli (ortofoto ile beraber) (C) Ortofoto görüntü (D) SYM' den üretilen yükseklik eğrileri (1m' lik)

Kesitte de görüldüğü gibi hassas koordinatlı topografik haritalar 15 aylık süreçte değişim

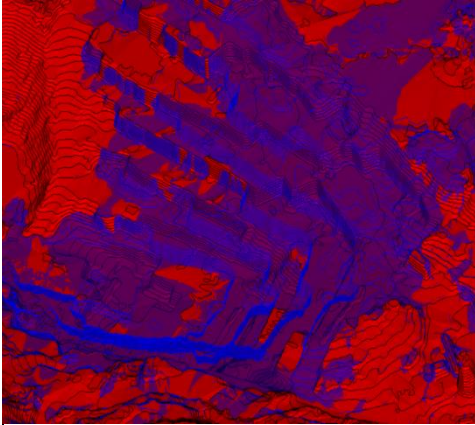
olmayan yerlerde üst üste çakışmakta, değişim olan yerlerde ise farklılıklar göstermektedir. On

beş aylık süreçte ocakta yapılan toplam üretim miktarının tespiti için, 2017 yılına ait katı model (mavi) ve 2018 verilerine ait katı model ise (kırmızı) renklerde Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 6. SYM'lerden oluşturulan kontur haritalarının birleşiminden kesit görünümü

Mermer ocağı içinde kazısı yapılan ve doldurulan alanlar ayrı hesaplanmış ve hacim değişimleri Tablo 3'de verilmiştir. İki veri seti üst üste çakıştırılarak oluşan yeni hacimler hesaplanmıştır. Yapılan hesaplar sonunda, sahadaki 15 aylık net hacim değişimi 150185,46 m³ olarak ve yıllık kazı miktarı da 120148,37 m³ olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. 2017 Katı model (mavi) ile 2018 Katı Model (kırmızı) Değişimi

Tablo 3. SYM'lerin karşılaştırılması sonucu tespit edilen ocak içi yerinde hacim değişimleri

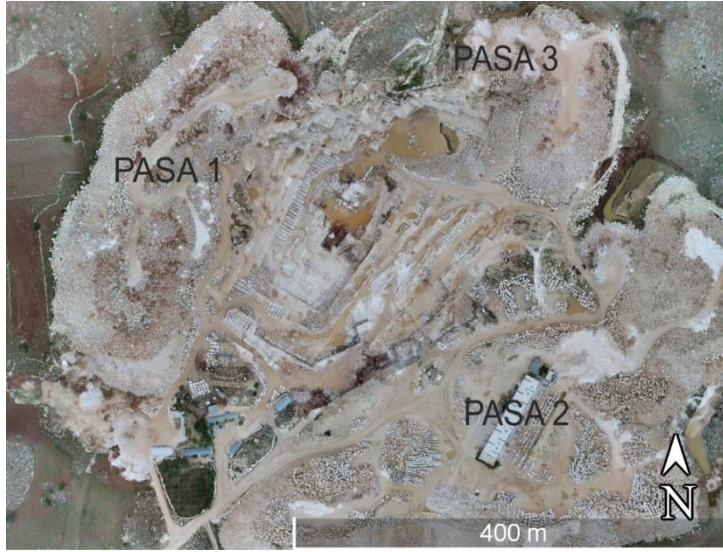
İşlem	Miktar
15 Aylık ocak içi dolgu (m ³)	31509,84
15 Aylık net kazı miktarı (m ³)	150185,46
Yıllık kazı miktarı (m ³)	120148,37

Yıllık pasa üretimini daha hassas hesaplayabilmek için Şekil 8'de görüntülediği gibi ,pasa sahası üç ayrı parçaya bölünmüş ve hesaplamalar bu üç pasa sahası için ayrı ayrı yapılmıştır. Doğaltaş ocağının etrafını saran pasa sahalarının hacimsel değişimleri Tablo 4'de verildiği şekilde hesaplanmıştır. Hacim hesaplamaların sonunda işletmenin yıllık kazı miktarı 120148,37 m³ olarak tespit edilmiştir. Yıllık kazı miktarı değerinden, satışa sunulan miktar çıkartıldığında geriye kalan miktar toplam pasa miktarını oluşturmaktadır. Ayrıca hesaplamalarda kullanılan k=1,534 değeri, yerinde yapılan kazı, döküm ve hacim hesapları sonucunda elde edilmiştir.

Tablo 4. SYM'lerin karşılaştırılması sonucu tespit edilen pasa sahalarının yerinde hacim değişimleri

Pasa	15 Aylık Pasa Sahası Değişim (m ³)	Yıllık Pasa Sahası Değişim (m ³)
Pasa 1	28561.1939	22848.95512
Pasa 2	25171.15586	20136.92469
Pasa 3	83328.11274	66662.49019
Toplam	137060.4625	109648.37

15 ay sonunda ocaktan elde edilen ekonomik değeri olan (satılabilir) blok miktarı işletme kayıtlarından edinilmiştir. İşletmenin, yapılan tüm kazı ve yerinden sökülme işlemleri sonucunda, düzgün, ebatlı ve satılabilir olarak elde ettiği miktar 10500 ± 100 m³ dür. Bu değer, ocakta yapılan yıllık kazı miktarına oranlandığında, ocak verimi % 8,74 olarak elde edilmektedir. Tüm bu değerlerin birleştirilmiş hali; yıllık kazı miktarı, yıllık üretilen blok (satılabilir blok) ve yıllık pasa miktarı ile ocak verimi ile ilgili veriler Tablo 5'de verilmektedir.



Şekil 8. Üretim alanı çevresindeki pasa sahalarının görünümü

(Pasa 1 : 241419.86 E 4121914.82 N, Pasa 2: 241711.87 E 4121693.36 N, Pasa 3: 241676.68 E 4122059.00 N)

Tablo 5. Ocak verimi tespiti ve ilgili veriler

Yıllık kazı miktarı (m ³)	120.148,37
Yıllık üretilen blok (m ³) (Satılabilir blok)	10.500
Yıllık pasa miktarı (m ³)	109.648,37
Ocak verimi (%)	8.74

4. Tartışma ve Sonuç

Antalya ili Korkuteli yöresinde, ele alınan örnek bir doğal taş ocağı üzerinde insansız hava aracı sistemleri ve 3B madencilik yazılımları kullanılarak yapılan çalışmada, farklı zamanlarda elde edilen veri setleri (yaklaşık on beş ay) kullanılarak maden ocağına ait üretim miktarı, verim ve oluşan pasa hacmi gibi üretime bağlı parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

İHA ile toplanan görsellerin işlenmesi ile elde edilen veri setleri, profesyonel fotogrametrik yazılımlarda işlenerek, 3B madencilik yazılımlarına aktarılmıştır. Bu sayede özellikle açık maden işletmelerinin yıllık toplam kazı ve/veya üretim miktarı, pasa miktarı ve ocak verimi gibi işletme parametrelerinin hızlı ve hassas biçimde tespit edilebildiği gösterilmiştir.

Ayrıca, farklı zaman dilimlerinde oluşturulacak veri setleri ile oluşturulan sayısal yükseklik modellerinin tekrar karşılaştırılıp, üretime bağlı

olarak ilgili parametrelerin izlenerek değerlendirilebileceği de gösterilmektedir.

Sahada yapılan tüm çalışmalar sonucunda yıllık bazda; yaklaşık 120 bin m³ toplam kazı (kesimlerle boşaltılan alanlar), yaklaşık 110 bin m³ kazı çalışmalarına bağlı pasa oluşumu yerinde yapılan ölçüm ve modellemeler ile saptanmıştır. İşletme tarafından tutulan kayıtlar ve satışı yapılan blok miktarı ile, elde edilen bu kazı ve pasa miktarları karşılaştırıldığında ocak verimi %8,74 olarak elde edilmiştir.

Günümüzde kullanılan ve kullanım alanı gittikçe artan İHA ve fotogrametrik yazılımlar ile özellikle doğal taş sektöründe planlama ve işletme parametrelerinin belirlenmesi ile takip edilmesinin kolaylıkla, klasik metodlara göre çok daha kısa zamanda ve yüksek doğruluk oranı ile yapılabildiği görülmüştür.

Ayrıca son dönemde gerek ülkemizde gerek dünyada "Sıfır artık" hedefi kapsamında İHA'lar ile yapılan bu ölçüm ve hesaplamaların

zaman ve emek olarak çok daha kısa, kolay ve güvenilir olarak tamamlanması, gerek üretim gerekse pası alan ve boyutlarının net olarak ortaya konulması bakımından önemlidir.

Teşekkür

Yazarlar, DEÜ Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü'ne, 2017. KB.FEN.021 nolu projeye olan destekleri için teşekkür eder.

Kaynakça

- [1] Barry, P., Coakley, R. 2013. Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.*, 2, s. 27-31.
- [2] Ulusoy, İ., Şen, E., Tuncer, A., Sönmez, H., Bayhan, H. 2017. 3D multi-view stereo modelling of an open mine pit using a lightweight UAV. *Türkiye Jeoloji Bülteni/Geological Bulletin of Turkey*. Cilt. 60(2), s. 223-242.
- [3] Avdan U., Şenkal E., Çömert R., Tuncer S. 2014. İnsansız Hava Aracı ile Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- [4] Udin, W.S., Ahmad, A. 2014. Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation flying altitude using unmanned aerial vehicle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 18(1), 012027
- [5] Shahbazi, M., Théau, J., Ménard, P. 2014. Recent applications of unmanned aerial imagery in natural resource management. - *GIScience & Remote Sensing* Cilt. 51 s. 339-365. DOI:10.1080/15481603.2014.926650
- [6] Yücel, A. M., Yücel, Ş. D., Turan, Y. R. 2014. İnsansız hava aracı (İHA) kullanılarak Çan (Çanakale) ilçesinde bulunan asit maden göllerinin alansal değişiminin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında incelenmesi. 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 14-18 Nisan 2014, Ankara.
- [7] Gonçaves, J. A., Henriques, R. 2015. UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Cilt. 104, s. 101-111. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2015.02.009
- [8] Lee, S., C, Y. 2016. Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry. *Geosystem Engineering*, Cilt. 9(4) s. 197-204. DOI:10.1080/12269328.2016.1162115
- [9] Rossi, P., Mancini, F., Dubbini, M., Mazzone, F., Capra, A. 2017. Combining nadir and oblique UAV imagery to reconstruct quarry topography: Methodology and feasibility analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), s. 211-221. DOI:10.1080/22797254.2017.1313097
- [10] Özcan, O. 2017. Accuracy assessment of the digital surface models (DSMs) generated from different altitudes using unmanned aerial vehicle. *Journal of Engineering and Earth Science*, 1:1-7.
- [11] Yücel, Ş. M., Yücel, A. M., 2017. Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt 23(6) s.780-791. DOI: 10.5505/pajes.2016.37431
- [12] Yücel, A. M., Turan, Y. R. 2016. Areal change detection and 3D modeling of mine lakes using high-resolution unmanned aerial vehicle images. *Arabian Journal for Science and Engineering*, Cilt 41(12) s.4867-4878
- [13] Özcan, O., Sari, H. 2019. Determining the spatial effects of quarries using a drone: the case of the Suleymanpasa-Tekirdag quarries. *Fresenius Environmental Bulletin*. Cilt. 28:1 s. 53-61.
- [14] Gül, Y. 2019. Applications of Unmanned Aerial vehicle (UAV) in open-pit mines. *Geological Bulletin of Turkey*, Cilt. 62, s. 99-112.