



# Bir Kireçtaşı Ocağında Şev Stabilitesi Durum Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Kadir Karaman<sup>1\*</sup>, Şener Aliyazıcıoğlu<sup>1</sup>, Ayhan Kesimal<sup>1</sup>

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

(Dergiye gönderilme tarihi: 29 Ocak 2015, kabul tarihi: 5 Haziran 2015)

## Özet

Taşönü (Araklı-Trabzon) kireçtaşı ocağı 2005–2007 yılları arasında üç büyük ölçekli düzlemsel kaymaya maruz kalmıştır. Yenilmelerin killi tabakalar üzerinde gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ocaktaki şevlerin eğim açısı ve yüksekliklerinin fazla olması, kontrolsüz patlatmaların yapılması ve aşırı yağış gibi faktörlerin yenilmelere neden olduğu 2004–2015 yılları arasında yapılan çalışmalarda araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Bu makale, kireçtaşı ocağına yönelik yapılan araştırmaların değerlendirmesini yaparak gelecek çalışmalara yön vermeyi amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak farklı araştırmacıların yaptığı çalışmalar konularına göre sınıflandırılmış ve elde edilen bulgular tartışılmıştır. Sonuç olarak heyelan sahasında yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Şev duraylılığı, Düzlemsel kayma, Patlatma, Kil düzlemi

## A Review of Slope Stability Case Studies in a Limestone Quarry

### Abstract

Taşönü (Araklı-Trabzon) limestone quarry has been exposed to three large-scale planar failures between 2005 and 2007 years. It is figured out that the failures occurred on clay layers. The factors such as high slope angle and bench height in the quarry, uncontrolled blasting operations and intense rainfall have been reported to cause failures by studies carried out between 2004 and 2015 years. This paper is intended to help the scientists for future works by making the assessment of limestone quarry. For this purpose, the studies performed by different researchers were classified according to their topics, and the results were discussed. Resultantly, it seems that further studies may be implemented in the landslide area.

**Key Words:** Slope stability, Planar failure, Blasting, Clay layer

### 1. Giriş

Araklı Taşönü kireçtaşı ocağı, Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlayan Aşkale Çimento Fabrikasının hammadde ihtiyacının yaklaşık % 80'ini karşılamaktadır. Söz konusu ocak sahasında 2005–2007 yılları arasında, yoğun yağıştan sonra 3 ayrı düzlemsel kayma/heyelan meydana gelmiştir. Oluşan kaymanın şev dışına eğimli bir kil dolgu üzerinde düzlemsel kayma şeklinde gerçekleştiği ve bunun nedenleri olarak ocaktaki üretim aynalarının düzensiz, yüksekliklerinin ve eğiminin büyük olması, kontrolsüz patlatmaların yapılması ve bölgenin aşırı miktarda yağış alması gösterilmiştir (Erçikdi ve ark., 2006).

Sahada düzlemsel kaymalardan sonra oluşan şevlerde gerilme çatlakları meydana gelmiştir. Oluşan gerilme çatlakları ile heyelan alanı arasında kalan kaya kütlelerinin de söz konusu killi seviye boyunca kayma olasılığı bulunduğundan üretim açısından şevlerin risk içerdiği görülmüştür. Bu nedenle, ocakta üretim 2009 yılından itibaren heyelan sahasının güney ve güney-doğusunda devam etmiştir. Üretim sahasının yatay uzunluğu yaklaşık 400 metre civarında, düşey derinliği ise 10–70 metre arasında değişmektedir. Ocakta Kireçhane Formasyonuna ait kireçtaşları

(biyomikritik kireçtaşı, killi/kumlu kireçtaşı, karstik boşluklu ve makro fosilli kireçtaşı vb.) bulunmaktadır. Kireçtaşı ocağında büyük ölçekli düzlemsel kaymaların meydana gelmesi, birçok araştırmacının çalışma alanı olarak bu sahayı seçmesine yol açmıştır (Erçikdi ve ark., 2004; Cihangir ve ark., 2005; Kesimal ve ark., 2008; Ceryan ve ark., 2009a; Karaman ve ark., 2013; Aliyazıcıoğlu ve ark., 2015). Bu çalışmanın amacı Araklı Taşönü kireçtaşı ocağında geçmişten günümüze kadar farklı konularda yapılan çalışmaları değerlendirmek ve ocakta gelecekte yapılacak çalışmalara yön vermektir. Bu amaca yönelik olarak kireçtaşı sahasındaki çalışmalar farklı sınıflara ayrılarak aşağıda sunulmuştur.

### 2. Kireçtaşı Ocağında Yapılan Çalışmalar

#### 2.1. Patlatma kaynaklı parametrelerin (ivme, hava şoku vb.) yapılara ve şev duraylılığı üzerine etkisi

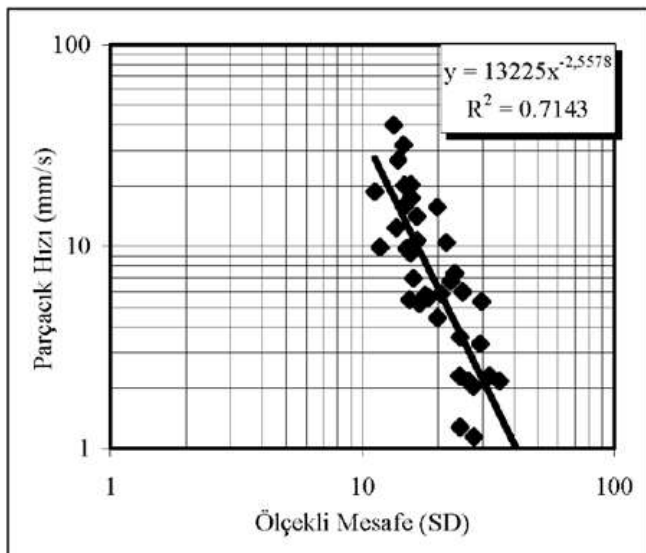
Erçikdi ve ark., (2004a) Araklı-Taşönü kalker ocağında patlatmadan kaynaklanan yer titreşimlerinin çevre yapılara olan etkilerini araştırmıştır (Şekil 1). Yazarlar, yapılarda oluşan

çatlakların büyük bir kısmının ocakta daha önceden yapılan kontrolsüz büyük atımlardan; bir kısmının, inşa yönteminden dolayı atmosferik olaylardan (yağmur ve kar sularının iyi drene edilememesi); bir kısmının ise, yapının zamanla taşıyıcı özelliklerini kaybetmesinden dolayı oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bu bağlamda 2003 yılında kireçtaşı ocağında yapılan 31 adet atımın yersarsıntısı unsurları ölçülerek elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, maksimum parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) arasında  $PPV = 7236.7 SD^{-2.2616}$  eşitliği 0.68 kararlılık katsayısı ile bulunmuştur. Elde edilen genel eşitlik kullanılarak bundan sonra bu bölgede yapılacak patlatmalar için bir kılavuz görevi görecektir bir ölçekli mesafe tablosu oluşturulmuş ve patlatmadan kaynaklanan çevresel etkilerin en aza indirilmesi ile patlatma koşullarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Tüm hava şoku kayıtları, gürültüden rahatsız olma seviyesi olan 140 dB değerinden düşük çıkmıştır. Bununla beraber, 31 adet ölçüm sonuçları sonrasında, 17 atımın yer değiştirme değerinin, aşılmaması gereken değerden (0.1 mm) yüksek olduğu görülmüştür. Yazarlar hasar riskini azaltmak için çalışma sahasında kontrollü patlatma işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 1. Çevredeki yapılarda önceki atımlar sonucu oluştuğu düşünülen çatlaklar (Erçikdi ve ark., 2004a)

Erçikdi ve ark., (2004b) yer sarsıntısı, hava şoku ve kaya fırlaması gibi başlıca çevresel sorunları en aza indirmek adına patlatma kaynaklı yer sarsıntısının tahminine yönelik yaptıkları çalışmada, 2003-2004 yılları arasında yapılan toplam 38 adet atımın ölçüm sonuçlarını değerlendirmişlerdir. PPV ile SD arasında  $PPV(mm/sn)=13225SD^{-2.5578}$  bağıntısı  $R^2=0.71$  kararlılık katsayısı ile hesaplanmıştır (Şekil 2). Maksimum parçacık hızının artmasıyla birlikte ivme ve yer değiştirme değerleri de paralel olarak artış göstermiştir. Yazarlar bazı atımların yer değiştirme değerinin aşılmaması gereken değerden (0.1 mm) yüksek olduğu ve düşük frekansların yer değiştirme değerini artırıcı yönde etki ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca yazarlara göre maksimum parçacık hızı uzaklık arttıkça düşmüş ve gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarının azaltılması titreşimlerin düşürülmesinde olumlu sonuç vermiştir.



Şekil 2. Parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki (Erçikdi ve ark., 2004b)

Cihangir ve ark., (2005) yer sarsıntısı, hava şoku, kaya fırlaması, toz ve zehirli gazlar gibi açık ocak patlatmalarında ortaya çıkan çevresel sorunları irdeleme adına yaptıkları çalışmada, 2003-2004 yılları arasında yapılan 49 farklı atım ölçüm sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda PPV ve SD değerleri arasındaki ilişki  $PPV=4104.4xSD^{2.1458}$  0.62 kararlılık katsayısı ile bulunmuştur. Hava şokları kayıtları en yüksek 132.4 dB, en düşük 104.9 dB değerlerinde olmuştur. Bu değerler standartlardaki gürültüden rahatsız olma seviyesi olan 140 dB değerinden düşüktür. Dolayısıyla çevresel rahatsızlık oluşturmayacağı anlaşılmıştır. Yazarlar, titreşim ölçümü kaydedilen atımların ilk 25'ine herhangi bir müdahalede bulunmamış, 26-31 arasındaki 6 atımda değişik tasarımlar uygulamış ve elde edilen değerlere göre geri kalan 18 atımı, geliştirtirdikleri optimum patlatma tasarımına göre gerçekleştirmişlerdir.

Erçikdi ve ark., (2006) Taşönü kireçtaşı ocağında meydana gelen heyelan sonrası geride kalan nihai şevin uzun dönemli durabilitesini değerlendirmek ve alınması gereken tedbirleri belirlemek için şev durabilite analizleri yapmışlardır (Şekil 3). Yazarlar tarafından yerinde yaptıkları incelemeler sonucunda, oluşan kaymanın düzlemsel kayma şeklinde gerçekleştiğini ve ocaktaki üretim aynalarının düzensiz ve dike yakın olması, kontrolsüz atımların yapılması, yeraltı suyu seviyesinin yüksekliği ve bölgenin aşırı miktarda yağış alması bu kaymanın nedenleri olarak gösterilmiştir. Kayma sonucu şev gerisinde oluşan gerilme çatlaklarının (Şekil 4) da dikkate alındığı çalışmada yazarlar, heyelan sonrası oluşan şevlerin güvenlik katsayısının 1.2 limit seviyesinin altında olduğunu ve bu nedenle bölgede olası yeni heyelanların oluşabileceğini ortaya koymuşlardır.



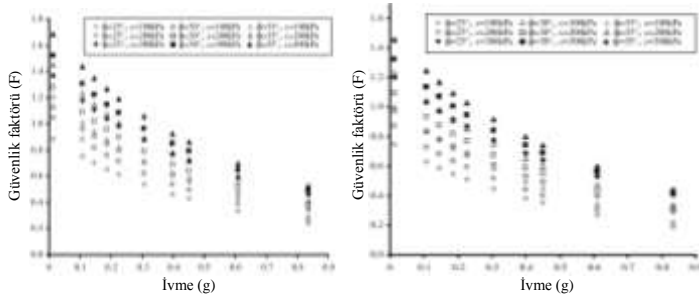
Şekil 3. Şevlerin kayma oluştuğundan sonraki (a) ve yakından görünümü (b) (Erçikdi ve ark., 2006)



Şekil 4. Kayma sonucu şev gerisinde oluşan gerilme çatlakları (Erçikdi ve ark., 2006)

Kesimal ve ark., (2008) çalışma sahasında patlatma kaynaklı ivmelerin şev duraylılığına etkisini limit denge analizleri ile araştırmışlardır. Düzlemsel kayma sonrasında oluşan gerilme çatlaklarının kuru ve suya doymun olduğu durumu patlatma ivmeleriyle birlikte değerlendirmişlerdir. Yazarlar limit denge analizlerine göre düşük patlatma ivmelerinin şev duraylılığı

üzerinde pozitif etki yaptığını ifade etmişlerdir (Şekil 5). Patlatma ivmesi 0.2g değerinin üzerinde olduğunda ise şevlerde yenilmelerin olduğunu ve güvenli şevler için söz konusu ivmenin 0.1g ve altında olması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışma sahasının genel olarak yağışlı bir iklime sahip olmasından dolayı, bunun şev duraylılığını olumsuz olarak etkilediğini belirtmişlerdir.



Şekil 5. Güvenlik faktörlerinin kuru (a) ve yağışlı durum için değişimi (Kesimal ve ark., 2008)

## 2.2. Kayma düzlemindeki kil tabakasının özelliklerinin araştırılması

Ceryan ve ark., (2009a) yaptığı çalışmada, düzlemsel yenilmelerin oluştuğu kil tabakasının (15 cm kalınlığındaki) mühendislik özelliklerini irdelemiştir. Yazarlar, killi tabakalardan aldıkları örneklerin ağırlıkça kil yüzdeleri, killerin türlerini, makaslama dayanımlarını, aktivitelelerini, şişme potansiyelini, likit ve plastik limit değerlerini ve zemin sınıflamasını belirlemişlerdir.

Ceryan ve ark., (2009b) benzer bir çalışmada, kireçtaşı ocağında gelişen 3 farklı düzlemsel kayma tipi yenilmeyi kolaylaştıran kil içeren tabakanın jeomekanik ve jeofizik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda killi seviyelerden alınan örneklerin yüksek plastisiteli kil (CH) grubuna girdiği, ayrıca kil içindeki metal kirlilik oranları da irdelenerek demir oksit oranı (%3.6-6.8) değişimine bağlı olarak kil çeşitliliği ortaya konulmuştur. Yazarlar XRD analizleri sonucunda söz konusu kırmızı renkli killi seviyeden aldıkları örneklerdeki kil minerallerinin büyük çoğunlukla (% 85-90'ı) montmorillonit az miktarda (%10-15'i) illit türünde olduklarını belirlenmiştir. Tabaka düzlemlerine ait kil dolgularındaki killer ise kaolinit olarak yazarlar tarafından belirlenmiştir. Kırmızı renkli killi seviyeden alınan örnekler “yüksek plastisiteli kil”, tabaka düzlemlerindeki kil dolgularından alınan örnekler ise “düşük plastisiteli kil” grubuna dahil olmuştur. Yazarlar, killi seviyeler ve dolgu malzemesi için elde edilen indeks ve makaslama dayanım değerlerini ocaktaki açılacak kazı şevlerinin duraylılığının araştırılmasında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

## 2.3. Kaya malzemesi üzerine yapılan deneysel çalışmalar

Karaman ve ark., (2010) kireçtaşı ocağından alınan silindirik killi kireçtaşı numunelerinde ultrasonik P dalga hızı değerlerinin karot uzunluğuna ve su içeriğine göre değişimlerini irdelemiştir. Çalışmada kullanılan NX (54.7 mm) çaplı karot örneklerinin boy (L)/çap (D) oranları 0.46, 0.91, 1.37, 1.83 ve 2.29 şeklinde olmuştur. Yazarlar, kireçtaşı örneklerinde numune boyutu arttıkça suya doygun halde kil içeriğinden dolayı örneklerde yumuşama gerçekleşebildiğini ifade etmişlerdir. Buna bağlı olarak suya doygun durumda örnek boyutunun artmasıyla ultrasonik P dalga hızının azaldığı gözlenmiştir. Çalışmada ayrıca killi kireçtaşı örnekleri için en uygun L/D oranı aralığının  $1.1 \leq L/D \leq 2$  olması gerektiğini tavsiye etmişlerdir.

Karaman ve ark., (2011) yaptığı çalışmada kireçtaşlarını içsel özellikleri, renkleri ve fiziko-mekanik deney sonuçlarını dikkate alarak 4 farklı bölgeye ayırmışlardır. Örneklerin schmidt sertlik, ultrasonik dalga hızı ve ağırlıkça su emme yüzde değerlerini sahanın ayrışma durumunu değerlendirmek için belirlemişlerdir. Bu değerler neticesinde kireçtaşlarının ayrışma durumunu yansıtabilen ağırlıkça su emme yüzdesine göre bir ayrışma sınıfı ortaya koymuşlardır. Kireçtaşlarının ana minerali olan kalsitin erime proseslerinin de tartışıldığı çalışmada, kimyasal analizler ve paleontolojik ince kesitler ile erime ve ayrışma durumları da tartışılmıştır. Ayrışma sonucunda kil ve kuvars minerallerinin arttığı vurgulanmıştır. Yapılan deney ve analizler sonucunda çalışılan kayaçlar genel olarak taze, az ayrılmış ve orta ayrılmış sınıflarına dahil olmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Kayaçların ayrışma durumları (Karaman ve ark., 2011)

Zonlar	Schmidt sertliği	P-dalga hızı (m/s)	Ağırlıkça su emme yüzdesi
Zon – 1	Az ayrılmış	Az ayrılmış	Az ayrılmış
Zon – 2	Ayrılmamış (taze)	Az ayrılmış	Ayrılmamış (taze)
Zon – 3	Orta derece ayrılmış	Orta ayrılmış	Orta ayrılmış
Zon – 4	Az ayrılmış	Az ayrılmış	Az ayrılmış

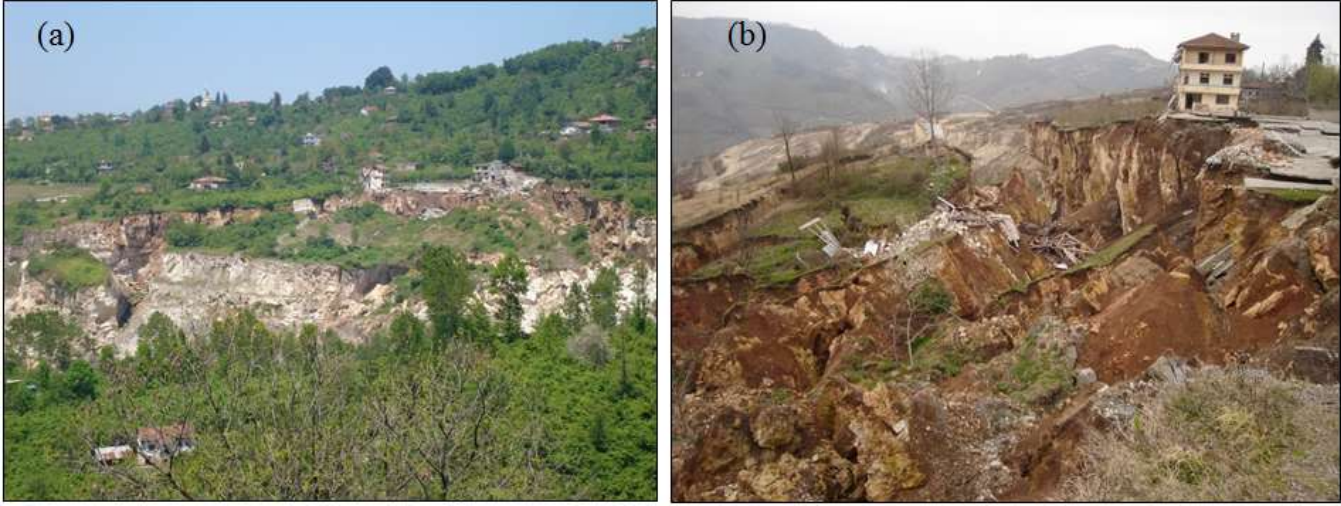
Ceryan ve ark., (2012) kireçtaşı ocağına ait kayaçların tek eksenli basınç dayanımını (UCS) tahmin etmede geliştirilmiş regresyon sinir ağı (GRSA) modelinin geliştirilmesini amaçlamışlardır. Bu kapsamda, kayaçların toplam ve efektif porozitesi, suda dağılma dayanım indeksi ve P dalga hızı parametreleri kullanılmıştır. Farklı lineer regresyon analizlerin kombinasyonu neticesinde bir tahmin modeli geliştirilerek, GRSA oluşturulmuştur. Çalışmada yazarlar UCS tahmininde alternatif bir yapay sinir ağı kullanmışlardır. Ceryan ve ark., (2013) ise yukarıdaki çalışmaya ilave olarak mineralojik özellikleri de modele katarak UCS değerlerini tahmin etmeye çalışmışlardır.

## 2.4. Yeni üretim sahası ile ilgili yapılan çalışmalar

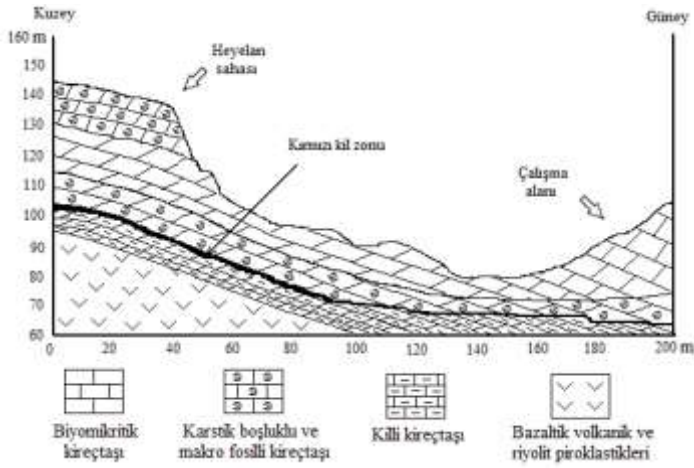
Düzlemsel kaymalar sonrasında oluşan şevlerin arkasında gerilme çatlaklarının olması, kil düzlemlerinin mevcudiyetini koruması gibi nedenlerle heyelan sahasında üretim yapılamaz duruma gelmiştir (Şekil 6). Bu nedenle heyelan sahasının güney ve güneydoğusunda üretim başlamıştır. Karaman ve ark., (2013) heyelan sahasının karşısında 2009 yılında üretime başlayan yeni sahadaki şevlerin duraylılığı ve kayaçların kazılabilirliği konusunda çalışma yapmışlardır (Şekil 7). Yazarlar sahadaki şevleri süreksizlik ve jeolojik özelliklerinden yararlanarak üç farklı bölgeye ayırmış ve detaylı arazi ve laboratuvar çalışmaları yapmışlardır. Şev duraylılıkları önce kinematik analizler ile değerlendirilmiş, daha sonra Şev Duraylılığı Olasılık Sınıflama (SSPC) sistemi ve Şev Kütle Puanlamasına (SMR) göre değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca sahadaki kayaçların kazılabilirliği ile kazıcı türünün (patlatma ve makinalı) şev duraylılığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kinematik analiz sonuçları yeni sahada düzlemsel, kama tipi ve devrilme türü yenilmelerin olmayacağını göstermiştir. SSPC süreksizliklerin yönelimine bağlı duraylılık analizleri şev-2'nin eğim açısı 66°'dan büyük olması durumunda kayma yenilmesi gerçekleşebileceğini ortaya çıkarmıştır. Yönelime bağımlı duraylılık analizleri ayrıca yeni sahadaki süreksizliklerin (1. süreksizlik takımı) görünür eğim açısının şev içine doğru olduğundan duraylılığı artırdığını göstermiştir. Heyelan sahasındaki süreksizliklerin ise şev dışına eğimli olmasından dolayı heyelan sahasındaki şevlerin duraylılığının olumsuz yönde

etkileneceğini belirtmişlerdir. Kayaçlar kazılabilirlik açısından kolay sıyrılabilir sınıfa dahil olmuştur. Kayaç kazısı patlatma ile yapılması durumunda şevlerin duraylılığının olumsuz etkilendiği görülmüştür (Şekil 8). Yazarlar kinematik, SSPC ve SMR analizleri sonuçlarına göre güvenli şev eğimlerinin şev-1, şev-2

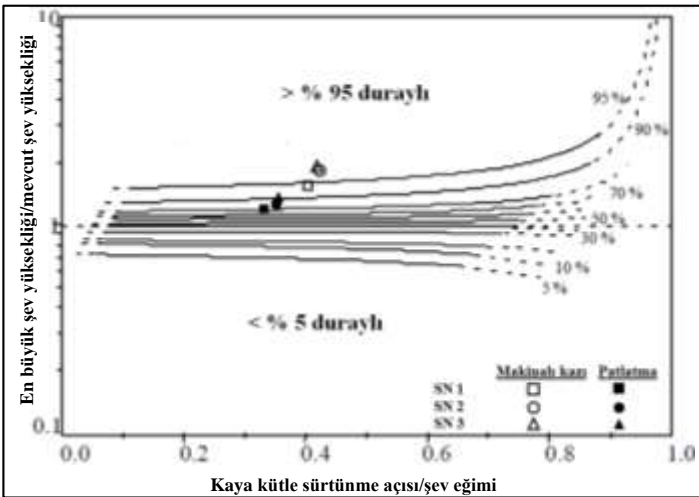
ve şev-3 için sırasıyla 70°, 66° ve 75°, şev yüksekliklerinin ise 8 metre olması gerektiğini vurgulamışlardır.



Şekil 6. Heyelanların uzaktan (a) ve yakından (b) görünümü (Karaman ve ark., 2013)



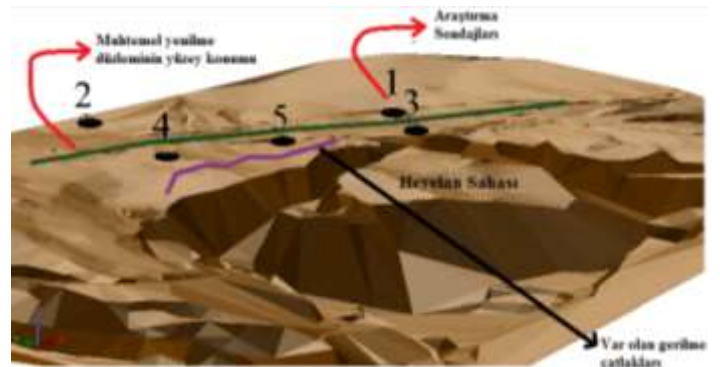
Şekil 7. Heyelan ve yeni saha için jeolojik en kesit (Karaman ve ark., 2013)



Şekil 8. Kazıcı türünün şev duraylılığı üzerine etkisi (Karaman ve ark., 2013)

## 2.5. Heyelan sahasının modellenmesi

Aliyazıcıoğlu ve ark., (2015) kil tabakasının mevcut durumunu gözlemek ve potansiyel yenilme zonlarını araştırmak amacıyla yapılan 5 adet araştırma sondajını (toplam 193 metre) değerlendirmişlerdir. Sondaj bulguları kil tabakasına ilave olarak çalışma sahasında olası bir yenilme düzleminin de olabileceğini göstermiştir. Olası yenilme düzleminin eğim açıları ile arazi gözlemleri değerlendirilerek yenilmenin boyutları ile içerdiği riskler ortaya konulmuştur. Sondaj verileri ile arazi modeli 3 boyutlu (3D) olarak Gemcom Surpac 6.2 programında oluşturulmuştur (Şekil 9). Heyelan sahasına ait araştırma sondaj noktaları, heyelanlar sonrası kayan bloklar, şev gerisindeki gerilme çatlakları ve muhtemel yenilme düzleminin yüzey konumu Şekil 9'da görünmektedir. Yazarlar bu çalışma ile olası yenilmenin mevcut gerilme çatlağının gerisine kadar uzanabileceğini göstermişlerdir. Aliyazıcıoğlu ve ark., (2015) heyelan sahasındaki araştırma sondajlarından elde ettikleri mevcut durumu yansıtan verileri değerlendirmişlerdir. Ancak heyelan sahasındaki şevlerin uzun dönemde duraylılıklarının sağlanması adına ilave çalışmaların (tasarım ve modeller, sayısal analiz ve bulanık yöntemler vb.) yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 9. Olası kayma düzleminin yüzey konumunun 3D görünümü (Aliyazıcıoğlu ve ark., 2015)

### 3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında Taşönü (Araklı-Trabzon) kireçtaşı ocağında 2004–2015 yılları arasında yapılan bilimsel çalışmaların sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmalar genel olarak 5 grup altında (patlatmanın şev duraylılığına etkisi, heyelana neden olan kil malzemesinin özellikleri, kaya malzemesi üzerine yapılan çalışmalar, yeni üretim sahasının değerlendirilmesi ve heyelan sahasının modellenmesi) toplanmıştır.

Patlatma ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak farklı sayıda atım sonuçları değerlendirilerek patlatma kaynaklı çevresel sorunları en aza indirme adına ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve kireçtaşı ocağında yapılacak patlatmalar için maksimum parçacık hızı, ölçekli mesafe hesaplanmış, gürültü değerleri analiz edilerek çevresel sorunlar ile çözüm önerileri ortaya konulmuştur.

Killer üzerine yapılan çalışmada, düzlemsel yenilmelerin üzerinde olduğu kil tabakasının mühendislik özellikleri (ağırlıkça kil yüzdeleri, killerin türleri, makaslama dayanımları, aktiviteleri, şişme potansiyeli, likit ve plastik limit değerleri ve zemin sınıflaması) belirlenmiştir. Yazarlar, killi seviyeler ve dolgu malzemesi için elde edilen indeks ve makaslama dayanım değerlerinin ocaktaki açılacak kazı şevlerinin duraylılığının araştırılmasında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Kaya malzemesi üzerine yapılan çalışmalarda ilk olarak karot örneklerinin su içeriği ve uzunluk değişimine bağlı olarak ultrasonik P dalga hızındaki değişimler araştırılmıştır. Suyun killi örneklerde kaya sertliğini bozarak yumuşamaya neden olduğu ve karot uzunluğunun artışına paralel olarak P dalga hızında azalma meydana geldiği vurgulanmıştır. Bir diğer çalışma ise sahadaki kayaçların ayrışma durumunun değerlendirilmesi olmuştur. Yazarlar 4 farklı bölgeye ayırdıkları kayaçların ayrışma durumlarını belirlemiş ve pratik olması açısından ağırlıkça su emme yüzdesine göre çalışma sahası için yeni bir ayrışma sınıflaması önermişlerdir. Bir diğer çalışmada da kaya malzemesinin UCS parametresinin pratik yoldan tahminine yönelik geliştirilmiş regresyon sinir ağı modeli kullanılmıştır.

Heyelan sahasının karşısındaki üretim şevlerinin duraylılığı ve kayaç kazılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda yeni sahanın patlatma gerektirmediği belirlenmiştir. Ayrıca optimum şev yüksekliği ve şev açıları da yapılan analizler sonucunda önerilmiştir. Heyelan sahasının modellenmesi çalışmasında ise araştırma sondajlarının önemli olduğu vurgulanmıştır. Arazi gözlemleri ile elde edilemeyen muhtemel yenilme zonlarının araştırma sondajları ile tespit edilmesi ve üç boyutlu olarak modellenmesi ile yenilmenin hangi alanlarda etkili olacağı geniş bir açıdan ele alınmıştır.

Sahada yapılan bilimsel çalışmaların her biri kendi alanlarında literatüre önemli katkılar sunmuştur. Bu sahadan elde edilen teknik bilgi ve tecrübelerin benzer özellikteki ocaklara uygulanması önerilmektedir. Ayrıca araştırma sondajlarının önemli olduğu açıktır. Üretim öncesinde araştırma sondajları ile muhtemel yenilme zonları tespit edilmelidir. Kayaç kazılabilirliği araştırılmalı eğer patlatma gerekiyor ise bunun kontrollü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ayrıca muhtemel şev yenilmelerini en aza indirmek için optimum şev açısı ve yüksekliğinin tasarımı, maden ve taş ocakları için büyük önem arz etmektedir.

### Kaynaklar

- Aliyazıcıoğlu Ş., Karaman K., Kesimal A., Cihangir F., Erçikdi B. 2015. Bir kireçtaşı ocağında (Araklı-Trabzon) sondajların 3 boyutlu analizi yoluyla kaya şev duraylılığı değerlendirmesi. Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 14-17 Nisan, 2015, Antalya, 242-248.
- Ceryan N., Celtek S., Kesimal A. 2009. Taşönü (Araklı/Trabzon) heyelanının kayma düzlemindeki killerin mühendislik özellikleri. 14. Ulusal Kil Sempozyumu, 1-3 Ekim, 2009, Trabzon.
- Ceryan N., Kesimal A., Aydın A. 2009. Trabzon-Taşönü malzeme ocağındaki killerin mühendislik özellikleri. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi 15 (3), 447-456.
- Ceryan N., Okkan U., Kesimal A. 2012. Application of generalized regression neural networks in predicting the unconfined compressive strength of carbonate rocks. Rock Mech Rock Eng 453, 1055-1072.
- Ceryan N., Okkan U., Kesimal A. 2013. Prediction of unconfined compressive strength of carbonate rocks using artificial neural networks. Environ Earth Sci 68, 807-819.
- Cihangir F., Kesimal A., Erçikdi B., Durmuş O. 2005. Bir kalker ocağında patlatmak kazılardan kaynaklanan çevresel etkilerin analizi. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs, 2005, Ankara.
- Erçikdi B., Kesimal A., Yılmaz E. 2004. Araklı-Taşönü kalker ocağında patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının değerlendirilmesi. VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, 21-22 Ekim, 2004, Sivas.
- Erçikdi B., Kesimal A., Yılmaz E., Cihangir F. 2004. Patlatma kaynaklı yersarsıntısı ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7, 195-215.
- Erçikdi B., Cihangir F., Kesimal A. 2006. Düzlemsel kaymanın olduğu bir kireçtaşı ocağında güvenlik katsayılarının belirlenmesi: örnek bir uygulama. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi 19 (2) 121-129.
- Karaman K., Cihangir F., Erçikdi B., Kesimal A. 2010. Killi-karbonatlı kayaçlarda numune uzunluğunun ultrasonik P-dalga hızı üzerindeki etkisi. Madencilik Dergisi 49 (4), 37-45.
- Karaman K., Cihangir F., Erçikdi B., Kesimal A. 2011. Kireçtaşlarının ağırlıkça su emme yüzdelere göre bir ayrışma sınıflaması. İstanbul Yerbilimleri Dergisi 24 (2), 119-128.
- Karaman K., Erçikdi B., Kesimal A. 2013. The assessment of slope stability and rock excavatability in a limestone quarry. Earth Sci. Res. SJ. 17 (2) 169-181.
- Kesimal A., Erçikdi B., Cihangir F. 2008. Environmental impacts of blast-induced acceleration on slope instability at a limestone quarry. Environ Geol 54, 381-389.