

Makale Gönderim Tarihi:16 Aralık 2019
Yayına Kabul Tarihi:12 Ocak 2020

İnsanoğlunun ilk Sistematik Sert Kaya Kazı Yöntemi: Ateş Kurma

Mankind's First Systematic Hard-Rock Excavation Method: The Fire-Setting

Serdar Yaşar¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

*Sorumlu yazar: seyasar@ktu.edu.tr

Özet

Ateş kurma yöntemi insanoğlunun keşfettiği ilk sistematik sert kaya kazı yöntemidir ve yaklaşık olarak 7000 yıl boyunca kullanılmıştır. İlk olarak Bulgaristan'da bulunan Ai Bunar madeninde kullanıldığı tespit edilen bu yöntem kullanılarak açılan ilk kuyu ise Niğde'de bulunmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle bu yöntemin uygulanış biçiminden bahsedilmiştir. Ardından, yöntemin kaya kazı mekanizması ve etkili olan parametreler açıklanmıştır. Buna ilave olarak, ateş kurma ile açılan yeraltı yapılarına ve taş ocaklarındaki uygulamalarına değinilmiştir. Dünya literatüründe önemli bir yere sahip olan Niğde/Kestel madenine özel bir bölüm ayrılmıştır ve önemi vurgulanmıştır. Son olarak da genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sert kaya kazısı, ateş kurma, madencilik tarihi, De Re Metallica

Abstract

The fire-setting is the first systematic hard rock excavation method discovered by the mankind and it had been used for ca. 7000 years. While the method was firstly used in the Ai Bunar mine in Bulgaria, the first shaft was excavated in Niğde using the fire-setting. In this study, application procedure of the method was described as an initial step. Secondly, the hard rock excavation mechanism was explained along with the significant parameters active in the method. Furthermore, applications of the fire-setting in underground and quarry excavations were emphasized. A special reference was given to the Niğde/Kestel mine which has a significant role in the literature and its importance was accentuated. Finally, a general evaluation was proposed.

Keywords: Hard-rock excavation, fire setting, mining history, De Re Metallica

1. Giriş

İnsanoğlu var olduğundan beri çeşitli amaçlar için yerküreyi kazma işi ile uğraşmaktadır. İlk çağlarda, keskin kenarları olan el aletleri yapımında kullanılmak üzere hammadde arayışı ile bu serüven başlamıştır. Daha sonraları, kayaların içinde bulunan metaller keşfedilmiş ve bunların çıkarılması için yerküre kazılmıştır. Ayrıca, suyun bir bölgeden başka bir bölgeye taşınması amacıyla tünel açılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır ve yerküre bu sefer tünel açımı için kazılmıştır. Rönesans'ın ardından gelişen bilim ve teknoloji ile daha yeni kazı yöntemleri keşfedilmiştir. Ve günümüzde ise mekanize kaya kazı ekipmanları tüm dünyada tünel ve madencilik kazılarında kullanılmaktadır.

İnsanoğlunun kazı serüveni ilk olarak Şekil 1'de görülen ilkel el aletleri ile başladı ve bu el aletleri geyik boynuzlarından ve kemik kalıntılarında yapılmaktaydı. Bu el aletleri yumuşak zemin kazısında kullanıldı ve kazıların öncelikli amacı el aleti yapabilmek için çakmaktaşı ve obsidyen gibi maddelerin bulunabilmesiydi. Obsidyen ve çakmaktaşı olan bu ilginin sebebi, bu maddelerin konkoidal kırılma göstermesinin keşfedilmesiydi. Konkoidal kırılma sayesinde çok sivri ve keskin kenarları ve köşeleri olan cisimler elde ediliyordu. Sonrasında ise bu cisimler avlanmak ya da günlük hayatın içinde kullanılmak üzere el aleti yapımında kullanılıyordu. Ancak, beklenildiği gibi bu tip kazı aletleri (Şekil 1) ancak zemini kazmak hususunda yeterli olmaktaydı. Daha sonraları günümüzde madenciliğin sembolü olan kama ve çekiç yardımı ile dayanımı düşük ve süreksizlik içeren kayalar kazılabiliştir. Ancak, sert kaya kazısında bu tip bir kazı aletleri ile kazı yapılması olanaksızdı. Bundan dolayı, yeni bir yöntem keşfedilmesi gerekiyordu. İnsanoğlu doğa ile ilk büyük mücadelelerinden birini sert kaya kazısını gerçekleştirebilmek için verdi ve ilk kez bilimsel yöntemi kaya kazısına uyguladı. Sonuç olarak da ateş kurma (the fire setting) yöntemini keşfetti.

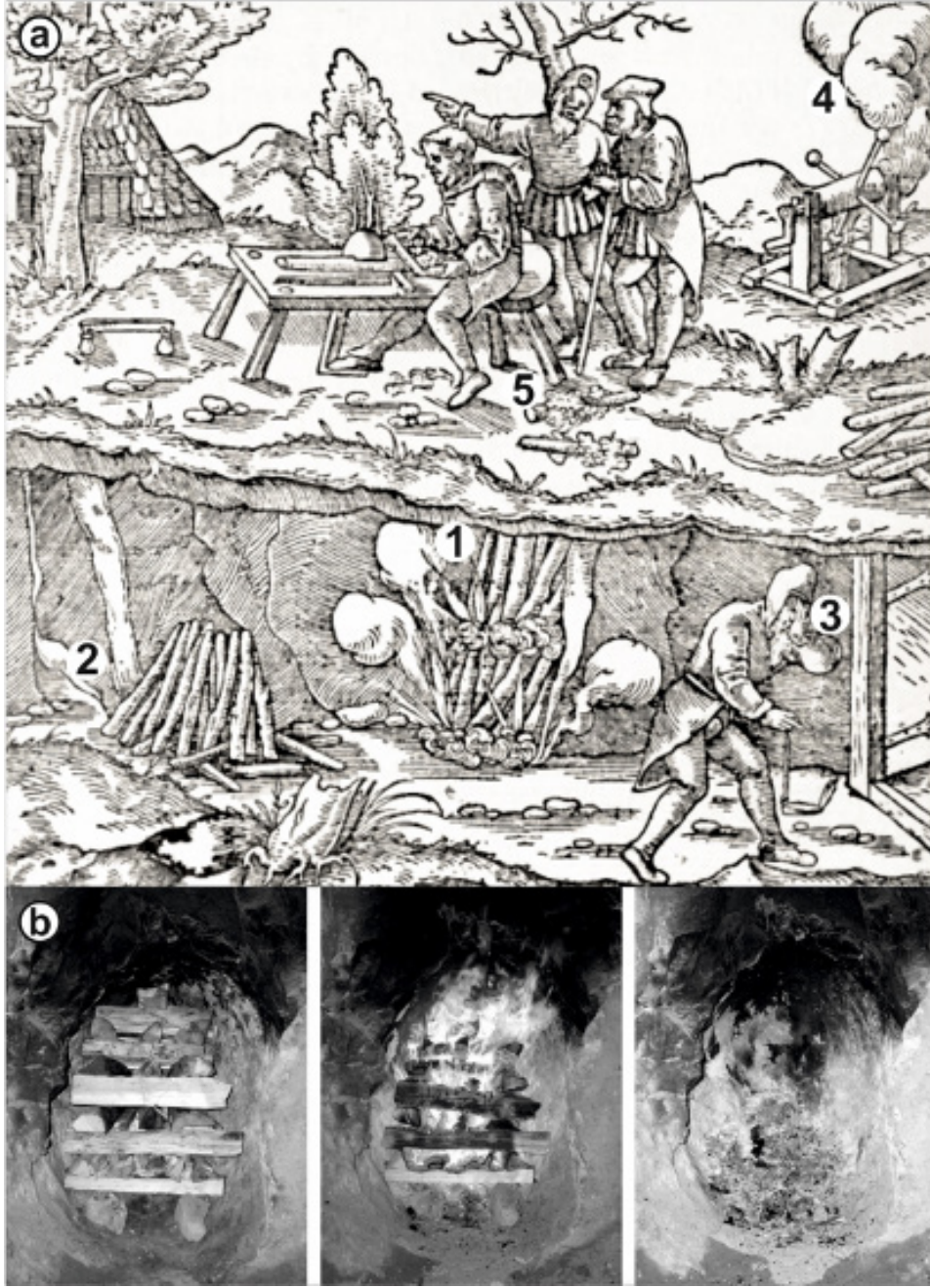
2. Ateş Kurma ile Kaya Kazısı

Ateş kurma yönteminin tam olarak ne zaman keşfedildiği ve nerede uygulandığı ile alakalı bir net bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak, insanoğlunun kullandığı ilk sistematik kazı yöntemi olan ateş kurmanın binlerce yıllık bir geçmişe sahip olduğu net bir biçimde bilinmektedir. Çok eski bir yöntem olması nedeniyle, nasıl uygulandığına dair hakkında yazılı bilgi edinmek konusunda güçlükler yaşanmaktadır. Bu yöntem ile ilgili ilk yazılı bilgilere İncil'de yer verilmiştir. Daha sonra Livy ve Pliny bu yöntemden bahsetmiştir. Ayrıca, Kartacalı komutan Hannibal'in Alpleri bu yöntem ile aştığı iddia edilmektedir (Weisberger ve Willies, 2000).



Şekil 1. Geyik boynuzu ve kemik kalıntılarından yapılan ilkel kazı aletleri (Clark and Pigott, 1933).

Ateş kurma yöntemi ile sert kaya kazısı, yazılı bir metinde açıkça ilk kez mineralojinin babası olarak da bilinen Agricola (1556) tarafından madencilik ve metalürji ile alakalı yazılmış ilk kitap olan *De Re Metallica*'da yer bulmuştur. Bu yöntem Agricola tarafından Şekil 2(a)'daki gibi resmedilmiştir. (1) numara ile işaretlenen bölgede kazı yapılacak olan ayna önüne yığın halinde dizilen odunlar görülmektedir. Bu odunlar (5) numara ile işaretlene bölgedeki ustalar tarafından hazırlanmaktadır ve yakılmak üzere yeraltına gönderilmektedir (2). Ateş kurma sırasında boğucu ve zehirli gazlar ortaya çıktığından dolayı kazıyı yapan madenci bundan etkilenmektedir ve (3) şekilde görüldüğü gibi madenci dumandan etkilendiği için yüzünü kapatmakta ve çıkışa doğru yönelmektedir. Ortaya çıkan dumanlar ise havalandırma kuyusundan (4) dışarı atılmaktadır. Şekil 2 (b)'de ise yeraltında arkeologlar tarafından gerçekleştirilen ateş kurma denemelerinden bir görüntü bulunmaktadır.



Şekil 2. (a) Ateş kurma yöntemi (1) Kazı aynası önünde kurulan ateş (2) Yakılmak üzere hazırlanan odunlar (3) Dumandan etkilenen madenci (4) Havalandırma kuyusu (5) Odun hazırlayan ustalar (Agricola, 1556) (b) Yeraltına ateş kurma denemeleri (Py ve AnceI, 2006).

Ayrıca, yöntemin detayları Agricola (1556) tarafından detaylı bir biçimde izah edilmiştir. Tarihi değeri olması nedeniyle bu yöntem birebir çeviri yapılarak değiştirilmeden buraya aktarılmıştır: “Daha önce de söylediğim gibi, ateş en sert kayayı bile paramparça eder, ancak bu yöntem o kadar kolay değildir. Eğer, cevher sert bir kaya içinde bulunuyorsa ve bu kaya sertliğinden dolayı yontulamıyorsa, kurutulmuş odunlar yığılır ve ateşe verilir; ve eğer galeri ya da tünel alçaksa tek bir yığın yeterliyken, eğer tünel ya da galeri yüksekse iki adet odun yığınının ihtiyacı bulunmaktadır ki iki odun yığını birbirinin üzerine yerleştirilir ve ateşin odunları tüketmesi beklenir. Bu kuvvet tüm damarı yumuşatmaya yetmez, yalnızca yüzeye yakın bir kısım yumuşatılır. Eğer, demir keski tavan ya da taban taşında çalışabiliyor ancak cevher hala bu keskiyle sökülebilir değil ise tavan ve taban taşı oyulur. Böylece, cevher ateş yardımı ile yerinden sökülür, ancak her zaman aynı yöntem kullanılmaz. Eğer açılacak boşluk çok büyük

ise olabildiğince fazla odun yığılır, ancak eğer boşluk küçük ise az sayıda odun yeterli olmaktadır. Bu yöntemin biriyle, yüksek miktardaki ateş cevheri tavan ve taban taşından ayırır ve diğeri ile de az miktardaki ateş az miktardaki cevheri kayadan söker, ama ateş çok dar bir alana sıkıştırıldığı için cevheri büyük oranda kayadan söker. Dahası, eğer kazı alçaksa, bir yığın yerleştirilmektedir ve eğer yüksek ise iki yığın yerleştirilmektedir ve alttaki yığın üstteki yığını tutuşturmaktadır. Ve kaya ne kadar sert olursa olsun, cevher önünde yakılan ateş onu yumuşatmaktadır ve kolaylıkla kırılabilir hale getirmektedir. Eğer damar kalay damarlarında olduğu gibi çok genişse, madenci aynayı şeritler halinde kazar. Bir tarafı ince olacak şekilde traşlanan kuru odunları sık aralıklarla ve yan yana ayna önüne yerleştirilir ve bir ucu sivri olması nedeniyle kolay bir biçimde alev alan odunlar yanlarındaki diğer odunları da tutuştururlar. Isıtılan kaya ve cevherler kötü kokulu duman çıkardıkları ve tüneller ve kuyular dumanı dışarı attığı için, bu dumanlar madenciye zarar vermesin diye ve açıkçası onları öldürmesin diye aşağıya inmezler. Ateş işleminin ardından kütleden ayrılan cevher ve kaya, bir levye yardımı ile yerinden sökülür. Eğer, sökülen malzeme hala bir miktar sertse, madenciler daha küçük bir levveyi çatlaklara bastırıp bu şekilde kayayı ve cevheri kırarlar. Eğer bu şekilde kırılmıyorsa, madenciler çekiç yardımı ile kazıyı gerçekleştirirler. Kırıldıktan sonra kaya yere yuvarlandırı, eğer hala yerindeyse bu sefer kama ve çekiç yardımı ile yerinden sökülür.”

Ateş kurma yöntemi, çoğunlukla tek başına uygulanmamaktaydı. Yardımcı olarak çekiç ve kama tipi kazıcı aletler vasıtasıyla kaya zayıflatılmaktaydı. Özellikle küçük ölçekli madenlerde ateş kurma ve keski yordamı ile kazı en çok kullanılan yöntemdi. Ateş kurma yönteminin etkili bir biçimde kullanılabilmesi için odun yapımında kullanılacak ormanlık alanlara ihtiyaç duyulmaktaydı. Bundan dolayı da kama ve çekiç yardımına genellikle başvuruluyordu. Ancak Norveç ve İsveç gibi ağaçlık alan sıkıntısı yaşanmayan bölgelerde bu yöntem tek başına da başarılı ve ekonomik olarak uygulanabilmekteydi (Weisberger ve Willies, 2000).

3. Ateş Kurma ile Kazı Mekanizması

Yöntemin nasıl ve kim tarafından keşfedildiği bilinmemektedir. Kazara keşfedilmesi olası olan bu yöntemde kayaların zayıflatılması ya da tamamen yerinden sökülmesinde etkili olan belirli mekanizmalar bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Isıl genişleme,
- Isıl gradyan,
- Boşluk suyu buharlaşması,
- Minerallerin kimyasal olarak bozulması,
- Isıl şok,
- Var olan zayıflıkların açılması (Weisberger ve Willies, 2000; Heldal and Storemyr, 2015).

Bilindiği üzere kayaçlar farklı minerallerden meydana gelmektedirler. Bilinen 4000'e yakın mineral olmasına rağmen az sayıda mineral kayaçların içinde bulunmaktadır ve bunlara da kayaç yapıcı mineraller adı verilmektedir. Az sayıda olmalarına rağmen bu minerallerin özellikleri birbirlerinden çok farklıdır. Ateş kurma ile kazı yönteminde en çok etkili olan mekanizma minerallerin farklı ısıl genişleme özelliklerine sahip olmalarıdır. Kaya ısıtıldığında mineraller genişmekte ve farklı mineraller farklı oranlarda genişlediği için kaya içinde iç kuvvetler yaratılmaktadır ve sonuçta kayanın içinde halihazırda olan çatlaklara ek olarak çatlaklar yaratılmaktadır ve bu sayede kayaçlar zayıflatılarak kazılması kolaylaştırılmaktadır. Tablo 1'de kayaçların içinde sıklıkla bulunan minerallerin 20-400 C° arasındaki hacimsel ısıl genişleme katsayıları gösterilmiştir ve bu genişleme katsayıları Eşitlik 1'dek formül vasıtası ile hesap edilmektedir

(Robertson, 1988). Mineraller, farklı kristal yapıları gösterdikleri için farklı yönlerdeki ısı genleşme özellikleri de farklı olabilmektedir (Sincock, 1984). Tablo 2’de ise çeşitli kayaların hacimsel ısı genleşme katsayıları verilmiştir.

$$\alpha = \left(\frac{1}{V_0}\right) \left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right) \quad (1)$$

Burada α hacimsel ısı genleşme katsayısı, V_0 ilk hacim, ΔV hacimdeki değişim, ΔT ise sıcaklık değişimidir. Tablo 1 ve Tablo 2’de dikkat çeken ilk husus kuvarsın en yüksek ısı genleşme katsayısına sahip mineral, kaya tuzunun ise en yüksek katsayıya sahip olan kaya olmasıdır. Isı genleşmeye ilave olarak, ısı gradyan da kayacın zayıflamasında etkili olmaktadır. Kayanın ısıtılması ile kayanın çeşitli bölgelerinde farklı sıcaklıklar ortaya çıkmaktadır ve bu sıcaklık farklılıklarından ortaya çıkan gerilmeler de kayacı zayıflatmaktadır (Heldal and Storemyr, 2015). Kayalar ısıtıldıklarında belirli bir sıcaklığın üzerine çıkarıldıklarında çatlamaya başlarlar, bu sıcaklık, örneğin, bazalt için 550 C°’dir (Sincock, 1984).

Tablo 1. Belli başlı minerallerin hacimsel ısı genleşme katsayıları (Robertson, 1988).

Mineral	α (10^{-5}) C° başına
Kuvars	4,98
Ortoklas (Feldspat)	1,54
Mikrolin (Feldspat)	1,79
Forsterit (Olivin)	3,26
Fayalit (Olivin)	2,84
Enstatit (Piroksen)	2,77
Kalsit	2,01

Tablo 2. Çeşitli kayaların hacimsel ısı genleşme katsayıları (Robertson, 1988).

Kaya	α (10^{-5}) C° başına
Granit/Riyolit	2,4
Diyorit/Andezit	2,1
Gabro/Bazalt	1,6
Kumtaşı	3,0
Kaya tuzu	13,83
Kuvarsit	3,3
Kireçtaşı	2,4
Mermer	2,1
Sleyt	2,7

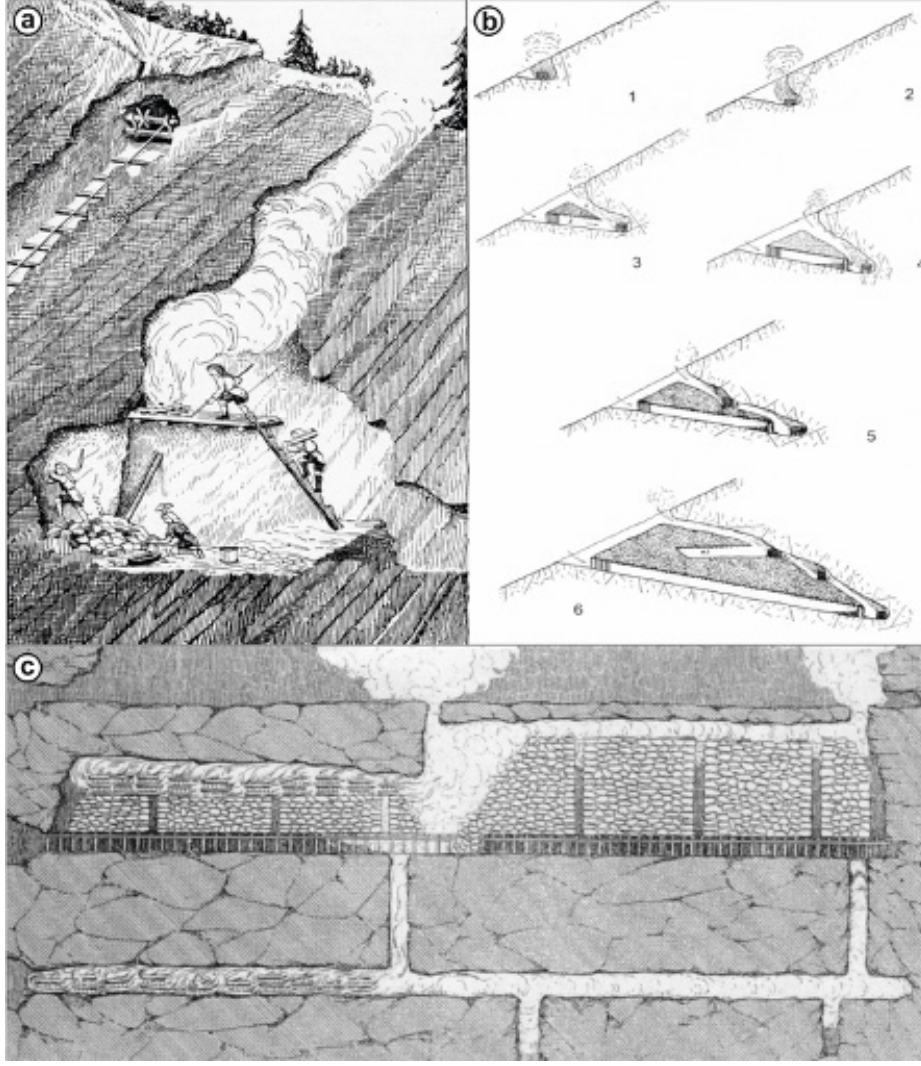
Bu parametreler ilave olarak, kaya içindeki boşluklarda bulunan suyun sıcaklık ile buharlaşması da kayayı zayıflatan diğer bir parametredir (Kinnunen, 1988). Diğer taraftan, sıcaklığın artması ile birlikte mineralin kimyasal yapısı da bozulabilmektedir. Örneğin, kireçtaşlarında yüksek sıcaklıklarda kalsinasyon olarak da adlandırılan olay meydana gelmektedir ki bu kayanın ve mineralin kimyasal yapısını değiştirmektedir (Weisberger ve Willies, 2000). Kimi uygulamalarda, kayaların ateş kurma yöntemi ile ısıtılmasının akabinde, su ya da başka soğutucu sıvılar ile ısı şoka maruz bırakıldığı ve bu sayede ateş kurma yönteminin etkinliğinin arttırıldığı tarihi kaynaklarda bildirilmektedir. Örneğin, Hannibal'ın Alpleri geçerken kayaları kırmak için ateş kurma yöntemine ilave olarak sirkeyi soğutucu sıvı olarak kullandığı rivayet edilmektedir (Weisberger ve Willies, 2000).

4. Ateş Kurma Uygulamaları

Ateş kurma çeşitli kazı uygulamalarında kullanılmaktaydı. Bu uygulamalar kuyu açma, kat kazısı, baş aşağılar, galeri açımı, tavan arınlı üretim yöntemi ve taş ocaklarıdır. Şekil 3'te bu yöntemlerin bazıları şematik olarak gösterilmiştir. Kuyu açma, en az karşılaşılan ve ateş kurmanın en zor uygulamalarından biridir ve Gatzschmann (1846) tarafından detaylıca incelenmiştir. Kuyu açmada, kuyunun havalandırmanın kalitesinin arttırılabilmesi için ağaç bir duvar tarafından ikiye bölünmesi gerekmektedir. Ayrıca, yakılan ateşin üzeri ısı enerjinin tabana yayılabilmesi için kaplanmalıdır (Weisberger ve Willies, 2000). Bu uygulamaya ait örnekler Niğde'de bulunan Kestel madeninde ve Özbekistan'da bulunan Karnab madeninde tespit edilmiştir. Ayrıca, daha yeni olarak Hindistan'da Zawar Mochia madeninde bu yöntemle ait kalıntılar tespit edilmiştir. Kat kazısında (Şekil 3a) ise yine Kestel madeninden ve Yunanistan'da bulunan Agios Sostis madeninde ateş kurma yöntemine ait uygulamalara rastlanmıştır. Genellikle dairesel ya da oval kesitli boşluklar bu yöntemle açılmaktaydı ve bunların çapları genellikle 70-80 cm arasında değişmekteydi (Weisberger ve Willies, 2000). Desandre (Şekil 3b) olarak da adlandırılan eğimli giriş galerileri de ateş kurma yöntemi ile açılmıştır. Bazı durumlarda tek bir desandre açılırken, kimi durumlar da ise aynı anda iki desandre birden sürülmüştür. Desandrenin bir tanesi genellikle havalandırma maksadıyla kullanılmıştır.

Günümüzde metal madenciliğinde de sıklıkla kullanılan tavan arınlı üretim yöntemi ilk kez ateş kurma yöntemi yardımı ile kullanılmıştır (Şekil 3c). Ateş yakıldığında alevler yukarı doğru yükseldiğinden dolayı, tavan arınlı üretim yöntemi ateş kurmanın doğal sonucu olarak oluşmuş bir üretim yöntemi olarak değerlendirilebilir (Weisberger ve Willies, 2000). Şekil 3c'den de görülebileceği gibi cevher aşağıdan yukarı doğru seri bir biçimde yerleştirilen odun yığınları yakılarak zayıflatılıp kazılmaktadır. Kazılıp zayıflatılan malzemenin üstüne çıkılarak yeni bir kazı arını yaratılıp kazı işlemi sürdürülmektedir. Callon (1876) yöntemi şu şekilde tarif etmektedir:

“Odun yığınları cumartesi sabahı yerleştirilmelidir ve en üstteki sıra öncelikle yakılmalıdır. Maden pazartesi gününe kadar kendi haline bırakılmalıdır ve ateşin sönmesinin ardından madenciler yeraltına inerek gerekli düzenlemeleri yapıp madeni bir sonraki cumartesi gününe hazır hale getirmelidirler.”



Şekil 3. Ateş kurma ile çeşitli kazı uygulamaları (a) Kat kazısı (Klose, 1918) (b) Desandre kazısı (Zschocke ve Preuschen, 1932) (c) tavan arınlı üretim yöntemi (Callon, 1876).

Yeraltı kazılarına ilave olarak, ateş kurma yöntemi taş ocaklarında da antik çağlarda kullanılmıştır (Engelbach, 1923; Heldal ve Storemyr, 2015). Taş ocaklarındaki uygulamalarda, ateş kurma yöntemi yardımcı bir yöntem olarak kullanılmaktaydı ve kesilecek olan bloğun yerinden kolay çıkarılabilmesi için çekiçleme yöntemine ek olarak kullanılmaktaydı. Bu yöntem şaşırtıcı bir biçimde Hindistan'da günümüze çok yakın zamanlarda bile bazı taş ocaklarında kullanılmaktaydı (Craddock, 1996).

5. Ülkemizden Bir Örnek: Kestel Kalay Madeni

Ülkemiz Niğde ili sınırları içerisinde yer alan Kestel madeni, ateş kurma yöntemi açısından literatürde önemli bir yere sahiptir. Yaklaşık M.Ö. 2900 tarihinde işletildiği belirtilen Torosların yakınında bulunan Kestel madeni, uzun seneler boyunca kalay üretimi amacıyla kullanıldı. Bölgenin jeolojik birimleri arasında mermer, amfibolit, kuvarsit, gnays ve granitlerden oluşmaktadır ve kalay minerali olan kasiterit (SnO_2) bu birimlerin bazılarının içerisinde bulunmaktadır (Yener vd., 1989). Bu bölgedeki ilk arkeolojik araştırmalar 1987 yılında başlatılmıştır (Yener vd., 1989). Bu madenin en önemli özelliği ateş kurma yöntemi ile açılmış olan ilk kuyuya ev sahipliği yapıyor olmasıdır. Galeri ya da kat kazısında bu yöntem daha önceleri başka bölgelerde uygulanmış olsa da kuyu açma işleminde ilk kez Kestel madeninde kullanılmıştır (Weisberger



Şekil 5. Kestel madeninde ateş kurma ile sürülen bir açıklık (Craddock, 1992).

6. Ateş Kurma Yönteminin Tespit Edilmesi

Binlerce yıl önceden kalan bu yöntemin tespit edilebilmesi birtakım zorluklar içermektedir. Yöntemin tek başına kullanıldığı yerlerde tespit nispeten daha kolay olmaktadır ancak, çekiçleme yöntemi de ateş kurmaya eşlik ediyorsa yöntemin tespiti bir hayli zor olmaktadır. Duvarların yüzeyi genellikle pürüzsüzdür ve kazı yönteminin neticesi olarak yapraklanarak dökülme sonucu oluşan parçalar dairesel kesittedir. Galeri genellikle kavisli bir profile sahiptir ve tabanda genellikle ateşin yakıldığı çukurlar bulunabilmektedir. Çevredeki kaya formasyonu yakılan ateşin etkisiyle ıslak kaplanabilmektedir. Şekil 6'da ateş kurma ile kazı yapılan eski bir maden işletmesinde kaya yüzeyinde oluşan ıslak görülmektedir. Tabanda ise kömürleşmiş odun parçaları ve yuvarlak kesitli ince kaya kalıntıları bulunabilmektedir (Weisberger ve Willies, 2000).



Şekil 6. Çekya'da bulunan eski bir madende ateş kurma ile kazı sonrası tavanda oluşan ıslak (Lednicka ve Kalab, 2016; Fotoğraf: Lednicka).

7. Genel Değerlendirme

Bir kazı yöntemi için öncelikli şart ekonomik ve hızlı olmasıdır. Ateş kurma yöntemi de çok uzun bir dönem boyunca ekonomik ve hızlı olduğu için uygulandı. İlk uygulamanın ne zaman yapıldığı tam olarak bilinmemekle birlikte tespit edilen ilk uygulamanın M.Ö. 5. binyılda işlenen Bulgaristan'daki Ai Bunar madeninde olduğu bildirilmektedir (Craddock, 1992). 1627 yılında Kaspar Weindl tarafından patlayıcıların madencilikte ilk kez kullanılmasının ardından (Gregory, 2001) ateş kurma yöntemi ekonomikliğini ve popülerliğini Avrupa'da yitirmeye başladı. Ancak, bu yöntem 1800'lerin sonunda kadar Norveç'te hala kullanılmaktaydı. Bunun en büyük sebebi ise İskandinavya'nın ormanlık alan açısından çok zengin olmasıydı (Craddock, 1992). Elde edilen arkeolojik bulgulara dayanarak, yaklaşık 7000 yıl boyunca kullanıldığı kabul edilebilecek olan bu yöntem insanoğlunun kullandığı ilk sistematik sert kaya kazı yöntemidir. Bilimsel yöntem ilk kez bu kazı yönteminde kullanılmıştır ki belki de sert kaya kazısındaki en büyük kilometre taşlarından birisi olduğu rahatlıkla iddia edilebilir. Elde edilen bulgulara dayanarak haftada 1 m ilerleme sağlanabilen bu yöntemden (Weisberger ve Willies, 2000), günümüzde insanoğlu teknolojik gelişmelerin neticesinde tam cephe tünel açma makinelerinin yardımı ile günlük 172,4 m kazı hızlarına ulaşabilmiştir (URL-1, 2020). Bu bağlamda bakıldığında insanoğlunun kat ettiği yol inanılmaz boyutlardadır ve günümüzde insanoğlu sert ve aşındırıcı kayaların derin madencilik koşullarında küçük makineler ile kazılması ile ilgili yeni kazı teknolojileri geliştirmenin eşiğindedir. En umut vadeden yöntemlerden bir tanesi mikrodalga enerjisi ile kayaların zayıflatılmasıdır. Mikrodalga enerjisi ile muamele edilen kayalar, minerallerin farklı ısıl genleşme özellikleri göstermesinden dolayı zayıflayıp daha kolay kazılabilir hale gelmektedir (Hartlieb ve Grafe, 2017). Temel olarak bakıldığında, mikrodalga enerjisi ile kayaların muamele edilmesi ile ateş kurma yöntemi aynı prensiplere sahiptir. Bundan dolayı, ateş kurma yönteminin insanlığın yerküreyi kazma mücadelesindeki önemi daha da artmaktadır.

Not: Bu çalışma 3. Türkiye Tarihi Madenler Konferansı Bildirileri kitabında yer almıştır.

Kaynaklar

Agricola, G., 1556. De Re Metallica (İngilizce Çevirisi: H.C. Hoover & L.H. Hoover, 1912), The Mining Magazine.

Callon, J., 1876. Lectures on Mining, Paris: Dunod.

Clark, G. ve Piggott, S., 1933. The Age of British Flint Mines. Antiquity, 7, 26, 166-183.

Craddock, P.T., 1992. A Short History of Firesetting. Endeavour, 16, 3, 145-150.

Craddock, P.T., 1996. The Use of Firesetting in the Granite Quarries of South India, Mining History: The Bulletin of the Peak District Mines Historical Society, 13, 1, 7- 11.

Engelbach, R., 1923. The Problem of the Obelisks, from a Study of the Unfinished Obelisk at Aswan. T. F Unwin Ltd, London.

Gatzschmann, M.F., 1846. Vollständige Anleitung zur Bergbaukunst, 3. Teil: Die Gewinnungslehre. Die Lehre von den bergmännischen Gewinnungsarbeiten. Freiberg.

Gregory, C.E., 2001. A Concise History of Mining, A.A. Balkema Publishers

Hartlieb, P. ve Grafe, B., 2017. Experimental Study on Microwave Assisted Hard Rock Cutting of Granite. BHM, 162, 2, 77-81.

Heldal, T. ve Storemyr, P., 2015. Fire on the Rocks: Heat as an Agent in Ancient Egyptian Hard Stone Quarrying. Engineering Geology for Society and Territory, 5, 291-295.

Kinnunen, K.A., 1988. Anthropogenic Decrepitation of Fluid Inclusions in Old Mines of Southern Finland: Signs of Firesetting. Current Research, Geological Survey of Finland Special Paper, 10, 143–145.

Klose, O., 1918. Die Prähistorischen Funde vom Mitterberge bei Bischofshofen im Städtischen Museum Carolino-Augusteam zu Salzburg und Zwei Prähistorische Schmelzöfen auf dem Mitterberge. In: G. Kyrle (hrsg.), Urgeschichte des Kronlandes Salzburg. Österreichische Kunst-Topographie 17 (Beitrag II), 1-40.

Lednicka, M. ve Kalab Z., 2016. Determination of Granite Rock Massif Weathering and Cracking of Surface Layers in the Oldest Parts of Medieval Mine Depending on Used Mining Method. Archives of Mining Sciences, 61, 2, 381-395.

Py, V. ve Ancel, B., 2006. Archaeological Experiments in Fire-setting: Protocol, Fuel and Anthropological Approach. BAR International Series S, 71-82.

Robertson, E.C., 1988. Thermal Properties of Rocks. U.S. Geological Survey Report, 106 s.

Sincock, K.J., 1984. The Role of Fluid Inclusion Rupture in the Initiation of Thermal Fracturing of Crystalline Rocks. Camborne School of Mines, Doktora Tezi.

Weisberger, G. ve Willies, L., 2000. The Use of Fire in Prehistoric and Ancient Mining: Firesetting. Paléorient, 26, 2, 131-149.

URL-1, 2020. <https://www.therobbinscompany.com/news-and-media/world-records>

Yener, K.A., Özbal, H., Kaptan, E., Pehlivan, A.N., Goodway, M., 1989. Kestel: An Early Bronze Age Source of Tin Ore in the Taurus Mountains, Turkey. Science New Series, 244, 4901, 200-203.

Zschocke, K. ve Preuschen, E., 1932. Das urzeitliche Bergbaugesamt von Mühlbach- Bischofshofen. Materialien zur Urgeschichte Österreichs 6. Wien: Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft.